

ΚΩΣ 18409
ΝΡ = 18.540

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



Πρότυπα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα

Διδακτορική Διατριβή

Ελεονώρα Παπαδημητρίου
Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ



Συμβουλευτική Επιτροπή:
Γ.Γιαννής, Επ.Καθηγητής ΕΜΠ
Ι.Γκόλιας, Καθηγητής ΕΜΠ
Α.Σταθόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Επιβλέποντα της Διδακτορικής Διατριβής, Επ. Καθηγητή Γ.Γιαννή, τόσο για την ανάθεση της Διδακτορικής Διατριβής, την ουσιαστική του επιστημονική καθοδήγηση και ηθική συμπαράσταση κατά την εκπόνησή της, όσο και για την εμπιστοσύνη που μου έχει δείξει καθ'όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στην Καθηγητή Ι.Γκόλια, για τη συνεχή υποστήριξη του κατά την εκπόνηση της Διδακτορικής Διατριβής και την καθοριστική συμβολή του στη βελτίωση της μεθοδολογίας και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω επίσης στον Καθηγητή Α.Σταθόπουλο, για τις πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις του στη μεθοδολογία και στα αποτελέσματα της έρευνας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή Γ.Κανελλαΐδη, για την υποστήριξή του και τις ιδιαίτερα εύστοχες παρατηρήσεις και υποδείξεις του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της Επταμελούς Επιτροπής: τον Επ. Καθηγητή Μ.Καρλαύτη, τον Καθηγητή Α.Βλαστό και την Καθηγητρια Μ.Πιτσιάβα-Λατινοπούλου για τις πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή υποστηρίχθηκε από υποτροφία του Ειδικού Λογαριασμού Κονδυλίων Έρευνας του ΕΜΠ.

Ευχαριστώ θερμά τον Επ. Καθηγητή Κ.Αντωνίου, για τις πολύτιμες συμβουλές του στην ανάπτυξη των προτύπων διακριτών επιλογών και την υποστήριξή του καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της Διδακτορικής Διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης την Δρ. Ι.Σπυροπούλου για την πολύτιμη βοήθειά της στην ανάπτυξη του προγράμματος Fortran για την προετοιμασία των αρχείων εισόδου των προτύπων και την υποστήριξή της καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της Διδακτορικής Διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους Πολ.Μηχανικούς Σ.Τούρου, Π.Παπαντωνίου, Δ.Παύλου και στην Τοπ.Μηχανικό Φ.Καραθανάση, για την καθοριστική συμβολή τους στη συλλογή και στην κωδικοποίηση των στοιχείων της έρευνας πεδίου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου, Πολ.Μηχανικό Δ.Παπαδημητρίου και τον Μηχ.-Ηλ.Μηχανικό κ.Μ.Βάρδα, για τις χρήσιμες κατευθύνσεις που μου έδωσαν στη μελέτη της τοπολογίας και της γεωμετρίας, με τις οποίες κατέστη δυνατή η αντιμετώπιση σημαντικών μεθοδολογικών ζητημάτων της Διδακτορικής Διατριβής. Ευχαριστώ επίσης την Τοπ.Μηχανικό

Κ.Τάση και την Πολ.Μηχανικό Ι.Δήμου για την παροχή χρήσιμου επιστημονικού υλικού σε θέματα τοπολογίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους και φίλους από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ, και ιδιαίτερα τους Π.Ευγενικό και Α.Χαζίρη, που μοιράστηκαν μαζί μου ευχάριστες και δύσκολες στιγμές της Διδακτορικής Διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους, τις ανεκτίμητες συμβουλές τους και τις θυσίες τους καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και ιδιαίτερα κατά την εκπόνηση της Διδακτορικής Διατριβής. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου Κ. Δήμο, για την υπομονή και τη θέρμη με την οποία πάντα στηρίζει τις προσπάθειές μου.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάπτυξη προτύπων για την περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, και ο υπολογισμός της αντίστοιχης έκθεσής τους στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος. Για τον σκοπό αυτό, επιλέγεται μια τοπολογική θεώρηση του αστικού οδικού δικτύου, από την οποία προκύπτουν βασικές ιδιότητες των διαδρομών και των διασχίσεων οδού. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται αλγόριθμος υπολογισμού του συνόλου επιλογών κάθε διάσχισης του πεζού κατά μήκος της διαδρομής και προτείνεται η προτυποποίηση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης με χρήση προτύπων διακριτών επιλογών. Εξετάζονται εναλλακτικές υποθέσεις για τον τρόπο λήψης απόφασης διάσχισης οδού (διαδοχική λήψη αποφάσεων, συνολική λήψη αποφάσεων) και σε κάθε περίπτωση εξετάζονται διαφορετικά πρότυπα (πολυωνυμικά, ιεραρχικά, συνδυαστικά ιεραρχικά, μικτά). Επίσης, πραγματοποιείται έρευνα πεδίου καταγραφής διαδρομών πεζών, κατά την οποία συλλέγονται αναλυτικά στοιχεία διαδρομών, πεζών, οδικού δικτύου, κυκλοφοριακών συνθηκών και διασχίσεων. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει αυξημένη πιθανότητα διάσχισης στην αρχή της διαδρομής, τάση αναβολής της διάσχισης σε μεγάλες διαδρομές και σε μεγάλη ταχύτητα βαδίσματος και αυξημένη πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου σε χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε οδούς μιας κατεύθυνσης. Επίσης, η υπόθεση της διαδοχικής λήψης αποφάσεων αποδεικνύεται πλεονεκτικότερη για την περιγραφή του φαινομένου. Για τον υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής προτείνεται η χρήση ενός μικροσκοπικού δείκτη, ενώ διατυπώνεται η έννοια της μεταβλητής έκθεσης στον κίνδυνο μιας θέσης με βάση την πιθανότητα διάσχισης. Τέλος, πραγματοποιείται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας σε μια τυπική διαδρομή για διαφορετικά σενάρια.

Abstract

The objective of this Ph.D. Thesis is to develop models of pedestrian crossing behaviour along trips in urban areas and to estimate the related accident risk exposure of pedestrians. For this purpose, a topological consideration of the urban road network is opted for, allowing to identify basic properties of pedestrian trips and crossings. Furthermore, an algorithm is developed for the estimation of the choice sets related to crossing decisions along a trip and a discrete choice modeling approach is proposed for crossing choices. Different hypotheses are examined with respect to road crossing decision making process (sequential or hierarchical decision making) and various models are tested in each case (multinomial, nested, cross-nested or mixed models). A field survey is then carried out, in order to collect data on actual pedestrian trips and crossings per road network, traffic conditions and pedestrian characteristics. The modelling results reveal increased probability of crossing at the beginning of the trip, a tendency to postpone crossings in longer trips with increased walking speed, increased probability of crossing at signalized junctions and increased probability of crossing at mid-block in low traffic volumes and on one-way roads. Moreover, the hypothesis of sequential decision making is proved to be more promising for the description of pedestrians' crossing choices. For the estimation of pedestrian risk exposure along a trip a microscopic indicator is used, and the concept of risk exposure variability is defined in relation to the crossing probability. The proposed methodology is demonstrated by means of models implementation on a typical urban trip for different scenarios.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	i
Abstract	i
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Αναλυτικός Πίνακας Περιεχομένων	v
Κατάλογος Πινάκων	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Εισαγωγή	3
1.2. Στόχος	5
1.3. Δομή	6
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1. Γενικό πρότυπο λήψης αποφάσεων των πεζών	11
2.2. Πρότυπα κίνησης πεζών	14
2.3. Πρότυπα συμπεριφοράς διάσχισης οδού πεζών	22
2.4. Πρότυπα έκθεσης πεζών στον κίνδυνο	31
2.5. Συμπεράσματα	34
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	37
3.1. Τοπολογία διαδρομών και κινήσεων πεζών	39
3.2. Προσδιορισμός συνόλων επιλογών πεζού	49
3.3. Διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά μήκος διαδρομής	59
3.4. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής	79
3.5. Σύνοψη μεθοδολογίας	85
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	91
4.1. Έρευνα πεδίου	93
4.2. Ανάπτυξη βάσης δεδομένων	102
4.3. Παρουσίαση του δείγματος	108
4.4. Προετοιμασία αρχείων εισόδου για προτυποποίηση	118
5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	129
5.1. Επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου	131
5.2. Διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης	137
5.3. Ιεραρχική επιλογή θέσης διάσχισης	151
5.4. Ευρύτερη διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης	170
5.5. Συγκριτική αξιολόγηση προτύπων	174
6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	179
6.1. Οδικό δίκτυο και διαδρομές πεζών	181
6.2. Εφαρμογή προτύπων συμπεριφοράς πεζού	188
6.3. Έκθεση πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής	192
6.4. Συμπεράσματα εφαρμογής προτύπων	196
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	199
7.1. Σύνοψη της έρευνας	201
7.2. Συμπεράσματα	209
7.3. Προτάσεις	215
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	235

Αναλυτικός Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη.....	i
Abstract.....	i
Πίνακας Περιεχομένων	iii
Αναλυτικός Πίνακας Περιεχομένων.....	v
Κατάλογος Πινάκων.....	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Εισαγωγή.....	3
1.2. Στόχος	5
1.3. Δομή.....	6
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1. Γενικό πρότυπο λήψης αποφάσεων των πεζών	11
2.2. Πρότυπα κίνησης πεζών.....	14
2.2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	14
2.2.2. Αξιολόγηση προτύπων	19
2.3. Πρότυπα συμπεριφοράς διάσχισης οδού πεζών	22
2.3.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	22
2.3.2. Αξιολόγηση προτύπων	28
2.4. Πρότυπα έκθεσης πεζών στον κίνδυνο	31
2.5. Συμπεράσματα	34
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	37
3.1. Τοπολογία διαδρομών και κινήσεων πεζών	39
3.1.1. Βασικές έννοιες τοπολογίας στο επίπεδο	39
3.1.2. Τοπολογία οδικού δικτύου και διαδρομών πεζών	42
3.1.3. Καταμέτρηση και διαχωρισμός διασχίσεων οδού	45
3.2. Προσδιορισμός συνόλων επιλογών πεζού	49
3.2.1. Ιδιότητες αντιληπτής συντομότερης διαδρομής.....	49
3.2.2. Αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών	50
3.2.2. Αλγόριθμος προσδιορισμού συνόλων επιλογών θέσης διάσχισης	52
3.3. Διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά μήκος διαδρομής	59
3.3.1. Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας.....	59
3.3.1.1. Πιθανοτικά πρότυπα διακριτών επιλογών (probit).....	60
3.3.1.2. Λογιστικά πρότυπα διακριτών επιλογών (logit)	62
3.3.1.3. Γενικευμένα πρότυπα διακριτών επιλογών	65
3.3.1.4. Μικτά πρότυπα διακριτών επιλογών	68
3.3.1.5. Δυναμικά πρότυπα διακριτών επιλογών	70
3.3.2. Λήψη απόφασης μεταξύ θέσεων σε κόμβο / εκτός κόμβου	71
3.3.3. Διαδοχική λήψη απόφασης.....	72
3.3.4. Συνολική λήψη απόφασης	74

3.3.5. Ευρύτερη διαδοχική λήψη απόφασης	78
3.4. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής	79
3.4.1. Επιλογή δείκτη έκθεσης πεζών στον κίνδυνο	79
3.4.2. Υπολογισμός έκθεσης πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής	82
3.4.2.1. Έκθεση στον κίνδυνο σε θέσεις κύριων διασχίσεων διαδρομής	82
3.4.2.2. Επιρροή έκθεσης στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων	83
3.5. Σύνοψη μεθοδολογίας	85
 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	 91
4.1. Έρευνα πεδίου	93
4.1.1. Παράμετροι σχεδιασμού έρευνας	93
4.1.2. Μεταβλητές και τιμές	96
4.1.3. Διεξαγωγή πιλοτικής και τελικής έρευνας	99
4.1.3.1. Πιλοτική έρευνα	99
4.1.3.2. Τελική έρευνα	99
4.2. Ανάπτυξη βάσης δεδομένων	102
4.2.1. Κωδικοποίηση και έλεγχος των στοιχείων	102
4.2.2. Δημιουργία σχεσιακής βάσης δεδομένων	104
4.3. Παρουσίαση του δείγματος	108
4.3.1. Στοιχεία πεζών / διαδρομών	108
4.3.2. Στοιχεία οδικού δικτύου και κυκλοφορίας	111
4.3.5. Στοιχεία διασχίσεων	113
4.4. Προετοιμασία αρχείων εισόδου για προτυποποίηση	118
4.4.1. Προσδιορισμός συνόλων επιλογών	118
4.4.2. Επεξεργασία δομής αρχείων	125
 5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	 129
5.1. Επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου	131
5.1.1. Διωνυμικό πρότυπο	131
5.1.2. Μικτό διωνυμικό πρότυπο με ατομική ετερογένεια	135
5.2. Διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης	137
5.2.1. Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα	137
5.2.2. Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα	141
5.2.3. Μικτά διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα με ατομική ετερογένεια	143
5.2.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων	144
5.2.4.1. Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων	144
5.2.4.2. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων	148
5.3. Ιεραρχική επιλογή θέσης διάσχισης	151
5.3.1. Πολυωνυμικό πρότυπο	151
5.3.2. Ιεραρχικά πρότυπα	156
5.3.2.1. Ιεράρχηση μεταξύ κόμβων / εκτός κόμβων	156
5.3.2.2. Ιεράρχηση μεταξύ οδικών τμημάτων διαδρομής	158
5.3.3. Συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα	159
5.3.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων	162
5.3.4.1. Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων	162
5.3.4.2. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων	167
5.4. Ευρύτερη διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης	170

5.4.1. Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα	170
5.4.2. Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα	172
5.5. Συγκριτική αξιολόγηση προτύπων	174
6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	179
6.1. Οδικό δίκτυο και διαδρομές πεζών	181
6.1.1. Χαρακτηριστικά διαδρομής πεζών	181
6.1.2. Γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά οδικού δικτύου	182
6.1.3. Έκθεση στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης	184
6.2. Εφαρμογή προτύπων συμπεριφοράς πεζού	188
6.3. Έκθεση πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής	192
6.4. Συμπεράσματα εφαρμογής προτύπων	196
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	199
7.1. Σύνοψη της έρευνας	201
7.2. Συμπεράσματα	209
7.3. Προτάσεις	215
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	235
Παράρτημα Ι. Κατάλογος διαδρομών έρευνας πεδίου	237
Παράρτημα ΙΙ. Δημιουργία σχεσιακής βάσης δεδομένων (MS Access)	251
Παράρτημα ΙΙΙ. Εφαρμογή σεναρίων συνόλων επιλογών (MS Access)	253
Παράρτημα ΙV. Ετοιμασία αρχείων εισόδου προτυποποίησης (Fortran)	257
Παράρτημα V. Αρχεία εξόδου προτυποποίησης (Biogeme v1.8)	265

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1.	Πρότυπα κίνησης πεζών	20
Πίνακας 2.2.	Πρότυπα συμπεριφοράς διάσχισης οδού πεζών	29
Πίνακας 2.3.	Δείκτες έκθεσης πεζών στον κίνδυνο	33
Πίνακας 3.1.	Τοπολογικές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων στο επίπεδο	40
Πίνακας 4.1.	Μεταβλητές και τιμές της έρευνας πεδίου	98
Πίνακας 4.2.	Χαρακτηριστικά διεξαγωγής πιλοτικής και τελικής έρευνας πεδίου	101
Πίνακας 4.3.	Γενική δομή του ηλεκτρονικού αρχείου δεδομένων	105
Πίνακας 4.4.	Κατανομή πεζών ανά φύλο και ηλικία	108
Πίνακας 4.5.	Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης, αριθμό λωρίδων και ύπαρξη σηματοδότησης	111
Πίνακας 4.6.	Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης, πλάτος πεζοδρομίου και ύπαρξη στάθμευσης	112
Πίνακας 4.7.	Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης και κυκλοφοριακό φόρτο	113
Πίνακας 4.8.	Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου), αριθμό λωρίδων και ύπαρξη σηματοδότησης	114
Πίνακας 4.9.	Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου) και κυκλοφοριακό φόρτο	115
Πίνακας 4.10.	Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου), ύπαρξη σηματοδότησης και χρονικό διαχωρισμό	116
Πίνακας 4.11.	Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε βασικές μορφές διαδρομής	124
Πίνακας 4.12.	Μορφή αρχείου εισόδου δεδομένων για διαδοχική προτυποποίηση	126
Πίνακας 4.13.	Μορφή αρχείου εισόδου δεδομένων για συνολική προτυποποίηση	128
Πίνακας 5.1.	Διωνυμικό λογιστικό πρότυπο επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου σε μεμονωμένα οδικά τμήματα	132
Πίνακας 5.2.	Μικτό διωνυμικό πρότυπο επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου σε μεμονωμένα οδικά τμήματα	135
Πίνακας 5.3.	Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών	140
Πίνακας 5.4.	Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών	142
Πίνακας 5.5.	Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων	149
Πίνακας 5.6.	Συναρτήσεις χρησιμότητας πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων του συνόλου επιλογών	153
Πίνακας 5.7.	Παράμετροι πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων του συνόλου επιλογών	154

Πίνακας 5.8.	Συναρτήσεις χρησιμότητας ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών	156
Πίνακας 5.9.	Παράμετροι ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Ιεράρχηση ανά κόμβο / εκτός κόμβου.....	157
Πίνακας 5.10.	Παράμετροι ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Ιεράρχηση ανά οδικό τμήμα.....	159
Πίνακας 5.11.	Παράμετροι συνδυαστικά ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Συνδυαστική Ιεράρχηση ανά κόμβο / εκτός κόμβου και οδικό τμήμα	161
Πίνακας 5.12.	Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων ιεραρχικού προτύπου (κόμβος / εκτός κόμβου).....	167
Πίνακας 5.13.	Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ μη διάσχισης, διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και στο επόμενο	171
Πίνακας 5.14.	Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ μη διάσχισης, διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και στο επόμενο - Ιεράρχηση κόμβων / εκτός κόμβων	173
Πίνακας 6.1.	Γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων εξεταζόμενης διαδρομής	183

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1.	Γενικό πρότυπο συμπεριφοράς πεζών σε αστικές μετακινήσεις .	11
Σχήμα 2.2.	Αναλυτικό πρότυπο συμπεριφοράς πεζών σε αστικές μετακινήσεις	13
Σχήμα 3.1.	Το τοπολογικό θεώρημα του Jordan για κλειστές γραμμές	41
Σχήμα 3.2.	Το αστικό οδικό δίκτυο ως τοπολογικός κάρναβος	42
Σχήμα 3.3.	Οι διαδρομές πεζών ως τοπολογικά γραφήματα	43
Σχήμα 3.4.	Τοπολογία στοιχείων διαδρομής πεζού σε αστικό οδικό δίκτυο	44
Σχήμα 3.5.	Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις εναλλακτικών διαδρομών πεζού	47
Σχήμα 3.6.	Διαδρομή πεζού με ζεύγος αντίθετων διασχίσεων	48
Σχήμα 3.7.	Αντιληπτή συντομότερη διαδρομή πεζού	50
Σχήμα 3.8.	Αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών	51
Σχήμα 3.9.	Αντιληπτή συντομότερη διαδρομή, αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών σε κυρτό γράφημα	52
Σχήμα 3.10.	Σύνολα επιλογών διαδοχικών κύριων διασχίσεων ως μια εναλλαγή ακολουθιών άρτιας ή περιττής αρίθμησης τόξων.	56
Σχήμα 3.11.	Σύνολα επιλογών διαδοχικών κύριων διασχίσεων σε κυρτά γραφήματα.	58
Σχήμα 3.12.	Διττό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου	71
Σχήμα 3.13.	Διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης	73
Σχήμα 3.14.	Διαδοχικά ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης	74
Σχήμα 3.15.	Ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης	76
Σχήμα 3.16.	Συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης με βάση τη γενική επιλογή τόξου της διαδρομής	77
Σχήμα 3.17.	Συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης	77
Σχήμα 3.18.	Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης	78
Σχήμα 3.19.	Δείκτης έκθεσης στον κίνδυνο πεζού κατά τη διάσχιση οδού (Routledge indicator)	80
Σχήμα 3.20.	Αρχικός και προσαρμοσμένος δείκτης έκθεσης στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση οδού ($v_f = 20\text{m/s}$, $\ell = 5\text{m}$, $t_c = 2\text{s}$)	81
Σχήμα 3.21.	Σχέση μεταξύ της πιθανότητας κύριας διάσχισης και της έκθεσης στον κίνδυνο δευτερεύουσας διάσχισης	84
Σχήμα 4.1.	Λήψεις κίνησης πεζών κατά μήκος οδικών τμημάτων και διάσχισης οδικών τμημάτων	100
Σχήμα 4.2.	Αποτύπωση και μέτρηση ίχνους διαδρομής σε αεροφωτογραφία	102
Σχήμα 4.3.	Σχεσιακή βάση δεδομένων διαδρομών πεζών	106
Σχήμα 4.4.	Κατανομή καταγεγραμμένων διαδρομών ως προς το μήκος	109
Σχήμα 4.5.	Κατανομή ταχύτητας διαδρομής πεζών	109

Σχήμα 4.6.	Κατανομή διαδρομών ως προς το πλήθος κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή.....	110
Σχήμα 4.7.	Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά ποσοστό μήκους διαδρομής.....	114
Σχήμα 4.8.	Κατανομή χρονικών διαχωρισμών κύριων διασχίσεων.....	116
Σχήμα 4.9.	Βασικές μορφές γραφήματος καταγεγραμμένων διαδρομών	118
Σχήμα 4.10.	Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Ι.....	119
Σχήμα 4.11.	Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Γ.....	120
Σχήμα 4.12.	Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Ζ.....	122
Σχήμα 4.13.	Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Π.....	123
Σχήμα 5.1.	Διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης.....	137
Σχήμα 5.2.	Κατανομή επιλογών κύριας διάσχισης σε διαδοχικά οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών.....	139
Σχήμα 5.3.	Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης.....	141
Σχήμα 5.4.	Επιρροή της θέσης του κάθε οδικού τμήματος στην πιθανότητα διάσχισης (σειριακή συσχέτιση).....	144
Σχήμα 5.5.	Επιρροή του ποσοστού μήκους της διαδρομής στην πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα.....	145
Σχήμα 5.6.	Επιρροή της ταχύτητας διαδρομής του πεζού στην πιθανότητα διάσχισης στο πρώτο (αριστερά) και στο τελευταίο (δεξιά) οδικό τμήμα.....	146
Σχήμα 5.7.	Επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών (φόρτος - σηματοδότηση) στην πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα.....	147
Σχήμα 5.8.	Κατανομή κύριων διασχίσεων στο σύνολο επιλογών ανά διαθεσιμότητα οδικών τμημάτων.....	152
Σχήμα 5.9.	Ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων.....	156
Σχήμα 5.10.	Ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων οδικών τμημάτων.....	158
Σχήμα 5.11.	Συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων / οδικών τμημάτων.....	160
Σχήμα 5.12.	Επιρροή μήκους διαδρομής πεζού στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης.....	162
Σχήμα 5.13.	Επιρροή κυκλοφοριακών συνθηκών στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης.....	163
Σχήμα 5.14.	Επιρροή οδικού περιβάλλοντος στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης.....	164
Σχήμα 5.15.	Επιρροή ύπαρξης πόλου έλξης ή αλλαγής κατεύθυνσης στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης.....	166
Σχήμα 5.16.	Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης.....	170
Σχήμα 5.17.	Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης.....	172

Σχήμα 6.1.	Γράφημα εξεταζόμενης διαδρομής.....	181
Σχήμα 6.2.	Τοπολογικά χαρακτηριστικά γραφήματος και σύνολα επιλογών κύριων διασχίσεων.....	182
Σχήμα 6.3.	Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	186
Σχήμα 6.4.	Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	186
Σχήμα 6.5.	Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) -Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	187
Σχήμα 6.6.	Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	187
Σχήμα 6.7.	Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	190
Σχήμα 6.8.	Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	190
Σχήμα 6.9.	Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	191
Σχήμα 6.10.	Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	191
Σχήμα 6.11.	Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	194
Σχήμα 6.12.	Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	194
Σχήμα 6.13.	Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού	195
Σχήμα 6.14.	Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού	195

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το υπόβαθρο, οι στόχοι και η δομή της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Αρχικά παρουσιάζονται οι παράμετροι και οι ιδιαιτερότητες της συμπεριφοράς των πεζών και της αλληλεπίδρασης αυτών με το οδικό περιβάλλον, την κυκλοφορία και τους άλλους πεζούς. Επίσης, αναλύεται η ανάγκη και η χρησιμότητα της καλύτερης κατανόησης και περιγραφής της συμπεριφοράς των πεζών κατά τη διάρκεια αστικών μετακινήσεων, τόσο από πλευράς σχεδιασμού των αστικών συγκοινωνιακών συστημάτων όσο και από πλευράς οδικής ασφάλειας των πεζών.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο γενικός στόχος της διδακτορικής διατριβής, καθώς και οι συγκεκριμένοι επιμέρους στόχοι, στους οποίους περιλαμβάνονται μεθοδολογικά θέματα, θέματα συλλογής στοιχείων και θέματα αξιοποίησης των αποτελεσμάτων.

Τέλος, περιγράφεται η δομή της παρούσας εργασίας και δίνεται συνοπτικά το περιεχόμενο της κάθε ενότητας.

1.1. Εισαγωγή

Η υφιστάμενη έρευνα σε θέματα κίνησης και ασφάλειας των πεζών σε αστικό χώρο είναι εκτενής και περιλαμβάνει πρότυπα κίνησης και λήψης αποφάσεων, αναλύσεις επικινδυνότητας και αξιολογήσεις μέτρων και επεμβάσεων για την αναβάθμιση της πεζής μετακίνησης (Yannis et al. 2007; Ishaque & Noland, 2007). Ωστόσο, οι υφιστάμενες απόπειρες προτυποποίησης και κατανόησης της συμπεριφοράς των πεζών κατά την αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς, κυρίως εξαιτίας του ότι η συμπεριφορά αυτή είναι ιδιαίτερα σύνθετη και εμπεριέχει σε μεγάλο βαθμό τον ανθρώπινο παράγοντα. Σε αντίθεση με τις ροές των οχημάτων, οι οποίες αναπτύσσονται κατά μήκος σταθερών διαδρόμων του οδικού δικτύου και υπόκεινται σε συγκεκριμένους κυκλοφοριακούς κανόνες και ρυθμίσεις, οι ροές των πεζών χαρακτηρίζονται έντονα από στοιχεία ελεύθερης και τυχαίας ανάπτυξης, ώστε είναι δυνατό να θεωρηθεί ότι η διαδρομή του κάθε πεζού στις αστικές μετακινήσεις είναι μοναδική (Papadimitriou et al. 2009).

Παράλληλα, η παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία είναι προϊόν της αλληλεπίδρασης των πεζών με το οδικό περιβάλλον, τα κυκλοφορούντα οχήματα, καθώς και με άλλους πεζούς, και η οποία βασίζεται στην αναγκαιότητα αξιολόγησης της πιθανότητας ατυχήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του πεζού, σε συνδυασμό με το κόστος των όποιων καθυστερήσεων, και μέσα στο πλαίσιο μιας σειράς κανόνων κοινωνικής και συγκοινωνιακής συμπεριφοράς (Das et al., 2002).

Στην οδική ασφάλεια γίνεται συχνά η υπόθεση ότι η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος όταν αυτοί κινούνται κατά μήκος οδικών τμημάτων είναι μηδενική. Η υπόθεση αυτή είναι αρκετά ρεαλιστική καθότι στην πραγματικότητα τα οδικά ατυχήματα πεζών που κινούνται κατά μήκος οδικών τμημάτων (hit-along-roadway accidents) αντιστοιχούν σε πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου των οδικών ατυχημάτων με πεζούς (Duncan et al. 2002). Αντιθέτως, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι σημαντική όταν αυτοί διασχίζουν οδικά τμήματα, όπου οι κινήσεις των πεζών αλληλεπιδρούν με τις ροές των διερχόμενων οχημάτων.

Παρόλο που οι σηματοδοτούμενοι κόμβοι παρέχουν στους πεζούς τη δυνατότητα να διασχίσουν σε ενδεδειγμένες θέσεις αντιμετωπίζοντας τις ροές των οχημάτων σε στάση, έχει διαπιστωθεί ότι οι πεζοί δεν προαποφασίζουν τη θέση και τον τρόπο που θα διασχίσουν μια αστική οδό, αλλά πραγματοποιούν αυτή την ενέργεια ως μέρος της διαδρομής τους μόλις παρουσιαστεί η κατάλληλη ευκαιρία (Hamed, 2001). Ειδικότερα, οι πεζοί έχουν την τάση να αποδέχονται τα φυσικά διαστήματα στις αφίξεις των οχημάτων (χρονικοί διαχωρισμοί - traffic gaps) αντί να περιμένουν από τη σηματοδότηση ένα προστατευμένο διάστημα για αυτούς. Επίσης, ενέργειες όπως η διαγώνια διάσχιση (diagonal crossing / jaywalking), ή

η διάσχιση εκτός ενδεδειγμένων θέσεων κόμβων (mid-block crossing), για την εξοικονόμηση απόστασης ή χρόνου διαδρομής, αποτελούν διαδεδομένες πρακτικές (Chu et al. 2003).

Σημαντικό ποσοστό των διασχίσεων οδού στις αστικές περιοχές πραγματοποιούνται εκτός ενδεδειγμένων θέσεων κόμβων, όπου και παρατηρείται ο μεγαλύτερος αριθμός οδικών ατυχημάτων πεζών (Julien & Carré, 2002). Εξαιτίας της προσαρμοστικότητας και της συχνά ριποκίνδυνης συμπεριφοράς τους, οι πεζοί υφίστανται γενικά χαμηλότερες καθυστερήσεις σε σχέση με τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου, ωστόσο με την παραπάνω συμπεριφορά συνεισφέρουν στην αύξηση της έκθεσής τους στον κίνδυνο (Grayson, 1987).

Η ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών μπορεί να συνεισφέρει στην κατανόηση των μηχανισμών με τους οποίους πραγματοποιείται η στάθμιση ασφάλειας και χρόνου, η αντίληψη του οδικού περιβάλλοντος και των κυκλοφοριακών συνθηκών και η αλληλεπίδραση μεταξύ πεζών και οχημάτων. Ειδικότερα, η δυνατότητα περιγραφής της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη προσαρμογή των αστικών συγκοινωνιακών συστημάτων στις ανάγκες και στα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων των πεζών, δεδομένου ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ο σχεδιασμός της οδικής υποδομής και του ελέγχου της κυκλοφορίας βασίζεται στις ανάγκες και στα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων των οχημάτων (Kanellaidis, 1996; Phillips et al., 2001).

Επίσης, η αναλυτικότερη θεώρηση της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών μπορεί να συνεισφέρει στην ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά τις μετακινήσεις αυτών στις αστικές περιοχές (Lassarre et al., 2007), δεδομένου ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι δείκτες έκθεσης στον κίνδυνο που χρησιμοποιούνται είναι μακροσκοπικοί.

1.2. Στόχος

Στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η **ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα, με έμφαση στην αλληλεπίδραση τους με την κυκλοφορία και το οδικό περιβάλλον κατά τη διάσχιση οδών**. Ειδικότερα, στόχος της διδακτορικής διατριβής είναι η κατάλληλη περιγραφή και προτυποποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μίας αστικής διαδρομής και ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίηση των σχετικών καθοριστικών παραμέτρων.

Με βάση τον γενικό αυτό στόχο, και με δεδομένες τις ιδιαιτερότητες της διερεύνησης, διατυπώνονται τα παρακάτω επιμέρους ζητήματα στα οποία δίνεται έμφαση στην παρούσα διδακτορική διατριβή:

- Δεδομένου ότι οι υφιστάμενες αναλύσεις συμπεριφοράς πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών αφορούν σε τοπικό επίπεδο (μεμονωμένες θέσεις), η παρούσα διδακτορική διατριβή έχει ως στόχο την ανάλυση σε επίπεδο μετακίνησης (πλήθος θέσεων), ώστε να είναι δυνατή η περιγραφή μιας συνολικής και δυναμικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων.
- Η κατανόηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών και ο προσδιορισμός των καθοριστικών παραμέτρων προϋποθέτει μια αιτιοκρατική προσέγγιση, η οποία να επιτρέπει τον εντοπισμό συγκεκριμένων και τεκμηριωμένων σχέσεων, σε αντίθεση με τις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες όπου η συμπεριφορά των πεζών περιγράφεται με βάση στοχαστικές προσεγγίσεις ή απλουστευτικές εμπειρικές προσεγγίσεις.
- Επιδιώκεται η εξέταση της συνδυαστικής επιρροής παραμέτρων οδικής υποδομής και κυκλοφορίας με χαρακτηριστικά του πεζού, σε αντίθεση με τις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες όπου δίνεται έμφαση σε μία κατηγορία παραμέτρων.
- Επίσης, επιδιώκεται η διατύπωση και ο έλεγχος συγκεκριμένων υποθέσεων για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των πεζών κατά τη μετακίνηση, γεγονός που προϋποθέτει κατάλληλη παραμετροποίηση του προβλήματος και επιλογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης.
- Η ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων συμπεριφοράς πεζού ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού είναι απαραίτητο να βασίζεται σε κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο, ώστε να είναι δυνατή η περιγραφή της σύνθετης αυτής διαδικασίας.
- Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων σε αναλύσεις κυκλοφορίας και οδικής ασφάλειας πεζών προϋποθέτει όχι μόνο ικανοποιητική προσαρμογή και αξιοπιστία των προτύπων, αλλά και συμβατότητα των ιδιοτήτων τους με αυτές άλλων μεθόδων και εργαλείων που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις αυτές.

Η αντιμετώπιση των επιμέρους αυτών θεμάτων αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την επίτευξη του συνολικού στόχου της διερεύνησης, καθότι αυτά αφορούν στους κυριότερους περιορισμούς της υφιστάμενης έρευνας.

1.3. Δομή

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία έχει την ακόλουθη δομή:

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανασκόπησης της διεθνούς βιβλιογραφίας σε θέματα κίνησης πεζών σε αστικό χώρο. Παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα υφιστάμενα πρότυπα κίνησης και συμπεριφοράς πεζών κατά την αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία, με έμφαση στα πρότυπα διάσχισης αστικής οδού. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα σε σχέση με τους περιορισμούς των υφιστάμενων προσεγγίσεων και τις ανάγκες για περαιτέρω έρευνα.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας διδακτορικής διατριβής για τη συμπεριφορά των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών σε αστικές περιοχές. Αρχικά προτείνεται μια τοπολογική θεώρηση των διαδρομών των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα. Με βάση τη θεώρηση αυτή, παρουσιάζεται μια μέθοδος προσδιορισμού του συνόλου επιλογών του πεζού σε κάθε περίπτωση διάσχισης οδού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διαφορετικές υποθέσεις για τη διαδικασία λήψης απόφασης διάσχισης οδού του πεζού και αντίστοιχα κατάλληλα πρότυπα για την εξέταση των υποθέσεων αυτών, από την οικογένεια των προτύπων διακριτών επιλογών της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας. Τέλος, παρουσιάζεται μέθοδος υπολογισμού της έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής.

Στο **Κεφάλαιο 4** περιγράφεται η διαδικασία συλλογής στοιχείων για την ανάπτυξη των προτύπων. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού και διεξαγωγής της έρευνας πεδίου καταγραφής διαδρομών πεζών σε αστικό χώρο που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Επίσης, περιγράφονται οι διαδικασίες κωδικοποίησης, ελέγχου και αποθήκευσης των στοιχείων σε σχεσιακή βάση δεδομένων. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής επεξεργασίας των στοιχείων σε επίπεδο περιγραφικών στατιστικών.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών κατά μήκος μιας διαδρομής. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται διάφορα πρότυπα που αναπτύχθηκαν με βάση τις σχετικές υποθέσεις της ανάλυσης, ως προς την επιρροή των διαφόρων μεταβλητών, την στατιστική προσαρμογή των προτύπων και την ικανότητα περιγραφής της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών. Επίσης, εξετάζεται η σχετική επιρροή των μεταβλητών με βάση τη θεωρία της ελαστικότητας. Τέλος, πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των προτύπων και εξάγονται συμπεράσματα σε σχέση με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των πεζών ως προς τη διάσχιση οδού.

Στο **Κεφάλαιο 6** αξιοποιούνται τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε μια εφαρμογή των προτύπων σε διαφορετικά σενάρια οδικών και κυκλοφοριακών συνθηκών. Για καθένα από τα εξεταζόμενα σενάρια, πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο, ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς αυτού ως προς τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια της μετακίνησης. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής σχολιάζονται ως προς τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης αναλυτικής και εξατομικευμένης προσέγγισης σε σχέση με προηγούμενες, ως επί το πλείστον μακροσκοπικές προσεγγίσεις.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 7** συνοψίζεται η παρούσα διδακτορική διατριβή και παρουσιάζονται τα βασικότερα συμπεράσματα της ανάλυσης ως προς τη συμπεριφορά και την έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης οδού των πεζών κατά τις αστικές διαδρομές. Με βάση αυτά, περιλαμβάνεται μια σειρά προτάσεων για περαιτέρω έρευνα σε θέματα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανασκόπησης της διεθνούς βιβλιογραφίας σε θέματα κίνησης πεζών σε αστικό χώρο.

Αρχικά παρουσιάζεται ένα γενικό πρότυπο συμπεριφοράς των πεζών το οποίο επιτρέπει τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των διαφόρων σταδίων αποφάσεων των πεζών στις αστικές διαδρομές, καθώς και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των σταδίων αυτών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα υφιστάμενα πρότυπα κίνησης και συμπεριφοράς πεζών, τα οποία αφορούν κυρίως σε πρότυπα προσομοίωσης. Επίσης, παρουσιάζονται αναλυτικά τα υφιστάμενα πρότυπα συμπεριφοράς πεζών κατά την αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία, με έμφαση στα πρότυπα διάσχισης αστικής οδού, τα οποία βασίζονται κυρίως σε κλασικές μαθηματικές και στατιστικές μεθόδους.

Τέλος, εξετάζονται οι υφιστάμενες μέθοδοι ανάλυσης οδικής ασφάλειας των πεζών, με ιδιαίτερη έμφαση στις μεθόδους αποτίμησης της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε αστικές περιοχές.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα σε σχέση με τους περιορισμούς των υφιστάμενων προσεγγίσεων και τις ανάγκες για περαιτέρω έρευνα, καθώς και κατευθύνσεις για επιμέρους στόχους και μεθοδολογικές κατευθύνσεις της διδακτορικής διατριβής.

2.1. Γενικό πρότυπο λήψης αποφάσεων των πεζών

Η υφιστάμενη βιβλιογραφία σε θέματα συμπεριφοράς πεζών κατά τη διάρκεια αστικών μετακινήσεων είναι αρκετά εκτενής και περιλαμβάνει αναλύσεις επιλογής προορισμού ή προγράμματος δραστηριοτήτων, επιλογής διαδρομής και ταχύτητας βαδίσματος, επιλογής θέσεων διάσχισης οδού και αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών στην κυκλοφορία, καθώς και αναλύσεις συμπεριφοράς των πεζών στο πλήθος και αλληλεπίδρασης με άλλους πεζούς. Μια ξεχωριστή κατηγορία ερευνών αφορά επίσης στην αποτίμηση της επιρροής διαφόρων ρυθμίσεων και επεμβάσεων στη συμπεριφορά των πεζών, στο πλαίσιο αναλύσεων πριν-και-μετά.

Στις έρευνες αυτές εξετάζεται πλήθος επιμέρους αποφάσεων που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των πεζών στις αστικές μετακινήσεις, συχνά με διαφορετικούς στόχους ανάλυσης και με διαφορετικές μεθόδους. Προκειμένου να αναλυθεί και να αξιολογηθεί η υφιστάμενη έρευνα, είναι χρήσιμο να ληφθεί υπόψη ένα **γενικό πρότυπο συμπεριφοράς πεζών** που έχει υιοθετηθεί από διάφορες έρευνες (Airault & Espié, 2004; Ishaque & Noland, 2007). Το πρότυπο αυτό, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1, έχει ως στόχο το διαχωρισμό και την ιεράρχηση των διαφόρων αποφάσεων των πεζών κατά τη διάρκεια μιας μετακίνησης.



Σχήμα 2.1. Γενικό πρότυπο συμπεριφοράς πεζών σε αστικές μετακινήσεις

Στο πρότυπο ορίζονται τρία επίπεδα λήψης αποφάσεων των πεζών κατά τις αστικές μετακινήσεις, ως εξής:

- **Επίπεδο στρατηγικής:** το πρώτο επίπεδο αφορά σε στρατηγικές επιλογές, όπως η επιλογή χρόνου αναχώρησης, η επιλογή περιοχής μετακίνησης και η επεξεργασία ενός καταλόγου δραστηριοτήτων (activity agenda). Οι επιλογές αυτές πραγματοποιούνται ως επί το πλείστον πριν τη μετακίνηση.
- **Επίπεδο τακτικής:** το δεύτερο επίπεδο αφορά σε επιλογές τακτικής κατά τη μετακίνηση και περιλαμβάνει τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων (activity scheduling) και την επιλογή διαδρομής (route choice). Οι επιλογές

αυτές πραγματοποιούνται εν μέρει πριν τη μετακίνηση, ωστόσο μπορεί να μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της μετακίνησης με βάση τις συνθήκες που αντιμετωπίζει ο πεζός στο οδικό δίκτυο.

- **Λειτουργικό επίπεδο:** το τρίτο επίπεδο αφορά σε αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της μετακίνησης και σχετίζονται με τον τρόπο βαδίσματος. Σε αυτές περιλαμβάνονται η επιλογή ταχύτητας βαδίσματος, η αποφυγή εμποδίων, η αλληλεπίδραση με άλλους πεζούς, η επιλογή θέσης διάσχισης οδών και η αλληλεπίδραση με την κυκλοφορία κατά τη διάσχιση.

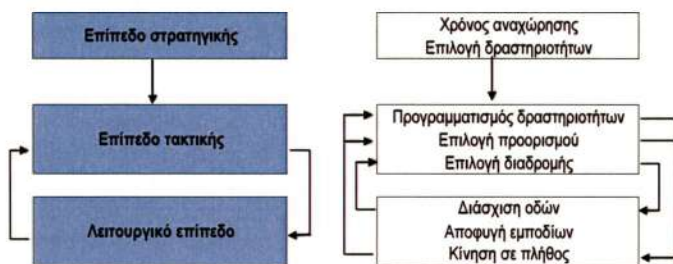
Στην παρούσα διδακτορική διατριβή δίνεται έμφαση στην παρατηρούμενη συμπεριφορά του πεζού κατά τη διάρκεια της μετακίνησης, κατά συνέπεια στο δεύτερο και στο τρίτο επίπεδο της συμπεριφοράς του πεζού. Η κατάταξη των επιλογών που σχετίζονται με τη διαδρομή στο δεύτερο επίπεδο και των επιλογών που σχετίζονται με τη διάσχιση οδού στο τρίτο επίπεδο είναι προφανής. Ωστόσο, από την υφιστάμενη έρευνα προκύπτει ότι οι επιλογές τακτικής μπορεί να επανεξετάζονται με βάση τις συνθήκες που αντιμετωπίζει ο πεζός κατά τη μετακίνηση.

Για παράδειγμα, οι πεζοί είναι πιθανό να εγκαταλείψουν μια προγραμματισμένη δραστηριότητα προκειμένου να αποφύγουν να αντιμετωπίσουν αυξημένη κίνηση πεζών στην περιοχή της δραστηριότητας, ή να επιλέξουν τη διαδρομή με τις λιγότερες εμπορικές δραστηριότητες προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τα εμπόδια που θα χρειαστεί να αποφύγουν. Επίσης, είναι πιθανό οι προτιμήσεις του πεζού στο λειτουργικό επίπεδο της μετακίνησης να επηρεάζουν τις βασικές επιλογές τακτικής του. Για παράδειγμα, πεζοί για τους οποίους η άνεση και η ασφάλεια είναι σημαντικές, είναι πιθανότερο να επιλέξουν διαδρομές κατά μήκος των οποίων είναι διαθέσιμες σηματοδοτούμενες διαβάσεις πεζών, ενώ αντίθετα πεζοί οι οποίοι επιδιώκουν να ελαχιστοποιήσουν τις καθυστερήσεις που θα υποστούν είναι πιθανότερο να επιλέξουν διαδρομές που να επιτρέπουν τη διάσχιση οδών εκτός ενδεδειγμένων θέσεων.

Επομένως, είναι δυνατό να υπάρχουν σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιπέδων λήψης αποφάσεων των πεζών κατά τις αστικές μετακινήσεις. Σε πρόσφατη έρευνα επισημαίνεται ότι οι αλληλεπιδράσεις αυτές μπορεί να διαχωριστούν περαιτέρω σε εκείνες που σχετίζονται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και σε εκείνες που σχετίζονται με την κίνηση των πεζών (Papadimitriou et al. 2009). Για παράδειγμα, η αλληλεπίδραση μεταξύ επιλογής περιοχής δραστηριότητας και αποφυγής εμποδίων κατά τη μετακίνηση σχετίζεται με την κίνηση των πεζών στο οδικό δίκτυο. Αντίθετα, η αλληλεπίδραση μεταξύ επιλογής διαδρομής και επιλογής θέσης διάσχισης οδών σχετίζεται με τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται μια **αναλυτικότερη θεώρηση του προτύπου συμπεριφοράς πεζών** κατά τις αστικές μετακινήσεις, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιπέδων λήψης αποφάσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2. Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή, οι

επιλογές τακτικής ανατροφοδοτούνται με δεδομένα από τις δραστηριότητες του λειτουργικού επιπέδου και προσαρμόζονται με βάση τα δεδομένα αυτά. Επίσης, επιμέρους αλληλεπιδράσεις μπορεί να σχετίζονται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες ή / και με τις συνθήκες κίνησης πεζών.



Σχήμα 2.2. Αναλυτικό πρότυπο συμπεριφοράς πεζών σε αστικές μετακινήσεις

Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάλυση των χαρακτηριστικών συμπεριφοράς των πεζών στα αστικά οδικά δίκτυα, ώστε οι επιλογές τακτικής να συσχετίζονται και να επεξηγούνται από τις λειτουργικές δραστηριότητες και αντίστροφα. Ωστόσο, οι υφιστάμενες έρευνες επικεντρώνουν συνήθως σε μία επιμέρους έκφραση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ενώ ο βαθμός ενσωμάτωσης στοιχείων από άλλες εκφάνσεις της συμπεριφοράς των πεζών είναι ιδιαίτερα περιορισμένος.

Ειδικότερα, σημαντικό μέρος της υφιστάμενης έρευνας αφορά σε πρότυπα κίνησης πεζών, όπου δίνεται έμφαση στις αποφάσεις τακτικής των πεζών και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν περιλαμβάνονται πιο λεπτομερή στοιχεία συμπεριφοράς, όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ πεζών ή μεταξύ πεζών και οχημάτων. Επίσης, σε πλήθος ερευνών εξετάζονται μεμονωμένες επιλογές λειτουργικού επιπέδου της συμπεριφοράς των πεζών, κυρίως σε τοπικό επίπεδο και χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα συνολικά χαρακτηριστικά της μετακίνησης. Οι έρευνες αυτές παρουσιάζονται και αξιολογούνται στις επόμενες ενότητες.

2.2. Πρότυπα κίνησης πεζών

2.2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τα πρότυπα κίνησης πεζών έχουν ως στόχο την περιγραφή της κίνησης των πεζών σε ένα οδικό δίκτυο, όπου αυτοί αλληλεπιδρούν με την κυκλοφορία, ή σε ένα χώρο κίνησης πεζών, όπου αυτοί αλληλεπιδρούν με άλλους πεζούς. Οι σχετικές έρευνες αντιστοιχούν στο επίπεδο τακτικής της συμπεριφοράς των πεζών και εξετάζουν θέματα όπως ο προγραμματισμός των δραστηριοτήτων του πεζού, η επιλογή προορισμού (Cascetta et al. 1992) και η επιλογή διαδρομής (Charlesworth & Gunawan, 1987; Bovy & Stern, 1990). Ειδικότερα όσον αφορά στην κίνηση πεζών μέσα σε πλήθος, σημαντικό μέρος της υφιστάμενης έρευνας αφορά σε αναλύσεις εκκένωσης χώρου, διεξοδική ανασκόπηση των οποίων είναι διαθέσιμη σε πρόσφατη εργασία (Xiaoping et al., 2009). Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, δίνεται έμφαση στις έρευνες που αφορούν σε κινήσεις πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα και συγκοινωνιακούς σταθμούς.

Εξαιτίας της προφανούς δυσκολίας στη διατύπωση μαθηματικών προτύπων περιγραφής μιας τόσο σύνθετης διαδικασίας λήψης αποφάσεων, στις περισσότερες περιπτώσεις η ανάλυση της κίνησης των πεζών βασίζεται σε μεθόδους προσομοίωσης. Αυτές μπορεί να πραγματοποιούνται σε μακροσκοπικό (ροή πεζών) ή σε μικροσκοπικό επίπεδο (μεμονωμένοι πεζοί), σε συνεχή (continuous) ή διακριτή (discrete) χρονική εξέλιξη και η μετάβαση του συστήματος να πραγματοποιείται με βάση το χρόνο (time-based) ή με βάση το γεγονός (event-based). Οι κανόνες της προσομοίωσης συχνά προέρχονται από βασικές εξισώσεις κινηματικής ή κυκλοφοριακής τεχνικής, ενώ σε άλλες περιπτώσεις προκύπτουν με βάση στοιχεία από έρευνες παρατηρήσεων ή από τη βιβλιογραφία. Η χρήση μαθηματικών προτύπων για την περιγραφή χαρακτηριστικών κίνησης των πεζών σε σχέση με διάφορες παραμέτρους είναι ιδιαίτερα περιορισμένη.

Τα **μακροσκοπικά πρότυπα** βασίζονται συνήθως στη θεωρία κυκλοφοριακής ροής, στη θεωρία ουρών ή στη θεωρία του συνεχούς μέσου (continuum). Οι Hunt & Griffiths (1991) ανέπτυξαν μακροσκοπικά πρότυπα για την αποδοχή καθυστερήσεων από τους πεζούς με βάση μητρώα αποφάσεων σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Οι Mitchell & Smith (2001) ανέλυσαν μια σειρά από τοπολογίες δικτύων πεζών (σειριακές, συμβολές, μερισμούς) με βάση τη θεωρία ουρών και υπολόγισαν την απόδοση του δικτύου σε κάθε περίπτωση. Ο Hughes (2002) προτείνει τη θεώρηση της ροής των πεζών σε πλήθος ως ένα συνεχές μέσο, όπου το πλήθος συμπεριφέρεται σαν μια ενιαία οντότητα που επιδιώκει την εκπλήρωση επιμέρους άμεσων στόχων. Το πρότυπο αυτό επαναδιατυπώθηκε από τους Huang et al. (2009) και αποδείχθηκε ότι ικανοποιεί την αρχή του αναδραστικού δυναμικού ισοζυγίου του χρήστη (reactive dynamic user equilibrium principle), η οποία εφαρμόζεται συχνά σε πιο μικροσκοπικά

πρότυπα. Οι Daamen et al. (2005) προσάρμοσαν βασικά διαγράμματα κυκλοφοριακής ροής πεζών εντός ή ανάντη στενώσεων (bottlenecks) και απέδειξαν ότι ο καταμερισμός του πλήθους ανάντη της στένωσης επιτρέπει την περιγραφή της ροής από βασικά διαγράμματα. Οι Goh & Lam (2004) εξέτασαν τη σχέση ροής / ταχύτητας βαδίσματος πεζών σε σηματοδοτούμενους κόμβους.

Ωστόσο, η πλειοψηφία των προτύπων κίνησης πεζών αφορά σε **μικροσκοπικά πρότυπα**, όπου συλλογικά φαινόμενα περιγράφονται με βάση την ανάλυση και ομαδοποίηση πληροφοριών για μεμονωμένους πεζούς. Παλαιότερα μέσο- και μικροσκοπικά πρότυπα κίνησης πεζών αναπτύχθηκαν σε περιβάλλον κυψελωτών αυτόματων (Cellular Automata) (Schadschneider, 2002). Στα **κυψελωτά αυτόματα**, οι πεζοί κινούνται σε μια σειρά από κελιά που ορίζονται από έναν κάνναβο, με βάση μια σειρά από κανόνες για την περιγραφή της κατάστασης / κατάληψης του κάθε κελιού σε σχέση με τα γειτονικά κελιά. Για την εξέλιξη του συστήματος χρησιμοποιείται ένα μητρώο μετάβασης σε διαδοχικά χρονικά βήματα.

Οι Gipps and Markjo (1985) ανέπτυξαν ένα εργαλείο προσομοίωσης της κίνησης των πεζών γύρω από κτίρια, χρησιμοποιώντας συνδέσμους του δικτύου για να περιγράψουν ενδιάμεσους προορισμούς και εμπόδια κατά τη μετακίνηση. Επίσης, εισήγαγαν την έννοια της αντιληπτής βέλτιστης διαδρομής, ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών του πεζού και των ερεθισμάτων που αυτός δέχεται από το περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό, η επιλογή ενδιάμεσων συνδέσμων γίνεται στοχαστικά.

Σε άλλη παλαιότερη έρευνα, οι Borgers & Timmermans (1986) ανέπτυξαν εργαλείο μικρο-προσομοίωσης για την επιλογή διαδρομής των πεζών σε κέντρα πόλεων και εμπορικές περιοχές. Οι περισσότεροι κανόνες προσομοίωσης βασίστηκαν σε στοιχεία από τη βιβλιογραφία, ενώ το συνολικό πλήθος των στάσεων, οι συγκεκριμένοι προορισμοί και η αλληλουχία αυτών προσδιορίστηκαν με βάση στατιστικές κατανομές πιθανοτήτων. Ωστόσο, η επιλογή της διαδρομής μεταξύ των προορισμών βασίστηκε σε ένα πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο (multinomial logit model) της χρησιμότητας κάθε διαδρομής. Τα πρότυπα προσαρμόστηκαν και επικυρώθηκαν με βάση στοιχεία από την πόλη του Maastricht.

Ο Lönväs (1994) παρουσίασε το στοχαστικό εργαλείο προσομοίωσης EVACSIM για την περιγραφής της δυναμικής των εκκενώσεων χώρου, υπό τη βασική υπόθεση ότι κάθε χώρος κίνησης πεζών μπορεί να περιγραφεί ως δίκτυο τμημάτων για βάδισμα και η κίνηση των πεζών στο δίκτυο αυτό μπορεί να περιγραφεί με βάση τη θεωρία ουρών. Η συμπεριφορά των πεζών περιγράφεται στη συνέχεια με βάση τους χρονικούς διαχωρισμούς μεταξύ πεζών στις υψηλές πυκνότητες ροής, και με βάση την ταχύτητα βαδίσματος στις χαμηλές πυκνότητες ροής. Η διαδικασία εκκένωσης του χώρου βασίζεται σε μια στοχαστική διαδικασία με βάση το γεγονός.

Οι Blue & Adler (2001) προτυποποίησαν σε κυψελωτά αυτόματα τρία φαινόμενα της κίνησης των πεζών σε πλήθος: τη ροή μιας κατευθύνωσης, τη διασκορπισμένη ροή δύο κατευθύνσεων, όπου ο κάθε πεζός προσπαθεί να χαράξει τη διαδρομή του μέσα στο πλήθος, και το δυναμικό σχηματισμό λωρίδων, οι οποίες δημιουργούνται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πεζών. Τα χαρακτηριστικά της κίνησης των πεζών περιγράφηκαν από έναν περιορισμένο αριθμό εμπειρικών κανόνων, όπως ο παραμερισμός (side-stepping), η αποφυγή σύγκρουσης (conflict mitigation) και προσωρινή στάση (temporary stand-off). Η ταχύτητα βαδίσματος θεωρήθηκε ότι περιγράφεται από στατιστική κατανομή.

Μια διαφορετική προσέγγιση της κίνησης πεζών σε δύο κατευθύνσεις παρουσιάστηκε από τους Burstedde et al. (2001), όπου θεωρήθηκε ένας στατικός κάρναβος για τον ορισμό του δικτύου κίνησης πεζών και ένας ξεχωριστός υπερκείμενος δυναμικός κάρναβος για την περιγραφή των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πεζών. Η κατάληψη του στατικού κάρναβου από πεζούς μεταβάλλεται με βάση ένα στοχαστικό μητρώο μετάβασης του δυναμικού κάρναβου.

Στο ίδιο πλαίσιο, οι Weifeng et al. (2003) θεώρησαν τρεις διαδοχικές φάσεις του συστήματος: μια φάση ελεύθερων κινήσεων πεζών σε χαμηλές πυκνότητες ροής, μια φάση αυτό-οργάνωσης των πεζών σε λωρίδες καθώς η πυκνότητα αυξάνεται και μια φάση συγχώνευσης των λωρίδων σε μία μεγάλη λωρίδα ανά κατεύθυνση σε περαιτέρω αύξηση της πυκνότητας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένοι πρόσθετοι κανόνες συμπεριφοράς, όπως η κίνηση προς τα πίσω και η αλλαγή λωρίδας. Ωστόσο, οι αποφάσεις των πεζών βασίστηκαν σε προεπιλεγμένες τιμές πιθανότητας (default probabilities).

Οι Lee & Lam (2008) ανέπτυξαν ένα πρότυπο προσομοίωσης της ροής δύο κατευθύνσεων πεζών σε διαβάσεις, αξιοποιώντας κυρίως αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών σε συνδυασμό με ορισμένους κανόνες από παρατηρήσεις πεζών. Το πρότυπο χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης των πεζών σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις.

Οι Liu et al. (2000) χρησιμοποίησαν το εργαλείο μικρο-προσομοίωσης DRACULA για την περιγραφή των κινήσεων οχημάτων και πεζών σε ένα οδικό δίκτυο και τον έλεγχο σεναρίων σηματοδότησης. Θεωρήθηκαν δύο κατηγορίες πεζών, ανάλογα με το αν αυτοί συμμορφώνονται με τους κυκλοφοριακούς κανόνες ή όχι, και εφαρμόστηκαν διαφορετικοί κανόνες συμπεριφοράς διάσχισης οδών και αλληλεπίδρασης με τα οχήματα για την κάθε κατηγορία πεζών. Ωστόσο, οι αποφάσεις τόσο των οδηγών όσο και των πεζών περιγράφονται από προεπιλεγμένες τιμές πιθανότητας.

Τέλος, οι Wakim et al. (2004) πρότειναν ένα στοχαστικό πρότυπο κίνησης πεζών με τέσσερα διακριτά στάδια: αναμονή, βάδισμα, ταχύ βάδισμα και τρέξιμο, με βάση αντίστοιχες στατιστικές κατανομές της ταχύτητας βαδίσματος. Το πρότυπο

εφαρμόστηκε σε συγκεκριμένες διαδρομές πεζών για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης πεζού / οχήματος σε θέσεις μη ελεγχόμενων διαβάσεων.

Κατά την τελευταία δεκαετία, έχουν αναπτυχθεί πιο προχωρημένες τεχνικές προσομοίωσης, κυρίως σε **συστήματα προσομοίωσης πρακτόρων** (multi-agent simulation), τα οποία βασίζονται σε έννοιες τεχνητής νοημοσύνης. Τα συστήματα αυτά, όπως περιγράφονται στη γενική τους μορφή από τους Dijkstra & Timmermans (2002), περιλαμβάνουν ένα κυκλωτό αυτόματο για την περιγραφή του οδικού δικτύου, ενώ οι πεζοί εισάγονται στο σύστημα με τη μορφή αυτόνομων πρακτόρων (autonomous agents) με γνωστικές ή και μαθησιακές ικανότητες, οι οποίοι κινούνται σε ένα εικονικό περιβάλλον καθέναν με τη δική του συμπεριφορά, άποψη και πρόθεση. Οι Batty & Jiang (1999) ανέπτυξαν μια σειρά προτύπων προσομοίωσης πρακτόρων σε κυκλωτό χώρο και απέδειξαν ότι συνολικά μοτίβα (patterns) συμπεριφοράς μπορεί να προκύψουν από την αλληλεπίδραση των πρακτόρων με το περιβάλλον ή και μεταξύ τους, και τη γνώση που αυτοί αποκομίζουν σε τοπικό επίπεδο.

Οι Kukla et al, (2001) ανέπτυξαν το εργαλείο προσομοίωσης κίνησης πεζών PEDFLOW, στο οποίο ο κύκλος ενεργοποίησης των πρακτόρων περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: προσδιορισμό κατεύθυνσης, παρατήρηση, παραμετροποίηση παρατήρησης, αξιολόγηση κανόνων και κίνηση. Ο προσδιορισμός κατεύθυνσης γίνεται με βάση τον κανόνα της ελάχιστης απόστασης μετακίνησης, ενώ η παραμετροποίηση και η αξιολόγηση των συνθηκών γίνονται με βάση διπτές διακριτές επιλογές απόστασης, ταχύτητας και κατεύθυνσης (ίδια / διαφορετική). Οι κανόνες αυτοί ορίστηκαν με βάση στοιχεία από κάμερες καταγραφής κίνησης πεζών σε κεντρικές αστικές περιοχές.

Ο Teknomo (2006) χρησιμοποίησε σύστημα προσομοίωσης πρακτόρων για τον έλεγχο της υπόθεσης ότι η βελτίωση του επιπέδου εξυπηρέτησης των πεζών βασίζεται κυρίως στον έλεγχο της αλληλεπίδρασης αυτών μεταξύ τους. Το πρότυπο βασίζεται σε βασικές σχέσεις δυνάμεων κινηματικής (επιτάχυνση / επιβράδυνση) και φυσικής (έλξη και άπωση). Για την προσαρμογή του προτύπου αξιοποιήθηκαν στοιχεία έρευνας παρατηρήσεων, με βάση τα οποία ελέγχθηκαν σενάρια δημιουργίας λωρίδων πεζών σε διαβάσεις και επιρροής των ηλικιωμένων πεζών στην απόδοση του συστήματος.

Ο Osaragi (2004) θεωρεί ότι η συμπεριφορά του πεζού κατά τη μετακίνηση προέρχεται εν μέρει από κριτήρια ελαχιστοποίησης της διαδρομής και αντίληψης του οδικού περιβάλλοντος, τα οποία περιγράφονται από μη γραμμικά πρότυπα, και εν μέρει από περιστασιακά στοιχεία, όπως η τάση να ακολουθεί άλλους πεζούς, η πρόβλεψη συγκρούσεων και η απότομη στάση ή προσπέραση, τα οποία περιγράφονται από γραμμικά πρότυπα. Με βάση τα πρότυπα αυτά, αναπτύχθηκε σύστημα προσομοίωσης για την περιγραφή της άνεσης και της αποτελεσματικότητας των κινήσεων των πεζών, με βάση στοιχεία από κάμερες καταγραφής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς.

Οι Kitazawa & Batty (2004) ανέπτυξαν εργαλείο προσομοίωσης με τέσσερα στάδια σε κάθε κύκλο ενεργοποίησης, το καθένα με διαφορετικούς κανόνες. Συγκεκριμένα, το πρώτο στάδιο αφορά στη συλλογή πληροφοριών από τους πεζούς και τη σύγκριση αυτών με εκείνες του προηγούμενου κύκλου. Το δεύτερο στάδιο αφορά στην επιλογή προορισμού, όπου χρησιμοποιούνται στοιχεία έρευνας αγοράς (marketing) σε συνδυασμό με αλγόριθμους νευρωνικών δικτύων (neural networks) για τον υπολογισμό της πιθανότητας επιλογής. Στο τρίτο στάδιο πραγματοποιείται επιλογή διαδρομής υπό περιορισμούς χρόνου με βάση μικτό πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο (mixed logit model), το οποίο μπορεί να ενσωματώνει αλγόριθμους πλανόδιου πωλητή (travelling salesman algorithms). Το τέταρτο στάδιο αφορά σε τοπικές κινήσεις και βασίζεται σε απλούς κανόνες αποφυγής εμποδίων. Το σύστημα προσαρμόστηκε με βάση στοιχεία από κάμερες καταγραφής των κινήσεων πεζών σε εμπορικές περιοχές του Tokyo.

Σε άλλη σχετική έρευνα (Hoogendoorn, 2004) θεωρείται ότι οι πεζοί στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του υποκειμενικού κόστους μετακίνησης. Το σύστημα προσομοίωσης πρακτόρων που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει αφενός ένα βασικό πρότυπο, το οποίο βασίζεται σε φυσικές αλληλεπιδράσεις και αφετέρου σε ένα πρότυπο ελέγχου, το οποίο βασίζεται σε κινηματικές σχέσεις επιτάχυνσης. Παράλληλα, θεωρείται μια διαδικασία βελτιστοποίησης του κόστους, το οποίο είναι συνάρτηση της δυνατότητας διατήρησης του ελέγχου, της εγγύτητας στον προορισμό και της δυνατότητας επιτάχυνσης. Το σύστημα φαίνεται να αναπαριστά επιτυχώς μακροσκοπικά φαινόμενα των εκκενώσεων χώρου, όπως η δημιουργία στενώσεων και ο δυναμικός σχηματισμός λωρίδων.

Επίσης, οι Hoogendoorn & Bovy (2004) προτυποποίησαν την επιλογή διαδρομής και τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων του πεζού με βάση τη θεωρία της μεγιστοποίησης της χρησιμότητας υπό συνθήκες αβεβαιότητας, η οποία πραγματοποιείται ιεραρχικά σε σχέση με τρέχοντα κόσθη (αναμενόμενος χρόνος διαδρομής, εμπόδια, επιθυμητή ταχύτητα, αλληλεπιδράσεις) και τερματικά κόσθη (ποινές καθυστέρησης). Το σύστημα προσομοίωσης NOMAD που αναπτύχθηκε βασίζεται αντίστοιχα στη δυναμική εκτίμηση ενός συνεχούς στοχαστικού βέλτιστου σημείου (continuous stochastic dynamic optimal). Η βασική διαφορά των προτεινόμενων προτύπων από την κλασική θεωρία χρησιμότητας είναι η θεώρηση άπειρων εναλλακτικών διαδρομών, καθώς και της αβεβαιότητας στην επιλογή.

Μια πιο αιτιοκρατική προσέγγιση της κίνησης των πεζών προτείνεται από τους Antonini et al. (2006), με βάση τη θεωρία χρησιμότητας. Οι επιλογές του πεζού ορίζονται με βάση τρεις παραμέτρους: την ταχύτητα (ίδια / επιτάχυνση / επιβράδυνση), το διάνυσμα της κατεύθυνσης (κεντρική / με απόκλιση) και την παρουσία άλλων πεζών. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε τόσο με συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (cross-nested logit model) όσο και με μικτό λογιστικό πρότυπο (mixed logit model), τα οποία προσαρμόστηκαν με βάση στοιχεία καταγραφής κινήσεων πεζών από κάμερες στην είσοδο σταθμών μετρό

στη Λωζάνη και έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε σύστημα μικρο-προσομοίωσης για την περιγραφή της κίνησης των πεζών.

Το πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε περαιτέρω από τους Robin et al. (2009), με τη θεώρηση δύο βασικών σεναρίων: ενός σεναρίου χωρίς περιορισμούς και ενός σεναρίου με βάση υποθέσεις ακολουθίας πεζών (leader-follower) και αποφυγής συγκρούσεων. Τα σενάρια επικυρώθηκαν με στοιχεία αντιπροσωπευτικά και των δύο κατηγοριών συνθηκών, ωστόσο δεν εφαρμόστηκαν σε σύστημα προσομοίωσης.

Μια από τις ελάχιστες έρευνες κίνησης πεζών όπου δίνεται έμφαση στην αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία παρουσιάστηκε από τους Airault et al (2004). Στο σχετικό εργαλείο προσομοίωσης ARCHISIM, οι πεζοί κινούνται σε εικονικό δίκτυο και πραγματοποιούν ελιγμούς γύρω από εμπόδια, ενώ τα οχήματα θεωρούνται πρόσθετα εμπόδια. Κατά την αλληλεπίδραση πεζού / οχήματος, οι επιλογές του πεζού περιλαμβάνουν επιβράδυνση και αλλαγή κατεύθυνσης, ενώ οι επιλογές του οχήματος περιλαμβάνουν μόνο επιβράδυνση. Ωστόσο, τα διαθέσιμα αποτελέσματα αφορούν σε πιλοτική εφαρμογή του συστήματος.

Τέλος, σε μια πρόσφατη έρευνα (Gaud et al. 2008) προτείνεται ιεραρχική θεώρηση των συστημάτων κίνησης πεζών σε αστικές περιοχές, με χρήση πολυεπίπεδης προσομοίωσης πρακτόρων (multilevel multi-agent simulation). Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατή η περιγραφή ερεθισμάτων και αλληλεπιδράσεων των πεζών σε διαφορετικά επίπεδα, συνδέοντας και επιτρέποντας τη μετάβαση από μικροσκοπικό σε μακροσκοπικό επίπεδο. Ωστόσο, η εργασία δεν περιλαμβάνει αποτελέσματα εφαρμογής του συστήματος.

2.2.2. Αξιολόγηση προτύπων

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ερευνών σε θέματα προτυποποίησης της κίνησης των πεζών σε αστικό χώρο συνοψίζονται στον Πίνακα 2.1, όπου κατατάσσονται ανάλογα με την θεώρηση που υιοθετείται, από τις μακροσκοπικές στις μικροσκοπικές προσεγγίσεις. Επισημαίνεται ότι, παρόλο που οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι κοινές, οι στόχοι των διαφόρων αναλύσεων διαφέρουν σημαντικά.

Σε γενικές γραμμές, τα περισσότερα πρότυπα κίνησης πεζών αφορούν σε δυναμική του πλήθους και των εκκενώσεων χώρου, ενώ η αλληλεπίδραση των πεζών με την κυκλοφορία εξετάζεται σπάνια. Επιπλέον, οι αναλύσεις επικεντρώνονται σε τοπικού χαρακτήρα φαινόμενα, όπως οι στενώσεις, οι ροές δύο κατευθύνσεων και ο δυναμικός σχηματισμός λωρίδων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι κινήσεις των πεζών προσδιορίζονται από βασικές κινηματικές ή κυκλοφοριακές εξισώσεις, ενώ λεπτομερέστερα στοιχεία

της συμπεριφοράς των πεζών περιγράφονται με βάση λογικούς ή εμπειρικούς κανόνες, αρκετές φορές χωρίς την πραγματοποίηση σχετικών παρατηρήσεων, με αποτέλεσμα να γίνονται ορισμένες υπεραπλουστεύσεις.

Η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων αποδίδεται εξίσου και στο γεγονός ότι σπάνια πραγματοποιείται επικύρωση των προτύπων με νέα στοιχεία. Στις περισσότερες έρευνες, στόχος είναι η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του προτεινόμενου εργαλείου και η αξιοποίηση προχωρημένων μεθόδων προσομοίωσης, ενώ ο έλεγχος με πραγματικά δεδομένα περιλαμβάνεται στα επόμενα στάδια της έρευνας. Σημειώνεται επίσης ότι, ακόμη και στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται δεδομένα από παρατηρήσεις, ο διαχωρισμός των διαδικασιών προσαρμογής (calibration) και επικύρωσης (validation) του προτύπου δεν είναι σαφής.

Πίνακας 2.1. Σύνοψη προτύπων κίνησης πεζών

Πηγή	Έτος	Στόχος ανάλυσης		Μέθοδος		Πλαίσιο προσομοίωσης										Δεδομένα από παρατηρήσεις			
		Ροή πεζών	Πληθός πεζών / Εκτίμηση χώρου	Επιλογή διαδρομής	Μακροσκοπική	Μικροσκοπική - Κυψελωτά Αυτόματα	Μικροσκοπική - Συστήματα πρακτόρων	Πρότυπο χρόνου		Μεταβίβαση συστήματος	Κανόνες		Αλληλεπιδράσεις						
								Συνεχές	Διακριτό	Με βάση το χρόνο	Με βάση το γεγονός	κυκλοφοριακοί / κινηματικοί	εμπειρικοί / από βιβλιογραφία	Μαθηματικά πρότυπα	Άλλοι πεζοί		Οδικό περιβάλλον	Εμποδία	Κυκλοφορία
Hunt & Griffiths	1991	•			•		•		•					•					•
Mitchel & Smith	2001	•					•			•				•					•
Hughes	2002	•			•												•	•	
Daamen et al.	2005	•			•														•
Huang et al.	2009	•			•												•		
Gipps & Markjo	1985			•		•			•					•			•		
Borgers & Timmermans	1986								•					•			•		•
Léonás	1994		•			•						•					•		
Blue & Adler	2001		•			•			•				•	•			•		
Burstedde et al.	2001		•			•		•					•	•			•		
Weifeng et al .	2003		•			•							•	•					
Liu et al.	2000			•					•					•	•			•	
Wakim et al.	2004				•				•					•	•			•	
Lee & Lam	2008					•			•					•	•				•
Dijkstra & Timmermans	2002						•							•	•				
Batty & Jiang	1999		•	•				•	•				•	•			•	•	•
Kukla et al.	2001		•	•		•		•	•				•	•			•	•	•
Teknomo	2006		•			•		•	•					•	•			•	•
Osaragi	2004		•			•		•	•					•	•				•
Kitazawa & Batty	2004			•		•		•		•					•	•			•
Hoogendoorn	2004		•			•		•			•			•	•			•	
Hoogendoorn & Bovy	2004			•		•		•					•	•					•
Antonini et al.	2006				•			•					•	•			•	•	•
Airault et al.	2004				•			•					•	•			•	•	•
Robin et al.	2009																•	•	
Gaud et al.	2008			•		•		•	•					•	•			•	•

Επίσης, η πλειοψηφία των μεθοδολογικών προσεγγίσεων αφορά σε στοχαστικές μεθόδους, με περιστασιακή μόνο χρήση πιθανοτικών ή αιτιοκρατικών προτύπων για την περιγραφή επιμέρους στοιχείων της κίνησης των πεζών. Οι στοχαστικές αυτές προσεγγίσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στις αναλύσεις κίνησης των πεζών σε πλήθος ή σε εμπορικές περιοχές, όπου ο βαθμός αβεβαιότητας για τον προορισμό ή την επιλογή διαδρομής είναι σημαντικός. Ωστόσο, δεν είναι επαρκείς για την περιγραφή της κίνησης των πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο, όπου η αλληλεπίδραση των πεζών με την κυκλοφορία βασίζεται σε σημαντικό βαθμό σε συγκεκριμένες και μετρήσιμες μεταβλητές, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

Οι μεταβλητές αυτές συνοψίζονται στην επόμενη ενότητα, όπου παρουσιάζονται οι υφιστάμενες έρευνες που αφορούν στη συμπεριφορά των πεζών κατά την αλληλεπίδραση με την κυκλοφορία, με έμφαση στη διάσχιση αστικών οδών.

2.3. Πρότυπα συμπεριφοράς διάσχισης οδού πεζών

2.3.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η συμπεριφορά και οι κινήσεις των πεζών σε περιοχές κόμβων ή σε άλλες θέσεις διάσχισης οδού εξετάζονται σε πλήθος ερευνών. Σημαντικό μέρος αυτών αφιερώνεται στην αξιολόγηση της οδικής υποδομής, του ελέγχου της κυκλοφορίας και των μέτρων οδικής ασφάλειας των πεζών, στο πλαίσιο αναλύσεων συμπεριφοράς πεζών πριν-και-μετά (before-and-after). Ωστόσο, οι περισσότερες στατιστικές αναλύσεις αφορούν στην περιγραφή και πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πεζών κατά την αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία, δηλαδή κατά τη διάσχιση οδών. Τα πρότυπα που αναπτύσσονται βασίζονται κυρίως στη θεωρία της αποδοχής χρονικών διαχωρισμών (gap acceptance theory), στη θεωρία επιπέδου εξυπηρέτησης (level of service theory) και στη θεωρία χρησιμότητας (utility theory), και προσαρμόζονται με βάση στοιχεία από έρευνες παρατηρήσεων (observational data) ή έρευνες δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference surveys).

Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση δίνεται έμφαση στις έρευνες που περιλαμβάνουν στατιστική ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών, ενώ στη βιβλιογραφία είναι διαθέσιμες πολλές έρευνες που βασίζονται μόνο σε στοιχεία παρατηρήσεων. Επισημαίνεται επίσης ότι μια χρήσιμη ανασκόπηση, κυρίως παλαιότερων ερευνών, σε θέματα αποδοχής χρονικών διαχωρισμών και καθυστέρησης των πεζών παρουσιάζεται από τους Ishaque & Noland (2007).

Στο πλαίσιο **αναλύσεων πριν-και-μετά**, έχει αξιολογηθεί σημαντικός αριθμός μέτρων και επεμβάσεων για τη βελτίωση της κίνησης και της ασφάλειας των πεζών σε αστικές περιοχές, όπως η εφαρμογή μέτρων υπενθύμισης στους οδηγούς της προτεραιότητας των πεζών (Koenig & Wu, 1994; Nasar, 2003), η βελτίωση της διαγράμμισης στις περιοχές διαβάσεων (Van Houten & Malenfant, 1992; Zegeer et al. 2004), η κατασκευή τοπικών υπερυψώσεων πριν από μη ελεγχόμενες διαβάσεις πεζών (Dixon et al. 1997), η τοποθέτηση έντονα ανακλαστικής σήμανσης στις περιοχές διάβασης εκτός κόμβων (Clark et al. 1996), η κατασκευή κεντρικής νησίδας (Nee & Hallenbeck, 2003), η εγκατάσταση συστημάτων εντοπισμού πεζών και ειδοποίησης οδηγών στην περιοχή των διαβάσεων (Hakkert et al., 2002), η σηματοδότηση (Khasnabis et al. 1982; Kochevar & Lalani, 1985; Lyons et al. 2004), η επενεργούμενη σηματοδότηση πεζών (Keegan & O'Mahony, 2003; Ashmead et al., 2004), η απαγόρευση στρεφουσών κινήσεων σε κόμβους (Retting et al. 2002), ο προγραμματισμός αυτόματης νωρίτερης ενεργοποίησης ή επέκτασης της φάσης των πεζών στη σηματοδότηση (Carsten et al., 1998) και η βελτίωση του σχεδιασμού των οχημάτων για τη μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων των πεζών (Oh et al. 2008). Μια ιδιαίτερα χρήσιμη ανασκόπηση θεμάτων ασφάλειας πεζών και σχετικών επεμβάσεων παρουσιάζεται από τους Kanellaidis et al. (1999).

Εξάλλου, η διάσχιση οδών περιλαμβάνεται σε ορισμένες **έρευνες επιπέδου εξυπηρέτησης** των πεζών στα αστικά συγκοινωνιακά συστήματα (Milazzo II et al., 1998; Winters et al. 2001; Henson, 2000; Landis et al. 2000). Σε αυτές τις έρευνες προτείνονται δείκτες αποτελεσματικότητας για το επίπεδο εξυπηρέτησης διάσχισης οδού σε κόμβο ή εκτός κόμβου (Sarkar, 1995; Crider et al., 2001), η δυσκολία διάσχισης οδού εκτός κόμβου θεωρείται κριτήριο στάθμης εξυπηρέτησης πεζού (Baltes & Chu, 2002) και οι επιλογές διάσχισης οδού του πεζού αντιμετωπίζονται ως δείκτες προσβασιμότητας (Phillips et al. 2001). Οι Wan & Roupail (2004), προσομοίωσαν την κίνηση πεζών σε κυκλικούς κόμβους και ποσοτικοποίησαν την επιρροή του πλάτους της κεντρικής νησίδας στο επίπεδο εξυπηρέτησης διάσχισης οδού των πεζών.

Παρόλο που τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών είναι χρήσιμα από πλευράς συγκοινωνιακής τεχνικής και πολιτικής αστικών μετακινήσεων, δεν περιλαμβάνουν στοιχεία συμπεριφοράς των πεζών παρά μόνο σε μακροσκοπικό επίπεδο. Παράλληλα, σε αρκετές εργασίες αναφέρεται ότι, παρά τις όποιες επεμβάσεις για την βελτίωση της άνεσης και της ασφάλειας των πεζών, η συμπεριφορά των πεζών, και κυρίως η ριποκίνδυνη συμπεριφορά, δεν μεταβάλλεται συνήθως σημαντικά (Hakkert et al. 2002; Nee and Hallenbeck, 2003). Είναι επομένως απαραίτητο να διερευνηθεί σε βάθος η συμπεριφορά αυτή και οι καθοριστικές παράμετροι αυτής, έτσι ώστε να διατυπωθεί καλύτερα η επιρροή των διαφόρων μέτρων και ρυθμίσεων.

Ένα σημαντικό κομμάτι των ερευνών της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών αφορά σε **ψυχολογικές έρευνες**. Ο Hine (1996) χρησιμοποίησε τη μέθοδο των συνεντεύξεων σε βάθος για τη διερεύνηση της αντίληψης των πεζών ως προς τη δυσκολία διάσχισης οδού, τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την υποδομή πεζών στο κέντρο του Εδιμβούργου. Οι Evans & Norman (1998) ανέπτυξαν ιεραρχικά πρότυπα συμπεριφοράς διάσχισης οδού, με βάση ερωτηματολόγια που περιελάμβαναν σενάρια πιθανών επικίνδυνων καταστάσεων για πεζούς, σε σχέση με ψυχολογικές παραμέτρους όπως οι στάσεις, οι απόψεις και οι προθέσεις του πεζού, οι υποκειμενικές νόρμες (subjective norm), ο αντιληπτός έλεγχος συμπεριφοράς (perceived behavioural control) και η αυτοαξιολόγηση. Ο Yagil (2000) πρότεινε πολυπαραμετρικά πρότυπα για την αυτοδηλούμενη συχνότητα μη ασφαλών διασχίσεων οδού σε σχέση με τις απόψεις, τα κίνητρα του πεζού αλλά και περιστασιακούς παράγοντες. Οι Tidwell & Doyle (1995) διερεύνησαν την κατανόηση των κυκλοφοριακών κανόνων και της οδικής σήμανσης που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση πεζού / οχήματος με βάση ερωτηματολόγια σε οδηγούς και σε πεζούς.

Ο Diaz (2002) ανέπτυξε ένα πρότυπο δομικών εξισώσεων (structural equations model) για την ανάλυση της ριποκίνδυνης συμπεριφοράς των πεζών σε σχέση με τη στάση του, τις υποκειμενικές νόρμες, τον αντιληπτό έλεγχο, την πρόθεση και της αναφερόμενες παραβάσεις και σφάλματα, με βάση στοιχεία δεδηλωμένης προτίμησης πεζών στην πόλη του Santiago. Οι Bungum et al. (2005)

διερεύνησαν την απόσπαση της προσοχής των πεζών σε ελεγχόμενες θέσεις κόμβων. Τέλος, οι Holland & Hill (2007) διερεύνησαν την επιρροή του φύλου και της ηλικίας των πεζών στις αποφάσεις διάσχισης οδού σε σχέση με την πρόθεση, την κατάσταση και την αντίληψη επικινδυνότητας του πεζού.

Είναι προφανές ότι οι αναλύσεις αυτές έχουν περιορισμένη χρησιμότητα για την περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών στις αστικές περιοχές. Παρόλο που η κατανόηση των ψυχολογικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη μη ασφαλή συμπεριφορά είναι σημαντική, η επιρροή του οδικού περιβάλλοντος και των κυκλοφοριακών συνθηκών στη συμπεριφορά των πεζών είναι εξίσου σημαντική. Η επιρροή αυτή εξετάζεται σε πολλές έρευνες, κυρίως με βάση τη **θεωρία αποδοχής χρονικών διαχωρισμών**.

Οι Himanen & Kulmala (1988) χρησιμοποίησαν πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την ανάλυση της πιθανότητας πέδησης του οχήματος και διάσχισης του πεζού σε αλληλεπιδράσεις πεζών / οχημάτων σε διαβάσεις και τον υπολογισμό διαστημάτων ασφαλείας, με βάση στοιχεία από έρευνα πεδίου με κάμερα καταγραφής στο Ελσίνκι. Οι στατιστικά σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές περιελάμβαναν τον αριθμό οχημάτων σε φάλαγγα, την ταχύτητα του οχήματος, την απόσταση του πεζού από το κράσπεδο, το πλήθος των πεζών στη διάβαση και το μέγεθος της αστικής περιοχής. Σημειώνεται ωστόσο ότι η αντίδραση του ενός χρήστη στη συμπεριφορά του άλλου δεν εξετάστηκε στην ανάλυση.

Οι Hine & Russel (1993) εξέτασαν τη σχέση μεταξύ συμπεριφοράς των πεζών και κυκλοφοριακών συνθηκών σε σχέση με τη δημιουργία περιορισμών στην κίνηση των πεζών, είτε φυσικών είτε ψυχολογικών. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία κινήσεων πεζών, ροής και ταχύτητας οχημάτων σε συνδυασμό με προσωπικές συνεντεύξεις πεζών στην πόλη του Εδιμβούργου. Με βάση τα ποσοστά και τις γωνίες των διασχίσεων των πεζών, προέκυψε ότι οι περιορισμοί από τις κυκλοφοριακές συνθήκες συχνά οδήγησαν τους πεζούς σε αλλαγή διαδρομής.

Οι Oxley et al. (1997) εξέτασαν τη συμπεριφορά διάσχισης οδού των ηλικιωμένων πεζών σε μη ενδεδειγμένες θέσεις διάσχισης με βάση των υπολογισμό των καθυστερήσεων, των αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών, του χρόνου διάσχισης, του διαστήματος ασφαλείας και της αλληλεπίδρασης με τα οχήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ηλικιωμένοι πεζοί αποδέχονται μεγαλύτερες καθυστερήσεις και χρονικούς διαχωρισμούς σε σχέση με τους νεότερους, ωστόσο συχνά υιοθετούν μη ασφαλή τρόπο διάσχισης. Σε άλλη σχετική έρευνα (Bernhoft & Carstensen, 2008) αποδείχθηκε ότι οι ηλικιωμένοι πεζοί εκτιμούν την ύπαρξη υποδομής για πεζούς (πεζοδρόμια, διαβάσεις) περισσότερο από τους νεότερους. Επίσης, οι Oxley et al. (2005) διερεύνησαν την επιρροή της ηλικίας του πεζού στη δυνατότητα επιλογής ασφαλούς χρονικού διαχωρισμού με σχέση με το χρόνο αναμονής και την ταχύτητα του οχήματος και βρέθηκε ότι οι ηλικιωμένοι πεζοί επέλεγαν μη ασφαλή διαστήματα δεδομένου του χρόνου αναμονής τους. Οι Langlois et al. (1997) σημειώνουν ότι όσο χαμηλότερη

η ταχύτητα βαδίσματος των ηλικιωμένων πεζών, τόσο μεγαλύτερος ο αντιληπτός βαθμός δυσκολίας διάσχισης οδού.

Οι Rosenbloom et al. (2008), καθώς και οι Conelly et al. (1998), χρησιμοποίησαν παρόμοιες μεθόδους για την ανάλυση της συμπεριφοράς των ανήλικων πεζών και κατέληξαν στο ότι οι ανήλικοι πεζοί παρουσιάζουν συχνά μη ασφαλή συμπεριφορά κατά τη διάσχιση οδών, ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από ενήλικα. Οι Simpson et al. (2003) εξέτασαν τις αποφάσεις διάσχισης οδού ανήλικων και νέων πεζών σε θέσεις εκτός κόμβων στο πλαίσιο πειράματος σε εικονικό περιβάλλον. Ειδικότερα, εξετάστηκε το πλήθος εικονικών συγκρούσεων και εμπλοκών πεζών / οχημάτων, μη ασφαλών διασχίσεων, ο χρόνος διάσχισης και οι αποδοκτοί και απορριφθέντες χρονικοί διαχωρισμοί. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι αποφάσεις διάσχισης των νέων πεζών βασίζονται περισσότερο στους χρονικούς διαχωρισμούς και λιγότερο στην ταχύτητα των οχημάτων, ενώ η μη ασφαλής συμπεριφορά μειώνεται με αύξηση της ηλικίας.

Σε άλλη σχετική έρευνα (TeVelde et al. 2005), καταγράφηκε σε εικονικό περιβάλλον τόσο η πρόθεση των πεζών να διασχίσουν μια οδό όσο και η συμπεριφορά τους κατά τη διάσχιση και υπολογίστηκαν τα ποσοστά διάσχισης, μη ασφαλών διασχίσεων, και ασφαλών διαστημάτων που απορρίφθηκαν. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι νεότεροι πεζοί εμφανίζονταν πιο προσεκτικοί κατά τη διάσχιση οδών, ενώ όλοι οι συμμετέχοντες αποφάσιζαν με βάση τόσο το χρονικό διαχωρισμό όσο και την ταχύτητα του οχήματος.

Οι Hatfield & Murphy (2007) διερεύνησαν την επιρροή της χρήσης κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση οδών και κατέληξαν στο ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου μειώνει την ταχύτητα διάσχισης και σχετίζεται με χαμηλότερη πιθανότητα ελέγχου της διερχόμενης κυκλοφορίας πριν ή κατά τη διάρκεια της διάσχισης.

Ο Varhelyi (1998) εξέτασε την παραχώρηση προτεραιότητας στους πεζούς από τα οχήματα σε μη ενδεδειγμένες θέσεις διάσχισης εκτός κόμβων, υπό την υπόθεση ότι η επιλογή ταχύτητας των οχημάτων που πλησιάζουν στη διάβαση εξαρτάται από τις αφίξεις των πεζών, οι οποίες με τη σειρά τους εξαρτώνται από τις αναμενόμενες αφίξεις των οχημάτων. Η ταχύτητα των οχημάτων μετρήθηκε με κάμερες καταγραφής ταχύτητας (speed guns) και δημιουργήθηκαν αναπτύγματα ταχύτητας των οχημάτων κατά μήκος της οδού (speed profiles). Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι το ποσοστό οχημάτων που παραχωρούν προτεραιότητα στους πεζούς ήταν ιδιαίτερα χαμηλό, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε αύξηση της ταχύτητας των οχημάτων, ως μέσο προειδοποίησης των πεζών για την πρόθεση μη παραχώρησης προτεραιότητας.

Σε άλλη σχετική έρευνα (Hamed, 2001), εξετάζεται η συμπεριφορά των πεζών σε μη ελεγχόμενες θέσεις εκτός κόμβων με βάση στοιχεία από την πόλη του Amman. Ο χρόνος αναμονής των πεζών προτυποποιήθηκε με βάση πρότυπα επιβίωσης με ανεξάρτητες μεταβλητές (survival model), ενώ το πλήθος των

προσπαθειών διάσχισης προτυποποιήθηκε με πρότυπα Poisson και Αρνητικά Διωνυμικά (Negative Binomial) σε σχέση με το χρόνο αναμονής. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές περιελάμβαναν το φύλο, την ηλικία, τη συχνότητα των διασχίσεων, το πλήθος των πεζών σε ομάδα, τον προορισμό, την κατοχή επιβατικού οχήματος και την προηγούμενη εμπλοκή σε ατύχημα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση του χρόνου αναμονής των πεζών με το πλήθος των προσπαθειών διάσχισης. Προκύπτει επίσης ότι, σε δρόμους με κεντρική νησίδα, οι πεζοί συμπεριφέρονται διαφορετικά από τη μια πλευρά της οδού έως τη νησίδα, από ότι από τη νησίδα έως την απέναντι πλευρά της οδού.

Οι Sun et al. (2003) πρότειναν ένα πλαίσιο ανάλυσης της αλληλεπίδρασης πεζών / οχημάτων σε μη ελεγχόμενες θέσεις εκτός κόμβων με βάση την προτυποποίηση δύο σχετιζόμενων φαινομένων: της αποδοχής χρονικών διαχωρισμών από τους πεζούς και της παραχώρησης προτεραιότητας από τα οχήματα. Τα δύο φαινόμενα εξετάστηκαν τόσο στοχαστικά (με χρήση στατιστικών κατανομών) όσο και με βάση διωνυμικά λογιστικά πρότυπα (binomial logit models). Στη συνέχεια, τα πρότυπα συνδέθηκαν σε σύστημα προσομοίωσης για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης πεζών / οχημάτων.

Οι Das et al. (2005) υπολόγισαν την κατανομή των αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών των πεζών με ένα διατεταγμένο πρότυπο (ordered probit model) σε σχέση με τη σύνθεση της κυκλοφορίας, την ύπαρξη κεντρικής νησίδας και την παρουσία άλλων πεζών, με βάση στοιχεία κινήσεων πεζών σε σηματοδοτούμενους κόμβους στο Νέο Δελχί. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι αποδεκτοί χρονικοί διαχωρισμοί διαφέρουν μεταξύ των κινήσεων από τη μια πλευρά της οδού προς τη νησίδα και από τη νησίδα προς την απέναντι πλευρά, ενώ μεγαλύτερου μεγέθους οχήματα σχετίζονται με μεγαλύτερους αποδεκτούς χρονικούς διαχωρισμούς. Ωστόσο, στην έρευνα δεν εξετάζεται η ανταπόκριση των οδηγών στη συμπεριφορά των πεζών.

Οι Yang et al. (2006) ανέπτυξαν σύστημα μικρο-προσομοίωσης της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τους αποδεκτούς χρονικούς διαχωρισμούς και τη συμμόρφωση με τους κυκλοφοριακούς κανόνες, θεωρώντας δύο κατηγορίες πεζών: συντηρητικούς πεζούς και ριψοκίνδυνους πεζούς, με δυνατότητα μετάβασης από τη μία κατηγορία στην άλλη υπό ορισμένες συνθήκες. Το σύστημα προσαρμόστηκε και επικυρώθηκε με βάση αποτελέσματα συνεντεύξεων και παρατηρήσεων κινήσεων πεζών σε αστικές περιοχές στην Κίνα. Ωστόσο, οι παράμετροι της συμπεριφοράς των πεζών κατά τη διάσχιση οδών δεν ποσοτικοποιήθηκαν.

Ο Θεοφιλάτος (2009) διερεύνησε το μέγεθος και τις καθοριστικές παραμέτρους των αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών των πεζών στο κέντρο της Αθήνας. Προέκυψε ότι οι αποδεκτοί χρονικοί διαχωρισμοί εξηγούνται καλύτερα από την απόσταση από το όχημα και όχι από την ταχύτητα του οχήματος, καθώς η απόσταση γίνεται ευκολότερα αντιληπτή από τους πεζούς σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος. Επίσης, η παράνομη στάθμευση, το μέγεθος του

οχήματος και η παρουσία άλλων πεζών επηρεάζουν σημαντικά το μέγεθος των αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών.

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση της συμπεριφοράς των πεζών σε μη ενδεδειγμένες θέσεις διάσχισης αφορά σε ένα πρότυπο δυσκολίας διάσχισης των Baltes & Chu (2002), το οποίο επιτρέπει τον υπολογισμό στάθμης εξυπηρέτησης πεζών σε διασχίσεις εκτός κόμβων. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα κλήθηκαν να βαθμολογήσουν τη δυσκολία διάσχισης σε διάφορες θέσεις εκτός κόμβου, χωρίς να διασχίσουν, και τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη προτύπου γραμμικής παλινδρόμησης σε σχέση με χαρακτηριστικά του πεζού, της οδού και των κυκλοφοριακών ρυθμίσεων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η δυσκολία διάσχισης οδού αυξάνει με το πλάτος της οδού, την απόσταση από το σηματοδότη και την ύπαρξη στρεφόντων οχημάτων, ενώ μειώνεται με την ύπαρξη σηματοδότησης για τους πεζούς. Η δυσκολία διάσχισης οδού διερευνήθηκε επίσης από τους Hunt & Abduljabbar (1993).

Μια από τις ελάχιστες έρευνες όπου εξετάζονται οι προτιμήσεις των πεζών μεταξύ εναλλακτικών θέσεων διάσχισης με βάση τη **θεωρία χρησιμότητας** παρουσιάστηκε από τους Chu et al. (2002). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα κλήθηκαν να δηλώσουν τον τρόπο με τον οποίο θα επέλεγαν να διασχίσουν ένα οδικό τμήμα προς ένα συγκεκριμένο προορισμό μεταξύ των εξής εναλλακτικών: διάσχιση σε κόμβο, διαγώνια διάσχιση εκτός κόμβου, διάσχιση σε διάβαση εκτός κόμβου, διάσχιση εκτός κόμβου στο σημείο απέναντι από τον προορισμό. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε ένα ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (nested logit model) με βάση μεταβλητές που αφορούν κυρίως στο οδικό περιβάλλον. Από τα αποτελέσματα προέκυψε αυξημένη πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο, ενώ κατέστη δυνατή η ποσοτικοποίηση της επιρροής των παραμέτρων στην πιθανότητα παρατήρησης των διάφορων εναλλακτικών τρόπων διάσχισης. Επίσης, οι Lassarre et al. (2007) παρουσίασαν μια απόπειρα επέκτασης του προτύπου αυτού για διαδοχικά οδικά τμήματα μιας διαδρομής πεζού.

Οι Yannis et al. (2007) παρουσίασαν ένα πρότυπο που προκύπτει από τη συγχώνευση του παραπάνω ιεραρχικού προτύπου με το πρότυπο δυσκολίας διάσχισης εκτός κόμβου των Baltes & Chu (2002), υπό την υπόθεση ότι η σχετική δυσκολία διάσχισης εκτός κόμβου είναι αντιπροσωπευτική της αντίστοιχης σχετικής χρησιμότητας μεταξύ διαφόρων θέσεων εκτός κόμβου. Από την εφαρμογή του προτύπου είναι δυνατή η εκτίμηση της πιθανότητας διάσχισης μεταξύ ενός συνόλου εναλλακτικών θέσεων σε κόμβο ή εκτός κόμβου. Παράλληλα, παρουσιάζεται μια απόπειρα επέκτασης του προτύπου σε επίπεδο διαδρομής πεζού.

Παρόμοια προσέγγιση με βάση τη θεωρία χρησιμότητας παρουσιάστηκε από τους Hui & Hongwei (2008), όπου η επιλογή διάσχισης σε ενδεδειγμένη θέση ή εκτός ενδεδειγμένης θέσης προτυποποιήθηκε σε σχέση με την πρόθεση πραγματοποίησης παράκαμψης, το μήκος της παράκαμψης, την αντιληπτή ασφάλεια, τη συμμόρφωση με τους κυκλοφοριακούς κανόνες, το χρόνο

διαδρομής και τις σχετικές αποτιμήσεις της ασφάλειας, της άνεσης και του χρόνου. Επισημαίνεται ότι το πρότυπο αυτό πιθανότατα θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε επίπεδο συμπεριφοράς πεζού καθ' όλη τη διάρκεια της μετακίνησης, ωστόσο η έρευνα δεν περιλαμβάνει σχετικά αποτελέσματα.

Οι Muraleetharan et al. (2004) εφάρμοσαν τη θεωρία χρησιμότητας για τον υπολογισμό του συνολικού επιπέδου εξυπηρέτησης των πεζών σε πεζοδρόμια και διαβάσεις. Πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου για την καταγραφή της αντίληψης των πεζών για το επίπεδο εξυπηρέτησης σε πεζοδρόμια και διαβάσεις στην περιοχή του Πανεπιστημίου Hokkaido στην Ιαπωνία. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε γραμμικό πρότυπο συνολικής χρησιμότητας του πεζοδρομίου ή της διάβασης σε σχέση με το επίπεδο εξυπηρέτησης, όπως αυτό περιγράφεται από παραμέτρους όπως ο διαχωρισμός των κατευθύνσεων κυκλοφορίας της οδού, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι στρέφουσες κινήσεις, η ύπαρξη υποδομής και ρυθμίσεων για τους πεζούς και οι καθυστερήσεις των πεζών. Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική συσχέτιση της συνολικής χρησιμότητας και του αντιληπτού επιπέδου εξυπηρέτησης σε πεζοδρόμια και διαβάσεις.

2.3.2. Αξιολόγηση προτύπου

Από την παραπάνω διεξοδική βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι η παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση αστικών οδών αποτελεί αντικείμενο πολλών υφιστάμενων ερευνών, οι οποίες έχουν συνεισφέρει σημαντικά στον προσδιορισμό και στην ποσοτικοποίηση αρκετών καθοριστικών παραμέτρων, παρόλο που συνήθως δίνεται έμφαση σε μια συγκεκριμένη κατηγορία παραμέτρων (ψυχολογικών, κυκλοφοριακών κλπ.). Τα βασικά χαρακτηριστικά των ερευνών αυτών συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2. Σημειώνεται ότι αρκετές έρευνες βασίζονται στην ανάλυση στοιχείων παρατηρήσεων, κυρίως μέσω απλών συγκρίσεων και βασικών στατιστικών ελέγχων μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών πεζών, χωρίς να περιλαμβάνουν την ανάπτυξη κάποιου στατιστικού προτύπου.

Ωστόσο, η βασικότερη αδυναμία των υφιστάμενων αναλύσεων εντοπίζεται στον περιορισμό της ανάλυσης σε τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, η συμπεριφορά των πεζών εξετάζεται σε συγκεκριμένες θέσεις, κόμβων ή εκτός κόμβων, ενώ δεν φαίνεται να υπάρχουν σχετικές έρευνες σε επίπεδο μετακίνησης πεζού σε αστικό χώρο. Ακόμη και σε τοπικό επίπεδο, στις υφιστάμενες έρευνες αναλύονται διάφορα χαρακτηριστικά της απόφασης διάσχισης οδού (πχ. αποδεκτοί χρονικοί διαχωρισμοί, πλήθος προσπαθειών διάσχισης, συμμόρφωση με τους κυκλοφοριακούς κανόνες).

Πίνακας 2.2. Σύνοψη προτύπων συμπεριφοράς διάσχισης οδού πεζών

Πηγή	Έτος	Στόχος				Πλαίσιο	Θεωρία	Πρότυπα				Επίπεδο		Μεταβλητές	Δεδομένα							
		Πριν-και-μετά	Απόφαση διάσχισης	Τρόπος διάσχισης	Θέση διάσχισης	Αλληλεπίδραση με οχήματα	Συγκοινωνιακή τεχνική	Ψυχολογία	Απόδοση χρονικών διαχωρισμών	Επίπεδο εξυπηρέτησης	Χρησιμότητα	Στοιχαστικά	Γραμμική ταλάνδρωση	Διακριτών Επιλογών	Άλλο	Τοπικό	Μετακίνηση	Πεζός	Οδικό περιβάλλον	Κυκλοφορία	Παρατηρήσεις	Αυτοδιδασκούμενα
Koenig & Wu	1994	•					•								•				•	•	•	
Nasar	2003	•																	•	•	•	
Van Houten, Malenfant	1992	•					•												•	•	•	
Dixon et al.	1997	•					•												•	•	•	
Clark et al.	1996	•					•												•	•	•	
Nee & Hallenbeck	2003	•					•												•	•	•	
Keegan & O'Mahony	2003	•					•												•	•	•	
Hakkert et al.	2002	•																	•	•	•	
Carsten et al.	1998	•					•												•	•	•	
Winters et al.	2001			•			•			•									•	•	•	
Sarkar	1995			•			•												•	•	•	
Crider et al.	2001			•			•			•									•	•	•	
Phillips et al.	2001			•			•			•									•	•	•	
Rosenbloom et al.	2008			•			•		•			•						•			•	
Berthoff & Carstensen	2008			•			•	•	•									•	•			•
Hine	1996		•	•				•	•						•			•	•	•		
Evans & Norman	1998		•	•			•			•								•				•
Yagil	2000		•				•	•	•						•			•				•
Diaz	2002		•	•			•	•	•						•			•				•
Holl & Hill	2007		•	•			•	•	•									•				•
Himanen & Kulmala	1988		•	•		•	•		•				•						•	•	•	
Hine & Russel	1993		•	•			•	•	•						•			•	•	•		•
Oxley et al.	1997		•	•			•	•	•						•			•				
Varhelyi	1998		•			•	•	•	•						•			•				
Hatfield & Murphy	2007			•			•	•	•			•						•		•	•	
Hamed	2001		•	•			•	•	•									•	•	•		
Baites & Chu	2002		•				•		•									•	•	•		•
Simpson et al.	2003		•	•			•	•	•				•					•	•	•		
Sun et al.	2003				•		•			•			•					•	•	•		
Muraleetharan et al.	2003		•	•			•	•	•				•					•	•	•		•
Das et al.	2005		•	•			•	•	•				•	•				•	•	•		
Oxley et al.	2005		•	•			•	•	•									•	•	•		
TeVelde et al.	2005		•	•			•	•	•				•					•	•	•		
Chu et al.	2002				•		•			•			•			•	•	•	•	•	•	
Lassarre et al.	2007				•		•			•			•			•	•	•	•	•	•	
Hui & Hongwei	2008				•		•			•			•			•	•	•	•	•	•	

Αντίστοιχα, οι αποφάσεις των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ εναλλακτικών θέσεων σπανίως εξετάζονται. Στην πραγματικότητα ωστόσο, οι αποφάσεις διάσχισης οδού των πεζών λαμβάνονται καθ' όλη τη διάρκεια των μετακινήσεών τους, καθώς αυτοί κινούνται κατά μήκος οδικών τμημάτων προς κάποιον τελικό ή ενδιάμεσο προορισμό, αξιολογώντας τις διάφορες εναλλακτικές θέσεις που είναι διαθέσιμες και χρήσιμες. Επομένως, η κάθε επιλογή θέσης διάσχισης αναμένεται να επηρεάζεται από διάφορα χαρακτηριστικά:

- της μετακίνησης: την προέλευση και τον προορισμό, την κατεύθυνση και το μήκος της διαδρομής

- της οδικής υποδομής: τη γεωμετρία της οδού και των πεζοδρομίων, τις διαβάσεις πεζών και τη διαρρύθμιση των κόμβων
- των κυκλοφοριακών συνθηκών: τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα των οχημάτων και τη σηματοδότηση
- του πεζού: το φύλο, την ηλικία, το σκοπό μετακίνησης και την ταχύτητα κίνησης.

Κατά συνέπεια, οι επιλογές του πεζού σχετικά με τις θέσεις διάσχισης οδών κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής αναμένεται να αντικατοπτρίζουν μια διαδικασία συνδυαστικής αξιολόγησης των διαθέσιμων εναλλακτικών υπό τις επικρατούσες συνθήκες, όπως αυτές περιγράφονται από τις παραπάνω παραμέτρους. Προφανώς, οι επιλογές αυτές βασίζονται σε κάποιο βαθμό και σε περιστασιακές ή μη παρατηρήσιμες παραμέτρους (τυχαιότητα). Σε κάθε περίπτωση, ωστόσο, δεν θα ήταν ρεαλιστική μια θεώρηση στην οποία δεν θα λαμβανόταν υπόψη η επιρροή των παραπάνω παραμέτρων.

2.4. Πρότυπα έκθεσης πεζών στον κίνδυνο

Από την ανασκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας σε θέματα έκθεσης στον κίνδυνο και ασφάλειας πεζών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, προκύπτει ότι ο μεγαλύτερος αριθμός οδικών ατυχημάτων με πεζούς συμβαίνει μακριά από τις ενδεδειγμένες θέσεις διάσχισης, όπου και πραγματοποιείται σημαντικός αριθμός διασχίσεων οδού από τους πεζούς (Julien & Carré, 2002). Στην πραγματικότητα, η συμπεριφορά του πεζού επηρεάζει άμεσα την έκθεσή του στον κίνδυνο. Όταν πραγματοποιείται μια σχετικά μη ασφαλής επιλογή από την πλευρά του πεζού, ή όταν η αλληλεπίδρασή του με τις ροές των οχημάτων δεν λειτουργεί με τον αναμενόμενο ή επιθυμητό τρόπο, ο πεζός συνεισφέρει στην αύξηση της έκθεσής του στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος.

Η υφιστάμενη βιβλιογραφία σε θέματα οδικής ασφάλειας πεζών είναι εκτενής και περιλαμβάνει αναλύσεις πριν-και-μετά την εφαρμογή μέτρων και επεμβάσεων (Hakkert et al. 2003; Fitzpatrick et al. 2006), πρότυπα πρόβλεψης οδικών ατυχημάτων πεζών σε σχέση με γεωμετρικά, κυκλοφοριακά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά (Brude & Larson, 1993; Bowman et al. 1995; Tarko & Tracz, 1995; Gaca & Tracz, 1999; Mussone et al. 1999; Sawalha & Sayed, 2001; Lassarre, 2001; Shankar et al. 2003) και έρευνες εντοπισμού επικίνδυνων θέσεων για πεζούς (pedestrian hazardous locations) (LaScala et al. 2000; Schneider et al. 2004). Ωστόσο, ο υπολογισμός της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο πραγματοποιείται κυρίως με βάση **μακροσκοπικούς δείκτες έκθεσης στον κίνδυνο**, ως πλήθος ατυχημάτων ή παθόντων πεζών προς το σύνολο του πληθυσμού, ή το πλήθος των μετακινήσεων.

Οι αναλύσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο που έχουν ως στόχο τον υπολογισμό δεικτών έκθεσης στον κίνδυνο πεζών αποτελούν τη συνηθέστερη μέθοδο ανάλυσης επικινδυνότητας των πεζών, χωρίς ωστόσο να επιτρέπουν την εξέταση των παραμέτρων συμπεριφοράς των πεζών (Heraty, 1983). Οι περισσότερες έρευνες στοχεύουν στη συνολική αποτίμηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας των πεζών σε εθνικό ή και διεθνές επίπεδο και στον καθορισμό προτεραιοτήτων για τη βελτίωσή του (daSilva et al. 2003; ERSO 2008; OECD 1998). Στις μακροσκοπικές αυτές αναλύσεις είναι ιδιαίτερα δύσκολη η ενσωμάτωση στοιχείων συμπεριφοράς και έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο.

Ο υπολογισμός της έκθεσης στον κίνδυνο αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αδυναμίες των αναλύσεων οδικής ασφάλειας διεθνώς (Hakkert et al. 2002; Golias & Yannis, 2001). Ειδικότερα όσον αφορά στην αναλυτική και ακριβή αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω ερευνών πεδίου με τη μέθοδο των παρατηρήσεων ή με τη μέθοδο των προσωπικών συνεντεύξεων. Οι αντίστοιχες μονάδες μέτρησης της έκθεσης στον κίνδυνο σε μικροσκοπικό επίπεδο μπορεί να αφορούν σε απλές προσεγγίσεις όπως πλήθος διαδρομών (Jonah & Engel,

1983) ή πλήθος διασχίσεων (Howarth, 1982; Keall, 1995), χρόνος βαδίσματος (Lee & Abdel-Aty, 2005) ή χιλιόμετρα βαδίσματος (Baltes, 1998).

Η ανάλυση της **έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε μικροσκοπικό επίπεδο** είναι περιορισμένη. Για μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν που παρέχουν οι παραπάνω μακροσκοπικοί δείκτες, προτείνεται να χρησιμοποιείται ο αριθμός πεζών που διέρχεται από μια διατομή ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (Leden, 2002) ή το γινόμενο αριθμού οχημάτων και αριθμού πεζών που διέρχονται από την ίδια διατομή ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (Cameron, 1982). Ο Van der Molen (1981) προτείνει μια διαφορετική προσέγγιση της έκθεσης στον κίνδυνο, στην οποία λαμβάνονται υπόψη και στοιχεία αντίληψης και συμπεριφοράς του πεζού. Συγκεκριμένα, προτείνεται ένας δείκτης έκθεσης στον κίνδυνο που αποτελείται από διαφορετικούς επιμέρους δείκτες, οι οποίοι αντιστοιχούν σε χαρακτηριστικά του πεζού (ηλικία κλπ.), του οδικού περιβάλλοντος (πχ. υποδομή για τους πεζούς, καιρικές συνθήκες), της κυκλοφορίας (πχ. κυκλοφοριακός φόρτος), αλλά και της συμπεριφοράς του πεζού (πχ. μη συμμόρφωση με τη σηματοδότηση).

Επίσης, η μέθοδος των εμπλοκών (traffic conflicts technique) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε μεμονωμένες θέσεις και την αξιολόγηση μέτρων και επεμβάσεων, επιτρέποντας εν μέρει την ενσωμάτωση στοιχείων συμπεριφοράς του πεζού (Gårder, 1989).

Οι Routledge et al. (1974, 1976) προτείνουν ένα δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο μεμονωμένου πεζού σε σχέση με την ταχύτητα της κυκλοφορίας, την ταχύτητα του πεζού και το εξεταζόμενο πλάτος οδού. Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ποσοστό του χώρου που δεν είναι διαθέσιμο στους πεζούς για την πραγματοποίηση απρόσκοπτης και ασφαλούς διάσχισης, του χώρου δηλαδή που καταλαμβάνεται από τις ροές των οχημάτων. Ο χώρος αυτός λαμβάνεται ίσος με το μήκος του οχήματος, συν την απόσταση που διανύει το όχημα κατά τη διάρκεια της διάσχισης της οδού από τον πεζό. Υπό αυτήν την έννοια, πρόκειται για ένα δείκτη προσβασιμότητας των πεζών στην απέναντι πλευρά της οδού.

Οι Lassarre et al. (2007) πραγματοποίησαν μια διεξοδική ανάλυση με βάση των παραπάνω δείκτη, κατά την οποία εντοπίστηκαν ορισμένες αδυναμίες στην εφαρμογή του. Ειδικότερα, επισημαίνεται ότι ο δείκτης αυτός εκφράζει το μέσο πλήθος οχημάτων ανά μονάδα μήκους της οδού, τον οποίο συναντά ο πεζός κατά τη διάσχιση της οδού. Ωστόσο, σύμφωνα με το δείκτη αυτό, αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου αντιστοιχεί σε μείωση της δυνατότητας διάσχισης, και επομένως δεν λαμβάνονται σωστά υπόψη οι συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπου η δυνατότητα διάσχισης οδού αυξάνεται και αντίστοιχα η έκθεση στον κίνδυνο μειώνεται. Στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται μια βελτιωμένη μορφή του παραπάνω δείκτη, στην οποία λαμβάνεται καλύτερα υπόψη η σχέση φόρτου / ταχύτητας της κυκλοφορίας.

Οι υφιστάμενες προσεγγίσεις αναφορικά με την έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος συνοψίζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Δείκτες έκθεσης πεζών στον κίνδυνο

Πηγή	Έτος	Στόχος			Χρήση στοιχείων έρευνας πεδίου	Μακροσκοπικά				Μικροσκοπικά			Παράμετροι				
		Επικινδυνότητα	Έκθεση στον κίνδυνο	Συμπεριφορά / αντίληψη		Πληθυσμός	Πλήθος διαδρομών	Απόσταση διαδρομών	Χρόνος διαδρομών	Πλήθος διασχίσεων	Πεζοί * Οχήματα	Χαρακτηριστικά πεζού/Συμπεριφορά	Εμπλοκές	Οχήματα * Χρόνος διάσχισης	Φύλο / Ηλικία πεζού	Τύπος οδού	Έλεγχος κυκλοφορίας
Jonah & Engel	1983	•	•		•	•	•	•	•					•	•		•
Howarth	1982		•		•		•		•					•	•		•
Lee & Abdel-Aty	2005	•	•		•			•						•	•	•	•
Keall	1995	•	•		•	•		•	•					•		•	
Baltes	1998	•	•		•		•							•			•
Routledge et al.	1974		•										•				
Cameron	1982		•		•					•					•	•	
Van der Molen	1981		•	•							•			•	•		
Garder	1989	•	•									•				•	
Lassarre et al.	2007		•	•									•				

Προκύπτει ότι οι μακροσκοπικοί δείκτες υπολογίζονται με βάση στοιχεία έρευνας πεδίου και μπορεί να περιγράψουν την έκθεση στον κίνδυνο των πεζών σε σχέση με βασικά χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος ή του πεζού. Σε αρκετές έρευνες οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της σχετικής επικινδυνότητας των πεζών (πχ. πλήθος ατυχημάτων πεζών ανά πλήθος διαδρομών ανά ηλικία πεζού). Ωστόσο, η εφαρμογή των δεικτών αυτών προϋποθέτει τη συλλογή στοιχείων από έρευνα πεδίου. Παράλληλα, πρόκειται για δείκτες επί του συνόλου ενός εξεταζόμενου πληθυσμού, οι οποίοι δεν μπορεί να εφαρμοστούν σε μεμονωμένες θέσεις ή για μεμονωμένους πεζούς. Τέλος, με τη χρήση των δεικτών αυτών δεν συνδέεται άμεσα η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο με την αλληλεπίδραση των πεζών με την κυκλοφορία, δηλαδή με τη διάσχιση οδού.

Αντίθετα, από τις σχετικές έρευνες αναδεικνύεται η ανάγκη και η χρησιμότητα ανάλυσης της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η χρήση μικροσκοπικών δεικτών έκθεσης στον κίνδυνο επιτρέπει την ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε διαφορετικές θέσεις διάσχισης αστικών οδών (πχ. σε κόμβους ή εκτός κόμβους, σε ελεγχόμενες ή μη ελεγχόμενες θέσεις κλπ.). Παράλληλα, οι προτεινόμενοι μικροσκοπικοί δείκτες μπορεί να εφαρμοστούν σε συνδυασμό με στοιχεία κίνησης και συμπεριφοράς πεζών, για τον αναλυτικό υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο διαφορετικών κατηγοριών πεζών σε διαφορετικές συνθήκες.

2.5. Συμπεράσματα

Από την ανασκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας σε θέματα συμπεριφοράς πεζών κατά τη διάρκεια αστικών μετακινήσεων προκύπτει ότι τα θέματα που αφορούν σε χαρακτηριστικά της μετακίνησης και τα θέματα που αφορούν σε χαρακτηριστικά της διάσχισης οδών δεν εξετάζονται συνδυαστικά. Ειδικότερα, καθώς τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης κατατάσσονται σε επίπεδο τακτικής ενώ τα χαρακτηριστικά διάσχισης οδών κατατάσσονται σε λειτουργικό επίπεδο συμπεριφοράς, και οι εμφανείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών αυτών επιπέδων δεν λαμβάνονται υπόψη.

Συνοψίζοντας, τα υφιστάμενα πρότυπα κίνησης πεζών σε αστικό χώρο βασίζονται κυρίως σε μεθόδους προσομοίωσης, είναι ως επί το πλείστον στοχαστικού χαρακτήρα, δίνουν έμφαση στη δυναμική του πλήθους πεζών και σπανίως περιλαμβάνουν και αλληλεπιδράσεις μεταξύ πεζών και οχημάτων. Από την άλλη πλευρά, τα υφιστάμενα πρότυπα συμπεριφοράς πεζών κατά τη διάσχιση οδών είναι συνήθως πιο αναλυτικά, βασίζονται σε πιο αιτιοκρατικές προσεγγίσεις και δίνουν έμφαση στην επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών. Ωστόσο, σε αυτά η συμπεριφορά διάσχισης οδών των πεζών εξετάζεται σχεδόν αποκλειστικά σε τοπικό επίπεδο και όχι καθ' όλη τη διάρκεια μιας διαδρομής. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις δίνεται έμφαση σε μια συγκεκριμένη κατηγορία καθοριστικών παραμέτρων.

Δεδομένου ότι η ανάλυση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών σε αστικές περιοχές έχει ως στόχο τη δυνατότητα αξιοποίησης των αποτελεσμάτων για τη βελτίωση της κίνησης και της ασφάλειας των πεζών, προκύπτουν συγκεκριμένες ανάγκες για **περαιτέρω έρευνα** (Papadimitriou et al. 2009):

- ανάγκη για ανάλυση σε επίπεδο συνολικής μετακίνησης
- ανάγκη για πιο αιτιοκρατικές προσεγγίσεις, οι οποίες προϋποθέτουν κατάλληλη παραμετροποίηση
- ανάγκη για εξατομικευμένη ανάλυση, η οποία προϋποθέτει τη χρήση ευέλικτων μεθόδων προτυποποίησης
- ανάγκη για περισσότερα και λεπτομερέστερα δεδομένα, μέσω εκτενέστερων ερευνών πεδίου
- ανάγκη για καλύτερη σύνδεση της συμπεριφοράς του πεζού με την επικινδυνότητα, μέσω αναλυτικότερης αποτίμησης της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο

Αναφορικά με την **ανάλυση σε επίπεδο συνολικής διαδρομής**, σε πρόσφατες έρευνες υπογραμμίζεται η ανάγκη ενσωμάτωσης των χαρακτηριστικών της διαδρομής του πεζού στη διερεύνηση της συμπεριφοράς διάσχισης οδών κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Για παράδειγμα, οι Li & Tsukaguchi (2005) προτείνουν την εξέταση πρόσθετων παραμέτρων στα πρότυπα συμπεριφοράς των πεζών

σε αστικό χώρο, και ειδικότερα παραθέτουν προκαταρκτικά αποτελέσματα από την οποία προκύπτει συσχέτιση των επιλογών των πεζών με την τοπολογία του οδικού δικτύου. Παρόμοια προσέγγιση προτείνεται από τους Lassarre et al. (2007), όπου αποδεικνύεται ότι το πλήθος και ο τύπος διασχίσεων οδών κατά τη διάρκεια μιας μετακίνησης σχετίζεται ευθέως με τα γεωμετρικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου όπου πραγματοποιείται η μετακίνηση.

Επίσης, επισημαίνεται ότι η ανάγκη για **πιο αιτιοκρατικές προσεγγίσεις** προϋποθέτει κατάλληλη παραμετροποίηση του προβλήματος. Είναι προφανές ότι η έκφραση της πολυπλοκότητας και του δυναμικού χαρακτήρα της κίνησης των πεζών σε αστικές περιοχές με βάση μαθηματικά πρότυπα είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Η χρήση μεθόδων προσομοίωσης αποτελεί μια χρήσιμη και αποτελεσματική μέθοδο για την περιγραφή της αλληλουχίας των κινήσεων και αποφάσεων των πεζών κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής προς κάποιον προορισμό (Timmermans et al. 1992), διαδικασίες οι οποίες εμπεριέχουν σημαντικό βαθμό τυχαιότητας σε κάθε περίπτωση.

Ωστόσο, η υφιστάμενη εμπειρία δείχνει ότι υπάρχουν συγκεκριμένες παράμετροι που επηρεάζουν τις αποφάσεις των πεζών κατά τις αστικές μετακινήσεις, όπως η απόσταση ή ο χρόνος, τα εμπόδια, η αλληλεπίδραση με άλλους πεζούς, ο τύπος και η διάρθρωση της διαδρομής, οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες, το οδικό περιβάλλον, η ύπαρξη πόλων έλξης στην περιοχή της μετακίνησης κ.α. (Hoogendoorn & Bovy, 2004). Ιδιαίτερα όσον αφορά στις αποφάσεις που σχετίζονται με τη διάσχιση οδών, τα υφιστάμενα αποτελέσματα περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό ποσοτικοποιημένων παραμέτρων σε τοπικό επίπεδο, οι οποίες αναμένεται να είναι σημαντικές και σε επίπεδο συνολικής μετακίνησης.

Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση προτύπων διακριτών επιλογών (Hensher & Johnson, 1981; Ben-Akiva & Lerman, 1985), τα οποία βασίζονται στη θεωρία χρησιμότητας φαίνεται να είναι μια κατάλληλη επιλογή για περαιτέρω έρευνα, καθώς παρέχει τη δυνατότητα αιτιοκρατικής και **εξατομικευμένης ανάλυσης** της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών. Επιπλέον, περιλαμβάνει ένα σημαντικό εύρος επιμέρους τεχνικών, οι οποίες επιτρέπουν τη θεώρηση διατεταγμένων (ordered), ιεραρχικών (nested) ή συνδυαστικά ιεραρχικών (crossed) προτύπων, καθώς και μικτών (mixed) πιθανοτικών προτύπων. Παράλληλα, η δυναμική της λήψης αποφάσεων των πεζών είναι δυνατό να ληφθεί υπόψη στα πρότυπα αυτά, ενώ οι ιδιότητές τους είναι συμβατές με αυτές των πλέον σύγχρονων εργαλείων προσομοίωσης (Dijkstra & Timmermans, 2002).

Το ζήτημα της συλλογής κατάλληλων στοιχείων για ανάλυση αποτελεί κρίσιμη παράμετρο της διδακτορικής διατριβής. Στις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες χρησιμοποιούνται δεδομένα από κάμερες καταγραφής κινήσεων πεζών, τα οποία αφορούν σε τοπικό επίπεδο λόγω του περιορισμένου εύρους της λήψης (Bierlaire et al. 2003) και δεν είναι κατάλληλα για την ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών σε επίπεδο μετακίνησης (Cotrell & Pal, 2003). Σε ορισμένες

πρόσφατες έρευνες, κυρίως στον τομέα της συγκοινωνιακής γεωγραφίας, χρησιμοποιούνται **στοιχεία έρευνας πεδίου** καταγραφής διαδρομών πεζών στο οδικό δίκτυο (Lassarre et al. 20057), ενίοτε σε συνδυασμό με προσωπικές συνεντεύξεις (Hine & Russel, 1993; Fitzpatrick et al. 2004). Στις έρευνες πεδίου αυτές, οι πεζοί ακολουθούνται κατά τη διάρκεια της μετακίνησής τους και καταγράφονται οι επιλογές τους (διαδρομή, διασχίσεις, αλληλεπιδράσεις), καθώς και τα χαρακτηριστικά των πεζών, του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας καθ' όλη τη διάρκεια της μετακίνησης. Είναι πιθανό ότι τέτοιου είδους έρευνες μπορεί να αποδώσουν τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάλυση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος μιας μετακίνησης.

Τέλος, η αξιοποίηση των στοιχείων συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών αφορά πρωτίστως στη δυνατότητα ακριβέστερης αποτίμησης της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο. Επομένως, είναι απαραίτητη η **χρήση μικροσκοπικών δεικτών έκθεσης στον κίνδυνο** πεζών, ώστε να είναι δυνατή η συνδυαστική εξέταση της συμπεριφοράς των πεζών με την έκθεση στον κίνδυνο σε κάθε περίπτωση.

Με βάση τα παραπάνω, στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η αξιοποίηση της υφιστάμενης εμπειρίας και των σχετικών προτάσεων για περαιτέρω έρευνα στην ανάπτυξη ενός κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου για την περιγραφή και προτυποποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικό οδικό δίκτυο, και τη σύνδεση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς με την έκθεση στον κίνδυνο των πεζών.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση για την προτυποποίηση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών αναφορικά με τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικό χώρο.

Αρχικά παρουσιάζεται μια τοπολογική θεώρηση του αστικού οδικού δικτύου και των διαδρομών των πεζών, από την οποία προκύπτουν ορισμένες βασικές ιδιότητες των διαδρομών των πεζών αναφορικά με το πλήθος και το είδος των διασχίσεων κάθε διαδρομής. Στη συνέχεια, αναλύονται πρόσθετες ιδιότητες των διαδρομών των πεζών, υπό την υπόθεση της επιλογής της συντομότερης αντιληπτής διαδρομής σε κάθε περίπτωση. Η ανάλυση αυτή επιτρέπει τη χωροθέτηση της κάθε διάσχισης σε συγκεκριμένα τμήματα της διαδρομής, διαδικασία που αντιστοιχεί στον ορισμό του συνόλου επιλογών της κάθε διάσχισης, για την οποία αναπτύσσεται ειδικός αλγόριθμος.

Για την προτυποποίηση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης οδού μεταξύ των εναλλακτικών του κάθε συνόλου επιλογών, προτείνονται πρότυπα διακριτών επιλογών με βάση τη θεωρία χρησιμότητας. Ειδικότερα, εξετάζονται δύο βασικές υποθέσεις συμπεριφοράς πεζού, μια που αφορά σε διαδοχική λήψη απόφασης (οι εναλλακτικές εξετάζονται διαδοχικά), και μια που αφορά σε συνολική / ιεραρχική λήψη απόφασης (εξετάζεται το σύνολο των εναλλακτικών), με επιμέρους διαφορετικά πιθανά πρότυπα σε κάθε περίπτωση.

Τέλος, παρουσιάζονται μέθοδοι υπολογισμού της έκθεσης στον κίνδυνο πεζού κατά μήκος διαδρομής, τόσο για τη συνολική όσο και για τη διαδοχική προσέγγιση, με βάση κατάλληλο μικροσκοπικό δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο.

3.1. Τοπολογία διαδρομών και κινήσεων πεζών

Για την προτυποποίηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο, είναι απαραίτητο να οριστεί ένα κατάλληλο θεωρητικό πλαίσιο για την ανάλυση των κινήσεων των πεζών κατά μήκος διαδρομών σε αστικό οδικό δίκτυο με συστηματικό τρόπο, δεδομένου ότι οι κινήσεις αυτές μπορεί να είναι ιδιαίτερα σύνθετες, να περιλαμβάνουν πολλές αλλαγές κατεύθυνσης και να μην έχουν σταθερό προορισμό. Επίσης, το πλαίσιο αυτό θα πρέπει εν τέλει να παρέχει τη δυνατότητα καταμέτρησης, ταξινόμησης και χωροθέτησης (localization) των διασχίσεων οδού. Για τον σκοπό αυτό, επιλέχθηκε μια τοπολογική προσέγγιση του οδικού δικτύου και των κινήσεων των πεζών, η οποία παρουσιάζεται στην παρούσα ενότητα.

3.1.1. Βασικές έννοιες τοπολογίας στο επίπεδο

Για την περιγραφή των θέσεων ή των κινήσεων ενός αντικειμένου ή ενός συνόλου αντικειμένων είναι απαραίτητη η απόδοση κατάλληλων ιδιοτήτων στο αντικείμενο ή στο σύνολο αυτό. Μέσα από τις ιδιότητες αυτές, μπορεί να οριστούν οι χωρικές σχέσεις (spatial relationships) των διαφόρων εξεταζόμενων παραμέτρων. Οι χωρικές σχέσεις γενικότερα εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες, σε καθεμία από τις οποίες υιοθετούνται διαφορετικές τυποποιήσεις (formalisms) για την περιγραφή των σχέσεων (Egenhofer, 1989):

- **Μετρικές σχέσεις**, οι οποίες βασίζονται σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων αντικειμένων, και περιγράφονται από ιδιότητες όπως το μήκος, η κλίση, το εμβαδόν, ο όγκος, η καμπυλότητα, η θέση, η καθετότητα / παραλληλία και ούτω κλπ.
- **Τοπολογικές σχέσεις**, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από ενδεχόμενους συνεχείς μετασχηματισμούς (continuous transformations) των εξεταζόμενων αντικειμένων (objects), και περιγράφονται από ιδιότητες όπως η γειτνίαση, η επικάλυψη, η τομή, η διεύθυνση, η σχετική θέση και ούτω κλπ.

Επομένως, οι τοπολογικές προσεγγίσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε περιπτώσεις όπου δίνεται έμφαση στην ύπαρξη και στη διατήρηση ορισμένων ιδιοτήτων ενός αντικειμένου ή ενός συνόλου αντικειμένων ανεξαρτήτως των ακριβών διαστάσεων ή άλλων γεωμετρικών ιδιοτήτων του αντικειμένου ή του συνόλου αυτού (Moore, 2007). Ειδικότερα, αναφέρεται η έννοια των συνεχών μετασχηματισμών του αντικειμένου, όπως είναι ο εφελκυσμός, η στρέψη, ο λυγισμός, η σμίκρυνση / μεγέθυνση, η περιστροφή και η αναστροφή, κατά τις οποίες οι τοπολογικές ιδιότητες δεν μεταβάλλονται (Gaal, 1964; Hatcher, 2002).

Για παράδειγμα, οι τοπολογικές ιδιότητες του κύκλου και του τετραγώνου ως επιφανειών στο επίπεδο θεωρούνται ίδιες, καθώς η μία μπορεί να προκύψει από

συνεχή μετασχηματισμό της άλλης. Επίσης, η τοπολογική σχέση μεταξύ δύο τεμνόμενων επιφανειών στο επίπεδο θεωρείται ίδια (τομή ή επικάλυψη) ανεξαρτήτως του εμβαδού ή του είδους (πχ. κυκλική, ελλειπτική κλπ.) των επιφανειών αυτών.

Ειδικότερα όσον αφορά σε **τοπολογικές σχέσεις στο επίπεδο**, ορίζονται τρία διαφορετικά τοπολογικά αντικείμενα: **το σημείο, η γραμμή και η επιφάνεια**. Οι τοπολογικές σχέσεις μεταξύ αυτών των αντικειμένων (Egenhofer & Herring, 1990; Ingram, 2006) συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Τοπολογικές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων στο επίπεδο

		Σημείο	Γραμμή	Επιφάνεια
				
Σημείο		Ταύτιση Μη ταύτιση		
Γραμμή		Εντός / εκτός Εντός - άκρο Εντός - κάπου	Τομή Τμήμα Προέκταση	
Επιφάνεια		Εντός Εκτός Επί του ορίου	Επί του ορίου Τομή Εφαπτομένη	Τομή Επικάλυψη Επαφή εντός / εκτός

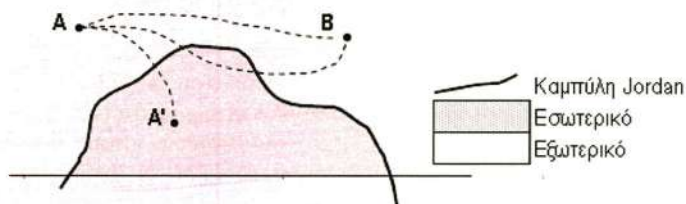
Ειδικότερα:

- Δύο τοπολογικά σημεία στο επίπεδο μπορεί είτε να ταυτίζονται (συμπίπτουν) είτε να μην ταυτίζονται. Η έννοια της γειννίαςσης (neighbourhood) δεν ορίζεται μεταξύ τοπολογικών σημείων, καθότι αυτά είναι αδιάστατα.
- Ένα τοπολογικό σημείο μπορεί να βρίσκεται εντός ή εκτός μιας γραμμής, ανάλογα με το αν κείται επί της γραμμής ή όχι. Επίσης, μπορεί να βρίσκεται στο άκρο της γραμμής, οπότε αποτελεί όριο (boundary) της γραμμής.
- Ένα τοπολογικό σημείο μπορεί να βρίσκεται εντός ή εκτός μιας επιφάνειας, ανάλογα με το αν κείται στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό της επιφάνειας αυτής. Επίσης, μπορεί να βρίσκεται πάνω στο όριο της επιφάνειας (αναλυτικοί ορισμοί παρατίθενται στη συνέχεια).
- Δύο τοπολογικές γραμμές μπορεί να τέμνονται, να αποτελεί η μία τμήμα ή προέκταση της άλλης.
- Μια τοπολογική γραμμή μπορεί να αποτελεί όριο μιας επιφάνειας, να τέμνει μια επιφάνεια ή να εφάπτεται σε αυτήν.
- Τέλος, δύο τοπολογικές επιφάνειες μπορεί να τέμνονται, να αλληλοεπικαλύπτονται ή να εφάπτονται εσωτερικά (όταν ή μία βρίσκεται στο εσωτερικό της άλλης), ή εξωτερικά.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, για τον ορισμό των τοπολογικών ιδιοτήτων των αντικειμένων στο επίπεδο και τις σχέσεις μεταξύ τους χρησιμοποιούνται οι έννοιες του ορίου (boundary), του εσωτερικού (interior) και του εξωτερικού του επιπέδου (exterior). Τοπολογικά, ως όριο ενός αντικειμένου θεωρείται το σύνολο των σημείων που μπορεί να προσεγγιστούν τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό του αντικειμένου. Ένα σημείο βρίσκεται στο εσωτερικό του αντικειμένου όταν η γειτονιά (neighbourhood) αυτού περιέχεται στο αντικείμενο, και το εσωτερικό του αντικειμένου ορίζεται ως το σύνολο των εσωτερικών του σημείων. Το εξωτερικό του αντικειμένου ορίζεται ως το συμπληρωματικό (complement) του εσωτερικού, και σε αυτό δεν περιλαμβάνεται το όριο του αντικειμένου (Willard, 1970; Munkres, 2002).

Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών στο επίπεδο, είναι χρήσιμη η παρουσίαση του **τοπολογικού θεωρήματος του Jordan**, σύμφωνα με το οποίο κάθε κλειστή γραμμή (καμπύλη) χωρίζει το επίπεδο σε δύο τμήματα, ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό, και κάθε γραμμή που ενώνει δύο σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικά τμήματα, τέμνει την κλειστή γραμμή (Σχήμα 3.1). Ειδικότερα, η κλειστή αυτή γραμμή ονομάζεται καμπύλη Jordan, τα δύο τμήματα του επιπέδου είναι συνδεδεμένα (connected), ενώ το εσωτερικό της κλειστής γραμμής έχει ως όριο την ίδια την κλειστή γραμμή. Το βασικό αυτό θεώρημα αποτελεί τη βάση πολλών τοπολογικών εννοιών και ιδιοτήτων, ενώ έχει διατυπωθεί και επεκταθεί και για άλλα τοπολογικά αντικείμενα όπως ανοικτές γραμμές, κλειστά ή ανοικτά πολύγωνα κλπ. (Gugenheimer, 1977; Šlapal, 2006; Moore, 2008).

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε μια συγκεκριμένη τοπολογική ιδιότητα που προκύπτει από το θεώρημα του Jordan, σύμφωνα με την οποία, *μία γραμμή που συνδέει δύο σημεία που βρίσκονται στο ίδιο τμήμα του επιπέδου έχει άρτιο αριθμό τομών με την καμπύλη Jordan, ενώ μία γραμμή που συνδέει δύο σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικά τμήματα του επιπέδου έχει περιττό αριθμό τομών με την καμπύλη Jordan*, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1. Το τοπολογικό θεώρημα του Jordan για κλειστές γραμμές

Στην επόμενη ενότητα, αξιοποιούνται οι παραπάνω βασικές τοπολογικές έννοιες για την περιγραφή τόσο του αστικού οδικού δικτύου όσο και των διαδρομών των πεζών στο δίκτυο αυτό και την παραμετροποίηση και απόδοση ιδιοτήτων στις διαδρομές αυτές.

3.1.2. Τοπολογία οδικού δικτύου και διαδρομών πεζών

Η ανάγκη και η χρησιμότητα μιας τοπολογικής προσέγγισης του αστικού οδικού δικτύου προκύπτει καταρχήν από το γεγονός ότι το αστικό οδικό δίκτυο χαρακτηρίζεται από γενικότερες ιδιότητες, οι οποίες ισχύουν ανεξαρτήτως των επιμέρους γεωμετρικών χαρακτηριστικών του. Στη συγκοινωνιακή τεχνική ένα τυπικό οδικό δίκτυο περιγράφεται με βάση τη θεωρία γραφημάτων (graph theory) ως ένα σύνολο συνδέσμων (links) οι οποίοι τέμνονται σε κόμβους (nodes), ορισμός ο οποίος αντιστοιχεί σε μια τοπολογική προσέγγιση του δικτύου. Τα γραφήματα μπορεί να αναφέρονται και ως γεωμετρικά ανοικτά πολύγωνα (polygons), όπου οι σύνδεσμοι αναφέρονται και ως πλευρές (edges) ή τόξα (arcs) και οι κόμβοι ως κορυφές (vertices) (Gross & Yellen 1998).

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, το αστικό οδικό δίκτυο ορίζεται ως ένας **τοπολογικός κάρναβος** (Σχήμα 3.2), όπου ο κάθε οδικός σύνδεσμος αντιστοιχεί σε ένα κλειστό τόξο μεταξύ διαδοχικών κορυφών¹. Προφανώς, ιδιότητες όπως το μήκος των τόξων, η κυρτότητα των τόξων ή οι γωνίες μεταξύ αυτών δεν αποτελούν τοπολογικές ιδιότητες, καθώς μπορεί να μεταβάλλονται υπό συνεχείς μετασχηματισμούς του κάρναβου. Επίσης, οι επιφάνειες (κελιά) που ορίζονται στο επίπεδο από τα τόξα και τους κόμβους αντιστοιχούν σε οικοδομικά τετράγωνα του αστικού χώρου.



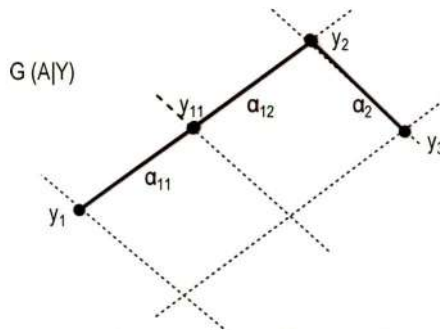
Σχήμα 3.2. Το αστικό οδικό δίκτυο ως τοπολογικός κάρναβος

Οι άξονες διαδρομής των πεζών κατά μήκος του αστικού οδικού δικτύου αντίστοιχα μπορεί να οριστούν ως **τοπολογικά γραφήματα** (πολύγωνα) $G(A|Y)$, όπου τα διαδοχικά τόξα $A=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ αντιστοιχούν στους οδικούς άξονες κατά μήκος των οποίων κινούνται οι πεζοί και οι διαδοχικές κορυφές

¹ Στην παρούσα έρευνα επιλέγεται η χρήση του όρου 'τόξο' (arc) του γραφήματος, ώστε να περιγράφονται τόσο ευθύγραμμα όσο και καμπύλα τμήματα, σύμφωνα δηλαδή με μια τοπολογική θεώρηση.

$Y=(y_1, y_2, \dots, y_{n+1})$ αντιστοιχούν στους κόμβους μεταξύ των αξόνων αυτών (Σχήμα 3.3). Επιπλέον, κάθε τόξο a_i μπορεί να περιλαμβάνει επιμέρους τόξα ($a_{i1}, a_{i2}, \dots$) καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια πλευρά οικοδομικού τετραγώνου και χωρίζονται από ενδιάμεσους κόμβους ($y_{i1}, y_{i2}, \dots$). Ο διαχωρισμός αυτός έχει ως στόχο την περιγραφή τόσο των οδών κατά μήκος των οποίων κινείται ο πεζός όσο και των επιμέρους οδικών τμημάτων επί της ίδιας οδού.

Τα τόξα του γραφήματος κατά μήκος των οποίων κινείται ο πεζός στο εξής θα αναφέρονται ως κύρια τόξα της διαδρομής. Επιπλέον, τα τόξα του κάρναβου τα οποία συναντώνται με κόμβους του γραφήματος και αντιστοιχούν σε άλλους κλάδους των κόμβων του γραφήματος θα αναφέρονται ως δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος.



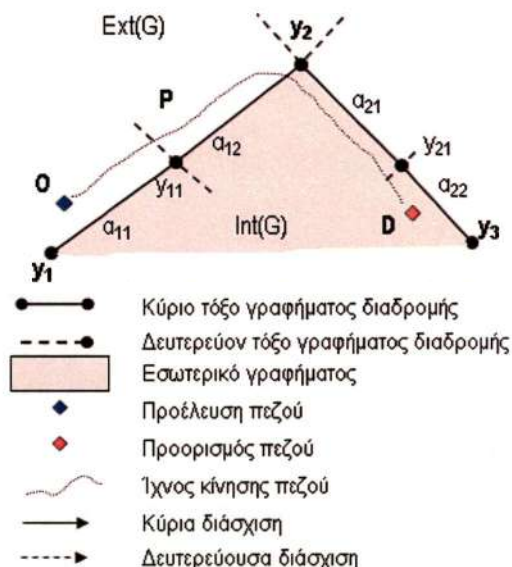
Σχήμα 3.3. Οι άξονες διαδρομής των πεζών ως τοπολογικά γραφήματα

Ωστόσο, βασικές παράμετροι των κινήσεων των πεζών κατά τη διάρκεια της διαδρομής, όπως το σημείο προέλευσης, το σημείο προορισμού και το ίχνος της διαδρομής (path), δεν βρίσκονται επί του γραφήματος, αλλά επί του γειτονικού χώρου (πεζοδρόμια, κτίρια κλπ.). Αντίθετα, οι κινήσεις διάσχισης οδού τέμνουν το γράφημα, είτε σε κύρια είτε σε δευτερεύοντα τόξα. Προφανώς, εάν η προέλευση και ο προορισμός του πεζού βρίσκονται στην ίδια 'πλευρά' του γραφήματος, η διαδρομή του πεζού δεν θα τέμνει το κύριο γράφημα, ενώ εάν η προέλευση και ο προορισμός του πεζού βρίσκονται σε διαφορετικές 'πλευρές' του γραφήματος, η διαδρομή του πεζού θα τέμνει το κύριο γράφημα. Σε κάθε περίπτωση, η διαδρομή του πεζού μπορεί να τέμνει δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος.

Όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι λογικές αυτές παρατηρήσεις έχουν τοπολογική βάση, σε σχέση με το θεώρημα του Jordan και τις επεκτάσεις αυτού για διάφορα τοπολογικά αντικείμενα. Σε κάθε γράφημα διαδρομής πεζού μπορεί να οριστεί ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό τμήμα, τα οποία

αναφέρονται ως $\text{Int}(G)$ και $\text{Ext}(G)$ αντίστοιχα, ώστε το σημείο προέλευσης και το σημείο προορισμού του πεζού να μπορούν να χωροθετηθούν αναλόγως. Ο ορισμός αυτός μπορεί να βασίζεται στην κυρτότητα του γραφήματος, η οποία είναι μεν γεωμετρική έννοια, αλλά δεν επηρεάζει τη βασική τοπολογική ιδιότητα που ενδιαφέρει στην παρούσα ανάλυση, δηλαδή το αν τα σημεία βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικό τμήμα του επιπέδου.

Κατά συνέπεια, ανάλογα με το σε ποιο τμήμα του επιπέδου βρίσκονται η προέλευση και ο προορισμός της διαδρομής του πεζού, μπορεί να προσδιοριστεί ένας αναμενόμενος άρτιος ή περιττός (parity)² αριθμός σημείων τομής C της διαδρομής του πεζού με το γράφημα. Αντίστοιχα, το ίχνος της διαδρομής (P) κείται στη γειτονική περιοχή του (G), η οποία αναφέρεται ως $\text{neigh}(G)$ και μπορούν να χωροθετηθούν τα σημεία τομής του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το γράφημα, τα οποία αντιστοιχούν σε διασχίσεις οδού. Τα τοπολογικά αυτά χαρακτηριστικά των διαδρομών των πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4. Τοπολογία στοιχείων διαδρομής πεζού σε αστικό οδικό δίκτυο

² Η μετάφραση του μαθηματικού όρου 'parity', ο οποίος αφορά στο αν ένας αριθμός είναι άρτιος ή περιττός, μπορεί να γίνει μόνο περιφραστικά (Χαλκιάπουλος, 1960).

Με βάση τα παραπάνω, οι **τοπολογικές σχέσεις** των χαρακτηριστικών των κινήσεων των πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο συνοψίζονται ως εξής:

- Το οδικό δίκτυο των πεζών είναι ένας τοπολογικό κάρναβος, τα κελιά του οποίου αντιστοιχούν σε οικοδομικά τετράγωνα και τα τόξα και οι κορυφές σε οδικά τμήματα και κόμβους.
- Οι οδικοί άξονες διαδρομής πεζών ορίζονται ως τοπολογικά γραφήματα (ανοικτά πολύγωνα) με τόξα και οι κορυφές, τα οποία αποτελούν τμήματα του κάρναβου. Ορίζονται τόσο οι οδικοί άξονες όσο και τα επιμέρους διαδοχικά τμήματα αυτών.
- Το γράφημα του άξονα της διαδρομής χωρίζει το επίπεδο σε δύο τμήματα, ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό. Ως εσωτερικό τμήμα ορίζεται το τμήμα του επιπέδου που αντιστοιχεί στην κοίλη περιοχή του γραφήματος.
- Ο προέλευση και ο προορισμός του πεζού ορίζονται ως σημεία του επιπέδου, τα οποία βρίσκονται γειτονικά του γραφήματος του άξονα της διαδρομής, είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό του γραφήματος.
- Το ίχνος της διαδρομής του πεζού αντιστοιχεί σε μια γραμμή με όρια τα σημεία προέλευσης και προορισμού.
- Τα σημεία τομής της γραμμής του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το γράφημα αντιστοιχούν σε διασχίσεις οδών.

Οι τοπολογικές αυτές ιδιότητες και σχέσεις μεταξύ των στοιχείων των διαδρομών των πεζών στα αστικά οδικά δίκτυα αξιοποιούνται στην επόμενη ενότητα για την περαιτέρω περιγραφή των χαρακτηριστικών των κινήσεων των πεζών κατά τις οποίες αυτοί αλληλεπιδρούν με την κυκλοφορία, δηλαδή κατά τη διάσχιση οδών.

3.1.3. Καταμέτρηση και διαχωρισμός διασχίσεων οδού

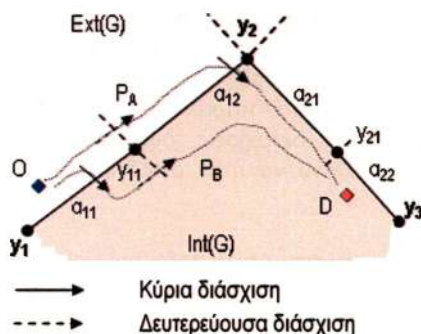
Η παραπάνω τοπολογική θεώρηση του αστικού οδικού δικτύου και των διαδρομών των πεζών σε αυτό έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός κατάλληλου πλαισίου για την παραμετροποίηση της συμπεριφοράς των πεζών κατά τη διαδρομή, ιδιαίτερα όσον αφορά στις κινήσεις κατά τις οποίες αυτοί αλληλεπιδρούν με την κυκλοφορία, δηλαδή κατά τη διάσχιση οδών, καθώς οι κινήσεις επηρεάζουν σημαντικά την έκθεση των πεζών στον κίνδυνο. Στην παρούσα ενότητα, οι παραπάνω τοπολογικές σχέσεις αναλύονται περαιτέρω, σε συνδυασμό και με ορισμένες επιμέρους γεωμετρικές σχέσεις, για την καταμέτρηση και το διαχωρισμό των διασχίσεων οδού κατά μήκος των διαδρομών των πεζών.

Η **καταμέτρηση των διασχίσεων οδού** κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού, είναι δυνατή εφόσον οριστεί το εσωτερικό $\text{Int}(G)$ και το εξωτερικό $\text{Ext}(G)$ του γραφήματος του άξονα της διαδρομής (G) και εντοπιστεί η σχετική θέση των σημείων προέλευσης O και προορισμού D του πεζού σε σχέση με το γράφημα. Στη συνέχεια, με βάση το τοπολογικό θεώρημα του Jordan, είναι δυνατόν να

προσδιοριστεί ο αναμενόμενος αριθμός διασχίσεων, δηλ. τα σημεία τομής του ίχνους της διαδρομής με το κύριο γράφημα, ως προς το αν αυτός είναι **άρτιος ή περιττός** (parity). Υπενθυμίζεται ότι ως κύριο γράφημα (G) ορίζεται το σύνολο των τόξων του γραφήματος που αντιστοιχούν σε οδικά τμήματα κατά μήκος των οποίων κινείται ο πεζός. Ωστόσο, όπως έχει προαναφερθεί, το ίχνος (P) της διαδρομής του πεζού μπορεί να τέμνει και δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος, δηλαδή άλλα τόξα που καταλήγουν σε κορυφές του κύριου γραφήματος.

Ο παραπάνω **διαχωρισμός των διασχίσεων οδού σε κύριες και δευτερεύουσες**, ανάλογα με τον αν τέμνουν κύριο ή δευτερεύον τόξο του γραφήματος του άξονα της διαδρομής, αναδεικνύει μια πρόσθετη ιδιότητά τους. Συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι οι κύριες διασχίσεις, οι οποίες αναφέρονται ως σημεία C_k , είναι πιθανοτικού χαρακτήρα (probabilistic), δηλαδή εμπεριέχουν στοιχεία τυχαιότητας ως προς τη θέση τους, ενώ οι δευτερεύουσες διασχίσεις οι οποίες αναφέρονται ως σημεία C_s , είναι ντετερμινιστικού χαρακτήρα (deterministic), δηλαδή η θέση τους μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως με βάση ορισμένα κριτήρια (Lassarre et al. 2007; Yannis et al. 2007). Συγκεκριμένα, το ίχνος (P) της διαδρομής ενός πεζού μπορεί να διαφέρει ως προς το σημείο τομής αυτού με το κύριο γράφημα, δεδομένου ότι κατά μήκος του κύριου γραφήματος είναι διαθέσιμη μια σειρά εναλλακτικών θέσεων πχ. σε κόμβους ή μεταξύ κόμβων. Αντίθετα, αποδεικνύεται ότι τα σημεία τομής του ίχνους της διαδρομής με δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος μπορεί να είναι μόνο σε συγκεκριμένες θέσεις.

Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5, όπου η προέλευση του πεζού βρίσκεται στο εξωτερικό του κύριου γραφήματος και ο προορισμός του πεζού βρίσκεται στο εσωτερικό του κύριου γραφήματος, ένα πιθανό ίχνος διαδρομής P_A αντιστοιχεί σε μια κύρια διάσχιση σε κάποιο σημείο κατά μήκος του δεύτερου τόξου α_{12} του κύριου γραφήματος, το οποίο έχει ως συνέπεια τη διάσχιση ενός δευτερεύοντος τόξου, και συγκεκριμένα αυτού που βρίσκεται στο εξωτερικό του κύριου γραφήματος και καταλήγει στην κορυφή y_{11} του γραφήματος. Ωστόσο, ένα εναλλακτικό ίχνος διαδρομής P_B για την ίδια σχετική θέση προέλευσης / προορισμού, η διάσχιση του κύριου γραφήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κάποιο σημείο κατά μήκος του πρώτου τόξου α_{11} του γραφήματος, το οποίο έχει ως συνέπεια τη διάσχιση του δευτερεύοντος τόξου που βρίσκεται στο εσωτερικό του κύριου γραφήματος και καταλήγει στη δεύτερη κορυφή y_{11} του γραφήματος. Μια πρόσθετη παρατήρηση που προκύπτει από την εξέταση των εναλλακτικών ιχνών διαδρομής πεζού αφορά σε μια γεωμετρική ιδιότητα των διασχίσεων. Συγκεκριμένα, οι κύριες διασχίσεις είναι κάθετες στα τόξα του κύριου γραφήματος, ενώ οι δευτερεύουσες διασχίσεις είναι παράλληλες στα τόξα του κύριου γραφήματος.



Σχήμα 3.5. Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις εναλλακτικών διαδρομών πεζού

Προκύπτει επομένως ότι, με βάση τη σχετική θέση των σημείων προέλευσης και προορισμού του πεζού, μπορεί να υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές ως προς το σημείο τομής C_k του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το κύριο γράφημα, ωστόσο η καθεμία από αυτές αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα σημεία τομής του ίχνους της διαδρομής με δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος. Κατά συνέπεια, η θέση των δευτερευουσών διασχίσεων κατά μήκος μιας διαδρομής μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως εφόσον είναι γνωστές οι θέσεις των κύριων διασχίσεων. Η παρατήρηση αυτή επιτρέπει τον περιορισμό της διερεύνησης της συμπεριφοράς των πεζών στις κύριες διασχίσεις μόνο.

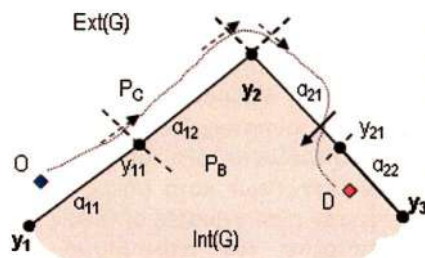
Σημειώνεται ότι ο διαχωρισμός των διασχίσεων οδού των πεζών σε κύριες και δευτερεύουσες έχει ως στόχο την εξυπηρέτηση αναγκών της ανάλυσης, και ειδικότερα την ανάγκη περιορισμού της τυχαιότητας στην ανάλυση των κινήσεων αυτών, και δεν υπονοεί κάποια ιεράρχηση στη σημασία των διασχίσεων αυτών πχ. αναφορικά με την επικινδυνότητά τους. Αντίθετα, είναι πιθανό οι δευτερεύουσες διασχίσεις μιας διαδρομής να σχετίζονται με μεγαλύτερη έκθεση στον κίνδυνο από τις αντίστοιχες κύριες.

Τέλος, η αξιοποίηση των τοπολογικών και γεωμετρικών ιδιοτήτων των στοιχείων των διαδρομών των πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο μπορεί να φανεί χρήσιμη όχι μόνο στον προσδιορισμό του αριθμού των κυρίων διασχίσεων του πεζού, αλλά και στην επιλογή των κύριων διασχίσεων, στον εντοπισμό δηλαδή των διασχίσεων που αφορούν σε ρεαλιστική συμπεριφορά πεζών.

Για παράδειγμα, στο Σχήμα 3.6 όπου η προέλευση του πεζού βρίσκεται στο εξωτερικό του κύριου γραφήματος και ο προορισμός του πεζού βρίσκεται στο εσωτερικό του κύριου γραφήματος, θα ήταν αναμενόμενο να παρατηρηθεί μία κύρια διάσχιση στο τόξο a_{11} ή στο τόξο a_{12} του γραφήματος (όπως στις εναλλακτικές που παρουσιάστηκαν στο Σχήμα 3.5), ωστόσο θα θεωρούνταν απίθανο να παρατηρηθεί μια κύρια διάσχιση στο τόξο a_{21} του γραφήματος, όπως

φαίνεται στο Σχήμα 3.6. Συγκεκριμένα, κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα αφενός την επιμήκυνση του ίχνους της διαδρομής, και αφετέρου την πραγματοποίηση δύο δευτερευουσών διασχίσεων των δύο δευτερευόντων τόξων που καταλήγουν στην κορυφή y_2 του γραφήματος. Επιπλέον, η εξεταζόμενη κύρια διάσχιση θα ήταν παράλληλη και αντίθετης φοράς από τη μία από αυτές τις δευτερεύουσες διασχίσεις, ουσιαστικά ακυρώνοντάς την. Μια τέτοια περίπτωση είναι απίθανο να ήταν αποδεκτή από τους περισσότερους πεζούς.

Από το παράδειγμα αυτό φαίνεται ότι τα τόξα του γραφήματος στα οποία είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μια κύρια διάσχιση μπορεί εν μέρει να προσδιοριστούν εάν ληφθεί υπόψη η σχετική θέση προέλευσης και προορισμού ως προς το γράφημα (τοπολογική ιδιότητα) και η **μη αποδοχή ζεύγους παράλληλων και αντίθετης φοράς διασχίσεων**.



Σχήμα 3.6. Διαδρομή πεζού με ζεύγος αντίθετων διασχίσεων

Στην επόμενη ενότητα αποδεικνύεται ότι για κάθε διαδρομή μπορεί να εντοπιστεί ένας πεπερασμένος αριθμός περιπτώσεων ως προς τον αριθμό και τις θέσεις των κύριων διασχίσεων οδών της διαδρομής. Η ανάλυση πρόσθετων ιδιοτήτων των διαδρομών πεζών επιτρέπει τον εντοπισμό του συνόλου επιλογών του πεζού για κάθε θέση κύριας διάσχισης.

3.2. Προσδιορισμός συνόλων επιλογών πεζού

Η επιλογή θέσης διάσχισης κατά μήκος της διαδρομής προϋποθέτει την εξέταση όλων των σχετικών εναλλακτικών από την πλευρά του πεζού. Επομένως, στόχος της διαδικασίας παραμετροποίησης του προβλήματος είναι και η ανάπτυξη συγκεκριμένων σεναρίων παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού, τα οποία να αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα σύνολα επιλογών σε κάθε περίπτωση.

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκε μια τοπολογική προσέγγιση του αστικού οδικού δικτύου και των διαδρομών των πεζών, από την οποία είναι δυνατή η καταμέτρηση και ο διαχωρισμός των κύριων διασχίσεων οδού κατά μήκος της διαδρομής. Με τη διαδικασία αυτή αίρεται ένα μέρος της τυχαιότητας στη συμπεριφορά του πεζού καθότι αφενός ορίζεται πεπερασμένος αριθμός διασχίσεων και περιορίζεται η ανάλυση μόνο σε ένα είδος διασχίσεων (κύριες διασχίσεις) και αφετέρου αποκλείονται ορισμένες διασχίσεις σε ορισμένα τμήματα της διαδρομής (παράλληλες και αντίθετες φοράς διασχίσεις).

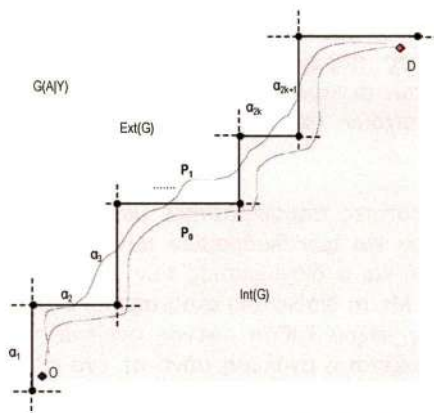
Στην ενότητα αυτή επιδιώκεται ο **εντοπισμός του συνόλου επιλογών του πεζού** ως προς τη θέση κάθε κύριας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής. Το σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε κύρια διάσχιση ορίζεται ως μια σειρά τόξων του γραφήματος στα οποία είναι πιθανόν να πραγματοποιηθεί κάθε κύρια διάσχιση. Για τον σκοπό αυτό, εξετάζονται καταρχήν ορισμένα βασικά παραδείγματα κινήσεων πεζών, από τα οποία προκύπτουν συγκεκριμένοι παρατηρούμενοι τύποι (patterns) συμπεριφοράς διάσχισης οδού. Η γενίκευση των τύπων αυτών επιτρέπει την ανάπτυξη ενός αλγόριθμου προσδιορισμού του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχισης.

3.2.1. Ιδιότητες αντιληπτής συντομότερης διαδρομής

Στο Σχήμα 3.7 παρουσιάζεται ένα τυπικό γράφημα διαδρομής πεζού $G(A|Y)$ σε οδικό δίκτυο μορφής τοπολογικού κάνναβου, όπου η προέλευση και ο προορισμός του πεζού βρίσκονται στο εσωτερικό του γραφήματος. Η απλούστερη παρατηρούμενη συμπεριφορά πεζού ως προς τη διάσχιση οδών θα περιγραφόταν από ένα ίχνος P_0 εξολοκλήρου στο εσωτερικό του γραφήματος και χωρίς κανένα σημείο τομής με το κύριο γράφημα. Ωστόσο, το ίχνος αυτό πιθανότατα δεν αντιστοιχεί στην αντιληπτή συντομότερη διαδρομή πεζού (perceived shortest path) (Borgers & Timmermans, 1986; Hoogendoorn & Bovy, 2004), η οποία θα περιγραφόταν από ένα ίχνος P_1 που θα έτεμνε το γράφημα σχεδόν σε όλα τα τόξα.

Σύμφωνα με το ίχνος P_1 , ο πεζός κινείται εναλλάξ στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του γραφήματος, και σε κάθε περίπτωση η **αντιληπτή συντομότερη διαδρομή** εξελίσσεται κατά μήκος κοίλων τμημάτων του γραφήματος. Με

τον τρόπο αυτό, ο πεζός αξιοποιεί τις αλλαγές στην κυρτότητα του οδικού δικτύου πραγματοποιώντας αλληπάλληλες διασχίσεις και μειώνοντας το συνολικό (αντιληπτό) μήκος της διαδρομής του.



Σχήμα 3.7. Αντιληπτή συντομότερη διαδρομή πεζού

Προφανώς, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπάρχουν εμπόδια (φυσικά, κυκλοφοριακά) ή προτιμήσεις του πεζού ώστε να μην πραγματοποιείται η πλήρως συντομότερη διαδρομή. Επομένως, ο αριθμός των διασχίσεων εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο το ίχνος της διαδρομής του κάθε πεζού πλησιάζει στη συντομότερη αντιληπτή διαδρομή. Ο αριθμός δηλαδή κύριων διασχίσεων σε κάθε διαδρομή μπορεί να κυμαίνεται από τον ελάχιστο αριθμό με βάση τη σχετική θέση προέλευσης και προορισμού, έως ένα μέγιστο αριθμό, αυτόν που αντιστοιχεί στη συντομότερη αντιληπτή διαδρομή.

Κατά συνέπεια, για τον προσδιορισμό του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχησης είναι απαραίτητο να εξεταστεί η αλληλουχία των κύριων διασχίσεων που αντιστοιχούν στην αντιληπτή συντομότερη διαδρομή.

Υπογραμμίζεται ότι, στο πλαίσιο αυτό, δίνεται έμφαση στις εναλλαγές κυρτότητας του γραφήματος, και επομένως εξετάζονται μόνο οι κορυφές του γραφήματος ($y_1, y_2, \dots$) στις οποίες πραγματοποιείται αλλαγή κατεύθυνσης (σημεία καμψής), επομένως τα τόξα ($\alpha_1, \alpha_2, \dots$) είναι τμήματα μεταξύ σημείων καμψής. Ωστόσο, όπως ορίστηκε στην προηγούμενη ενότητα, κάθε τόξο α_i μπορεί να αποτελείται από επιμέρους τμήματα ($\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots$), τα οποία ορίζονται από ενδιάμεσους κόμβους ($y_{i1}, y_{i2}, \dots$) και τα οποία βρίσκονται επί του ίδιου άξονα.

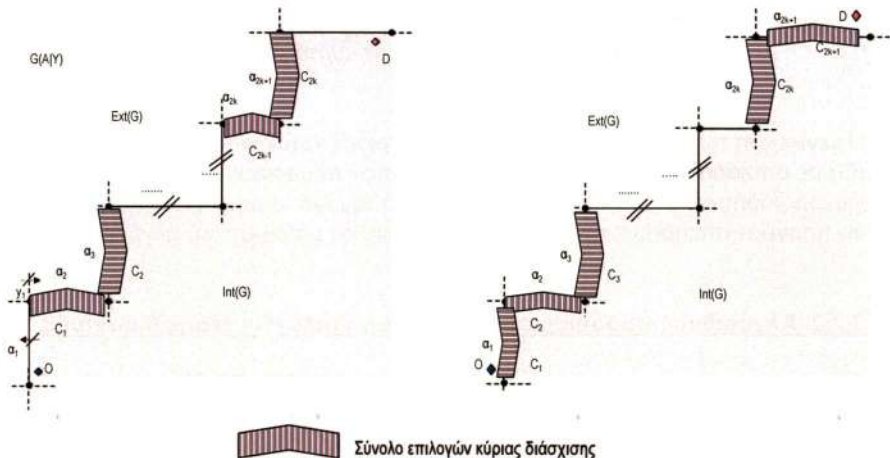
3.2.2. Αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών

Στο Σχήμα 3.8 παρουσιάζεται η αναμενόμενη αλληλουχία κύριων διασχίσεων στο πλαίσιο της συντομότερης αντιληπτής διαδρομής, όπου οι

γραμμοσκιασμένες περιοχές αντιστοιχούν στο σύνολο επιλογών θέσεων της κάθε κύριας διάσχισης C . Παρατηρείται καταρχήν ότι, δεδομένου ότι η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος (αριστερό τμήμα του Σχήματος 3.8), η διάσχιση του τόξου α_1 θα είχε ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση παράλληλης και αντίθετης δευτερεύουσας διάσχισης στον κόμβο γ_1 , περίπτωση μη αποδεκτή. Επομένως, η πρώτη κύρια διάσχιση C_1 πραγματοποιείται στο δεύτερο τόξο α_2 , η δεύτερη C_2 στο τρίτο α_3 , η τρίτη C_3 στο τέταρτο α_4 και ούτω καθεξής (δηλ. η C_{2k-1} στο α_{2k}). Εντοπίζεται δηλαδή μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της άρτιας / περιττής αρίθμησης των διασχίσεων και της αντίστοιχης αρίθμησης των τόξων του γραφήματος που αυτές πραγματοποιούνται.

Αντίθετα, εάν η προέλευση βρισκόταν στο εξωτερικό του γραφήματος (δεξιό τμήμα του Σχήματος 3.8), η διάσχιση του τόξου α_1 θα αντιστοιχούσε σε συντομότερη αντιληπτή διαδρομή πεζού. Στην περίπτωση αυτή, η πρώτη κύρια διάσχιση C_1 πραγματοποιείται στο πρώτο τόξο α_1 , η δεύτερη C_2 στο δεύτερο α_2 , η τρίτη C_3 στο τρίτο α_3 και ούτω καθεξής (δηλ. η C_{2k} στο α_{2k}). Εντοπίζεται δηλαδή μια αντιστοιχία μεταξύ της άρτιας / περιττής αρίθμησης των διασχίσεων και των τόξων που αυτές πραγματοποιούνται.

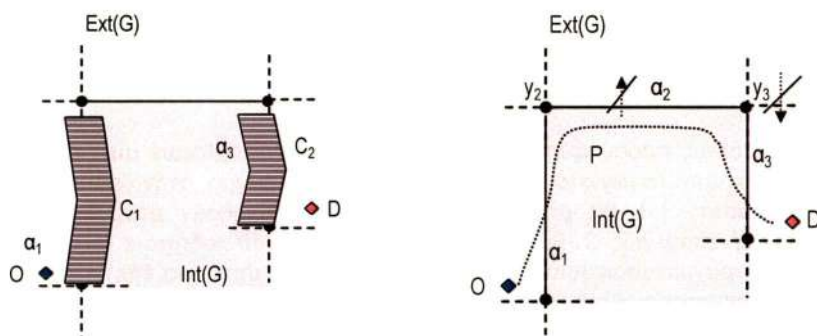
Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, ο αριθμός κύριων διασχίσεων μπορεί να είναι μικρότερος από το μέγιστο δυνατό αριθμό. Για παράδειγμα, στην δεξιά διαδρομή του σχήματος 3.8, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μόνο δύο κύριες διασχίσεις, επομένως C_1 θα πραγματοποιούνταν σε οποιοδήποτε τόξο α_{2k-1} και η C_2 θα πραγματοποιούνταν σε οποιοδήποτε α_{2k} , το οποίο να έπεται του τόξου όπου πραγματοποιήθηκε η C_1 .



Σχήμα 3.8. Αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών

Επομένως, φαίνεται να υπάρχει μια συστηματική σχέση, ανάλογη ή αντίστροφη, μεταξύ της άρτιας / περιττής αρίθμησης των κύριων διασχίσεων και της άρτιας / περιττής αρίθμησης των τόξων που αποτελούν το σύνολο επιλογών της καθεμίας από αυτές.

Μια ιδιαίτερη περίπτωση παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.9 για το κυρτό γράφημα $G(A|Y)$ με $a=(a_1, a_2, a_3)$, όπου προέλευση και προορισμός βρίσκονται ενδεικτικά στο εξωτερικό του γραφήματος. Το αναμενόμενο ίχνος διαδρομής θα έτεμνε μόνο τα τόξα a_1 και a_3 , καθότι η διάσχιση του τόξου a_2 θα είχε ως αποτέλεσμα σημαντική επιμήκυνση του ίχνους της διαδρομής, σε συνδυασμό με πραγματοποίηση παράλληλης και αντίθετης δευτερεύουσας διάσχισης στον κόμβο y_3 . Στην περίπτωση αυτή, το σύνολο επιλογών για την πρώτη διάσχιση C_1 θα ήταν το τόξο a_1 και για τη δεύτερη διάσχιση C_2 θα ήταν το τόξο a_3 .



Σχήμα 3.9. Αντιληπτή συντομότερη διαδρομή, αλληλουχία κύριων διασχίσεων και σχετικά σύνολα επιλογών σε κυρτό γράφημα

Η γενίκευση των περιπτώσεων αυτών σε οποιαδήποτε διαδρομή (P) σε γράφημα (G) με οποιαδήποτε σχετική θέση προέλευσης / προορισμού ($Int(G)$, $Ext(G)$), και για οποιοδήποτε αντίστοιχο άρτιο ή περιττό αριθμό κύριων διασχίσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την ανάπτυξη κατάλληλου μαθηματικού αλγόριθμου.

3.2.2. Αλγόριθμος προσδιορισμού συνόλων επιλογών θέσης διάσχισης

Για τον προσδιορισμό του συνόλου επιλογών θέσεων διάσχισης πεζού κατά μήκος μιας διαδρομής, είναι απαραίτητο όχι μόνο να προσδιοριστεί ο αριθμός των αναμενόμενων διασχίσεων, αλλά και να εξεταστεί η αλληλουχία αυτών σε σχέση με τα τμήματα (τόξα) του γραφήματος στα οποία είναι πιθανόν να πραγματοποιηθεί η καθεμία από αυτές. Το τελικό ερώτημα αφορά στον προσδιορισμό του αριθμού και της θέσης τομής ενός γραφήματος από μια

γραμμή (Erdős et al. 1971; Alon & Perles, 1986) και αποτελεί αντικείμενο πολλών ερευνών στον τομέα της υπολογιστικής γεωμετρίας (computational geometry) (Gupta et al. 1999; Park & Shin, 2002) και της γεωπληροφορικής (Žalik, 2000). Στην προκειμένη περίπτωση ωστόσο, σε αντίθεση με τις έρευνες αυτές, **αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος** που δίνει περισσότερο έμφαση στη θέση των πιθανών σημείων τομής σε κάθε περίπτωση, και όχι στο πλήθος αυτών.

Συνοψίζοντας τις προηγούμενες ενότητες, σε κάθε περίπτωση, το σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε κύρια διάσχιση μπορεί να οριστεί ως μια σειρά τόξων του γραφήματος, με βάση τα εξής **κριτήρια**:

- Την κυρτότητα κύριου γραφήματος της διαδρομής.
- Τη σχετική θέση της προέλευσης και του προορισμού ως προς το εσωτερικό και το εξωτερικό τμήμα του κύριου γραφήματος της διαδρομής.
- Τη αντίστοιχη θεώρηση άρτιου ή περιττού (parity) αριθμού κύριων διασχίσεων.
- Τη θεώρηση του αντιληπτού συντομότερου ίχνους διαδρομής έτσι ώστε αφενός αυτό να βρίσκεται σε κοίλα τμήματα του γραφήματος και αφετέρου να μην πραγματοποιούνται παράλληλες και αντίθετες διασχίσεις
- Τη θεώρηση συστηματικά ανάλογης ή αντίστροφης σχέσης μεταξύ της άρτιας / περιττής αρίθμησης των αναμενόμενων διασχίσεων και της άρτιας / περιττής αρίθμησης των τόξων που αυτές πραγματοποιούνται.

Ο συνδυασμός των παραπάνω κριτηρίων αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο σύνολο επιλογών σε κάθε περίπτωση, το οποίο μπορεί να εκφραστεί από ένα γενικό αλγόριθμο της αλληλουχίας διασχίσεων και των σχετικών συνόλων επιλογών, ως εξής:

Έστω $G(A|Y)$ το γράφημα μιας διαδρομής στο επίπεδο, όπου $A=(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ ο αριθμός των τόξων του γραφήματος και $Y=(y_1, y_2, \dots, y_{n+1})$ ο αριθμός των κορυφών του γραφήματος. Το γράφημα (G) χωρίζει το επίπεδο σε δύο τμήματα, ένα εσωτερικό $Int(G)$ και ένα εξωτερικό $Ext(G)$. Επίσης, O είναι το σημείο προέλευσης και D το σημείο προορισμού του πεζού, με $O, D \notin (G)$ (Σχήμα 3.10). Εάν C είναι το πλήθος των σημείων τομής του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το γράφημα (G) , τότε με βάση το θεώρημα του Jordan:

- Αν $O, D \in Int(G)$ ή $O, D \in Ext(G)$ τότε $C=2k, k=0, \dots, K$
- Αν $O \in Int(G)$ και $D \in Ext(G)$, ή $D \in Int(G)$ και $O \in Ext(G)$ τότε $C=2k-1, k=1, \dots, K$

Σε κάθε περίπτωση, μπορεί να υπολογιστεί το υποσύνολο του G που αφορά στο **σύνολο επιλογών θέσης κύριας διάσχισης** G_{Ci} : ανάλογα με τη σχετική θέση προέλευσης και προορισμού. Ειδικότερα:

A. Αν $O, D \in Int(G)$ τότε $C=2k, k=0, 1, 2, \dots$ και

$$G_{C1}=\{\alpha_2,\dots,\alpha_{2\omega}\} \text{ με } 1<\omega<n-1$$

$$G_{C2}=\{\alpha_{2\omega+1},\dots,\alpha_{2\mu-1}\} \text{ με } \omega<\mu<n-1 \text{ και } C_1\in \alpha_{2\omega}$$

$$G_{C3}=\{\alpha_{2\mu},\dots,\alpha_{2\lambda}\} \text{ με } \mu<\lambda<n-2 \text{ και } C_2\in \alpha_{2\mu-1}$$

.....

$$G_{C(2k-1)}=\{\alpha_{2\mu},\dots,\alpha_{2\omega}\} \text{ με } \mu<\omega<n-k-1 \text{ και } C_{2k}\in \alpha_{2\mu-1}$$

$$G_{C2k}=\{\alpha_{2\omega+1},\dots,\alpha_{2\lambda-1}\} \text{ με } \omega<\lambda<n-k-1 \text{ και } C_{2k-1}\in \alpha_{2\omega}$$

Συγκεκριμένα, η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο εσωτερικό του γραφήματος, οπότε αναμένεται άρτιος αριθμός διασχίσεων του κύριου γραφήματος (k διασχίσεις άρτιας αρίθμησης και k περιττής αρίθμησης), ο οποίος ωστόσο δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το πλήθος των τόξων του γραφήματος. Εφόσον ο προορισμός βρίσκεται στο εσωτερικό, η πρώτη (περιττού αριθμού) κύρια διάσχιση θα πραγματοποιηθεί στο δεύτερο ή σε κάποιο επόμενο άρτιο τόξο του γραφήματος υπό τον περιορισμό να παραμένουν $k-1$ διαθέσιμα τόξα για τις υπόλοιπες $k-1$ περιττές διασχίσεις. Η δεύτερη (άρτια) κύρια διάσχιση θα πραγματοποιηθεί σε κάποιο περιττό τόξο του γραφήματος, υπό τους περιορισμούς αφενός να είναι επόμενο τόξο από αυτό που πραγματοποιήθηκε η προηγούμενη διάσχιση και αφετέρου να παραμένουν $k-1$ διαθέσιμα περιττά τόξα για τις υπόλοιπες $k-1$ άρτιες διασχίσεις. Η τρίτη κύρια διάσχιση θα πραγματοποιηθεί επίσης σε άρτιο τόξο το οποίο να έπεται αυτού στο οποίο πραγματοποιήθηκε η δεύτερη και να απομένουν $k-2$ άρτια τόξα για τις υπόλοιπες περιττές διασχίσεις, και ούτω καθ' εξής.

Κατά συνέπεια, τα σύνολα επιλογών κάθε διάσχισης ορίζονται έτσι ώστε οι περιττές διασχίσεις να πραγματοποιούνται σε άρτια τόξα και αντίστροφα, και έτσι ώστε κάθε διάσχιση να πραγματοποιείται σε επόμενο τόξο από αυτό της προηγούμενης και να απομένει ο ελάχιστος αριθμός άρτιων / περιττών τόξων για τις υπόλοιπες περιττές / άρτιες διασχίσεις.

B. Αν $O,D\in \text{Ext}(G)$ τότε $C=2k$, $k=0,1,2,\dots$ και

$$G_{C1}=\{\alpha_1,\dots,\alpha_{2\omega-1}\} \text{ με } 1<\omega<n-1$$

$$G_{C2}=\{\alpha_{2\omega},\dots,\alpha_{2\mu}\} \text{ με } \omega<\mu<n-1 \text{ και } C_1\in \alpha_{2\omega-1}$$

$$G_{C3}=\{\alpha_{2\mu+1},\dots,\alpha_{2\lambda-1}\} \text{ με } \mu<\lambda<n-2 \text{ και } C_2\in \alpha_{2\mu}$$

.....

$$G_{C(2k-1)}=\{\alpha_{2\mu+1},\dots,\alpha_{2\omega-1}\} \text{ με } \mu<\omega<n-k-1 \text{ και } C_{2k-2}\in \alpha_{2\mu}$$

$$G_{C2k}=\{\alpha_{2\omega},\dots,\alpha_{2\lambda}\} \text{ με } \omega<\lambda<n-k-1 \text{ και } C_{2k-1}\in \alpha_{2\omega-1}$$

Αντίστοιχα, εφόσον η προέλευση και ο προσορισμός του πεζού βρίσκονται στο εξωτερικό του γραφήματος, αναμένεται επίσης άρτιος αριθμός διασχίσεων, μικρότερος ή ίσος από τον αριθμό των τόξων. Η πρώτη (περιττού αριθμού) κύρια διάσχιση θα πραγματοποιηθεί στο πρώτο ή σε κάποιο επόμενο περιττό τόξο του γραφήματος, ώστε να απομένουν $k-1$ περιττά τόξα για τις υπόλοιπες $k-1$ περιττές διασχίσεις. Η δεύτερη (άρτια) κύρια διάσχιση θα πραγματοποιηθεί στο δεύτερο ή επόμενο άρτιο τόξο του γραφήματος, με την προϋπόθεση ότι αυτό έπεται του τόξου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η πρώτη διάσχιση και απομένουν διαθέσιμα $k-1$ άρτια τόξα για τις υπόλοιπες $k-1$ άρτιες διασχίσεις, και ούτω καθ' εξής.

Γ. Αν $O \in \text{Int}(G)$, και $D \in \text{Ext}(G)$ τότε $C=2k-1$, $k=1,2,\dots$ και

$$G_{C1}=\{\alpha_2,\dots,\alpha_{2\omega}\} \text{ με } 1<\omega<n-1$$

$$G_{C2}=\{\alpha_{2\omega+1},\dots,\alpha_{2\mu-1}\} \text{ με } \omega<\mu<n-1 \text{ και } C_1 \in \alpha_{2\omega}$$

$$G_{C3}=\{\alpha_{2\mu},\dots,\alpha_{2\lambda}\} \text{ με } \mu<\lambda<n-2 \text{ και } C_2 \in \alpha_{2\mu-1}$$

.....

$$G_{C(2k-1)}=\{\alpha_{2\mu},\dots,\alpha_{2\omega}\} \text{ με } \mu<\omega<n-k-1 \text{ και } C_{2k} \in \alpha_{2\mu-1}$$

$$G_{C2k}=\{\alpha_{2\omega+1},\dots,\alpha_{2\lambda-1}\} \text{ με } \omega<\lambda<n-k-2 \text{ και } C_{2k-1} \in \alpha_{2\omega}$$

Στην περίπτωση αυτή η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό και ο προσορισμός βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος, οπότε αναμένεται περιττός αριθμός διασχίσεων του κύριου γραφήματος (k περιττής αρίθμησης και $k-1$ άρτιας αρίθμησης), ο οποίος ωστόσο δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το πλήθος των τόξων του γραφήματος. Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην περίπτωση Α, με τη διαφορά ότι ο απαιτούμενος διαθέσιμος αριθμός περιττής αρίθμησης τόξων για άρτιας αρίθμησης διάσχιση είναι μικρότερος κατά 1 (δηλ. $k-1-1$).

Δ. Αν $O \in \text{Ext}(G)$, και $D \in \text{Int}(G)$ τότε $C=2k-1$, $k=1,2,\dots$ και

$$G_{C1}=\{\alpha_1,\dots,\alpha_{2\omega-1}\} \text{ με } 1<\omega<n-1$$

$$G_{C2}=\{\alpha_{2\omega},\dots,\alpha_{2\mu}\} \text{ με } \omega<\mu<n-2 \text{ και } C_1 \in \alpha_{2\omega-1}$$

$$G_{C3}=\{\alpha_{2\mu+1},\dots,\alpha_{2\lambda-1}\} \text{ με } \mu<\lambda<n-2 \text{ και } C_2 \in \alpha_{2\mu}$$

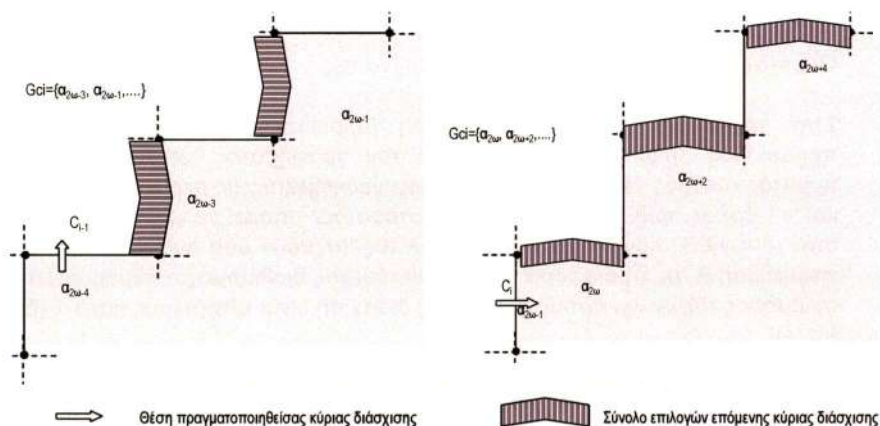
.....

$$G_{C(2k-1)}=\{\alpha_{2\mu+1},\dots,\alpha_{2\omega-1}\} \text{ με } \mu<\omega<n-k-1 \text{ και } C_{2k-2} \in \alpha_{2\mu}$$

$$G_{C2k}=\{\alpha_{2\omega},\dots,\alpha_{2\lambda}\} \text{ με } \omega<\lambda<n-k-2 \text{ και } C_{2k-1} \in \alpha_{2\omega-1}$$

Τέλος, στην περίπτωση που η προέλευση βρίσκεται στο εξωτερικό και ο προορισμός βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος, αναμένεται επίσης περιττός αριθμός διασχίσεων του κύριου γραφήματος (k περιττής αρίθμησης και $k-1$ άρτιας αρίθμησης), ο οποίος ωστόσο δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το πλήθος των τόξων του γραφήματος. Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην περίπτωση Β, με τη διαφορά ότι ο απαιτούμενος διαθέσιμος αριθμός τόξων για άρτιας αρίθμησης διάσχιση είναι μικρότερος κατά 1.

Συνολικά παρατηρείται ότι ο κορμός του αλγόριθμου προσδιορισμού του συνόλου επιλογής κάθε διάσχισης είναι παρόμοιος σε όλες τις περιπτώσεις και αφορά σε **εναλλαγή ακολουθιών άρτιας ή περιττής αρίθμησης τόξων** του γραφήματος της διαδρομής (Σχήμα 3.10). Στις περιπτώσεις όπου η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος προηγείται η ακολουθία άρτιων τόξων, ενώ στην περίπτωση που η προέλευση βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος προηγείται η ακολουθία περιττών τόξων. Επίσης, στις περιπτώσεις που ο προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται σε ίδιο τμήμα (ημιεπίπεδο) του γραφήματος η τελευταία διάσχιση είναι άρτιας αρίθμησης, ενώ στις περιπτώσεις όπου η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται σε διαφορετικό τμήμα του γραφήματος η τελευταία διάσχιση είναι περιττής αρίθμησης.



Σχήμα 3.10. Σύνολα επιλογών διαδοχικών κύριων διασχίσεων ως μια εναλλαγή ακολουθιών άρτιας ή περιττής αρίθμησης τόξων.

Ωστόσο, ειδική περίπτωση αποτελεί η περίπτωση **κυρτού γραφήματος**, το οποίο ορίζεται ως γράφημα όλες οι εσωτερικές γωνίες του οποίου είναι μικρότερες από 180° . Τα γραφήματα (πολύγωνα) αυτά εν γένει αναφέρονται ως ιδιαίτερη κατηγορία με πιο αυστηρές τοπολογικές και γεωμετρικές ιδιότητες (Dasgupta et al. 2008). Στην περίπτωση αυτή, ο πεζός μπορεί να βρεθεί στο εσωτερικό του γραφήματος με μία κύρια διάσχιση, επομένως το πλήθος κύριων

διασχίσεων C , και το αντίστοιχο σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε θέση διάσχισης ορίζονται απλούστερα ως εξής:

- Αν $O, D \in \text{Int}(G)$ τότε $C=0$
- Αν $O, D \in \text{Ext}(G)$ τότε $C=2$,

$$G_{C1} = \{a_1, a_2, \dots, a_{n-1}\} \text{ και}$$

$$G_{C2} = \{a_{i+1}, \dots, a_n\} \text{ με } C_1 \in a_i$$

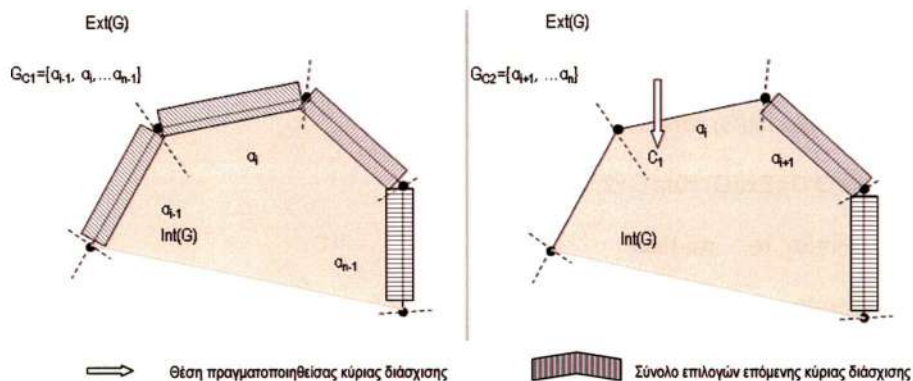
Συγκεκριμένα, εφόσον η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο εσωτερικό κυρτού γραφήματος, το σύνολο του ίχνους της διαδρομής του πεζού βρίσκεται εντός του γραφήματος και κατά συνέπεια δεν πραγματοποιούνται διασχίσεις. Ωστόσο, όταν η προέλευση και ο προορισμός του πεζού βρίσκονται στο εξωτερικό κυρτού γραφήματος, το ίχνος της διαδρομής τέμνει τουλάχιστον δύο φορές το γράφημα, οπότε θεωρούνται δύο διασχίσεις (όπως και στο Σχήμα 3.9). Η πρώτη μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε τόξο του γραφήματος πλην του τελευταίου (καθότι πρέπει να πραγματοποιηθεί και δεύτερη διάσχιση), και η δεύτερη μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε επόμενο τόξο του γραφήματος από το τόξο που πραγματοποιήθηκε η πρώτη. Εξαιτίας της κυρτότητας του γραφήματος, μπορεί να θεωρηθεί ότι για την πρώτη διάσχιση η σειρά των τόξων του συνόλου επιλογών είναι αύξουσα ενώ για τη δεύτερη διάσχιση είναι φθίνουσα, με οριακή περίπτωση την επιλογή του πρώτου και του τελευταίου τόξου αντίστοιχα (όπως στο παράδειγμα του Σχήματος 3.9).

- Αν $O \in \text{Int}(G)$ και $D \in \text{Ext}(G)$ ή $O \in \text{Ext}(G)$ και $D \in \text{Int}(G)$ τότε $C=1$

$$G_{C1} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

Αντίθετα, εφόσον η προέλευση και ο προορισμός είναι σε διαφορετικό τμήμα του επιπέδου ως προς το G , το ίχνος της διαδρομής του πεζού θα τέμνει το G μία φορά, και επομένως θεωρείται μία διάσχιση του γραφήματος σε οποιοδήποτε τόξο αυτού.

Παρατηρείται ότι, εξαιτίας της κυρτότητας του γραφήματος, ο αριθμός κύριων διασχίσεων που δεν περιλαμβάνουν ζεύγη αντίθετων διασχίσεων είναι πεπερασμένος και τα αντίστοιχα σύνολα επιλογών περιλαμβάνουν το σύνολο του διαθέσιμου σε κάθε περίπτωση γραφήματος (Σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.11. Σύνολα επιλογών διαδοχικών κύριων διασχίσεων σε κυρτά γραφήματα.

Σημειώνεται ότι, παρόλο που παρουσιάστηκε η γενική περίπτωση κυρτού γραφήματος, στην πράξη, και με δεδομένη τη μορφή των αστικών οδικών δικτύων, αναμένεται πιθανότατα η εξέταση μόνο απλών κυρτών γραφημάτων της μορφής του Σχήματος 3.9.

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να προσδιοριστεί το σύνολο επιλογών σε οποιοδήποτε διαδρομή πεζού, με βάση τους προτεινόμενους αλγόριθμους και λαμβάνοντας ξεχωριστά υπόψη τα κοίλα τμήματα του γραφήματος της διαδρομής. Επισημαίνεται ότι το σύνολο επιλογών είναι σε κάθε περίπτωση μια σειρά τόξων a_i που περιγράφουν οδικούς άξονες, και μπορεί να αποτελούνται από επιμέρους τόξα $(a_{i1}, a_{i2}, \dots)$ που αντιστοιχούν σε διαδοχικά οδικά τμήματα επί του ίδιου άξονα.

3.3. Διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά μήκος διαδρομής

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε μια μέθοδος για την καταμέτρηση, τον διαχωρισμό και τη χωροθέτηση των διασχίσεων οδών κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού, με βάση τα τοπολογικά χαρακτηριστικά της διαδρομής και του αστικού οδικού δικτύου. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τον περιορισμό της ανάλυσης σε συγκεκριμένο αριθμό διασχίσεων οδού για κάθε διαδρομή. Επιπλέον, η μέθοδος εφαρμόστηκε στην ανάπτυξη μιας σειράς αλγορίθμων υπολογισμού της αλληλουχίας διασχίσεων και των αντίστοιχων συνόλων επιλογών πεζού, τα οποία αντιστοιχούν σε βασικές κατηγορίες διαδρομών με συγκεκριμένα τοπολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

Στην παρούσα ενότητα, εξετάζεται η **διαδικασία επιλογής θέσης διάσχισης από το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών** του πεζού. Ειδικότερα, εφόσον έχει προσδιοριστεί το πλήθος των διασχίσεων οδού ανά διαδρομή και έχει οριστεί ένα σύνολο επιλογών για κάθε διάσχιση (ομάδα τόξων του γραφήματος), η παρατηρούμενη συμπεριφορά του πεζού μπορεί να περιγραφεί με βάση την πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής θέσης διάσχισης του συνόλου επιλογών (διαφορετικές θέσεις επί των εξεταζόμενων τόξων του γραφήματος). Η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος ανάλυσης για τον υπολογισμό της πιθανότητας αυτής είναι η ανάλυση διακριτών επιλογών (discrete choice analysis), η οποία βασίζεται στη θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας (random utility theory).

3.3.1. Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας

Τα πρότυπα διακριτών επιλογών είναι εξατομικευμένα πρότυπα (disaggregate models), με την έννοια ότι εξετάζονται οι επιλογές μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμών, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων (characteristics) και τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών (attributes). Η ανάλυση της επιλογής του ατόμου προϋποθέτει τη γνώση των εναλλακτικών επιλογών που αντιλαμβάνεται ότι διαθέτει το άτομο. Το σύνολο που εμπεριέχει όλες τις δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται σύνολο επιλογών (choice set) και περιέχει πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Επιπλέον, τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά σύνολα (universal choice set), τα οποία εμπεριέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set), τα οποία είναι υποσύνολα των καθολικών και εμπεριέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Σε κάθε περίπτωση, ορίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητας, ως ένα μαθηματικό πρότυπο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής και επιλέγεται η εναλλακτική με τη μέγιστη τιμή χρησιμότητας. Ωστόσο, η χρησιμότητα είναι μια λανθάνουσα έννοια (latent concept) η οποία είναι συνάρτηση τόσο συστηματικών (systematic) όσο και τυχαίων (random) μεταβλητών. Οι συστηματικές μεταβλητές περιλαμβάνουν την

ποσοτική επιρροή των μετρήσιμων χαρακτηριστικών των εναλλακτικών επιλογών αλλά και του ίδιου του ατόμου στην ικανοποίηση του ατόμου από την κάθε εναλλακτική

Αντίθετα, η αβεβαιότητα στον υπολογισμό της χρησιμότητας μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή ή λανθασμένη γνώση ή πληροφόρηση του ατόμου για τις εναλλακτικές επιλογές και τα χαρακτηριστικά τους, αλλά και σε διακύμανση στις προτιμήσεις του ατόμου σε σχέση με διάφορους παράγοντες που δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Η τυχαιότητα αυτή λαμβάνεται υπόψη στα πρότυπα διακριτών επιλογών στο πλαίσιο της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας.

Για κάθε εναλλακτική (i) του συνόλου επιλογών C_n θεωρείται μια **συνάρτηση χρησιμότητας** του ατόμου (n) ως εξής:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

Όπου $V_{in} = \beta X_{in}$ είναι το συστηματικό (deterministic) μέρος της χρησιμότητας, με β το διάνυσμα (vector) των συντελεστών και X_{in} το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών, και ε_{in} είναι το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής του ατόμου n υπολογίζεται ως:

$$P_n(i | C) = P(U_{in} > U_{jn}) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

$$P_n(i | C) = P(\beta_i x_{in} + \varepsilon_{in} > \beta_j x_{jn} + \varepsilon_{jn}) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

ή

$$P_n(i | C) = P(\beta_i x_{in} - \beta_j x_{jn} > \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

Επισημαίνεται ότι μια βασική υπόθεση της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας αφορά στο ότι τα σφάλματα ε_{in} του συνόλου επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή στατιστική κατανομή (independent and identically distributed - i.i.d.). Ανάλογα με τις συγκεκριμένες υποθέσεις που γίνονται για τη στατιστική κατανομή αυτή, προκύπτουν διάφορες μορφές της εξίσωσης για την πιθανότητα επιλογής μίας εκ των εναλλακτικών. Οι πιο συνηθισμένες παραδοχές είναι ότι τα σφάλματα ε_{in} ακολουθούν την κανονική κατανομή ή την κατανομή Gumbel οπότε και προκύπτουν τα δύο πιο διαδεδομένα είδη προτύπων διακριτών επιλογών τα πιθανοτικά (Probit) και τα λογιστικά (logit) αντίστοιχα (Washington et al., 2003).

3.3.1.1. Πιθανοτικά πρότυπα διακριτών επιλογών (probit)

Τα πιθανοτικά πρότυπα (probit) προκύπτουν όταν τα τυχαία σφάλματα στην εξίσωση της χρησιμότητας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στην απλή

περίπτωση διττής επιλογής (δύο εναλλακτικές στο σύνολο επιλογών) η εξίσωση γράφεται:

$$P_n(1) = P(\beta_1 x_{1n} - \beta_2 x_{2n} > \varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n})$$

Τα σφάλματα ε_{1n} και ε_{2n} κατανέμονται κανονικά με μέση τιμή 0 και τυπικές αποκλίσεις σ_1^2 και σ_2^2 αντίστοιχα. Μια ιδιότητα των κανονικά κατανεμημένων μεταβλητών είναι ότι η πρόσθεση αλλά και η αφαίρεση δύο κανονικά κατανεμημένων μεταβλητών παράγει μια κανονικά κατανεμημένη μεταβλητή. Σε αυτήν την περίπτωση η $\varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n}$ είναι κανονικά κατανεμημένη με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = 2\sigma_{12}$. Έτσι προκύπτει η συνάρτηση πυκνότητας (density function) της Κανονικής Κατανομής.

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right)^2}$$

Εάν $\Phi(\cdot)$ είναι η αθροιστική συνάρτηση της κανονικής κατανομής τότε :

$$P_n(1) = F_\varepsilon V_n = \int_{-\infty}^{V_n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right)^2} d\varepsilon = \Phi\left(\frac{\beta_1 x_{1n} - \beta_2 x_{2n}}{\sigma}\right)$$

Ο όρος $1/\sigma$ καθορίζει το αποτέλεσμα της διακριτής επιλογής και μπορεί να λαμβάνει οποιαδήποτε θετική τιμή. Το διάνυσμα των συντελεστών (β) μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας την μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood). Εάν το y_{in} οριστεί να είναι ίσο με 1 όταν το παρατηρούμενο διακριτό αποτέλεσμα για το χρήστη n είναι το (i) και ίσο με το 0 διαφορετικά, η συνάρτηση πιθανοφάνειας L είναι:

$$L(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k) = \prod_{n=1}^N \prod_{i=1}^j P(i)^{y_{in}}$$

όπου N είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων. Γενικότερα χρησιμοποιείται ο λογάριθμος της πιθανοφάνειας LL (log-likelihood), ο οποίος σε περίπτωση διττής επιλογής υπολογίζεται ως:

$$LL(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k) = \sum_{n=1}^N (y_{in} \log P_n(1) + (1 - y_{in}) \log P_n(2))$$

Η μεγιστοποίηση της πιθανοφάνειας πραγματοποιείται με αλγόριθμους βελτιστοποίησης (optimization), οι οποίοι βασίζονται σε μεθόδους μη γραμμικού

προγραμματισμού (non-linear programming) (Bierlaire, 2008). Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι το πιθανοτικό πρότυπο δεν έχει κλειστή μαθηματική μορφή (closed form), λόγω του ολοκληρώματος που περιλαμβάνεται στη συνάρτηση πυκνότητας της κανονικής κατανομής, γεγονός που περιπλέκει τόσο τη μεγιστοποίηση της πιθανοφάνειας όσο και την επέκταση της διατύπωσης του για περισσότερες από δύο διακριτές εναλλακτικές, με αποτέλεσμα να αναζητηθούν διαφορετικές κατανομές των τυχαίων σφαλμάτων.

3.3.1.2. Λογιστικά πρότυπα διακριτών επιλογών (logit)

Τα λογιστικά πρότυπα βασίζονται στην υπόθεση ότι τα σφάλματα των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι ανεξάρτητα και ακολουθούν την ίδια κατανομή ακρότατων τιμών Τύπου 1, γνωστή και ως κατανομή Gumbel (Gumbel, 1958). Συγκεκριμένα, εάν τα σφάλματα κατανέμονται κατά Gumbel με παράμετρο θέσης $\omega=0$ και με παράμετρο κλίμακας μ , η πιθανότητα ένα συγκεκριμένο άτομο να διαλέξει μια εναλλακτική ανάμεσα σε ένα σύνολο C εναλλακτικών δίνεται από την σχέση:

$$P_n(i|C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}} \quad \forall j \in C$$

Μία επιθυμητή ιδιότητα υποτιθέμενης κατανομής τυχαίων σφαλμάτων των προτύπων διακριτών επιλογών είναι ότι οι μέγιστες των τυχαία εξαγόμενων τιμών της κατανομής ακολουθούν την ίδια κατανομή με τις ποσότητες από τις οποίες έχουν εξαχθεί. Η ιδιότητα αυτή δεν παρατηρείται στην κανονική κατανομή όπου οι μέγιστες τιμές που προκύπτουν από την κατανομή δεν είναι κανονικά κατανεμημένες. Η θεώρηση κατανομής σφαλμάτων με τη συγκεκριμένη ιδιότητα απλοποιεί τη διαδικασία εκτίμησης του προτύπου, καθώς εξισώσεις της μορφής:

$$P_n(1) = P(\beta_1 x_{1n} - \beta_2 x_{2n} > \varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n})$$

εύκολα μεταπίπτουν στην πολυωνυμική περίπτωση αντικαθιστώντας τον όρο $\beta_2 x_{2n}$ με τη μέγιστη τιμή όλων των υπολοίπων $\beta_j x_{jn}$. Οι κατανομές των μέγιστων τυχαίων τιμών που προκύπτουν από θεμελιώδεις κατανομές αναφέρονται σαν κατανομές ακρότατων τιμών (extreme value distributions) (Gumbel, 1958; Ben-Akiva & Lerman, 1985).

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής Gumbel είναι:

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon-\omega)} e^{-e^{-\mu(\varepsilon-\omega)}}$$

με αντίστοιχη συνάρτηση κατανομής:

$$F(\varepsilon) = e^{-e^{-\mu(\varepsilon - \omega)}}$$

Για την εκτίμηση προτύπου που βασίζεται στην κατανομή ακρότατων τιμών προκύπτει:

$$P_n(i | C) = P(\beta_i x_{in} + \varepsilon_{in} \geq \max(\beta_j x_{jn} + \varepsilon_{jn})) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

Επιπλέον, εάν όλα τα σφάλματα ε_{jn} κατανέμονται ανεξάρτητα κατά Gumbel με παραμέτρους θέσης 0 και κοινή παράμετρο κλίμακας μ , τότε και το μέγιστο των $\beta_j x_{jn} + \varepsilon_{jn}$ ακολουθεί κατανομή ακρότατων τιμών με παράμετρο θέσης:

$$\frac{1}{n} \log \sum e^{\mu \beta_j x_{jn}}, j \in C$$

και παράμετρο κλίμακας μ (Gumbel 1958). Συγκεκριμένα, εάν ε'_n είναι το σφάλμα που συνδέεται με το μέγιστο όλων των πιθανών διακριτών αποτελεσμάτων $\neq i$ με $\omega=0$ και παράμετρο μ , και αντίστοιχα ο όρος $\beta' x'_n$ είναι η συστηματική χρησιμότητα που συνδέεται με το μέγιστο όλων των πιθανών διακριτών αποτελεσμάτων $\neq i$ τότε μπορεί ναδειχθεί ότι:

$$\beta' x'_n = \frac{1}{n} \log \sum e^{\mu \beta_j x_{jn}}, j \in C$$

Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις μεταβλητές που ακολουθούν κατανομή ακρότατων τιμών η πρόσθεση μιας θετικής σταθεράς, έστω α , αλλάζει την παράμετρο θέσης από ω σε $\omega + \alpha$ χωρίς να επηρεάζει την παράμετρο κλίμακας μ . Επομένως:

$$P_n(i | C) = P(\beta_i x_{in} + \varepsilon_{in} \geq \beta'_j x'_{jn} + \varepsilon'_{jn}), \quad \forall j \in C, i \neq j$$

ή

$$P_n(i | C) = P(\beta'_j x'_{jn} + \varepsilon'_{jn} - \beta_i x_{in} - \varepsilon_{in} \leq 0)$$

και επειδή η διαφορά μεταξύ δύο μεταβλητών ανεξάρτητα κατανομημένων κατά Gumbel με κοινή παράμετρο μ κατανέμεται με βάση τη λογιστική κατανομή:

$$P_n(i | C) = \frac{1}{1 + e^{\mu(\beta'_j x'_{jn} - \beta_i x_{in})}}$$

Από όπου προκύπτει:

$$P_n(i | C) = \frac{e^{\mu \beta_i x_{in}}}{e^{\mu \beta_i x_{in}} + e^{\mu \beta'_j x'_{jn}}}$$

Αντικαθιστώντας η εξίσωση γίνεται:

$$P_n(i) = \frac{e^{\mu\beta_i x_{in}}}{e^{\mu\beta_i x_{in}} + e^{\log \sum_{j \in C} e^{\mu\beta_j x_{jn}}}} \quad \forall j \in C, i \neq j$$

ή

$$P_n(i | C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}} \quad \forall j \in C$$

η οποία αποτελεί και την έκφραση του **πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου** (multinomial logit model). Για την εκτίμηση του διανύσματος των σταθερών παραμέτρων (β) με την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας είναι:

$$LL = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^J y_{in} \left(\beta_i x_{in} - \log \sum_{j \in C_n} e^{\beta_j x_{jn}} \right)$$

όπου J είναι το σύνολο των πιθανών επιλογών και το y_{in} είναι ίσο με 1 όταν το παρατηρούμενο διακριτό αποτέλεσμα για το χρήστη n είναι το (i) και ίσο με το 0 διαφορετικά.

Μία σημαντική ιδιότητα των πολυωνυμικού λογαριθμικού προτύπου είναι η ανεξαρτησία από τις μη σχετικές εναλλακτικές (Independence from Irrelevant Alternatives property - IIA). Αυτό σημαίνει πως για κάποιο συγκεκριμένο άτομο, ο λόγος των πιθανοτήτων δύο οποιονδήποτε εναλλακτικών επιλογών είναι εντελώς ανεπηρέαστος από το συστηματικό μέρος της συνάρτησης χρησιμότητας οποιασδήποτε άλλης εναλλακτικής επιλογής. Αποδεικνύεται εύκολα ως εξής:

$$\frac{P_n(i | C)}{P_n(k | C)} = \frac{\frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}}}{\frac{e^{\mu V_k}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}}} = e^{\mu(V_i - V_k)}$$

3.3.1.3. Γενικευμένα πρότυπα διακριτών επιλογών

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, βασική υπόθεση των προτύπων διακριτών επιλογών είναι η ανεξαρτησία μεταξύ των εναλλακτικών. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις είναι πιθανόν αυτή η υπόθεση να μην είναι ρεαλιστική. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται επεκτάσεις των προτύπων διακριτών επιλογών με τις οποίες είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη διάφορες συσχετίσεις μεταξύ εναλλακτικών επιλογών.

Ειδικότερα, το **ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο** (Manski & McFadden, 1981) είναι επέκταση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου διακριτών επιλογών και αναπτύχθηκε ώστε να αντιμετωπίζονται περιπτώσεις όπου υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ορισμένων εναλλακτικών του συνόλου επιλογών. Βασίζεται στο διαχωρισμό του καθολικού συνόλου επιλογών C σε διάφορα μειωμένα υποσύνολα C_m τέτοια ώστε:

$$C = \cup_{m=1, \dots, M} C_m \text{ και } C_m \cap C_l = \emptyset, \forall k \neq l$$

Το σύνολο των εναλλακτικών των μειωμένων συνόλων (κλάδων) ισούται με τις εναλλακτικές του καθολικού συνόλου και οι εναλλακτικές που εμφανίζονται σε ένα υποσύνολο δεν εμφανίζονται σε κανένα άλλο.

Η συνάρτηση χρησιμότητας κάθε εναλλακτικής αποτελείται από έναν όρο ειδικό για την εναλλακτική και από έναν όρο που εξαρτάται από τον κάθε κλάδο. Έτσι εάν $i \in C_m$ είναι:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i + V_{C_m} + \varepsilon_{C_m}$$

Οι όροι των σφαλμάτων ε_i και ε_{C_m} υποτίθεται πως είναι ανεξάρτητοι. Όπως και στο πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο οι όροι ε_i θεωρείται ότι κατανομούνται κατά Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ . Η κατανομή των ε_{C_m} είναι τέτοια ώστε η τυχαία μεταβλητή $\max_{j \in C_m} U_j$ να ακολουθεί την κατανομή Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ_m . Κάθε κλάδος μέσα σε ένα σύνολο επιλογών περιγράφεται από μία ψευδο-χρησιμότητα (pseudo-utility) που καλείται σύνθετη χρησιμότητα (composite utility) ή συμπεριλαμβανόμενη τιμή (inclusive value). Η σύνθετη χρησιμότητα για τον κλάδο C_m καθορίζεται ως:

$$V'_{C_m} = V_{C_m} + \frac{1}{\mu_m} \sum_{i \in C_m} e^{\mu_m V_i}$$

όπου V_{C_m} είναι η συνιστώσα της συνάρτησης χρησιμότητας που είναι κοινή για όλες τις εναλλακτικές στον κλάδο C_m . Η πιθανότητα τότε δίνεται από την σχέση:

$$P(i | m)P(m | C) = \frac{e^{\mu_m V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu_m V_j}} \frac{e^{\mu V_m}}{\sum_k e^{\mu V_k}}$$

όπου $P(m|C)$ η οριακή πιθανότητα (marginal probability) επιλογής του κλάδου C_m , και $P(i | m)$ η δεσμευμένη πιθανότητα (conditional probability) επιλογής της εναλλακτικής i του κλάδου C_m :

Οι παράμετροι μ και μ_m αντικατοπτρίζουν την συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών του κλάδου C_m (Ben Akiva & Lerman, 1985). Ειδικότερα εάν $i, j \in C_m$:

$$\frac{\mu}{\mu_m} = \sqrt{1 - \text{Corr}(U_i, U_j)}$$

Ισχύει $0 < \mu/\mu_m \leq 1$ και για $\mu/\mu_m = 1$ είναι $\text{Corr}(U_i, U_j) = 0$, οπότε και θεωρείται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών αυτών. Σημειώνεται ότι στην πραγματικότητα μόνο ο λόγος των παραμέτρων μ και μ_m έχει έννοια. Μια τυπική αντιμετώπιση είναι να κανονικοποιείται η τιμή μίας από αυτές.

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιθανόν ο διαχωρισμός των κλάδων να μην είναι προφανής, δηλαδή κάποια εναλλακτική να μπορεί να αποδοθεί σε περισσότερους από έναν κλάδους (συνδυαστική συσχέτιση). Στην περίπτωση αυτή, εξετάζεται το **συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο** (cross-nested logit model), στο οποίο ορισμένες εναλλακτικές μπορεί να ανήκουν σε περισσότερους από έναν κλάδους (Daly & Bierlaire 2004; Bierlaire 2006).

Επομένως, η πιθανότητα επιλογής μιας εναλλακτικής δίνεται από τη σχέση:

$$P(i | C) = \sum_m P(i | m)P(m | C)$$

$$P(i | C) = \sum_{m=1}^M \frac{\left[\sum_{j \in C} \alpha_{jm}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_j} \right]^{\frac{\mu}{\mu_m}}}{\sum_{n=1}^M \left[\sum_{j \in C} \alpha_{jn}^{(\mu_n / \mu)} e^{\mu_n V_j} \right]^{\frac{\mu}{\mu_n}}} \frac{\alpha_{im}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_i}}{\sum_{j \in C} \alpha_{jm}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_j}} \quad (3)$$

όπου α_{im} είναι η παράμετρος στάθμισης / κατάταξης (weight / membership factor), η οποία δείχνει ότι κάθε εναλλακτική ανήκει σε περισσότερους από έναν κλάδους με $\sum_m \alpha_{im} = 1$.

Τα πρότυπα αυτά, στα οποία μετριάζεται η υπόθεση της ανεξαρτησίας μεταξύ των εναλλακτικών, αναφέρονται ως **γενικευμένα πρότυπα ακρότατων τιμών**

(Generalized Extreme Value models). Όπως παρουσιάστηκε από τον McFadden (1978), τα πρότυπα αυτά βασίζονται σε μια συνάρτηση G με τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Η G είναι ομογενής με βαθμό $\mu > 0$ ώστε $G(\alpha y) = \alpha^\mu G(y)$
- $\lim_{y_i \rightarrow +\infty} G(y_1, \dots, y_i, \dots, y_J) = +\infty \quad \forall i=1, \dots, J$
- η μερική παράγωγος k βαθμού αναφορικά με k διακριτά y_i είναι μη αρνητική εάν το k είναι άρτιος και μη θετική αν το k είναι περιττός, δηλαδή:

$$(-1)^k \frac{\partial^k G}{\partial y_{i_1} \dots \partial y_{i_k}}(y) \leq 0 \quad \forall y \in \mathbb{R}_+^J$$

Από μια συνάρτηση G με τις ιδιότητες αυτές είναι δυνατό να διατυπωθεί η αθροιστική συνάρτηση πιθανότητας, η πιθανότητα και η αναμενόμενη μέγιστη χρησιμότητα ως εξής:

- $F(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_J) = e^{-G(e^{-\varepsilon_1}, \dots, e^{-\varepsilon_J})}$
- $P(i|C) = \frac{e^{V_i + \log G_i(e^{V_1}, \dots, e^{V_J})}}{\sum_{j \in C} e^{V_j + \log G_j(e^{V_1}, \dots, e^{V_J})}}$, όπου $G_i = \frac{\partial G}{\partial i}$ και παρατηρείται ότι πρόκειται για κλειστή μαθηματική μορφή.

- $V_C = \frac{\log G(\dots) + \gamma}{\mu}$, όπου γ είναι η σταθερά του Euler $\gamma = \int_0^{+\infty} e^{-x} \log x dx$

Επίσης, η F είναι μια γενικευμένη κατανομή ακρότατων τιμών (Jenkinson, 1955) με:

$$F_X(x) = \begin{cases} e^{-(1+\xi((x-\mu)/\sigma))^{-1/\xi}} & -\infty < x \leq \mu - \sigma/\xi, \quad \xi < 0 \\ e^{-((x-\mu)/\sigma)^\xi} & \mu - \sigma/\xi \leq x < \infty, \quad \xi > 0 \\ e^{-((x-\mu)/\sigma)} & -\infty < x < \infty, \quad \xi = 0 \end{cases}$$

Όπου για $\xi=0$ προκύπτει κατανομή ακρότατων τιμών Τύπου 1, για $\xi>0$ Τύπου 2 και για $\xi<0$ Τύπου 3.

Αποδεικνύεται ότι θέτοντας ως $G(y) = \sum_{i=1}^J y_i^\mu$ προκύπτει το πολυωνυμικό

λογιστικό πρότυπο, θέτοντας ως $G(y) = \sum_{m=1}^M \left(\sum_{i=1}^{J_m} y_i^{\mu_m} \right)^{\frac{\mu}{\mu_m}}$ προκύπτει το ιεραρχικό

λογιστικό πρότυπο, και θέτοντας ως $G(y) = \sum_{m=1}^M \left(\sum_{i=1}^{J_m} \left(\frac{1}{\alpha_{jm}^\mu} y_i \right)^{\mu_m} \right)^{\frac{\mu}{\mu_m}}$ προκύπτει το

συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο. Επίσης, με παρόμοιο τρόπο μπορεί να θεωρηθούν ιεραρχικά πρότυπα πολλών επιπέδων (Bierlaire & Freijnger, 2008). Επομένως, η εισαγωγή της συνάρτησης G στη θεωρία χρησιμότητας παρέχει μεγάλη ευελιξία στη θεώρηση προτύπων διακριτών επιλογών, επιτρέποντας τη χαλάρωση της υπόθεσης ανεξαρτησίας μεταξύ των εναλλακτικών και τη θεώρηση σύνθετων συσχετίσεων μεταξύ αυτών, διατηρώντας παράλληλα τα πλεονεκτήματα της κατανομής ακρότατων τιμών των σφαλμάτων.

Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι στα ιεραρχικά πρότυπα η συνάρτηση πιθανοφάνειας δεν είναι κυρτή (concave), επομένως η μεγιστοποίηση αφορά σε τοπικό μέγιστο (local maximum) και όχι σε συνολικό μέγιστο (global maximum). Επομένως, είναι απαραίτητο να γίνεται έλεγχος της διαδικασίας μεγιστοποίησης, με διαφορετικούς αλγόριθμους, διαφορετικές τιμές εκκίνησης κλπ. (Bierlaire et al, 2008).

3.3.1.4. Μικτά πρότυπα διακριτών επιλογών

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε η οικογένεια των γενικευμένων λογιστικών προτύπων, με τα οποία μετριάζεται η υπόθεση της ανεξαρτησίας των εναλλακτικών στα πρότυπα χρησιμότητας, παρέχοντας ευελιξία στη θεώρηση σύνθετων διαδικασιών λήψης απόφασης. Ωστόσο, στα γενικευμένα λογιστικά πρότυπα είναι σε ισχύ η δεύτερη βασική υπόθεση της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας, σύμφωνα με την οποία τα σφάλματα ακολουθούν κοινή κατανομή ακρότατων τιμών. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η οικογένεια των **μικτών λογιστικών προτύπων** (mixed logit models), στην οποία μετριάζεται η υπόθεση αυτή, έτσι ώστε τα σφάλματα να ακολουθούν μικτή κανονική κατανομή / κατανομή ακρότατων τιμών (McFadden & Train, 2000), ή σε ορισμένες περιπτώσεις μικτή λογαριθμο-κανονική κατανομή / κατανομή ακρότατων τιμών (Fosgerau & Bierlaire, 2007).

Στα πρότυπα αυτά επιχειρείται η συνδυαστική αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των πιθανοτικών (probit) και λογιστικών (logit) προτύπων. Ειδικότερα, η χρήση της κανονικής κατανομής παρέχει ευελιξία στην περιγραφή πολλών στοχαστικών παραμέτρων, οι οποίες δεν δύναται να θεωρηθούν Gumbel, ενώ η χρήση της

κατανομής Gumbel παρέχει ευελιξία στην προσαρμογή του προτύπου (Gopinath et al. 2005; Walker et al. 2007; Burda et al. 2008). Οι κανονικές στοχαστικές παράμετροι μπορεί να αφορούν σε:

- συσχετίσεις και συνδυαστικές συσχετίσεις μεταξύ εναλλακτικών, ανάλογες με αυτές που θεωρούνται στα ιεραρχικά και συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα
- τυχαία διακύμανση παραμέτρων β του προτύπου
- ετεροσκεδαστικότητα (δηλ. διαφορετική διακύμανση στις χρησιμότητες των εναλλακτικών)
- ατομική ετερογένεια, η οποία αναφέρεται στην περίπτωση δυναμικών δαστρωματικών δεδομένων, δηλαδή επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων μιας ομάδας ατόμων (panel data)

Στα πρότυπα αυτά, για κάθε εναλλακτική (i) του συνόλου επιλογών C_n θεωρείται μια συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου (n) ως εξής:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

όπου $\varepsilon_{in} = F\xi_{in} + v_{in}$ η στοχαστική χρησιμότητα, με ξ_{in} στοχαστικές παραμέτρους $\sim N(0, \sigma)$, F τους συντελεστές βαρύτητας αυτών, οι οποίοι μπορεί να είναι σταθεροί ή άγνωστοι, και v_{in} με κατανομή ακρότατων τιμών $\sim (0, \mu)$.

Βασική ιδιότητα των προτύπων αυτών είναι ότι το μητρώο διακύμανσης-συνδιακύμανσης (variance-covariance matrix) δεν είναι διαγώνιο. Η μορφή και οι ιδιότητες του μητρώου F καθορίζει και τη μορφή του μητρώου διακύμανσης-συνδιακύμανσης, ανάλογα με το είδος των στοχαστικών παραμέτρων όπως παρατίθενται παραπάνω.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι τα μικτά λογιστικά πρότυπα δεν έχουν κλειστή μαθηματική μορφή, καθώς οι στοχαστικές παράμετροι είναι άγνωστες:

$$P(i|C) = \int_{\xi} \Lambda(i|\xi) f(\xi) d\xi, \quad \xi \sim N(0, I)$$

όπου Λ η λογιστική πιθανότητα.

Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούνται μέθοδοι προσομοίωσης (Train, 2003), οι οποίες βασίζονται σε D τυχαίες εξαγωγές (random draws) τιμών από μια κατανομή, συνήθως σταθερή (Uniform) $\sim (0, I)$, ώστε:

$$\hat{P}(i|C) = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D \Lambda(i|\xi_d)$$

Σημειώνεται ότι είναι απαραίτητο να επιβεβαιώνεται επαρκής αριθμός τυχαίων εξαγωγών, καθώς υπάρχει σημαντική πιθανότητα μη αμελητέας μεροληψίας κατά την προσομοίωση (Chiou & Walker, 2007).

3.3.1.5. Δυναμικά πρότυπα διακριτών επιλογών

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε η ύπαρξη **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων** (panel data). Ειδικότερα, στην περίπτωση όπου τα στοιχεία αφορούν σε επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις μιας ομάδας ατόμων μπορεί να εμφανίζονται δύο φαινόμενα:

- Ατομική ετερογένεια (agent heterogeneity), η οποία αντιστοιχεί σε τυχαία διακύμανση των παρατηρούμενων επιλογών εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των ατόμων (Wooldridge 2005), λόγω των επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων. Στην περίπτωση αυτή εξετάζονται σφάλματα που δεν μεταβάλλονται με το χρόνο.
- Εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση (state dependence), εξαιτίας του ότι κάθε επιλογή πραγματοποιείται σε διαφορετικό στάδιο μιας διαδικασίας, με αποτέλεσμα οι επιλογές κατά το προηγούμενο στάδιο να επηρεάζουν τις επιλογές κατά το επόμενο στάδιο (Honore & Kyriazidou 2000), όπως σε μια κλασσική μαρκοβιανή διαδικασία πρώτου βαθμού (1st order Markov process).

Κατά συνέπεια, δύο ειδών επεκτάσεις ενδέχεται να χρειάζεται να ενσωματωθούν στις συναρτήσεις χρησιμότητας όλων των εναλλακτικών των λογιστικών προτύπων, το καθένα από τα οποία εφαρμόζεται σε κάθε κατάσταση $T=t$ της διαδικασίας λήψης απόφασης, ώστε η κάθε συνάρτηση χρησιμότητας να έχει την ακόλουθη μορφή:

$$U_{int} = \beta X_{nt} + \gamma y_{n,t-1} + \alpha_n + \varepsilon_{int}$$

όπου $y_{n,t-1}$ είναι η επιλογή που πραγματοποιήθηκε κατά την προηγούμενη κατάσταση $T=t-1$ (state dependence), α_n η ατομική ετερογένεια, η οποία μπορεί να είναι σταθερή ή στοχαστική (random) συνήθως με βάση την κανονική κατανομή $\sim N(0, \sigma^2)$, και ε_{int} η στοχαστική χρησιμότητα.

Ανάλογα με το αν η ετερογένεια αφορά στο συστηματικό ή στο στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας, τα πρότυπα αναφέρονται ως (Fisher & Nijkamp, 1987):

- Στατικά, όπου δεν υπάρχει ετερογένεια
- Αμιγούς ετερογένειας (pure heterogeneity), όπου τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα και υπολογίζεται ο σταθερός ή στοχαστικός όρος α_n
- Αμιγούς εξάρτησης από προηγούμενη κατάσταση (pure state dependence), όπου τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα και υπολογίζεται ο σταθερός όρος $y_{n,t-1}$
- Αμιγούς σειριακής συσχέτισης (pure serial correlation), όπου εμφανίζεται σειριακή συσχέτιση στο στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας (σφάλματα) και αποτελεί την πιο σύνθετη περίπτωση.

3.3.2. Λήψη απόφασης μεταξύ θέσεων σε κόμβο / εκτός κόμβου

Όπως περιγράφηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2, η συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση οδών μπορεί να αφορά στη βασική επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο, είναι διαθέσιμη μια σειρά θέσεων σε κόμβους ή εκτός κόμβων. Ειδικότερα, μπορεί να θεωρηθεί ότι σε κάθε τόξο του γραφήματος της διαδρομής υπάρχει η περιοχή επιρροής των δύο κόμβων (junctions area), και η ενδιάμεση περιοχή του τόξου (mid-block area). Επομένως, κατά μήκος της διαδρομής, ο αριθμός των διαθέσιμων θέσεων κόμβων, καθώς και ο αριθμός των θέσεων εκτός κόμβου, ισούται με τον αριθμό των τόξων του γραφήματος της διαδρομής.

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η βασική περίπτωση όπου το σύνολο επιλογών του πεζού αποτελείται από ένα μόνο τόξο του γραφήματος a_i , όπου η συμπεριφορά των πεζών αφορά σε μια διττή επιλογή, μεταξύ διάσχισης σε κόμβο και διάσχισης εκτός κόμβου. Στην περίπτωση αυτή, η διαδικασία λήψης απόφασης του πεζού μπορεί να περιγραφεί από ένα διωνυμικό λογιστικό πρότυπο (binomial logit model) (Σχήμα 3.12), όπου η πιθανότητα επιλογής θέσης διάσχισης σε κόμβο δίνεται από τη σχέση:

$$P_n(i | C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}}$$

Όπου $C_n = \{J, MB\}$ το σύνολο επιλογών του πεζού, με J τη θέση κόμβου και MB τη θέση εκτός κόμβου.



J: Θέση κόμβου
MB: Θέση εκτός κόμβου

Σχήμα 3.12. Διττό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου

Επισημαίνεται ότι, εφόσον προκύπτουν περισσότερες από μία σχετικές επιλογές του ίδιου ατόμου (πχ. περισσότερες από μία κύριες διασχίσεις σε μια διαδρομή), θα πρέπει να εξετάζονται οι σειριακές συσχετίσεις μεταξύ των επιλογών αυτών.

Σε αρκετές περιπτώσεις, ωστόσο, το σύνολο επιλογών του πεζού μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα τόξα του γραφήματος (δηλαδή οδικά τμήματα της διαδρομής), οπότε το σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε κύρια

διάσχιση περιλαμβάνει περισσότερες από μία θέσεις κόμβων και εκτός κόμβων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται εναλλακτικές υποθέσεις που μπορεί να εξεταστούν αναφορικά με τη διαδικασία λήψης απόφασης του πεζού στην περίπτωση αυτή.

3.3.3. Διαδοχική λήψη απόφασης

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η περίπτωση στην οποία το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει $n > 1$ θέσεις κόμβων και $n > 1$ θέσεις εκτός κόμβων, όπου $n > 1$ τα τόξα του γραφήματος της διαδρομής που αποτελούν το σύνολο επιλογών ($a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$), δηλαδή:

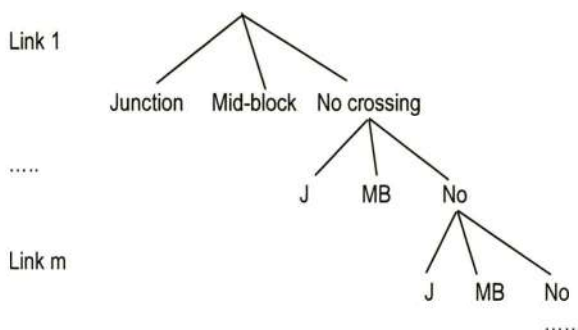
$$C = \{J_1, MB_1, \dots, J_n, MB_n\}$$

Για την προτυποποίηση της διαδικασίας λήψης απόφασης του πεζού μεταξύ των παραπάνω εναλλακτικών, είναι απαραίτητο να διερευνηθεί ο μηχανισμός με τον οποίο οι πεζοί αξιολογούν τις εναλλακτικές αυτές. Σύμφωνα με τη θεωρία χρησιμότητας, βασική προϋπόθεση στη λήψη απόφασης είναι η γνώση των εναλλακτικών επιλογών. Ωστόσο, η διαδρομή του πεζού είναι μια δυναμική διαδικασία, κατά την οποία οι εναλλακτικές θέσεις κύριας διάσχισης γίνονται διαθέσιμες σταδιακά, καθώς ο πεζός κινείται κατά μήκος των τόξων που αποτελούν το σύνολο επιλογών.

Επομένως, μπορεί να υποθεθεί ότι σε κάθε ένα τόξο του συνόλου επιλογών, ο πεζός αξιολογεί τις διαθέσιμες επιλογές και αποφασίζει εάν θα επιλέξει κάποια από τις διαθέσιμες επιλογές και ποια. Σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθεί διάσχιση, αξιολογούνται οι διαθέσιμες επιλογές του επόμενου τόξου της διαδρομής, και ούτω καθ' εξής, μέχρι την πραγματοποίηση της εξεταζόμενης κύριας διάσχισης, οπότε οι εναλλακτικές των επόμενων τόξων της διαδρομής δεν εξετάζονται.

Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται σε διαδοχική βάση και δεν προϋποθέτει γνώση του οδικού δικτύου ή των συνθηκών της διαδρομής από την πλευρά του πεζού. Αναφορικά με την προτυποποίηση της διαδικασίας αυτής, σε κάθε τόξο της διαδρομής μπορεί να θεωρηθεί μια ξεχωριστή απόφαση διάσχισης σε κόμβο (J), εκτός κόμβου (MB) ή μη διάσχισης (No), η οποία αντιστοιχεί σε ένα πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο (multinomial logit model). Επομένως, συνολικά η διαδικασία μπορεί να περιγραφεί από **διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα** (sequential multinomial logit models), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.13.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται με βάση τις χρησιμότητες των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών, όπως έχει παρουσιαστεί παραπάνω.



Σχήμα 3.13. Διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Ωστόσο, οι διαδοχικές αυτές επιλογές δεν μπορεί να θεωρηθούν ως ανεξάρτητες μεταξύ τους. Όπως προαναφέρθηκε, στα **δυναμικά διαστρωματικά δεδομένα** (panel data) μπορεί να εμφανίζονται στη διαδοχική διαδικασία ατομική ετερογένεια (agent heterogeneity) ή και εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση.

Κατά συνέπεια, δύο ειδών επεκτάσεις ενδέχεται να χρειάζεται να ενσωματωθούν στις συναρτήσεις χρησιμότητας όλων των εναλλακτικών των πολυωνυμικών λογιστικών προτύπων, το καθένα από τα οποία εφαρμόζεται σε κάθε κατάσταση $T=t$ της διαδικασίας λήψης απόφασης (όπου κάθε κατάσταση αντιστοιχεί σε ένα τόξο της διαδρομής), ώστε η κάθε συνάρτηση χρησιμότητας να έχει την ακόλουθη μορφή:

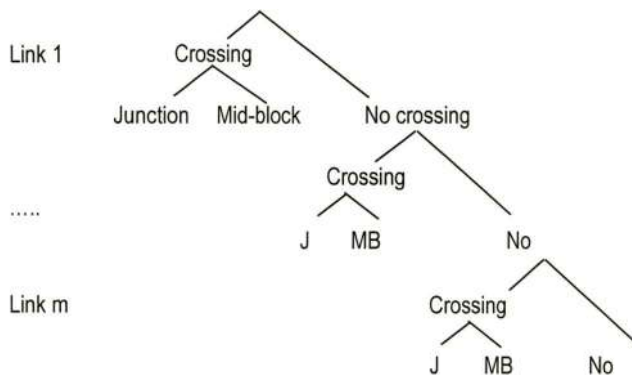
$$U_{int} = \beta X_{nt} + \gamma y_{n,t-1} + \alpha_n + \varepsilon_{int}$$

όπου $y_{n,t-1}$ είναι η επιλογή που πραγματοποιήθηκε κατά την προηγούμενη κατάσταση $T=t-1$ (state dependence), α_n η ατομική ετερογένεια, η οποία μπορεί να είναι σταθερή ή στοχαστική (random) συνήθως με βάση την κανονική κατανομή $\sim N(0, \sigma^2)$, και ε_{nt} η στοχαστική χρησιμότητα.

Επισημαίνεται ότι διαδοχικά λογιστικά πρότυπα (sequential logit models) έχουν παρουσιαστεί σε ορισμένες περιπτώσεις στη βιβλιογραφία και αναφέρονται ως υποκατηγορία των ιεραρχικών (nested) προτύπων, όπου κάθε στάδιο της διαδικασίας θεωρείται ως ένας νέος κλάδος του προτύπου με αντίστοιχη παράμετρο 'κατάστασης' μ (Ophem & Scham, 1997; Nagakura & Kobayashi, 2007). Η προσέγγιση αυτή νοηματικά είναι ισοδύναμη με την παρούσα προσέγγιση. Ωστόσο, η θεώρηση των διαδοχικών καταστάσεων ως κλάδων βασίζεται στην υπόθεση της εκ των προτέρων γνώσης των εναλλακτικών όλων των διαδοχικών καταστάσεων. Αντίθετα, στην παρούσα προσέγγιση θεωρείται ότι οι εναλλακτικές επιλογές γίνονται σταδιακά διαθέσιμες (Adamowicz et al. 1990), ενώ λαμβάνεται υπόψη τη δυναμική της διαδικασίας μέσω της ενσωμάτωσης παραμέτρων εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση.

Τέλος, επισημαίνεται ότι οι εναλλακτικές της διάσχισης σε κόμβο και της διάσχισης εκτός κόμβου είναι πιθανόν να συσχετίζονται, καθότι αφορούν και οι δύο σε ενέργεια διάσχισης, σε αντίθεση με την τρίτη επιλογή που αφορά σε ενέργεια μη διάσχισης. Είναι επομένως απαραίτητο να ελεγχθούν τα αντίστοιχα **διαδοχικά ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα** (Σχήμα 3.14), με βάση τα οποία θεωρούνται αντίστοιχα μειωμένα σύνολα επιλογών:

$$C_c = \{J, MB\}, C_{no} = \{No\} \text{ ώστε } C = C_c + C_{no}$$



Σχήμα 3.14. Διαδοχικά ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

3.3.4. Συνολική λήψη απόφασης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται μια διαφορετική προσέγγιση της διαδικασίας λήψης απόφασης του πεζού μεταξύ μιας σειράς θέσεων κόμβων και εκτός κόμβων για κύρια διάσχιση οδού. Η προσέγγιση αυτή αφορά στην εξέταση όλου του συνόλου επιλογών $C = \{J_1, MB_1, \dots, J_n, MB_n\}$ του πεζού για κάθε κύρια διάσχιση οδού, δηλαδή στη συγκριτική αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών για την επιλογή μιας θέσης κύριας διάσχισης.

Επομένως, η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται **συνολικά και προϋποθέτει κάποια γνώση του οδικού δικτύου** ή των συνθηκών της διαδρομής από την πλευρά του πεζού. Η προτυποποίηση της διαδικασίας αυτής παραπέμπει σε ένα πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο επιλογής. Ωστόσο, είναι προφανές ότι υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών στο σύνολο επιλογών C . Στο πλαίσιο μιας συνολικής αξιολόγησης των εναλλακτικών, είναι αντιληπτό ότι αυτές αφορούν εν γένει σε θέσεις κόμβων ή εκτός κόμβου. Επιπλέον, οι εναλλακτικές αυτές ανήκουν σε διαδοχικά ξεχωριστά τμήματα (τόξα) της διαδρομής, τα οποία μπορεί να διαφέρουν ως προς διάφορα χαρακτηριστικά.

Επομένως, είναι απαραίτητη η θεώρηση ιεραρχικών διαδικασιών λήψης απόφασης κύριας διάσχισης, όπου της επιμέρους επιλογής θέσης διάσχισης προηγείται ιεράρχηση που μπορεί να πραγματοποιείται:

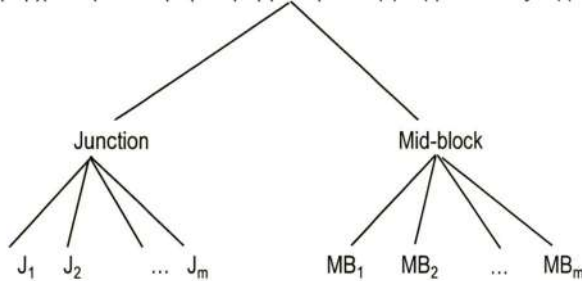
- με βάση τη γενική επιλογή μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου
- με βάση τη γενική επιλογή τόξου (οδικού τμήματος) της διαδρομής

Με βάση τα παραπάνω, προτείνονται **ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.15. Στην πρώτη περίπτωση, η οριακή επιλογή μεταξύ θέσης κόμβου ή εκτός κόμβου ακολουθείται από μια δεσμευμένη επιλογή συγκεκριμένης θέσης κόμβου ή εκτός κόμβου αντίστοιχα. Η περίπτωση αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι η θεμελιώδης επιλογή του πεζού αφορά στην επιλογή μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου, και είναι πιθανόν περισσότερο προσανατολισμένη στην επικινδυνότητα. Στη δεύτερη περίπτωση, η οριακή επιλογή τόξου της διαδρομής για κύρια διάσχιση ακολουθείται από τη δεσμευμένη επιλογή μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου στο συγκεκριμένο τόξο της διαδρομής. Η περίπτωση αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι η θεμελιώδης επιλογή του πεζού αφορά σε τμήμα της διαδρομής, και είναι πιθανόν περισσότερο προσανατολισμένη στο χρόνο διαδρομής.

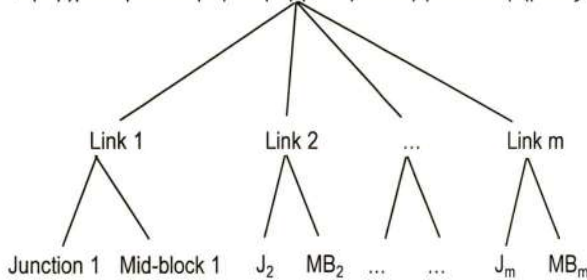
Σε κάθε περίπτωση, η πιθανότητα επιλογής της εναλλακτικής (i) του κλάδου (m) του συνόλου επιλογών C δίνεται από τη σχέση

$$P(i | m) P(m | C) = \frac{e^{\mu_m V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu_m V_j}} \frac{e^{\mu V_m}}{\sum_k e^{\mu V_k}}$$

Ιεραρχικό πρότυπο με βάση τη γενική επιλογή κόμβου / εκτός κόμβου



Ιεραρχικό πρότυπο με βάση τη γενική επιλογή οδικού τμήματος

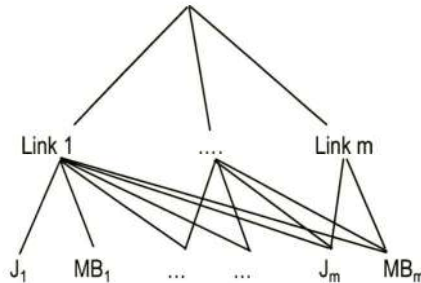


Σχήμα 3.15. Ιεραρχικά λογιστικά πρότυπα συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης

Σημειώνεται ότι είναι πιθανόν η διαδικασία λήψης απόφασης κύριας διάσχισης σε συνολική βάση να είναι ακόμα πιο σύνθετη. Για παράδειγμα, το ιεραρχικό πρότυπο βασίζεται στην υπόθεση σε κάθε τόξο της διαδρομής αξιολογούνται μόνο η θέση κόμβου και η θέση εκτός κόμβου του τόξου αυτού. Ωστόσο, είναι δυνατόν ο πεζός να αξιολογεί σε κάθε τόξο και τις εναλλακτικές των επόμενων τόξων της διαδρομής. Μια τέτοια διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.16, το οποίο αντιστοιχεί σε ένα **συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο** επιλογής τόξου διαδρομής (Bierlaire, 2006). Στην περίπτωση αυτή η πιθανότητα επιλογής της κάθε θέσης δίνεται από τη σχέση:

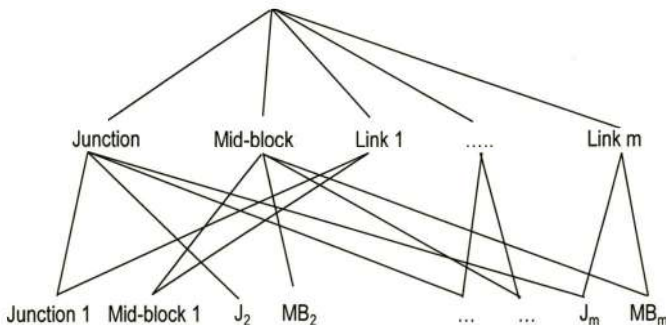
$$P(i | C) = \sum_m P(i | m) P(m | C) = \sum_{m=1}^M \frac{\left[\sum_{j \in C} \alpha_{jm}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_j} \right]^{\frac{\mu}{\mu_m}}}{\sum_{n=1}^M \left[\sum_{j \in C} \alpha_{jn}^{(\mu_n / \mu)} e^{\mu_n V_j} \right]^{\frac{\mu}{\mu_n}}} \frac{\alpha_{im}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_i}}{\sum_{j \in C} \alpha_{jm}^{(\mu_m / \mu)} e^{\mu_m V_j}}$$

όπου α_{im} είναι η παράμετρος στάθμισης / κατάταξης, η οποία δείχνει ότι κάθε εναλλακτική ανήκει σε περισσότερους από έναν κλάδους με $\sum_m \alpha_i = 1$.



Σχήμα 3.16. Συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης με βάση τη γενική επιλογή τόξου της διαδρομής

Σε καθένα από τα παραπάνω πρότυπα λαμβάνεται υπόψη μόνο ένα είδος συσχέτισης μεταξύ των εναλλακτικών. Ωστόσο, είναι πιθανόν και οι δύο εξεταζόμενες συσχετίσεις να είναι σημαντικές στη συνολική διαδικασία λήψης απόφασης κύριας διάσχισης. Η περίπτωση αυτή αντιστοιχεί σε μια πλήρη συνδυαστική ιεράρχηση των εναλλακτικών, με βάση τόσο το αν είναι θέσεις κόμβων ή εκτός κόμβων, όσο και το σε ποιο τόξο της διαδρομής ανήκουν. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο του Σχήματος 3.17, σύμφωνα με το οποίο η διαδικασία λήψης απόφασης έχει τους εξής κλάδους: έναν κλάδο που αναφέρεται σε κόμβους, έναν κλάδο που αναφέρεται σε θέσεις εκτός κόμβων και (n) κλάδους που αναφέρονται στα (n) διαθέσιμα τόξα της διαδρομής. Η κάθε εναλλακτική επομένως ανήκει είτε στον πρώτο είτε στον δεύτερο κλάδο, καθώς και στο κλάδο του αντίστοιχου τόξου στο οποίο βρίσκεται. Η πιθανότητα επιλογής υπολογίζεται ομοίως.



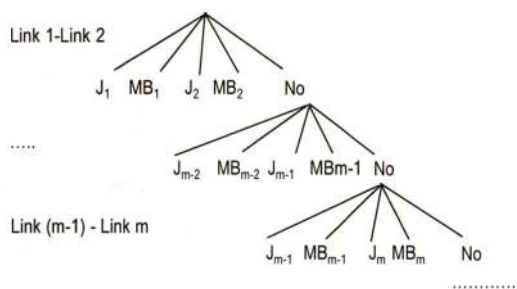
Σχήμα 3.17. Συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο συνολικής επιλογής θέσης κύριας διάσχισης

Σημειώνεται ότι η ανάπτυξη καταρχήν των ιεραρχικών προτύπων μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για την ανάγκη και τη χρησιμότητα θεώρησης των συνδυαστικά ιεραρχικών προτύπων.

Τέλος, επισημαίνεται ότι, εφόσον προκύπτουν περισσότερες από μία επιλογές του ίδιου ατόμου (πχ. περισσότερες από μία κύριες διασχίσεις σε μια διαδρομή), θα πρέπει να εξετάζονται οι σειριακές συσχετίσεις μεταξύ των επιλογών αυτών, όπως διατυπώθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

3.3.5. Ευρύτερη διαδοχική λήψη απόφασης

Με βάση τα αποτελέσματα τα οποία θα προκύψουν από την ανάπτυξη των προτύπων, είναι πιθανόν να χρειαστεί να εξεταστούν πρόσθετες υποθέσεις λήψης απόφασης των πεζών. Συγκεκριμένα, μπορεί να εξεταστούν ευρύτερες διαδοχικές διαδικασίες λήψης απόφασης, στις οποίες ο πεζός δεν αποφασίζει ούτε ανάμεσα στις εναλλακτικές ενός μόνο οδικού τμήματος, αλλά ούτε και ανάμεσα στο σύνολο των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών. Μια τέτοια ευρύτερη διαδοχική επιλογή θέσης κύριας διάσχισης παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.18, όπου θεωρείται ότι σε κάθε περίπτωση ο πεζός εξετάζει το οδικό τμήμα στο οποίο βρίσκεται και το επόμενο οδικό τμήμα.



Σχήμα 3.18. Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Τα αντίστοιχα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα περιλαμβάνουν πέντε επιλογές: διάσχιση σε κόμβο / εκτός στο οδικό τμήμα που βρίσκεται ο πεζός, διάσχιση σε κόμβο / εκτός στο επόμενο οδικό τμήμα, ή μη διάσχιση. Ανάλογα πολυωνυμικά πρότυπα μπορεί να εξεταστούν και για την περίπτωση όπου ο πεζός εξετάζει τις εναλλακτικές του οδικού τμήματος στο οποίο βρίσκεται και εκείνες των δύο επόμενων οδικών τμημάτων, και ούτω καθεξής, ώστε να καλυφθούν όλες οι ενδιάμεσες περιπτώσεις μεταξύ της απλής διαδοχικής προσέγγισης και της συνολικής προσέγγισης. Επίσης, μπορεί να εξεταστούν και ιεραρχικές μορφές των προτύπων, όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.3.3.

3.4. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής

3.4.1. Επιλογή δείκτη έκθεσης πεζών στον κίνδυνο

Όπως προέκυψε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, για τον αναλυτικό υπολογισμό της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο στα αστικά οδικά δίκτυα είναι απαραίτητη η υιοθέτηση μικροσκοπικών δεικτών έκθεσης στον κίνδυνο, με τους οποίους είναι δυνατή η αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε μεμονωμένες θέσεις με διαφορετικά γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Επίσης, είναι απαραίτητο οι δείκτες αυτοί να μπορεί να συνδυαστούν με τα αποτελέσματα των προτεινόμενων προτύπων συμπεριφοράς πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών, ώστε να είναι δυνατό να υπολογιστεί η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής.

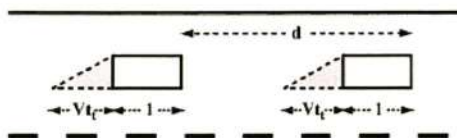
Για το σκοπό αυτό, στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνεται κατάλληλος μικροσκοπικός δείκτης έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, με βάση πρόσφατες σχετικές έρευνες. Συγκεκριμένα, προτείνεται η **χρήση του δείκτη Routledge** (Routledge et al. 1974), από τον οποίο υπολογίζεται η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο με βάση την ταχύτητα της κυκλοφορίας, την ταχύτητα του πεζού και το εξεταζόμενο πλάτος οδού ως εξής:

$$R_c = \frac{\ell + vt_c}{d}$$

όπου R_c είναι η έκθεση στον κίνδυνο της διάσχισης, ℓ το μέσο μήκος του οχήματος, v η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας του οχήματος, t_c η μέση ταχύτητα διάσχισης του πεζού και d ο μέσος χωρικός διαχωρισμός των οχημάτων.

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ποσοστό του χώρου που δεν είναι διαθέσιμο στους πεζούς για την πραγματοποίηση απρόσκοπτης και ασφαλούς διάσχισης, του χώρου δηλαδή που καταλαμβάνεται από τις ροές των οχημάτων. Ο χώρος αυτός λαμβάνεται ίσος με το μήκος του οχήματος, συν την απόσταση που διανύει το όχημα κατά τη διάρκεια της διάσχισης της οδού από τον πεζό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.19.

Οι Lassarre et al. (2007) πραγματοποίησαν μια διεξοδική ανάλυση με βάση τον παραπάνω δείκτη, κατά την οποία εντοπίστηκαν ορισμένες αδυναμίες στην εφαρμογή του. Ειδικότερα, επισημαίνεται ότι ο δείκτης αυτός εκφράζει το μέσο πλήθος οχημάτων ανά μονάδα μήκους της οδού, τον οποίο συναντά ο πεζός κατά τη διάσχιση της οδού. Ωστόσο, σύμφωνα με το δείκτη αυτό, αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου αντιστοιχεί σε μείωση της δυνατότητας διάσχισης, και επομένως δεν λαμβάνονται σωστά υπόψη οι συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπου η δυνατότητα διάσχισης οδού αυξάνεται και αντίστοιχα η έκθεση στον κίνδυνο μειώνεται. Στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται μια βελτιωμένη μορφή του παραπάνω δείκτη, στην οποία λαμβάνεται καλύτερα υπόψη η σχέση φόρτου / ταχύτητας της κυκλοφορίας.



Σχήμα 3.19. Δείκτης έκθεσης στον κίνδυνο πεζού κατά τη διάσχιση οδού (Routledge indicator)

Ειδικότερα, με βάση τη θεμελιώδη εξίσωση της κυκλοφοριακής τεχνικής, ισχύει:

$$v = v_f \left(1 - \frac{k}{k_j}\right)$$

Όπου v_f η ταχύτητα ελεύθερης ροής και k_j η πυκνότητα της κυκλοφορίας σε συνθήκες κορεσμού. Εφόσον ο χωρικός διαχωρισμός d μετράται ως η απόσταση μεταξύ του μπροστινού μέρους δύο διαδοχικών οχημάτων, σε συνθήκες κορεσμού ισχύει $d = \ell$, δηλαδή ο χωρικός διαχωρισμός λαμβάνεται ίσος με το μήκος του οχήματος, άρα $k = 1/d$ και $k_j = 1/\ell$ και ο δείκτης γίνεται:

$$R_C = k \left(\frac{1}{k_j} + t_c v\right) = k_j \left(1 - \frac{v}{v_f}\right) \left(\frac{1}{k_j} + t_c v\right) = \left(1 - \frac{v}{v_f}\right) (1 + t_c k_j v)$$

Επομένως, η έκθεση στον κίνδυνο είναι ανάλογη της ταχύτητας και της πυκνότητας της κυκλοφορίας. Σε συνθήκες συμφόρησης ισχύει $v=0$ και $P=1$, ενώ σε συνθήκες ελεύθερης ροής $v = v_f$ και $P = 0$, με μέγιστη έκθεση στον κίνδυνο μεγαλύτερη της μονάδας όταν $v = (v_f/2) - (1/2k_j t_c)$ (Σχήμα 3.19). Οι Lassarre et al. (2007) επισημαίνουν ο δείκτης αυτός αποτελείται από ένα στατικό και ένα δυναμικό μέρος, καθότι:

$$R_C = k \left(\frac{1}{k_j} + t_c v\right) = \left(\frac{k}{k_j} + t_c k v\right) = \left(\frac{k}{k_j} + t_c q\right)$$

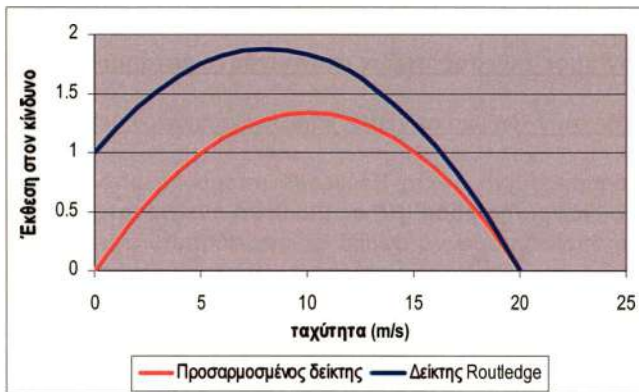
οπότε το στατικό μέρος εκφράζεται από το λόγο των δύο πυκνοτήτων, ενώ το δυναμικό μέρος εκφράζεται από το πλήθος των διερχόμενων οχημάτων κατά τη διάρκεια της διάσχισης οδού από τον πεζό.

Οι τιμές του δείκτη που είναι μεγαλύτερες της μονάδας αντιστοιχούν σε συνθήκες όπου οι χώροι που καταλαμβάνουν τα οχήματα αλληλοεπικαλύπτονται, οπότε οι πεζοί δεν μπορούν να διασχίσουν την οδό. Ωστόσο, σε συνθήκες κορεσμού, όπου οι ταχύτητες των οχημάτων είναι πολύ χαμηλές, οι πεζοί πιθανόν να μπορούν να διασχίσουν, και μάλιστα με χαμηλότερη επικινδυνότητα. Επομένως, ο δείκτης Routledge δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε συνθήκες υψηλής πυκνότητας

ροής οχημάτων, όπου η δυνατότητα διάσχισης (προσβασιμότητα) είναι περιορισμένη, αλλά η έκθεση στον κίνδυνο είναι χαμηλή.

Για την αντιμετώπιση του περιορισμού αυτού, οι Lassarre et al. (2007) προτείνουν την **προσαρμογή του δείκτη**, με αφαίρεση του στατικού μέρους του, ώστε να αντιστοιχεί σε συμμετρική παραβολή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.20, δηλαδή:

$$R_c = k t_c v = (1 - \frac{v}{v_f}) t_c k_j v = t_c q$$



Σχήμα 3.20. Αρχικός και προσαρμοσμένος δείκτης έκθεσης στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση οδού ($v_f = 20 \text{ m/s}$, $\ell = 5 \text{ m}$, $t_c = 2 \text{ s}$)

Με βάση τον προσαρμοσμένο αυτό δείκτη, η **έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος κατά τη διάσχιση οδού** μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα του πεζού και το πλάτος της οδού για κάθε θέση σε αστική περιοχή, με βάση κατάλληλες παραδοχές. Ειδικότερα:

- Στην περίπτωση διάσχισης εκτός κόμβου σε οδό μιας κατεύθυνσης, ο δείκτης υπολογίζεται ανά λωρίδα με βάση την παραπάνω σχέση
- Ωστόσο, σημειώνεται ότι η έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης μιας δεύτερης (μακρινής) λωρίδας θεωρείται υψηλότερη και επομένως γίνεται μια παραδοχή αθροιστικού υπολογισμού της έκθεσης στον κίνδυνο (δηλ. $q_n L$ για την πρώτη λωρίδα και $q_n 2L$ για τη δεύτερη λωρίδα, με L το πλάτος της λωρίδας).
- Εάν υπάρχει κεντρική νησίδα, θεωρούνται δύο ξεχωριστές διασχίσεις με ξεχωριστή επικινδυνότητα
- Σε περίπτωση μη σηματοδοτούμενου κόμβου, η έκθεση στον κίνδυνο λαμβάνεται ίση με την έκθεση στον κίνδυνο θέσης εκτός κόμβου με τα ίδια χαρακτηριστικά

- Σε σηματοδοτούμενους κόμβους, η έκθεση στον κίνδυνο θεωρητικά μηδενίζεται, καθότι οι πεζοί αντιμετωπίζουν τα οχήματα σε στάση. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα παραβίασης της σηματοδότησης, είτε από την πλευρά του πεζού, είτε από την πλευρά του οχήματος. Η έκθεση στον κίνδυνο υπολογίζεται με βάση την έκθεση στον κίνδυνο της αντίστοιχης μη σηματοδοτούμενης θέσης, σταθμισμένη ως προς την πιθανότητα παραβίασης της σηματοδότησης.
- Τέλος, στην περίπτωση που υπάρχουν στρέφοντα οχήματα κατά τη διάρκεια της φάσης των πεζών, η έκθεση στον κίνδυνο της διάσχισης υπολογίζεται ως η αντίστοιχη έκθεση στον κίνδυνο σε μη ελεγχόμενη θέση εκτός κόμβου με βάση τη ροή των στρεφόντων οχημάτων.

3.4.2. Υπολογισμός έκθεσης πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος διαδρομής

3.4.2.1. Έκθεση στον κίνδυνο σε θέσεις κύριων διασχίσεων διαδρομής

Από τον προσαρμοσμένο δείκτη Routledge μπορεί να υπολογιστεί η **έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης οδού (R_i) σε μια θέση ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης**, η οποία μπορεί να αφορά σε οποιαδήποτε μεμονωμένη θέση του οδικού δικτύου και υπό οποιεσδήποτε κυκλοφοριακές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, η έκθεση στον κίνδυνο αντιστοιχεί σε πιθανότητα διάσχισης ίση με 1.

Ωστόσο, στην προηγούμενη ενότητα 3.3 παρουσιάστηκαν μέθοδοι για τον υπολογισμό της πιθανότητας διάσχισης οδού (P_i) σε κάθε θέση κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού σε αστικό οδικό δίκτυο. Εξάλλου, για τον υπολογισμό της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος μιας αστικής διαδρομής, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη τόσο η έκθεση στον κίνδυνο της κάθε θέσης όσο και η αντίστοιχη πιθανότητα επιλογής της για διάσχιση.

Συγκεκριμένα, διατυπώνεται ένας **διαφορετικός ορισμός της έκθεσης στον κίνδυνο διάσχισης οδού (R_i) σε μια θέση, με βάση την πιθανότητα διάσχισης**. Συγκεκριμένα, εφόσον μια θέση του οδικού δικτύου εξετάζεται στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης διαδρομής, η θέση αυτή μπορεί να περιλαμβάνεται σε κάποιο σύνολο επιλογών για κύρια διάσχιση, οπότε σε αυτήν αντιστοιχεί μια πιθανότητα διάσχισης P, η οποία θα είναι μικρότερη ή ίση της μονάδας. Στην περίπτωση αυτή, η έκθεση στον κίνδυνο στην εξεταζόμενη θέση στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διαδρομής θα είναι μικρότερη ή ίση της θεωρητικής, αυτής δηλαδή που υπολογίζεται με βάση το δείκτη Routledge. Συγκεκριμένα, σε κάθε θέση (i) της διαδρομής ισχύει:

$$R_i' = R_i * P_i$$

όπου P_i οι πιθανότητες διάσχισης σε κάθε θέση κατά μήκος της διαδρομής και R_i η έκθεση στον κίνδυνο για διάσχιση σε κάθε θέση ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης.

Επίσης, για όλες τις διαδοχικές θέσεις (i) σε κόμβο (J) ή εκτός κόμβου (MB) επί διαδοχικών οδικών τμημάτων (m) της διαδρομής, η **έκθεση στον κίνδυνο κύριας διάσχισης οδού για το σύνολο της διαδρομής** μπορεί να υπολογιστεί από το σταθμισμένο μέσο όρο της έκθεσης στον κίνδυνο των θέσεων κύριας διάσχισης ως προς τις πιθανότητες επιλογής τους για διάσχιση ως εξής:

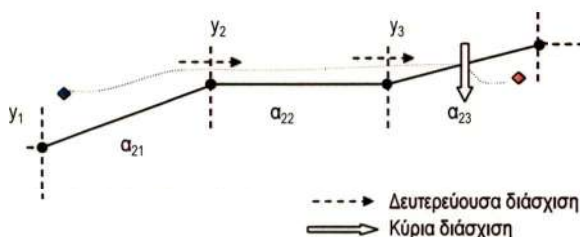
$$R' = R_{J1} P_{J1} + R_{MB1} P_{MB1} + R_{J2} P_{J2} + R_{MB2} P_{MB2} + \dots + R_{im} P_{im} = \sum_{i=1}^m P_i R_i$$

3.4.2.2. Επιρροή έκθεσης στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων

Υπογραμμίζεται ότι ο παραπάνω υπολογισμός αφορά στις πιθανότητες επιλογής (και αντίστοιχα στην έκθεση στον κίνδυνο) των κύριων διασχίσεων της διαδρομής.

Ωστόσο, κατά μήκος της διαδρομής του πεζού πραγματοποιούνται και δευτερεύουσες διασχίσεις, όπως αυτές ορίστηκαν στην ενότητα 3.1.3. Η θέση πραγματοποίησης κάθε δευτερεύουσας διάσχισης μπορεί να προσδιοριστεί εφόσον είναι γνωστές οι πιθανότητες κύριας διάσχισης κατά μήκος της διαδρομής. Ωστόσο, επισημάνθηκε ότι η έκθεση στον κίνδυνο των κύριων διασχίσεων μπορεί να είναι εξίσου σημαντική και δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί. Στη συνέχεια, αποδεικνύεται ότι η έκθεση στον κίνδυνο των κύριων διασχίσεων εξαρτάται και από την έκθεση στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων.

Συγκεκριμένα, η πιθανότητα διάσχισης σε ένα οδικό τμήμα εξαρτάται όχι μόνο από την πιθανότητα διάσχισης στο προηγούμενο οδικό τμήμα, αλλά προϋποθέτει και τη μη εμπλοκή του πεζού σε ατύχημα κατά την προηγούμενη δευτερεύουσα διάσχιση. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 3.21 φαίνεται ότι η διάσχιση στο τμήμα α_{22} προϋποθέτει τόσο μη διάσχιση στο τμήμα α_{21} όσο και επιτυχή διάσχιση στον κόμβο γ_2 , το οποίο αντιστοιχεί σε δευτερεύουσα διάσχιση. Αντίστοιχα, η διάσχιση στο τμήμα α_{23} προϋποθέτει τόσο μη διάσχιση στα τμήματα α_{21} και α_{22} , όσο και επιτυχείς δευτερεύουσες διασχίσεις στους κόμβους γ_2 και γ_3 . Κατά συνέπεια, η **έκθεση στον κίνδυνο μιας δευτερεύουσας διάσχισης επηρεάζει την πιθανότητα επιλογής των επόμενων θέσεων κύριας διάσχισης**.



Σχήμα 3.21. Σχέση μεταξύ της πιθανότητας κύριας διάσχισης και της έκθεσης στον κίνδυνο δευτερεύουσας διάσχισης

Επομένως, για τον ακριβέστερο υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο διάσχισης οδών κατά μήκος μιας διαδρομής, είναι χρήσιμοι οι πιθανότητες κύριας διάσχισης σε κάθε θέση να θεωρούνται δεσμευμένες ως προς την έκθεση στον κίνδυνο των προηγούμενων δευτερευουσών διασχίσεων ως εξής:

$$P'(i) = [(1 - R_{Cs(i-1)})] P_i$$

όπου P_i η πιθανότητα διάσχισης στη θέση (i) και $R_{Cs(i-1)}$ η έκθεση στον κίνδυνο κατά την προηγούμενη δευτερεύουσα διάσχιση.

Σημειώνεται τέλος ότι, ενώ οι πιθανότητες διάσχισης των διαφόρων θέσεων του συνόλου επιλογών του πεζού είναι δεσμευμένες πιθανότητες, **οι εκθέσεις στον κίνδυνο των θέσεων είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους**, καθότι η καθεμία εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θέσης.

Επίσης, ο υπολογισμός της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο αναφορικά με τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο μπορεί να υπολογιστεί τόσο συνολικά όσο και διαδοχικά, ώστε η μέθοδος υπολογισμού της έκθεσης στον κίνδυνο να είναι σε κάθε περίπτωση συμβατή με τις υποθέσεις προσδιορισμού της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος της διαδρομής.

3.5. Σύνοψη μεθοδολογίας

Στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάπτυξη ενός κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου για την περιγραφή και προτυποποίηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικό οδικό δίκτυο. Η προτυποποίηση αυτή έχει ως απώτερο στόχο την ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος αστικών διαδρομών.

Η προτυποποίηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο προϋποθέτει κατάλληλη **παραμετροποίηση του φαινομένου**, ώστε να οριστεί ένα κατάλληλο θεωρητικό πλαίσιο για την ανάλυση των κινήσεων των πεζών κατά μήκος διαδρομών με συστηματικό τρόπο.

Για το σκοπό αυτό, επιλέγεται μια **τοπολογική θεώρηση** του αστικού οδικού δικτύου και των χαρακτηριστικών των διαδρομών των πεζών, από την οποία προκύπτουν ορισμένες **βασικές ιδιότητες των διαδρομών και των διασχίσεων** οδού. Ειδικότερα:

- Το αστικό οδικό δίκτυο ορίζεται ως ένας τοπολογικός κάρναβος, όπου ο κάθε οδικός σύνδεσμος αντιστοιχεί σε ένα κλειστό τόξο μεταξύ διαδοχικών κορυφών
- Οι άξονες διαδρομής των πεζών κατά μήκος του αστικού οδικού δικτύου ορίζονται ως τοπολογικά γραφήματα, όπου τα διαδοχικά τόξα αντιστοιχούν στα οδικά τμήματα κατά μήκος των οποίων κινούνται οι πεζοί και οι διαδοχικές κορυφές αντιστοιχούν στους κόμβους μεταξύ των τμημάτων αυτών. Ορίζονται ξεχωριστά οι οδικοί άξονες και τα διαδοχικά επιμέρους τμήματα μεταξύ κόμβων επί του ίδιου άξονα. Τα τόξα του γραφήματος κατά μήκος των οποίων κινείται ο πεζός συμπίπτουν με τα τόξα του κάρναβου και αναφέρονται ως κύρια τόξα της διαδρομής. Επιπλέον, τα τόξα του κάρναβου τα οποία συναντώνται με κόμβους του γραφήματος αλλά δεν συμπίπτουν με το γράφημα αναφέρονται ως δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος.
- Με βάση το τοπολογικό θεώρημα του Jordan, το γράφημα του άξονα της διαδρομής χωρίζεται το επίπεδο σε δύο τμήματα, ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό. Ως εσωτερικό τμήμα ορίζεται το τμήμα του επιπέδου που αντιστοιχεί στην κοίλη περιοχή του γραφήματος.
- Η προέλευση και ο προορισμός του πεζού ορίζονται ως σημεία του επιπέδου, τα οποία βρίσκονται γειτονικά του γραφήματος του άξονα της διαδρομής, είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό του γραφήματος. Το ίχνος της διαδρομής του πεζού αντιστοιχεί σε μια γραμμή με όρια τα σημεία προέλευσης και προορισμού. Τα σημεία τομής της γραμμής του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το κύριο ή το δευτερεύον γράφημα αντιστοιχούν σε διασχίσεις οδών.
- Αποδεικνύεται ότι ο αναμενόμενος αριθμός διασχίσεων του κυρίου γραφήματος είναι άρτιος εάν ο προέλευση και ο προορισμός του πεζού

βρίσκονται στο ίδιο τμήμα του γραφήματος και περιπτώς εάν βρίσκονται σε διαφορετικό τμήμα του γραφήματος.

- Αποδεικνύεται επίσης ότι οι κύριες διασχίσεις είναι πιθανοτικού χαρακτήρα δηλαδή εμπεριέχουν στοιχεία τυχαιότητας ως προς τη θέση τους κατά μήκος μιας διαδρομής, ενώ οι δευτερεύουσες διασχίσεις είναι ντετερμινιστικού χαρακτήρα και η θέση τους μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως εφόσον είναι γνωστές οι θέσεις των κύριων διασχίσεων. Η παρατήρηση αυτή επιτρέπει τον περιορισμό της διερεύνησης της συμπεριφοράς των πεζών στις κύριες διασχίσεις μόνο.

Στη συνέχεια, αναλύονται **πρόσθετες ιδιότητες των διαδρομών των πεζών**, με βάση τις οποίες είναι δυνατή η χωροθέτηση της κάθε διάσχησης σε συγκεκριμένα τόξα της διαδρομής, διαδικασία που αντιστοιχεί στον ορισμό του συνόλου επιλογών της κάθε διάσχησης. Ειδικότερα:

- Αποδεικνύεται ότι η συντομότερη αντιληπτή διαδρομή αντιστοιχεί σε ένα ίχνος το οποίο βρίσκεται εναλλάξ στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του γραφήματος, ώστε να εξελίσσεται κατά μήκος κοίλων τμημάτων του γραφήματος.
- Κατά συνέπεια, ο ακριβής αριθμός των κύριων διασχίσεων εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο το ίχνος της διαδρομής του κάθε πεζού πλησιάζει στη συντομότερη αντιληπτή διαδρομή. Σε κάθε περίπτωση, ορίζεται μια αντίστοιχη αλληλουχία κύριων διασχίσεων.
- Παρατηρείται συστηματική σχέση, ανάλογη ή αντίστροφη, μεταξύ της άρτιας / περιττής αρίθμησης των διαδοχικών κύριων διασχίσεων και της άρτιας / περιττής αρίθμησης των διαδοχικών τόξων που αποτελούν το σύνολο επιλογών της καθεμίας από αυτές.

Με βάση τα παραπάνω, αναπτύχθηκε **αλγόριθμος υπολογισμού του συνόλου επιλογών** του πεζού, το οποίο ορίζεται ως μια σειρά τόξων του γραφήματος, με βάση τους εξής γενικούς κανόνες:

- Κάθε άρτια / περιττή διάσχηση πραγματοποιείται σε επόμενο τόξο από αυτό της προηγούμενης και απομένει ο ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων τόξων για τις υπόλοιπες περιπτώς / άρτιες διασχίσεις.
- Ο κορμός του αλγόριθμου προσδιορισμού του συνόλου επιλογών κάθε διάσχησης είναι παρόμοιος σε όλες τις περιπτώσεις και αφορά σε εναλλαγή ακολουθιών άρτιας ή περιττής αρίθμησης τόξων του γραφήματος της διαδρομής.
- Στις περιπτώσεις όπου η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος προηγείται η ακολουθία άρτιων τόξων, ενώ στην περίπτωση που η προέλευση βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος προηγείται η ακολουθία περιττών τόξων.
- Στις περιπτώσεις που ο προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται σε ίδιο τμήμα (ημιεπίπεδο) του γραφήματος η τελευταία διάσχηση είναι άρτιας αρίθμησης, ενώ στις περιπτώσεις όπου η προέλευση και ο προορισμός

βρίσκονται σε διαφορετικό τμήμα του γραφήματος η τελευταία διάσχιση είναι περιττής αρίθμησης.

Επισημαίνεται ότι ειδική (και απλούστερη) περίπτωση αποτελούν τα κυρτά γραφήματα, όπου ο αριθμός κύριων διασχίσεων είναι πεπερασμένος και δεν προκύπτει κάποια σχέση μεταξύ άρτιας / περιττής αρίθμησης διασχίσεων και αντίστοιχων τόξων.

Εφόσον έχει οριστεί ο αριθμός κύριων διασχίσεων κάθε διαδρομής, καθώς και το αντίστοιχο σύνολο τόξων της διαδρομής που αποτελεί το σύνολο επιλογών αυτής, προτείνεται η **προτυποποίηση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών με χρήση προτύπων διακριτών επιλογών**. Τα πρότυπα διακριτών επιλογών θεωρούνται ιδιαίτερα πλεονεκτικά για την περιγραφή του φαινομένου, καθώς επιτρέπουν αιτιολογική ανάλυση ενώ ταυτόχρονα λαμβάνεται υπόψη η τυχαιότητα στην επιλογή, παρέχεται ευελιξία ως προς τις υποθέσεις της ανάλυσης, ενώ είναι δυνατή η περιγραφή ιεραρχικών, συνδυαστικών ιεραρχικών και δυναμικών διαδικασιών.

Καταρχήν εξετάζεται η βασική επιλογή μεταξύ θέσης **σε κόμβο / εκτός κόμβου**, η οποία έχει κρίσιμη επιρροή στην έκθεση του πεζού στον κίνδυνο. Στη βασική περίπτωση ενός μόνο τόξου στο σύνολο επιλογών, η επιλογή αυτή είναι μια διττή επιλογή ή οποία περιγράφεται από ένα διωνυμικό λογιστικό πρότυπο.

Στην περίπτωση που το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει περισσότερα του ενός τόξα του γραφήματος της διαδρομής, και κατά συνέπεια περισσότερες θέσεις κόμβων ή εκτός κόμβων, πρόκειται για μια πολυωνυμική επιλογή, στην οποία όμως είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη διάφορες πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών. Ειδικότερα, εξετάζονται δύο διαφορετικές γενικές υποθέσεις συμπεριφοράς πεζού:

- **Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται σε διαδοχική βάση και λαμβάνεται υπόψη προηγούμενη γνώση του οδικού δικτύου** ή των συνθηκών της διαδρομής από την πλευρά του πεζού. Σε κάθε ένα τόξο του συνόλου επιλογών, ο πεζός αξιολογεί τις διαθέσιμες επιλογές και αποφασίζει εάν θα επιλέξει κάποια από τις διαθέσιμες επιλογές και ποια. Σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθεί διάσχιση, αξιολογούνται οι διαθέσιμες επιλογές του επόμενου τόξου της διαδρομής, και ούτω καθ' εξής. Επισημαίνεται ότι σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η **δυναμική της διαδικασίας** επιλογής, είτε αυτή αφορά σε εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση, είτε αφορά σε ατομική ετερογένεια. Τα επιμέρους πρότυπα που μπορεί να ελεγχθούν είναι:
 - διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου σε κάθε τόξο πραγματοποιείται επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης.
 - διαδοχικά ιεραρχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου σε κάθε τόξο πραγματοποιείται οριακή επιλογή μεταξύ διάσχισης ή μη διάσχισης, και

στην πρώτη περίπτωση ακολουθεί δεσμευμένη επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου.

- **Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται συνολικά και προϋποθέτει κάποια γνώση του οδικού δικτύου ή των συνθηκών της διαδρομής από την πλευρά του πεζού.** Η προτυποποίηση της διαδικασίας αυτής παραπέμπει σε ένα πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο επιλογής, όπου ο πεζός αξιολογεί το σύνολο των διαθέσιμων κόμβων και θέσεων εκτός κόμβου στο σύνολο επιλογών. Ωστόσο, είναι προφανές ότι υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών στο σύνολο επιλογών, επομένως είναι απαραίτητο να εξεταστούν ιεραρχικά ή συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα. Τα επιμέρους πρότυπα που μπορεί να ελεγχθούν είναι:
 - ιεραρχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου πραγματοποιείται οριακή επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο / διάσχισης εκτός κόμβου, και ακολουθεί δεσμευμένη επιλογή μεταξύ συγκεκριμένης θέσης κόμβου ή εκτός κόμβου.
 - ιεραρχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου πραγματοποιείται οριακή επιλογή τόξου της διαδρομής και ακολουθεί δεσμευμένη επιλογή μεταξύ συγκεκριμένης θέσης κόμβου ή εκτός κόμβου εντός του επιλεγμένου τόξου.
 - συνδυαστικά ιεραρχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου σε κάθε τόξο εξετάζονται συνδυαστικά οι θέσεις κόμβου ή εκτός κόμβου τόσο του συγκεκριμένου τόξου όσο και των επόμενων διαθέσιμων τόξων.
 - πλήρως συνδυαστικά ιεραρχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όπου θεωρείται ότι η επιλογή θέσης είναι μια συνδυαστική και ταυτόχρονη επιλογή με βάση το αν είναι κόμβος, το αν είναι θέση εκτός κόμβου και το σε ποιο τόξο της διαδρομής βρίσκεται η θέση αυτή.

Επίσης, εξετάζονται όλες οι ενδιάμεσες υποθέσεις μεταξύ της απλής διαδοχικής λήψης απόφασης ανά τόξο του γραφήματος και της συνολικής λήψης απόφασης, δηλ. λήψη απόφασης διάσχισης ή μη διάσχισης ανά δύο τόξα του γραφήματος, ανά τρία τόξα του γραφήματος και ούτω καθεξής, οι οποίες αντιστοιχούν σε **ευρύτερες προσεγγίσεις της διαδοχικής διαδικασίας** λήψης απόφασης.

Παρατηρείται ότι καθένα από τα προτεινόμενα πρότυπα αντιστοιχεί σε **συγκεκριμένες υποθέσεις για τον τρόπο λήψης απόφασης** διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής. Εξαιτίας της έλλειψης επαρκούς προηγούμενης γνώσης πάνω στη συμπεριφορά των πεζών, είναι απαραίτητο να ελεγχθούν όλες αυτές οι υποθέσεις. Η αξιολόγηση των διαφορετικών προτύπων μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση και στην εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τη διαδικασία αυτή. Επισημαίνεται, τέλος, ότι τα αποτελέσματα των προτύπων περιλαμβάνουν την επιρροή διάφορων παραμέτρων στην πιθανότητα επιλογής σε κάθε περίπτωση, συμβάλλοντας και στην επεξήγηση της συμπεριφοράς αυτής.

Εφόσον έχει υπολογιστεί η πιθανότητα διάσχισης οδού σε κάθε θέση του συνόλου επιλογών του πεζού, είναι δυνατό να υπολογιστεί η έκθεση του πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται η χρήση ενός **μικροσκοπικού δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο πεζών κατά τη**

διάσχιση οδών, με βάση τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σε οποιαδήποτε θέση οποιασδήποτε διαδρομής. Ο δείκτης αυτός εκφράζει την δυνατότητα του πεζού να διασχίσει με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο και την ταχύτητα των οχημάτων, την ταχύτητα του πεζού και την απόσταση διάσχισης.

Συγκεκριμένα, με βάση τον προτεινόμενο δείκτη, παρουσιάστηκε κατάλληλη **μέθοδος υπολογισμού της έκθεσης στον κίνδυνο με βάση την πιθανότητα διάσχισης**, τόσο για κάθε θέση του οδικού δικτύου στο πλαίσιο μιας διαδρομής όσο και για το σύνολο της διαδρομής. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στο πλαίσιο μιας συνολικής αποτίμησης της έκθεσης στον κίνδυνο, όσο και στο πλαίσιο μιας διαδοχικής αποτίμησης της έκθεσης στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής, ώστε να είναι σε κάθε περίπτωση συμβατή με τις υποθέσεις προσδιορισμού της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος της διαδρομής.

Με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία, είναι δυνατή τόσο η **περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης κατά μήκος μιας αστικής διαδρομής, όσο και η αναλυτική αποτίμηση της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο**, ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς αυτής.

Για την ανάπτυξη των προτύπων συμπεριφοράς πεζού απαιτούνται **κατάλληλα δεδομένα εισόδου**. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τόσο σε στοιχεία περιγραφής των χαρακτηριστικών των διαδρομών και των διασχίσεων, όσο και σε στοιχεία του οδικού δικτύου, των κυκλοφοριακών συνθηκών και των κυκλοφοριακών κανόνων. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά του ίδιου του πεζού αναμένεται να έχουν σημαντική επιρροή στην εξεταζόμενη συμπεριφορά.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, οι υφιστάμενες μέθοδοι συλλογής στοιχείων κίνησης και συμπεριφοράς πεζών δεν είναι κατάλληλες για τις ανάγκες της παρούσας διδακτορικής διατριβής, καθότι αφορούν είτε σε έρευνες παρατηρήσεων τοπικού χαρακτήρα όπου εξετάζεται η συμπεριφορά των πεζών σε τοπικό επίπεδο, είτε σε έρευνες δεδηλωμένης προτίμησης με συγκεκριμένους περιορισμούς ως προς την αμεροληψία των στοιχείων. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε **ειδική έρευνα πεδίου καταγραφής διαδρομών** πεζών, κατά την οποία καταγράφηκαν λεπτομερή στοιχεία των διαδρομών, των πεζών, του οδικού περιβάλλοντος και των κυκλοφοριακών συνθηκών, με έμφαση στα στοιχεία που αφορούν στις διαδοχικές διασχίσεις οδών.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των απαραίτητων στοιχείων για τις ανάγκες της ανάλυσης. Συγκεκριμένα, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού και διεξαγωγής μιας έρευνας πεδίου καταγραφής διαδρομών και παρατηρούμενης συμπεριφοράς πεζών σε πραγματικό χρόνο, η οποία πραγματοποιήθηκε στο κεντρικό οδικό δίκτυο της Αθήνας. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούν σε λεπτομερή χαρακτηριστικά διαδρομών, πεζών, οδικού δικτύου, κυκλοφορίας, και θέσεων και χαρακτηριστικών διασχίσεων οδού.

Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία κωδικοποίησης, ελέγχου και αποθήκευσης των στοιχείων σε σχεσιακή βάση δεδομένων. Επίσης, περιγράφεται η διαδικασία ανάκτησης συνδυαστικών περιγραφικών στατιστικών μέσω της υποβολής ερωτημάτων στη βάση δεδομένων.

Παράλληλα, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος, τόσο όσον αφορά σε στοιχεία διαδρομών / πεζών, όσο και σε χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της κυκλοφορίας. Τα στοιχεία αυτά εξετάζονται σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των διασχίσεων οδών ανά διαδρομή. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για ορισμένες βασικές συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων.

Τέλος περιγράφεται η διαδικασία ανάκτησης και επεξεργασίας των απαραίτητων στοιχείων για την προτυποποίηση, όσον αφορά τόσο στον εντοπισμό των συνόλων επιλογών του πεζού όσο και στην προετοιμασία των αρχείων εισόδου δεδομένων.

4.1. Έρευνα πεδίου

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι παράμετροι σχεδιασμού και τα χαρακτηριστικά της έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε για τη συλλογή κατάλληλων δεδομένων συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικό οδικό δίκτυο.

4.1.1. Παράμετροι σχεδιασμού έρευνας

Οι υφιστάμενες έρευνες συμπεριφοράς πεζών ως προς τη διάσχισης αστικών οδών βασίζονται είτε σε στοιχεία παρατηρήσεων σε τοπικό επίπεδο, είτε σε στοιχεία δεδομένης προτίμησης. Στην πρώτη περίπτωση, τα στοιχεία συλλέγονται με χρήση σταθερής κάμερας καταγραφής και επομένως αφορούν σε συμπεριφορά τοπικού επιπέδου, εφόσον εξαρτώνται από το δυνατό εύρος λήψης της κάμερας καταγραφής (μεμονωμένες θέσεις κόμβων ή οδικά τμήματα εκτός κόμβων) (Bierlaire et al. 2003). Στη δεύτερη περίπτωση, τα στοιχεία συλλέγονται με βάση ερωτηματολόγια, στα οποία οι ερωτώμενοι καλούνται είτε να αξιολογήσουν ορισμένα σενάρια συμπεριφοράς, είτε να περιγράψουν στοιχεία σχετικά με τις στάσεις, τις αντιλήψεις και τη συμπεριφοράς τους, οπότε προφανώς τα αποτελέσματα περιέχουν ένα βαθμό μεροληψίας ως προς το αν και κατά πόσο η αυτοδηλούμενη συμπεριφορά αντιστοιχεί σε πραγματική συμπεριφορά πεζών (Hine, 1996; Livi & Clifton, 2004). Σε κάθε περίπτωση, κατά τη συλλογή στοιχείων δίνεται συνήθως έμφαση σε συγκεκριμένη κατηγορία παραμέτρων (πχ. κυκλοφοριακών, ψυχολογικών), ενώ σπάνια εξετάζονται συνδυαστικά όλες οι πιθανές καθοριστικές παράμετροι (Papadimitriou et al. 2009).

Η παρούσα διδακτορική διατριβή έχει ως στόχο την ανάλυση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας ολόκληρης διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο. Για το σκοπό αυτό, υιοθετείται μια μεθοδολογική προσέγγιση που βασίζεται στη θεωρία χρησιμότητας, σύμφωνα με την οποία η κάθε θέση διάσχισης οδού επιλέγεται ανάμεσα από ένα πλήθος εναλλακτικών θέσεων, που αποτελούν το σύνολο επιλογών, και η εξέταση των εναλλακτικών μπορεί να πραγματοποιείται είτε διαδοχικά είτε συνολικά. Η επιλογή θέσης διάσχισης επιλέγεται ως εκείνη με τη μέγιστη χρησιμότητα, η οποία εξαρτάται τόσο από χαρακτηριστικά της εναλλακτικών όσο και από χαρακτηριστικά του ίδιου του πεζού.

Κατά συνέπεια, για τις ανάγκες της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι απαραίτητη μια διαφορετική διαδικασία συλλογής στοιχείων. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία είναι απαραίτητο να συλλεχθούν σε επίπεδο ολόκληρης διαδρομής και να αφορούν σε όλες τις πιθανές θέσεις διασχίσεων οδών κατά μήκος της διαδρομής (σύνολο επιλογών). Επιπλέον, βασικός στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η επεξήγηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς

των πεζών, δίνεται δηλαδή έμφαση στο συστηματικό μέρος της χρησιμότητας των εναλλακτικών, και κατά συνέπεια είναι απαραίτητο να συλλεχθούν λεπτομερή στοιχεία για όλες τις μετρήσιμες πιθανές καθοριστικές παραμέτρους της συμπεριφοράς των πεζών.

Σε πρόσφατες έρευνες (Lassarre et al., 2007; Papadimitriou et al., 2009) προτείνεται η πραγματοποίηση **έρευνας πεδίου καταγραφής διαδρομών πεζών στο αστικό δίκτυο σε πραγματικό χρόνο**. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των πεζών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής και επιτρέπει τη συλλογή ιδιαίτερα λεπτομερών στοιχείων κίνησης πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο. Ωστόσο, πρόκειται για σχετικά απαιτητική και χρονοβόρα μέθοδο, εξαιτίας του σημαντικού πλήθους δεδομένων που πρέπει να καταγραφούν σε πραγματικό χρόνο και με ικανοποιητική ακρίβεια.

Για το σκοπό αυτό, προτείνεται η χρήση κάμερας καταγραφής εν κινήσει, οπότε καθίσταται δυνατός ο έλεγχος, η διόρθωση και η ακριβέστερη κωδικοποίηση των στοιχείων. Επιπλέον, προτείνεται η χρήση γεωγραφικών συστημάτων θέσης (global positioning systems) για την καταγραφή του ίχνους της διαδρομής των πεζών (με την προϋπόθεση ότι ο ερευνητής πραγματοποιεί την ίδια ακριβώς διαδρομή με τον πεζό). Η εισαγωγή και σύνδεση των δεδομένων αυτών σε γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (geographic information system) μπορεί να αποδώσει συγκεκριμένα δεδομένα του οδικού δικτύου σε κάθε θέση της διαδρομής.

Η μέθοδος της έρευνας πεδίου καταγραφής διαδρομών πεζών σε αστικό οδικό δίκτυο σε πραγματικό χρόνο επιλέχθηκε ως η πλέον κατάλληλη για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις παραμέτρους σχεδιασμού, ώστε να αντιμετωπίζονται οι ανάγκες της ανάλυσης ενώ παράλληλα να διασφαλίζεται η εγκυρότητα της καταγραφής και η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος. Ειδικότερα:

- Επιλέχθηκε η καταγραφή ολόκληρων διαδρομών πεζών σε πραγματικό χρόνο στο αστικό οδικό δίκτυο.
- Ως **σημεία προέλευσης** των πεζών επιλέχθηκαν συγκεκριμένα σημεία γένεσης πεζών μετακινήσεων σε αστικό χώρο, όπως είναι οι σταθμοί μέσων μαζικής μεταφοράς και τα μεγάλα εμπορικά καταστήματα, από τα οποία είναι δυνατό να εξασφαλιστεί τόσο η τυχαιότητα όσο και η αντιπροσωπευτικότητα στην καταγραφή.
- Αναφορικά με τα **σημεία προορισμού** των πεζών, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη διατύπωση συγκεκριμένων κριτηρίων κατά την καταγραφή, ώστε αυτά να είναι δυνατόν να οριστούν με σαφήνεια, καθώς μια διαδρομή πεζού μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς ενδιάμεσους προορισμούς. Συγκεκριμένα, ως πιθανά σημεία προορισμού ορίστηκαν όλα τα κτίρια (κατοικίες, γραφεία, υπηρεσίες κλπ.), τα καταστήματα, οι χώροι αναψυχής (εστιατόρια, πάρκα κλπ.) και οι σταθμοί μέσων μαζικής μεταφοράς κατά μήκος της διαδρομής του πεζού. Σε κάθε περίπτωση, ο προορισμός του πεζού μπορεί να είναι

προαποφασισμένος ή περιστασιακός και λαμβάνεται ως το πρώτο σημείο στάσης με στόχο μια συγκεκριμένη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Με το κριτήριο αυτό, οι σύντομες στάσεις σε βιτρίνες καταστημάτων, σε περίπτερα κλπ. δεν θεωρούνται προορισμοί και η καταγραφή της διαδρομής συνεχίζεται. Επίσης, η κλήση ταξί και η μετεπιβίβαση σε αυτό δεν θεωρείται προορισμός, καθότι σε πολλές περιπτώσεις είναι μια αυθόρμητη ή περιστασιακή ενέργεια, και κατά συνέπεια η προηγούμενη συμπεριφορά δεν μπορεί να συνδεθεί με το σκοπό αυτό. Αντίθετα, η μετεπιβίβαση σε σταθμευμένο όχημα θεωρείται ως προορισμός του πεζού. Γενικότερα, αποκλείονται οι πεζοί που φαίνεται να μην έχουν κάποιο σκοπό μετακίνησης, με την έννοια ότι πραγματοποιούν πολλές σύντομες ενδιάμεσες στάσεις ή μεγάλες περιπορείες (jaywalking) κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους.

- Επιδιώκεται η **καταγραφή χαρακτηριστικών** του ίδιου του πεζού (πχ. φύλο, ηλικία, ταχύτητα κίνησης κλπ.), του ίχνους της διαδρομής (πχ. μήκος, διάρκεια, σημείο προέλευσης και προορισμού, αλλαγές κατεύθυνσης κλπ.), του οδικού δικτύου (πχ. αριθμός κατευθύνσεων και λωρίδων κυκλοφορίας, διαχωρισμός κατευθύνσεων, πλάτος πεζοδρομίων, στάθμευση κλπ.), της κυκλοφορίας (πχ. κυκλοφοριακός φόρτος, σήμανση και σηματοδότηση κλπ.) και των διασχίσεων που πραγματοποιεί ο πεζός (πχ. πλήθος, θέση κλπ.)
- Για την καταγραφή των στοιχείων επιλέχθηκε η **χρήση κάμερας εν κινήσει** και όχι συσκευών καταγραφής γεωγραφικής θέσης. Αφενός η χρήση κάμερας επιτρέπει την αναπαραγωγή και περαιτέρω επεξεργασία της καταγραφής, και αφετέρου η χρήση συσκευής καταγραφής θέσης δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη καταγραφή των συνθηκών της διαδρομής. Επίσης, δεν υπάρχει διαθέσιμο κάποιο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών για τη σύνδεση των στοιχείων. Κατά συνέπεια, κατά τη διάρκεια της έρευνας πεδίου δίνεται έμφαση στην επίτευξη κατάλληλης λήψης κατά τη διάρκεια της διαδρομής, ώστε να είναι δυνατή η κωδικοποίηση των στοιχείων εκ των υστέρων.
- Η συλλογή στοιχείων πραγματοποιείται σε τυπικές καθημερινές, κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε καλές καιρικές συνθήκες, καθότι η συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάρκεια αργιών, έκτακτων συμβάντων ή δυσμενών καιρικών συνθηκών δεν μπορεί να θεωρηθεί τυπική.
- Επιδιώκεται η **επαρκής κάλυψη αστικών οδικών δικτύων**, περιλαμβάνοντας μετακινήσεις πεζών τόσο σε περιοχές αμιγούς κατοικίας όσο και σε περιοχές έντονων εμπορικών χρήσεων και αναψυχής, και τόσο σε πεζοδρομημένες οδούς όσο και σε μεγάλες αστικές αρτηρίες. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται επαρκές και αντιπροσωπευτικό δείγμα οδικών και κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών.
- Η επιλογή των πεζών πραγματοποιείται κατά τα άλλα με **τυχαία δειγματοληψία**, με την οποία αναμένεται να εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος ως προς το φύλο, την ηλικία, και το σκοπό μετακίνησης των πεζών, αλλά και ως προς τη το είδος και τη διάρκεια των διαδρομών.

Επισημαίνεται, τέλος, ότι ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην εξασφάλιση της ανωνυμίας της καταγραφής από την κάμερα. Για το σκοπό αυτό, ο ερευνητής κινείται όπισθεν του πεζού ώστε να μην καταγράφονται χαρακτηριστικά του προσώπου και σε αρκετή απόσταση ώστε να μην προκαλείται κανενός είδους όχληση στον πεζό, ενώ ταυτόχρονα να υπάρχει ικανοποιητική λήψη των κινήσεων του και του οδικού και κυκλοφοριακού περιβάλλοντος. Επίσης, δεν καταγράφονται στοιχεία διεύθυνσης της προέλευσης ή του προορισμού.

Αναφορικά με το μέγεθος του δείγματος, επιδιώκεται η καταγραφή επαρκούς αριθμού διαδρομών, ώστε να προκύπτει κατάλληλο συνολικό δείγμα κύριων διασχίσεων. Εφόσον η παρούσα έρευνα επικεντρώνει στα χαρακτηριστικά επιλογών θέσης διάσχισης των πεζών, η επάρκεια του δείγματος αξιολογείται με βάση το πλήθος των διασχίσεων, και όχι των διαδρομών. Δεδομένου ότι οι προτεινόμενες μέθοδοι ανάλυσης αφορούν στην ανάπτυξη προχωρημένων μαθηματικών προτύπων, είναι απαραίτητη η εξασφάλιση δείγματος τουλάχιστον 500 περιπτώσεων διάσχισης οδού κατά τη διάρκεια διαδρομής (οι οποίες προφανώς μπορεί να προκύπτουν από μικρότερο αριθμό διαδρομών).

4.1.2. Μεταβλητές και τιμές

Όπως προαναφέρθηκε, στόχος της έρευνας πεδίου είναι η καταγραφή στοιχείων που θα επιτρέψουν την επεξήγηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών κατά μήκος μιας διαδρομής. Ειδικότερα, είναι απαραίτητη η καταγραφή χαρακτηριστικών του ίδιου του πεζού, της διαδρομής, του οδικού δικτύου, της κυκλοφορίας και των διασχίσεων που πραγματοποιεί ο πεζός.

Στην παρούσα έρευνα πεδίου, τα στοιχεία που συλλέγονται αφορούν σε τέσσερις κατηγορίες μεταβλητών, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1:

- **Χαρακτηριστικά πεζού (I):** φύλο, ηλικία, ταχύτητα κίνησης κλπ.
- **Χαρακτηριστικά διαδρομής (R):** μήκος, διάρκεια, σημείο προέλευσης και προορισμού, αλλαγές κατεύθυνσης κλπ.
- **Χαρακτηριστικά οδικών αξόνων (S)**
- **Χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (L):** αριθμός κατευθύνσεων και λωρίδων κυκλοφορίας, διαχωρισμός κατευθύνσεων, πλάτος πεζοδρομίων, στάθμευση, κυκλοφοριακός φόρτος, σήμανση και σηματοδότηση κλπ.
- **Χαρακτηριστικά διασχίσεων (C):** θέση, είδος κλπ.

Σημειώνεται καταρχήν ότι ο αύξων αριθμός πεζού και ο αύξων αριθμός διαδρομής συμπίπτουν, καθότι σε κάθε πεζό αντιστοιχεί μόνο μια διαδρομή. Ο διαχωρισμός της διαδρομής καταρχήν σε οδικούς άξονες και εν συνεχεία σε οδικά τμήματα του κάθε άξονα ορίζεται με βάση την αντίστοιχη θεώρηση που παρουσιάστηκε στις ενότητες 3.1.2 και 3.2.1 της μεθοδολογίας (Κεφάλαιο 3). Υπενθυμίζεται ότι η θεώρηση των οδικών αξόνων είναι απαραίτητη για την

εφαρμογή του αλγόριθμου προσδιορισμού των συνόλων επιλογών του πεζού σε κάθε περίπτωση, ενώ η θεώρηση των επιμέρους οδικών τμημάτων είναι απαραίτητη για τη θεώρηση όλων των εναλλακτικών θέσεων (κόμβων / εκτός κόμβων) εντός του συνόλου επιλογών του πεζού.

Επίσης, παρόλο που τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά δεν αναμένεται να μεταβάλλονται ιδιαίτερα κατά μήκος ενός οδικού άξονα, επιλέχθηκε η καταγραφή των χαρακτηριστικών αυτών ανά οδικό τμήμα, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι όποιες μεταβολές (πχ. τυχόν πεζοδρομημένα ή μονοδρομημένα τμήματα κλπ.). Για τον ίδιο λόγο επιλέγεται η καταγραφή των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας και ελέγχου της κυκλοφορίας ανά οδικό τμήμα και όχι ανά οδικό άξονα.

Τέλος, οι κύριες διασχίσεις ορίζονται με βάση τον αύξοντα αριθμό του οδικού τμήματος όπου αυτές πραγματοποιούνται, ενώ οι δευτερεύουσες διασχίσεις συνδέονται με το οδικό τμήμα στο τέλος του οποίου πραγματοποιήθηκαν. Επομένως, τα χαρακτηριστικά των κύριων διασχίσεων αφορούν μόνο στο οδικό τμήμα όπου αυτές πραγματοποιούνται.

Οι τιμές των μεταβλητών αυτών ορίζονται έτσι ώστε αφενός να είναι ποσοτικές όπου αυτό είναι δυνατό (πχ. χρόνος διαδρομής) και αφετέρου να υιοθετείται κατάλληλη κατηγοριοποίηση όπου δεν είναι δυνατή η ακριβής καταγραφή (πχ. ηλικία πεζού, κυκλοφοριακός φόρτος κλπ.). Κατά τη διαδικασία κωδικοποίησης των στοιχείων υπολογίζονται και άλλες μεταβλητές οι οποίες μπορεί να προκύψουν από τα διαθέσιμα στοιχεία.

Πίνακας 4.1. Μεταβλητές και τιμές της έρευνας πεδίου

α/α	Μεταβλητή	Τιμές
1	FileID	α/α video καταγραφής
2	Station	Σταθμός εκκίνησης / περιοχή
3	Date	Ημερομηνία
4	Time	Ωρα
5	I_sn	α/α πεζού
6	I_gender	1: άνδρας, 0: γυναίκα
7	I_age	0: <25, 1: 25-35, 2: 35-55, 3: 55+
8	I_hurry	1: βιαστικός, 0: όχι
9	I_carry	1: φορτωμένος, 0: όχι
10	I_alone	1: βαδίζει μόνος, 0: όχι
11	I_Dfixed	1: σταθερός προσορισμός, 0: όχι
12	I_vped	Ταχύτητα πεζού (m/sec)
13	R_Descri	Περιγραφή της διαδρομής (ονόματα οδών)
14	R_sn	α/α διαδρομής
15	R_Daytime	1: πρωί (πριν τις 15:00), 0: απόγευμα (μετά τις 15:00 και πριν νυχτώσει)
16	R_Length	Μήκος της διαδρομής (m)
17	R_time	Χρόνος διαδρομής
18	R_Odtype	0: στην ίδια πλευρά του άξονα διαδρομής, 1: διαφορετική
19	R_Oint	1: η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος της διαδρομής, 0: όχι
20	R_nchangedir	Πλήθος αλλαγών κατεύθυνσης
21	R_Ctotal	Πλήθος διασχίσεων (σύνολο)
22	R_Cptotal	Πλήθος κύριων διασχίσεων
23	R_Stotal	Πλήθος οδικών αξόνων της διαδρομής
24	R_Ltotal	Πλήθος οδικών τμημάτων της διαδρομής
25	S_sn	α/α οδικού άξονα της διαδρομής
26	S_id	Όνομα οδού
27	L_sn	α/α οδικού τμήματος διαδρομής
28	L_prchoice	1: οδός επιλεχθείσα για κύρια διάσχιση, 0: όχι
29	L_lanes	Πλήθος λωρίδων (0: πεζόδρομος, 1: 1 λωρ., 2: 2 λωρ., 3: 2+ λωρ.)
30	L_oneway	1: μονόδρομος, 0: διπλής κατεύθυνσης
31	L_shoulder	0: πεζόδρομος, 1: στενό πεζοδρόμιο, 2: φαρδύ πεζοδρόμιο
32	L_median	1: διαχωριστική νησίδα, 0: όχι
33	L_park	1: στάθμευση παρά το κράσπεδο, 0: όχι
34	L_guardrails	1: κάγκελα, 0: όχι
35	L_walkonpave	1: βαδίζει στο οδόστρωμα, 0: όχι
36	L_secend	1: δευτερεύουσα διάσχιση στο τέλος της οδού, 0: όχι
37	L_changedirend	1: αλλαγή κατεύθυνσης διαδρομής στο τέλος της οδού, 0: όχι
38	L_traffic	0: μηδενική ροή, 1: χαμηλός φόρτος, 2: υψηλός φόρτος, 3: συμφόρηση
39	L_length	Μήκος θέσης διαδρομής από προέλευση
40	L_plength	Ποσοστό μήκους θέσης διαδρομής από προέλευση
41	L_time	Χρόνος θέσης διαδρομής από προέλευση
42	L_attract	1: υπάρχει πόλος έλξης (πχ. κατάστημα) απέναντι, 0: όχι
43	L_shelter	1: υπάρχει προστασία (πχ. σκιά, υπόστεγο) απέναντι, 0: όχι
44	L_acrossOD	1: θέση απέναντι από τον προσορισμό, 0: όχι
45	L_Mb_crossw	1: υπάρχει διάβαση πεζών στη θέση εκτός κόμβου, 0: όχι
46	L_J_crossw	1: υπάρχει διάβαση πεζών στον κόμβο, 0: όχι
47	L_J_signal	1: υπάρχει σηματοδότηση πεζών στον κόμβο, 0: όχι
48	Cp_sn	α/α κάθετης διάβασης
49	Cp_choice	1: κόμβος, 0: εκτός κόμβου
50	Cp_gap	0: μηδενική ροή, 1: μεγάλος Χ.Δ., 2: μικρός Χ.Δ., 3: συμφόρηση
51	Cp_signal	1: διάσχιση με πράσινο πεζών, 0: διάσχιση με κόκκινο πεζών
52	Cp_following	1: Ακολουθεί άλλον πεζό, 0: όχι

4.1.3. Διεξαγωγή πιλοτικής και τελικής έρευνας

4.1.3.1. Πιλοτική έρευνα

Προκειμένου να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητα της προτεινόμενης έρευνας πεδίου, πραγματοποιήθηκε καταρχήν **πιλοτική έρευνα** καταγραφής ενός περιορισμένου αριθμού διαδρομών. Στόχος της πιλοτικής έρευνας ήταν αφενός η επιβεβαίωση των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού της έρευνας, και αφετέρου η βελτιστοποίηση της διαδικασίας σε σχέση με την προσδοκώμενη ποιότητα των στοιχείων της καταγραφής.

Ειδικότερα, βασικός στόχος της πιλοτικής έρευνας ήταν η **επιλογή κατάλληλων σημείων γένεσης μετακινήσεων πεζών**, σε θέσεις αντιπροσωπευτικές διαφορετικών τύπων αστικών οδικών δικτύων και με αντιπροσωπευτικές κατηγορίες πεζών. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν λίγες πιλοτικές καταγραφές διαδρομών κατά την περίοδο του Ιουνίου - Ιουλίου 2008 στα παρακάτω σημεία:

- Σταθμός μετρό Ευαγγελισμού (έξοδος Βασ.Σοφίας προς Ευαγγελισμό)
- Σταθμός μετρό Πανόρμου (έξοδος Ριανκούρ)
- Σταθμός μετρό Πανεπιστήμιο (έξοδος Πανεπιστημίου)
- Σταθμός λεωφορείων πλατείας Κάνιγγος

Από τις καταγραφές αυτές κατέστη σαφές ότι μόνο οι δύο πρώτοι σταθμοί προσφέρονται για αποδοτική διεξαγωγή της έρευνας πεδίου, εξαιτίας αφενός των πολλών πεζοδρομημένων τμημάτων στις περιοχές γύρω από το σταθμό μετρό Πανεπιστήμιο και την πλατεία Κάνιγγος, και αφετέρου των πολύ πυκνών στάσεων μέσων μαζικής μεταφοράς με αποτέλεσμα την καταγραφή πολλών ιδιαίτερα σύντομων διαδρομών πεζών χωρίς διάσχιση οδού (πχ. επιβίβαση από μετρό σε λεωφορείο). Επίσης, στις περιοχές που απορρίφθηκαν παρατηρήθηκε και ένας σημαντικός αριθμός πεζών χωρίς συγκεκριμένο σκοπό μετακίνησης, των οποίων οι διαδρομές παρουσίαζαν συνεχείς σύντομες στάσεις ή μεγάλες περιπορείες (πχ. μαθητές και σπουδαστές σε περίπατο κλπ.).

Κατά συνέπεια, παρατηρήθηκε σημαντικός αριθμός ανεπιτυχών ή μη αξιοποιήσιμων καταγραφών σε σχέση με τις επιτυχείς καταγραφές. Αντίθετα, από τους σταθμούς μετρό Ευαγγελισμού και Πανόρμου παρατηρήθηκε πλήθος κατάλληλων και αντιπροσωπευτικών διαδρομών πεζών για κωδικοποίηση και ανάλυση με μόνο μεμονωμένες ανεπιτυχείς καταγραφές.

4.1.3.2. Τελική έρευνα

Κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου 2008 πραγματοποιήθηκαν περίπου 170 καταγραφές διαδρομών πεζών στις περιοχές αυτές (Κολωνάκι, Αμπελόκηποι), όπου στόχος ήταν η επιβεβαίωσης της εφικτότητας καταγραφής των

προτεινόμενων μεταβλητών. Από τα αποτελέσματα προέκυψαν μόνο μικρές αλλαγές στην προτεινόμενη κωδικοποίηση των στοιχείων. Επίσης, έμφαση δόθηκε κατά το στάδιο αυτό στη **βελτιστοποίηση της διαδικασίας καταγραφής εν κινήσει** ως προς την καταλληλότητα της λήψης της κάμερας, για την καταγραφή τόσο των χαρακτηριστικών του πεζού και της διαδρομής όσο και του οδικού και κυκλοφοριακού περιβάλλοντος σε κάθε σημείο της διαδρομής. Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζονται ενδεικτικά αντιπροσωπευτικές λήψεις κινήσεων πεζών κατά τη διάρκεια διαδρομής, από τις οποίες γίνεται αντιληπτή η δυνατότητα καταγραφής τόσο των κινήσεων κατά μήκος οδικών τμημάτων όσο και των διασχίσεων οδικών τμημάτων.



Σχήμα 4.1. Λήψεις κίνησης πεζών κατά μήκος οδικών τμημάτων και διάσχισης οδικών τμημάτων

Με βάση τα στοιχεία της έρευνας πεδίου, πραγματοποιήθηκε στη φάση αυτή πιλοτική ανάπτυξη των προτεινόμενων μαθηματικών προτύπων, ώστε να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα των συλλεχθέντων στοιχείων αλλά και η δυνατότητα προτυποποίησης της συμπεριφοράς των πεζών με τις συγκεκριμένες μεθόδους. Τα αποτελέσματα της **πιλοτικής ανάπτυξης των προτύπων** ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά ως προς την καταλληλότητα της προτεινόμενης προσέγγισης.

Ωστόσο, από τα αποτελέσματα της πιλοτικής ανάπτυξης των προτύπων προέκυψε ανεπαρκής κάλυψη ορισμένων μεταβλητών που αναμένεται να έχουν σημαντική επιρροή στη συμπεριφορά των πεζών. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι στις εξεταζόμενες περιοχές υπάρχει περιορισμένος αριθμός σηματοδοτούμενων κόμβων και οδών δύο κατευθύνσεων, με αποτέλεσμα να μην προκύπτει επαρκές δείγμα για τον υπολογισμό της επιρροής των σημαντικών αυτών μεταβλητών στη συμπεριφορά των πεζών.

Επομένως, στο δεύτερο στάδιο της τελικής έρευνας επιδιώχθηκε η βελτίωση της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος ως προς αυτές τις μεταβλητές, με την

επέκταση των καταγραφών και στον παρακάτω σταθμό, όπου από τις πρώτες περιπτώσεις φάνηκε αυξημένος βαθμός καταγραφής των μεταβλητών αυτών:

- Σταθμός μετρό Ευαγγελισμού (έξοδος Βασ.Κωνσταντίνου / Ριζάρη)

Η **τελική έρευνα** πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μαρτίου - Μαΐου 2009 και αφορούσε σε περίπου 300 διαδρομές πεζών στις εξεταζόμενες περιοχές (Κολωνάκι, Παγκράτι). Το σύνολο των καταγραφών ανά περίοδο καταγραφής, σταθμό προέλευσης και περιοχή διαδρομής παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2. Χαρακτηριστικά διεξαγωγής πιλοτικής και τελικής έρευνας πεδίου

	Σταθμός εκκίνησης	Περιοχή κάλυψης	Περίοδος	Πλήθος καταγραφών
Πιλοτική έρευνα	Μετρό Πανεπιστήμιο	Κολωνάκι	Ιούνιος-Ιούλιος 2008	3
	Πλατεία Κάνιγγος	Εξάρχεια, Ομόνοια	Ιούνιος-Ιούλιος 2008	4
	Μετρό Ευαγγελισμός	Κολωνάκι	Ιούνιος-Ιούλιος 2008	11
	Μετρό Πανόρμου	Αμπελόκηποι	Ιούνιος-Ιούλιος 2008	9
Τελική έρευνα	Μετρό Πανόρμου	Αμπελόκηποι	Σεπτέμβριος 2008	104
	Μετρό Ευαγγελισμός	Κολωνάκι	Σεπτέμβριος 2008	68
	Μετρό Ευαγγελισμός	Κολωνάκι	Μάρτιος-Μάιος 2009	47
	Μετρό Ευαγγελισμός	περιοχή Χίλτον, Παγκράτι	Μάρτιος-Μάιος 2009	245
Σύνολο				491

Επισημαίνεται ότι, παρόλο που οι περιοχές Πανεπιστημίου και πλατείας Κάνιγγος κρίθηκαν τελικώς λιγότερο κατάλληλες για την πραγματοποίηση της έρευνας πεδίου, από πλευράς αποδοτικότητας στην καταγραφή των στοιχείων, τα αντίστοιχα στοιχεία από επιτυχείς καταγραφές θεωρήθηκαν αξιοποιήσιμα και ενσωματώθηκαν στο τελικό δείγμα. Συνολικά καταγράφηκαν 491 διαδρομές πεζών, οι οποίες περιγράφονται στο Παράρτημα Ι.

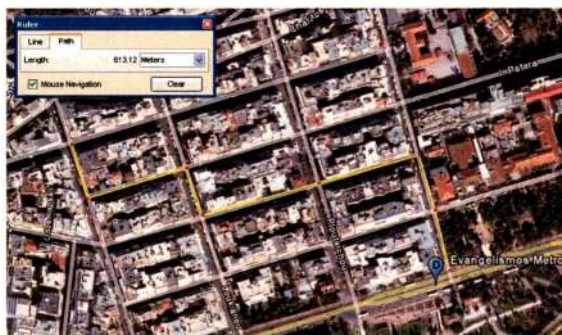
4.2. Ανάπτυξη βάσης δεδομένων

4.2.1. Κωδικοποίηση και έλεγχος των στοιχείων

Η διαδικασία **κωδικοποίησης των στοιχείων** πραγματοποιήθηκε μετά από παρακολούθηση της κάθε καταγραφής, με βάση τις μεταβλητές και τιμές του Πίνακα 4.1. Ειδικότερα, οι συνεχείς (ποσοτικές) μεταβλητές κωδικοποιήθηκαν με βάση τη μέτρηση των αντίστοιχων χαρακτηριστικών, ως εξής:

- Ο χρόνος διαδρομής R_time καταγράφηκε με βάση το συνολικό χρόνο διάρκειας της καταγραφής από το σημείο προέλευσης ως το σημείο προορισμού
- Ο επιμέρους χρόνος διαδρομής L_time καταγράφηκε ως ο αθροιστικός χρόνος διαδρομής από το σημείο προέλευσης έως το τέλος του κάθε οδικού τμήματος
- Το μήκος της διαδρομής R_length καταγράφηκε ως το συνολικό μήκος του ίχνους της διαδρομής από το σημείο προέλευσης έως το σημείο προορισμού
- Το επιμέρους μήκος της διαδρομής L_length καταγράφηκε ως το αθροιστικό μήκος της διαδρομής από το σημείο προέλευσης έως το τέλος του κάθε οδικού τμήματος.
- Το ποσοστό μήκους της διαδρομής καταγράφηκε ως το ποσοστό του αθροιστικού μήκους της διαδρομής έως το κάθε οδικό τμήμα προς το συνολικό μήκος της διαδρομής, δηλ. L_length / R_length .
- Η ταχύτητα του πεζού I_vped ως το ποσοστό του συνολικού μήκους της διαδρομής προς το συνολικό χρόνο της διαδρομής, δηλ. R_length / R_time .

Για τον υπολογισμό του μήκους του ίχνους της διαδρομής πραγματοποιήθηκε αποτύπωση και μέτρηση του ίχνους της κάθε διαδρομής σε αεροφωτογραφία των εξεταζόμενων περιοχών με χρήση του προγράμματος Google Earth, όπως φαίνεται ενδεικτικά στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2. Αποτύπωση και μέτρηση ίχνους διαδρομής σε αεροφωτογραφία

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του πεζού:

- Η ηλικία του πεζού ορίστηκε σε τέσσερις γενικές κατηγορίες, ώστε να ελαχιστοποιείται η αβεβαιότητα κατά την καταγραφή.
- Η μεταβλητή I_hurry που αναφέρεται στο αν και κατά πόσο ο πεζός είναι βιαστικός, καταγράφηκε τόσο με βάση την ταχύτητα κίνησης του πεζού, όσο και με βάση άλλα στοιχεία της συμπεριφοράς που προέκυψαν από την παρακολούθηση της καταγραφής (πχ. τρέξιμο, αποδοχή μικρών χρονικών διαχωρισμών ή αντίθετα στάσεις σε βιτρίνες, αποδοχή μεγάλων χρονικών διαχωρισμών κλπ.)
- Η μεταβλητή I_Dfixed κωδικοποιήθηκε έτσι ώστε να θεωρούνται ως προαποφασισμένοι προορισμοί τα σημεία που αντιστοιχούν σε κτίρια, γραφεία, καταστήματα, στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς κλπ., ενώ ως μη προαποφασισμένοι προορισμοί καταγράφηκαν περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε κάποια αυθόρμητη συμπεριφορά του πεζού (πχ. είσοδος σε κατάσταση μετά από στάση στη βιτρίνα).

Η κωδικοποίηση των χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου δεν παρουσίασε ιδιαίτερες δυσκολίες, καθότι τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά ήταν σαφώς διακριτά σε κάθε καταγραφή. Σημειώνεται ωστόσο ότι:

- Ως κιγκλιδώματα (L_guardrails) ορίστηκαν τόσο τα συνεχή κιγκλιδώματα (τα οποία αποτρέπουν τόσο τη στάθμευση των οχημάτων όσο και την πρόσβαση των πεζών για διάσχιση της οδού) όσο και τα μεμονωμένα κολονάκια (τα οποία αποτρέπουν τη στάθμευση των οχημάτων αλλά όχι και την πρόσβαση των πεζών για διάσχιση της οδού).
- Ως στενό πεζοδρόμιο (L_shoulder) ορίζεται πεζοδρόμιο πλάτους μικρότερου από 1.5 μέτρα.
- Ως πόλος έλξης (L_attract) ορίζεται οποιοδήποτε είδος χρήσης το οποίο από την καταγραφή προκύπτει ότι ο πεζός πραγματοποίησε διάσχιση οδού προκειμένου να προσεγγίσει το είδος χρήσης αυτό (πχ. μεγάλο κατάστημα, στάση λεωφορείου).

Τέλος, αναφορικά με τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, εξαιτίας των προφανών δυσκολιών στη μέτρηση των κυκλοφοριακών φόρτων και αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών (η καταγραφή της διαδρομής του πεζού πραγματοποιείται συνεχώς και εν κινήσει, ενώ τα χαρακτηριστικά αυτά μετρώνται σε μια διατομή της οδού), επιλέχθηκε η ποιοτική περιγραφή αυτών σε κατηγορικές μεταβλητές. Ειδικότερα:

- Ως χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος L_traffic κωδικοποιήθηκαν οι περιπτώσεις χαμηλής πυκνότητας ροής στο οδικό τμήμα, ενώ ως υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος κωδικοποιήθηκαν οι περιπτώσεις υψηλής πυκνότητας ροής στο οδικό τμήμα. Η κωδικοποίηση των τιμών αυτών, όπως και της μηδενικής ροής και της συμφόρησης, αφορούν στις συνθήκες που επικρατούσαν κατά την κίνηση

του πεζού κατά μήκος του οδικού τμήματος, όπως αυτές καταγράφηκαν στην κάμερα.

- Ως μικρός αποδεκτός χρονικός διαχωρισμός ορίστηκε χρονικός διαχωρισμός μικρότερος των 3 δευτερολέπτων από τη στιγμή που ο πεζός ξεκινάει τη διάσχιση της οδού έως ότου το μπροστινό μέρος του διερχόμενου οχήματος φτάσει στο σημείο αυτό.

Το σύνολο των στοιχείων κωδικοποιήθηκε σε ηλεκτρονικό αρχείο. Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης των μεταβλητών, πραγματοποιήθηκε μια σειρά **λογικών και μαθηματικών ελέγχων** για τη διασταύρωση των στοιχείων διαφορετικών μεταβλητών και την εξασφάλιση της εγκυρότητας των στοιχείων γενικότερα. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε:

- Ο μέγιστος αύξων αριθμός οδικού τμήματος L_{sn} για κάθε αύξοντα αριθμό διαδρομής R_{sn} να είναι ίσος με το συνολικό αριθμό οδικών τμημάτων R_{Ltotal} .
- Ο μέγιστος αύξων αριθμός μιας κύριας διάσχισης Cp_{sn} για κάθε αύξοντα αριθμό διαδρομής R_{sn} να είναι ίσος με το συνολικό αριθμό κύριων διασχίσεων $R_{Cptotal}$.
- Σε κάθε περίπτωση όπου η μεταβλητή $L_{prchoice}$ παίρνει την τιμή 1 (δηλ. πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση στο οδικό τμήμα) να υπάρχει αντίστοιχο πεδίο αύξοντα αριθμού κύριας διάσχισης Cp_{sn} .
- Το σύνολο των οδικών τμημάτων όπου οι μεταβλητές $L_{prchoice}$ και L_{secend} παίρνουν την τιμή 1 για κάθε αύξοντα αριθμό διαδρομής R_{sn} να είναι ίσος με το συνολικό αριθμό διασχίσεων R_{Ctotal} .
- Κάθε αύξων αριθμός πεζού αντιστοιχεί σε μοναδικό αύξοντα αριθμό διαδρομής.
- Το σύνολο των οδικών τμημάτων όπου η μεταβλητή $L_{changedirend}$ παίρνει την τιμή 1 αλλαγή κατεύθυνσης για κάθε αύξοντα αριθμό διαδρομής R_{sn} να είναι ίσος με το μέγιστο αύξοντα αριθμό οδικού άξονα S_{sn} της διαδρομής.
- Για κάθε R_{ODtype} με τιμή 1 (προέλευση / προορισμός σε διαφορετική πλευρά του γραφήματος της διαδρομής) να αντιστοιχεί περιττός αριθμός μεταβλητής $R_{Cptotal}$ και αντίστοιχα για κάθε R_{ODtype} με τιμή 0 (προέλευση / προορισμός σε ίδια πλευρά του γραφήματος της διαδρομής) να αντιστοιχεί άρτιος αριθμός μεταβλητής $R_{Cptotal}$.
- Σε κάθε μεταβλητή να μην υπάρχουν τιμές εκτός του προκαθορισμένου πεδίου τιμών.

4.2.2. Δημιουργία σχεσιακής βάσης δεδομένων

Η γενική δομή του ηλεκτρονικού αρχείου που δημιουργήθηκε με βάση την κωδικοποίηση των στοιχείων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.3, σε κάθε αύξοντα αριθμό πεζού I_{sn} αντιστοιχεί ένας ίδιος αύξων αριθμός διαδρομής R_{sn} . Στη συνέχεια, για κάθε αύξοντα αριθμό διαδρομής ορίζεται μια σειρά οδικών αξόνων S_{sn} και μια σειρά οδικών

τμημάτων L_sn. Στα οδικά τμήματα όπου πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση (L_prchoice=1) αντιστοιχεί και ένας αύξων αριθμός κύριας διάσχισης Cp_sn.

Είναι επομένως προφανές ότι τα χαρακτηριστικά των πεζών και των διαδρομών (μεταβλητές R_ και I_) είναι κοινά για όλους τους οδικούς άξονες και τα οδικά τμήματα των διαδρομών. Παράλληλα, τα χαρακτηριστικά των οδικών αξόνων (μεταβλητές S_) είναι κοινά για όλα τα οδικά τμήματα των οδικών αξόνων. Επίσης, τα χαρακτηριστικά των κύριων διασχίσεων (μεταβλητές Cp_) ορίζονται μόνο για τα οδικά τμήματα όπου αυτές πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 4.3. Γενική δομή του ηλεκτρονικού αρχείου δεδομένων

FileID	I_sn	I_...	R_sn	R_...	S_sn	L_sn	L_prchoice	L_...	Cp_sn	Cp_...
Vid0001	1	...	1	...	1	1	0	...		
Vid0001	1	...	1	...	1	2	0	...		
Vid0001	1	...	1	...	2	3	1	...	1	...
Vid0002	2	...	2	...	1	1	0	...		
Vid0002	2	...	2	...	2	2	1	...	1	...
Vid0002	2	...	2	...	2	3	0	...		
Vid0003	3	...	3	...	1	1	1	...	1	...
Vid0003	3	...	3	...	2	2	1	...	2	...
Vid0003	3	...	3	...	2	3	0	...		
Vid0004	4	...	4	...	1	1	1	...	1	...
Vid0004	4	...	4	...	2	2	1	...	2	...
Vid0004	4	...	4	...	3	3	1	...	3	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

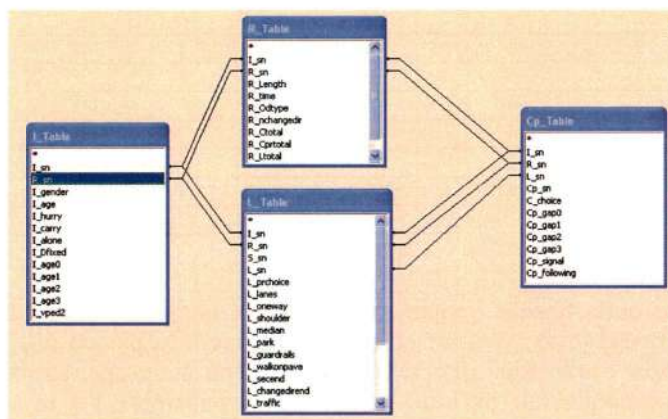
Στο αρχείο αυτό, η κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα οδικό τμήμα διαδρομής πεζού. Η επεξεργασία ενός τέτοιου αρχείου για τον υπολογισμό συνδυαστικών περιγραφικών στατιστικών μπορεί να είναι ιδιαίτερα δυσχερής, εξαιτίας της μη ύπαρξης μονοσήμαντων σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων. Για το λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής **αναπτύχθηκε σχεσιακή βάση δεδομένων** σε περιβάλλον Microsoft Access, όπου δημιουργήθηκαν επιμέρους αρχεία για κάθε επίπεδο παραμέτρων και στη συνέχεια συνδέθηκαν μεταξύ τους ώστε να είναι δυνατή και η συνδυαστική εξέταση των παραμέτρων.

Αρχικά εισήχθη το ηλεκτρονικό αρχείο των δεδομένων στο περιβάλλον Microsoft Access όπου και αποθηκεύτηκε ως βασικός Πίνακας δεδομένων. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν 4 επιμέρους αρχεία:

- **Πίνακας πεζών**, όπου ομαδοποιήθηκαν οι μεταβλητές που αφορούν σε χαρακτηριστικά των πεζών, ώστε κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε έναν πεζό.
- **Πίνακας διαδρομών**, όπου ομαδοποιήθηκαν οι μεταβλητές που αφορούν σε χαρακτηριστικά των διαδρομών, ώστε κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε μία διαδρομή πεζού.

- **Πίνακας οδικών τμημάτων**, όπου επιλέχθηκαν οι μόνοι οι μεταβλητές που αφορούν σε οδικά τμήματα, έτσι ώστε η κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό οδικό τμήμα, χωρίς να εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά πεζών ή διαδρομών που είναι κοινά για διαφορετικά οδικά τμήματα
- **Πίνακας κύριων διασχίσεων**, όπου επιλέχθηκαν μόνο τα οδικά τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση και οι μεταβλητές που αφορούν σε χαρακτηριστικά κύριων διασχίσεων.

Τα επιμέρους αυτά αρχεία συνδέθηκαν με βάση κατάλληλες μεταβλητές - κλειδιά. Συγκεκριμένα, ο Πίνακας πεζών και ο Πίνακας διαδρομών συνδέθηκαν με βάση τον αύξοντα αριθμό διαδρομής, ο Πίνακας οδικών τμημάτων και ο Πίνακας διαδρομών συνδέθηκαν επίσης με βάση τον αύξοντα αριθμό διαδρομής και ο Πίνακας οδικών τμημάτων και ο Πίνακας κύριων διασχίσεων συνδέθηκαν με βάση τον αύξοντα αριθμό οδικού τμήματος και τον αύξοντα αριθμό διαδρομής. Η δομή της σχεσιακής βάσης δεδομένων διαδρομών πεζών παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3, ενώ η διαδικασία δημιουργίας της βάσης δεδομένων παρουσιάζεται στο Παράρτημα II.



Σχήμα 4.3. Σχεσιακή βάση δεδομένων διαδρομών πεζών

Από τη βάση δεδομένων αυτή είναι δυνατό μέσω κατάλληλων ερωτημάτων (queries) να ανακτηθούν στοιχεία τόσο για οποιοδήποτε μεταβλητή οποιουδήποτε μεμονωμένου Πίνακα, όσο και για οποιοδήποτε συνδυασμό μεταβλητών από διαφορετικούς Πίνακες. Μπορεί να ανακτηθεί το σύνολο των δεδομένων με τη μορφή του αρχικού αρχείου που προέκυψε από την κωδικοποίηση, αλλά και οποιοδήποτε υποσύνολο αυτών με βάση αντίστοιχα κριτήρια.

Η σχεσιακή βάση δεδομένων εμφανίζει το γενικό πλεονέκτημα ότι σε κάθε περίπτωση μπορεί να ορίζεται η απαιτούμενη μονάδα μέτρησης και να ομαδοποιούνται κατάλληλα τα δεδομένα ώστε τα αποτελέσματα να εξαγονται στις επιθυμητές διαστάσεις. Η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερη χρήσιμη τόσο στο πλαίσιο διερευνητικής ανάλυσης των στοιχείων (*exploratory analysis*) όσο και στην επεξεργασία αυτών για την παραγωγή περιγραφικών στατιστικών (*descriptive statistics*) και την προετοιμασία αρχείων εισόδου δεδομένων για προτυποποίηση στην κατάλληλη μορφή.

4.3. Παρουσίαση του δείγματος

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος της έρευνας πεδίου και πραγματοποιείται διερευνητική ανάλυση των στοιχείων αναφορικά με την παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση οδών. Ειδικότερα, εξετάζεται η κατανομή του δείγματος ως προς βασικά χαρακτηριστικά των πεζών και των διαδρομών, με στόχο να ελεγχθεί η επάρκεια και η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα συλλεχθέντα στοιχεία συμπεριφοράς των πεζών ως προς την διάσχιση οδών σε σχέση με στοιχεία του οδικού δικτύου και της κυκλοφορίας. Από την ανάλυση αυτή εξάγονται χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με την επιρροή διαφόρων παραμέτρων στη συμπεριφορά των πεζών.

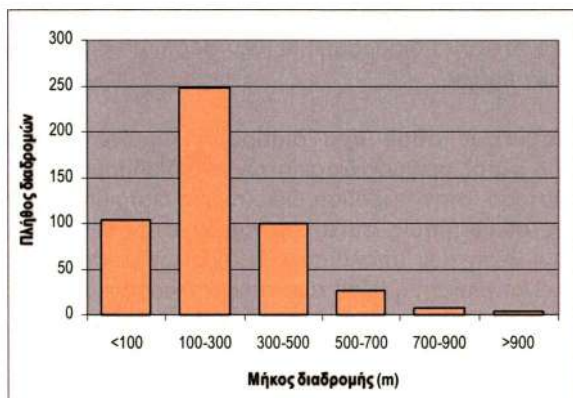
4.3.1. Στοιχεία πεζών / διαδρομών

Όπως προαναφέρθηκε, στην έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διδακτορικής διατριβής καταγράφηκαν 491 διαδρομές πεζών. Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζεται η κατανομή των συμμετεχόντων στην έρευνα πεδίου ανά **φύλο και ηλικία πεζού**. Πάνω από 65% των πεζών που καταγράφηκαν ήταν γυναίκες. Παρατηρείται σημαντικό ποσοστό πεζών >55 ετών, το οποίο είναι σαφώς υψηλότερο στους άνδρες, ενώ αντίθετα το ποσοστό πεζών <25 ετών κυμαίνεται στο 10%. Συνολικά, περίπου 70% του δείγματος αφορά σε ηλικίες πεζών 25-55 ετών.

Πίνακας 4.4. Κατανομή πεζών ανά φύλο και ηλικία

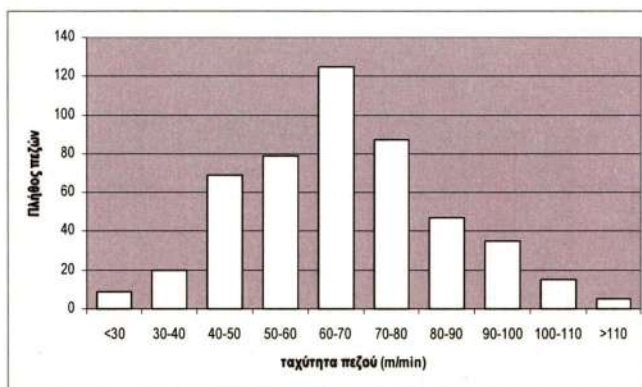
Ηλικία	Γυναίκες		Άνδρες		Σύνολο	
<25	34	10%	10	6%	44	9%
25-35	127	39%	45	28%	172	35%
35-55	102	31%	63	39%	165	34%
>55	65	20%	45	28%	110	22%
Σύνολο	328	100%	163	100%	491	100%

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των διαδρομών που καταγράφηκαν, η μικρότερη διαδρομή είχε μήκος της τάξεως των 30 μέτρων ενώ η μεγαλύτερη ξεπερνούσε τα 1.300 μέτρα. Ωστόσο, το μέσο **μήκος διαδρομής** που καταγράφηκε ήταν 240 μέτρα, με τυπική απόκλιση ίση με 183 μέτρα. Η κατανομή των καταγεγραμμένων διαδρομών με βάση το μήκος τους παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4. Κατανομή καταγεγραμμένων διαδρομών ως προς το μήκος

Με βάση το μήκος και το χρόνο της διαδρομής, υπολογίστηκε η **ταχύτητα πεζού** σε κάθε περίπτωση. Στο Σχήμα 4.5 παρουσιάζεται η κατανομή των ταχυτήτων διαδρομής των πεζών της έρευνας πεδίου, όπου παρατηρείται ότι αυτή προσεγγίζει την κανονική κατανομή. Επισημαίνεται ότι η ταχύτητα διαδρομής συμπεριλαμβάνει το χρόνο που αντιστοιχεί σε καθυστερήσεις (πχ. λόγω σηματοδότησης, στάσεων σε βιτρίνες / περίπτερα κλπ.).



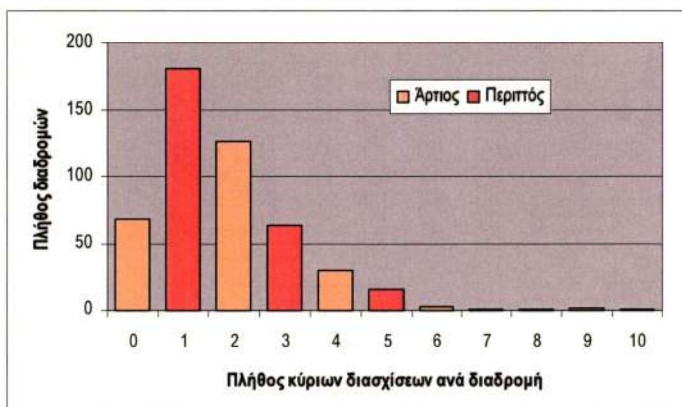
Σχήμα 4.5. Κατανομή ταχύτητας διαδρομής πεζών

Η ελάχιστη ταχύτητα είναι της τάξεως των 20 m/min ενώ η μέγιστη ταχύτητα είναι της τάξεως των 120 m/min. Ο μέσος όρος των ταχυτήτων διαδρομής των πεζών της έρευνας υπολογίστηκε ίσος με 66 m/min και η τυπική απόκλιση αυτού υπολογίστηκε ίση με 18,4 m/min. Επίσης, η μέση ταχύτητα διαδρομής είναι μεγαλύτερη για τους άνδρες (70 m/min) από ότι για τις γυναίκες (64 m/min), ενώ παρατηρείται μείωση της ταχύτητας με αύξηση της ηλικίας για όλους τους

πεζούς. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά στη μέση ταχύτητα διαδρομής μεταξύ φορτωμένων πεζών (πχ. ψώνια) και μη φορτωμένων πεζών.

Ο αριθμός διασχίσεων οδού ανά διαδρομή κυμαίνεται μεταξύ 0 και 19 διασχίσεων, ενώ ο μέσος αριθμός διασχίσεων ανά διαδρομή είναι 3,2 διασχίσεις ανά διαδρομή. Ωστόσο, στην παρούσα διδακτορική διατριβή δίνεται έμφαση στις κύριες διασχίσεις οδού (όπως αυτές ορίστηκαν στην ενότητα 3.1.2), καθώς αποδείχθηκε ότι η θέση των υπολοίπων διασχίσεων μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως εφόσον είναι γνωστή η θέση των κύριων διασχίσεων. Ο αριθμός κύριων διασχίσεων οδού ανά διαδρομή κυμαίνεται μεταξύ 0 και 10 διασχίσεων, ενώ ο μέσος αριθμός κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή είναι 1,8 κύριες διασχίσεις ανά διαδρομή. Προφανώς, ο αριθμός κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή είναι ανάλογος του μήκους της διαδρομής.

Η κατανομή των κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή στις καταγεγραμμένες διαδρομές παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6. Από τα στοιχεία της έρευνας πεδίου επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι ο αριθμός κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή είναι άρτιος σε διαδρομές όπου η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο ίδιο ημιεπίπεδο της διαδρομής (εσωτερικό / εξωτερικό) και περιττός στην αντίθετη περίπτωση. Παρατηρείται επίσης ότι η κατανομή των διαδρομών με περιττό πλήθος διασχίσεων είναι φθίνουσα, ενώ η κατανομή των διαδρομών με άρτιο πλήθος διασχίσεων είναι αρχικά αύξουσα και στη συνέχεια φθίνουσα, εξαιτίας της πιθανότητας η προέλευση και ο προορισμός να βρίσκονται στο εσωτερικό της διαδρομής και επομένως να μην πραγματοποιείται καμία κύρια διάσχιση.



Σχήμα 4.6. Κατανομή διαδρομών ως προς το πλήθος κύριων διασχίσεων ανά διαδρομή

4.3.2. Στοιχεία οδικού δικτύου και κυκλοφορίας

Οι 491 διαδρομές πεζών που καταγράφηκαν περιλαμβάνουν συνολικά 2.418 οδικά τμήματα (δηλ. τμήματα οδών μεταξύ διαδοχικών κόμβων), δηλαδή κατά μέσο όρο περιλαμβάνονται 5 οδικά τμήματα ανά διαδρομή (από 1 το ελάχιστο έως το 12 μέγιστο). Σε 885 από τα οδικά τμήματα αυτά πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση (ποσοστό 36%). Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά των οδικών τμημάτων αυτών, και αναλύονται σε σχέση με την πιθανή επιρροή τους στην πραγματοποίηση κύριας διάσχισης.

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζεται η κατανομή των οδικών τμημάτων όπου πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση, αλλά και αυτών όπου δεν πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση, με βάση τον **αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας και την ύπαρξη σηματοδότησης** στις περιοχές των κόμβων. Συνολικά, περίπου το 50% των οδικών τμημάτων των καταγεγραμμένων διαδρομών ήταν μονόδρομοι με μη σηματοδοτούμενους κόμβους, συνθήκες οι οποίες αντιστοιχούν σε περιοχές κατοικίας. Σηματοδοτούμενοι κόμβοι υπήρχαν σε περίπου 30% των οδικών τμημάτων.

Η ύπαρξη σηματοδότησης δεν φαίνεται να σχετίζεται με περισσότερες κύριες διασχίσεις στα εξεταζόμενα οδικά τμήματα, με εξαίρεση την περίπτωση οδών με περισσότερες από δύο λωρίδες κυκλοφορίας, όπου το ποσοστό κύριων διασχίσεων αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με το μέσο όρο. Οι δυσχερέστερες συνθήκες σε οδούς περισσότερων των δύο λωρίδων (αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος, ταχύτητα οχημάτων, απόσταση διάσχισης) πιθανότατα οδηγούν τους πεζούς στην επιλογή της προστατευμένης φάσης της σηματοδότησης για τη διάσχιση των οδών αυτών.

Πίνακας 4.5. Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης, αριθμό λωρίδων και ύπαρξη σηματοδότησης

Αρ. λωρίδων	Σηματοδότηση	Κύρια διάσχιση				Σύνολο	
		Όχι		Ναι			
1	Όχι	723	47%	432	49%	1,155	48%
	Ναι	61	4%	64	7%	125	5%
2	Όχι	312	20%	78	9%	390	16%
	Ναι	220	14%	77	9%	297	12%
>2	Όχι	86	6%	30	3%	116	5%
	Ναι	131	9%	204	23%	335	14%
Σύνολο		1,533	100%	885	100%	2,418	100%

Επίσης, στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζεται η κατανομή των οδικών τμημάτων με βάση το είδος της **υποδομής για πεζούς** (πεζοδρόμος, φαρδύ πεζοδρόμιο, στενό πεζοδρόμιο). Παρατηρείται ότι σε περίπου 50% των οδικών τμημάτων των καταγεγραμμένων διαδρομών υπήρχαν στενά πεζοδρόμια και στάθμευση παρά

το κράσπεδο, συνθήκες που αντιστοιχούν στις περιοχές κατοικίας, όπως αυτές εντοπίστηκαν και στην προηγούμενη περίπτωση.

Γενικότερα, στην πλειοψηφία των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων (80%) υπήρχε **στάθμευση** παρά το κράσπεδο, κατά συνέπεια δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση στην επιλογή οδικού τμήματος για κύρια διάσχιση σε σχέση με αυτήν την παράμετρο. Αντίθετα, εμφανώς μειωμένο είναι το ποσοστό οδικών τμημάτων με φαρδύ πεζοδρόμιο και στάθμευση παρά το κράσπεδο, όπου πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση. Είναι πιθανό το ικανοποιητικό πλάτος πεζοδρομίου σε συνδυασμό με στάθμευση παρά το κράσπεδο να συσχετίζεται με την ύπαρξη εμπορικών χρήσεων και χρήσεων αναψυχής, όπου ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα την αναβολή της διάσχισης της οδού από τον πεζό.

Πίνακας 4.6. Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης, πλάτος πεζοδρομίου και ύπαρξη στάθμευσης

		Κύρια διάσχιση					
Πεζοδρόμιο	Στάθμευση	Όχι		Ναι		Σύνολο	
Πεζοδρόμος	Όχι	10	1%	3	0%	13	1%
	Ναι	16	1%	14	2%	30	1%
Φαρδύ	Όχι	261	17%	201	23%	462	19%
	Ναι	533	35%	200	23%	733	30%
Στενό	Όχι	10	1%	7	1%	17	1%
	Ναι	703	46%	460	52%	1,163	48%
Σύνολο		1.533	100%	885	100%	2.418	100%

Τέλος, στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζεται η κατανομή των οδικών τμημάτων με βάση τις επικρατούσες **κυκλοφοριακές συνθήκες** κατά τη διάρκεια της διαδρομής του κάθε πεζού. Όπως προαναφέρθηκε, επιλέχθηκε μια ποιοτική περιγραφή του κυκλοφοριακού φόρτου, εξαιτίας της προφανούς δυσκολίας της καταγραφής με ακρίβεια του κυκλοφοριακού φόρτου ανά οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια της διαδρομής του πεζού. Παρατηρείται καταρχήν ότι στην έρευνα πεδίου καταγράφηκαν όλες οι δυνατές κυκλοφοριακές συνθήκες, ενώ συνθήκες συμφόρησης καταγράφηκαν μόνο στο 2% των οδικών τμημάτων των διαδρομών των πεζών. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι η εξεταζόμενη συμπεριφορά διάσχισης οδών αφορά πράγματι σε συνθήκες αλληλεπίδρασης των πεζών με την κυκλοφορία.

Αναφορικά με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην πραγματοποίηση κύριας διάσχισης, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιλεχθέντων και των μη επιλεχθέντων για κύρια διάσχιση οδικών τμημάτων, με πιθανή εξαίρεση την περίπτωση μηδενικού κυκλοφοριακού φόρτου, η οποία αντιστοιχεί σε ελαφρώς αυξημένα ποσοστά κύριων διασχίσεων. Είναι πιθανόν οι κυκλοφοριακές συνθήκες να μην επηρεάζουν άμεσα την επιλογή των πεζών για

διάσχιση οδού ανά οδικό τμήμα, αλλά να επηρεάζουν κυρίως την επιλογή θέσης και τρόπου διάσχισης πχ. σε σηματοδοτούμενο κόμβο.

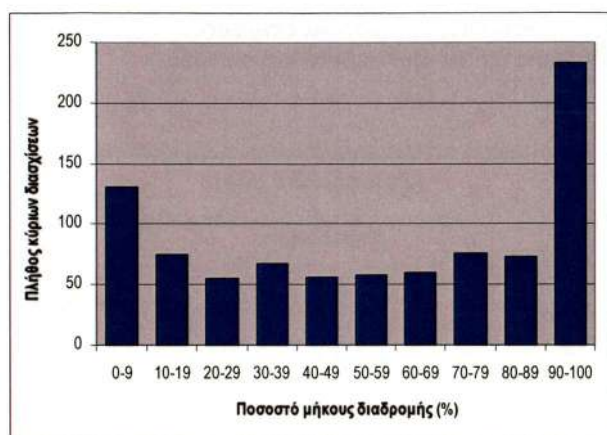
Πίνακας 4.7. Κατανομή οδικών τμημάτων ανά επιλογή κύριας διάσχισης και κυκλοφοριακό φόρτο

Κυκλ.φόρτος	Κύρια διάσχιση				Σύνολο	
	Όχι		Ναι			
Μηδενικός	140	9%	113	13%	253	10%
Χαμηλός	697	45%	413	47%	1,110	46%
Υψηλός	663	43%	346	39%	1,009	42%
Συμφόρηση	33	2%	13	1%	46	2%
Σύνολο	1,533	100%	885	100%	2,418	100%

4.3.5. Στοιχεία διασχίσεων

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται λεπτομερέστερα τα χαρακτηριστικά των 884 κύριων διασχίσεων των πεζών, όπως αυτά καταγράφηκαν στην έρευνα πεδίου. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ θέσης **σε κόμβο ή εκτός κόμβου**, σε σχέση με χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και των κυκλοφοριακών συνθηκών. Επίσης, αναλύονται χαρακτηριστικά του τρόπου διάσχισης οδού των πεζών, όπως είναι οι αποδεκτοί χρονικοί διαχωρισμοί και η συμμόρφωση με τους κανόνες της σηματοδότησης.

Καταρχήν, στο Σχήμα 4.7 παρουσιάζεται η κατανομή των κύριων διασχίσεων ανά θέση **κατά μήκος της διαδρομής** (ποσοστό του συνολικού μήκους της διαδρομής). Παρατηρείται αυξημένη συχνότητα κύριων διασχίσεων στην αρχή και στο τέλος της διαδρομής (<10% και >90% του μήκους της διαδρομής), ενώ αντίθετα στο ενδιάμεσο διάστημα η κατανομή των κύριων διασχίσεων είναι ομοιόμορφη. Παρόλο που τα αποτελέσματα αυτά αφορούν στο σύνολο της διαδρομής και όχι μόνο στο σύνολο επιλογών του πεζού, φαίνεται να υπάρχει μια τάση σύμφωνα με την οποία η απόφαση κύριας διάσχισης είτε λαμβάνεται είτε στην πρώτη είτε στην τελευταία διαθέσιμη ευκαιρία.



Σχήμα 4.7. Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά ποσοστό μήκους διαδρομής

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 4.8 εξετάζεται η συνδυαστική επιρροή του αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας και της σηματοδότησης στην επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ θέσης κόμβου ή εκτός κόμβου. Παρατηρείται αυξημένο ποσοστό διασχίσεων εκτός κόμβου στους μονόδρομους σε σχέση με το σύνολο των διασχίσεων. Επίσης, αυξημένο ποσοστό διασχίσεων εκτός κόμβου σε σχέση με το σύνολο των διασχίσεων παρατηρείται στα οδικά τμήματα με μη σηματοδοτούμενους κόμβους.

Πίνακας 4.8. Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου), αριθμό λωρίδων και ύπαρξη σηματοδότησης

Αρ. λωρίδων	Σηματοδότηση	Κύρια διάσχιση				Σύνολο	
		Εκτός κόμβου		Σε κόμβο			
1	Όχι	288	66%	155	35%	443	50%
	Ναι	26	6%	26	6%	52	6%
2	Όχι	48	11%	31	7%	79	9%
	Ναι	36	8%	40	9%	76	9%
>2	Όχι	21	5%	10	2%	31	4%
	Ναι	16	4%	187	42%	203	23%
Σύνολο		435	100%	449	100%	884	100%

Αντίστοιχη είναι και η επιρροή του **κυκλοφοριακού φόρτου**, η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.9. Το ποσοστό κύριων διασχίσεων εκτός κόμβου είναι σαφώς αυξημένο σε σχέση με το σύνολο των κύριων διασχίσεων στις περιπτώσεις όπου επικρατούσαν συνθήκες μηδενικού ή χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου, και σαφώς μειωμένο στις περιπτώσεις όπου επικρατούσαν συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Σημειώνεται ότι στις συνθήκες κυκλοφοριακής

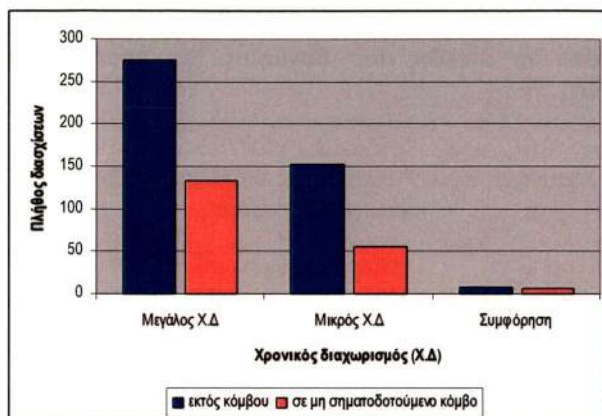
συμφόρησης δεν παρατηρείται διαφορά μεταξύ διάσχισης σε κόμβο και εκτός κόμβου, ωστόσο το μέγεθος του δείγματος δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Πίνακας 4.9. Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου) και κυκλοφοριακό φόρτο

	Κύρια διάσχιση				Σύνολο	
Κυκλ.φόρτος	Εκτός κόμβου		Σε κόμβο			
Μηδενικός	72	17%	41	9%	113	13%
Χαμηλός	259	60%	154	34%	413	47%
Υψηλός	97	22%	249	55%	346	39%
Συμφόρηση	7	2%	5	1%	12	1%
Σύνολο	435	100%	449	100%	884	100%

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει μια συνολική τάση των πεζών να διασχίζουν εκτός κόμβου στις περιπτώσεις όπου το οδικό και κυκλοφοριακό περιβάλλον δημιουργεί ευμενείς συνθήκες (λίγες λωρίδες κυκλοφορίας, χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος). Αντίθετα, περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας και αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος φαίνεται να αποθαρρύνουν τους πεζούς από το να δεχτούν σημαντική αλληλεπίδραση με τα οχήματα και να τους κατευθύνουν προς την επιλογή προστατευμένων θέσεων διάσχισης οδού.

Στο πλαίσιο αυτό, ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση των **αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών των πεζών**, στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σηματοδότηση που να υποδεικνύει ένα πλήρως προστατευμένο διάστημα για διάσχιση. Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζεται η κατανομή των αποδεκτών χρονικών διαχωρισμών κύριας διάσχισης εκτός κόμβου ή σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο. Παρατηρείται ότι το ποσοστό αποδοχής μεγάλων χρονικών διαχωρισμών είναι ελαφρώς μειωμένο κατά τις διασχίσεις σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους, σε σχέση με τις θέσεις εκτός κόμβων. Είναι πιθανόν οι πεζοί που διασχίζουν σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους να αισθάνονται περισσότερο προστατευμένοι σε σχέση με θέσεις εκτός κόμβων, καθότι ενδεχομένως αναμένουν την παραχώρηση προτεραιότητας ή γενικότερα μια πιο προσεκτική συμπεριφορά των οδηγών απέναντί τους σε περιοχές κόμβων, έστω και μη σηματοδοτούμενων.



Σχήμα 4.8. Κατανομή χρονικών διαχωρισμών κύριων διασχίσεων

Τέλος, στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζονται αναλυτικά τα συλλεχθέντα στοιχεία συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη θέση και τον τρόπο πραγματοποίησης κύριας διάσχησης. Συνολικά, 46% των κύριων διασχίσεων πραγματοποιήθηκαν με μεγάλο χρονικό διαχωρισμό από τα διερχόμενα οχήματα και 24% πραγματοποιήθηκαν με μικρό χρονικό διαχωρισμό. Ωστόσο, το ποσοστό αποδοχής μεγάλου χρονικού διαχωρισμού αυξάνεται κατά τις διασχίσεις σε θέσεις εκτός κόμβων, αλλά μειώνεται κατά τις διασχίσεις σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους.

Επισημαίνεται ότι τα παραπάνω στοιχεία αφορούν σε θέσεις εκτός κόμβων ή σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους. Το 38% των κύριων διασχίσεων πραγματοποιήθηκαν σε σηματοδοτούμενους κόμβους, και μόνο στο 20% αυτών παρατηρήθηκε παράβαση της κόκκινης ένδειξης της σηματοδότησης για τους πεζούς.

Πίνακας 4.10. Κατανομή κύριων διασχίσεων ανά θέση (κόμβου/εκτός κόμβου), ύπαρξη σηματοδότησης και χρονικό διαχωρισμό

		Κύρια διάσχιση					
Σηματοδότηση	Χρονικός διαχωρισμός	Εκτός κόμβου		Σε κόμβο		Σύνολο	
Όχι	Μεγάλος Χ.Δ	233	54%	133	30%	366	41%
	Μικρός Χ.Δ	120	28%	56	12%	176	20%
	Συμφόρηση	4	1%	7	2%	11	1%
Ναι	Μεγάλος Χ.Δ	42	10%			42	5%
	Μικρός Χ.Δ	32	7%			32	4%
	Συμφόρηση	4	1%			4	0%
	Σε κόκκινη ένδειξη			44	10%	44	5%
	Σε πράσινη ένδειξη			209	47%	209	24%
Σύνολο		435	100%	449	100%	884	100%

Τα παραπάνω στοιχεία παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των διαδρομών και των διασχίσεων οδών των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα. Παράλληλα, από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ικανοποιητική επάρκεια και αντιπροσωπευτικότητα των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την έρευνα πεδίου.

Ωστόσο, δεν είναι δυνατό να εξαχθεί συμπέρασμα αναφορικά με τον τρόπο λήψης αποφάσεων διάσχισης οδού των πεζών και τις σχετικές καθοριστικές παραμέτρους από τις περιγραφικές αυτές στατιστικές, καθότι οι αποφάσεις αυτές βασίζονται σε μια σύνθετη διαδικασία, η οποία προκύπτει από τη συγκριτική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών διαφορετικών εναλλακτικών σε κάθε περίπτωση. Για την ανάλυση της διαδικασίας αυτής είναι απαραίτητος αφενός ο προσδιορισμός των εναλλακτικών αυτών (σύνολο επιλογών πεζού) σε κάθε περίπτωση και στη συνέχεια η προτυποποίηση της διαδικασίας. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται τα στάδια της τελικής επεξεργασίας των στοιχείων της έρευνας πεδίου για την ανάπτυξη των προτύπων.

4.4. Προετοιμασία αρχείων εισόδου για προτυποποίηση

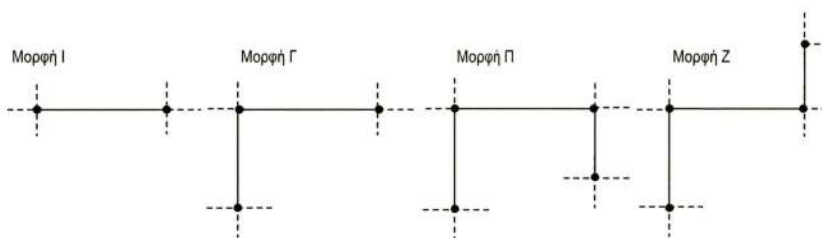
Προκειμένου να αξιοποιηθούν τα στοιχεία της έρευνας πεδίου για την προτυποποίηση της συμπεριφοράς των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος μιας αστικής διαδρομής, είναι απαραίτητη η κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων. Η επεξεργασία αυτή αφορά αφενός στην επιλογή των στοιχείων εκείνων που αναφέρονται στο εξεταζόμενο ερώτημα, και αφετέρου στην κατάλληλη μορφοποίησή τους. Ειδικότερα, από το σύνολο των στοιχείων κάθε διαδρομής επιλέγονται τα στοιχεία που αντιστοιχούν στο σύνολο επιλογών της κάθε θέσης κύριας διάσχισης. Στη συνέχεια δημιουργούνται αρχεία εισόδου δεδομένων για τις ανάγκες της προτυποποίησης.

4.4.1. Προσδιορισμός συνόλων επιλογών

Για τον προσδιορισμό του τμήματος της διαδρομής που αντιστοιχεί στο σύνολο επιλογών κάθε κύριας διάσχισης είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί ο αλγόριθμος που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.2.2. Για την εφαρμογή του γενικού αλγορίθμου, ώστε να καλύπτονται όλες οι περιπτώσεις διαδρομών (πλήθος οδικών αξόνων, πλήθος κύριων διασχίσεων, σχετική θέση προέλευσης / προορισμού κλπ.) θα ήταν απαραίτητος ο προγραμματισμός του αλγορίθμου σε περιβάλλον Microsoft Access, διαδικασία η οποία θα ήταν ιδιαίτερα σύνθετη.

Ωστόσο, κατά την κωδικοποίηση και τη διερευνητική ανάλυση των στοιχείων, και ιδιαίτερα κατά την αποτύπωση του ίχνους της κάθε διαδρομής σε αεροφωτογραφία, παρατηρήθηκε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των καταγεγραμμένων διαδρομών (συγκεκριμένα 385 από τις 491 διαδρομές) παρουσιάζει μία από τις παρακάτω τέσσερις βασικές μορφές (Σχήμα 4.9):

- Μορφή "I": Γράφημα ευθείας μορφής χωρίς σημεία καμπής.
- Μορφή "Γ": Γράφημα με ένα σημείο καμπής.
- Μορφή "Π": Γράφημα μορφής κυρτού πολυγώνου με δύο σημεία καμπής.
- Μορφή "Ζ": Γράφημα μορφής πολυγώνου με δύο σημεία καμπής και αναστροφή κυρτότητας.



Σχήμα 4.9. Βασικές μορφές γραφήματος καταγεγραμμένων διαδρομών

Για καθεμία από τις μορφές διαδρομών αυτές, η εφαρμογή του αλγόριθμου για την επιλογή των δεδομένων που αντιστοιχούν στα σύνολα επιλογών κάθε κύριας διάσχισης απαιτεί τη δημιουργία ενός απλού ερωτήματος (query) στη βάση δεδομένων, εφόσον σε κάθε περίπτωση ο αριθμός αξόνων και κύριων διασχίσεων είναι συγκεκριμένος. Επομένως, για τις διαδρομές αυτές επιλέχθηκε η δημιουργία και εφαρμογή των σχετικών ερωτημάτων στη βάση δεδομένων για την επιλογή των κατάλληλων στοιχείων σε κάθε περίπτωση.

Καταρχήν, για διαδρομές μορφής I δεν έχει ιδιαίτερη έννοια ο ορισμός εσωτερικού και εξωτερικού τμήματος του επιπέδου, παρά μόνο η σχετική θέση των σημείων προέλευσης και προορισμού ως προς τη διαδρομή, δηλαδή το αν αυτά βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικό ημιεπίπεδο σε σχέση με τη γραμμή της διαδρομής. Ορίζονται επομένως δύο σενάρια ως εξής (Σχήμα 4.10):

- Σενάριο I1: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο ίδιο ημιεπίπεδο ως προς τη διαδρομή, επομένως δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση.
- Σενάριο I2: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται σε διαφορετικό ημιεπίπεδο ως προς τη διαδρομή, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση. Το σύνολο επιλογών για τη θέση της διάσχισης αυτής περιλαμβάνει όλη τη διαδρομή.

		Προορισμός	
		Εσωτερικό	Εξωτερικό
Προέλευση	Εξωτερικό	Σενάριο I2 	Σενάριο I1 
	Εσωτερικό	Σενάριο I1 	Σενάριο I2 

Σχήμα 4.10. Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής I

Αναφορικά με διαδρομές μορφής Γ, υπενθυμίζεται ότι ως εσωτερικό ορίζεται το κοίλο τμήμα του γραφήματος και εφαρμόζεται ο γενικός αλγόριθμος ως εξής (Σχήμα 4.11):

Προορισμός	
Εσωτερικό	
Εξωτερικό	
Πρόελευση	Εσωτερικό
	Εξωτερικό
	Εσωτερικό
	Εξωτερικό
	Σενάριο Γ4
	Σενάριο Γ2A
	Σενάριο Γ2B
	Σενάριο Γ1
	Σενάριο Γ3

Σχήμα 4.11. Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Γ

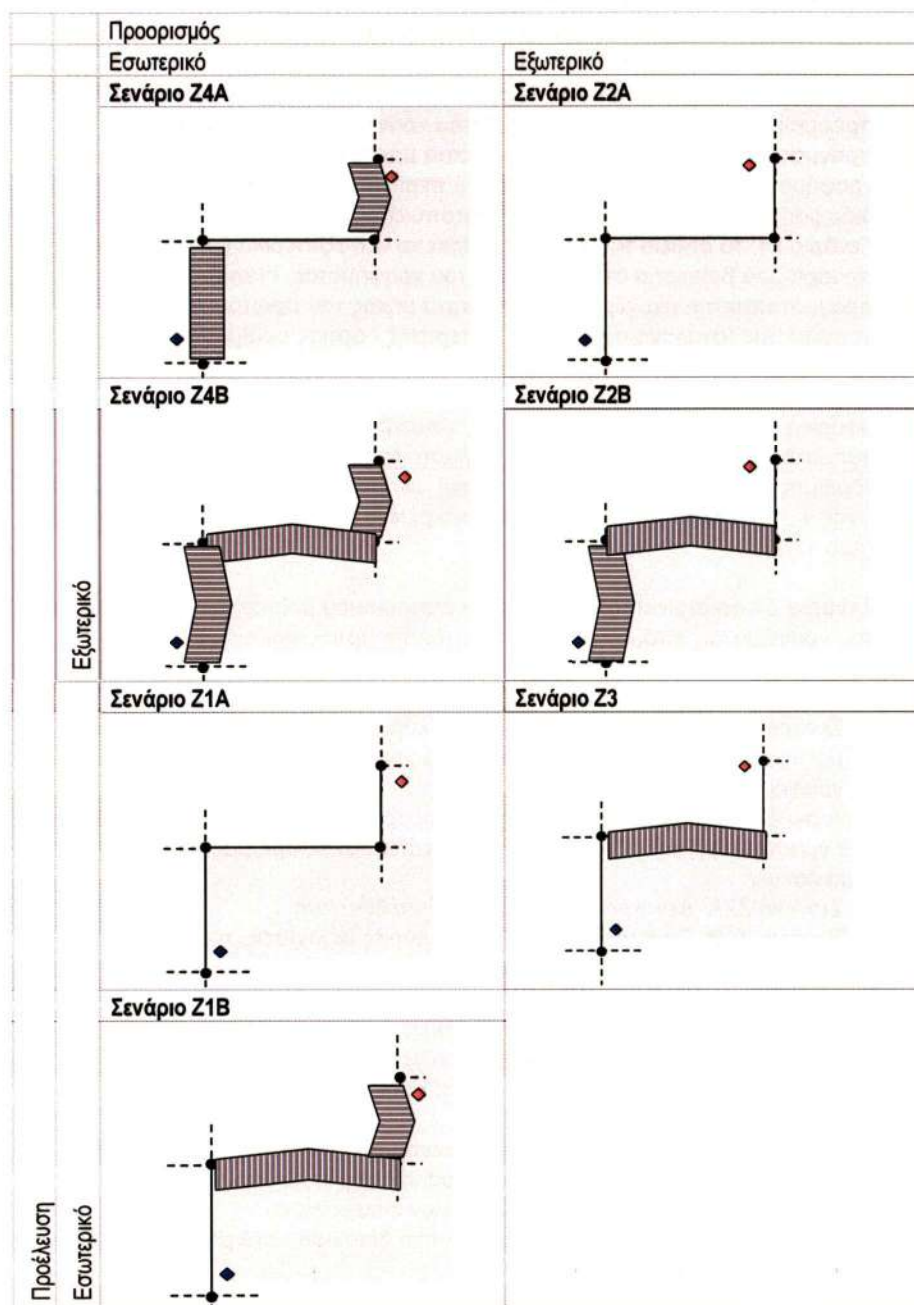
- Σενάριο Γ1: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εσωτερικό του γραφήματος, επομένως δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση.
- Σενάριο Γ2: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται άρτιος αριθμός κύριων διασχίσεων:
 - Σενάριο Γ2A: Δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση (πραγματοποιούνται δευτερεύουσες διασχίσεις)
 - Σενάριο Γ2B: Πραγματοποιούνται δύο κύριες διασχίσεις, με ανάλογη σχέση περιττής / άρτιας αρίθμησης μεταξύ των κύριων διασχίσεων και των τόξων

που αυτές πραγματοποιούνται (δηλ. η πρώτη κατά μήκος του πρώτου τόξου και η δεύτερη κατά μήκος του δεύτερου τόξου)

- Σενάριο Γ3: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εσωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του δεύτερου τόξου του γραφήματος (αντίστροφη σχέση μεταξύ περιπτώσεων / άρτιας αρίθμησης διάσχισης και τόξου που αυτή πραγματοποιείται).
- Σενάριο Γ4: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εξωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του πρώτου τόξου του γραφήματος (ανάλογη σχέση μεταξύ περιπτώσεων / άρτιας αρίθμησης διάσχισης και τόξου που αυτή πραγματοποιείται).

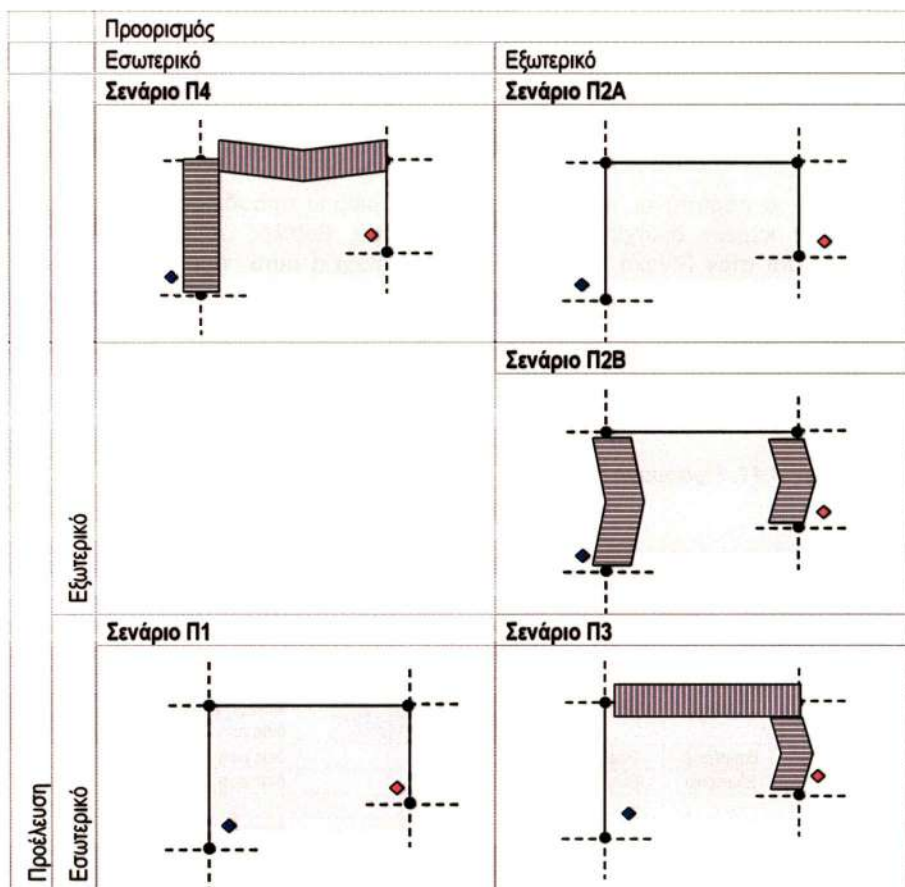
Αναφορικά με διαδρομές μορφής Z, ως εσωτερικό ορίζεται το κοίλο τμήμα του γραφήματος, το οποίο προκύπτει με βάση το πρώτο σημείο καμπής, και ο αλγόριθμος εφαρμόζεται στην ίδια λογική με την περίπτωση των διαδρομών μορφής Γ, με ένα επιπλέον βήμα. Συγκεκριμένα, εξετάζονται τα εξής σενάρια (Σχήμα 4.12):

- Σενάριο Z1: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται άρτιος αριθμός κύριων διασχίσεων:
 - Σενάριο Z1A: Δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση
 - Σενάριο Z1B: Πραγματοποιούνται δύο κύριες διασχίσεις, η πρώτη κατά μήκος του δεύτερου και η δεύτερη κατά μήκος του τρίτου τόξου του γραφήματος
- Σενάριο Z2: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται άρτιος αριθμός κύριων διασχίσεων:
 - Σενάριο Z2A: Δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση
 - Σενάριο Z2B: Πραγματοποιούνται δύο κύριες διασχίσεις, η πρώτη κατά μήκος του πρώτου και η δεύτερη κατά μήκος του δεύτερου τόξου του γραφήματος
- Σενάριο Z3: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εσωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του δεύτερου τόξου του γραφήματος
- Σενάριο Z4: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εξωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται περιττός αριθμός κύριων διασχίσεων:
 - Σενάριο Z4A: Πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του πρώτου ή του τρίτου τόξου του γραφήματος
 - Σενάριο Z4B: Πραγματοποιούνται τρεις κύριες διασχίσεις, η πρώτη κατά μήκος του πρώτου, η δεύτερη κατά μήκος του δεύτερου και η τρίτη κατά μήκος του τρίτου τόξου του γραφήματος



Σχήμα 4.12. Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Z

Τέλος, αναφορικά με τις κυρτές διαδρομές μορφής Π, εφαρμόζεται ο ειδικός αλγόριθμος για κυρτά γραφήματα ως εξής (Σχήμα 4.13):



Σχήμα 4.13. Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε διαδρομές μορφής Π

- Σενάριο Π1: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εσωτερικό του γραφήματος, επομένως δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση.
- Σενάριο Π2: τα σημεία προέλευσης και προορισμού βρίσκονται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται άρτιος αριθμός κύριων διασχίσεων:
 - Σενάριο Π2Α: Δεν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση

- Σενάριο Π2Β: Πραγματοποιούνται δύο κύριες διασχίσεις, μία κατά μήκος του πρώτου και μία κατά μήκος του τρίτου τόξου του γραφήματος
- Σενάριο Π3: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εσωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του δεύτερου ή του τρίτου τόξου του γραφήματος.
- Σενάριο Π4: το σημείο προέλευσης βρίσκεται στο εξωτερικό και το σημείο προορισμού βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος, επομένως πραγματοποιείται μία κύρια διάσχιση κατά μήκος του πρώτου ή του δεύτερου τόξου του γραφήματος.

Με βάση τα παραπάνω, η εφαρμογή του αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών κύριων διασχίσεων στις εξεταζόμενες βασικές μορφές διαδρομής συνοψίζεται στον Πίνακα 4.11. Με βάση τα στοιχεία αυτά, πραγματοποιήθηκε σειρά ερωτημάτων στη σχεσιακή βάση δεδομένων, από τα οποία ανακτήθηκαν τα υποσύνολα εκείνα της βάσης δεδομένων που αποτελούν σύνολα επιλογών κάποιας κύριας διάσχισης κάποιας διαδρομής. Τα ερωτήματα αυτά παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

Πίνακας 4.11. Εφαρμογή αλγόριθμου προσδιορισμού συνόλων επιλογών πεζού σε βασικές μορφές διαδρομής

Μορφή γραφήματος	Τοπολογική σχέση		Αριθμός διασχίσεων		Σύνολο επιλογών διάσχισης	Σενάριο
	Προέλευση	Προορισμός	Άρτιος	Περιττός		
Ι	ίδιο ημιεπίπεδο		0			I1
	διαφορετικό ημιεπίπεδο			1	όλο το γράφημα	I2
Γ	Εσωτερικό	Εσωτερικό	0			Γ1
			0			Γ2Α
	Εξωτερικό	Εξωτερικό	2		διάσχιση 1 - τόξο 1 διάσχιση 2 - τόξο 2	Γ2Β
	Εσωτερικό	Εξωτερικό		1	διάσχιση 1 - τόξο 2	Γ3
	Εξωτερικό	Εσωτερικό		1	διάσχιση 2 - τόξο 1	Γ4
Ζ	Εσωτερικό	Εσωτερικό	0			Z1Α
			2		διάσχιση 1 - τόξο 2 διάσχιση 2 - τόξο 3	Z1Β
			0			Z2Α
	Εξωτερικό	Εξωτερικό	2		διάσχιση 1 - τόξο 1 διάσχιση 2 - τόξο 2	Z2Β
	Εσωτερικό	Εξωτερικό		1	διάσχιση 1 - τόξο 2	Z3
				1	διάσχιση 1 - τόξο 1, 3	Z4Α
	Εξωτερικό	Εσωτερικό		3	διάσχιση 1 - τόξο 1 διάσχιση 2 - τόξο 2 διάσχιση 3 - τόξο 3	Z4Β
Π	Εσωτερικό	Εσωτερικό	0			Π1
			0			Π2Α
	Εξωτερικό	Εξωτερικό	2		διάσχιση 1 - τόξο 1 διάσχιση 2 - τόξο 3	Π2Β
	Εσωτερικό	Εξωτερικό		1	διάσχιση 1 - τόξα 2, 3	Π3
	Εξωτερικό	Εσωτερικό		1	διάσχιση 1 - τόξα 1, 2	Π4

Επισημαίνεται ότι τα παραπάνω σενάρια προφανώς δεν καλύπτουν όλες τις μορφές διαδρομών πεζού σε αστικό οδικό δίκτυο, καθότι αυτές μπορεί να είναι πολύ πιο σύνθετες, με περισσότερες αλλαγές κατεύθυνσης. Ωστόσο, τα βασικά κριτήρια για τον προσδιορισμό του συνόλου επιλογών του πεζού ισχύουν σε κάθε περίπτωση. Για τις υπόλοιπες 106 διαδρομές, οι οποίες παρουσίαζαν κάποια πιο σύνθετη μορφή, η εφαρμογή του αλγόριθμου προσδιορισμού των συνόλων επιλογών πραγματοποιήθηκε κατά περίπτωση, ξεχωριστά για τα κυρτά τμήματα των διαδρομών και ξεχωριστά για τα τμήματα με αναστροφή κυρτότητας. Συνολικά, μόνο σε 5 από τις 491 διαδρομές δεν κατέστη δυνατή η εφαρμογή του αλγόριθμού, καθότι αυτές περιλαμβάνουν παράλληλες και αντίθετες κύριες διασχίσεις, ωστόσο το ποσοστό αυτό μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο.

4.4.2. Επεξεργασία δομής αρχείων

Το τελικό στάδιο επεξεργασίας των στοιχείων αφορά στην κατάλληλη μορφοποίησή τους για της ανάγκες της προτυποποίησης. Ειδικότερα, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν τα αρχεία εισόδου της προτυποποίησης, τα οποία πρέπει να έχουν την κατάλληλη δομή και τις κατάλληλες διαστάσεις. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3, προτείνεται ο έλεγχος δύο βασικών υποθέσεων για τη διαδικασία λήψης απόφασης των πεζών: μια διαδοχική διαδικασία και μια συνολική (ιεραρχική) διαδικασία, για την καθεμία από τις οποίες απαιτείται και διαφορετική δομή και διαστάσεις των δεδομένων εισόδου.

Αναφορικά με τη **μορφή των δεδομένων για τη διαδοχική διαδικασία προτυποποίησης**, υπενθυμίζεται ότι αφορά σε μια διαδικασία λήψης απόφασης κύριας διάσχισης σε κόμβο, εκτός κόμβου ή μη κύριας διάσχισης, και η απόφαση αυτή λαμβάνεται σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών του πεζού, μέχρι την πραγματοποίηση της κύριας διάσχισης, οπότε το υπόλοιπο σύνολο επιλογών δεν εξετάζεται. Επομένως, τα δεδομένα εισόδου για την ανάπτυξη των σχετικών προτύπων πρέπει να είναι σε αντίστοιχη διαδοχική μορφή (ανά οδικό τμήμα). Δεδομένου ότι η μορφή του αρχείου των πρωτογενών δεδομένων ήταν στη μορφή αυτή, η προετοιμασία των στοιχείων για προτυποποίηση πραγματοποιήθηκε κατευθείαν από τα πρωτογενή δεδομένα με υποβολή διαδοχικών ερωτημάτων στη σχεσιακή βάση δεδομένων ως εξής:

- Καταρχήν δημιουργήθηκε το πλήρες συνδυαστικό αρχείο δεδομένων ανά οδικό τμήμα από τη σχεσιακή βάση δεδομένων
- Από το αρχείο αυτό επιλέχθηκαν τα οδικά τμήματα κάθε διαδρομής τα οποία αντιστοιχούν στο σύνολο επιλογών της κάθε θέσης διάσχισης, με βάση κατάλληλα ερωτήματα στο συνδυαστικό αρχείο, όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα.

- Από τα οδικά τμήματα των παραπάνω συνόλων επιλογών αποκλείστηκαν τα οδικά τμήματα που βρίσκονται μετά το οδικό τμήμα όπου πραγματοποιήθηκε κύρια διάσχιση.
- Τέλος, κωδικοποιήθηκε η κατάλληλη εξαρτημένη μεταβλητή (διάσχιση σε κόμβο, διάσχιση εκτός κόμβου, μη διάσχιση).

Η μορφή του αρχείου δεδομένων που προέκυψε από την παραπάνω διαδικασία, και το οποίο αποτελεί το αρχείο δεδομένων εισόδου για διαδοχική προτυποποίηση, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.12. Όπως φαίνεται στον Πίνακα, η κάθε σειρά δεδομένων αφορά σε ένα οδικό τμήμα του κάθε συνόλου επιλογών της κάθε κύριας διάσχισης της κάθε διαδρομής, ενώ δεν περιλαμβάνονται τα οδικά τμήματα που έπονται της κύριας διάσχισης. Σε κάθε οδικό τμήμα αντιστοιχούν τα σχετικά χαρακτηριστικά του πεζού, του οδικού τμήματος, της κυκλοφορίας κλπ.

Πίνακας 4.12. Μορφή αρχείου εισόδου δεδομένων για διαδοχική προτυποποίηση

I_sn	R_sn	L_sn	Choice	L_...	I_...	R_...
1	1	1	2	...	...	...
1	1	2	2	...	...	...
1	1	3	1	...	...	...
2	2	1	2	...	...	...
2	2	2	2	...	...	...
2	2	3	0	...	...	...
3	3	1	1	...	...	...
4	4	1	1	...	...	...
5	5	1	2	...	...	...
5	5	2	0	...	...	...
6	6	1	2	...	...	...
6	6	2	1	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

2: No crossing

1: Crossing at junction

0: Crossing at mid-block

Αναφορικά με τη μορφή του αρχείου δεδομένων για συνολική (ιεραρχική) προτυποποίηση, υπενθυμίζεται ότι θεωρείται ότι ο πεζός αξιολογεί συνολικά όλες τις εναλλακτικές του συνόλου επιλογών για να επιλέξει θέση διάσχισης. Στο πλαίσιο αυτό, τα δεδομένα εισόδου του προτύπου πρέπει να είναι στην αντίστοιχη μορφή (δηλ. ανά σύνολο επιλογών). Για τη δημιουργία του αρχείου δεδομένων από τα πρωτογενή στοιχεία της βάσης δεδομένων απαιτήθηκε μια πιο σύνθετη διαδικασία, καθώς τα πρωτογενή δεδομένα είναι διαθέσιμα ανά οδικό τμήμα, επομένως ορισμένα χαρακτηριστικά διαφέρουν μέσα στο σύνολο επιλογών (πχ. χαρακτηριστικά κυκλοφορίας ανά οδικό τμήμα) ενώ ορισμένα

άλλα είναι κοινά μέσα στο σύνολο επιλογών (πχ. χαρακτηριστικά διαδρομής). Ειδικότερα:

- Από τα πρωτογενή στοιχεία επιλέχθηκαν τα οδικά τμήματα κάθε διαδρομής τα οποία αντιστοιχούν στο σύνολο επιλογών της κάθε θέσης διάσχισης, με βάση διαδοχικά κατάλληλα ερωτήματα στο συνδυαστικό αρχείο, όπως περιγράφηκε παραπάνω.
- Το αρχείο με τα σύνολα επιλογών της κάθε κύριας διάσχισης μετασχηματίστηκε κατάλληλα ως εξής:
 - οι μεταβλητές που είναι κοινές για κάθε σύνολο επιλογών (χαρακτηριστικά πεζών και διαδρομών) ορίστηκαν ως μονοδιάστατοι πίνακες (arrays) με διάσταση ίση με το μέγεθος του δείγματος $R_{_sn}$
 - οι μεταβλητές που είναι διαφορετικές για διαφορετικά τμήματα του συνόλου επιλογών (χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων και διασχίσεων) ορίστηκαν ως πίνακες δύο διαστάσεων με βάση τόσο το μέγεθος του δείγματος όσο και το μέγεθος του συνόλου επιλογών $R_{_sn} \times L_{_sn}$.
 - για κάθε σύνολο επιλογών ορίστηκε ένας αύξων αριθμός
 - σε κάθε σύνολο επιλογών ορίστηκε μία στήλη για τις τιμές καθεμίας εκ των κοινών μεταβλητών
 - επίσης, σε κάθε σύνολο επιλογών ορίστηκαν για καθεμία από τις μεταβλητές με διαφορετικά χαρακτηριστικά από μία στήλη για τις τιμές κάθε μεταβλητής σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών πχ. για σύνολο επιλογών με 3 οδικά τμήματα ορίστηκαν 3 στήλες τιμών κυκλοφοριακού φόρτου, μία για το κάθε τμήμα.
- Κωδικοποιήθηκε η κατάλληλη εξαρτημένη μεταβλητή (διάσχιση στην εναλλακτική 1, στην εναλλακτική 2, κλπ.) με μέγιστη τιμή όπως προκύπτει από τα στοιχεία του μεγαλύτερου συνόλου επιλογών.

Δεδομένου ότι κάθε σύνολο επιλογών περιέχει διαφορετικό αριθμό οδικών τμημάτων, οι διαστάσεις του τελικού αρχείου δεδομένων προκύπτουν από το συνδυασμό του μέγιστου αύξοντα αριθμού συνόλου επιλογών επί το μέγιστο αριθμό οδικών τμημάτων των συνόλων επιλογών. Η διαδικασία δημιουργίας του αρχείου εισόδου δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη δημιουργία κατάλληλου προγράμματος μετασχηματισμού πινάκων σε περιβάλλον Fortran, το οποίο παρατίθεται στον Παράρτημα IV.

Η μορφή του αρχείου δεδομένων που προέκυψε από την παραπάνω διαδικασία, και το οποίο αποτελεί το αρχείο δεδομένων εισόδου για συνολική προτυποποίηση, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.13. Όπως φαίνεται στον Πίνακα, η κάθε σειρά δεδομένων αφορά σε ένα σύνολο επιλογών κύριας διάσχισης. Σε αυτό αντιστοιχούν από μία στήλη για κάθε χαρακτηριστικό (πεζού, διαδρομής) που είναι κοινό για όλο το σύνολο επιλογών και τόσες στήλες όσες είναι τα οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών για κάθε χαρακτηριστικό που είναι διαφορετικό.

Από το βασικό αυτό αρχείο αυτό είναι δυνατόν να δημιουργηθούν όλα τα επιμέρους αρχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των διαφόρων

προτύπων που εξετάζονται στο πλαίσιο της συνολικής (ιεραρχικής) προτυποποίησης. Λεπτομέρειες αναφορικά με τη μορφή και το περιεχόμενο του κάθε αρχείου παρατίθενται στο επόμενο Κεφάλαιο, όπου παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης, ερμηνείας και αξιολόγησης των προτύπων συμπεριφοράς πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης αστικής οδού.

Πίνακας 4.13. Μορφή αρχείου εισόδου δεδομένων για συνολική προτυποποίηση

I_sn	R_sn	Choice	I_...	R_...	L_1...	L2_...	L3_...	L4_...
1	1	1	...	...	...	...	999	999
1	1	2	...	...	...	...	...	999
2	2	2	...	...	...	...	...	999
3	3	4	...	...	...	...	...	...
4	4	2	...	...	...	...	999	999
4	4	3	...	...	...	...	999	999
5	5	1	...	...	...	...	...	...
6	6	1	...	...	...	...	...	999
6	6	2	...	...	...	...	999	999
6	6	1	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	999	999

1: alternative 1

2: alternative 2

3: alternative 3

4: alternative 4

...

999: not available

5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Στο Κεφάλαιο αυτό αξιοποιούνται τα στοιχεία της έρευνας πεδίου για την ανάπτυξη προτύπων επιλογής θέσης διάσχισης οδών από πεζούς με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία. Αρχικά εξετάζεται η απλή περίπτωση επιλογής μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου σε ένα μόνο οδικό τμήμα.

Στη συνέχεια, αναπτύσσονται πρότυπα για την περιγραφή μιας διαδοχικής λήψης απόφασης διάσχισης σε κόμβο, εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών του πεζού. Συγκεκριμένα, ελέγχονται πολυωνυμικά και ιεραρχικά διαδοχικά πρότυπα, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές υποθέσεις συμπεριφοράς πεζών, ενώ λαμβάνεται υπόψη η δυναμική της διαδικασίας. Επίσης, αναπτύσσονται πρότυπα για την περιγραφή μιας συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης διάσχισης μεταξύ όλων των θέσεων του συνόλου επιλογών του πεζού. Συγκεκριμένα, εξετάζονται πολυωνυμικά, ιεραρχικά και συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα, τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές υποθέσεις συμπεριφοράς πεζών. Επίσης, εξετάζονται πρότυπα που αντιστοιχούν σε ευρύτερες διαδικασίες διαδοχικής λήψης απόφασης.

Σε κάθε περίπτωση πραγματοποιούνται έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας των παραμέτρων και προσαρμογής των προτύπων, καθώς και αναλύσεις ευαισθησίας και ελαστικότητας των επιλογών στις παραμέτρους αυτές.

Τέλος, πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την επιλογή του βέλτιστου προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης οδών.

5.1. Επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου

Στην παρούσα ενότητα εξετάζεται η απλή περίπτωση κατά την οποία το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει μόνο ένα οδικό τμήμα μεταξύ διαδοχικών κόμβων. Όπως αναφέρθηκε στη μεθοδολογία, στην περίπτωση αυτή η απόφαση του πεζού αφορά σε μια επιλογή μεταξύ θέσης διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου και μπορεί να περιγραφεί από ένα διωνυμικό λογιστικό πρότυπο. Τα αποτελέσματα του προτύπου μπορεί επίσης να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με το είδος της επιρροής των παραμέτρων, οι οποίες μπορεί να αξιοποιηθούν και σε πιο σύνθετες διαδικασίες λήψης απόφασης.

5.1.1. Διωνυμικό πρότυπο

Εξετάζεται καταρχήν ένα απλό διωνυμικό πρότυπο επιλογής μεταξύ διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου για την περίπτωση όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει ένα μόνο οδικό τμήμα. Το σχετικό δείγμα αφορά σε 522 (από τις συνολικά 884) κύριες διασχίσεις. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι μια διττή διακριτή μεταβλητή (0: εκτός κόμβου, 1: σε κόμβο) και οι ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέγονται από τα χαρακτηριστικά του Πίνακα 4.1. Για την ανάπτυξη του προτύπου αυτού, καθώς και όλως των προτύπων που παρουσιάζονται στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Biogeme v1.8 (Bierlaire, 2003).

Ειδικότερα, αρχικά εξετάστηκε μεμονωμένα η επιρροή κάθε μεταβλητής, ώστε να δημιουργηθεί μια πρώτη εικόνα για το πρόσημο και τη στατιστική σημαντικότητα της επιρροής κάθε μεταβλητής. Στη συνέχεια, εξετάστηκαν συνδυαστικά όλες οι μεταβλητές με στατιστικά σημαντική μεμονωμένη επιρροή και εξετάστηκε η επιρροή της κάθε μεταβλητής, καθώς και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Ιδιαίτερα όσον αφορά στη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, η ενσωμάτωση στο πρότυπο μεταβλητών που εμφανίζουν συσχέτιση μπορεί να οδηγήσει σε πολυσυγγραμμικότητα, δηλαδή απώλεια της αποτελεσματικότητας των συντελεστών του προτύπου (multicollinearity), υποτιμώντας τα τυπικά σφάλματα των συντελεστών αυτών (Washington et al. 2003). Για το λόγο αυτό, σε κάθε περίπτωση εξετάστηκε τόσο η στατιστική όσο και η φυσική συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών, έτσι ώστε να παραμείνουν στο πρότυπο μόνο ανεξάρτητες μεταξύ τους μεταβλητές. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε συσχετίσεις μεταξύ χαρακτηριστικών του πεζού (πχ. ηλικία πεζού και ταχύτητα διαδρομής), καθώς και σε συσχετίσεις μεταξύ οδικών και κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών (πχ. αριθμός λωρίδων και διαχωριστική νησίδα, πλάτος πεζοδρομίου και στάθμευση παρά το κράσπεδο, αριθμός λωρίδων και σηματοδότηση κλπ.).

Επισημαίνεται ότι, εφόσον η θεωρία χρησιμότητας βασίζεται στην επιλογή της εναλλακτικής με τη μέγιστη χρησιμότητα, αυτό που ουσιαστικά ενδιαφέρει είναι η σχετική χρησιμότητα των εναλλακτικών, και αντίστοιχα η σχετική επιρροή των

εξεταζόμενων παραμέτρων στη χρησιμότητα των εναλλακτικών. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση δύο εναλλακτικών, αρκεί η εξέταση της επιρροής των παραμέτρων μόνο στη μία από τις δύο εναλλακτικές. Στην προκειμένη περίπτωση, οι εξεταζόμενες παράμετροι ενσωματώθηκαν στη συνάρτηση χρησιμότητας της εναλλακτικής 'κόμβος'. Τα αποτελέσματα του βέλτιστου προτύπου επιλογής μεταξύ θέσης κόμβου / εκτός κόμβου αναφορικά με τις τιμές, τα τυπικά σφάλματα και τη στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1. Διωνυμικό λογιστικό πρότυπο επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου σε μεμονωμένα οδικά τμήματα

Utility functions

0 - Mid-block	$ASC0 * one + B0_midprevious * midprevious$
1 - Junction	$ASC1 * one + B_signal * J_signal + B_oneway * L_oneway + B_guardrails * L_guardrails + B_secend * L_secend + B_attract * L_attract + B_vpd2 * l_logvpd2 + B_park * L_park + B_plength * L_plength$

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC0	0	fixed		
ASC1	4.210	1.920	2.190	0.030
B0_midprevious	0.451	0.312	1.450	0.150
B_attract	-2.300	0.474	-4.850	0.000
B_guardrails	1.180	0.473	2.490	0.010
B_oneway	-0.735	0.306	-2.400	0.020
B_park	-0.845	0.422	-2.010	0.040
B_plength	0.881	0.413	2.140	0.030
B_secend	1.160	0.495	2.340	0.020
B_signal	1.250	0.297	4.190	0.000
B_vpd2	-0.951	0.456	-2.090	0.040

Model: Multinomial Logit

Number of estimated parameters: 10

Number of observations: 522

Number of individuals: 522

Null log-likelihood: -361.823

Final log-likelihood: -242.07

Likelihood ratio test: 239.506

Rho-square: 0.331

Adjusted rho-square: 0.303

Diagnostic: Convergence reached...

Iterations: 6

Ειδικότερα:

- Όπως προκύπτει από τους σταθερούς όρους των συναρτήσεων χρησιμότητας (alternative specific constant - ASC), η μέση χρησιμότητα των θέσεων κόμβων είναι μεγαλύτερη από αυτή των θέσεων εκτός κόμβου.
- Η ύπαρξη κάποιου πόλου έλξης στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα (B_attract) μειώνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο, προφανώς λόγω του ότι ο πόλος έλξης βρίσκεται κατά μήκος του οδικού τμήματος και προσεγγίζεται ευκολότερα με διάσχιση εκτός κόμβου.
- Η ύπαρξη κιγκλιδωμάτων κατά μήκος του οδικού τμήματος (B_guardrails) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο, καθότι σε αρκετές περιπτώσεις τα κιγκλιδώματα είναι συνεχή και εμποδίζουν την πρόσβαση στο οδόστρωμα για διάσχιση εκτός κόμβου.
- Εάν το οδικό τμήμα είναι μονόδρομος (B_oneway), η χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο μειώνεται, εξαιτίας του μειωμένου πλάτους διάσχισης, πιθανότατα σε συνδυασμό με ευμενέστερες κυκλοφοριακές και γενικότερες συνθήκες για τους πεζούς.
- Η ύπαρξη στάθμευσης παρά το κράσπεδο (B_park) επίσης μειώνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο, πιθανότατα εξαιτίας της δυνατότητας των πεζών να σταθούν ανάμεσα στα σταθμευμένα οχήματα αναζητώντας κατάλληλη ευκαιρία διάσχισης.
- Η ύπαρξη σηματοδότησης (B_signal) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο.
- Η πραγματοποίηση δευτερεύουσας διάσχισης στο τέλος του οδικού τμήματος (B_secend) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο, πιθανότατα εκφράζοντας το συνδυασμό μιας παράλληλης και μιας κάθετης διάσχισης στον ίδιο κόμβο.
- Η χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο αυξάνεται με το ποσοστό του μήκους της διαδρομής (B_plength), δείχνοντας μια τάση των πεζών να είναι λιγότερο ρισκινούντοι όσο πλησιάζουν προς τον προορισμό τους.
- Αντίθετα, η χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο μειώνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του πεζού (B_vped) - εκφρασμένη σε λογάριθμο - προφανώς εξαιτίας του ότι οι πιο γρήγοροι πεζοί επιδιώκουν να μειώσουν ακόμη περισσότερο τις καθυστερήσεις τους διασχίζοντας εκτός κόμβου.
- Η χρησιμότητα διάσχισης εκτός κόμβου αυξάνεται όταν έχει προηγηθεί και άλλη διάσχιση εκτός κόμβου (B_midprevious). Η παράμετρος αυτή είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 85% και αφορά στην περίπτωση που περισσότερες από μία εκ των εξεταζόμενων διασχίσεων πραγματοποιείται από το ίδιο άτομο και χρησιμοποιείται ως προσέγγιση της εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση. Ειδικότερα, εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού τέτοιων περιπτώσεων στο δείγμα, προτιμήθηκε η χρήση αυτής της μεταβλητής αντί ενός τυπικού όρου αυτοπαλινδρόμησης, με τον οποίο θα προέκυπτε σημαντική μείωση του δείγματος. Η επιρροή αυτής της παραμέτρου εκφράζει μια συστηματική τάση ορισμένων πεζών να διασχίζουν εκτός κόμβου.

Η επιρροή των παραπάνω στατιστικά σημαντικών παραμέτρων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις αναμενόμενη (intuitive) και επιβεβαιώνει σχετικά αποτελέσματα από υφιστάμενες έρευνες (Chu et al. 2003; Baltes & Chu 2002; Lassarre et al. 2007; Yannis et al. 2007). Σημειώνεται ότι στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης επιλέγεται ως αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης το 90%. Οι στατιστικά σημαντικές παράμετροι περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά τόσο του πεζού και της διαδρομής όσο και των οδικών και κυκλοφοριακών συνθηκών στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα, επιβεβαιώνοντας την ανάγκη εξέτασης της συνδυαστικής επιρροής διαφορετικών καθοριστικών παραγόντων, η οποία αποτελεί βασικό στόχο της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Σημειώνεται ότι οι υπόλοιπες διαθέσιμες μεταβλητές είτε δεν εμφάνιζαν στατιστικά σημαντική επιρροή, είτε βρέθηκαν να συσχετίζονται με άλλες μεταβλητές. Συγκεκριμένα, η ηλικία του πεζού βρέθηκε να συσχετίζεται αρνητικά με την ταχύτητά του, η σηματοδότηση βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο του οδικού τμήματος, ο αριθμός λωρίδων βρέθηκε να συσχετίζεται με τους μονόδρομους και η στάθμευση παρά το κράσπεδο βρέθηκε να συσχετίζεται αρνητικά με το πλάτος του πεζοδρομίου. Σε κάθε περίπτωση, επιλέχθηκε η πιο στατιστικά σημαντική μεταβλητή μεταξύ των συσχετιζόμενων μεταβλητών.

Τέλος, παρατηρείται ιδιαίτερα ικανοποιητική προσαρμογή του διωνυμικού προτύπου, με βάση τον έλεγχο πιθανοφάνειας, καθώς η διαφορά στην πιθανοφάνεια μεταξύ του μηδενικού προτύπου (null model) και του τελικού προτύπου (final model) είναι ίση με 239.5, ποσότητα στατιστικά σημαντική κατά χ^2 με βαθμούς ελευθερίας ίσους με τον αριθμό παραμέτρων του προτύπου μείον ένα (δηλ. ίσους με 9) σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (Bierlaire, 2008; Ben-Akiva & Lerman, 1986). Ιδιαίτερα ικανοποιητική είναι και η τιμή του συντελεστή προσαρμογής ρ^2 (Rho-square), η οποία είναι ίση με 0.33.

Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, ορισμένες από τις 522 παρατηρήσεις κύριας διάσχισης όπου το σύνολο επιλογών του πεζού είναι μόνο ένα οδικό τμήμα προέρχονται από τον ίδιο πεζό, πρόκειται δηλαδή για διαδοχικές κύριες διασχίσεις κατά μήκος της ίδιας διαδρομής (δυναμικά διαστρωματικά δεδομένα). Η εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση που εμφανίζεται σε αυτήν την περίπτωση, λαμβάνεται υπόψη με τη μεταβλητή $B_{midprevious}$, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Ωστόσο, ατομική ετερογένεια μπορεί να εκφράζεται ως ένα επιπλέον σφάλμα στον υπολογισμό της χρησιμότητας. Για την εξέταση της ύπαρξης ατομικής ετερογένειας είναι απαραίτητη η ανάπτυξη μικτού διωνυμικού προτύπου με χρήση προσομοίωσης.

5.1.2. Μικτό διωνυμικό πρότυπο με ατομική ετερογένεια

Η ατομική ετερογένεια προέρχεται από το γεγονός ότι οι εξεταζόμενες 522 παρατηρήσεις προέρχονται από μια ομάδα (panel) 307 πεζών, καθένας εκ των οποίων πραγματοποίησε την εξεταζόμενη διττή επιλογή μία ή περισσότερες φορές, με αποτέλεσμα μέρος της συνολικής διακύμανσης των επιλογών να οφείλεται σε διαφορές μεταξύ των πεζών και όχι σε διαφορές μεταξύ των εναλλακτικών. Η επιρροή αυτή εισάγεται στη συνάρτηση χρησιμότητας μιας εκ των δύο εναλλακτικών (εφόσον ενδιαφέρει πρωτίστως η σχετική χρησιμότητα των δύο εναλλακτικών) ως ένα τυχαίο σφάλμα κανονικής κατανομής με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση σ ($\sim N[0, \sigma]$). Για τον υπολογισμό του προτύπου πραγματοποιήθηκαν 1000 τυχαίες εξαγωγές από μια ομοιόμορφη (uniform) κατανομή, ενώ ως αρχικές τιμές των παραμέτρων ορίστηκαν οι τιμές του απλού διωνυμικού προτύπου.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2, όπου παρατηρείται στατιστικά σημαντική ατομική ετερογένεια στις εξεταζόμενες επιλογές.

Πίνακας 5.2. Μικτό διωνυμικό πρότυπο επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου σε μεμονωμένα οδικά τμήματα

Utility functions				
0 - Mid-block	$ASC0 * one + B0_midprevious * midprevious$			
1 - Junction	$ASC1 * one + B_signal * J_signal + B_oneway * L_oneway + B_guardrails * L_guardrails + B_secdend * L_secdend + B_attract * L_attract + B_vped2 * I_logvped2 + B_park * L_park + B_plength * L_plength + ZERO [SIGMA] * one$			

Utility parameters				
Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC0	0	fixed		
ASC1	6.270	2.650	2.360	0.020
B0_midprevious	-0.019	0.407	-0.050	0.960
B_attract	-2.910	0.618	-4.710	0.000
B_guardrails	1.550	0.646	2.400	0.020
B_oneway	-0.817	0.448	-1.820	0.070
B_park	-1.220	0.547	-2.230	0.030
B_plength	1.040	0.580	1.790	0.070
B_secdend	1.430	0.724	1.980	0.050
B_signal	1.730	0.437	3.950	0.000
B_vped2	-1.450	0.635	-2.280	0.020
SIGMA	-1.430	0.372	-3.850	0.000

Model: Mixed Multinomial Logit for panel data

Number of draws: 1000
 Number of estimated parameters: 11
 Number of observations: 522
 Number of individuals: 307
 Null log-likelihood: -361.823
 Final log-likelihood: -237.364
 Likelihood ratio test: 248.917
 Rho-square: 0.344
 Adjusted rho-square: 0.314
 Diagnostic: Convergence reached...
 Iterations: 25

Παράλληλα, η επιρροή της προηγούμενης επιλογής του πεζού, δηλαδή της εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση είναι σε αυτήν την περίπτωση μη σημαντική, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι συσχέτιση μεταξύ των παρατηρήσεων οφείλεται αμιγώς σε ετερογένεια (pure heterogeneity) και όχι σε εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση.

Η εισαγωγή της ατομικής ετερογένειας είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής (και σε ορισμένες περιπτώσεις και της στατιστικής σημαντικότητας) των παραμέτρων του προτύπου, γεγονός που αποδεικνύει ότι η ποσοτικοποίηση ενός συγκεκριμένου μέρους της τυχαιότητας στη χρησιμότητα των εναλλακτικών μπορεί να σταθεροποιήσει και το συστηματικό μέρος της χρησιμότητας. Επίσης, το προτεινόμενο πρότυπο εμφανίζει χαμηλότερη τιμή τελικής πιθανοφάνειας και υψηλότερο συντελεστή ρ^2 από το απλό διωνυμικό πρότυπο.

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι το βέλτιστο πρότυπο για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης απόφασης μεταξύ διάσχισης σε κόμβο και διάσχισης εκτός κόμβου, στις περιπτώσεις δηλαδή όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει μόνο ένα οδικό τμήμα, είναι ένα μικτό διωνυμικό πρότυπο με ατομική ετερογένεια. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, η απόφαση διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου επηρεάζεται από την ταχύτητα του πεζού, το ποσοστό μήκους της διαδρομής, τον αριθμό λωρίδων, την ύπαρξη σηματοδότησης και στάθμευσης παρά το κράσπεδο και την ανάγκη πραγματοποίησης δευτερευουσών διασχίσεων.

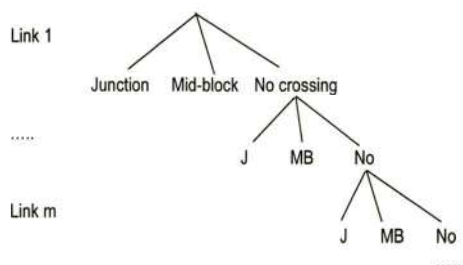
5.2. Διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάπτυξης προτύπων για την επιλογή θέσης διάσχισης οδού σε περιπτώσεις όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει περισσότερα από ένα οδικά τμήματα. Πρόκειται για 362 κύριες διασχίσεις από τα στοιχεία της έρευνας πεδίου. Ειδικότερα, ελέγχεται μια υπόθεση σύμφωνα με την οποία δεν λαμβάνεται υπόψη τυχόν προηγούμενη γνώση του πεζού για το σύνολο επιλογών του, και οι διάφορες εναλλακτικές θέσεις κύριας διάσχισης γίνονται προοδευτικά διαθέσιμες κατά τη διάρκεια της διαδρομής.

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών πραγματοποιείται μια τριωνυμική επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης. Εφόσον επιλεγθεί μη διάσχιση, η επιλογή μεταφέρεται στο επόμενο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και ούτω καθ' εξής, μέχρις ότου πραγματοποιηθεί η κύρια διάσχιση, οπότε το υπόλοιπο σύνολο επιλογών δεν εξετάζεται. Εξαιτίας της διαδοχικής δομής της διαδικασίας λήψης απόφασης, αναμένεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαδοχικών επιλογών, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την προτυποποίηση.

5.2.1. Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα

Καταρχήν εξετάζονται διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα για την επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα της διαδρομής (Σχήμα 5.1). Η εναλλακτική της μη διάσχισης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της χρησιμότητας αναφοράς, ώστε οι χρησιμότητες των άλλων δύο εναλλακτικών να εκφραστούν σε σχέση με τη χρησιμότητα της μη διάσχισης.



Σχήμα 5.1. Διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Προκειμένου να εξεταστεί η συσχέτιση μεταξύ διαδοχικών επιλογών (διαδοχικών οδικών τμημάτων) μπορεί να ενσωματωθεί στη συνάρτηση χρησιμότητας ένας όρος εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση (state dependence term) της μορφής y_{t-1} , με τον οποίο εκφράζεται η εξάρτηση της επιλογής σε κάθε φάση t από την επιλογή της προηγούμενης φάσης $t-1$. Ωστόσο, κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα μη αμελητέα απώλεια δεδομένων για προτυποποίηση, καθότι ο αυτοπαλινδρομούμενος όρος δεν ορίζεται για την κατάσταση $t=1$ (δηλ. για το πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών. Δεδομένου ότι τα στοιχεία αφορούν σε 362 διασχίσεις σε συνολικά 681 οδικά τμήματα, επιλέχθηκε να αποφευχθεί η απώλεια δεδομένων και προτιμήθηκε μια εναλλακτική μέθοδος ώστε να ληφθεί υπόψη η δυναμική της διαδικασίας.

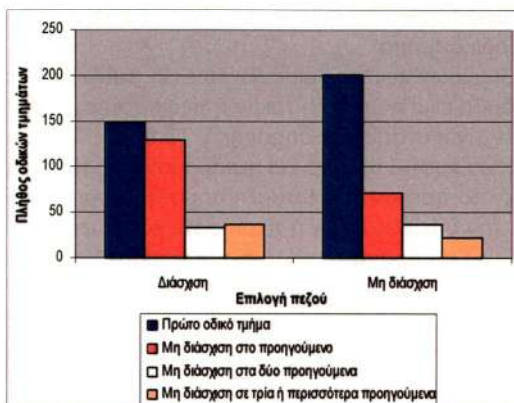
Συγκεκριμένα, ορίστηκε μια ομάδα μεταβλητών ελέγχου της δυναμικής της διαδικασίας, οι οποίες να εκφράζουν τη συσχέτιση των διαδοχικών οδικών τμημάτων, χωρίς να υπάρχει απώλεια δεδομένων ως εξής:

- Η μεταβλητή 'first' περιγράφει το πρώτο τμήμα του συνόλου επιλογών
- Η μεταβλητή 'skip1' περιγράφει την κατάσταση στην οποία έχει επιλεγεί μη διάσχιση στο ένα προηγούμενο οδικό τμήμα
- Η μεταβλητή 'skip2' περιγράφει την κατάσταση στην οποία έχει επιλεγεί μη διάσχιση στα δύο προηγούμενα οδικά τμήματα, ενώ η μεταβλητή 'skip3+' περιγράφει την κατάσταση στην οποία έχει επιλεγεί μη διάσχιση στα τρία ή περισσότερα προηγούμενα οδικά τμήματα

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.2, από τα στοιχεία της έρευνας πεδίου προκύπτει ότι στο πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα μη διάσχισης από ότι διάσχισης. Ωστόσο, η απόρριψη μιας ευκαιρίας διάσχισης στο προηγούμενο οδικό τμήμα αυξάνει την πιθανότητα διάσχισης στο επόμενο οδικό τμήμα. Αναφορικά με την απόρριψη δύο ή περισσότερων ευκαιριών διάσχισης, δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση των επιλογών στο επόμενο οδικό τμήμα.

Επισημαίνεται ότι, για το τελευταίο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών, και εφόσον δεν έχει ήδη πραγματοποιηθεί κύρια διάσχιση, η εναλλακτική της μη διάσχισης ορίζεται ως μη διαθέσιμη. Οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Μεταβλητές που επηρεάζουν τις επιλογές διάσχισης σε σχέση με την επιλογή μη διάσχισης (generic parameters), και εισάγονται σε όλες τις συναρτήσεις χρησιμότητας εναλλακτικών διάσχισης
- Μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή διάσχισης σε κόμβο σε σχέση με την επιλογή διάσχισης εκτός κόμβου (alternative-specific parameters), και εισάγονται μόνο στις αντίστοιχες συναρτήσεις χρησιμότητας



Σχήμα 5.2. Κατανομή επιλογών κύριας διάσχισης σε διαδοχικά οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών

Όλες οι εξεταζόμενες μεταβλητές ελέγχθηκαν και με τους δύο παραπάνω τρόπους εισαγωγής στις συναρτήσεις χρησιμότητας. Για την επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών ελέγχθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ τους, καθώς και η σταθερότητα των παραμέτρων τους σε διαφορετικές μορφές συναρτήσεων χρησιμότητας. Το βέλτιστο διαδοχικό πολυωνυμικό πρότυπο παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3. Παρατηρείται ότι:

- Οι σταθεροί όροι (ASC) των συναρτήσεων χρησιμότητας των εναλλακτικών διάσχισης είναι μικρότεροι από το σταθερό όρο της χρησιμότητας της εναλλακτικής μη διάσχισης, υποδηλώνοντας ότι στη βασική περίπτωση μη επιρροής άλλων παραμέτρων υπερισχύει η πιθανότητα μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα. Αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι κάθε σύνολο επιλογών περιέχει πολλά οδικά τμήματα, μόνο ένα όμως επιλέγεται για κύρια διάσχιση.
- Το πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών (B_first) έχει αυξημένη χρησιμότητα διάσχισης
- Η μη διάσχιση σε ένα οδικό τμήμα αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης στο επόμενο οδικό τμήμα (B_skip1)
- Η μη διάσχιση σε δύο διαδοχικά οδικά τμήματα αυξάνει ελαφρώς την πιθανότητα διάσχισης στο επόμενο οδικό τμήμα (B_skip2), ωστόσο η επιρροή αυτή είναι μη σημαντική σε επίπεδο 90%
- Όσο αυξάνεται το ποσοστό του μήκους της διαδρομής στο οποίο βρίσκεται ένα οδικό τμήμα ($B_plength$), τόσο αυξάνεται η χρησιμότητα διάσχισης
- Όσο αυξάνεται ο λογάριθμος της ταχύτητας διαδρομής του πεζού (B_vped), τόσο μειώνεται η χρησιμότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα, το οποίο δείχνει μια τάση των πιο γρήγορων πεζών να αναβάλλουν τη διάσχιση οδού, πιθανότατα για να αναβάλλουν τις πιθανές καθυστερήσεις που θα υποστούν κατά τη διάσχιση.

- Η ύπαρξη σηματοδότησης (B_signal) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο σε κάθε οδικό τμήμα
- Η ύπαρξη δύο λωρίδων κυκλοφορίας (B_lanes2) μειώνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο ενώ η ύπαρξη τριών ή περισσότερων λωρίδων κυκλοφορίας δεν είναι στατιστικά σημαντική. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί εφόσον ληφθεί υπόψη και η παρουσία της παραμέτρου της σηματοδότησης στο πρότυπο. Η ύπαρξη σηματοδότησης προφανώς συσχετίζεται με την ύπαρξη τριών ή περισσότερων λωρίδων κυκλοφορίας, γεγονός που εξηγεί τη μη σημαντικότητα της παραμέτρου αυτής, καθώς και με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Επομένως, η συγκεκριμένη παράμετρος των δύο λωρίδων κυκλοφορίας πιθανόν εκφράζει την επιρροή του αριθμού λωρίδων σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σηματοδότηση ή υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος, οπότε είναι πιθανή η διάσχιση εκτός κόμβου.
- Ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος (B_trafficL) αυξάνει τη χρησιμότητα της διάσχισης εκτός κόμβου σε κάθε οδικό τμήμα

Πίνακας 5.3. Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών

Utility functions

0 - Cross at Mid-block	$ASC0 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B0_changedirend * L_changedirend + B_vpd2 * l_logvpd2 + B0_trafficL * L_trafficL + B0_trafficH * L_trafficH + B_plength * L_plength$
1 - Cross at Junction	$ASC1 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B_vpd2 * l_logvpd2 + B1_signal * J_signal + B1_lanes1 * L_lanes1 + B1_lanes2 * L_lanes2 + B1_lanes3 * L_lanes3 + B_plength * L_plength$
2 - No Crossing	$ASC2 * one$

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC0	-0.14	1.59	-0.09	0.93
ASC1	-0.183	1.630	-0.110	0.910
ASC2	0.000			
B0_changedirend	-0.526	0.263	-2.000	0.050
B0_trafficH	0.000			
B0_trafficL	0.441	0.210	2.100	0.040
B1_lanes1	0.000			
B1_lanes2	-0.633	0.275	-2.310	0.020
B1_lanes3	0.331	0.286	1.160	0.250
B1_signal	0.641	0.234	2.740	0.010
B_first	0.614	0.343	1.790	0.070
B_plength	1.660	0.368	4.520	0.000
B_skip1	0.769	0.366	2.100	0.040
B_skip2	0.061	0.495	0.120	0.900
B_vp2	-0.569	0.370	-1.540	0.120

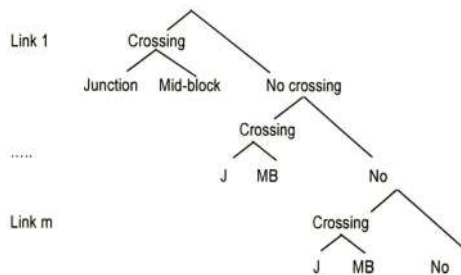
Model: Multinomial Logit

Number of estimated parameters:	12
Number of observations:	680
Number of individuals:	680
Null log-likelihood:	-699.617
Final log-likelihood:	-591.514
Likelihood ratio test:	216.207
Rho-square:	0.155
Adjusted rho-square:	0.137
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	6

Η προσαρμογή του προτύπου είναι ικανοποιητική, καθότι ο έλεγχος πιθανοφάνειας (216,2) είναι υψηλής στατιστικής σημαντικότητας σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της κατανομής χ^2 με 11 βαθμούς ελευθερίας, ενώ και η τιμή του συντελεστή ρ^2 είναι ικανοποιητική. Ωστόσο, στο πρότυπο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των δύο εναλλακτικών διάσχισης, σε σχέση με την τρίτη εναλλακτική μη διάσχισης. Για τον έλεγχο αυτής της συσχέτισης είναι απαραίτητη η θεώρηση ιεραρχικού προτύπου σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών, όπως περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

5.2.2. Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών κόμβου και εκτός κόμβου, η οποία βασίζεται στο γεγονός ότι πρόκειται για δύο ενέργειες διάσχισης, θεωρείται ένα ιεραρχικό πρότυπο επιλογής. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, σε κάθε οδικό τμήμα ο πεζός επιλέγει οριακά μεταξύ διάσχισης (κλάδος 1) και μη διάσχισης (κλάδος 2) και εφόσον επιλεγεί διάσχιση στη συνέχεια πραγματοποιείται δεσμευμένη επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου (Σχήμα 5.3). Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη η συσχέτιση μεταξύ διαδοχικών οδικών τμημάτων, όπως και στο πολυωνυμικό πρότυπο.



Σχήμα 5.3. Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Για την ανάπτυξη του ιεραρχικού προτύπου, είναι απαραίτητο, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 3.3.1.3, να υπολογιστούν δύο πρόσθετες παράμετροι μ και μ_m , οι οποίες αντιστοιχούν στις παραμέτρους της κατανομής Gumbel των σφαλμάτων των κλάδων και των εναλλακτικών κάθε κλάδου αντίστοιχα. Επισημάνθηκε, ωστόσο, ότι ο λόγος των δύο παραμέτρων είναι που ενδιαφέρει και επομένως για λόγους υπολογιστικής ευχέρειας κανονικοποιείται η τιμή της μιας εκ των δύο. Στην προκειμένη περίπτωση κανονικοποιείται (τίθεται ίση με 1) η παράμετρος μ_m που αφορά στις εναλλακτικές, και υπολογίζεται η παράμετρος

μ που αφορά στους κλάδους (Bierlaire, 2003). Με βάση τη θεωρία, η τιμή της παραμέτρου μ πρέπει να είναι μεγαλύτερη της μονάδας.

Η δομή των συναρτήσεων χρησιμότητας δεν αναμένεται να μεταβάλλεται με τη θεώρηση του ιεραρχικού προτύπου και επομένως εξετάζονται οι ίδιες μεταβλητές με το πολυωνυμικό πρότυπο. Τα αποτελέσματα της ανάπτυξης του προτύπου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4. Σημειώνεται ότι η τάξη μεγέθους και το πρόσημο των παραμέτρων δεν διαφέρει σημαντικά από αυτά του πολυωνυμικού προτύπου και επομένως τα αποτελέσματα αυτά δεν παρουσιάζονται.

Η τιμή της παραμέτρου του κλάδου 2 (μη διάσχιση) λαμβάνεται ίση με 1 ως περίπτωση αναφοράς. Παρατηρείται ωστόσο ότι η τιμή της παραμέτρου του κλάδου 1 (διάσχιση) είναι στατιστικά σημαντική αλλά ίση με 0.82 (μικρότερη της μονάδας), τιμή μη αποδεκτή. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η συγκεκριμένη ιεραρχική δομή του προτύπου δεν έχει νόημα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία προσαρμογής του προτύπου, όπου δεν προκύπτει ουσιαστική βελτίωση του ελέγχου πιθανοφάνειας και του συντελεστή ρ^2 .

Πίνακας 5.4. Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών

Utility functions				
0 - Cross at Mid-block	ASC0 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B0_changedirend * L_changedirend + B_vpd2 * l_vpd2 + B0_trafficL * L_trafficL + B0_trafficH * L_trafficH + B_plength * L_plength			
1 - Cross at Junction	ASC1 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B_vpd2 * l_vpd2 + B1_signal * J_signal + B1_lanes1 * L_lanes1 + B1_lanes2 * L_lanes2 + B1_lanes3 * L_lanes3 + B_plength * L_plength			
2 - No Crossing	ASC2 * one			
Model parameters				
Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
NEST1 - Cross [0,1]	0.826	0.318	2.59	0.01
NEST2 - No Cross [2]	1.000	fixed		

Model: Nested Logit

Number of estimated parameters:	13
Number of observations:	680
Number of individuals:	680
Null log-likelihood:	-699.617
Final log-likelihood:	-591.197
Likelihood ratio test:	216.84
Rho-square:	0.155
Adjusted rho-square:	0.136
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	23

Επομένως, από τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής δεν επιβεβαιώνεται ότι η διάσχιση σε κόμβο και η διάσχιση εκτός κόμβου εμφανίζουν συσχέτιση ως

εναλλακτικές του πεζού. Κατά συνέπεια, το πολυωνυμικό πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο οι τρεις εναλλακτικές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους σε κάθε οδικό τμήμα είναι καταλληλότερο για την περιγραφή της διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης κύριας διάσχισης κατά μήκος του συνόλου επιλογών της διαδρομής του πεζού.

5.2.3. Μικτά διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα με ατομική ετερογένεια

Ένας τελικός έλεγχος των εξεταζόμενων στοιχείων αφορά στην ύπαρξη ατομικής ετερογένειας στις παρατηρήσεις. Στην περίπτωση αυτή, η ατομική ετερογένεια οφείλεται στο ότι τα 681 οδικά τμήματα των συνόλων επιλογών που εξετάστηκαν ως προς την απόφαση κύριας διάσχισης σε κόμβο, εκτός κόμβου ή μη κύριας διάσχισης προέρχονται από 346 σύνολα επιλογών 279 πεζών (διαδρομών). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ορισμένοι πεζοί πραγματοποίησαν περισσότερες από μία κύριες διασχίσεις σε κάθε διαδρομή, και περισσότερες από μία εξ' αυτών είχαν σύνολο επιλογών με περισσότερα από ένα οδικά τμήματα.

Είναι απαραίτητο επομένως να ελεγχθεί εάν οι διαφορές μεταξύ των ατόμων μπορεί να εξηγούν μέρος της τυχαιότητας στις παρατηρούμενες επιλογές, η οποία δεν οφείλεται ούτε σε διαφορές μεταξύ των εναλλακτικών, ούτε στη δυναμική της διαδικασίας.

Για το λόγο αυτό, ελέγχθηκε μικτό πολυωνυμικό διαδοχικό πρότυπο με ατομική ετερογένεια, ως ένα κανονικά καταμεμημένο σφάλμα στις συναρτήσεις χρησιμότητας. Μετά από προσομοίωση (5000 τυχαίες εξαγωγές από ομοιόμορφη κατανομή), η διακύμανση του σφάλματος που αποδίδεται στην ατομική ετερογένεια βρέθηκε στατιστικά μη σημαντική, και κατά συνέπεια δεν προκύπτει ότι το συγκεκριμένο πρότυπο βελτιώνει την επεξήγηση των διαδοχικών επιλογών των πεζών.

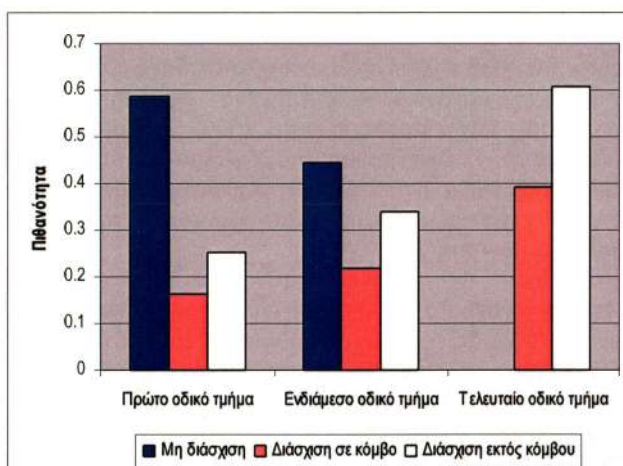
Σημειώνεται ότι, το γεγονός ότι η ατομική ετερογένεια είναι μη σημαντική στη διαδοχική λήψη απόφασης, ενώ είναι σημαντική στη διττή απόφαση μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου (ενότητα 5.1.2) μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής: στην περίπτωση διττής επιλογής, ο κάθε πεζός αντιμετωπίζει ακριβώς την ίδια επιλογή, δηλαδή επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου σε ένα μοναδικό διαθέσιμο οδικό τμήμα. Αντίθετα, στο διαδοχικό πρότυπο, παρόλο που η απόφαση σε κάθε οδικό τμήμα είναι η ίδια (διάσχιση σε κόμβο, εκτός κόμβου ή μη διάσχιση), κάθε σύνολο επιλογών του ίδιου πεζού έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Είναι επομένως πιθανό η υπόλοιπη τυχαιότητα στην επιλογή να οφείλεται περισσότερο σε μη παρατηρούμενα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών ή της διαδοχικής δομής της διαδικασίας λήψης απόφασης, έτσι ώστε οι διαφορές μεταξύ των πεζών να έχουν αμελητέα επιρροή στη διαδικασία αυτή. Επισημαίνεται επίσης ότι, σε πρόσφατη έρευνα (Τούρου, 2009) βρέθηκε ότι ο ίδιος πεζός ενδεχομένως να εκδηλώσει διαφορετική συμπεριφορά αναφορικά με την ίδια επιλογή διάσχισης οδού σε διαφορετικές συνθήκες

5.2.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι το πολυωνυμικό πρότυπο (επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης) είναι το καταλληλότερο πρότυπο για την περιγραφή μιας διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών του πεζού. Στην παρούσα ενότητα, τα αποτελέσματα του προτύπου αυτού (Πίνακας 5.3) αναλύονται περαιτέρω ως προς την επιρροή των στατιστικά σημαντικών παραμέτρων στην πιθανότητα επιλογής του πεζού αναφορικά με την κύρια διάσχιση.

5.2.4.1. Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων

Καταρχήν εξετάζεται η επιρροή των μεταβλητών ελέγχου, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή της **εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση** μεταξύ των διαδοχικών αποφάσεων του ίδιου πεζού, καθότι η ίδια απόφαση λαμβάνεται σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών.



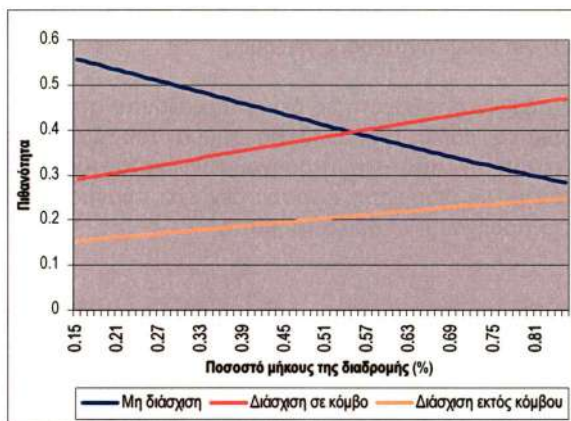
Σχήμα 5.4. Επιρροή της θέσης του κάθε οδικού τμήματος στην πιθανότητα διάσχισης (εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση)

Στο Σχήμα 5.4 παρουσιάζεται η επιρροή της θέσης του κάθε οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών στην πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης, με όλες τις άλλες παραμέτρους σταθερές. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα αυτά αφορούν σε χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, μία λωρίδα

κυκλοφορίας, οδικά τμήματα χωρίς σηματοδότηση, ποσοστό μήκους της διαδρομής 75% και μέση ταχύτητα διαδρομής πεζού.

Προκύπτει ότι σε κάθε οδικό τμήμα όπου επικρατούν οι παραπάνω συνθήκες, η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο. Ωστόσο, η πιθανότητα μη διάσχισης είναι περίπου 0.60 στο πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών, μειώνεται στα επόμενα (ενδιάμεσα) οδικά τμήματα στο επίπεδο του 0.45, και μηδενίζεται στο τελευταίο οδικό τμήμα. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν μια τάση σύμφωνη με την οποία οι πεζοί αναβάλλουν την κύρια διάσχιση, εάν υπάρχουν και άλλα οδικά τμήματα διαθέσιμα στη συνέχεια της διαδρομής. Ωστόσο, εφόσον φτάσουν στο τελευταίο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών, η επιλογή μη διάσχισης δεν είναι πια διαθέσιμη.

Στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζεται η επιρροή του ποσοστού του μήκους της διαδρομής στο οποίο βρίσκεται ο πεζός στην πιθανότητα επιλογής διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν σε ενδιάμεσο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών (κατά συνέπεια ακραίες τιμές του ποσοστού μήκους διαδρομής δεν εξετάζονται), με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, μία λωρίδα κυκλοφορίας, οδικά τμήματα με σηματοδότηση και μέση ταχύτητα διαδρομής πεζού.



Σχήμα 5.5. Επιρροή του ποσοστού μήκους της διαδρομής στην πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα

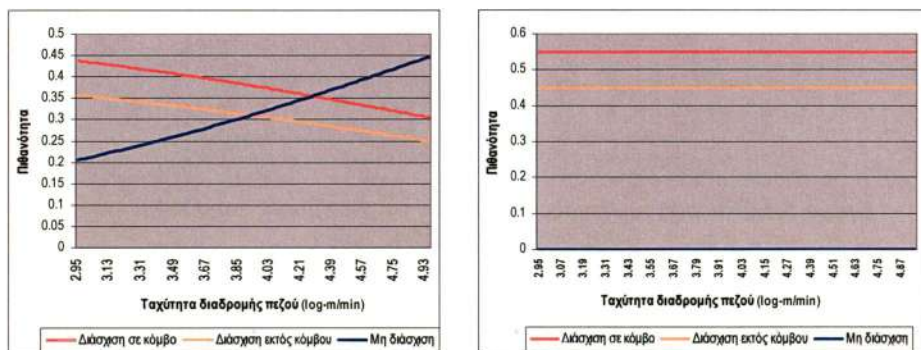
Προκύπτει ότι η πιθανότητα μη διάσχισης μειώνεται με αύξηση του ποσοστού μήκους της διαδρομής, δηλαδή η πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών αυξάνεται όσο ο πεζός πλησιάζει προς το τέλος της διαδρομής, το οποίο επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης της εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση. Εφόσον πρόκειται για οδικό τμήμα όπου

υπάρχει σηματοδότηση, η πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο είναι γενικά μεγαλύτερη από την πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου. Ωστόσο, η πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο αυξάνεται ελαφρώς περισσότερο από την πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου, όσο αυξάνεται το ποσοστό μήκους της διαδρομής.

Επισημαίνεται ότι, ενώ η εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση αφορά στα οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών του πεζού (δηλ. σε ένα υποσύνολο της διαδρομής), η επιρροή του ποσοστού μήκους αφορά στο σύνολο της διαδρομής του πεζού. Φαίνεται ότι διαφορετικός συνδυασμός τιμών των μεταβλητών ελέγχου της εξάρτησης από την προηγούμενη κατάσταση και του ποσοστού μήκους της διαδρομής έχει ως αποτέλεσμα σημαντική διαφορά στις συναρτήσεις χρησιμότητας του ατόμου.

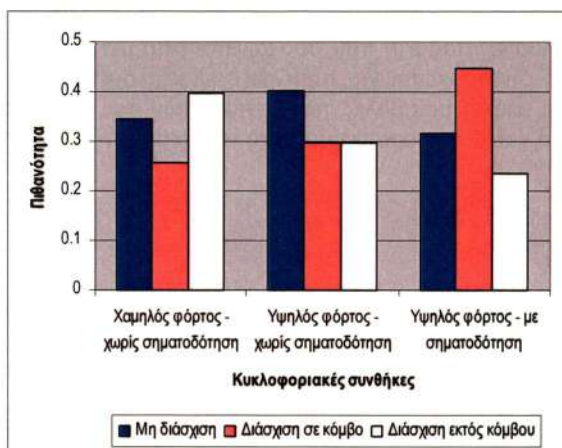
Στο Σχήμα 5.6 παρουσιάζεται η επιρροή της ταχύτητας διαδρομής του πεζού στην πιθανότητα επιλογής διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα. Τα αποτελέσματα αφορούν σε ενδιάμεσο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών το οποίο βρίσκεται στο 75% του μήκους της διαδρομής, με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, μία λωρίδα κυκλοφορίας και σηματοδότηση. Παρατηρείται ότι η πιθανότητα μη διάσχισης αυξάνει με την ταχύτητα του πεζού ενώ η πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου μειώνεται με την ταχύτητα του πεζού στο πρώτο οδικό τμήμα (αριστερό τμήμα του Σχήματος 5.6). Επίσης, φαίνεται μια τάση των πιο αργών πεζών να μην αναβάλλουν τη διάσχιση οδού, καθότι στις χαμηλές ταχύτητες η πιθανότητα μη διάσχισης είναι χαμηλότερη από τις πιθανότητες διάσχισης, ενώ το αντίθετο ισχύει για τους ταχύτερους πεζούς.

Αντίθετα, οι εξεταζόμενες πιθανότητες δεν επηρεάζονται από την ταχύτητα του πεζού στο τελευταίο οδικό τμήμα (δεξιό τμήμα του Σχήματος 5.6), όπου υπερισχύει η εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση (δηλ. πρακτικά μηδενική πιθανότητα μη διάσχισης, εφόσον δεν έχει πραγματοποιηθεί διάσχιση σε κανένα από τα προηγούμενα οδικά τμήματα).



Σχήμα 5.6. Επιρροή της ταχύτητας διαδρομής του πεζού στην πιθανότητα διάσχισης στο πρώτο (αριστερά) και στο τελευταίο (δεξιά) οδικό τμήμα

Τέλος, στο Σχήμα 5.7 παρουσιάζεται η επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών στην πιθανότητα επιλογής διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα. Τα αποτελέσματα αφορούν σε ενδιάμεσο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών το οποίο βρίσκεται στο 75% του μήκους της διαδρομής, με μία λωρίδα κυκλοφορίας και μέση ταχύτητα διαδρομής πεζού. Οι κυκλοφοριακές συνθήκες εκφράζονται με βάση τόσο τον κυκλοφοριακό φόρτο όσο και την ύπαρξη σηματοδότησης στο οδικό τμήμα και εξετάζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί αυτών που αντιστοιχούν σε διαφορετικές συνθήκες.



Σχήμα 5.7. Επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών (φόρτος - σηματοδότηση) στην πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα

Συγκεκριμένα, σε συνθήκες χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου σε οδικό τμήμα χωρίς σηματοδότηση, η μέγιστη πιθανότητα συμπεριφοράς πεζού αντιστοιχεί σε διάσχιση εκτός κόμβου. Αντίθετα, σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου σε οδικό τμήμα χωρίς σηματοδότηση, η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου μειώνεται κατά περίπου 25% και δεν διαφέρει σημαντικά από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο, ενώ η μέγιστη πιθανότητα συμπεριφοράς πεζού αντιστοιχεί σε μη διάσχιση. Τέλος, σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου σε οδικά τμήματα με σηματοδότηση, προκύπτει σαφής αύξηση της πιθανότητας διάσχισης σε κόμβο, η οποία υπερಿಸχύει των άλλων εναλλακτικών.

Συνολικά προκύπτει μια τάση σύμφωνα με την οποία όσο δυσμενέστερες είναι οι κυκλοφοριακές συνθήκες τόσο αυξάνεται η πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο. Ωστόσο, η έλλειψη σηματοδότησης ευνοεί τη διάσχιση εκτός κόμβου, ακόμα και σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει

το γεγονός ότι η πιθανότητα μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Αντίθετα, η θέση της κύριας διάσχισης (σε κόμβο / εκτός κόμβου) επηρεάζεται έντονα από τις κυκλοφοριακές συνθήκες, με όλες τις άλλες παραμέτρους σταθερές.

5.2.4.2. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων

Μια πρόσθετη χρήσιμη ανάλυση των αποτελεσμάτων του προτύπου αφορά στον υπολογισμό της ελαστικότητας των παραμέτρων. Με την ελαστικότητα υπολογίζεται η επιρροή που έχουν μικρές αλλαγές των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην πιθανότητα επιλογής κάποιας εναλλακτικής. Η ελαστικότητα είναι αδιάστατο μέγεθος και η τιμή της ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί τις εκατό της μεταβολής της πιθανότητας $P(i)$ που προκαλείται από μία μεταβολή του x_{ki} κατά 1%. Σημειώνεται ότι πρόκειται για σημειακές ελαστικότητες (point elasticities), που αφορούν σε μικρές μεταβολές των μεταβλητών και υπολογίζονται από τη μερική παράγωγο για κάθε παρατήρηση από τη σχέση (Washington et al. 2003):

$$E_{x_{ink}}^{P(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}} = [1 - \sum_{i'=1}^I P_n(i')] x_{ink} \beta_k$$

όπου $P(i)$ είναι η πιθανότητα της εναλλακτικής (i) και x_{ink} η τιμή της μεταβλητής (k) για την εναλλακτική (i) του ατόμου (n) και I το πλήθος των εναλλακτικών που περιέχουν τη μεταβλητή x_{ink} .

Σημειώνεται, ωστόσο, ότι οι παραπάνω σχέσεις δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε διακριτές μεταβλητές. Για τον υπολογισμό της ελαστικότητας των μεταβλητών αυτών χρησιμοποιείται η έννοια της η ψευδοελαστικότητας (pseudoelasticity) (Shankar & Mannering, 1996; Chang & Mannering, 1999), η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία διακριτή τιμή της μεταβλητής στην άλλη. Για διττές διακριτές μεταβλητές, η ψευδοελαστικότητα υπολογίζεται από τη σχέση (Ulfarsson & Mannering, 2004):

$$E_{x_{ink}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i'=1}^I e^{\beta'_{i'} x_n}}{\sum_{i'=1}^I e^{\Delta(\beta'_{i'} x_n)}} - 1$$

όπου I είναι το πλήθος των πιθανών επιλογών, $\Delta(\beta' x_n)$ είναι η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1, ενώ $\beta' x_n$ είναι η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει την τιμή 0, και β_{ik} είναι η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk} .

Εφόσον η παραπάνω σχέση αφορά σε κάθε άτομο (n), η σχετική ελαστικότητα αφορά στην ευαισθησία του συγκεκριμένου ατόμου στην αλλαγή της μεταβλητής και επομένως πρόκειται για εξατομικευμένη ελαστικότητα (disaggregate elasticity). Για τον υπολογισμό της συγκεντρωτικής ελαστικότητας (aggregate elasticity), από την οποία προκύπτει η ευαισθησία του συνόλου του δείγματος στην εξεταζόμενη μεταβολή, ως προς την αντίστοιχη συνολική μεταβολή της πιθανότητας επιλογής μιας εναλλακτικής, εφαρμόζεται η σχέση (Ben-Akiva & Lerman, 1985):

$$E_{x_{ik}}^{P(i)} = \frac{\sum_{n=1}^N P_n(i) E_{x_{ink}}^{P_n(i)}}{\sum_{n=1}^N P_n(i)}$$

Επομένως η συγκεντρωτική ελαστικότητα του δείγματος στη συγκεκριμένη μεταβολή υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των εξατομικευμένων ελαστικοτήτων με βάσης τις αντίστοιχες πιθανότητες επιλογής.

Οι συγκεντρωτικές ελαστικότητες / ψευδοελαστικότητες του πολυωνυμικού διαδοχικού προτύπου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5. Παρατηρείται καταρχήν ότι οι τιμές των ελαστικοτήτων / ψευδοελαστικοτήτων των παραμέτρων έχουν το ίδιο πρόσημο με τις αντίστοιχες παραμέτρους. Στη δεξιά πλευρά του Πίνακα παρουσιάζεται η κανονικοποίηση των τιμών αυτών ως προς την ελάχιστη τιμή, η οποία επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των παραμέτρων. Προκύπτει ότι η μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή είναι αυτή που αντιστοιχεί στο ποσοστό μήκους διαδρομής, ενώ οι μεταβλητές με τη μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα επιλογής είναι η ταχύτητα διαδρομής του πεζού και η σηματοδότηση.

Πίνακας 5.5. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων

	Ελαστικότητα E_i		Σχετική επιρροή E_i^*	
	Διάσχιση σε κόμβο (J)	Διάσχιση εκτός κόμβου (MB)	Διάσχιση σε κόμβο (J)	Διάσχιση εκτός κόμβου (MB)
Παράμετρος B				
B0_changedirend		-0.337		1.088
B0_trafficL		0.411		1.327
B1_lanes2	-0.407		1.313	
B1_signal	0.882		2.849	
B_first		0.400		1.291
B_plength		0.310		1.000
B_skip1		0.525		1.695
B_vped2		-0.770		2.487

Συγκεκριμένα, αύξηση κατά 1% του λογαρίθμου της ταχύτητας του πεζού οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας διάσχισης (σε κόμβο ή εκτός κόμβου) κατά περίπου 80%, αποτέλεσμα το οποίο δείχνει ιδιαίτερη ευαισθησία της συμπεριφοράς διάσχισης οδού των πεζών στην ταχύτητα διαδρομής. Ανάλογα αποτελέσματα προκύπτουν αναφορικά με τη σηματοδότηση, όπου η μεταβολή από μη ύπαρξη σηματοδότησης σε ύπαρξη σηματοδότησης αυξάνει την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο κατά περίπου 90%.

Όσον αφορά στις μεταβλητές ελέγχου της εξάρτησης από προηγούμενη κατάσταση, η ψευδοελαστικότητα της επιρροής αυξάνεται από κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών προς το επόμενο. Η μετάβαση από το πρώτο οδικό τμήμα στο επόμενο αυξάνει την πιθανότητα διάσχισης κατά περίπου 50%. Υπενθυμίζεται ότι, ενώ σε όλα τα άλλα οδικά τμήματα η πιθανότητα μη διάσχισης είναι η μέγιστη (Σχήμα 5.4), στο τελευταίο οδικό τμήμα παρατηρείται αντιστροφή της σχέσης αυτής, καθότι η εναλλακτική μη διάσχισης δεν είναι πλέον διαθέσιμη και η πιθανότητα επιλογής της πρακτικά μηδενίζεται.

Οι ελαστικότητες / ψευδοελαστικότητες των υπόλοιπων παραμέτρων κυμαίνονται στο 30%-40% και αντιστοιχούν σε επίσης σημαντική επιρροή των μεταβολών στις μεταβλητές αυτές στην πιθανότητα επιλογής των σχετικών εναλλακτικών.

Από τα αποτελέσματα των διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων προκύπτει ότι, σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών του πεζού, η πιθανότητα μη διάσχισης επηρεάζεται κυρίως από τη θέση του οδικού τμήματος, τόσο εντός του συνόλου επιλογών του πεζού (εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση) όσο και στο συνολικό μήκος της διαδρομής. Η ταχύτητα διαδρομής του πεζού επηρεάζει έντονα τις διαδοχικές του επιλογές σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών. Επίσης, οι κυκλοφοριακές συνθήκες (φόρτος, σηματοδότηση) επηρεάζουν έντονα την επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου.

Ωστόσο, από τα παραπάνω αποτελέσματα, όπως προκύπτουν από την ανάλυση ευαισθησίας των στατιστικά σημαντικών παραμέτρων του προτύπου, δεν φαίνεται να εντοπίζεται σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα ενδιάμεσα τμήματα του συνόλου επιλογών του πεζού (υπενθυμίζεται ότι μόνο η μεταβλητή που αφορά σε μία απόρριψη θέσης διάσχισης βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική). Διαφοροποίηση προέκυψε όσον αφορά στο διαχωρισμό των οδικών τμημάτων του συνόλου επιλογών σε πρώτο, ενδιάμεσο ή τελευταίο (όπου και η επιλογή μη διάσχισης δεν είναι διαθέσιμη).

Είναι εξάλλου πιθανόν η επιλογή διάσχισης ή μη διάσχισης σε ένα οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών να εξαρτάται και από τα χαρακτηριστικά των προηγούμενων / επόμενων οδικών τμημάτων. Η υπόθεση αυτή μπορεί να ελεγχθεί στο πλαίσιο μιας συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης, με ταυτόχρονη εξέταση όλου του συνόλου επιλογών του πεζού, όπως περιγράφεται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

5.3. Ιεραρχική επιλογή θέσης διάσχισης

Στην ενότητα αυτή ελέγχεται η δεύτερη υπόθεση αναφορικά με τη διαδικασία λήψης απόφασης κύριας διάσχισης σε σύνολα επιλογών πεζού τα οποία περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός οδικά τμήματα, και αφορά σε συνολική διαδικασία λήψης απόφασης. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι ο πεζός αξιολογεί όλες τις εναλλακτικές του συνόλου επιλογών, γεγονός το οποίο προϋποθέτει κάποια προηγούμενη γνώση του οδικού δικτύου και των κυκλοφοριακών συνθηκών της διαδρομής. Το σύνολο επιλογών περιλαμβάνει τόσες θέσεις κόμβου και τόσες θέσεις εκτός κόμβου όσες και τα οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών.

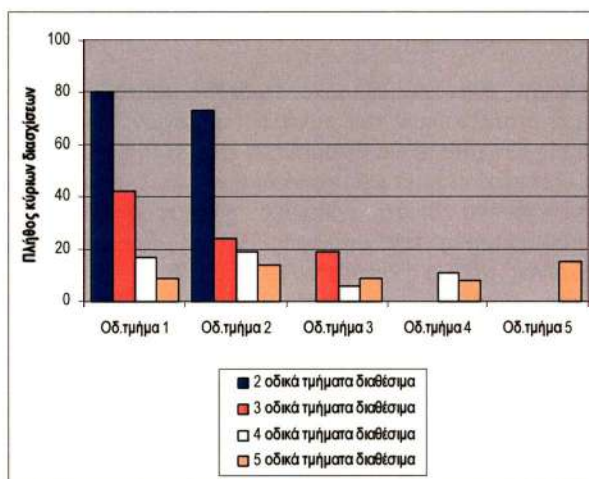
5.3.1. Πολυωνυμικό πρότυπο

Εξετάζεται καταρχήν ένα πολυωνυμικό πρότυπο επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ όλων των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών. Είναι προφανές ότι οι εναλλακτικές αυτές δεν μπορεί να θεωρηθούν ανεξάρτητες μεταξύ τους και είναι απαραίτητο να εξεταστεί κάποια ιεραρχική διαδικασία. Ωστόσο, το πολυωνυμικό πρότυπο αναμένεται να δώσει χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με τις καθοριστικές παραμέτρους της επιλογής. Όπως προαναφέρθηκε, από τα στοιχεία της έρευνας πεδίου προκύπτουν συνολικά 346 σύνολα επιλογών με περισσότερα του ενός οδικά τμήματα, και σε κάθε σύνολο επιλογών πραγματοποιείται μια κύρια διάσχιση.

Στην περίπτωση αυτή, ωστόσο, η επιλογή θέσης διάσχισης είναι δεσμευμένη από τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών (conditional on availability). Συγκεκριμένα, τα εξεταζόμενα σύνολα επιλογών περιλαμβάνουν από 2 το ελάχιστο έως και 12 το μέγιστο οδικά τμήματα. Επίσης, οι παρατηρηθείσες επιλογές αφορούν το πολύ 5 οδικά τμήματα, δηλαδή δεν παρατηρήθηκε σε καμία περίπτωση επιλογή κάποιας εναλλακτικής μετά το 5^ο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών. Θα έπρεπε επομένως να θεωρηθούν 10 συναρτήσεις χρησιμότητας, μία για κάθε θέση κόμβου και μία για κάθε θέση εκτός κόμβου στα 5 οδικά τμήματα. Παράλληλα, σε κάθε σύνολο επιλογών θα πρέπει να οριστεί η διαθεσιμότητα των εναλλακτικών (πχ. σε σύνολο επιλογών 3 οδικών τμημάτων δεν είναι διαθέσιμες οι επιλογές κόμβου / εκτός κόμβου του 4^{ου} και του 5^{ου} οδικού τμήματος).

Για την καλύτερη προσαρμογή των συναρτήσεων χρησιμότητας των εναλλακτικών, πραγματοποιήθηκε διερευνητική ανάλυση των δεδομένων ως προς τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών και τις πραγματοποιηθείσες σε κάθε περίπτωση επιλογές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.8. Παρατηρείται ότι όταν το πλήθος των διαθέσιμων οδικών τμημάτων του συνόλου επιλογών είναι 2 ή 3 τμήματα, υπάρχει μια τάση επιλογής των πρώτων οδικών τμημάτων (η κατανομή των επιλεχθέντων οδικών τμημάτων είναι φθίνουσα). Ωστόσο, όταν το πλήθος των διαθέσιμων οδικών τμημάτων είναι 4 ή 5, η κατανομή των επιλεχθέντων οδικών τμημάτων είναι σχετικά ομοιόμορφη.

Προκύπτει επομένως μια τάση των πεζών να αναβάλλουν τη διάσχιση όσο υπάρχουν ακόμη διαθέσιμες εναλλακτικές, το οποίο επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα του διαδοχικού προτύπου. Ωστόσο, το στοιχείο αυτό φαίνεται να συσχετίζεται και με μεγαλύτερη τυχαιότητα στην επιλογή όταν το πλήθος των εναλλακτικών είναι μεγάλο. Σε κάθε περίπτωση, επιβεβαιώνεται ότι η συνολική επιλογή θέσης διάσχισης είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών και επομένως η όποια επιρροή των παραμέτρων θα πρέπει να ερμηνευτεί αντίστοιχα (δηλ. η επιρροή μιας παραμέτρου στη χρησιμότητα μιας εναλλακτικής έχει έννοια μόνο εφόσον η εναλλακτική αυτή είναι διαθέσιμη).



Σχήμα 5.8. Κατανομή κύριων διασχίσεων στο σύνολο επιλογών ανά διαθεσιμότητα οδικών τμημάτων

Με βάση τα παραπάνω, δεδομένου ότι η παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών δεν φαίνεται να εμφανίζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μετά το 3^ο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών, αλλά και για λόγους επάρκειας δεδομένων για την προσαρμογή του προτύπου, ορίζονται οι εξής εναλλακτικές:

- διάσχιση στο οδικό τμήμα 1 σε κόμβο
- διάσχιση στο οδικό τμήμα 1 εκτός κόμβου
- διάσχιση στο οδικό τμήμα 2 σε κόμβο
- διάσχιση στο οδικό τμήμα 2 εκτός κόμβου
- διάσχιση στο οδικό τμήμα 3,4 ή 5 σε κόμβο
- διάσχιση στο οδικό τμήμα 3,4 ή 5 εκτός κόμβου

Στην περίπτωση αυτή, η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών ελέγχθηκε με 3 τρόπους:

- Μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή διάσχισης όλων των εναλλακτικών
- Μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή οδικού τμήματος (και επομένως έχουν κοινή παράμετρο στις συναρτήσεις χρησιμότητας των εναλλακτικών του ίδιου οδικού τμήματος)
- Μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή θέσης κόμβου / εκτός κόμβου (και επομένως έχουν κοινή παράμετρο στις συναρτήσεις χρησιμότητας των κόμβων ή των θέσεων εκτός κόμβων)

Οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας των εξεταζόμενων εναλλακτικών, μετά από έλεγχο όλων των σχετικών μεταβλητών και συνδυασμών αυτών, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6. Συναρτήσεις χρησιμότητας πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων του συνόλου επιλογών

Utility functions	
1 - Mid-block 1	$ASC1 * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B1_oneway * L_oneway1 + B1_park * L_park1 + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength$
2 - Junction 1	$ASC2 * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B1_oneway * L_oneway1 + B1_park * L_park1 + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength$
3 - Mid-block 2	$ASC3 * one + B2_trafficH * L_trafficH2 + B2_plength * L_plength2 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B2_median * L_median2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength$
4 - Junction 2	$ASC4 * one + B2_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B2_median * L_median2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength$
5 - Mid-block 3+	$ASC5 * one + B345_trafficH * L_trafficH345 + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 + B345_park * L_park345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength$
6 - Junction 3+	$ASC6 * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 + B345_park * L_park345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength$

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι παράμετροι των συναρτήσεων χρησιμότητας του βασικού πολυωνυμικού προτύπου συνολικής επιλογής.

Πίνακας 5.7. Παράμετροι πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων του συνόλου επιλογών

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC1	0	fixed		
ASC2	-0.785	0.231	-3.400	0.000
ASC3	-3.980	1.9	-2.100	0.040
ASC4	-4.080	1.880	-2.170	0.030
ASC5	-10.200	4.33	-2.360	0.020
ASC6	-10.600	4.290	-2.480	0.010
B1_Rloglength	0.000	fixed		
B1_median	1.110	0.537	2.070	0.040
B1_oneway	-0.329	0.666	-0.490	0.620
B1_park	0.033	0.622	0.050	0.960
B1_plength	3.340	0.986	3.380	0.000
B1_signal	1.100	0.324	3.410	0.000
B1_trafficH	-0.579	0.361	-1.600	0.110
B2_Rloglength	0.482	0.279	1.730	0.080
B2_median	0.174	0.563	0.310	0.760
B2_oneway	-1.600	0.656	-2.440	0.010
B2_park	1.410	0.650	2.160	0.030
B2_plength	3.080	1.020	3.020	0.000
B2_signal	0.361	0.392	0.920	0.360
B2_trafficH	0.293	0.316	0.930	0.350
B345_Rloglength	1.160	0.506	2.290	0.020
B345_median	-1.740	0.584	-2.980	0.000
B345_oneway	-1.700	0.662	-2.570	0.010
B345_park	0.162	0.874	0.190	0.850
B345_plength	2.610	1.250	2.080	0.040
B345_signal	0.817	0.480	1.700	0.090
B345_trafficH	-0.190	0.489	-0.390	0.700
B_attract	0.954	0.392	2.430	0.010
B_carry	-0.358	0.374	-0.960	0.340
B_changedirend	0.485	0.239	2.030	0.040
B_vped2	-1.680	1.760	-0.960	0.340

Model: Multinomial Logit

Number of estimated parameters:	29
Number of observations:	346
Number of individuals:	346
Null log-likelihood:	-557.913
Likelihood ratio test:	122.978
Rho-square:	0.11
Adjusted rho-square:	0.058
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	7

Αναφορικά με τις στατιστικά σημαντικές παραμέτρους (επίπεδο 90%), παρατηρείται ότι:

- Όλοι οι σταθεροί όροι των συναρτήσεων χρησιμότητας (ASC) είναι μικρότεροι αυτού που αντιστοιχεί στην πρώτη θέση εκτός κόμβου και γενικότερα στο πρώτο οδικό τμήμα. Προκύπτει επομένως αυξημένη χρησιμότητα διάσχισης στο πρώτο οδικό τμήμα, το οποίο όμως είναι πάντα διαθέσιμο.
- Το συνολικό μήκος της διαδρομής ($R_{\loglength}$) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε όλα τα οδικά τμήματα. Η επιρροή αυτή είναι μεγαλύτερη σε εναλλακτικές που είναι προς το τέλος του συνόλου επιλογών, δείχνοντας ότι σε μεγαλύτερες διαδρομές είναι πιθανότερο να επιλεγθεί θέση διάσχισης προς το τέλος του συνόλου επιλογών, πιθανότατα γιατί το σύνολο επιλογών είναι μεγαλύτερο σε μεγαλύτερες διαδρομές.
- Η ύπαρξη πόλου έλξης ($B_{attract}$) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε όλα τα οδικά τμήματα
- Η αλλαγή κατεύθυνσης (αλλαγή οδικού άξονα διαδρομής) αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε όλα τα οδικά τμήματα ($B_{changedirend}$).
- Η ύπαρξη κεντρικής νησίδας (B_{median}) στο πρώτο οδικό τμήμα αυξάνει τη χρησιμότητά του οδικού τμήματος, ενώ μετά το τρίτο οδικό τμήμα μειώνει τη χρησιμότητά του οδικού τμήματος.
- Η χρησιμότητα ενός οδικού τμήματος μειώνεται όταν αυτό είναι μονόδρομος (B_{oneway}). Είναι πιθανό οι μονόδρομοι να σχετίζονται με έλλειψη σηματοδότησης και γενικότερα υποδομής για τους πεζούς και για το λόγο αυτό να επιδιώκεται η διάσχιση σε άλλο οδικό τμήμα.
- Αντίθετα, η χρησιμότητα του δεύτερου οδικού τμήματος αυξάνεται εάν υπάρχει στάθμευση παρά το κράσπεδο (B_{park}).
- Η χρησιμότητα όλων των οδικών τμημάτων αυξάνει όταν αυτά βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού μήκους της διαδρομής ($B_{plength}$).
- Ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος μειώνει τη χρησιμότητα διάσχισης εκτός κόμβου στο πρώτο οδικό τμήμα ($B_{trafficH}$).
- Η ύπαρξη σηματοδότησης αυξάνει τη χρησιμότητα διάσχισης σε κόμβο σε όλα τα οδικά τμήματα (B_{signal}).

Οι παραπάνω παράμετροι είναι σε γενικές γραμμές ανάλογες με τις αντίστοιχες παραμέτρους των διαδοχικών προτύπων. Επισημαίνεται ωστόσο ότι η ερμηνεία των παραμέτρων αυτών είναι πιο σύνθετη, καθώς αφενός εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα της κάθε εναλλακτικής και αφετέρου η επιρροή της ίδιας παραμέτρου μπορεί να είναι διαφορετική για διαφορετικές εναλλακτικές.

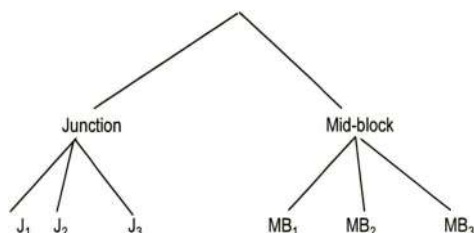
Ο έλεγχος πιθανοφάνειας του προτύπου είναι στατιστικά σημαντικός ($X^2=122.98$ με 28 βαθμούς ελευθερίας) και οδηγεί σε αποδοχή του προτύπου. Ωστόσο, η προσαρμογή του προτύπου είναι γενικότερα λιγότερο ικανοποιητική σε σχέση με αυτή του διαδοχικού προτύπου, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού παραμέτρων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την επεξήγηση των διαφορών στη χρησιμότητα μεταξύ πολλών εναλλακτικών. Με βάση το πολυωνυμικό αυτό πρότυπο, στη συνέχεια εξετάζονται διάφορες υποθέσεις αναφορικά με την πιθανή συσχέτιση μεταξύ εναλλακτικών, με τη θεώρηση ιεραρχικών προτύπων.

5.3.2. Ιεραρχικά πρότυπα

5.3.2.1. Ιεράρχηση μεταξύ κόμβων / εκτός κόμβων

Η βασικότερη συσχέτιση που μπορεί καταρχήν να εξεταστεί αφορά στο ότι οι εξεταζόμενες εναλλακτικές είναι είτε θέσεις κόμβων είτε θέσεις εκτός κόμβου. Θεωρείται επομένως ένα ιεραρχικό πρότυπο, με τους εξής κλάδους (Σχήμα 5.9):

- Κλάδος 1: θέσεις κόμβων (εναλλακτικές 2, 4, 6)
- Κλάδος 2: θέσεις εκτός κόμβων (εναλλακτικές 1, 3, 5)



Σχήμα 5.9. Ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων

Οι συναρτήσεις χρησιμότητας του προτύπου αυτού ορίστηκαν με βάση τις στατιστικά σημαντικές παραμέτρους του βασικού πολυωνυμικού προτύπου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8. Συναρτήσεις χρησιμότητας ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών

Utility functions	
1 - Mid-block 1	$ASC1 * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength$
2 - Junction 1	$ASC2 * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength$
3 - Mid-block 2	$ASC3 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength$
4 - Junction 2	$ASC4 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vpd2 * I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength$
5 - Mid-block 3+	$ASC5 * one + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength$
6 - Junction 3+	$ASC6 * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength$

Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται οι παράμετροι του ιεραρχικού αυτού προτύπου. Παρατηρείται ότι οι παράμετροι των κλάδων είναι στατιστικά σημαντικές και μεγαλύτερες από 1, γεγονός που δείχνει ότι η συγκεκριμένη ιεραρχική θεώρηση συνεισφέρει στην επεξήγηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη βελτίωση της προσαρμογής του προτύπου σύμφωνα με τον έλεγχο πιθανοφάνειας ($\chi^2 = 125,49$ με 22 βαθμούς ελευθερίας).

Πίνακας 5.9. Παράμετροι ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Ιεράρχηση ανά κόμβο / εκτός κόμβου

Model parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
NEST1 - Junction [1,3,5]	1.000	fixed		
NEST2 - Mid-block [2,4,6]	1.800	0.623	2.890	0.000

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC1	0			
ASC2	-0.398	0.275	-1.450	0.150
ASC3	-2.830	1.41	-2.010	0.040
ASC4	-2.600	1.480	-1.760	0.080
ASC5	-8.680	3.47	-2.500	0.010
ASC6	-8.550	3.570	-2.390	0.020
B1_Rloglength	0.000			
B1_median	0.856	0.327	2.610	0.010
B1_plength	2.150	0.968	2.230	0.030
B1_signal	0.707	0.372	1.900	0.060
B1_trafficH	-0.763	0.362	-2.110	0.040
B2_Rloglength	0.339	0.223	1.520	0.130
B2_oneway	-1.160	0.429	-2.690	0.010
B2_park	0.914	0.395	2.310	0.020
B2_plength	2.270	0.854	2.660	0.010
B345_Rloglength	0.920	0.421	2.180	0.030
B345_median	-1.290	0.482	-2.680	0.010
B345_oneway	-1.020	0.463	-2.210	0.030
B345_plength	2.200	0.952	2.310	0.020
B345_signal	0.655	0.308	2.130	0.030
B_attract	0.767	0.313	2.450	0.010
B_carry	-0.382	0.258	-1.480	0.140
B_changedirend	0.470	0.170	2.770	0.010
B_vped2	-1.330	1.250	-1.070	0.290

Model: Nested Logit

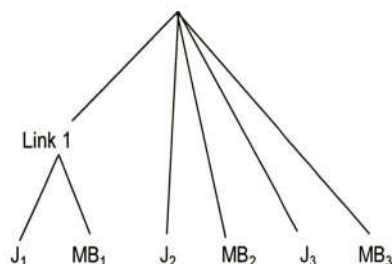
Number of estimated parameters:	23
Number of observations:	346
Number of individuals:	346
Null log-likelihood:	-557.913
Likelihood ratio test:	125.494
Rho-square:	0.112
Adjusted rho-square:	0.071
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	243

5.3.2.2. Ιεράρχηση μεταξύ οδικών τμημάτων διαδρομής

Μια άλλη συσχέτιση που μπορεί να εξεταστεί αφορά στο ότι οι εξεταζόμενες εναλλακτικές είναι ανά δύο θέσεις διαδοχικών οδικών τμημάτων. Θεωρείται επομένως ένα ιεραρχικό πρότυπο, με τους εξής κλάδους:

- Κλάδος 1: οδικό τμήμα 1 (εναλλακτικές 1,2)
- Κλάδος 2: οδικό τμήμα 2 (εναλλακτικές 3,4)
- Κλάδος 3: οδικό τμήμα 3,4 ή 5 (εναλλακτικές 5,6)

Οι συναρτήσεις χρησιμότητας του προτύπου αυτού ορίστηκαν με βάση τις στατιστικά σημαντικές παραμέτρους του βασικού πολυωνυμικού προτύπου. Από τη διερεύνηση του ιεραρχικού αυτού προτύπου προέκυψε ότι μόνο ο κλάδος 1 είναι (οριακά) στατιστικά σημαντικός, γεγονός που δείχνει ότι μόνο οι εναλλακτικές που αφορούν στο πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών έχουν κάποια συσχέτιση στην αντίληψη του πεζού, ενώ οι υπόλοιπες εναλλακτικές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.10.



Σχήμα 5.10. Ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων οδικών τμημάτων

Ωστόσο, δεν παρατηρείται βελτίωση της προσαρμογής του προτύπου από τον έλεγχο πιθανοφάνειας, επομένως η συγκεκριμένη ιεράρχηση δεν φαίνεται να συνεισφέρει στην επεξήγηση της συμπεριφοράς του πεζού (Πίνακας 5.10).

Πίνακας 5.10. Παράμετροι ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Ιεράρχηση ανά οδικό τμήμα**Model parameters**

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
NEST1 - Link 1 [1,2]	1.260	1.010	1.25	0.21
NEST2 -	1.000	fixed		

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC1	0			
ASC2	-0.641	0.521	-1.230	0.220
ASC3	-3.640	1.83	-1.990	0.050
ASC4	-3.790	1.810	-2.090	0.040
ASC5	-10.400	4.24	-2.450	0.010
ASC6	-10.700	4.230	-2.540	0.010
B1_Rloglength	0.000			
B1_median	1.190	0.352	3.370	0.000
B1_plength	3.130	0.945	3.310	0.000
B1_signal	0.919	0.639	1.440	0.150
B1_trafficH	-0.473	0.536	-0.880	0.380
B2_Rloglength	0.483	0.274	1.770	0.080
B2_oneway	-1.630	0.365	-4.460	0.000
B2_park	1.310	0.392	3.340	0.000
B2_plength	2.940	0.994	2.960	0.000
B345_Rloglength	1.180	0.488	2.410	0.020
B345_median	-1.720	0.546	-3.160	0.000
B345_oneway	-1.440	0.486	-2.970	0.000
B345_plength	2.590	1.240	2.090	0.040
B345_signal	0.856	0.423	2.020	0.040
B_attract	0.936	0.385	2.430	0.010
B_carry	-0.389	0.362	-1.080	0.280
B_changedirend	0.492	0.237	2.080	0.040
B_vped2	-1.700	1.730	-0.980	0.330

Model: Nested Logit

Number of estimated parameters:	23
Number of observations:	346
Null log-likelihood:	-557.913
Final log-likelihood:	-497.466
Likelihood ratio test:	120.894
Rho-square:	0.108
Adjusted rho-square:	0.067
Diagnostic:	Convergence reached...
Iterations:	21

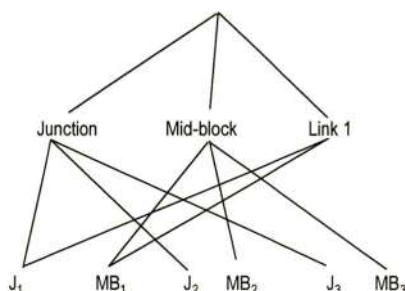
5.3.3. Συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα

Εφόσον η ιεράρχηση μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου είναι στατιστικά σημαντική και η ιεράρχηση μεταξύ οδικών τμημάτων είναι έστω και οριακά στατιστικά σημαντική, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η συνδυαστική συσχέτιση των εναλλακτικών. Στην περίπτωση αυτή, το εξεταζόμενο πρότυπο είναι συνδυαστικά

ιεραρχικό και η κάθε εναλλακτική μπορεί να ανήκει σε περισσότερους από έναν κλάδους, ως εξής (Σχήμα 5.7):

- Κλάδος 1: θέσεις κόμβων (εναλλακτικές 2, 4, 6)
- Κλάδος 2: θέσεις εκτός κόμβων (εναλλακτικές 1, 3, 5)
- Κλάδος 3: οδικό τμήμα 1 (εναλλακτικές 1,2)

Εφόσον δεν προέκυψε σημαντική συσχέτιση μεταξύ εναλλακτικών που ανήκουν σε άλλα οδικά τμήματα, δεν εξετάζονται άλλοι κλάδοι στο συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο. Η δομή του προτύπου αυτού μπορεί να δοθεί σχηματικά όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.11.



Σχήμα 5.11. Συνδυαστικά ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης μεταξύ θέσεων κόμβων / εκτός κόμβων / οδικών τμημάτων

Επισημαίνεται ότι, εφόσον ορισμένες εναλλακτικές ανήκουν σε περισσότερους από έναν κλάδους, είναι απαραίτητο να οριστούν παράμετροι στάθμισης της συμμετοχής κάθε εναλλακτικής σε κάθε κλάδο. Οι παράμετροι αυτές ορίζονται καταρχήν ως σταθερές (μπορεί και να υπολογιστούν, ωστόσο κάτι τέτοιο θα επιβάρυνε την προσαρμογή του προτύπου). Λόγω της έλλειψης προηγούμενης γνώσης αναφορικά με τη συμμετοχή των εναλλακτικών στους διάφορους κλάδους, η συμμετοχή αυτή ισομοιράστηκε στους σχετικούς κλάδους, σύμφωνα και με αυτό που προτείνεται στη βιβλιογραφία (Bierlaire, 2008).

Από τα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.11, επιβεβαιώνεται η συσχέτιση των εναλλακτικών που αφορούν σε κόμβους ή σε θέσεις εκτός κόμβων (στατιστικά σημαντικές παράμετροι κλάδων). Ωστόσο, η συσχέτιση που αφορά στο πρώτο οδικό τμήμα δεν φαίνεται να έχει νόημα, καθότι η παράμετρος του κλάδου 3 είναι ίση με αυτήν του κλάδου 2, από το οποίο εξάγεται το συμπέρασμα ότι η **ιεράρχηση ανά κόμβο / εκτός κόμβου υπερिशύει της ιεράρχησης ανά οδικό τμήμα, καθιστώντας την αμελητέα.**

Παρατηρείται επίσης ότι η προσαρμογή του συνδυαστικά ιεραρχικού προτύπου δεν παρουσιάζει βελτίωση σε σχέση με αυτήν του προτύπου της απλής

ιεράρχησης μεταξύ κόμβου / εκτός κόμβου (παραμένει πρακτικά η ίδια τιμή του κριτηρίου χ^2 με 1 παραπάνω βαθμό ελευθερίας).

Πίνακας 5.11. Παράμετροι συνδυαστικά ιεραρχικού πολυωνυμικού προτύπου επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ θέσεων του συνόλου επιλογών - Συνδυαστική Ιεράρχηση ανά κόμβο / εκτός κόμβου και οδικό τμήμα

Model parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
NEST1	1.950	0.887	2.2	0.03
NEST2	1.040	0.381	2.74	0.01
NEST3	1.000	fixed		
NEST1_Alt2	0.500	fixed		
NEST1_Alt4	1.000	fixed		
NEST1_Alt6	1.000	fixed		
NEST2_Alt1	0.500	fixed		
NEST2_Alt3	1.000	fixed		
NEST2_Alt5	1.000	fixed		
NEST3_Alt1	0.500	fixed		
NEST3_Alt2	0.500	fixed		

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC1	0			
ASC2	-0.521	0.239	-2.180	0.030
ASC3	-3.010	1.63	-1.840	0.070
ASC4	-2.930	1.580	-1.850	0.060
ASC5	-8.220	4.67	-1.760	0.080
ASC6	-8.220	4.620	-1.780	0.080
B1_Rloglength	0.000			
B1_median	0.974	0.341	2.850	0.000
B1_plength	2.460	0.952	2.590	0.010
B1_signal	0.875	0.295	2.970	0.000
B1_trafficH	-0.694	0.369	-1.880	0.060
B2_Rloglength	0.396	0.234	1.700	0.090
B2_oneway	-1.300	0.385	-3.370	0.000
B2_park	0.990	0.391	2.530	0.010
B2_plength	2.410	0.966	2.500	0.010
B345_Rloglength	0.964	0.519	1.860	0.060
B345_median	-1.250	0.590	-2.130	0.030
B345_oneway	-1.070	0.532	-2.010	0.040
B345_plength	2.320	1.200	1.920	0.050
B345_signal	0.695	0.308	2.260	0.020
B_attract	0.754	0.385	1.960	0.050
B_carry	-0.357	0.310	-1.150	0.250
B_changedirend	0.426	0.265	1.610	0.110
B_vped2	-1.030	1.340	-0.770	0.440

Model: Cross-Nested Logit

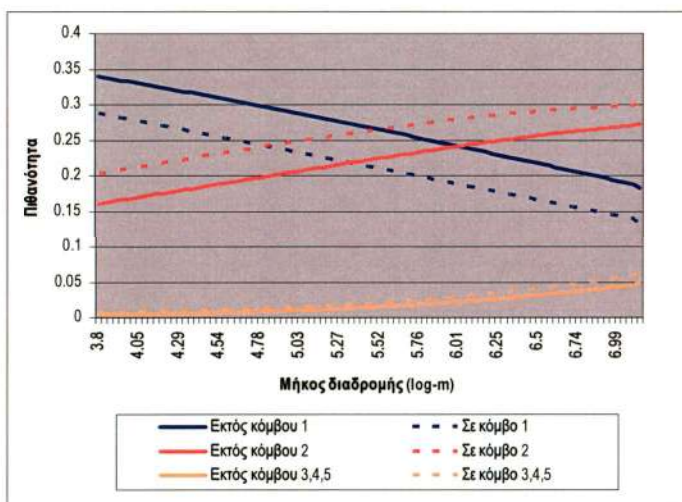
Number of estimated parameters:	24
Number of observations:	346
Null log-likelihood:	-557.913
Final log-likelihood:	-495.368
Likelihood ratio test:	125.089
Rho-square:	0.112
Adjusted rho-square:	0.069
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	281

5.3.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι το ιεραρχικό πρότυπο (ιεράρχηση μεταξύ κόμβων, εκτός κόμβου) είναι το καταλληλότερο πρότυπο για την περιγραφή μιας συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης μεταξύ όλων των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών του πεζού. Στην παρούσα ενότητα, τα αποτελέσματα του προτύπου αυτού (Πίνακας 5.8) αναλύονται περαιτέρω ως προς την επιρροή των στατιστικά σημαντικών παραμέτρων στην πιθανότητα επιλογής του πεζού αναφορικά με τη θέση κύριας διάσχισης. Σημειώνεται ότι η ανάλυση αφορά στην περίπτωση που όλες οι εναλλακτικές είναι διαθέσιμες.

5.3.4.1. Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων

Καταρχήν εξετάζεται η επιρροή των μεταβλητών που επηρεάζουν τη συνάρτηση χρησιμότητας όλων των εναλλακτικών θέσεων. Ειδικότερα, στο Σχήμα 5.12 εξετάζεται η επιρροή του μήκους της διαδρομής, το οποίο εκφράζεται σε λογάριθμο, στην επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ οδικού τμήματος 1 σε κόμβο, οδικού τμήματος 1 εκτός κόμβου, οδικού τμήματος 2 σε κόμβο, οδικού τμήματος 3,4 ή 5 εκτός κόμβου, με όλες τις άλλες παραμέτρους σταθερές. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αφορούν σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, οδικά τμήματα χωρίς διαχωριστική νησίδα, σηματοδότηση ή στάθμευση παρά το κράσπεδο, ποσοστό μήκους της διαδρομής 50% και μέση ταχύτητα διαδρομής πεζού.

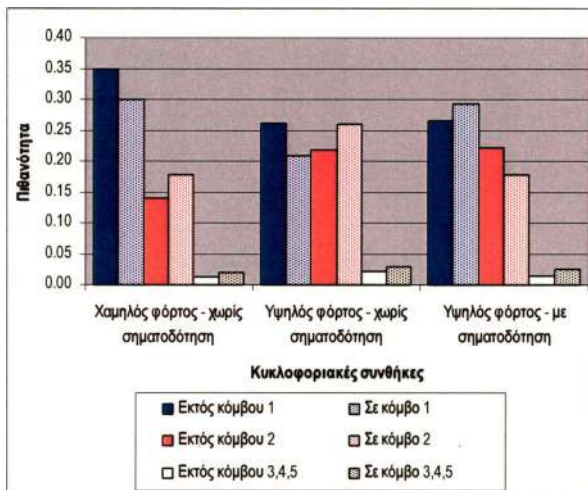


Σχήμα 5.12. Επιρροή μήκους διαδρομής πεζού στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης

Παρατηρείται ότι η πιθανότητα διάσχισης στο οδικό τμήμα 1 μειώνεται σε αύξηση του συνολικού μήκους της διαδρομής, ενώ η πιθανότητα διάσχισης σε όλα τα επόμενα οδικά τμήματα αυξάνεται με αύξηση του μήκους της διαδρομής. Σημειώνεται ότι, η αύξηση του μήκους της διαδρομής πιθανόν να συνδέεται και με τη διαθεσιμότητα περισσότερων οδικών τμημάτων στο σύνολο επιλογών του πεζού. Σε κάθε περίπτωση, σε σχετικά μικρό μήκος διαδρομής, η μέγιστη πιθανότητα αντιστοιχεί σε διάσχιση στο οδικό τμήμα 1, ενώ σε μεγάλο μήκος διαδρομής η μέγιστη πιθανότητα αντιστοιχεί στο οδικό τμήμα 2, αλλά και η πιθανότητα που αντιστοιχεί στα οδικά τμήματα 3,4,5 είναι σαφώς αυξημένη.

Επίσης, παρατηρείται ότι στο πρώτο οδικό τμήμα η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο, ενώ το αντίθετο ισχύει στα υπόλοιπα τμήματα. Προκύπτει επομένως ότι, με όλες τις άλλες συνθήκες σταθερές, οι πεζοί που επιλέγουν να διασχίσουν στο πρώτο οδικό τμήμα είναι πιθανότερο να διασχίσουν σε θέση εκτός κόμβου, το οποίο μπορεί να αποδοθεί στο ότι οι πεζοί που διασχίζουν στην πρώτη διαθέσιμη ευκαιρία είναι περισσότερο βιαστικοί ή ριψοκίνδυνοι.

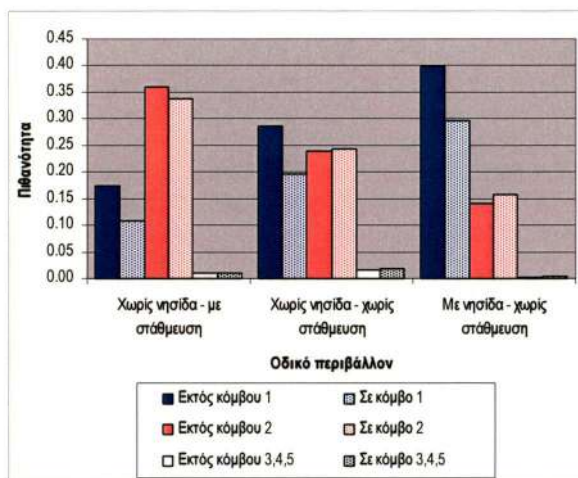
Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5.13 παρουσιάζεται η επιρροή των κυκλοφοριακών συνθηκών στην πιθανότητα επιλογής θέσης διάσχισης. Τα αποτελέσματα αφορούν σε μέσο μήκος διαδρομής και οδικά τμήματα με μία λωρίδα κυκλοφορίας χωρίς στάθμευση παρά το κράσπεδο. Οι κυκλοφοριακές συνθήκες εκφράζονται με βάση τόσο τον κυκλοφοριακό φόρτο όσο και την ύπαρξη σηματοδότησης στο οδικό τμήμα και εξετάζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων αυτών.



Σχήμα 5.13. Επιρροή κυκλοφοριακών συνθηκών στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης

Από την εφαρμογή του προτύπου προκύπτει ότι σε συνθήκες χαμηλού φόρτου χωρίς σηματοδότηση η πιθανότητα διάσχισης στο πρώτο οδικό τμήμα και εκτός κόμβου είναι η μέγιστη. Ωστόσο, σε συνθήκες υψηλού φόρτου χωρίς σηματοδότηση, η πιθανότητα διάσχισης κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα μεταξύ των θέσεων των δύο πρώτων οδικών τμημάτων. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο στο πρώτο οδικό τμήμα, ενώ το αντίθετο ισχύει στα επόμενα οδικά τμήματα. Αντίθετα, σε συνθήκες υψηλού φόρτου με σηματοδότηση, η κατανομή της πιθανότητας διάσχισης είναι φθίνουσα σε σχέση με τις διαδοχικές θέσεις, ενώ οι θέσεις σε κόμβο έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής από τις θέσεις εκτός κόμβου.

Επίσης, στο Σχήμα 5.14 εξετάζεται η επιρροή του οδικού περιβάλλοντος στην πιθανότητα επιλογής διάσχισης. Τα αποτελέσματα αφορούν σε μέσο μήκος διαδρομής και συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου χωρίς σηματοδότηση. Το οδικό περιβάλλον εκφράζεται με βάση τόσο την ύπαρξη κεντρικής νησίδας στα οδικά τμήματα (η οποία συσχετίζεται με συνθήκες έντονα αστικών περιοχών με εμπορικές χρήσεις κλπ.) όσο και την ύπαρξη στάθμευσης παρά το κράσπεδο (η οποία συσχετίζεται και με στενό πεζοδρόμιο χωρίς κιγκλιδώματα, και γενικότερα με συνθήκες περιοχών κατοικίας) και εξετάζονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί των τιμών των παραμέτρων αυτών.



Σχήμα 5.14. Επιρροή οδικού περιβάλλοντος στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης

Υπενθυμίζεται ότι η ύπαρξη κεντρικής νησίδας είναι στατιστικά σημαντική στη συνάρτηση χρησιμότητας των θέσεων του πρώτου και των 3,4,5 οδικών τμημάτων, ενώ η στάθμευση παρά το κράσπεδο είναι στατιστικά σημαντική στη συνάρτηση χρησιμότητας των θέσεων του δεύτερου οδικού τμήματος. Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του προτύπου προκύπτει ότι σε οδούς χωρίς νησίδα (ως επί το πλείστον οδοί μιας κατεύθυνσης) και με στάθμευση παρά το κράσπεδο η πιθανότητα διάσχισης στο οδικό τμήμα 1 είναι χαμηλότερη από την πιθανότητα διάσχισης στο οδικό τμήμα 2. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σημαντικό ποσοστό των εξεταζόμενων συνόλων επιλογών περιλαμβάνει δύο οδικά τμήματα, προκύπτει μια τάση των πεζών να αναβάλλουν τη διάσχιση στις συγκεκριμένες συνθήκες, πιθανόν θεωρώντας ότι οι συνθήκες αυτές είναι εξίσου ευνοϊκές για διάσχιση σε κάποια άλλη από τις διαθέσιμες θέσεις.

Ωστόσο, σε περιπτώσεις οδών χωρίς νησίδα, αλλά και χωρίς στάθμευση παρά το κράσπεδο, η πιθανότητα διάσχισης κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα μεταξύ των θέσεων του πρώτου και του δεύτερου οδικού τμήματος, καθότι πιθανότατα η απουσία της αντιληπτής προστασίας που παρέχει η στάθμευση παρά το κράσπεδο στους πεζούς μειώνει τη γενική τάση τους να αναβάλλουν τη διάσχιση οδού. Η τάση αυτή μειώνεται περαιτέρω σε οδικά τμήματα με κεντρική νησίδα, όπου οι πεζοί είναι πιθανότερο να διασχίσουν στο πρώτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών.

Σε κάθε περίπτωση, η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου είναι υψηλότερη από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο, καθότι οι εξεταζόμενες μεταβλητές δεν επηρεάζουν τη χρησιμότητα μόνο μίας από τις δύο σχετικές εναλλακτικές, αλλά και των δύο σε κάθε οδικό τμήμα.

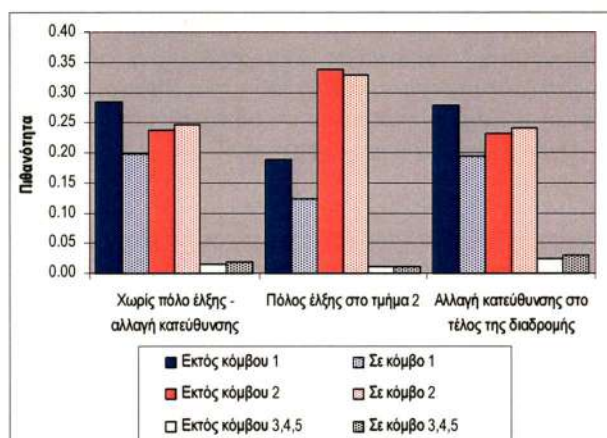
Τέλος, στο Σχήμα 5.15 παρουσιάζεται η επιρροή δύο περιστασιακών μεταβλητών, που αντιστοιχούν στην ύπαρξη πόλου έλξης στο οδικό τμήμα (πχ. μεγάλο κατάστημα, στάση λεωφορείου κλπ.) και στην περίπτωση αλλαγής κατεύθυνσης (στο τέλος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος). Υπενθυμίζεται ότι οι μεταβλητές αυτές ορίζονται στις συναρτήσεις χρησιμότητας όλων των επιλογών θέσης διάσχισης. Τα αποτελέσματα αφορούν σε μέσο μήκος διαδρομής, υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, και οδικά τμήματα χωρίς κεντρική νησίδα, στάθμευση παρά το κράσπεδο ή σηματοδότηση.

Αρχικά εξετάζεται η περίπτωση μη ύπαρξης πόλου έλξης και μη αλλαγής κατεύθυνσης στο τέλος του οδικού τμήματος, όπου παρατηρείται η γενική εικόνα που προκύπτει από το Σχήμα 5.12 για μέσο μήκος διαδρομής (δηλ. περίπου ίσες πιθανότητες στα οδικά τμήματα 1 και 2, αυξημένη πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου στο οδικό τμήμα 1).

Στη συνέχεια, εξετάζεται η περίπτωση ύπαρξης πόλου έλξης στο οδικό τμήμα 2, με όλες τις άλλες συνθήκες σταθερές, όπου φαίνεται σημαντική αύξηση της πιθανότητας διάσχισης στο τμήμα αυτό. Δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ διάσχισης σε κόμβο και εκτός κόμβου, ωστόσο εάν θεωρηθούν συνθήκες

χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου στο οδικό τμήμα 2 είναι σαφώς υψηλότερη.

Τέλος, εξετάζεται η επιρροή της αλλαγής κατεύθυνσης διαδρομής στο τέλος του συνόλου επιλογών του πεζού (δηλαδή μετά το οδικό τμήμα 5), με όλες τις άλλες συνθήκες παρόμοιες. Παρατηρείται αισθητή αύξηση της πιθανότητας διάσχισης στο οδικό τμήμα 3,4 ή 5, η οποία ήταν ιδιαίτερα χαμηλή σε όλες τις προηγούμενες συνθήκες που εξετάστηκαν. Είναι πιθανό η ύπαρξη αλλαγής κατεύθυνσης στο τέλος του συνόλου επιλογών να σχετίζεται με συνέχεια της διαδρομής του πεζού και ενδεχομένως και άλλες κύριες διασχίσεις στη συνέχεια της διαδρομής, με αποτέλεσμα να μην έχει πρόσθετη χρησιμότητα για τον πεζό η διάσχιση στην αρχή του συνόλου επιλογών (ώστε να μην χρειάζεται να εξετάζει τη δυνατότητα διάσχισης καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής).



Σχήμα 5.15. Επιρροή ύπαρξης πόλου έλξης ή αλλαγής κατεύθυνσης στην πιθανότητα επιλογής κάθε θέσης διάσχισης

Από την ανάλυση ευαισθησίας των παραμέτρων του προτύπου σε διαφορετικές συνθήκες προκύπτουν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με την επιρροή των παραμέτρων αυτών στη συμπεριφορά του πεζού ως προς τη διάσχιση οδού σε μια συνολική διαδικασία λήψης απόφασης (εξέταση όλου του συνόλου επιλογών στην αρχή της διαδρομής). Σε κάθε περίπτωση, υπογραμμίζεται ότι η επιρροή των παραμέτρων αυτών είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητά τους, και κατά συνέπεια τα παραπάνω αποτελέσματα αφορούν στην περίπτωση διαθεσιμότητας όλων των εναλλακτικών.

Στο πλαίσιο αυτό, η ομαδοποίηση των εναλλακτικών κόμβου / εκτός κόμβου μετά το τρίτο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών φαίνεται να παρέχει την απαραίτητη

ευελιξία για την προτυποποίηση της πολύ χαμηλής πιθανότητας επιλογής των θέσεων σε αυτά τα οδικά τμήματα. Επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι παράμετροι αυτές αφορούν σε χαρακτηριστικά τόσο της διαδρομής και του οδικού περιβάλλοντος όσο και των κυκλοφοριακών συνθηκών ή άλλων περιστασιακών παραμέτρων.

5.3.4.2. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων

Οι ελαστικότητες / ψευδοελαστικότητες των παραμέτρων επιρροής της συνολικής διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης υπολογίστηκαν με βάση τις εξισώσεις που παρατίθενται στην ενότητα 5.2.4.2 και παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.12. Σημειώνεται ότι οι τιμές αυτές αφορούν στο πολυωνυμικό πρότυπο. Παρατηρείται καταρχήν ότι οι τιμές των ελαστικοτήτων / ψευδοελαστικοτήτων των παραμέτρων έχουν το ίδιο πρόσημο με τις αντίστοιχες παραμέτρους (Πίνακας 5.9). Στη δεξιά πλευρά του Πίνακα παρουσιάζεται η κανονικοποίηση των τιμών αυτών ως προς την ελάχιστη τιμή, η οποία επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των παραμέτρων. Ως ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στη μεταβλητή B1_median, καθώς η ελαστικότητα της μεταβλητής B_carry είναι ιδιαίτερα χαμηλή και δεν λαμβάνεται υπόψη.

Πίνακας 5.12. Ελαστικότητα επιρροής παραμέτρων ιεραρχικού προτύπου (κόμβος / εκτός κόμβου)

		Ελαστικότητα E _i					Σχετική επιρροή E _i *						
Παράμετρος	B	Κόμβος 1	Εκτός κόμβου 1	Κόμβος 2	Εκτός κόμβου 2	Κόμβος 3,4 ή 5	Εκτός κόμβου 3,4 ή 5	Κόμβος 1	Εκτός κόμβου 1	Κόμβος 2	Εκτός κόμβου 2	Κόμβος 3,4 ή 5	Εκτός κόμβου 3,4 ή 5
B1_median	0.856	0.37						1.00					
B1_plength	2.150	0.39						1.05					
B1_signal	0.707	0.62						1.69					
B1_trafficH	-0.763		-0.42						1.15				
B2_Rloglength	0.339			0.89						2.42			
B2_oneway	-1.160			-0.42						1.14			
B2_park	0.914			0.65						1.77			
B2_plength	2.270			0.55						1.49			
B345_Rloglength	0.920					5.02						13.62	
B345_median	-1.290					-0.71						1.92	
B345_oneway	-1.020					-0.61						1.66	
B345_plength	2.200					0.97						2.64	
B345_signal	0.655					0.98						2.66	
B_attract	0.767			0.41						1.10			
B_carry	-0.382		-0.01										
B_changedirend	0.470					0.55						1.49	

Η μέγιστη ελαστικότητα αντιστοιχεί στην επιρροή του συνολικού μήκους της διαδρομής στην πιθανότητα διάσχισης στο 3^ο, 4^ο ή 5^ο οδικό τμήμα. Συγκεκριμένα, αύξηση του λογαρίθμου του συνολικού μήκους της διαδρομής κατά 1% αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε πενταπλασιασμό της πιθανότητας επιλογής του οδικού τμήματος 3,4 ή 5. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στο ότι μεγαλύτερο μήκος της διαδρομής συνεπάγεται και αυξημένη πιθανότητα το σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε κύρια διάσχιση να περιλαμβάνει 3,4 ή 5 οδικά τμήματα. Παράλληλα, επιβεβαιώνεται η γενική τάση αναβολής της κύριας διάσχισης, εφόσον υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές διαθέσιμες. Επίσης, το αποτέλεσμα αυτό αντικατοπτρίζει την αυξημένη πιθανότητα διάσχισης στο τελευταίο οδικό τμήμα, η οποία διαπιστώθηκε κατά την ανάπτυξη των διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων (ενότητα 5.3.4.2). Η ελαστικότητα του συνολικού μήκους της διαδρομής είναι σημαντική και όσον αφορά στην πιθανότητα διάσχισης στο δεύτερο οδικό τμήμα (η πιθανότητα αυξάνεται κατά περίπου 90%).

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επιρροή της σηματοδότησης, η ύπαρξη της οποίας αυξάνει την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο κατά περίπου 60% στο πρώτο οδικό τμήμα και κατά περίπου 100% στο 3^ο, 4^ο ή 5^ο οδικό τμήμα. Η μεταβολή των κυκλοφοριακών συνθηκών από χαμηλό σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο μειώνει την πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου στο πρώτο οδικό τμήμα κατά περίπου 40%.

Η ελαστικότητα της επιρροής του ποσοστού του μήκους της διαδρομής αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των οδικών τμημάτων, από περίπου 40% στο πρώτο οδικό τμήμα, σε 55% στο δεύτερο οδικό τμήμα και σε 100% στο 3^ο, 4^ο ή 5^ο οδικό τμήμα. Προκύπτει επομένως ότι η αύξηση του ποσοστού μήκους της διαδρομής της κάθε θέσης αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη αύξηση της πιθανότητας επιλογής των τελευταίων οδικών τμημάτων του συνόλου επιλογών σε σχέση με την πιθανότητα επιλογής των πρώτων οδικών τμημάτων του συνόλου επιλογών.

Η μεταβολή από οδό χωρίς κεντρική νησίδα σε οδό με κεντρική νησίδα αυξάνει την πιθανότητα επιλογής του πρώτου οδικού τμήματος κατά περίπου 40% και μειώνει την πιθανότητα επιλογής του 3^{ου}, 4^{ου} ή 5^{ου} οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών κατά περίπου 70%. Επίσης, η μεταβολή από οδό δύο κατευθύνσεων σε οδό μιας κατεύθυνσης μειώνει την πιθανότητα επιλογής του δεύτερου οδικού τμήματος κατά περίπου 40% και του 3^{ου}, 4^{ου} ή 5^{ου} οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών κατά περίπου 60%. Όπως προαναφέρθηκε, η απουσία υποδομής για τους πεζούς η οποία συνδέεται με οδούς μιας κατεύθυνσης πιθανότατα αποθαρρύνει τη διάσχιση στις οδούς αυτές. Τέλος, η ύπαρξη στάθμευσης παρά το κράσπεδο αυξάνει την πιθανότητα διάσχισης στο 2^ο οδικό τμήμα κατά 65%.

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει αυξημένη επιρροή οδικών και κυκλοφοριακών παραμέτρων στα πρώτα οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών, και αυξημένη επιρροή των χαρακτηριστικών της διαδρομής στα τελευταία οδικά τμήματα του συνόλου επιλογών. Επισημαίνεται ότι, στο πλαίσιο της συνολικής

διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης, οι ελαστικότητες και ψευδοελαστικότητες των παραμέτρων αφορούν μόνο στις επιλογές όπου οι μεταβλητές αυτές ορίζονται, και αφορούν σε συγκεντρωτικές ελαστικότητες σε όλο το εξεταζόμενο δείγμα πεζών / διαδρομών.

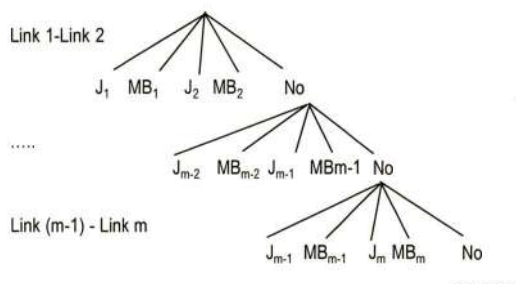
Συγκρίνοντας τις παραπάνω ελαστικότητες / ψευδοελαστικότητες με τις αντίστοιχες τιμές της διαδοχικής διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης (ενότητα 5.2.4.2), προκύπτει σαφώς λιγότερο ισορροπημένη επιρροή των παραμέτρων στην προκειμένη περίπτωση, η οποία πιθανότατα οφείλεται στη δυνατότητα ορισμού διαφορετικών παραμέτρων για την επιρροή μιας μεταβλητής σε διαφορετικές εναλλακτικές (*alternative-specific variables*). Με τον τρόπο αυτό, αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές παράμετροι οι οποίες δεν ήταν δυνατό να εντοπιστούν στα διαδοχικά πρότυπα (πχ. η επιρροή της στάθμευσης παρά το κράσπεδο στο δεύτερο οδικό τμήμα). Ωστόσο, παρατηρείται περιορισμένη δυνατότητα επεξήγησης της επιρροής αυτής σε συγκεκριμένο οδικό τμήμα μόνο. Επίσης, η επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο και διάσχισης εκτός κόμβου δεν επεξηγείται επαρκώς σε όλα τα οδικά τμήματα.

5.4. Ευρύτερη διαδοχική επιλογή θέσης διάσχισης

5.4.1. Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, η υπόθεση της διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης φαίνεται να περιγράφει καλύτερα την παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών ως προς την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης, τόσο από πλευράς προσαρμογής των προτύπων όσο και από πλευράς ερμηνευσιμότητας των παραμέτρων. Για το λόγο αυτό, κρίνεται σκόπιμος ο έλεγχος ευρύτερων διαδοχικών προσεγγίσεων της διαδικασίας λήψης απόφασης, όπως περιγράφηκε στην ενότητα 3.3.5.

Αρχικά ελέγχεται μια υπόθεση ευρύτερης διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης, κατά την οποία ο πεζός σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών εξετάζει τις διαθέσιμες εναλλακτικές θέσεις διάσχισης του οδικού τμήματος αυτού και του επόμενου οδικού τμήματος. Επομένως, σε κάθε στάδιο της διαδοχικής διαδικασίας ορίζονται δύο εναλλακτικές διάσχισης σε κόμβο, δύο εναλλακτικές διάσχισης εκτός κόμβου και μία εναλλακτική μη διάσχισης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.16



Σχήμα 5.16. Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά λογιστικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Στα αντίστοιχα ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η συσχέτιση μεταξύ των διαδοχικών αποφάσεων, με παρόμοιο τρόπο όπως στα βασικά διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα (ενότητα 5.2.1), δηλαδή με τη χρήση μεταβλητών ελέγχου της εξάρτησης από προηγούμενη κατάσταση. Αναφορικά με τις εξεταζόμενες μεταβλητές, περιλαμβάνονται καταρχήν οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές του διαδοχικού πολυωνυμικού προτύπου. Επίσης, η επιλογή της μη διάσχισης ορίστηκε ως μη διαθέσιμη στο τελευταίο οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών.

Ωστόσο, ορισμένες προσαρμογές ήταν απαραίτητες στις συναρτήσεις χρησιμότητας. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή που περιγράφει το πρώτο οδικό τμήμα (first) ορίζεται μόνο στις συναρτήσεις χρησιμότητας των δύο πρώτων εναλλακτικών, ενώ η μεταβλητή που περιγράφει το τελευταίο οδικό τμήμα (last) ορίζεται μόνο στις συναρτήσεις χρησιμότητας των δύο τελευταίων μεταβλητών. Επίσης, οι μεταβλητές που περιγράφουν την απόρριψη προηγούμενων ευκαιριών διάσχισης ορίζονται μόνο στη συνάρτηση χρησιμότητας της εναλλακτικής μη διάσχισης, ώστε να είναι ευκολότερα ερμηνεύσιμες. Τα αποτελέσματα της ανάπτυξης του προτύπου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13. Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ μη διάσχισης, διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και στο επόμενο

Utility functions

0 - No Crossing	$ASC0 * one + B_skip1 * skip1 + B_plength * L_plength2 + B0_vped2 * I_logvped2$
1 - Cross at Mid-block (current link)	$ASC1 * one + B_first * first + B_traffL * L_traffL + B_traffH * L_traffH + B_attract * L_attract$
2 - Cross at Junction (current link)	$ASC2 * one + B_first * first + B_signal * J_signal + B_secend * L_secend$
3 - Cross at Mid-block (next link)	$ASC3 * one + B_last * last2 + B2_plength * L_plength2 + B_traffL * L_traffL2 + B_traffH * L_traffH2$
4 - Cross at Junction (next link)	$ASC4 * one + B_last * last2 + B_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2 + B_attract * L_attract2 + B_secend * L_secend2$

Utility parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
ASC0	-0.269	2.46	-0.11	0.91
ASC1	0.00			
ASC2	0.291	0.315	0.92	0.36
ASC3	3.01	0.642	4.70	0.00
ASC4	3.04	0.654	4.65	0.00
B0_vped2	1.14	0.582	1.95	0.05
B2_plength	-0.693	0.471	-1.47	0.14
B_attract	0.327	0.219	1.49	0.14
B_first	2.67	0.555	4.81	0.00
B_last	0.0970	0.274	0.35	0.72
B_plength	-1.87	0.612	-3.06	0.00
B_secend	-0.466	0.230	-2.02	0.04
B_signal	0.586	0.206	2.85	0.00
B_skip1	0.893	0.334	2.68	0.01
B_traffH	0.00			
B_traffL	0.300	0.213	1.41	0.16

Model: Multinomial Logit

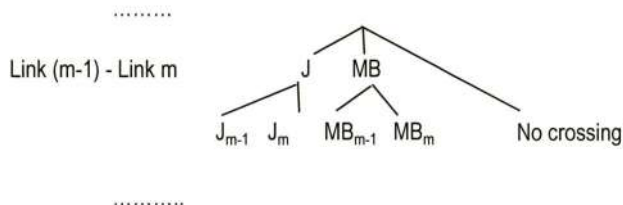
Number of estimated parameters:	14
Number of observations:	463
Number of individuals:	463
Null log-likelihood:	-704.334
Final log-likelihood:	-601.248
Likelihood ratio test:	206.173
Rho-square:	0.146
Adjusted rho-square:	0.126
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	6

Παρατηρείται ότι η προσαρμογή του προτύπου δεν διαφέρει σημαντικά από εκείνη του αντίστοιχου προτύπου της διαδοχικής λήψης απόφασης ανά ένα οδικό τμήμα. Οι περισσότερες παράμετροι επίσης δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς το πρόσημο και το μέγεθος της επιρροής τους. Ωστόσο, ορισμένες παράμετροι, όπως αυτή που αντιστοιχεί στον αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας (B_lanes) και στην αλλαγή κατεύθυνσης διαδρομής ($B_changedirend$) δεν είναι στατιστικά σημαντικές στο πρότυπο αυτό, ή είναι σημαντικές σε χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος ($B_traffic$). Αντίθετα, είναι στατιστικά σημαντική η ύπαρξη πόλου έλξης στο οδικό τμήμα ($B_attract$).

Αναφορικά με τις μεταβλητές ελέγχου της δυναμικής της διαδικασίας, επισημαίνεται ότι, όπως και στο απλό διαδοχικό πρότυπο, το πρώτο οδικό τμήμα και η απόρριψη μιας ευκαιρίας διάσχισης επηρεάζουν σημαντικά την επιλογή του πεζού σε κάθε οδικό τμήμα. Οι μεταβλητές που αντιστοιχούν σε απόρριψη περισσότερων από μία ευκαιριών διάσχισης, καθώς και η μεταβλητή που αντιστοιχεί στο τελευταίο οδικό τμήμα δεν βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές.

5.4.2. Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα

Παρόλο που από τα αποτελέσματα των πολυωνυμικών προτύπων δεν φαίνεται αυτά να συνεισφέρουν επεξηγηματική ικανότητα στην ανάλυση των επιλογών θέσης διάσχισης των πεζών κατά μήκος της διαδρομής, για την πληρότητα της ανάλυσης εξετάστηκαν και τα αντίστοιχα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα. Στην περίπτωση αυτή, θεωρήθηκε ιεράρχηση των εξεταζόμενων εναλλακτικών σε θέσεις κόμβων / εκτός κόμβου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.17, καθότι από τα αποτελέσματα της συνολικής προσέγγισης προέκυψε ότι μόνο αυτή η ιεράρχηση έχει νόημα.



Σχήμα 5.17. Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα για την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης

Τα αποτελέσματα της ανάπτυξης των προτύπων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.14. Σημειώνεται ότι οι τιμές των παραμέτρων δεν παρατίθενται, καθότι δεν διέφεραν από αυτές των αντίστοιχων πολυωνυμικών προτύπων (Πίνακας 5.13).

Πίνακας 5.14. Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ μη διάσχισης, διάσχισης σε κόμβο / εκτός κόμβου σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και στο επόμενο - Ιεράρχηση κόμβων / εκτός κόμβων

Utility functions

0 - No Crossing	$ASC0 * one + B_skip1 * skip1 + B_plength * L_plength2 + B0_vpd2 * L_logvpd2$
1 - Cross at Mid-block (current link)	$ASC1 * one + B_first * first + B_traffL * L_traffL + B_traffH * L_traffH + B_attract * L_attract$
2 - Cross at Junction (current link)	$ASC2 * one + B_first * first + B_signal * J_signal + B_secend * L_secend$
3 - Cross at Mid-block (next link)	$ASC3 * one + B_last * last2 + B2_plength * L_plength2 + B_traffL * L_traffL2 + B_traffH * L_traffH2$
4 - Cross at Junction (next link)	$ASC4 * one + B_last * last2 + B_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2 + B_attract * L_attract2 + B_secend * L_secend2$

Model parameters

Name	Value	Robust Std err	Robust t-test	p-value
NEST1 - No Cross [0]	1,000	fixed		
NEST2 - Mid-Block [1,3]	3,460	2,210	1,570	0,120
NEST3 - Junction [2,4]	2,460	1,600	1,540	0,110

Model: Nested Logit

Number of estimated parameters:	16
Number of observations:	463
Number of individuals:	463
Null log-likelihood:	-704,334
Final log-likelihood:	-598,446
Likelihood ratio test:	211,776
Rho-square:	0,15
Adjusted rho-square:	0,128
Diagnostic: Convergence reached...	
Iterations:	22

Παρατηρείται ότι οι παράμετροι που σχετίζονται με την ιεραρχική διαδικασία είναι στατιστικά σημαντικές οριακά μόνο σε επίπεδο 90%, ενώ η βελτίωση της προσαρμογή του προτύπου είναι αμελητέα. Δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη βελτίωση σε σχέση τόσο με τα ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα, όσο και με τα απλά διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα της βασικής διαδοχικής διαδικασίας (ενότητα 5.2). Επομένως, δεν κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη άλλων προτύπων ευρύτερης διαδοχικής λήψης απόφασης (πχ. με τρία οδικά τμήματα).

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάπτυξης όλων των παραπάνω προτύπων, στην επόμενη ενότητα πραγματοποιείται μια συνολική αξιολόγηση των διαφορετικών υποθέσεων που ελέγχθηκαν στην παρούσα ανάλυση και των αντίστοιχων προτύπων που αναπτύχθηκαν, με στόχο τον προσδιορισμό του βέλτιστου προτύπου για την περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ των εναλλακτικών του επιλογών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα.

5.5. Συγκριτική αξιολόγηση προτύπων

Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής αναπτύχθηκαν διαφορετικά πρότυπα συμπεριφοράς πεζών αναφορικά με την επιλογή θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο. Τα πρότυπα αυτά βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις αναφορικά με τη διαδικασία λήψης απόφασης κύριας διάσχισης μεταξύ των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών. Τα πρότυπα αναπτύχθηκαν με χρήση του ειδικού λογισμικού Biogeme v1.8 (Bierlaire, 2003), το οποίο επιλέχθηκε ως κατάλληλο για την προτυποποίηση όλων των εξεταζόμενων δυναμικών και ιεραρχικών διαδικασιών. Σε κάθε περίπτωση, εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές για τις οποίες ήταν διαθέσιμα στοιχεία από την έρευνα πεδίου. Τα αρχεία εισόδου και εξόδου του λογισμικού για καθένα από τα τελικά πρότυπα παρατίθενται στο Παράρτημα V.

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων της ανάπτυξης των προτύπων για την περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης μεταξύ των εναλλακτικών του επιλογών κατά τη διάρκεια διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, με στόχο τον **προσδιορισμό του βέλτιστου προτύπου**. Σημειώνεται ότι για την επιλογή αυτή είναι απαραίτητη η αξιολόγηση τόσο των υποθέσεων στις οποίες βασίζεται το κάθε πρότυπο, όσο και των αποτελεσμάτων των προτύπων. Η αξιολόγηση αυτή αφορά στην περίπτωση όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει περισσότερα από ένα οδικά τμήματα, όπου και θεωρήθηκαν εναλλακτικές υποθέσεις και πρότυπα, καθώς στην περίπτωση όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει ένα μόνο οδικό τμήμα, η προσαρμογή του διωνυμικού λογιστικού προτύπου που αναπτύχθηκε κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική.

Αναφορικά με την **αξιολόγηση των υποθέσεων συμπεριφοράς πεζού** στις οποίες βασίζεται το κάθε πρότυπο, εξετάστηκαν δύο βασικές γενικές υποθέσεις συμπεριφοράς πεζού ως προς τη διαδικασία λήψης απόφασης: μια διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης ανά οδικό τμήμα και μια συνολική διαδικασία λήψης απόφασης σε όλο το σύνολο επιλογών. Οι ευρύτερες διαδοχικές διαδικασίες λήψης απόφασης που εξετάστηκαν (ανά δύο οδικά τμήματα κλπ.) δεν βρέθηκαν να συνεισφέρουν στην καλύτερη περιγραφή του φαινομένου, και επομένως δεν λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα ενότητα. Τα χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της κάθε διαδικασίας συνοψίζονται ως εξής:

- **Υπόθεση διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης**

- Σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών πραγματοποιείται επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης.
- Η διαδικασία αυτή λαμβάνει υπόψη τυχόν προηγούμενη γνώση της διαδρομής από τους πεζούς
- Το σύνολο επιλογών εξετάζεται διαδοχικά, καθώς οι εναλλακτικές γίνονται σταδιακά διαθέσιμες

- Λαμβάνεται υπόψη η συσχέτιση μεταξύ των επιλογών (εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση)
- Η επιλογή που πραγματοποιείται σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών βασίζεται σε χαρακτηριστικά μόνο του συγκεκριμένου οδικού τμήματος
- Η προτυποποίηση της διαδικασίας πραγματοποιείται με κλασικά πολυωνυμικά πρότυπα
- Τα σχετικά πρότυπα είναι γενικής μορφής (generic) και μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοδήποτε οδικό τμήμα οποιασδήποτε διαδρομής
- Η επιρροή των παραμέτρων ερμηνεύεται άμεσα
- **Υπόθεση συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης**
 - Επιλογή μεταξύ όλων των εναλλακτικών θέσεων διάσχισης σε κόμβο, ή διάσχισης εκτός κόμβου που περιλαμβάνονται στο σύνολο επιλογών του πεζού.
 - Η διαδικασία αυτή προϋποθέτει κάποια προηγούμενη γνώση της διαδρομής από τους πεζούς, καθότι όλες οι εναλλακτικές επιλογές εξετάζονται στην αρχή της διαδρομής.
 - Λαμβάνονται υπόψη πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών
 - Η επιλογή που πραγματοποιείται βασίζεται όχι μόνο σε χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θέσης αλλά και των άλλων θέσεων του συνόλου επιλογών
 - Η προτυποποίηση της διαδικασίας πραγματοποιείται με ιεραρχικά ή συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα, τα οποία είναι πιο σύνθετα.
 - Τα πρότυπα αυτά εφαρμόζονται σε όλο το σύνολο επιλογών του πεζού, ωστόσο η μορφή τους μπορεί να μεταβάλλεται για διαφορετικά σύνολα επιλογών του πεζού.
 - Δεν είναι όλες οι εναλλακτικές πάντα διαθέσιμες (λόγω του ότι κάθε σύνολο επιλογών μπορεί να έχει διαφορετικό αριθμό οδικών τμημάτων)
 - Η επιρροή των παραμέτρων είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητα των σχετικών εναλλακτικών, επομένως η ερμηνεία των παραμέτρων πραγματοποιείται πιο έμμεσα.

Κάθε μία από τις παραπάνω υποθέσεις εμφανίζει διαφορετικά πλεονεκτήματα και περιορισμούς. Συνολικά, η διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης είναι πιο γενικεύσιμη και δεν εμφανίζει ευαισθησία σε χαρακτηριστικά της διαδρομής, και η επιλογή που πραγματοποιείται σε κάθε οδικό τμήμα βασίζεται στα ίδια χαρακτηριστικά για όλα τα οδικά τμήματα. Από την άλλη πλευρά, η συνολική διαδικασία λήψης απόφασης παρέχει λιγότερη ευελιξία, εξαιτίας του ότι η ανάλυση των επιλογών είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών. Ωστόσο, παρέχει τη δυνατότητα εξέτασης της επιρροής των παραμέτρων με ιδιαίτερα αναλυτικό τρόπο.

Από την ανάπτυξη των προτύπων, προέκυψε ικανοποιητικότερη **προσαρμογή των προτύπων** που αφορούν σε διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης, εν μέρει εξαιτίας του ότι εξετάζονται λιγότερο σύνθετα πρότυπα, ενώ όλες οι εναλλακτικές είναι πάντα διαθέσιμες (με εξαίρεση την περίπτωση του τελευταίου οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών). Σημειώνεται ότι στη βιβλιογραφία

επιβεβαιώνεται ότι η θεώρηση μεγαλύτερου και συνθετότερου συνόλου επιλογών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τυχαιότητας (randomness) και της ασυνέπειας (inconsistency) στην επιλογή (DeShazo, 2002).

Επίσης, από τις δύο παραπάνω προσεγγίσεις προκύπτουν **παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την επιρροή των παραμέτρων** στην παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών. Και στις δύο προσεγγίσεις, προκύπτει μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής διάσχισης στο πρώτο οδικό τμήμα της διαδρομής, τάση των πεζών να αναβάλλουν τη διάσχιση σε μεγάλες διαδρομές και όταν κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, αυξημένη πιθανότητα διάσχισης σε σηματοδοτούμενους κόμβους, και αυξημένη πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου σε χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε οδούς μιας λωρίδας.

Κατά την εξέταση της συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης, αναδείχθηκε η επιρροή πρόσθετων μεταβλητών, οι οποίες δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές στη διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης. Αυτό οφείλεται στο ότι, κατά τη συνολική διαδικασία λήψης απόφασης, σε κάθε οδικό τμήμα μπορεί να εξετάζονται διαφορετικές παράμετροι (alternative-specific variables), και να εντοπίζονται αυτές που είναι σημαντικές σε κάθε περίπτωση. Ωστόσο, υπάρχουν δυσκολίες στην ερμηνεία της επιρροής των πρόσθετων αυτών παραμέτρων. Για παράδειγμα, δεν είναι εύκολο να ερμηνευθεί η ύπαρξη επιρροής της στάθμευσης παρά το κράσπεδο στο δεύτερο μόνο οδικό τμήμα. Αντίθετα, στη διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης, προκύπτουν ως στατιστικά σημαντικές μόνο οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή σε όλα τα οδικά τμήματα.

Επιπλέον, από τα αποτελέσματα των προτύπων προκύπτει περιορισμένη δυνατότητα της συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης όσον αφορά στην περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών κατά το τελευταίο οδικό τμήμα. Παρόλο που τα στοιχεία της έρευνας πεδίου δείχνουν αυξημένη πιθανότητα επιλογής του τελευταίου οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών του πεζού, το φαινόμενο αυτό αποτυπώνεται μόνο στη διαδοχική προσέγγιση. Αυτό αποδίδεται προφανώς στο ότι, σύμφωνα με τη συνολική προσέγγιση, το τελευταίο οδικό τμήμα εξετάζεται ως άλλη μια εναλλακτική κατά την αρχή της διαδρομής, ενώ στη διαδοχική προσέγγιση το τελευταίο οδικό τμήμα εξετάζεται στο πλαίσιο της **συσχέτισης των διαδοχικών επιλογών** ως η τελευταία, υποχρεωτική ευκαιρία διάσχισης, εφόσον δεν έχει επιλεγεί καμία από τις προηγούμενες (εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση).

Παρόλο που στο πλαίσιο της διερεύνησης της συνολικής διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης εξετάστηκαν διαφορετικά πρότυπα, το καθένα από τα οποία βασίζεται σε διαφορετικές επιμέρους υποθέσεις (ιεράρχηση (συσχέτιση) των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών σε θέσεις κόμβων / εκτός κόμβων, ανά οδικό τμήμα ή συνδυαστικά), κανένα από τα σύνθετα πρότυπα που αναπτύχθηκαν δεν βρέθηκε να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας λήψης απόφασης των πεζών.

Επισημαίνεται ότι η βελτιωμένη επεξηγηματική ικανότητα και προσαρμογή των προτύπων της διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης, σε σχέση με τη συνολική διαδικασία λήψης απόφασης, μπορεί να αποδοθεί και σε **ψυχολογικές / συμπεριφορικές παραμέτρους**. Στη βιβλιογραφία σε θέματα έρευνας στη συμπεριφορά αποφάσεων (behavioural decision research) αναφέρεται ότι τα άτομα έχουν την τάση να βασίζονται σε απλοποιημένες στρατηγικές λήψης απόφασης, να ελαττώνουν το μέγεθος του εξεταζόμενου προβλήματος, να προσαρμόζονται το μέγεθος του συνόλου επιλογών στην ικανότητά τους να το αξιολογήσουν, και να πραγματοποιούν συγκρίσεις μεταξύ απλών και άμεσων επιλογών (March, 1978; dePalma et al. 1994; Medin & Bazerman, 1999). Επίσης, οι Hey & Knoll (2007) επισημαίνουν ότι, σε δυναμικές διαδικασίες λήψης απόφασης, τα περισσότερα άτομα δεν προγραμματίζουν τις δραστηριότητές τους εκ των προτέρων και έως το τέλος του ορίζοντα προγραμματισμού. Οι Cascetta et al. (2006) σημειώνουν ότι, σε δυναμικές διαδικασίες λήψης απόφασης, τα άτομα έχουν την τάση να ορίζουν μικρά, στατικά και ομοιογενή σύνολα επιλογών.

Με βάση τα παραπάνω, **η διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης κρίνεται γενικά προτιμότερη** για την περιγραφή της επιλογής θέσης διάσχισης οδού των πεζών κατά μήκος της διαδρομής. Ειδικότερα, αφενός βασίζεται στη διαδοχική αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών, υπόθεση μάλλον πιο ρεαλιστική, και αφετέρου όλες οι εναλλακτικές αξιολογούνται με τα ίδια κριτήρια. Παράλληλα, η διαδικασία αυτή επιτρέπει την εφαρμογή σχετικά απλών προτύπων σε οποιοδήποτε τμήμα οποιασδήποτε διαδρομής πεζού, και κατά συνέπεια είναι ευκολότερα γενικεύσιμη. Τέλος, είναι πιο συμβατή με στοιχεία ψυχολογικών και συμπεριφορικών παραμέτρων των διαδικασιών λήψης απόφασης, όπως αυτά έχουν διατυπωθεί στη βιβλιογραφία.

6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια εφαρμογή της μεθοδολογίας και των μαθηματικών προτύπων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, με στόχο την περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών σε αστικό οδικό δίκτυο και τον υπολογισμό της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, ως αποτέλεσμα αυτής της συμπεριφοράς.

Για το σκοπό αυτό, επιλέγεται μια αντιπροσωπευτική διαδρομή στο κέντρο της Αθήνας. Αρχικά παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και ορίζονται τα σύνολα επιλογών διάσχισης οδού των πεζών. Παράλληλα, περιγράφονται τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου κατά μήκος της διαδρομής.

Επίσης, υπολογίζεται η έκθεση στον κίνδυνο κάθε θέσης κατά μήκος της διαδρομής για διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και για διαφορετικές κατηγορίες πεζών, ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται τα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα για τον υπολογισμό της πιθανότητας κύριας διάσχισης οδού σε κάθε θέση κατά μήκος της διαδρομής για τις διαφορετικές εξεταζόμενες συνθήκες.

Τέλος, πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής, ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης, από τον οποίο προκύπτει η κατανομή της έκθεσής τους στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής, για διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και για διαφορετικές κατηγορίες πεζών.

6.1. Οδικό δίκτυο και διαδρομές πεζών

6.1.1. Χαρακτηριστικά διαδρομής πεζών

Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, πραγματοποιείται εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας και των προτύπων συμπεριφοράς πεζού ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος αστικών διαδρομών, με στόχο την περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών σε αστικό οδικό δίκτυο και τον υπολογισμό της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, ως αποτέλεσμα αυτής της συμπεριφοράς.

Για τον σκοπό της παρούσας ανάλυσης, επιλέγεται μια αντιπροσωπευτική διαδρομή στο κέντρο της Αθήνας, και συγκεκριμένα η διαδρομή από το σταθμό Μετρό "Ευαγγελισμός" προς την πλατεία Φιλικής Εταιρίας μέσω των οδών Μαρασλή και Πατριάρχου Ιωακείμ. Η διαδρομή αυτή αντιστοιχεί σε ένα διαδεδομένο ζεύγος προέλευσης / προορισμού πεζών στο κέντρο της Αθήνας. Επίσης, περιλαμβάνεται στις που καταγράφηκαν κατά την έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής και συγκεκριμένα αφορά σε περίπου 25 από τις 491 διαδρομές που καταγράφηκαν.

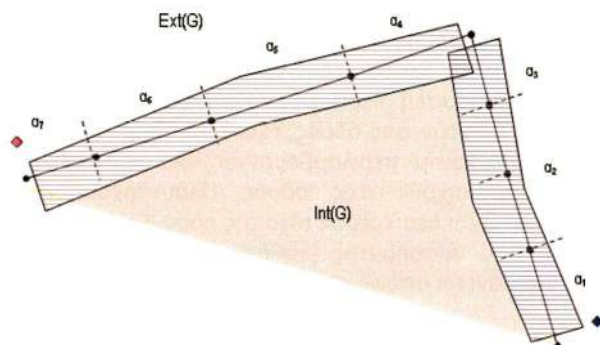
Η διαδρομή αυτή μπορεί να περιγραφεί από ένα γράφημα του οδικού δικτύου, με βάση τα όσα αναφέρονται στο Κεφάλαιο 3, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1. Το κύριο γράφημα της διαδρομής περιλαμβάνει τρία οδικά τμήματα επί της οδού Μαρασλή και τέσσερα οδικά τμήματα επί της οδού Πατρ.Ιωακείμ. Παράλληλα, κατά μήκος της οδού Μαρασλή περιλαμβάνονται δύο δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος, που αντιστοιχούν στις οδούς Υψηλάντου και Αλωπεκής, ενώ κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ περιλαμβάνονται τρία δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος που αντιστοιχούν στις οδούς Πλουτάρχου, Λουκιανού και Ηροδότου. Επισημαίνεται ότι δευτερεύον τόξο της οδού Καρνεάδου ορίζεται μόνο από τη μία πλευρά του γραφήματος (καθότι ο συγκεκριμένος κόμβος είναι μορφής T) και δεν λαμβάνεται υπόψη στην παρούσα εφαρμογή.



Σχήμα 6.1. Γράφημα εξεταζόμενης διαδρομής

Επιπλέον, η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο εξωτερικό τμήμα του γραφήματος, επομένως αναμένεται άρτιος αριθμός κύριων διασχίσεων του γραφήματος της διαδρομής. Παράλληλα, δεδομένου ότι το ίχνος της συντομότερης αντιληπτής διαδρομής αντιστοιχεί σε κίνηση του πεζού κατά μήκος των κοίλων τμημάτων του γραφήματος, και με εφαρμογή του αλγόριθμου για τη χωροθέτηση των κύριων διασχίσεων στα τόξα του γραφήματος και τον προσδιορισμό του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχησης, προκύπτουν δύο κύριες διασχίσεις, μία κατά μήκος του πρώτου τόξου (οδός Μαρασλή) και μία κατά μήκος του δεύτερου τόξου (οδός Πατριάρχου Ιωακείμ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.2.

Το σύνολο επιλογών της πρώτης κύριας διάσχησης περιλαμβάνει τρία οδικά τμήματα επί της οδού Μαρασλή, ενώ το σύνολο επιλογών της δεύτερης κύριας διάσχησης περιλαμβάνει τέσσερα οδικά τμήματα επί της οδού Πατρ.Ιωακείμ. Παράλληλα, η κίνηση κατά μήκος της οδού Μαρασλή περιλαμβάνει δύο δευτερεύουσες διασχίσεις (που αντιστοιχούν στις οδούς Υψηλάντου και Αλωπεκής), ενώ η κίνηση κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ περιλαμβάνει τρεις δευτερεύουσες διασχίσεις (που αντιστοιχούν στις οδούς Πλουτάρχου, Λουκιανού και Ηροδότου).



Σχήμα 6.2. Τοπολογικά χαρακτηριστικά γραφήματος και σύνολα επιλογών κύριων διασχίσεων

6.1.2. Γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά οδικού δικτύου

Στον Πίνακα 6.1 συνοψίζονται τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου κατά μήκος του οποίου πραγματοποιείται η εξεταζόμενη διαδρομή, τόσο όσον αφορά στα κύρια όσο και στα δευτερεύοντα οδικά τμήματα της διαδρομής. Τα εξεταζόμενα οδικά τμήματα παρουσιάζουν διαφορετικά γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, εξετάζονται ο

αριθμός λωρίδων, το μήκος του οδικού τμήματος, το πλάτος λωρίδας, ο κυκλοφοριακός φόρτος και η ύπαρξη σηματοδότησης.

Το μήκος του κάθε οδικού τμήματος λαμβάνεται από την αρχή της διαδρομής, ώστε να υπολογίζεται απευθείας το ποσοστό μήκους της διαδρομής που αντιστοιχεί σε κάθε θέση του συνόλου επιλογών του πεζού. Σηματοδότηση υπάρχει στον πρώτο κόμβο επί της οδού Μαρασλή (διασταύρωση με Λ.Βασ.Σοφίας), καθώς και σε όλους τους κόμβους επί της οδού Πατρ.Ιωακείμ εκτός από την οδό Λουκιανού. Το πρώτο οδικό τμήμα επί της οδού Μαρασλή περιλαμβάνει αποκλειστική λωρίδα αντίθετης κατεύθυνσης για την κίνηση ασθενοφόρων προς το Νοσοκομείο Ευαγγελισμός, η οποία στα υπόλοιπα οδικά τμήματα της οδού Μαρασλή χρησιμοποιείται για στάθμευση παρά το κράσπεδο. Επίσης, στο τελευταίο οδικό τμήμα της οδού Μαρασλή πραγματοποιείται αλλαγή κατεύθυνσης διαδρομής (προς την οδό Πατρ.Ιωακείμ), ενώ στο τελευταίο οδικό τμήμα της οδού Πατρ.Ιωακείμ θεωρείται ότι πραγματοποιείται αλλαγή κατεύθυνσης διαδρομής προς τον προορισμό του πεζού. Τέλος, σε κάθε οδικό τμήμα σημειώνονται δύο τιμές κυκλοφοριακού φόρτου, μία που αντιστοιχεί σε συνθήκες αιχμής (υψηλός φόρτος) και μία που αντιστοιχεί σε συνθήκες εκτός αιχμής (χαμηλός φόρτος).

Πίνακας 6.1. Γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων εξεταζόμενης διαδρομής

Τμήμα	Μεταβλητή	Μήκος*	Ποσοστό μήκους*	Σηματοδότηση	Αριθμός λωρίδων	Αλλαγή κατεύθυνσης	Πλάτος λωρίδας	Χαμηλός φόρτος (veh/h/λωρίδα)	Υψηλός φόρτος (veh/h/λωρίδα)
Μαρασλή	Τμήμα 1 (α1)	115	0.151	Nai	2	Όχι	2.75	250	500
	Τμήμα 2 (α2)	235	0.309	Όχι	1	Όχι	2.75	250	500
	Τμήμα 3 (α3)	297	0.391	Όχι	1	Nai	2.75	250	500
Πατρ. Ιωακείμ	Τμήμα 4 (α4)	420	0.553	Nai	2	Όχι	3.00	500	1000
	Τμήμα 5 (α5)	548	0.721	Nai	2	Όχι	3.00	500	1000
	Τμήμα 6 (α6)	663	0.872	Όχι	2	Όχι	3.00	500	1000
	Τμήμα 7 (α7)	760	1.000	Nai	2	Nai	3.00	500	1000
Δευτερεύοντα τμήματα	Τμήμα 1-2 (Υψηλάντου)			Όχι	1		2.75	100	200
	Τμήμα 2-3 (Αλωπεκής)			Όχι	1		2.75	100	200
	Τμήμα 4-5 (Πλουτάρχου)			Nai	2		2.75	150	300
	Τμήμα 5-6 (Λουκιανού)			Όχι	2		2.75	150	300
	Τμήμα 6-7 (Ηροδότου)			Nai	1		2.75	250	500

*Λαμβάνεται από την αρχή της διαδρομής

6.1.3. Έκθεση στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης

Με βάση τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και των εξεταζόμενων διαδρομών πεζών, υπολογίστηκε η **έκθεση πεζού στον κίνδυνο διάσχισης οδού σε κάθε θέση της διαδρομής**. Υπενθυμίζεται ότι σε κάθε οδικό τμήμα κατά μήκος της διαδρομής εξετάζονται δύο πιθανές θέσεις διάσχισης οδού, μία θέση σε κόμβο και μία θέση εκτός κόμβου. Η έκθεση στον κίνδυνο σε κάθε θέση υπολογίζεται με χρήση του προσαρμοσμένου δείκτη Routledge (ενότητα 3.4.1), ο οποίος αποδίδει το μέσο αριθμό οχημάτων που διέρχονται κατά τη διάρκεια της διάσχισης του πεζού. Η έκθεση στον κίνδυνο αυτή είναι **ανεξάρτητη της πιθανότητας διάσχισης** στη συγκεκριμένη θέση, όπως ορίζεται στην ενότητα 3.4.2.1 (δηλ. αντιστοιχεί στην έκθεση στον κίνδυνο της θέσης για πιθανότητα διάσχισης ίση με 1).

Συγκεκριμένα, η έκθεση του πεζού στον κίνδυνο σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες θέσεις διάσχισης, υπολογίζεται ως το γινόμενο του κυκλοφοριακού φόρτου q (σε οχήματα ανά δευτερόλεπτο) επί τον χρόνο διάσχισης της οδού t_c (σε δευτερόλεπτα), ο οποίος λαμβάνεται ως το πηλίκο του πλάτους της οδού L προς την ταχύτητα του πεζού v_c . Έτσι, προκύπτει η σχέση:

$$R=qt_c=qL/v_c$$

Ο υπολογισμός της έκθεσης στον κίνδυνο πραγματοποιείται ανά λωρίδα κυκλοφορίας, ωστόσο η έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης δεύτερης διαδοχικής λωρίδας θεωρείται αυξημένη σε σχέση με αυτή της πρώτης λωρίδας, και ο δείκτης λαμβάνεται ως διπλάσιος του αντίστοιχου δείκτη της πρώτης λωρίδας (με δεδομένο ότι οι δύο λωρίδες έχουν ίσο πλάτος). Η παραδοχή αυτή δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Επίσης, η ύπαρξη σηματοδότησης αντιστοιχεί σε μηδενικό κυκλοφοριακό φόρτο κατά τη διάσχιση οδού. Ωστόσο, εφόσον υπάρχει πιθανότητα παραβίασης της σηματοδότησης, είτε από την πλευρά του οχήματος είτε από την πλευρά του πεζού, ο δείκτης λαμβάνεται ως το γινόμενο του αντίστοιχου δείκτη χωρίς σηματοδότηση επί την πιθανότητα παραβίασης της σηματοδότησης στην εξεταζόμενη θέση. Η πιθανότητα αυτή λαμβάνεται ενδεικτικά ίση με 0.20, καθώς από τα στοιχεία της έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής, προέκυψε ότι 20% των κύριων διασχίσεων πεζών σε σηματοδοτούμενους κόμβους πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης για τους πεζούς.

Ο υπολογισμός της έκθεσης στον κίνδυνο των θέσεων πραγματοποιήθηκε για τέσσερα διαφορετικά σενάρια, τα οποία διατυπώθηκαν με βάση **συνδυασμούς διαφορετικών ταχυτήτων πεζού και διαφορετικών κυκλοφοριακών συνθηκών**, ώστε να είναι δυνατή η εξέταση της συνδυαστικής επιρροής των δύο βασικών αυτών παραμέτρων στην έκθεση στον κίνδυνο της κάθε θέσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.3-6.6.

Συγκεκριμένα, οι εξεταζόμενες τιμές χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου υπολογίστηκαν με βάση τις ενδεικτικές τιμές φόρτου περιόδου αιχμής και εκτός αιχμής, ενώ οι εξεταζόμενες τιμές ταχύτητα πεζού ελήφθησαν με βάση τα στοιχεία της έρευνας πεδίου ως η μέση ταχύτητα πεζού μείον την τυπική απόκλιση αυτής (τιμή που αντιστοιχεί σε σχετικά αργούς πεζούς) και η μέση ταχύτητα συν μια τυπική απόκλιση αυτής (τιμή που αντιστοιχεί σε σχετικά ταχείς πεζούς).

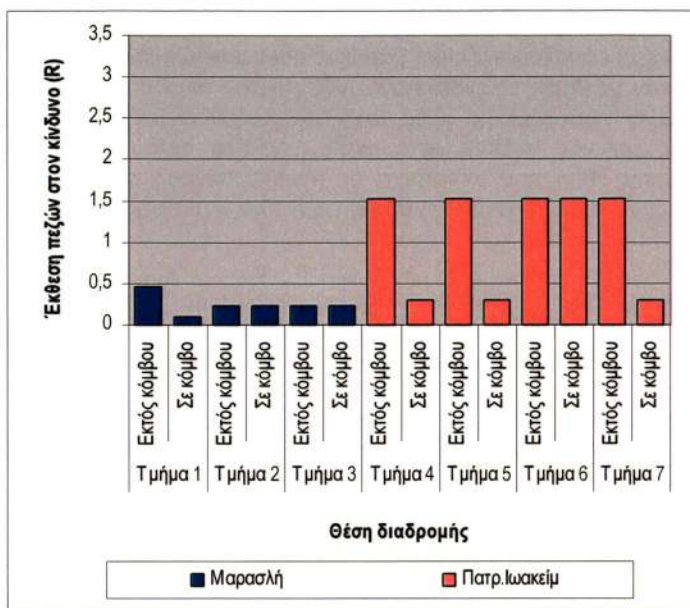
Από τα αποτελέσματα προκύπτει σαφώς υψηλότερη έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης οδού στις θέσεις κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ σε σχέση με τις θέσεις της οδού Μαρασλή, εξαιτίας τόσο του μεγαλύτερου αριθμού λωρίδων κυκλοφορίας όσο και του υψηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου, τόσο σε συνθήκες αιχμής όσο και σε συνθήκες εκτός αιχμής. Επίσης, η έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης οδού είναι σημαντικά χαμηλότερη στις θέσεις όπου υπάρχει σηματοδότηση.

Ωστόσο, σε όλες τις εξεταζόμενες θέσεις παρατηρείται η αναμενόμενη **αύξηση της έκθεσης στον κίνδυνο με μείωση της ταχύτητας πεζού και με αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου**. Συγκεκριμένα, σε κάθε θέση, η ελάχιστη έκθεση στον κίνδυνο αντιστοιχεί σε υψηλή ταχύτητα πεζού και σε χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο (Σχήμα 6.4), ενώ η μέγιστη έκθεση στον κίνδυνο αντιστοιχεί σε χαμηλή ταχύτητα πεζού και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο (Σχήμα 6.5).

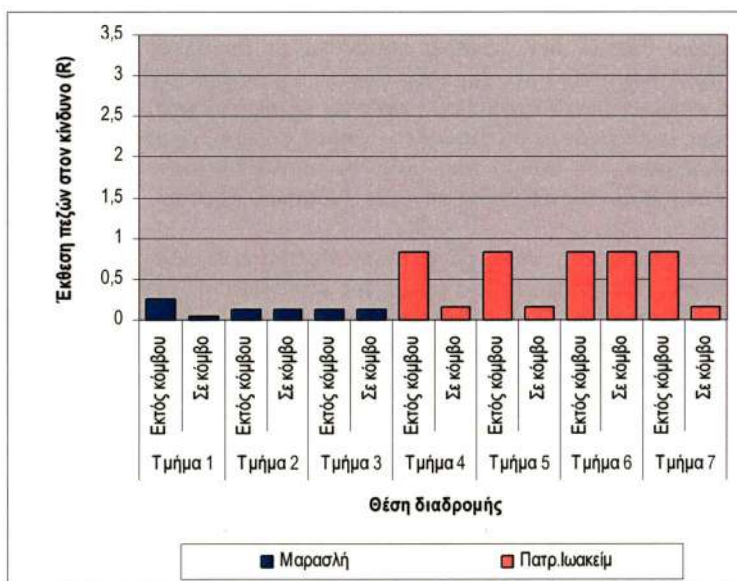
Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης των εξεταζόμενων θέσεων δεν διαφέρει σημαντικά σε συνθήκες υψηλού φόρτου / υψηλής ταχύτητας πεζού και χαμηλού φόρτου / χαμηλής ταχύτητας πεζού, από το οποίο φαίνεται ότι οι πεζοί που κινούνται με υψηλή ταχύτητα μειώνουν την έκθεσή τους στον κίνδυνο σε συνθήκες υψηλού φόρτου, εξαιτίας του μικρότερου χρόνου διάσχισης, σε βαθμό που αυτή να είναι αντίστοιχη της έκθεσης στον κίνδυνο των πιο αργών πεζών σε συνθήκες χαμηλού φόρτου.

Σημειώνεται ότι με παρόμοιο τρόπο υπολογίστηκε η έκθεση στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων κατά μήκος της εξεταζόμενης διαδρομής για τα ίδια σενάρια ταχύτητας πεζού και κυκλοφοριακού φόρτου. Η έκθεση στον κίνδυνο είναι στις περισσότερες περιπτώσεις χαμηλότερη από την έκθεση στον κίνδυνο των κύριων διασχίσεων, όπως περιγράφηκε παραπάνω, εξαιτίας κυρίως της ύπαρξης σηματοδότησης και του χαμηλού φόρτου στις περισσότερες αντίστοιχες θέσεις.

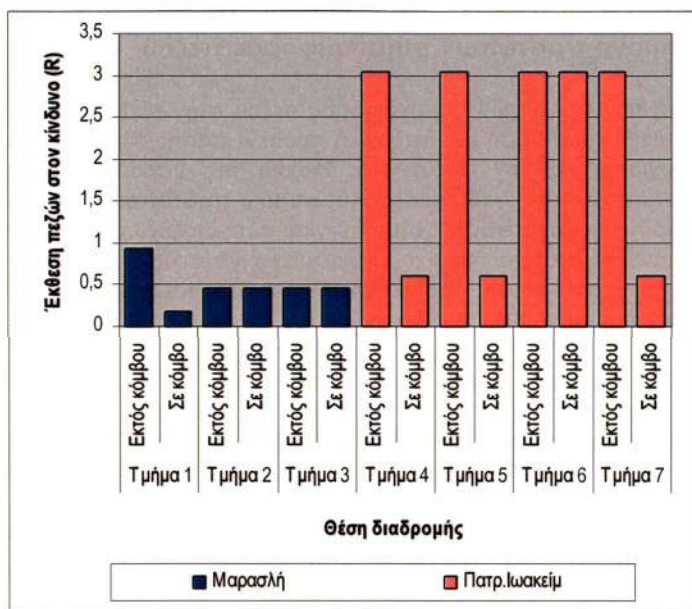
Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτουν σημαντικές διακυμάνσεις στην έκθεση στον κίνδυνο καθεμίας εκ των διαδοχικών πιθανών θέσεων κύριας διάσχισης κατά μήκος της εξεταζόμενης διαδρομής, ανεξαρτήτως της πιθανότητας διάσχισης σε κάθε θέση. Επομένως, η συμπεριφορά του πεζού ως προς την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης αναμένεται να επηρεάζει σημαντικά την έκθεσή του στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος.



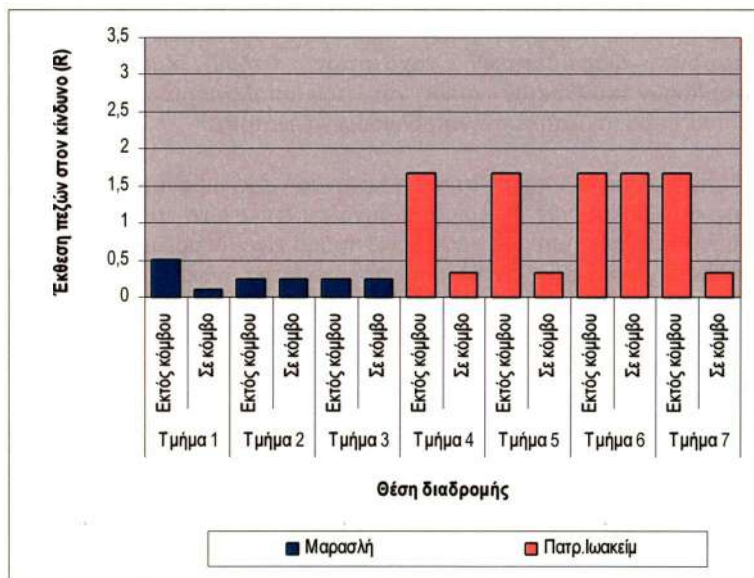
Σχήμα 6.3. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.4. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.5. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.6. Έκθεση πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση της διαδρομής (ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού

6.2. Εφαρμογή προτύπων συμπεριφοράς πεζού

Η εφαρμογή των προτύπων συμπεριφοράς πεζού στην εξεταζόμενη διαδρομή πραγματοποιήθηκε με βάση μια διαδοχική προσέγγιση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης, για την οποία στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής αναπτύχθηκαν **διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα με εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση**. Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε με βάση τα όσα αναφέρονται στην ενότητα 5.4, ως περισσότερο γενικεύσιμη προσέγγιση που αντιστοιχεί σε πρότυπα με πιο ικανοποιητική προσαρμογή και πιο άμεσα ερμηνεύσιμες παραμέτρους.

Υπενθυμίζεται ότι τα πρότυπα αυτά αντιστοιχούν σε μια επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχισης της διαδρομής. Τα πρότυπα αυτά (Πίνακας 5.3) περιλαμβάνουν επίσης όλες τις παραμέτρους που υπεισέρχονται και στον υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο της κάθε πιθανής θέσης διάσχισης (αριθμός λωρίδων, κυκλοφοριακός φόρτος, σηματοδότηση, ταχύτητα πεζού), γεγονός που τα καθιστά πλεονεκτικότερα στο πλαίσιο της παρούσας εφαρμογής.

Τα πρότυπα εφαρμόστηκαν για κάθε μία από τις κύριες διασχίσεις της εξεταζόμενης διαδρομής στις εναλλακτικές του αντίστοιχου συνόλου επιλογών (τρία οδικά τμήματα επί της οδού Μαρασλή και τέσσερα οδικά τμήματα επί της οδού Πατρ.Ιωακείμ, και δύο εναλλακτικές, κόμβου ή εκτός κόμβου, σε κάθε οδικό τμήμα). Επίσης, η εφαρμογή των προτύπων εξετάστηκε για τους ίδιους **συνδυασμούς διαφορετικών ταχυτήτων πεζού και διαφορετικών κυκλοφοριακών συνθηκών**, όπως και στον υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα.

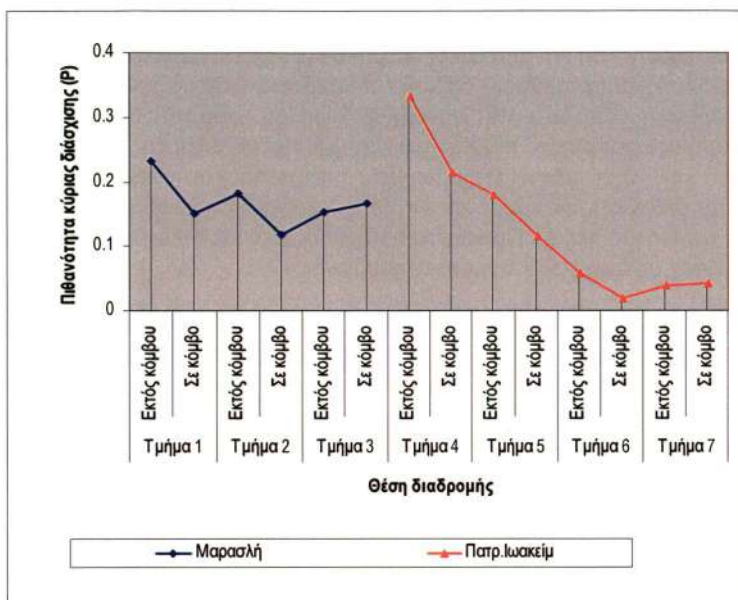
Από τα αποτελέσματα υπολογίστηκε η κατανομή της πιθανότητας κάθε κύριας διάσχισης κατά μήκος των θέσεων του συνόλου επιλογών, λαμβάνοντας υπόψη ότι η πιθανότητα διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα είναι δεσμευμένη ως προς την πιθανότητα μη διάσχισης σε όλα τα προηγούμενα οδικά τμήματα, ενώ στο τελευταίο οδικό τμήμα η εναλλακτική μη διάσχισης δεν είναι διαθέσιμη. Η κατανομή για τα τέσσερα εξεταζόμενα σενάρια παρουσιάζεται στα Σχήματα 6.7-6.10. (όπου η καμπύλη δεν είναι συνεχόμενη, καθότι πρόκειται για δύο ξεχωριστά σύνολα επιλογών κύριων διασχίσεων).

Παρατηρείται ότι και στις δύο κύριες διασχίσεις, η πιθανότητα διάσχισης στις τελευταίες θέσεις του συνόλου επιλογών αυξάνεται όταν αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος και όταν αυξάνεται η ταχύτητα του πεζού, δείχνοντας ότι στις συνθήκες αυτές όλοι οι πεζοί τείνουν να αναβάλλουν την κύρια διάσχιση. Ωστόσο, η επιρροή της ταχύτητας του πεζού στη συμπεριφορά διάσχισης κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ είναι λιγότερο εμφανής, πιθανόν εξαιτίας του πιο σύνθετου οδικού και κυκλοφοριακού περιβάλλοντος στη οδό αυτή.

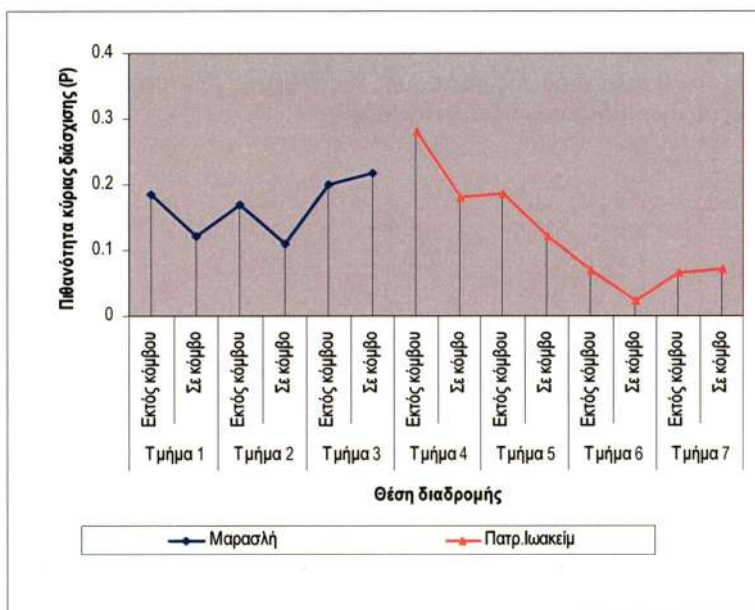
Προκύπτει επίσης ότι σε συνθήκες χαμηλού φόρτου η πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο επί της οδού Μαρασλή, ωστόσο σε συνθήκες υψηλού φόρτου δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση, πιθανότατα εξαιτίας της μη ύπαρξης σηματοδότησης. Αντίθετα, επί της οδού Πατρ.Ιωακείμ παρατηρείται ελαφρώς αυξημένη πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου και χαμηλής ταχύτητας πεζού. Προκύπτει επομένως μία τάση των πιο αργών πεζών να διασχίζουν σε σηματοδοτούμενους κόμβους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις (Σχήμα 6.8, 6.9 και 6.10), παρατηρείται μια τάση πραγματοποίησης της πρώτης κύριας διάσχισης στο τέλος του πρώτου συνόλου επιλογών και της δεύτερης κύριας διάσχισης στην αρχή του δεύτερου συνόλου επιλογών, αποτέλεσμα το οποίο περιγράφει μια τάση των πεζών να πραγματοποιήσουν τις δύο κύριες διασχίσεις σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, και οριακά στο ίδιο κόμβο (Μαρασλή και Πατρ.Ιωακείμ).

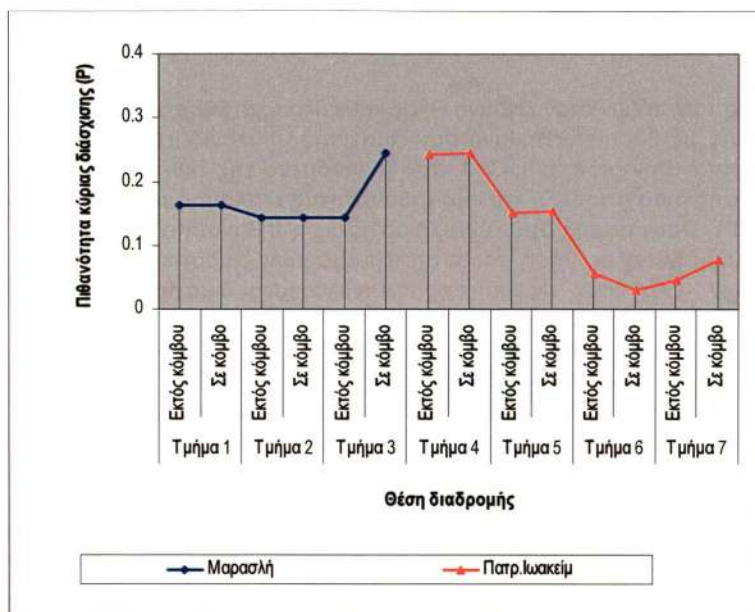
Από τα αποτελέσματα αυτά είναι εμφανής η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου, της ταχύτητας του πεζού και της σηματοδότησης στην πιθανότητα επιλογής κάθε εναλλακτικής θέσης κύριας διάσχισης κατά μήκος της εξεταζόμενης διαδρομής. Οι διαθέσιμες εναλλακτικές αντιστοιχούν και σε διαφορετική έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης, η οποία εμφανίζει σημαντική ευαισθησία στις ίδιες παραμέτρους, όπως περιγράφηκε αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα. Επομένως, ο συνδυασμός των στοιχείων έκθεσης στον κίνδυνο των θέσεων κατά μήκος της διαδρομής και πιθανότητας επιλογής τους επιτρέπει τον υπολογισμό της κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε σχέση με τη συμπεριφορά διάσχισης οδού.



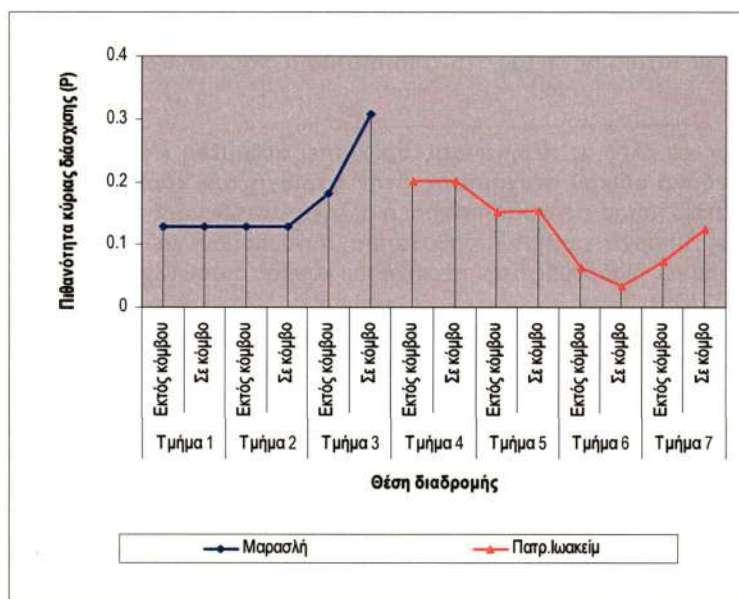
Σχήμα 6.7. Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.8. Κατανομή πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.9. Κατανόηση πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.10. Κατανόηση πιθανότητας διάσχισης οδού κατά μήκος της διαδρομής - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού

6.3. Έκθεση πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής

Η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο R' σε κάθε θέση κατά μήκος της εξεταζόμενης διαδρομής με βάση την πιθανότητα διάσχισης υπολογίζεται με βάση τα όσα αναφέρονται στην ενότητα 3.4.2.1, από το **γινόμενο της έκθεσης στον κίνδυνο κάθε θέσης διάσχισης (R) και της πιθανότητας επιλογής της συγκεκριμένης θέσης (P)**. Όσον αφορά στις κύριες διασχίσεις, η πιθανότητα επιλογής της κάθε θέσης λαμβάνεται με βάση τα αποτελέσματα των διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων, ενώ όσον αφορά στις δευτερεύουσες διασχίσεις η πιθανότητα λαμβάνεται ίση με 1.

Αναφορικά με την έκθεση στον κίνδυνο των εξεταζόμενων θέσεων (R), ανεξαρτήτως της πιθανότητας διάσχισης, υπολογίστηκε με βάση τον προσαρμοσμένο δείκτη Routledge, τόσο για τις κύριες όσο και για τις δευτερεύουσες διασχίσεις. Σημειώνεται ότι, για πρακτικούς λόγους, η έκθεση στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων λαμβάνεται ίση, είτε αυτές πραγματοποιούνται από τη μία είτε από την άλλη πλευρά του εξεταζόμενου κόμβου. Επίσης, στην παρούσα εφαρμογή δεν εξετάζεται η επιρροή της έκθεσης στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων στην πιθανότητα των επόμενων κύριων διασχίσεων (βλ. ενότητα 3.4.2.2), καθότι η έκθεση στον κίνδυνο αυτή είναι γενικά χαμηλή και μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

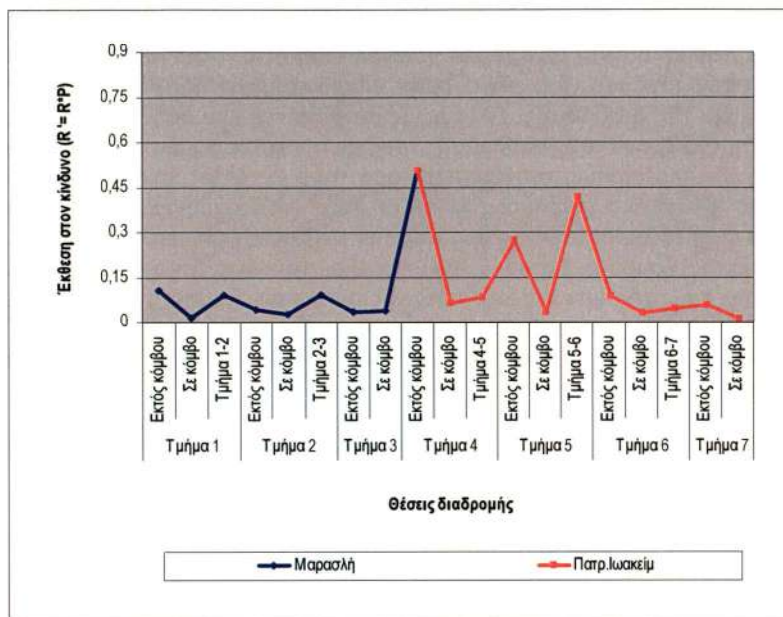
Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε για τα τέσσερα σενάρια που προαναφέρθηκαν, με βάση τους αντίστοιχους συνδυασμούς κυκλοφοριακού φόρτου και ταχύτητας πεζού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.11-6.14.

Καταρχήν, σε όλες τις περιπτώσεις προκύπτει **αυξημένη έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος στην περιοχή του κόμβου** Μαρασλή και Πατρ.Ιωακείμ, όπου πραγματοποιείται η αλλαγή κατεύθυνσης της διαδρομής και επομένως υπάρχει αυξημένη πιθανότητα συνδυασμού και των δύο κύριων διασχίσεων της διαδρομής στην περιοχή του κόμβου αυτού (Σχήματα 6.7-6.10).

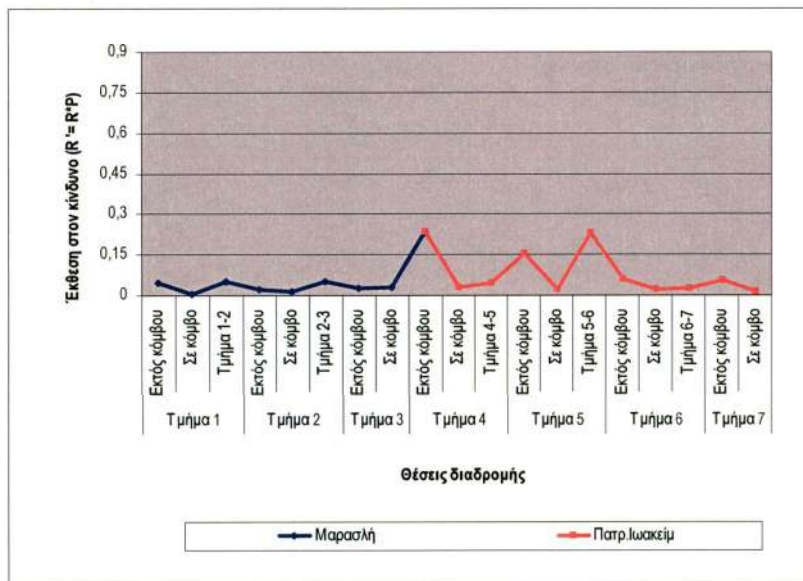
Προφανώς, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι υψηλότερη για υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλή ταχύτητα πεζού σε όλες τις θέσεις της διαδρομής. Ωστόσο, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι **η κατανομή της έκθεσης στον κίνδυνο δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ συνθηκών χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου για πεζούς που κινούνται με υψηλή ταχύτητα**, τόσο ως προς την τιμή όσο και ως προς την τάξη μεγέθους της κατανομής. Το αποτέλεσμα αυτό αποδίδεται κυρίως στη μικρότερη διαφορά του χρόνου αλληλεπίδρασης των ταχύτερων πεζών με τα οχήματα μεταξύ συνθηκών χαμηλού / υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Προκύπτει επομένως ότι οι ταχύτεροι πεζοί μπορεί εν μέρει να αντισταθμίζουν την αυξημένη έκθεσή στον κίνδυνο που αντιστοιχεί σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

Οι πεζοί που κινούνται με σχετικά χαμηλή ταχύτητα, υφίστανται τη μέγιστη έκθεση στον κίνδυνο, όχι μόνο στον συγκεκριμένο κόμβο, αλλά και σε άλλα σημεία της διαδρομής. Το γεγονός αυτό φαίνεται να οφείλεται πρωτίστως στον αυξημένο χρόνο αλληλεπίδρασής τους με την κυκλοφορία κατά τη διάσχιση οδού, και δευτερευόντως στη συμπεριφορά τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης. Ενδεικτικά επισημαίνεται ότι οι πεζοί που κινούνται με χαμηλότερη ταχύτητα επηρεάζονται περισσότερο από την αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο των θέσεων εκτός κόμβου (Σχήμα 6.13), παρόλο που δεν εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα επιλογής των θέσεων αυτών, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλού φόρτου (Σχήμα 6.9). Αντίθετα, οι πεζοί που κινούνται με υψηλή ταχύτητα εμφανίζουν πιο ομοιόμορφη κατανομή της έκθεσής τους στον κίνδυνο μεταξύ θέσεων κόμβου και εκτός κόμβου.

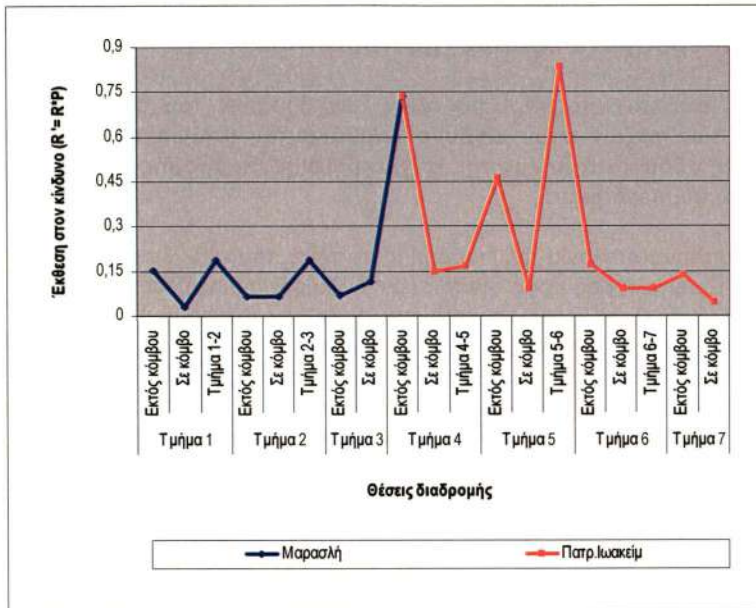
Η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος κατά τις δευτερεύουσες διασχίσεις κυμαίνεται γενικά σε χαμηλά επίπεδα. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο κατά την δευτερεύουσα διάσχιση μεταξύ των τμημάτων 5 και 6 της διαδρομής, η οποία αντιστοιχεί σε διάσχιση της οδού Λουκιανού κατά την κίνηση κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ. Η αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση αυτή οφείλεται αφενός στο ντετερμινιστικό χαρακτήρα της διάσχισης αυτής (ως δευτερεύουσα, έχει πιθανότητα επιλογής ίση με 1), και αφετέρου στην απουσία σηματοδότησης στο συγκεκριμένο σημείο της οδού Πατρ.Ιωακείμ, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες θέσεις δευτερευουσών διασχίσεων στον οδό αυτή. Επίσης, και σε αυτήν την περίπτωση, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο κατά τη συγκεκριμένη δευτερεύουσα διάσχιση είναι μεγαλύτερη για χαμηλή ταχύτητα πεζού και για υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.



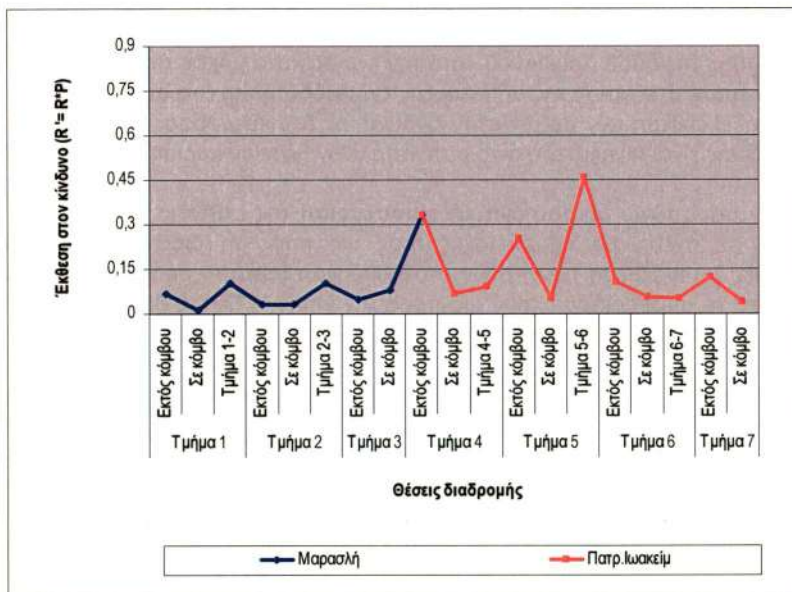
Σχήμα 6.11. Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.12. Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Χαμηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.13. Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / χαμηλή ταχύτητα πεζού



Σχήμα 6.14. Κατανομή έκθεσης πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής (με βάση την πιθανότητα διάσχισης) - Υψηλός φόρτος / υψηλή ταχύτητα πεζού

6.4. Συμπεράσματα εφαρμογής προτύπων

Συνολικά, από τα αποτελέσματα όλων των βημάτων του υπολογισμού της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα διάσχισης οδού κατά μήκος της συγκεκριμένης διαδρομής, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Με βάση την τοπολογία της διαδρομής, οι πεζοί που κινούνται από το σταθμό Μετρό Ευαγγελισμός προς την πλατεία Φιλικής Εταιρίας μέσω των οδών Μαρασλή και Πατρ.Ιωακείμ αναμένεται να πραγματοποιήσουν δύο κύριες διασχίσεις και πέντε δευτερεύουσες διασχίσεις.
- Από την κατανομή της πιθανότητας κύριας διάσχισης κατά μήκος της διαδρομής, προκύπτει σαφώς ότι οι δύο κύριες διασχίσεις είναι πιθανότερο να πραγματοποιηθούν στην περιοχή του κόμβου μεταξύ των οδών Μαρασλή και Πατρ.Ιωακείμ, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- Η μέγιστη έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος κατά τη διάσχιση οδών εντοπίζεται στην περιοχή του κόμβου μεταξύ των οδών Μαρασλή και Πατρ.Ιωακείμ, παρόλο που η έκθεση στον κίνδυνο του οδικού δικτύου είναι υψηλότερη σε όλο το μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ.
- Σε κάθε περίπτωση, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι συστηματικά μεγαλύτερη σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε χαμηλή ταχύτητα πεζού.
- Προκύπτει ότι οι πεζοί που κινούνται με υψηλή ταχύτητα μπορεί να αντισταθμίζουν εν μέρει την αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο που αντιστοιχεί σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- Επίσης, προκύπτει αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο της δευτερεύουσας διάσχισης της οδού Λουκιανού κατά την κίνηση κατά μήκος της οδού Πατρ.Ιωακείμ, εξαιτίας της μη ύπαρξης σηματοδότησης στο συγκεκριμένο κόμβο. Η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο της δευτερεύουσας αυτής διάσχισης είναι υψηλότερη από αυτήν πολλών θέσεων κύριας διάσχισης.

Από την παραπάνω **μικροσκοπική προσέγγιση** της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε σχέση με τις επιλογές τους ως προς τη διάσχιση οδών είναι προφανές ότι η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό τόσο από τη συμπεριφορά τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης όσο και από τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της κυκλοφορίας.

Υπογραμμίζεται ότι, εάν είχε εφαρμοστεί μια **μακροσκοπική προσέγγιση**, όπως εφαρμόζεται στις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος θα υπολογιζόταν με βάση γενικότερους δείκτες, όπως το μήκος ή ο χρόνος διαδρομής, το πλήθος αναμενόμενων διασχίσεων οδού, ο κυκλοφοριακός φόρτος κατά μήκος της διαδρομής κλπ. Είναι προφανές ότι με βάση μια τέτοια προσέγγιση θα προέκυπταν σαφώς πιο ομοιόμορφες κατανομές της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής, δεν θα ήταν δυνατός ο εντοπισμός των συγκεκριμένων σημείων αυξημένης έκθεσης στον κίνδυνο για τη συγκεκριμένη διαδρομή και δεν θα λαμβανόταν επαρκώς

υπόψη η επιρροή των γεωμετρικών και κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου και των χαρακτηριστικών των πεζών.

Αντίθετα, η μορφή της **κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής** είναι παρόμοια σε όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες και για όλες τις κατηγορίες πεζών, και μόνο η τάξη μεγέθους της έκθεσης στον κίνδυνο μεταβάλλεται από τη μεταβολή των παραμέτρων αυτών. Ωστόσο, από την κατανομή αυτή εντοπίζονται συγκεκριμένες θέσεις του εξεταζόμενου οδικού δικτύου στις οποίες η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι αυξημένη, και η αύξηση αυτή είναι άμεσα ερμηνεύσιμη τόσο με βάση τα στοιχεία παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού όσο και με βάση τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της εξεταζόμενης διαδρομής.

Επισημαίνεται ότι, από τα παραπάνω αποτελέσματα αναδεικνύεται η έννοια της **μεταβλητής έκθεσης στον κίνδυνο** μιας θέσης στο πλαίσιο μιας διαδρομής ως απόρροια των επιλογών του πεζού αναφορικά με τη διάσχιση οδών. Η έννοια αυτή αποτελεί επέκταση των ορισμών της έκθεσης στον κίνδυνο της ενότητας 3.4.2.1. Συγκεκριμένα, παρόλο που σε μία μεμονωμένη θέση του οδικού δικτύου αντιστοιχεί θεωρητικά μια ορισμένη έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης, ανεξάρτητη της πιθανότητας διάσχισης, η πραγματική έκθεση του πεζού στον κίνδυνο στη θέση αυτή στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης διαδρομής είναι διαφορετική (μικρότερη ή ίση της θεωρητικής), ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και την πιθανότητα επιλογής της θέσης αυτής για διάσχιση. Κατά συνέπεια, **η έκθεση του πεζού στον κίνδυνο σε κάθε θέση του οδικού δικτύου είναι διαφορετική για διαφορετικές διαδρομές πεζών.**

Επομένως, για τον υπολογισμό της **συνολικής έκθεσης στον κίνδυνο της κάθε θέσης** του οδικού δικτύου, θα ήταν απαραίτητο να εξεταστούν όλες οι διαδρομές πεζών που περιλαμβάνουν τη συγκεκριμένη θέση και να υπολογιστεί η έκθεση στον κίνδυνο με βάση την πιθανότητα διάσχισης στη συγκεκριμένη θέση για όλες αυτές τις διαδρομές.

Τέλος, από τα αποτελέσματα της παρούσας εφαρμογής επιβεβαιώνεται η **ύπαρξη μιας ομάδας κρίσιμων παραμέτρων, οι οποίες είναι κοινές τόσο στην περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού, όσο και στην αποτίμηση της έκθεσής τους στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση.** Συγκεκριμένα, οι κρίσιμες αυτές παράμετροι περιλαμβάνουν τον κυκλοφοριακό φόρτο, το πλάτος της οδού, την ύπαρξη σηματοδότησης και την ταχύτητα του πεζού.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της ανάλυσης και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Αρχικά παρουσιάζεται η σύνοψη της διδακτορικής διατριβής αναφορικά με τους στόχους της έρευνας, την προτεινόμενη μεθοδολογία παραμετροποίησης και ανάλυσης, τη διαδικασία συλλογής στοιχείων, την ανάπτυξη και αξιολόγηση των προτύπων και την εφαρμογή τους στην ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διδακτορικής διατριβής, όσον αφορά τόσο στη μεθοδολογία όσο και στα αποτελέσματα της ανάλυσης, με έμφαση στη χρησιμότητα και στα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης προσέγγισης.

Τέλος, διατυπώνονται ανάγκες και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σε θέματα ανάλυσης της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα, όσον αφορά στη βελτίωση και επέκταση των μεθόδων συλλογής και ανάλυσης στοιχείων.

7.1. Σύνοψη της έρευνας

Στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η **ανάπτυξη προτύπων για την περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, και ο υπολογισμός της έκθεσής τους στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς αυτής.**

Από την **ανασκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας** σε θέματα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών προκύπτει ότι τα υφιστάμενα πρότυπα συμπεριφοράς πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών αφορούν κυρίως σε τοπικό επίπεδο (μεμονωμένες θέσεις κόμβων ή εκτός κόμβου), ενώ η συμπεριφορά διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής δεν έχει εξεταστεί. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις εξετάζονται επιμέρους θέματα, όπως το επίπεδο εξυπηρέτησης των πεζών κατά τη διάσχιση οδών, η αποδοχή χρονικών διαχωρισμών ή καθυστερήσεων από τους πεζούς, η συμμόρφωση των πεζών με τους κυκλοφοριακούς κανόνες, η ανταπόκρισή τους σε μέτρα και επεμβάσεις, και η επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή σε μη ελεγχόμενες θέσεις εκτός κόμβου. Τέλος, στις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες δίνεται έμφαση σε συγκεκριμένες παραμέτρους, ενώ σπάνια εξετάζεται η συνδυαστική επιρροή της οδικής υποδομής, της κυκλοφορίας και των χαρακτηριστικών των πεζών στη συμπεριφορά τους ως προς τη διάσχιση οδών.

Εξάλλου, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σε αστικά οδικά δίκτυα υπολογίζεται κυρίως με βάση γενικούς μακροσκοπικούς δείκτες (πλήθος διαδρομών, πλήθος διασχίσεων, χρόνος και απόσταση διαδρομών) στο σύνολο του πληθυσμού των πεζών, στους οποίους δεν λαμβάνεται υπόψη η συμπεριφορά των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών και η αλληλεπίδραση αυτών με την κυκλοφορία.

Στη βιβλιογραφία επισημαίνεται η **ανάγκη για περαιτέρω έρευνα** σε θέματα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, ώστε να είναι δυνατή αφενός η καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των πεζών και των σχετικών καθοριστικών παραμέτρων και αφετέρου η ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο.

Η ανάλυση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο προϋποθέτει κατάλληλη παραμετροποίηση του φαινομένου, ώστε να οριστεί ένα κατάλληλο θεωρητικό πλαίσιο για την ανάλυση των κινήσεων των πεζών κατά μήκος διαδρομών με συστηματικό τρόπο. Για τον σκοπό αυτό, επιλέγεται μια **τοπολογική θεώρηση του αστικού οδικού δικτύου και των χαρακτηριστικών των διαδρομών των πεζών**, από την οποία προκύπτουν ορισμένες βασικές ιδιότητες των διαδρομών και των διασχίσεων οδού.

Ειδικότερα, οι άξονες διαδρομής των πεζών κατά μήκος του αστικού οδικού δικτύου ορίζονται ως τοπολογικά γραφήματα, όπου τα διαδοχικά τόξα αντιστοιχούν στα οδικά τμήματα κατά μήκος των οποίων κινούνται οι πεζοί και οι διαδοχικές κορυφές αντιστοιχούν στους κόμβους μεταξύ των τμημάτων αυτών. Τα τόξα του γραφήματος κατά μήκος των οποίων κινείται ο πεζός αναφέρονται ως κύρια τόξα της διαδρομής, ενώ άλλα τόξα τα οποία συναντώνται με κόμβους του γραφήματος αναφέρονται ως δευτερεύοντα τόξα του γραφήματος. Το τοπολογικό γράφημα του άξονα της διαδρομής χωρίζεται το επίπεδο σε δύο τμήματα, ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό (ως εσωτερικό τμήμα ορίζεται το τμήμα του επιπέδου που αντιστοιχεί στην κοίλη περιοχή του γραφήματος). Η προέλευση και ο προορισμός του πεζού ορίζονται ως σημεία του επιπέδου, τα οποία βρίσκονται γειτονικά του γραφήματος του άξονα της διαδρομής, είτε στο εσωτερικό είτε στο εξωτερικό του γραφήματος. Το ίχνος της διαδρομής του πεζού αντιστοιχεί σε μια γραμμή με όρια τα σημεία προέλευσης και προορισμού και τα σημεία τομής της γραμμής του ίχνους της διαδρομής του πεζού με το κύριο ή το δευτερεύον γράφημα αντιστοιχούν σε διασχίσεις οδών.

Με βάση το τοπολογικό θεώρημα του Jordan, ο **αναμενόμενος αριθμός διασχίσεων** του κυρίου γραφήματος είναι άρτιος εάν η προέλευση και ο προορισμός του πεζού βρίσκονται στο ίδιο τμήμα του γραφήματος και περιττός εάν βρίσκονται σε διαφορετικό τμήμα του γραφήματος (εσωτερικό ή εξωτερικό). Επίσης, αποδεικνύεται ότι οι διασχίσεις κύριων τόξων του γραφήματος (κύριες διασχίσεις) είναι πιθανοτικού χαρακτήρα δηλαδή εμπεριέχουν στοιχεία τυχαιότητας ως προς τη θέση τους κατά μήκος μιας διαδρομής, ενώ οι διασχίσεις δευτερευόντων τόξων του γραφήματος (δευτερεύουσες διασχίσεις) είναι ντετερμινιστικού χαρακτήρα και η θέση τους μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως εφόσον είναι γνωστές οι θέσεις των κύριων διασχίσεων. Η παρατήρηση αυτή επιτρέπει τον **περιορισμό της διερεύνησης της συμπεριφοράς των πεζών στις κύριες διασχίσεις μόνο**.

Στη συνέχεια, αναπτύσσεται **αλγόριθμος υπολογισμού του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχησης του πεζού κατά μήκος της διαδρομής**, το οποίο ορίζεται ως ένα υποσύνολο των τόξων του γραφήματος. Ο κορμός του αλγόριθμου προσδιορισμού του συνόλου επιλογής κάθε διάσχησης είναι παρόμοιος σε όλες τις περιπτώσεις και αφορά σε εναλλαγή ακολουθιών άρτιας ή περιττής αρίθμησης τόξων του γραφήματος της διαδρομής. Στις περιπτώσεις όπου η προέλευση βρίσκεται στο εσωτερικό του γραφήματος, οι περιττές διασχίσεις πραγματοποιούνται σε άρτια τόξα, ενώ στην περίπτωση που η προέλευση βρίσκεται στο εξωτερικό του γραφήματος, οι περιττές διασχίσεις πραγματοποιούνται σε περιττά τόξα. Επίσης, στις περιπτώσεις που η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται σε ίδιο τμήμα του γραφήματος, ο συνολικός αριθμός κύριων διασχίσεων είναι άρτιος, ενώ στις περιπτώσεις όπου η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται σε διαφορετικό τμήμα του γραφήματος ο συνολικός αριθμός κύριων διασχίσεων είναι περιττός.

Εφόσον έχει οριστεί ο αριθμός κύριων διασχίσεων κάθε διαδρομής, καθώς και το αντίστοιχο σύνολο τόξων της διαδρομής που αποτελεί το σύνολο επιλογών της καθεμίας, προτείνεται η **προτυποποίηση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών με χρήση προτύπων διακριτών επιλογών**. Τα πρότυπα διακριτών επιλογών θεωρούνται ιδιαίτερα πλεονεκτικά για την περιγραφή του φαινομένου, καθότι επιτρέπουν αιτιοκρατική ανάλυση, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνεται υπόψη η τυχαιότητα στην επιλογή, παρέχεται ευελιξία ως προς τις υποθέσεις της ανάλυσης, και είναι δυνατή η περιγραφή ιεραρχικών, συνδυαστικών ιεραρχικών και δυναμικών διαδικασιών.

Εξετάζονται επιμέρους **εναλλακτικές υποθέσεις για τον τρόπο λήψης απόφασης** διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής των πεζών ως εξής:

- Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται σε **διαδοχική** βάση, δηλαδή σε κάθε ένα οδικό τμήμα (τόξο) του συνόλου επιλογών, ο πεζός αξιολογεί τις διαθέσιμες εναλλακτικές (διάσχιση σε κόμβο ή εκτός κόμβου) και αποφασίζει εάν θα επιλέξει κάποια από τις διαθέσιμες επιλογές και ποια. Σε περίπτωση που δεν πραγματοποιηθεί διάσχιση, αξιολογούνται οι διαθέσιμες επιλογές του επόμενου οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών, και ούτω καθ' εξής. Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η δυναμική της διαδικασίας επιλογής με τη θεώρηση διαδοχικών πολυωνυμικών προτύπων με ετερογένεια ή και εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση.
- Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται σε **συνολική** βάση, δηλαδή ο πεζός αξιολογεί το σύνολο των διαθέσιμων εναλλακτικών του συνόλου επιλογών στην αρχή της διαδρομής. Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών (πχ. θέσεις κόμβων ή εκτός κόμβου, θέσεις επί του ίδιου οδικού τμήματος κλπ.) με τη θεώρηση ιεραρχικών ή συνδυαστικά ιεραρχικών προτύπων.
- Η διαδικασία λήψης απόφασης πραγματοποιείται σε **ευρύτερη διαδοχική** βάση, δηλαδή σε κάθε ένα οδικό τμήμα (τόξο) του συνόλου επιλογών, ο πεζός αξιολογεί τις διαθέσιμες εναλλακτικές (διάσχιση σε κόμβο ή εκτός κόμβου) του τμήματος αυτού και του επόμενου, ή και των δύο επόμενων, και ούτω καθεξής. Με τον τρόπο αυτό εξετάζονται όλες οι ενδιαμέσες υποθέσεις μεταξύ της απλής διαδοχικής λήψης απόφασης και της συνολικής λήψης απόφασης.

Εφόσον έχει υπολογιστεί η πιθανότητα διάσχισης οδού σε κάθε θέση του συνόλου επιλογών του πεζού, είναι δυνατό να υπολογιστεί η έκθεση του πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής. Για τον σκοπό αυτό, προτείνεται η χρήση ενός **μικροσκοπικού δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο πεζών κατά τη διάσχιση οδών**, με βάση τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σε οποιαδήποτε θέση διάσχισης οποιασδήποτε διαδρομής. Ο δείκτης αυτός εκφράζει την δυνατότητα του πεζού να διασχίσει με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα του πεζού και την απόσταση διάσχισης. Σε κάθε περίπτωση, ορίζεται η έκθεση στον κίνδυνο κάθε θέσης του οδικού δικτύου με βάση την πιθανότητα διάσχισης σε κάθε θέση στο πλαίσιο μιας διαδρομής, και παρουσιάζονται κατάλληλες μέθοδοι υπολογισμού της έκθεσης στον κίνδυνο

κατά μήκος της διαδρομής, τόσο στο πλαίσιο μιας συνολικής διαδικασίας, όσο και στο πλαίσιο μιας διαδοχικής διαδικασίας, ώστε να είναι σε κάθε περίπτωση συμβατές με τις υποθέσεις προσδιορισμού της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος της διαδρομής.

Για τον έλεγχο των παραπάνω υποθέσεων και την ανάπτυξη των προτύπων επιλογής θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής, πραγματοποιήθηκε **έρευνα πεδίου καταγραφής διαδρομών πεζών** σε πραγματικό χρόνο με χρήση κάμερας εν κινήσει, κατά την οποία καταγράφηκαν λεπτομερή στοιχεία των διαδρομών, των πεζών, του οδικού περιβάλλοντος και των κυκλοφοριακών συνθηκών, με έμφαση στα στοιχεία που αφορούν στις διαδοχικές διασχίσεις οδών. Η επιλογή των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με βάση τυχαία δειγματοληψία από τις εξόδους σταθμών Μετρό σε κεντρικές περιοχές της Αθήνας (Παγκράτι, περιοχή Χίλτον, Κολωνάκι, Εξάρχεια, Αμπελόκηποι), ενώ ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην επαρκή κάλυψη αστικών οδικών δικτύων, περιλαμβάνοντας διαδρομές πεζών τόσο σε περιοχές αμιγούς κατοικίας όσο και σε περιοχές έντονων εμπορικών χρήσεων και αναψυχής, και τόσο σε πεζοδρομημένες οδούς όσο και σε μεγάλες αστικές αρτηρίες.

Συνολικά καταγράφηκαν 491 διαδρομές πεζών στις εξεταζόμενες περιοχές, οι οποίες περιλαμβάνουν 2.418 οδικά τμήματα και κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν 884 κύριες διασχίσεις. Για κάθε διαδρομή καταγράφηκαν συνολικά 52 μεταβλητές που αφορούν σε χαρακτηριστικά του πεζού (φύλο, ηλικία, ταχύτητα κίνησης κλπ.), σε χαρακτηριστικά της διαδρομής (μήκος, χρόνος, σημείο προέλευσης και προορισμού, αλλαγές κατεύθυνσης κλπ.), σε χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (αριθμός κατευθύνσεων και λωρίδων κυκλοφορίας, διαχωρισμός κατευθύνσεων, πλάτος πεζοδρομίων, στάθμευση, κυκλοφοριακός φόρτος, σήμανση και σηματοδότηση κλπ.) και σε χαρακτηριστικά των διασχίσεων οδού (θέση, είδος κλπ.).

Κατά τη διαδικασία ελέγχου και κωδικοποίησης των στοιχείων, αναπτύχθηκε βάση δεδομένων στοιχείων διαδρομών και διασχίσεων οδών, από την οποία πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική ανάλυση των στοιχείων σε επίπεδο περιγραφικών στατιστικών. Από τα αποτελέσματα προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με ορισμένες βασικές συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων. Επίσης, επιβεβαιώθηκαν οι βασικές υποθέσεις της ανάλυσης, ιδιαίτερα όσον αφορά στις τοπολογικές ιδιότητες των διαδρομών των πεζών, στο πλήθος και στο είδος των διασχίσεων οδού και στην εφαρμογή του αλγόριθμου προσδιορισμού του συνόλου επιλογών κάθε κύριας διάσχισης.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία της έρευνας πεδίου αξιοποιούνται για την ανάπτυξη προτύπων επιλογής θέσης διάσχισης οδών από πεζούς με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία. Αρχικά εξετάζεται η απλή περίπτωση όπου το σύνολο επιλογών του πεζού αποτελείται από ένα μόνο οδικό τμήμα, οπότε θεωρείται μια **διττή επιλογή θέσης διάσχισης οδού, μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή διάσχισης εκτός κόμβου**, για την οποία αναπτύσσεται ένα μικτό

διωνυμικό πρότυπο. Η προσαρμογή του προτύπου είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική, ενώ οι στατιστικά σημαντικές παράμετροι περιλαμβάνουν τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα του πεζού, το ποσοστό μήκους της διαδρομής, τον αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας, την ύπαρξη στάθμευσης παρά το κράσπεδο, την ύπαρξη σηματοδότησης κλπ. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη η τυχαιότητα στην επιλογή λόγω ατομικής ετερογένειας, καθότι σε ορισμένες περιπτώσεις εξετάζονται περισσότερες από μία επιλογές του ίδιου ατόμου.

Αναφορικά με τις περιπτώσεις όπου το σύνολο επιλογών του πεζού περιλαμβάνει περισσότερα του ενός οδικά τμήματα, εξετάζεται αρχικά η υπόθεση **διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης** κύριας διάσχισης και αναπτύσσονται τα εξής πρότυπα:

- Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα για την επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο, διάσχισης εκτός κόμβου ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών
- Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα, όπου εξετάζεται αρχικά η οριακή επιλογή μεταξύ διάσχισης ή μη διάσχισης σε κάθε οδικό τμήμα του συνόλου επιλογών και στη συνέχεια η δεσμευμένη επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου
- Μικτά πολυωνυμικά πρότυπα με ατομική ετερογένεια για την περίπτωση περισσότερων από μία επιλογών του ίδιου πεζού

Σε κάθε περίπτωση, λαμβάνεται υπόψη η **εξάρτηση από την προηγούμενη κατάσταση** λόγω διαδοχικών επιλογών (δυναμικά διαστρωματικά δεδομένα), με την εισαγωγή στο πρότυπο κατάλληλων μεταβλητών ελέγχου. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι τα βέλτιστα πρότυπα για την περιγραφή μιας διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης κύριας διάσχισης είναι τα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα, καθότι κανένα από τα άλλα πιο σύνθετα πρότυπα δεν βρέθηκε να συνεισφέρει στην επεξήγηση της διαδικασίας αυτής. Οι στατιστικά σημαντικές παράμετροι του προτύπου περιλαμβάνουν την ταχύτητα του πεζού, τον κυκλοφοριακό φόρτο, τον αριθμό λωρίδων, την ύπαρξη σηματοδότησης, το ποσοστό μήκους της διαδρομής, τη μορφή της διαδρομής, καθώς και τις παραμέτρους εξάρτησης από προηγούμενη κατάσταση.

Στη συνέχεια, εξετάζεται η υπόθεση **συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης κύριας διάσχισης**, και αναπτύσσονται τα εξής πρότυπα:

- Ιεραρχικό πολυωνυμικό πρότυπο, όπου εξετάζεται αρχικά η οριακή επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή διάσχισης εκτός κόμβου και στη συνέχεια η δεσμευμένη επιλογή μεταξύ συγκεκριμένης θέσης σε κόμβο ή εκτός κόμβου μεταξύ των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών
- Ιεραρχικό πολυωνυμικό πρότυπο, όπου εξετάζεται αρχικά η οριακή επιλογή οδικού τμήματος του συνόλου επιλογών και στη συνέχεια η δεσμευμένη επιλογή μεταξύ διάσχισης σε κόμβο ή εκτός κόμβου στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα

- Συνδυαστικά ιεραρχικό πρότυπο, όπου η επιλογή συγκεκριμένης θέσης διάσχισης οδού από τις εναλλακτικές του συνόλου επιλογών πραγματοποιείται με βάση τη συνδυαστική ιεράρχηση αυτών σε θέσεις κόμβου, θέσεις εκτός κόμβου και θέσεις επί διαφορετικών οδικών τμημάτων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το βέλτιστο πρότυπο για την περιγραφή μιας συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης κύριας διάσχισης είναι ιεραρχικό πολυωνυμικό πρότυπο που βασίζεται στην **ιεράρχηση** μεταξύ θέσεων σε κόμβο ή εκτός κόμβου. Οι στατιστικά σημαντικές παράμετροι του προτύπου περιλαμβάνουν τον κυκλοφοριακό φόρτο, τον αριθμό λωρίδων, την ύπαρξη σηματοδότησης, το ποσοστό μήκους της διαδρομής, το συνολικό μήκος της διαδρομής, τη μορφή της διαδρομής, την ύπαρξη στάθμευσης παρά το κράσπεδο και την ύπαρξη κεντρικής νησίδας. Επισημαίνεται ότι ορισμένες από τις παραπάνω παραμέτρους βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές στην επιλογή ορισμένων μόνο εναλλακτικών.

Αναφορικά με τις **ευρύτερες διαδοχικές προσεγγίσεις**, ελέγχθηκαν αντίστοιχα διαδοχικά πολυωνυμικά και ιεραρχικά πρότυπα για ενδιάμεσες περιπτώσεις μεταξύ της επιλογής σε κάθε ένα οδικό τμήμα και σε όλα τα οδικά τμήματα μαζί (δηλ. επιλογή μεταξύ των εναλλακτικών του κάθε οδικού τμήματος και του επόμενου). Η στατιστική σημαντικότητα των παραμέτρων δεν μεταβλήθηκε και η προσαρμογή των προτύπων δεν βελτιώθηκε.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε **ανάλυση ευαισθησίας και ελαστικότητας** της επιλογής θέσης διάσχισης οδού των πεζών στις στατιστικά σημαντικές παραμέτρους των προτύπων. Συνολικά προκύπτει μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής διάσχισης στο πρώτο οδικό τμήμα της διαδρομής, τάση των πεζών να αναβάλλουν τη διάσχιση σε μεγάλες διαδρομές και όταν κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, αυξημένη πιθανότητα διάσχισης σε σηματοδοτούμενους κόμβους, και αυξημένη πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου σε χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε οδούς μιας κατεύθυνσης.

Στο πλαίσιο μιας **συγκριτικής αξιολόγησης των προτύπων** και των αντίστοιχων διαφορετικών υποθέσεων διαδικασίας λήψης απόφασης των πεζών, η διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης είναι πιο γενικεύσιμη (generic) και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε διαδρομή, ενώ αντίθετα η συνολική διαδικασία λήψης απόφασης είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών (δηλ. αντιστοιχεί διαφορετικός αριθμός εναλλακτικών σε διαφορετικές διαδρομές). Επίσης, στη διαδοχική διαδικασία η επιλογή που πραγματοποιείται σε κάθε οδικό τμήμα βασίζεται στις ίδιες παραμέτρους για όλα τα οδικά τμήματα, ενώ λαμβάνεται υπόψη η δυναμική της διαδικασίας. Αντίθετα, στη συνολική διαδικασία προτυποποίησης προκύπτει επιρροή ορισμένων παραμέτρων σε ορισμένα μόνο οδικά τμήματα, η οποία δεν είναι εύκολα ερμηνεύσιμη. Τέλος, η προσαρμογή των προτύπων της συνολικής προσέγγισης είναι λιγότερο ικανοποιητική.

Με βάση τα παραπάνω, η **διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης ανά οδικό τμήμα κρίνεται γενικά προτιμότερη** για την περιγραφή της επιλογής θέσης διάσχισης οδού των πεζών κατά μήκος της διαδρομής. Επισημαίνεται ότι η υπόθεση αυτή είναι πιο **συμβατή και με ψυχολογικές / συμπεριφορικές παραμέτρους** των διαδικασιών λήψης απόφασης, οι οποίες επισημαίνονται στη σχετική βιβλιογραφία (τάση απλοποίησης της διαδικασίας λήψης απόφασης, περιορισμός του συνόλου επιλογών, βραχυπρόθεσμος σχεδιασμός κλπ.).

Η προτεινόμενη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της ανάλυσης της παρατηρούμενης συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα αναδεικνύονται στο πλαίσιο μιας **εφαρμογής των προτύπων σε μια τυπική διαδρομή στο κέντρο της Αθήνας**. Συγκεκριμένα, επιλέγεται η διαδρομή από το σταθμό Μετρό "Ευαγγελισμός" προς την πλατεία Φιλικής Εταιρίας μέσω των οδών Μαρασλή και Πατριάρχου Ιωακείμ.

Αρχικά παρουσιάζονται τα τοπολογικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης διαδρομής και ορίζονται τα σύνολα επιλογών διάσχισης οδού των πεζών. Παράλληλα, περιγράφονται τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου κατά μήκος της διαδρομής. Επίσης, υπολογίζεται η έκθεση στον κίνδυνο κάθε πιθανής θέσης διάσχισης κατά μήκος της διαδρομής. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται τα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα για τον υπολογισμό της πιθανότητας κύριας διάσχισης οδού σε κάθε θέση κατά μήκος της διαδρομής. Τέλος, πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής, ως αποτέλεσμα της παρατηρούμενης συμπεριφοράς τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης, από τον οποίο προκύπτει η κατανομή της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής. Η εφαρμογή πραγματοποιείται για **τέσσερα σενάρια με βάση διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και διαφορετικές κατηγορίες πεζών**:

- χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος και χαμηλή ταχύτητα πεζού
- χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος και υψηλή ταχύτητα πεζού
- υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και χαμηλή ταχύτητα πεζού
- υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και υψηλή ταχύτητα πεζού

Η μορφή της **κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της διαδρομής σε σχέση με την επιλογή θέσης διάσχισης** είναι παρόμοια σε όλα τα σενάρια, και μόνο η τάξη μεγέθους της έκθεσης στον κίνδυνο μεταβάλλεται από τη μεταβολή των κρίσιμων παραμέτρων. Από την κατανομή αυτή εντοπίζονται συγκεκριμένες θέσεις του εξεταζόμενου οδικού δικτύου στις οποίες η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι αυξημένη για τη συγκεκριμένη διαδρομή, και η αύξηση αυτή είναι άμεσα ερμηνεύσιμη τόσο με βάση τα στοιχεία παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού όσο και με βάση τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της εξεταζόμενης διαδρομής.

Σε κάθε περίπτωση, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι συστηματικά μεγαλύτερη σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε χαμηλή ταχύτητα πεζού. Προκύπτει επίσης ότι οι πεζοί που κινούνται με υψηλή ταχύτητα μπορεί να αντισταθμίζουν την αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο που αντιστοιχεί σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Προκύπτει επίσης αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο δευτερεύουσας διάσχισης σε θέσεις μη σηματοδοτούμενων κόμβων.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εφαρμογής προκύπτει **η ύπαρξη μιας ομάδας κρίσιμων μεταβλητών**, οι οποίες είναι κοινές τόσο στην περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού, όσο και στην αποτίμηση της έκθεσής τους στον κίνδυνο. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές αυτές περιλαμβάνουν τον κυκλοφοριακό φόρτο, το πλάτος της οδού, την ύπαρξη σηματοδότησης και την ταχύτητα του πεζού.

Από την παραπάνω **μικροσκοπική προσέγγιση της συμπεριφοράς και της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο** σε σχέση με τις επιλογές τους ως προς τη διάσχισή οδών κατά μήκος μιας διαδρομής φαίνεται ότι η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό τόσο από τη συμπεριφορά τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης όσο και από τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, ενώ παρόμοια ανάλυση της έκθεσης στον κίνδυνο δεν θα ήταν δυνατή εάν είχε εφαρμοστεί μια τυπική μακροσκοπική προσέγγιση. Συγκεκριμένα, παρόλο που σε μία μεμονωμένη θέση του οδικού δικτύου αντιστοιχεί θεωρητικά μια ορισμένη έκθεση στον κίνδυνο διάσχισης, ανεξάρτητα της πιθανότητας διάσχισης, η **πραγματική έκθεση του πεζού στον κίνδυνο στη θέση αυτή στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης διαδρομής είναι διαφορετική (μικρότερη ή ίση της θεωρητικής)**, με βάση την πιθανότητα επιλογής της θέσης αυτής για διάσχισή. Επομένως, για τον ακριβή υπολογισμό της έκθεσης στον κίνδυνο μιας θέσης του οδικού δικτύου, είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η πιθανότητα διάσχισης στη θέση αυτή για όλες τις διαδρομές πεζών που περιλαμβάνουν τη θέση αυτή.

Η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής μπορούν να αξιοποιηθούν στην περαιτέρω έρευνα με στόχο την ανάπτυξη και εφαρμογή αντίστοιχων προσεγγίσεων ανάλυσης της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα. Η περαιτέρω έρευνα αυτή μπορεί να συνεισφέρει στην **περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών και της ανταπόκρισης αυτών σε διάφορες επεμβάσεις** στην οδική υποδομή ή στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Επιπλέον, μπορεί να συνεισφέρει στην ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, τόσο όσον αφορά στον εντοπισμό των συνθηκών ή των θέσεων με αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο, όσο και στο πλαίσιο μέτρων **βελτίωσης της οδικής ασφάλειας των πεζών**.

7.2. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος μιας διαδρομής. Στόχος της ανάλυσης ήταν αφενός η περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών και αφετέρου η ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσής τους στον κίνδυνο, ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς αυτής.

Από την υφιστάμενη έρευνα προκύπτει σημαντική επιρροή πολλών οδικών και κυκλοφοριακών παραμέτρων, καθώς και ατομικών χαρακτηριστικών, στη συμπεριφορά των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών, ωστόσο η επιρροή αυτή εντοπίζεται σε τοπικό επίπεδο και δεν έχει εξεταστεί σε επίπεδο συνολικής διαδρομής. Στις σχετικές έρευνες επισημαίνονται οι δυσκολίες στη διατύπωση μαθηματικών προτύπων περιγραφής μιας τόσο σύνθετης διαδικασίας λήψης αποφάσεων, με αποτέλεσμα στις περισσότερες περιπτώσεις η ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών σε επίπεδο διαδρομής να βασίζεται σε μεθόδους προσομοίωσης, όπου υιοθετούνται πλήρως στοχαστικές προσεγγίσεις. Κατά συνέπεια, κατά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην κατάλληλη παραμετροποίηση του προβλήματος, ώστε να είναι δυνατή η διερεύνηση μιας πιο αιτιολογικής προσέγγισης της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος μιας διαδρομής ως προς τη διάσχιση οδών.

Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει μια τοπολογική περιγραφή του αστικού οδικού δικτύου και των διαδρομών των πεζών, μια σειρά από κριτήρια για την καταμέτρηση και την κατηγοριοποίηση των διασχίσεων οδού και έναν αλγόριθμο προσδιορισμού του συνόλου εναλλακτικών επιλογών για κάθε διάσχιση οδού. Περιλαμβάνει επίσης τον έλεγχο διαφορετικών υποθέσεων αναφορικά με τη διαδικασία λήψης απόφασης επιλογής θέσης διάσχισης. Από τα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής προέκυψαν ορισμένα **συμπεράσματα αναφορικά με την προτεινόμενη μεθοδολογία**:

- Η τοπολογική προσέγγιση του οδικού δικτύου και των διαδρομών των πεζών επιτρέπει την κατάλληλη παραμετροποίηση της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών κατά μήκος διαδρομής.
- Ο διαχωρισμός των διασχίσεων σε κύριες και δευτερεύουσες περιορίζει σημαντικά την τυχαιότητα του φαινομένου. Η διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών μπορεί να αφορά μόνο στις κύριες διασχίσεις, καθώς η θέση των δευτερευουσών διασχίσεων μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως εφόσον είναι γνωστή η θέση των κύριων διασχίσεων.
- Το σύνολο επιλογών του πεζού για κάθε κύρια διάσχιση της διαδρομής είναι πεπερασμένο και μπορεί να προσδιοριστεί με βάση κατάλληλο αλγόριθμο.

- Η διαδικασία λήψης απόφασης για τη θέση κάθε κύριας διάσχισης μεταξύ των εναλλακτικών του συνόλου επιλογών μπορεί να προτυποποιηθεί με βάση τη θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας.
- Τα στοιχεία της έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής οδήγησαν στην επικύρωση των βασικών παραμέτρων της μεθοδολογικής προσέγγισης, καθότι ο αριθμός των διαδρομών όπου δεν κατέστη δυνατή η προτεινόμενη παραμετροποίηση ήταν αμελητέος.

Επίσης, η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει την εξέταση διαφορετικών υποθέσεων λήψης απόφασης πεζού, λαμβάνοντας υπόψη τόσο δυναμικές όσο και ιεραρχικές συσχετίσεις μεταξύ των επιλογών. Η εξέταση διαφορετικών υποθέσεων είναι απαραίτητη, δεδομένης της έλλειψης επαρκούς προηγούμενης γνώσης για τη διαδικασία αυτή. Ειδικότερα, εξετάστηκε μια διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης, μια ευρύτερη διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης και μια συνολική διαδικασία λήψης απόφασης. Από τα αποτελέσματα της ανάπτυξης των προτύπων, **η υπόθεση διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης κρίνεται συνολικά καταλληλότερη για τις ανάγκες της ανάλυσης** της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού, με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Με βάση την υπόθεση αυτή, ο πεζός αξιολογεί διαδοχικά τις άμεσα διαθέσιμες εναλλακτικές κατά μήκος της διαδρομής, καθώς αυτές γίνονται σταδιακά διαθέσιμες. Επομένως, η ύπαρξη ή όχι προηγούμενης γνώσης της διαδρομής δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης.
- Με την υπόθεση αυτή λαμβάνεται υπόψη ο δυναμικός χαρακτήρας της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής.
- Στις στατιστικές σημαντικές παραμέτρους περιλαμβάνεται η επιρροή χαρακτηριστικών της διαδρομής, του πεζού, του οδικού δικτύου, και της κυκλοφορίας. Οι παράμετροι αυτές είναι κοινές σε όλα τα στάδια της διαδικασίας λήψης απόφασης. Επίσης, περιλαμβάνονται όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν και την έκθεση των πεζών στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση οδών.
- Τα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της προσέγγισης αυτής είναι σχετικά απλά και ευέλικτα. Παράλληλα, κανένα από τα πιο σύνθετα πρότυπα που εξετάστηκαν δεν βρέθηκε να προσθέτει στην επεξήγηση της εξεταζόμενης διαδικασίας λήψης απόφασης.
- Η διαδοχική αυτή προσέγγιση είναι περισσότερο γενικεύσιμη (generic) και δεν παρουσιάζει ευαισθησία σε χαρακτηριστικά της διαδρομής ή στη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών του πεζού.
- Η διαδοχική αυτή προσέγγιση είναι περισσότερο συμβατή με ψυχολογικά και συμπεριφορικά χαρακτηριστικά της δυναμικής λήψης αποφάσεων, τα οποία αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία, όπως η απλοποίηση της στρατηγικής λήψης απόφασης, ο περιορισμός του μέγεθους του συνόλου επιλογών και η τάση για βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό.

Υπογραμμίζεται ότι είναι πιθανό η διαδικασία επιλογής θέσης διάσχισης στην πραγματικότητα να πραγματοποιείται με πιο σύνθετο τρόπο, για διαφορετικούς πεζούς ή σε διαφορετικές συνθήκες. Ωστόσο, με βάση τη βελτιωμένη προσαρμογή και επεξηγηματική ικανότητα του προτύπου που αφορά στη διαδοχική διαδικασία επιλογής θέσης διάσχισης, η αντίστοιχη υπόθεση κρίνεται κατάλληλη για την περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού με κριτήρια που αφορούν στις ανάγκες της ανάλυσης.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης της συμπεριφοράς του πεζού ως προς την επιλογή θέσης κύριας διάσχισης, προκύπτουν συμπεράσματα αναφορικά με τις **καθοριστικές παραμέτρους της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών**:

- Οι κύριες διασχίσεις είναι πιθανότερο να συμβούν στην αρχή ή στο τέλος του τμήματος της διαδρομής που αντιστοιχεί στο σύνολο επιλογών του πεζού.
- Σε μεγαλύτερες διαδρομές υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου.
- Οι πεζοί που κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα έχουν την τάση τόσο να αναβάλλουν τη διάσχιση οδού όσο και να διασχίζουν εκτός κόμβου.
- Η ύπαρξη σηματοδότησης, ο αριθμός λωρίδων, και ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνουν την πιθανότητα διάσχισης σε κόμβο.
- Η μονοδρόμηση, η στάθμευση παρά το κράσπεδο και η ύπαρξη πόλου έλξης (πχ. μεγάλο κατάστημα, στάση λεωφορείου) στο απέναντι πεζοδρόμιο αυξάνουν την πιθανότητα διάσχισης εκτός κόμβου.

Προκύπτει ότι η παρατηρούμενη συμπεριφορά των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης μπορεί να περιγραφεί με βάση έναν σχετικά περιορισμένο αριθμό παραμέτρων. Παρόλο που εξετάστηκε σημαντικός αριθμός πρόσθετων μεταβλητών, οι οποίες συλλέχθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας πεδίου, δεν βρέθηκαν άλλες μεταβλητές με στατιστικά σημαντική επιρροή. Ωστόσο, υπολογίστηκε σημαντική ευαισθησία και ελαστικότητα των επιλογών των πεζών στις στατιστικά σημαντικές παραμέτρους.

Είναι προφανές ότι **ένα μέρος της συμπεριφοράς των πεζών δεν είναι ερμηνεύσιμο με βάση άμεσα παρατηρήσιμες παραμέτρους**. Στην παρούσα έρευνα, όπως και σε άλλες σχετικές έρευνες, δόθηκε έμφαση σε μετρήσιμες και συστηματικές παραμέτρους της συμπεριφοράς του πεζού και όχι σε ψυχολογικές ή περιστασιακές, ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων σε αναλύσεις οδικής ασφάλειας πεζών. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης, εντοπίζεται και περιγράφεται ένα σημαντικό **συστηματικό μέρος της συμπεριφοράς των πεζών**. Ωστόσο, η εφαρμογή των προτεινόμενων προτύπων για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πεζών προϋποθέτει περαιτέρω προσαρμογή και επικύρωσή τους.

Τα προτεινόμενα πρότυπα συμπεριφοράς των πεζών ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής μπορούν να αξιοποιηθούν στο

πλαίσιο μιας ακριβέστερης αποτίμησης της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο σε αστικά οδικά δίκτυα, καθότι η δομή και οι παράμετροι των προτύπων είναι πλήρως συμβατές με εκείνες των μεθόδων υπολογισμού έκθεσης στον κίνδυνο πεζών σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Ειδικότερα, στην παρούσα διδακτορική διατριβή προτείνεται η **χρήση ενός δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο πεζού κατά τη διάσχιση οδού σε μικροσκοπικό επίπεδο**, ο οποίος εκφράζει τον βαθμό αλληλεπίδρασης του πεζού με την κυκλοφορία κατά τη διάσχιση οδού. Ο δείκτης αυτός αφορά σε μεμονωμένες θέσεις κατά μήκος της διαδρομής, σε αντίθεση με πιο μακροσκοπικούς δείκτες οι οποίοι αφορούν στο σύνολο μιας διαδρομής ή στο σύνολο των διαδρομών σε μια περιοχή κλπ.

Η συνδυαστική εξέταση της έκθεσης στον κίνδυνο των εναλλακτικών θέσεων διάσχισης οδού κατά μήκος μιας διαδρομής και της πιθανότητας πραγματοποίησης διάσχισης σε καθεμία από αυτές επιτρέπει τον αναλυτικό υπολογισμό της κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος σε θέσεις κατά μήκος της διαδρομής.

Από την εφαρμογή της προσέγγισης αυτής για διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και για διαφορετικές κατηγορίες πεζών, προέκυψαν **συμπεράσματα αναφορικά με την επιρροή της συμπεριφοράς των πεζών στην έκθεσή τους στον κίνδυνο οδικού ατυχήματος**. Ειδικότερα:

- Από τη μορφή της κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος μιας συγκεκριμένης διαδρομής με βάση την επιλογή θέσης διάσχισης εντοπίζονται συγκεκριμένες θέσεις του εξεταζόμενου οδικού δικτύου, στις οποίες η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι αυξημένη, και η αύξηση αυτή είναι ερμηνεύσιμη τόσο με βάση τα στοιχεία παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού όσο και με βάση τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της εξεταζόμενης διαδρομής.
- Σε κάθε περίπτωση, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι συστηματικά μεγαλύτερη σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και σε χαμηλή ταχύτητα πεζού.
- Οι πεζοί που κινούνται με υψηλή ταχύτητα μπορεί να αντισταθμίζουν αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο που αντιστοιχεί σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- Η έκθεση στον κίνδυνο των δευτερευουσών διασχίσεων μπορεί να είναι εξίσου σημαντική με την έκθεση στον κίνδυνο των κύριων διασχίσεων, ενώ στον υπολογισμό της δεν λαμβάνεται υπόψη κάποια πιθανότητα επιλογής τους.
- Αντίθετα, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο κατά τις κύριες διασχίσεις εξαρτάται τόσο από τη θεωρητική έκθεση στον κίνδυνο των θέσεων όσο και από την πιθανότητα επιλογής τους.

Τέλος, από τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής προκύπτει η **ύπαρξη μιας ομάδας κρίσιμων παραμέτρων**, οι οποίες είναι κοινές τόσο στην περιγραφή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών ως προς την επιλογή

θέσης διάσχισης οδού, όσο και στην αποτίμηση της έκθεσής τους στον κίνδυνο κατά τη διάσχιση. Οι παράμετροι αυτές περιλαμβάνουν τον κυκλοφοριακό φόρτο, το πλάτος της οδού, την ύπαρξη σηματοδότησης και την ταχύτητα του πεζού. Επίσης, διαφορετικοί συνδυασμοί των παραμέτρων αυτών επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο τη συμπεριφορά και την έκθεση των πεζών στον κίνδυνο. Επομένως, για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η διερεύνηση της επιρροής των παραμέτρων αυτών τόσο στη συμπεριφορά του πεζού όσο και στην έκθεση στον κίνδυνο που αντιστοιχεί σε κάθε θέση του οδικού δικτύου.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορεί να οριστεί η έννοια μιας **μεταβλητής έκθεσης στον κίνδυνο** κάθε θέσης του οδικού δικτύου, ως αποτέλεσμα των επιλογών του πεζού αναφορικά με τη διάσχιση οδών στο πλαίσιο μιας διαδρομής. Συγκεκριμένα, η πραγματική έκθεση στον κίνδυνο πεζού διερχόμενου από μια θέση στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης διαδρομής μπορεί να είναι μικρότερη ή ίση της θεωρητικής έκθεσης στον κίνδυνο που αντιστοιχεί γενικά στη θέση αυτή, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και την πιθανότητα επιλογής της θέσης αυτής για διάσχιση. Κατά συνέπεια, **η έκθεση στον κίνδυνο κάθε θέσης του οδικού δικτύου είναι διαφορετική για διαφορετικές διαδρομές πεζών**. Επιπλέον, για τον υπολογισμό της **συνολικής έκθεσης στον κίνδυνο της κάθε θέσης** του οδικού δικτύου, είναι απαραίτητο να εξεταστούν όλες οι διαδρομές πεζών που περιλαμβάνουν τη συγκεκριμένη θέση και να υπολογιστεί η έκθεση στον κίνδυνο με βάση την πιθανότητα διάσχισης στη συγκεκριμένη θέση για όλες αυτές τις διαδρομές.

Επομένως, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σε ένα αστικό οδικό δίκτυο εξαρτάται αφενός από **στοιχεία προέλευσης / προορισμού, επιλογής διαδρομής και επιλογής θέσεων διάσχισης** του εξεταζόμενου πληθυσμού πεζών, και αφετέρου από τα χαρακτηριστικά της υποδομής και της κυκλοφορίας στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο. Οποιαδήποτε μεταβολή σε κάποιο από τα στοιχεία αυτά μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή της έκθεσης στον κίνδυνο του εξεταζόμενου πληθυσμού πεζών ή σε μεταβολή των θέσεων που αντιστοιχούν σε αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο.

Από την παραπάνω **μικροσκοπική και επεξηγηματική προσέγγιση της συμπεριφοράς και της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο** ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας διαδρομής προκύπτει συσχέτιση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο με γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου (κυκλοφοριακός φόρτος, πλάτος οδού, σηματοδότηση) και των επιλογών τους ως προς την επιλογή θέσης διάσχισης οδού. Επισημαίνεται τέλος ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι δυνατό να εντοπιστεί και να ερμηνευθεί με βάση τις τυπικές μακροσκοπικές προσεγγίσεις, στις οποίες δεν λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του πεζού στην οδική ασφάλεια.

Επομένως, η ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων προσεγγίσεων στην ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα μπορεί να συνεισφέρει στην **περιγραφή της συμπεριφοράς των**

πεζών και της ανταπόκρισης αυτών σε διάφορες επεμβάσεις στην οδική υποδομή ή στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Επιπλέον, μπορεί να συνεισφέρει στην ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο, τόσο όσον αφορά στον εντοπισμό των συνθηκών ή των θέσεων με αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο, όσο και στο πλαίσιο μέτρων βελτίωσης της οδικής ασφάλειας των πεζών.

7.3. Προτάσεις

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για την ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα, όσον αφορά στην αλληλεπίδραση των πεζών με την κυκλοφορία κατά τη διάσχιση οδών.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία αφορά σε μια μικροσκοπική και επεξηγηματική προσέγγιση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών κατά μήκος διαδρομών σε αστικά οδικά δίκτυα. Με βάση την προσέγγιση αυτή, εξάγονται συμπεράσματα αναφορικά με την επιρροή χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου, της κυκλοφορίας και του ίδιου του πεζού στη συμπεριφορά διάσχισης οδού. Επίσης, είναι δυνατή η ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο. Από τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής επιβεβαιώνεται η **ανάγκη για περαιτέρω ανάλυση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών** σε επίπεδο συνολικής διαδρομής σε αστικό οδικό δίκτυο.

Η παρατηρούμενη συμπεριφορά και η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο επηρεάζονται πρωτίστως από μια ομάδα παραμέτρων (κυκλοφοριακός φόρτος, ταχύτητα πεζού, σηματοδότηση, αριθμός λωρίδων), οι οποίες αποτελούν σημαντικό **συστηματικό μέρος της συμπεριφοράς των πεζών**. Ωστόσο, οι πρόσθετες παράμετροι που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας δεν βρέθηκαν να έχουν επεξηγηματική ικανότητα, και κατά συνέπεια ένα σημαντικό μέρος της συμπεριφοράς των πεζών παραμένει μη ερμηνεύσιμο με βάση άμεσα παρατηρήσιμες παραμέτρους.

Αυτό μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στο γεγονός ότι στην παρούσα διδακτορική διατριβή δόθηκε έμφαση στην επιρροή άμεσα μετρήσιμων και συστηματικών παραμέτρων. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη αναφορικά με την επιρροή διαφόρων μη μετρήσιμων ή περιστασιακών παραμέτρων, οι οποίες περιλαμβάνουν **στοιχεία στάσης / συμπεριφοράς, αντιλήψεων και ψυχολογίας του πεζού**. Η ενσωμάτωση τέτοιων στοιχείων στην ανάλυση της συμπεριφοράς του πεζού μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση και επεξήγηση της συμπεριφοράς των πεζών, όχι μόνο όσον αφορά στην επιλογή θέσης διάσχισης αλλά και όσον αφορά στην επιλογή τρόπου διάσχισης, ο οποίος δεν εξετάστηκε στην παρούσα διδακτορική διατριβή.

Η συνδυαστική εξέταση της επιρροής του οδικού περιβάλλοντος, της κυκλοφορίας και των παραπάνω συμπεριφορικών και ψυχολογικών παραμέτρων μπορεί να πραγματοποιηθεί με παρόμοια μέθοδο προτυποποίησης διακριτών επιλογών. Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητη η **ενσωμάτωση στα μαθηματικά πρότυπα μιας ομάδας από λανθάνουσες μεταβλητές** (latent variables), οι οποίες μπορεί να εκφράζουν διάφορες στάσεις, προτιμήσεις και

αντιλήψεις του πεζού, όπως για παράδειγμα η τάση για ριψοκίνδυνη συμπεριφορά, η σχετική αντίληψη ασφάλειας / χρόνου μετακίνησης κλπ.

Για την ενσωμάτωση των στοιχείων αυτών στην προτυποποίηση της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών είναι απαραίτητη η συλλογή κατάλληλων στοιχείων. Στο πλαίσιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου καταγραφής της παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος αστικών διαδρομών σε πραγματικό χρόνο, εφαρμόζοντας μια διαφορετική μέθοδο από εκείνες που εφαρμόζονται στις υφιστάμενες έρευνες. Η μέθοδος αυτή είναι πιο χρονοβόρα, αλλά παρουσιάζει το πλεονέκτημα της καταγραφής της πραγματικής παρατηρούμενης συμπεριφοράς των πεζών. Αντίθετα, για τη συλλογή στοιχείων στάσης / συμπεριφοράς, αντιλήψεων και προτιμήσεων των πεζών είναι απαραίτητη η διεξαγωγή προσωπικών συνεντεύξεων, κατά τις οποίες καταγράφονται αυτοδηλούμενα (self-reported) στοιχεία.

Επομένως, για τη συνδυαστική ανάλυση της επιρροής του οδικού περιβάλλοντος, της κυκλοφορίας και στάσεων / αντιλήψεων των πεζών στη συμπεριφορά τους ως προς τη διάσχιση αστικών οδών, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή **ερευνών πεδίου καταγραφής στοιχείων παρατηρούμενης συμπεριφοράς και αυτοδηλούμενων συμπεριφορικών και ψυχολογικών παραμέτρων**. Στην πραγματοποίηση μιας τέτοιας έρευνας υπεισέρχεται μια σειρά μεθοδολογικών και πρακτικών θεμάτων, όπως για παράδειγμα η επιλογή κοινών ή διαφορετικών ομάδων συμμετεχόντων στα δύο μέρη της έρευνας, η αντιμετώπιση της πιθανής μεροληψίας των αυτοδηλούμενων στοιχείων κλπ. Επισημαίνεται ωστόσο ότι τα στοιχεία από μια τέτοια συνδυαστική έρευνα πεδίου μπορεί επίσης να αναλυθούν με χρήση προτύπων διακριτών επιλογών.

Επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η ανάλυση των αποτελεσμάτων της προτεινόμενης επεξηγηματικής μεθόδου ανάλυσης της συμπεριφοράς των πεζών ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος αστικών διαδρομών **σε σύγκριση με μεθόδους προσομοίωσης**. Οι μέθοδοι προσομοίωσης της συμπεριφοράς των πεζών έχουν εφαρμοστεί ευρύτατα στο πλαίσιο αναλύσεων της δυναμικής του πλήθους, της επιλογής διαδρομής πεζών και του προγραμματισμού δραστηριοτήτων των πεζών, ωστόσο η αλληλεπίδραση των πεζών με την κυκλοφορία κατά τη διάσχιση οδών δεν έχει εξεταστεί. Οι μέθοδοι προσομοίωσης βασίζονται ως επί το πλείστον σε πιο στοχαστικές προσεγγίσεις και είναι λιγότερο απαιτητικές σε δεδομένα και σε θέματα παραμετροποίησης του φαινομένου.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μεθοδολογίας με τα αποτελέσματα στοχαστικής προσομοίωσης της συμπεριφοράς των πεζών θα αποτελούσε μια χρήσιμη επιβεβαίωση της επεξηγηματικής ικανότητας των προτεινόμενων προτύπων. Επιπλέον, η εφαρμογή των προτεινόμενων προτύπων σε πλαίσιο προσομοίωσης της συμπεριφοράς των πεζών θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη στον υπολογισμό παραμέτρων κίνησης και

ασφάλειας σε επίπεδο πληθυσμού πεζών (πχ. καθυστερήσεις, έκθεση στον κίνδυνο). Επισημαίνεται ότι, σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η επικύρωση του συστήματος προσομοίωσης με συλλογή νέων στοιχείων, διαδικασία η οποία δεν πραγματοποιείται επαρκώς στις περισσότερες υφιστάμενες έρευνες.

Τέλος, από τα αποτελέσματα της παρούσας διδακτορικής διατριβής αναδεικνύεται η ανάγκη **περαιτέρω διερεύνησης της σχέσης μεταξύ της συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών** κατά τη διάσχιση οδών. Η διερεύνηση αυτή αφορά κυρίως στον εντοπισμό της επιρροής των παραμέτρων τόσο στη συμπεριφορά όσο και στην ασφάλεια των πεζών, καθότι αποδεικνύεται ότι η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι αποτέλεσμα συνδυασμού αυτών των στοιχείων.

Για την πλήρη αξιοποίηση της προτεινόμενης προσέγγισης στην κίνηση και στην οδική ασφάλεια των πεζών, είναι απαραίτητη η **αξιοποίηση στοιχείων προέλευσης / προορισμού, επιλογής διαδρομής, επιλογής θέσης διάσχισης οδού και έκθεσης στον κίνδυνο** κάθε θέσης της διαδρομής. Η συλλογή τέτοιων στοιχείων, μπορεί να επιτρέψει την περιγραφή της κίνησης των πεζών σε ένα αστικό οδικό δίκτυο και τον εντοπισμό θέσεων με αυξημένη έκθεση στον κίνδυνο για τον εξεταζόμενο πληθυσμό πεζών.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adamowicz W., Jennings S., Coyne A. (1990). A Sequential Choice Model of Recreation Behavior. *Western Journal of Agricultural Economics* 15 (1), pp. 91-99.

Airault V., Espié S., Lattaud C., Auberlet J.M. (2004). Interaction between Pedestrians and their Environment when Road-crossing: a Behavioural Approach. In the Proceedings of the *24th Urban Data Management Symposium*, Fendel E. & Rumor M. eds., Italy, 2004.

Alon N., Perles M.A. (1986). On the intersection of edges of a geometric graph by straight lines. *Discrete Mathematics* 60, pp. 75-90.

Antonini G., Bierlaire M., Weber, M. (2006). Discrete choice models of pedestrian walking behavior. *Transportation Research Part B* 40, pp. 667-687.

Ashmead, D.H., R. Wall, B.L. Bentzen, J.M. Barlow (2004). Which crosswalk? Effects of Accessible Pedestrian Signal Characteristics. *ITE Journal* 74 (9), pp. 26-30.

Baltes M., Chu X. (2002). Pedestrian level of service for mid-block street crossings. In the Proceedings of the *TRB 81st Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2002.

- Baltes, M.R. (1998). Descriptive analysis of crashes involving pedestrians in Florida, 1990-1994. *Transportation Research Record* No 1636, pp. 138-145.
- Batty M., Jiang B. (1999). Multi-agent simulation: New approaches to exploring space-time dynamics within GIS. Centre for Advanced Spatial Analysis, *Working Paper Series*, Paper 10, University College London, 1999.
- Ben-Akiva, M., Lerman, S.R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Applications to Travel Demand*. The MIT Press, Cambridge Massachusetts, London England.
- Bernhoft I.M., Carstensen G. (2008). Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender. *Transportation Research Part F* 11, pp. 83-95.
- Bierlaire M., Bolduc D., McFadden D. (2008). The estimation of generalized extreme value models from choice-based samples. *Transportation Research Part B* 42, pp. 381-394.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models, Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference, Ascona, Switzerland.
- Bierlaire, M. (2006). A theoretical analysis of the cross-nested logit model. *Annals of Operations Research* 144 (1), pp. 287-300.
- Bierlaire M., Frejinger E. (2008). Route choice modeling with network-free data. *Transportation Research Part C* 16, pp. 187-198.
- Bierlaire, M. (2008). *An introduction to BIOGEME Version 1.7*, biogeme.epfl.ch
- Bierlaire, M., Antonini, G. and Weber, M. (2003). *Behavioral dynamics for pedestrians*. In K. Axhausen (ed) Moving through nets: the physical and social dimensions of travel, Elsevier.
- Blue V.J., Adler J.L. (2001). Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways. *Transportation Research Part B* 35, pp. 293-312.
- Borgers A. and Timmermans H. J. P. (1986). City centre entry points, store location patterns and pedestrian route choice behaviour: A microlevel simulation model. *Socio- Economic Planning Sciences* 20 (1), pp. 25-31.
- Bovy, P.H.L., Stern, E. (1990). *Route choice: wayfinding in transport networks*. Studies in Operational Regional Science 9. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NL.
- Bowman B.L., Vecellio R.L., Miao J. (1995). Vehicle and pedestrian accident models for median locations. *Journal of Transportation Engineering*, November / December 1995.

- Brude, U., Larsson, J. (1993). Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit?. *Accident Analysis and Prevention* 25 (5).
- Bungum, T. J., C.Day, L.J. Henry (2005). The association of distraction and caution displayed by pedestrians at a lighted crosswalk. *Journal of Community Health* 30 (4), pp. 269-279.
- Burda, M., Harding, M., Hausman, J. (2008). A Bayesian mixed logit-probit model for multinomial choice. *Journal of Econometrics* 147 (2), pp. 232-246.
- Burstedde C., Klauk K., Schadschneider A., Zittartz J. (2001). Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. *Physica A* 295, pp. 507–525.
- Cameron, M. H. (1982). A method of measuring exposure to pedestrian accident risk. *Accident Analysis and Prevention* 14 (5).
- Carsten, O.M.J., Sherborne, D.J., Rothengatter, J.A. (1998). Intelligent traffic signals for pedestrians: evaluation of trials in three countries. *Transportation Research Part C* 6.
- Cascetta, E., Nuzzolo, A., Biggiero L. (1992). Analysis and modeling of commuters' departure time and route choice in urban networks. In: *Proceedings of the 2nd International Capri Seminar on Urban Traffic Networks*.
- Cascetta E., Pagliara F., Axhausen K.W. (2006). *Dominance attributes for alternatives' perception in choice set formation: an application to spatial choices*. ETH - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IVT - Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (2006).
- Chang, L.Y., Mannering, F., (1999). Analysis of injury severity and vehicle occupancy in truck- and non-truck-involved accidents. *Accident Analysis and Prevention* 31 (5), pp. 579-592.
- Charlesworth, J., Gunawan, E. (1987). The behavioural dynamics of route choice. *Traffic Engineering and Control*, February 1987, pp. 80-83.
- Chiou L., Walker J. (2007). Masking identification of discrete choice models under simulation methods. *Journal of Econometrics* 141 (2), pp. 683-703.
- Chu X., Guttenplan, M., Baltes M. (2002). Why People Cross Where They Do - The Role of the Street Environment. *Transportation Research Record* No 1878, pp. 3-10.
- Clark, L.K., Hummer, J.E., Dutt, N. (1996). Field evaluation of fluorescent strong yellow-green pedestrian warning signs. *Transportation Research Record* No 1538.

Connelly, M.L., Conaglen H.M., Parsonson B.S., Isler R.B. (1998). Child Pedestrians' Crossing Gap Thresholds. *Accident Analysis and Prevention* 30, pp. 443-453.

Cottrell, W., Pal, D. (2003). Evaluation of pedestrian data needs and collection efforts. *TRB 82nd Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2003.

Crider, L., Burden, J., Han, F., (2001). *Multi-modal level of service - 'Point' level of service project - Final Report*. FDOT - Florida Department of Transportation, 2001.

Crooks A. Castle C., Batty M. (2008). Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation. Article in press. *Computers, Environment and Urban Systems*.

Daamen W., Hoogendoorn S.P., Bovy P.H.L. (2005). First-order Pedestrian Traffic Flow Theory. In the Proceedings of the *84th TRB Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington.

Daly, A., Bierlaire M. (2004). A general and operational representation of the generalized extreme value models. *Transportation Research part B* 40 (4), pp. 285-305.

Das S., Manski C.F., Manuszak M. (2005). Walk or Wait? An Empirical Analysis of Street Crossing Decisions. *Journal of Applied Econometrics* 20 (4), pp. 445-577.

Dasgupta G., Wachspress E.L. (2008). Basis functions for concave polygons. *Computers and Mathematics with Applications* 56, pp. 459-468.

DaSilva M.P., Smith J.P., Najm W.G. (2003). *Analysis of pedestrian crashes*. Report No DOT-VNTSC-NHTSA-02-02, USDOT - National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.

de Palma A., Myers G.M., Papageorgiou Y.Y. (1994). Rational Choice Under an Imperfect Ability To Choose. *The American Economic Review* 84 (3), pp. 419-440.

DeShazo J. R. (2002). Designing Choice Sets for Stated Preference Methods: The Effects of Complexity on Choice Consistency. *Journal of Environmental Economics and Management* 44, pp. 123-143.

Diaz, E.M. (2002). Theory of planned behavior and pedestrians' intentions to violate traffic regulations. *Transportation Research Part F* 5, 169-175.

- Dijkstra J., Timmermans H. (2002). Towards a multi-agent model for visualizing simulated user behavior to support the assessment of design performance. *Automation in Construction* 11, pp. 135-145.
- Dixon M.A, Alvarez J.A., Rodriguez J., Jacko J.A. (1997). The effect of speed reducing peripherals on motorists' behavior at pedestrian crossings. *Computers & Industrial Engineering* 33 (1-2) pp. 205-208.
- Duncan C., Khattak A., Hughes R. (2002). Effectiveness of pedestrian safety treatments for hit-along-roadway crashes. In the Proceedings of the *TRB 81st Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2002.
- Egenhofer M.G. & Herring, J. (1990). *Categorizing binary topological relations between regions, lines, and points in geographic databases*. Tech. rep. 90-12. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, Santa Barbara, CA.
- Egenhofer M.G. (1989). A Formal Definition of Binary Topological Relationships. *Lecture Notes in Computer Science* 367, pp. 457-472.
- Erdős P., Lovász L., Simmons A., Straus E. G. (1971). Dissection graphs of planar point sets. In: *A survey of combinatorial theory*, Proc. Internat. Sympos., Colorado State Univ., Fort Collins, Colo., 1971), North-Holland, Amsterdam, 1973, pp.139-149.
- Evans D., Norman P. (1998). Understanding pedestrians' road crossing decisions: an application of the theory of planned behaviour. *Health Education Research* 13 (4), pp. 481-489.
- Fischer M.M., Nijlamp P. (1987). From static towards dynamic discrete choice modeling: a state of the art review. *Regional Science and Urban Economies* 17, pp. 3-27.
- Fitzpatrick K., Turner S., Brewer M., Carlson P., Ullman B., Trout N., Park E.S., Whitacre J., Lalani N., Lord D. (2006). *Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings*. TCRP REPORT 112/NCHRP REPORT 562, Transportation Research Board, Washington.
- Fitzpatrick, K., Ullman, B., Trout, N. (2004). On-Street Pedestrian Surveys of Pedestrian Crossing Treatments. In the Proceedings of the *TRB 2004 Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2004.
- Fosgerau M., Bierlaire M. (2007). A practical test for the choice of mixing distribution in discrete choice models. *Transportation Research Part B* 41, pp. 784-794.
- Gaal S. (1964). *Point Set Topology*. Academic Press, New York, NY.

Gaca, S., Tracz, M. (1999). Pedestrian risk on rural roads. In the proceedings of the Conference *Traffic Safety on Two Continents*, Swedish National Road and Transport Research Institute, German Federal Highway Research Institute and US Transportation Research Board, Malmo, Sweden, 1999.

Gårder, P. (1989). Pedestrian safety at traffic signals: A study carried out with the help of a traffic conflicts technique. *Accident Analysis and Prevention* 21 (5).

Gaud N., Galland S., Gechter F., Hilaire V., Koukam A. (2008). Holonic multilevel simulation of complex systems: Application to real-time pedestrians simulation in virtual urban environment. *Simulation Modelling Practice and Theory* 16, pp. 1659-1676.

Gipps P.G. and Marksjo B. (1985). A micro-simulation model for pedestrian flows. *Mathematics and Computers in Simulation* 27, pp. 95-105.

Goh P.K., Lam W.H.K. (2004). Pedestrian flows and walking speed: a problem at signalized crosswalks. *ITE Journal* 74 (1), pp. 28-33.

Golias, J., Yannis, G. (2001). Dealing with lack of exposure data in road accident analysis. 12th International Conference: Traffic Safety on Three Continents, Moscow, 2001.

Gopinath D., Schofield M.L., Walker J.L., Ben-Akiva M. (2005). Comparative analysis of discrete choice models with flexible substitution patterns. In the proceedings of the 2005 TRB International Meeting, CD-ROM, Washington D.C.

Grayson G. B. (1987). Pedestrian Risk in Crossing Roads: West London Revisited. *Traffic Engineering and Control* 28, pp. 27-30.

Gross J.L., Yellen J. (1998). *Graph Theory and Its Applications*. CRC Press.

Guggenheimer H. (1977). The Jordan curve theorem and an unpublished manuscript by Max Dehn. *Archive for History of Exact Sciences* 17 (2), pp. 193-200.

Gumbel E.J. (1958). *Statistics of Extremes*, Columbia University Press, New York.

Gupta P., Janardan R., Smid M. (1999). Efficient algorithms for counting and reporting pairwise intersections between convex polygons. *Information Processing Letters* 69, pp. 7-13.

Hakkert, S., Gitelman, V., Ben-Shabat, E. (2002). An evaluation of crosswalk warning systems: effects on pedestrian and vehicle behaviour. *Transportation Research Part F* 5.

Hamed M.M. (2001). Analysis of pedestrians' behaviour at pedestrian crossings. *Safety Science* 38, pp. 63-82.

- Hatcher A. (2002). *Algebraic Topology*. Cambridge University Press.
- Hatfield J., Murphy S. (2007). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accident Analysis and Prevention* 39, pp. 197-205.
- Hensher, D.A., Johnson, L.W. (1981). *Applied Discrete-Choice Modelling*. Croom Helm, London.
- Henson, C. (2000). Levels of Service for Pedestrians. *ITE Journal* 70 (9), 26-30.
- Heraty, M. (1983). *Review of pedestrian road safety research*. TRRL - Transport and Road Research Laboratory, Report No 20, 1983.
- Hey J.D., Knoll J.A. (2007). How far ahead do people plan? *Economics Letters* 96 (1), pp. 8-13.
- Himanen, V. and Kulmala, R. (1988). An application of logit models in analysing the behaviour of pedestrians and car drivers on pedestrian crossings. *Accident Analysis & Prevention* 20 (3), pp. 187-197.
- Hine J. (1996). Pedestrian travel experiences: Assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique. *Journal of Transport Geography* 4 (3), pp. 179-199.
- Hine J., Russel J. (1993). Traffic barriers and pedestrian crossing behaviour. *Journal of Transport Geography* 1 (4), pp. 230-239.
- Holland C., Hill R. (2007). The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis and Prevention* 39, pp. 224-237.
- Honoré B.E., Kyriazidou E. (2000). Panel Data Discrete Choice Models with Lagged Dependent Variables. *Econometrica* 68 (4), pp. 839-874.
- Hoogendoorn S.P. (2004). Pedestrian flow modeling by adaptive control. In the Proceedings of the *TRB 2004 Annual Meeting*, Washington DC.
- Hoogendoorn S.P., Bovy P.H.L. (2004). Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research Part B* 38, pp. 169-190.
- Howarth, C.I. (1982). The need for regular monitoring of the exposure of pedestrians and cyclists to traffic. *Accident Analysis and Prevention* 14 (5).
- Huang L., Wong S.C. Zhang M., Shu C-W., Lam W.H.K. (2009). Revisiting Hughes' dynamic continuum model for pedestrian flow and the development of an efficient solution algorithm. *Transportation Research Part B* 43, pp. 127-141.

- Hughes, R.L. (2002). A continuum theory for the flow of pedestrians. *Transportation Research Part B* 36, pp. 507–535.
- Hui X., Hongwei G. (2008). A Disaggregate Model for Pedestrian Crossing Facilities Selection. In the Proceedings of the AATT2008 International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation, May 27-31, Athens, Greece.
- Hunt J., Abduljabbar J. (1993). Crossing the Road: A Method of Assessing Pedestrian Crossing Difficulty. *Traffic Engineering and Control* 34, pp. 526-532.
- Hunt, J., Griffiths, J. (1991). *Pedestrian Crossing Criteria Research: Random Crossing Model*. TRL Contract Report CR248, Transportation and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK, 1991.
- Ingram W.T. (2006). A brief historical view of continuum theory. *Topology and its Applications* 153, pp. 1530-1539.
- Ishaque M.M., Noland R.B. (2007). Behavioural Issues in Pedestrian Speed Choice and Street Crossing Behaviour: A Review. *Transport Reviews*, pp. 1-25.
- Jenkinson, A.F. (1955). The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society* 87, pp. 145-158.
- Jonah B.A., Engel G.R. (1983). Measuring the relative risk of pedestrian accidents. *Accident Analysis & Prevention* 15, pp. 193-206.
- Julien A., Carré J.R. (2002). Risk exposure during pedestrian journeys (Cheminements piétonniers et exposition au risque). *Recherche - Transports - Sécurité* 76.
- Kanellaidis G. (1996). Human factors in highway geometric design. *Journal of Transportation Engineering* 1, pp. 59-66.
- Kanellaidis G., Muhlrad N., Yannis G. (1999). Pedestrian safety problems and implementation of countermeasures. *Journal of IATSS* 23 (2).
- Keall, M. (1995). Pedestrian exposure to risk of road accident in New Zealand. *Accident Analysis and Prevention* 27 (5).
- Keegan O., O'Mahony M. (2003). Modifying pedestrian behaviour. *Transportation Research Part A* 37.
- Khasnabis, S., Zegeer, C., Cynecki, M. (1982). Effects of pedestrian signals on safety, operations and pedestrian behavior: Literature review. *Transportation Research Record* No 847.

Kitazawa, K., Batty, M. (2004). Pedestrian Behaviour Modelling: An Application to Retail Movements using a Genetic Algorithm. *7th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*.

Kochevar R. A., Lalani N. (1985). How Long Should a Safe Pedestrian Clearance Interval Be? *ITE Journal* 55, pp. 30-32 and 49.

Koenig D.J., Wu Z. (1994). The impact of a media campaign in the reduction of risk-taking behavior on the part of drivers. *Accident Analysis & Prevention* 26 (5), pp. 625-633.

Kukla R., Kerridge J., Willis A., Hine J. (2001). PEDFLOW: Development of an Autonomous Agent Model of Pedestrian Flow. *Transportation Research Record* No 1774, pp. 11-17.

Landis B., Vattikuti V., Ottenberg R., McLeod D., Guttenplan M. (2000). Modeling the roadside walking environment: A pedestrian level of service. *TRB 79th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2000.

Langlois J.A., Keyl P.M., Guralnik J.M., Foley D.J., Marottoli R.A., Wallace R.B. (1997). Characteristics of Older Pedestrians Who Have Difficulty Crossing the Street. *American Journal of Public Health* 87 (3), pp. 393-397.

LaScala, E.A., Gerber, D., Gruenewald, P.J. (2000) Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: a spatial analysis. *Accident Analysis and Prevention* 32.

Lassarre S., Papadimitriou E., Golias J., Yannis G. (2007). Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments. *Accident Analysis and Prevention* 39 (6), pp. 1226-1238.

Lassarre, S., (2001). Analysis of progress in road safety in ten European countries. *Accident Analysis and Prevention* 33.

Lassarre, S., Banos, A., Bodin, F., Bonnet, E., Papadimitriou, E., Zeitouni, K., (2005). The Lille case study. Deliverable 24 of the HEARTS - Health Effects and Risks of Transport Systems project, INRETS.

Leden, L. (2002). Pedestrian risk decrease with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. *Accident Analysis and Prevention* 34.

Lee C., Abdel-Aty M. (2005). Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accident Analysis and Prevention* 37, pp. 775-786.

Lee J.Y.S, Lam W.H.K. (2008). Simulating pedestrian movements at signalized crosswalks in Hong Kong. *Transportation Research Part A* 42, pp. 1314-1325.

- Li, Y., Tsukaguchi, H. (2005). Relationships between network topology and pedestrian route choice behaviour. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 6, pp. 241 - 248.
- Liu R., Cruz da Silva J.P., da Maia Seco A. J. (2000). A bi-modal microsimulation tool for the assessment of pedestrian delays and traffic management. In the *Proceedings of the 9th International Association of Travel Behaviour Research Conference*, Gold Coast, Australia, 2000
- Livi A.D., Clifton K.J. (2004). Issues and methods in capturing pedestrian behaviors, attitudes and perceptions: experiences with a community-based walkability survey. *TRB 83rd Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, 2004.
- Lóvås G.G. (1994). Modeling and simulation of pedestrian traffic flow. *Transportation Research Part B* 28 (6), pp. 429-443.
- Lyons G., Hunt J., McLeod F. (2001). A neural network model for enhanced operation of midblock signalled pedestrian crossings. *European Journal of Operational Research* 129 (2), pp. 346-354.
- Manski C.F., McFadden D. (1981). Econometric Models of Probabilistic Choice. In C.F. Manski and D. McFadden, eds., *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, pp. 198-272. Cambridge: MIT press.
- March J.G. (1978). Bounded Rationality, Ambiguity, and the Engineering of Choice. *The Bell Journal of Economics* 9 (2), pp. 587-608.
- McFadden D., Train K. (2000). Mixed MNL models for discrete responses. *Journal of Applied Econometrics* 15 (5), pp. 447-470.
- McFadden, D. (1978). Modelling the choice of residential location. In A. Karlquist et al., (eds.), *Spatial interaction theory and residential location*, pages 75-96, Amsterdam. North-Holland.
- Medin D.L., Bazerman M.H. (1999). Broadening behavioral decision research: Multiple levels of cognitive processing. *Psychonomic Bulletin and Review* 6, pp. 533-546.
- Milazzo II J.S., Roupail N.M., Hummer J.E., Allen D.P. (1998). Quality of Service for Interrupted Pedestrian Facilities in the 2000 Highway Capacity Manual. TRB Paper No. 99-0131.
- Mitchell D. H., MacGregor Smith J. (2001). Topological network design of pedestrian networks. *Transportation Research Part B* 35, pp. 107-135.
- Moore G.H. (2007). The evolution of the concept of homeomorphism. Research Note, *Historia Mathematica* 34, pp. 333-343.

- Moore G.H. (2008). The emergence of open sets, closed sets, and limit points in analysis and topology. *Historia Mathematica* 35, 220-241.
- Munkres J. R. (2000). *Topology*. Prentice-Hall.
- Muraleetharan, T., Takeo A., Toru H., Kagaya S., Kawamura S. (2004). Method to Determine Overall Level-of-Service of Pedestrians on Sidewalks and Crosswalks based on Total Utility Value. In the Proceedings of the 83rd TRB Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, 2004.
- Mussone, L., Ferrari, A., Oneta, M. (1999). An analysis of urban collisions using an artificial intelligence model. *Accident Analysis and Prevention* 31.
- Nagakura D., Kobayashi M. (2007). Testing the Sequential Logit Model Against the Nested Logit Model. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=957505> (October 2007).
- Nasar, J.L. (2003). Prompting drivers to stop for crossing pedestrians. *Transportation Research Part F* 6, pp. 175–182.
- Nee, J., Hallenberg, M. (2003). *A motorist and pedestrian behavioral analysis relating to pedestrian safety improvements*. Final Report, Research Project T1803, Task 16, Washington State Transportation Commission, USDOT-Federal Highway Administration, 2003.
- OECD, Directorate for Science, Technology and Industry. *Safety of vulnerable road users*. Report DSTI/DOT/RTR/RS7(98)1/FINAL, 1998.
- Oh C., Kang Y., Kim W. (2008). Assessing the safety benefits of an advanced vehicular technology for protecting pedestrians. *Accident analysis and prevention* 40 (3), pp. 935-942.
- Ophem V. H., Schram A. (1997). Sequential and Multinomial Logit: A Nested Model. *Empirical Economics* (22), pp. 131-152.
- Osaragi, T. (2004). Modeling of Pedestrian Behavior and Its Applications to Spatial Evaluation. Proceedings of the 3rd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2004.
- Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., and Days, R. (1997). Differences in traffic judgements between young and old adult pedestrians. *Accident Analysis and Prevention* 29 (6), pp. 839-847.
- Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., and Days, R. (2005). Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis and Prevention* 37, pp. 962–971.
- Papadimitriou E., Yannis G., Golias J. (2009). A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F* 12 (3), pp. 242-255.

Park S.C, Shin H. (2002). Polygonal chain intersection. *Computers & Graphics* 26, pp. 341-350.

Phillips R., Karachepone J., Landis B. (2001). *Multi-modal quality of service project*. FDOT - Florida Department of Transportation, 2001.

Retting R.A., M.S. Nitzburg, C.M. Farmer, R.L. Knoblauch (2002). Field evaluation of two methods for restricting right turn on red to promote pedestrian safety. *ITE Journal* 72 (1), pp. 32-36.

Robin T., Antonini G., Bierlaire M., Cruz J. (2009). Specification, estimation and validation of a pedestrian walking behavior model. *Transportation Research Part B* 43, pp. 36-56.

Rosenbloom T., Ben-Eliyahu A., Nemrodov D. (2008). Children's crossing behavior with an accompanying adult. *Safety Science* 46, pp. 1248-1254.

Routledge, D., Repetto-Wright, R., Howarth, I., (1974). The exposure of young children to accident risk as pedestrians. *Ergonomics* 17 (4), 457-480.

Routledge, D., Repetto-Wright, R., Howarth, I., (1976). Four techniques for measuring the exposure of young children to accident risk as pedestrians. In: *Proceedings of the International Conference on Pedestrian Safety*, Haifa, Israel.

Sarkar, S., (1995). Evaluation of safety for pedestrians at macro- and microlevels in urban areas. *Transportation Research Record* No 1502.

Sawalha, Z., Sayed, T., (2001). Evaluating safety of urban arterial roadways. *Journal of Transportation Engineering*, March / April 2001.

Schadschneider, A. (2002). Cellular automaton approach to pedestrian dynamics - Theory. In: Schreckenberg, M., Sharma, S. (Eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Springer, pp. 75-86.

Schneider R.J., Ryznar R.M., Khattak A.J. (2004). An accident waiting to happen: a spatial approach to proactive pedestrian planning. *Accident Analysis and Prevention* 36.

Shankar, V.N., Mannering, F.L., (1996). An exploratory multinomial logit analysis of single-vehicle motorcycle accident severity. *Journal of Safety Research* 27 (3), pp. 183-194.

Simpson G., Johnston L., Richardson M. (2003). An investigation of road crossing in a virtual environment. *Accident Analysis and Prevention* 35, pp. 787-796.

Šlapal J. (2006). Digital Jordan curves. *Topology and its Applications* 153, pp. 3255-3264.

- Sun D., Ukkusuri S.V.S.K., Benekohal R.F., Waller S.T. (2003). Modeling of Motorist-Pedestrian Interaction at Uncontrolled Mid-block Crosswalks. In the Proceedings of the 82nd TRB Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, 2003.
- Tarko, A., Tracz, M. (1995). Accident prediction models for signalized crosswalks. *Safety Science* 19.
- Te Velde A.F., van der Kamp J., Barela J.A., Savelsbergh G.J.P (2005). Visual timing and adaptive behavior in a road-crossing simulation study. *Accident Analysis and Prevention* 37, pp. 399-406.
- Teknomo K. (2006). Application of microscopic pedestrian simulation model. *Transportation Research Part F* 9, 15-27.
- Tidwell J., Doyle D. (1995). Driver and pedestrian comprehension of pedestrian law and traffic control devices. *Transportation Research Record* No 1502.
- Timmermans H., Van Der Hagen X., Borgers A. (1992). Transportation systems, retail environments and pedestrian trip chaining behaviour: Modelling issues and applications. *Transportation Research Part B* 26B (1), pp.45-59.
- Train K. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press.
- Ulfarsson G.F., Mannering F.L. (2004). Differences in male and female injury severities in sport-utility vehicle, minivan, pickup and passenger car accidents. *Accident Analysis and Prevention* 36, pp. 135-147.
- Van der Molen, H.H. (1981). Child Pedestrian's Exposure, Accidents and Behaviour. *Accident Analysis & Prevention* 13 (3), pp. 193-224.
- Van Houten R., Malenfant L. (1992). The influence of signs prompting motorists to yield before marked crosswalks on motor vehicle-pedestrian conflicts at crosswalks with flashing amber. *Accident Analysis & Prevention* 24 (3) pp. 217-225.
- Varhelyi, A. (1998). Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: A case study. *Accident Analysis & Prevention* 30 (6), pp. 731-743.
- Wakim C.F., Capperon S., Oksman J. (2004). A Markovian model of pedestrian behavior. In the Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 4028-4033.
- Walker J., Ben-Akiva M., Bolduc D. (2007). Identification of parameters in normal error component Logit mixture models. *Journal of Applied Econometrics* 22, pp. 1095-1125.

- Wan B., Roupail N.M. (2004). Simulation of Pedestrian Crossing in Roundabout Areas Using Arena. TRB 83rd Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, 2004.
- Washington S.P., Karlaftis M.G., Mannering F.L. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. Chapman & Hall/CRC.
- Weifeng F., Lizhong Y., Weicheng F. (2003). Simulation of bi-direction pedestrian movement using a cellular automata model. *Physica A* 321, pp. 633-640.
- Willard S. (1970). *General Topology*. Addison-Wesley.
- Winters, P., Cleland, F., Mierzewski, E., Tucker, L., (2001). *Assessing level of service equally across modes*. White Paper, FDOT - Florida Department of Transportation, 2001.
- Wooldridge, J.M. (2005). Simple solutions to the initial conditions problems in dynamic, non linear panel data models with unobserved heterogeneity. *Journal of Applied Econometrics* 20, pp. 39-54.
- Xiaoping Z., Tingkuan Z., Mengting L. (2009). Modeling crowd evacuation of a building based on seven methodological approaches. *Building and Environment* 44, pp. 437-445.
- Yagil D. (2000). Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians self-reported behavior at signal-controlled crossings. *Transportation Research Part F* 3, pp. 1-13.
- Yang J., Deng W., Wang J., Li Q., Wang Z. (2006). Modeling pedestrians road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China. *Transportation Research Part A* 40, pp. 280-290.
- Yannis G., Golias J., Papadimitriou E. (2007). Modelling crossing behaviour and accident risk of pedestrians. *Journal of Transportation Engineering* 133 (11), pp. 634 - 644.
- Yannis G., Kanellaidis G., Dimitropoulos J., Mulhrad N. (2007). Assessment of pedestrian safety measures in Europe. *ITE Journal* 77 (12).
- Žalik B. (2000). Two efficient algorithms for determining intersection points between simple polygons. *Computers & Geosciences* 26, pp. 137-151.
- Zegeer C.V., Esse C.T., Stewart J.R., Huang H.F., Lagerwey P. (2004). Safety analysis of marked versus unmarked crosswalks in 30 cities. *ITE Journal* 74 (1), pp. 34-40.
- Θεοφιλάτος Α. (2009). *Διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων*.

Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ - Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Φεβρουάριος 2009.

Μακρής Κ. (2004). *Διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών, σχετικά με το τμήμα που επιλέγουν να διασχίσουν αστική οδό*. Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ - Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ιούλιος 2004.

Τούρου Σ. (2009). *Χαρακτηριστικά συμπεριφοράς νεαρών πεζών σε αστικές οδούς*. Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ - Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Οκτώβριος 2009.

Χαλκιόπουλος Γ. (1960). *Πεντάγλωσσον λεξιλόγιον τεχνικών όρων: μετά ξενόγλωσσων αλφαβητικών ευρετηρίων*. Αθήνα: Φ. Λάντα-Γ. Μεθενίτη, 2τ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι. Κατάλογος διαδρομών έρευνας πεδίου

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Hμ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
1	03:12	307	18-Ιουν-08	Πανεπιστήμιο	Πανεπιστημίου-Πατρ.Γρηγορίου-Μασσαλίας-Σόλωνος	2	1	3
2	03:15	280	18-Ιουν-08	Πανεπιστήμιο	Πανεπιστημίου-Πατρ.Γρηγορίου-Ακαδημίας	2	1	3
3	01:38	140	18-Ιουν-08	Πανεπιστήμιο	Πανεπιστημίου-Σίνα	1	1	2
4	02:22	186	19-Ιουν-08	Κάνιγγος	Ακαδημίας-Τζωρτζ-Καποδιστρίου	3	3	3
5	02:13	210	19-Ιουν-08	Κάνιγγος	Ακαδημίας-Θεμιστοκλέους-Φειδίου	2	1	4
6	01:30	65	19-Ιουν-08	Κάνιγγος	Ακαδημίας-Κάνιγγος	1	0	2
7	01:50	129	19-Ιουν-08	Κάνιγγος	Ακαδημίας-Κάνιγγος	3	2	3
8	08:53	687	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Λουκιανού-Πατρ.Ιωακείμ	8	2	9
9	01:04	119	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	2	2	3
10	12:21	35	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	1	1
11	05:16	370	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή-Αλυπετής-Πλουτάρχου	4	2	6
12	08:19	425	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας-Κανόρη-Ακαδημίας-Κριεζώτου	7	3	7
13	02:04	130	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας-Κανόρη	2	1	3
14	02:48	244	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	3	1	4
15	01:14	147	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή-Υψηλάντου	1	1	3
16	05:40	408	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Πλουτάρχου-Πατρ.Ιωακείμ	5	1	7
17	02:02	193	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας-Ν.Βάμβα	1	0	3
18	02:04	204	23-Ιουν-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας-Καρνεάδου-Ν.Δούκα	1	1	5
19	02:04	116	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	3	2	3
20	12:35	49	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	1	2
21	01:58	163	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	3	1	4
22	04:17	325	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Πανόρμου-Μπιζανίου-Κηφισίας	8	3	8
23	03:28	218	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	5	2	5
24	03:06	320	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας	7	2	7
25	05:43	450	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Ευρυτανίας-Βελιστινού	8	3	8
26	04:00	366	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Αργολίδας	8	1	9
27	09:16	551	02-Ιουλ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας-Μεσσηνίας-Σιβεσσίου-Πόλεως	11	5	10
28	02:40	194	09-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Παφίλη-Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	3	3	5
29	12:30	20	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
30	12:44	50	09-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	2	2	2
31	06:02	378	09-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	9	1	9
32	02:47	283	09-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	6	2	6
33	07:20	535	09-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας-Αχαΐας	9	2	10
34	12:57	80	13-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	0	2
35	02:28	220	13-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	5	1	5
36	02:01	115	13-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	2	0	3
37	06:21	392	13-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	8	1	8

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
38	12:31	40	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	1	2
39	12:57	67	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	0	2
40	02:21	175	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Ιτέας-Καρύστου	3	3	4
41	03:35	282	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Πορταριάς-Λακωνίας	5	3	6
42	01:50	158	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Καρύστου	1	0	3
43	12:28	40	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	0	0	1
44	01:10	78	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	0	2
45	12:32	35	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	1	2
46	07:00	292	16-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας	6	2	7
47	01:06	72	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	0	2
48	04:52	463	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	7	2	8
49	01:51	95	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	0	2
50	02:35	154	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Παφίλη-Λακωνίας	1	1	3
51	01:20	88	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	1	2
52	03:15	145	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Παφίλη-Λακωνίας	4	3	3
53	12:39	15	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
54	04:01	225	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	6	1	6
55	07:00	523	17-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	8	1	9
56	04:05	313	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Αχαιάς-Βελεστίου	8	2	9
57	02:22	145	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Παφίλη-Λακωνίας	2	2	3
58	03:19	152	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	2	1	3
59	12:53	15	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Πανόρμου	1	1	1
60	04:00	222	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Π.Αλέξη-Λακωνίας-Δουκ.Πλακεντίας	4	4	4
61	12:18	12	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	0	0	1
62	03:00	221	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	4	1	5
63	03:40	265	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Λουδία-Μικρομάτης	4	1	7
64	12:22	25	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
65	12:51	30	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	1	2
66	12:15	12	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	0	0	1
67	02:59	143	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λακωνίας	5	2	5
68	09:15	611	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας-Φθιώτιδος-Θεοφάνους	9	3	11
69	03:52	240	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Βυτίνης	6	0	8
70	07:05	451	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Πανόρμου-Ερ.Σταυρού-Σεβαστοπόλεως	7	3	7
71	12:20	20	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Πανόρμου	1	1	1
72	02:30	186	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	4	1	5
73	01:50	165	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	2	1	4
74	03:59	155	18-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	3	1	4
75	03:10	240	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	4	0	6
76	03:20	305	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	5	1	6
77	03:35	255	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	4	0	6
78	03:03	157	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	3	1	4
79	01:50	123	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Παφίλη	2	2	2
80	01:18	55	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	1	1
81	12:48	40	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	2	2	2
82	02:48	168	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Καρύστου-Ιτέας	4	3	4

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
83	12:51	46	19-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	2
84	12:26	30	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
85	01:28	137	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	3	1	4
86	12:42	40	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	0	0	1
87	05:00	340	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Παφίλη- Λακωνίας-Δουκ.Πλακεντίας- Αργολίδας	7	5	8
88	02:52	188	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Πανόρμου	3	2	4
89	12:30	30	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
90	01:16	120	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Παφίλη	2	2	2
91	02:44	220	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	3	2	4
92	04:20	353	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας-Άγνωστη- Άγνωστη-Μπιζανίου-Κηφισίας	5	3	8
93	03:41	288	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας	5	1	7
94	01:17	145	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Παφίλη	2	2	3
95	12:19	20	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	1	1	1
96	04:34	310	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Ευρυτανίας	8	1	9
97	12:55	63	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	2	1	2
98	05:22	305	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	5	2	5
99	01:52	160	22-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Πορταριάς	2	0	5
100	02:56	277	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας	4	0	7
101	03:10	304	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Λουδία- Άγνωστη-Άρης-Μικρομάνης	5	3	8
102	01:32	106	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	1	0	3
103	03:24	185	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας	1	0	4
104	03:09	175	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	5	1	5
105	04:00	257	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Κηφισίας	4	0	6
106	05:02	442	29-Σεπ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Αχαΐας-Βελεσίνου- Ευρυτανίας-Δουκ.Πλακεντίας	8	3	10
107	02:02	127	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας	2	1	3
108	02:30	198	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Λουδία-Γουμένισσης	5	3	5
109	01:27	89	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Ιτέας	2	2	3
110	01:41	133	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας	3	2	4
111	05:07	307	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Κηφισίας	6	2	7
112	01:30	82	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης-Ιτέας	3	3	3
113	03:38	252	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	7	0	8
114	12:43	38	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης	2	2	2
115	03:18	259	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Δουκ.Πλακεντίας- Λακωνίας	5	3	5
116	02:57	215	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας-Λακωνίας	2	1	5
117	12:26	15	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	0	0	1
118	12:32	10	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	0	0	1
119	03:10	250	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης-Πορταριάς	4	1	5
120	12:18	12	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ	0	0	1
121	02:24	228	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	4	0	5
122	02:52	249	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας-Λακωνίας	3	2	5
123	12:25	18	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Λαρίσης	1	1	1
124	01:43	135	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσης- Δουκ.Πλακεντίας	1	0	4
125	03:50	276	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Αχαΐας	8	0	8

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / νία	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
126	05:05	140	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης	4	0	4
127	01:05	109	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης	3	1	3
128	01:33	155	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης	4	0	4
129	03:37	235	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης	7	1	6
130	03:39	229	07-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης-Παφίλη- Λακωνίας-Δουκ Πλακεντίας	6	1	5
131	02:08	195	13-Οκτ-08	Πανόρμου	Ριανκούρ-Λαρίσσης- Δουκ Πλακεντίας	5	1	4
132	03:50	297	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου	3	1	5
133	05:33	450	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου	4	1	6
134	01:50	75	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
135	07:52	546	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Μαρασλή	6	1	6
136	03:45	250	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή	2	0	4
137	08:32	482	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Πατρ.Ιωακείμ-Πλουτάρχου- Σουηδίας	7	3	9
138	07:40	680	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου-Καψάλη	7	2	9
139	01:28	110	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή	1	1	2
140	03:20	296	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Υψηλάντου-Πλουτάρχου	3	2	5
141	01:10	72	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή	1	1	2
142	12:15	15	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας	0	0	1
143	05:15	410	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου-Λουκιανού	4	2	6
144	01:36	111	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ- Αναγνωστοπούλου	1	1	2
145	02:02	138	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Καψάλη	1	1	3
146	12:39	45	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
147	12:42	48	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
148	05:02	353	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	3	0	4
149	12:48	48	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
150	03:05	296	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου- Αλυττικής	2	1	4
151	01:14	92	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή	0	0	2
152	05:55	426	24-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου	4	1	6
153	01:08	53	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
154	02:40	139	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου	1	0	3
155	02:32	190	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου	1	0	3
156	01:30	80	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
157	01:00	65	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
158	03:02	200	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή- Καρνεάδου	2	1	4
159	12:35	27	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
160	05:29	440	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Τσακάλωφ- Καψάλη-Καρνεάδου- Πλουτάρχου	5	2	7
161	08:15	680	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Καραολή Δημητρίου-Καρνεάδου-	8	5	8

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Hμ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
					Ηροδότου -Πατρ.Ιωακείμ- Αναγνωστοπούλου			
162	10:55	750	26-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Μαρασλή- Σουηδίας	5	0	7
163	03:45	42	27-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
164	03:55	325	27-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Καψάλη-Ηροδότου-Βασ.Σοφίας	3	3	5
165	02:40	160	27-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Μαρασλή	1	0	2
166	01:50	187	27-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	1	0	3
167	03:08	220	27-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	2	1	3
168	03:43	326	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	2	0	4
169	03:06	150	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου	2	1	3
170	01:14	48	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
171	02:18	118	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	2	1	3
172	12:32	50	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
173	01:35	110	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Ν.Βάμβα	2	1	3
174	12:42	44	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
175	01:17	65	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
176	12:32	37	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
177	02:25	52	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
178	03:05	300	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	3	0	4
179	05:44	407	29-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή- Υψηλάντου	4	2	5
180	02:25	235	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή	2	0	4
181	12:32	35	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
182	01:40	102	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Καψάλη	2	2	3
183	02:17	173	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Καψάλη-Ν.Δούκα	2	2	4
184	03:03	258	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου	3	1	4
185	12:48	38	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
186	01:15	109	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
187	01:17	102	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
188	12:34	32	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
189	01:24	108	30-Σεπ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας- Ν.Βάμβα	1	1	3
190	09:10	789	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Μαρασλή- Πατρ.Ιωακείμ	8	2	9
191	12:58	42	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
192	01:36	102	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	3
193	12:55	45	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2
194	02:30	104	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
195	02:28	202	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Φιλ.Εταιρίας-Καψάλη-Ηροδότου	3	3	3
196	12:35	30	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός /	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας	1	1	2

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών σημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
				Κολωνάκι				
197	01:25	92	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	1	0	2
198	03:29	239	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Φιλ.Εταιρίας-Καμάλη-Ηροδότου	2	1	5
199	02:32	157	03-Οκτ-08	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Ηροδότου	1	0	3
200	02:52	95	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Μιχαλακοπούλου	3	3	3
201	07:53	560	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Ριζάρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Αρχελάου-Αρρεσιανού	7	3	10
202	06:15	415	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	8	2	7
203	03:43	345	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πρατίνου-Ευφρονίου	4	2	6
204	03:34	487	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήφορος	6	2	7
205	02:38	236	16-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	2	4
206	03:47	448	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	6	1	7
207	02:17	225	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ριζάρη-Σπ.Μερκούρη	3	2	4
208	04:38	350	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Πατρ.Ιωακείμ-Πλουτάρχου-Καρνεάδου-Μαρασλή	4	3	6
209	03:27	320	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου	1	1	2
210	02:04	67	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου	2	1	2
211	03:30	1370	17-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Υμηττού-Νεοπολέμου	14	4	17
212	05:56	450	18-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου-Αστυδάμαντος-Ανήφορος-Ιωφώντος	8	6	8
213	03:55	160	18-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου	2	2	4
214	01:20	130	18-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Αλκιμάχου-Σπ.Μερκούρη	2	1	3
215	09:00	600	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Μιχαλακοπούλου-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου	9	4	11
216	02:47	280	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	6	2	6
217	03:49	180	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήφορος	5	3	5
218	05:20	363	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου-Ιωφώντος-Κρίτωνος	8	5	9
219	03:20	320	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Βασ.Αλεξάνδρου	1	1	2
220	02:27	125	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	6	2	4
221	02:37	135	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήφορος	3	2	4
222	03:40	250	19-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργατίμου	6	2	6
223	07:09	395	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	8	2	7
224	08:03	825	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίνου-Κρίτωνος-Αστυδάμαντος-Ανήφορος-Βασ.Αλεξάνδρου-Ιωνος-Δραγούμη-Διοχάρους	9	7	12
225	04:31	430	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Ιωνος-Δραγούμη-Βασ.Αλεξάνδρου-Ανήφορος	4	2	5
226	03:37	120	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	3	5
227	06:11	640	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος-Ανήφορος-Δράκοντος-Αθηναγένους	9	6	10
228	01:20	80	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	2	1	3

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
229	12:53	87	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	1	1	2
230	02:27	260	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίου-Πρατίνου	4	2	4
231	02:30	200	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'	4	3	4
232	09:58	690	20-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πρατίνου-Μιχαλακοπούλου-Βασ.Αλεξάνδρου-Βασ.Σοφίας	10	5	11
233	01:32	80	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	1	0	3
234	02:37	90	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	4	3	4
235	05:18	400	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργατίου-Ιωφώντος-Αντήνορος	6	2	8
236	02:58	275	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Αλκιμάχου-Σπ.Μερκούρη	6	2	6
237	02:48	107	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου	2	2	4
238	05:38	330	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	8	2	8
239	04:03	250	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίνου	4	2	5
240	01:09	80	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	1	1	2
241	09:23	640	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου-Ιωφώντος-Βασ.Αλεξάνδρου-Βρασίδα-Διοχάρους	11	4	14
242	04:50	292	23-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου	8	4	8
243	04:16	185	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	1	5
244	07:37	353	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Ίωνος Δραγαμίτη-Βασ.Αλεξάνδρου-Νηρηίδων-Μιχαλακοπούλου-Βασ.Κων/νου	8	5	8
245	03:33	270	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Ιωφώντος-Ευφρονίου	4	2	6
246	06:15	372	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	7	2	7
247	03:57	235	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	5	1	5
248	03:34	370	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	6	2	7
249	02:35	135	24-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αμασειας	2	1	3
250	06:10	483	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Αλκιμωνίδων	8	4	10
251	01:34	70	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Ίωνος Δραγαμίτη-Βασ.Αλεξάνδρου	1	1	2
252	02:09	145	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	3	5
253	09:27	567	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίνου-Αμασειας-Αστυδαμντος	11	6	11
254	05:52	265	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	7	3	6
255	05:53	380	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίνου	7	2	8
256	04:24	255	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος	9	4	9
257	04:03	328	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίου-Ευρυδικής-Δράκοντος	5	1	6
258	02:47	180	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργατίου-Πρατίνου	2	1	4
259	03:02	240	26-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος	4	1	5
260	03:44	105	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	2	3
261	01:33	120	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	3	1	3
262	02:57	100	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	3	3	3

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Hμ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cptotal	R_Ltotal
				Χίλτον	Ριζάρη			
263	02:41	1130	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Ριζάρη-Βασ.Σοφίας-Ηροδότου-Καυάλη-Ν.Βάρβα-Πατρ.Ιωακείμ-Σκουφά	15	9	15
264	03:16	160	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	1	4
265	03:20	245	27-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Αστυδάμαντος-Ευφρονίου	4	2	5
266	03:18	160	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	1	4
267	03:12	215	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος-Πρατίνου	5	4	5
268	01:10	55	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Ριζάρη-Καλλιμάχου	2	2	2
269	07:19	520	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Ιωφώντος-Ευφρονίου-Δράκοντος-Θεογένους	8	4	10
270	01:43	75	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	2	1	3
271	03:43	295	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος-Πρατίνου	5	2	6
272	09:16	495	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Ευφρονίου	10	4	12
273	03:33	130	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Αλεξάνδρου-Βασ.Κων/νου	2	2	2
274	07:03	450	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος-Αστυδάμαντος-Ευφρονίου	10	5	10
275	04:56	425	30-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος-Πρατίνου-Αλκιμάχου	7	3	8
276	02:14	120	31-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος	3	2	4
277	04:41	275	31-Mar-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Φορμίνων	4	1	5
278	03:11	160	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Αστυδάμαντος	5	3	6
279	05:28	320	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	7	3	7
280	01:45	95	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	3	2	3
281	01:01	60	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου	2	1	2
282	07:21	435	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Ευροδικής-Καλωφόντος-Θεογένους	9	4	9
283	01:34	120	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'	2	2	3
284	04:56	280	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίνου	5	2	6
285	04:54	170	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	1	5
286	02:38	175	03-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	3	1	4
287	06:09	325	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος	8	3	9
288	01:41	70	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου	2	1	2
289	02:46	190	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'	3	2	5
290	03:23	180	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Πρατίνου-Ευφρονίου	3	2	4
291	03:13	210	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	3	1	4
292	02:23	110	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	4	3	5
293	02:44	135	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	2	4
294	03:53	235	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ανήνηρος-Πρατίνου	5	3	6

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
295	03:27	155	07-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	4	2	4
296	04:53	225	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου	6	3	6
297	06:04	355	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος-Αντήνορας	8	5	9
298	08:25	560	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Εργοτήμου-Βασ.Αλεξάνδρου-Ευφρονίου-Διοχάρους-άγνωστη	10	4	12
299	08:00	370	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Ιωνος Δραγομή-Βασ.Αλεξάνδρου-Βασ.Σοφίας	5	2	6
300	05:56	265	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	5	2	6
301	10:30	435	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Βασ.Κων/νου-Βασ.Γεωργίου Β'	8	3	7
302	02:45	200	08-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου	5	3	5
303	02:02	150	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	3	5
304	03:46	240	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	5	2	5
305	09:06	540	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Αλεξάνδρου-Ιωνος Δραγομή-Διοχάρους-Ορμηγνίου-Σεμέλης-Μιχαλακοπούλου	8	4	10
306	02:48	60	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	2	2	3
307	05:20	340	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου	7	3	8
308	02:38	130	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	3	5
309	01:47	110	09-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Ιωνος Δραγομή-Βασ.Αλεξάνδρου	2	2	2
310	04:03	305	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορας	7	3	7
311	02:25	760	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Εργοτήμου-Αστυδάρμαντος-άγνωστη-Αριστάρχου	13	4	15
312	01:42	95	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	2	1	3
313	03:18	200	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-άγνωστη	5	2	5
314	01:38	70	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη	2	1	2
315	02:24	140	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Εργοτήμου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'	2	2	3
316	06:38	400	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πτολεμαίων-Αμύντα	4	2	6
317	05:12	360	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Μιχαλακοπούλου	5	1	6
318	02:35	230	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου-Αντήνορας	6	4	7
319	11:24	640	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Φορμίωνος	12	3	13
320	02:00	130	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Φορμίωνος-Θεαγώνους-Δράκοντος	2	2	3
321	01:08	90	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη	3	1	3
322	01:15	75	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Εργοτήμου-Πρατίνου	1	1	2
323	06:54	290	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Εργοτήμου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'-Αστυδάρμαντος-Ευφρονίου	6	5	6
324	01:19	90	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη	2	1	2
325	03:13	200	27-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Τιμάρχου	5	2	5
326	03:41	300	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	6	2	7
327	09:45	740	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Εργοτήμου-Αστυδάρμαντος-Βασ.Γεωργίου Β'-Ιωφώντος-Ευφρονίου-Μισθού-Αντήνορας	12	9	12

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cptotal	R_Ltotal
					Βασ. Αλεξάνδρου-Ιωνος Δραγούμη			
328	04:15	260	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Αντήνορος-Πρατίου	6	4	6
329	04:57	370	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Ευφρονίου	8	3	8
330	04:03	245	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Ιωφώντος	4	1	5
331	01:56	125	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Φορμίωνος	3	1	3
332	04:39	410	04-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη-Ευφρονίου-άγνωστη	5	1	7
333	05:08	220	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ. Αλεξάνδρου	6	4	6
334	02:31	100	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βρασιδα-Διοχαρούς-Μιχαλακοπούλου	3	3	3
335	05:00	395	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Αντήνορος-Βασ. Αλεξάνδρου	8	3	9
336	02:19	90	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων	4	3	4
337	04:28	265	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη-Ευφρονίου-Ριζάρη	5	2	6
338	05:24	360	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη	8	2	8
339	05:53	350	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Ιωφώντος-άγνωστη-Δρακοντος-Ευφρονίου	7	4	7
340	04:24	320	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη-Βασ. Γεωργίου Β'-Αστυδάμαντος-Κρίτωνος	5	2	7
341	01:00	90	05-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Πρατίου	1	1	2
342	03:05	255	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Αλκιμάχου-Πρατίου-Αντήνορος	6	5	6
343	06:37	300	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ. Αλεξάνδρου	8	4	8
344	10:25	685	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ. Αλεξάνδρου-Ιωνος Δραγούμη-Διοχαρούς-Ουμπλιανής-Νεοφώνος	11	7	11
345	02:45	205	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη-Ευφρονίου-Πρατίου	13	6	15
345	08:55	550	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ. Αλεξάνδρου-Ουμπλιανής	6	1	6
346	05:34	260	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη	2	1	2
347	01:38	120	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου	4	1	5
348	05:26	300	07-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη	2	1	3
349	02:08	95	09-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη	2	1	3
350	02:10	110	09-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ. Μερκούρη	3	2	5
351	03:45	225	09-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Πρατίου-Βασ. Γεωργίου Β'	2	2	2
352	12:30	45	09-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	άγνωστη-άγνωστη	7	4	7
353	03:39	295	09-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίου	4	1	7
354	07:20	500	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Βασ. Αλεξάνδρου	3	3	5
355	03:54	215	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Νηρηίδων-Πρατίου-Αλκιμάχου-Σπ. Μερκούρη-Αντήνορος	2	1	2
356	01:42	75	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου	1	1	2
357	02:03	95	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Φορμίωνος-Θεαγέτους	1	1	2
358	12:53	75	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Πρατίου	5	2	6
359	06:01	275	10-Atp-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Σπ. Μερκούρη	2	1	3

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών ημιγυρίων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descr	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
360	01:30	90	10-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	16	5	17
361	11:38	940	10-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Φορμίνως-Θήρωνος-Κόνινως	6	4	6
362	05:04	280	10-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Πρατίνου-Κρίτωνος	3	1	4
363	02:30	165	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	11	8	13
364	12:11	855	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Πρατίνου-Αλκιμάχου-Αστυδάμαντος-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Μηγαλακτούλου-Βενήρη-Χ'γιάννη Μέση	2	1	3
365	01:03	85	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	2	1	4
366	01:56	160	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πρατίνου	2	1	4
367	02:14	160	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	1	6
368	05:57	255	13-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	6	3	7
369	04:39	255	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Αστυδάμαντος	2	1	3
370	02:24	120	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίμου-Πρατίνου	5	2	6
371	06:12	245	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	3	3
372	01:27	140	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίμου-Πρατίνου-Βασ.Γεωργίου Β'	3	1	5
373	03:14	215	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	1	1	3
374	03:03	110	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	6	4	10
375	06:19	325	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Αστυδάμαντος-Κρίτωνος	5	3	6
376	06:12	305	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίμου-Πρατίνου-Κρίτωνος-Αστυδάμαντος	4	2	5
377	04:27	210	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	5	2	7
378	05:21	395	14-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Σοφίας-Πλουτάρχου-Πατρ.Ιωακείμ	12	4	12
379	08:48	690	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Άγνωστη-Στρόβωνος-Πρατίνου	6	2	8
380	06:49	375	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	3	3	4
381	03:23	140	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου	5	1	5
382	03:03	180	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	7	3	8
383	05:17	390	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πρατίνου	2	1	3
384	12:58	95	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	5	4	5
385	03:26	230	21-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου-Αλκιμάχου	3	1	5
386	02:57	245	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	8	5	9
387	08:34	425	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργατίμου-Πρατίνου-Αντήνορος-Αστυδάμαντος-Αλκιμάχου	5	3	5
388	03:14	200	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	2	6
389	05:47	310	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίμου-Πρατίνου-Κρίτωνος	5	4	7
390	03:49	300	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Πρατίνου-Ευφρονίου	1	1	1
391	12:26	40	23-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργατίμου	3	3	4

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Hμ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
				Χίλτον				
392	01:42	145	23-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου	9	4	10
393	05:59	430	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος-Ευφρονίου	4	3	4
394	02:08	145	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων	5	1	6
395	03:50	250	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	5	3	5
396	03:50	185	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος	5	3	7
397	06:20	330	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Ιωφώντος-Φορμίωνος-Αθηνογένους	9	5	11
398	09:38	690	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Αγνώστη-Βασ.Αλεξάνδρου-Ευφρονίου-Τέας	2	1	3
399	01:20	85	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	4	3	4
400	01:44	135	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου-Πρατίνου-Νηρηίδων	5	2	6
401	06:56	280	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	9	2	10
402	09:04	540	24-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Φορμίωνος	4	4	5
403	04:25	205	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Πρατίνου-Αλκιμάχου	3	2	4
404	02:58	145	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Εργοτίμου-Σπ.Μερκούρη-Ριζόρη	5	1	5
405	02:08	195	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη	5	2	7
406	05:53	330	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Ιωφώντος	4	2	4
407	02:52	205	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος	4	1	5
408	05:31	265	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'	3	1	4
409	02:39	185	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	3	1	3
410	04:16	175	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Κων/νου	5	1	6
411	07:40	275	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	5	1	7
412	07:18	390	27-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Φορμίωνος	1	1	1
413	03:11	120	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	1	3
414	03:11	120	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	6	1	7
415	04:48	350	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	2	6
416	06:57	335	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Πρατίνου-Ευφρονίου-Σπ.Μερκούρη	8	5	8
417	05:23	400	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Ιωάννης Δραγούμη	5	2	6
418	03:49	285	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου-Ριζόρη	5	2	7
419	04:13	350	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Ευρυδικής-Δράκοντος	6	2	7
420	05:47	355	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Αντήνορος-Ναϊάδων	7	4	7
421	06:46	325	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου	6	2	6
422	05:09	280	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	2	4
423	02:45	175	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Σπ.Μερκούρη-Εργοτίμου-Πρατίνου	8	2	8
424	03:51	365	29-Απρ-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	3	2	3

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Ημ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
425	01:28	110	29-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Στ. Μερκούρη-Βασ. Γεωργίου Β'	1	1	2
426	01:32	55	29-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Κων/νου-Στ. Μερκούρη	8	1	12
427	01:31	785	29-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Στ. Μερκούρη-Μιχαλακοπούλου-Χ' γάννη Μέη-αγνωση-Αλιως-Μιχαλακοπούλου-Βασ. Αλεξάνδρου-Νηρηίδων-Αστυδάμαντος-Αλκιμάχου	3	2	6
428	05:00	320	29-Apr-09	Ευαγγελισμός / Χίλτον	Βασ. Αλεξάνδρου-Νηρηίδων-Αστυδάμαντος-Αλκιμάχου	2	2	3
429	02:24	145	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Φιλ. Εταιρίας-Καρνεάδου	3	1	4
430	05:16	265	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	1	0	2
431	12:37	60	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	5	2	4
432	04:02	235	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Μαρασλή	1	1	1
433	01:46	75	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	9	1	12
434	07:14	1110	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Κανάρη-Ακαδημίας-Βασ. Σοφίας-Πανεπιστημίου-Βασ. Γεωργίου Α'	4	1	5
435	03:14	260	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Μαρασλή-Υψηλάντου	2	1	3
436	03:12	240	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Μαρασλή-Υψηλάντου	2	1	3
437	02:05	210	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή	3	1	3
438	02:31	170	16-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Μαρασλή	3	1	4
439	03:47	280	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Σκουφά	3	1	4
440	04:35	275	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Κουμπάρη	2	2	3
441	01:40	140	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Ηροδότου-Αλωπεκής	2	1	2
442	01:00	105	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	2	1	3
443	04:19	205	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Τσακάλωφ	2	1	2
444	02:16	110	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	4	2	4
445	05:00	130	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Αναγνωσταπούλου	2	1	2
446	01:16	55	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	6	2	5
447	03:03	315	01-Iou-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Κανάρη	2	1	3
448	02:20	235	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Ηροδότου	1	0	4
449	04:04	255	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Ηροδότου-Πατρ. Ιωακείμ-Κανάρη	4	2	5
450	03:38	240	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Αναγνωσταπούλου-Ηρακλείτου-Σκουφά	1	1	2
451	01:09	100	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Ηροδότου-Καψάλη	3	2	4
452	02:54	210	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Κανάρη-Ακαδημίας-Βασ. Σοφίας	1	0	2
453	01:34	80	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ	7	2	7
454	06:19	400	13-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Κουμπάρη	6	4	6
455	06:38	405	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ. Σοφίας-Μαρασλή-Καρνεάδου-Πλουτάρχου-Αλωπεκής	2	2	2
456	12:52	60	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Αναγνωσταπούλου-Λεβέντη	1	1	2
457	12:53	80	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ. Ιωακείμ-Λουκιανού	3	1	3
458	04:55	250	15-Mai-09	Ευαγγελισμός /	Πατρ. Ιωακείμ	2	2	2

α/α πεζού	Χρόνος διαδρομής (mm:ss)	Μήκος διαδρομής (m)	Hμ / via	Σταθμός εκκίνησης	Περιγραφή διαδρομής	Σύνολο διασχίσεων	Σύνολο κύριων διασχίσεων	Σύνολο οδικών τμημάτων
I_sn	R_time	R_Length	R_Date	Station	R_Descri	R_Ctotal	R_Cprtotal	R_Ltotal
				Κολωνάκι				
459	02:03	110	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Σκουφά	8	3	10
460	08:58	630	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Κανάρη-Ακαδημίας-Κριεζιού-Βαλαωρίτου	4	2	4
461	02:58	160	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Κανάρη-Κουμπάρη	2	1	2
462	03:10	165	15-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	3	2	4
463	04:00	250	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Βασ.Σοφίας-Πλουτάρχου-Υψηλάντου	1	1	2
464	12:50	50	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά-Ηρακλείτου	2	1	2
465	01:39	120	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	2	1	2
466	01:34	100	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	4	1	5
467	04:05	290	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ-Τσακάλωφ	2	1	2
468	02:00	120	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	2	1	2
469	01:25	100	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	2	1	2
470	01:25	60	19-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	2	1	2
471	01:46	80	21-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά	2	2	3
472	01:34	140	21-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Σκουφά-Βουκουρεστίου-Ρύμα	1	0	2
473	01:52	130	21-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	3	1	3
474	03:06	240	21-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Πατρ.Ιωακείμ	3	2	4
475	05:36	380	21-Mai-09	Ευαγγελισμός / Κολωνάκι	Κανάρη-Ακαδημίας-Βασ.Σοφίας	9	3	11
476	08:45	550	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Γ.Θεολόγου	5	2	5
477	04:44	210	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	6	3	6
478	03:58	235	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου	11	4	11
479	08:12	580	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Πρατίνου	6	5	6
480	05:07	290	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Εργοτίμου-Πρατίνου-Ευφρονίου-Αστυδάμαντος-Κρίτωνος	2	1	3
482	10:29	800	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Αστυδάμαντος-Στράβωνος	10	2	12
483	01:01	75	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη	2	0	3
484	06:10	390	27-Mai-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Τιμάρχου-Ριζάρη	7	2	8
485	04:10	275	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη-Ευφρονίου	5	2	6
486	01:15	115	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Πρατίνου	3	1	3
487	04:40	300	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	6	1	7
488	05:15	345	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Βασ.Γεωργίου Β'-Ιοφώντος-Ευφρονίου-Αγκωστή	6	4	7
489	10:30	620	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Βασ.Κων/νου-Σπ.Μερκούρη	12	2	12
490	06:00	405	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Νηρηίδων-Βασ.Αλεξάνδρου-Ιωνος Δραγούμη	8	4	8
491	04:15	185	02-Ιουν-09	Ευαγγελισμός / Χίλων	Σπ.Μερκούρη-Αλκιμάχου	4	1	5
				Σύνολο		1.985	885	2.418

Παράρτημα II. Δημιουργία σχεσιακής βάσης δεδομένων (MS Access)

Δημιουργία Πίνακα πεζών (I_Table)

```
SELECT [PedData-Master-7a].I_sn_2, [PedData-Master-7a].I_gender, [PedData-Master-7a].I_age, [PedData-Master-7a].I_hurry, [PedData-Master-7a].I_carry, [PedData-Master-7a].I_alone, [PedData-Master-7a].I_Dfixed, [PedData-Master-7a].I_age0, [PedData-Master-7a].I_age1, [PedData-Master-7a].I_age2, [PedData-Master-7a].I_age3, [PedData-Master-7a].I_vped2
FROM [PedData-Master-7a]
GROUP BY [PedData-Master-7a].I_sn_2, [PedData-Master-7a].I_gender, [PedData-Master-7a].I_age, [PedData-Master-7a].I_hurry, [PedData-Master-7a].I_carry, [PedData-Master-7a].I_alone, [PedData-Master-7a].I_Dfixed, [PedData-Master-7a].I_age0, [PedData-Master-7a].I_age1, [PedData-Master-7a].I_age2, [PedData-Master-7a].I_age3, [PedData-Master-7a].I_vped2;
```

Δημιουργία Πίνακα διαδρομών (R_Table)

```
SELECT [PedData-Master-7a].I_sn_2, [PedData-Master-7a].R_timesec, [PedData-Master-7a].R_Length, [PedData-Master-7a].R_nchangedir, [PedData-Master-7a].R_Ctotal, [PedData-Master-7a].R_Cprtotal, [PedData-Master-7a].R_Ltotal
FROM [PedData-Master-7a]
GROUP BY [PedData-Master-7a].I_sn_2, [PedData-Master-7a].R_timesec, [PedData-Master-7a].R_Length, [PedData-Master-7a].R_nchangedir, [PedData-Master-7a].R_Ctotal, [PedData-Master-7a].R_Cprtotal, [PedData-Master-7a].R_Ltotal;
```

Δημιουργία Πίνακα οδικών τμημάτων (L_Table)

```
SELECT [PedData-Master-7a].L_sn, [PedData-Master-7a].L_prchoice, [PedData-Master-7a].L_lanes, [PedData-Master-7a].L_oneway, [PedData-Master-7a].L_shoulder, [PedData-Master-7a].L_median, [PedData-Master-7a].L_park, [PedData-Master-7a].L_traffic, [PedData-Master-7a].L_plength, [PedData-Master-7a].J_crossw, [PedData-Master-7a].J_signal, [PedData-Master-7a].C_choice, [PedData-Master-7a].R_sn_3, [PedData-Master-7a].S_sn
FROM [PedData-Master-7a];
```

Δημιουργία Πίνακα κύριων διασχίσεων (Cp_Table)

```
SELECT [PedData-Master-7a].L_sn, [PedData-Master-7a].R_sn_3, [PedData-Master-7a].Cp_sn, [PedData-Master-7a].C_choice, [PedData-Master-7a].L_lanes, [PedData-Master-7a].L_shoulder, [PedData-Master-7a].L_traffic, [PedData-Master-7a].J_signal, [PedData-Master-7a].Cp_gap, [PedData-Master-7a].Cp_signal, [PedData-Master-7a].L_plength
FROM [PedData-Master-7a]
GROUP BY [PedData-Master-7a].Cp_sn, [PedData-Master-7a].C_choice, [PedData-Master-7a].L_lanes, [PedData-Master-7a].L_shoulder, [PedData-Master-7a].L_traffic, [PedData-Master-7a].J_signal, [PedData-Master-7a].Cp_gap, [PedData-Master-7a].Cp_signal, [PedData-Master-7a].L_plength, [PedData-Master-7a].R_sn_2, [PedData-Master-7a].S_sn, [PedData-Master-7a].L_sn, [PedData-Master-7a].R_Length, [PedData-Master-7a].R_loglength, [PedData-Master-7a].R_Odtype, [PedData-Master-7a].L_sn1, [PedData-Master-7a].L_sn23,
```

```
[PedData-Master-7a].L_sn45, [PedData-Master-7a].L_sn6, [PedData-Master-7a].L_lanes0, [PedData-Master-7a].L_lanes1, [PedData-Master-7a].L_lanes2, [PedData-Master-7a].L_lanes3, [PedData-Master-7a].L_oneway, [PedData-Master-7a].L_shoulder0, [PedData-Master-7a].L_shoulder1, [PedData-Master-7a].L_shoulder2, [PedData-Master-7a].L_median, [PedData-Master-7a].L_park, [PedData-Master-7a].L_guardrails, [PedData-Master-7a].L_walkonpave, [PedData-Master-7a].L_traffic0, [PedData-Master-7a].L_traffic1, [PedData-Master-7a].L_traffic2, [PedData-Master-7a].L_traffic3, [PedData-Master-7a].L_length, [PedData-Master-7a].L_loglength, [PedData-Master-7a].L_attract, [PedData-Master-7a].L_shelter, [PedData-Master-7a].L_acrossOD, [PedData-Master-7a].J_crossw, [PedData-Master-7a].Cp_gap0, [PedData-Master-7a].Cp_gap1, [PedData-Master-7a].Cp_gap2, [PedData-Master-7a].Cp_gap3, [PedData-Master-7a].Cp_following, [PedData-Master-7a].I_gender, [PedData-Master-7a].I_age, [PedData-Master-7a].I_age0, [PedData-Master-7a].I_age1, [PedData-Master-7a].I_age2, [PedData-Master-7a].I_age3, [PedData-Master-7a].I_hurry, [PedData-Master-7a].I_carry, [PedData-Master-7a].I_alone, [PedData-Master-7a].I_Dfixed, [PedData-Master-7a].I_sn_2
HAVING ((([PedData-Master-7a].Cp_sn) Is Not Null));
```

Σύνδεση Πινάκων και δημιουργία σχεσιακής βάσης δεδομένων

```
SELECT I_Table.*, R_Table.*, L_Table.*, Cp_Table.*
FROM ((I_Table INNER JOIN R_Table ON (I_Table.R_sn = R_Table.R_sn) AND (I_Table.I_sn = R_Table.I_sn)) INNER
JOIN L_Table ON (I_Table.R_sn = L_Table.R_sn) AND (I_Table.I_sn = L_Table.I_sn)) INNER JOIN Cp_Table ON
(L_Table.L_sn = Cp_Table.L_sn) AND (L_Table.R_sn = Cp_Table.R_sn) AND (L_Table.I_sn = Cp_Table.I_sn)
AND (R_Table.R_sn = Cp_Table.R_sn) AND (R_Table.I_sn = Cp_Table.I_sn);
```


Παράρτημα III. Εφαρμογή σεναρίων συνόλων επιλογών (MS Access)

```

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_I2, L_Table.*
FROM L_Table INNER JOIN [PedData-Master-7a] ON (L_Table.R_sn_3 = [PedData-Master-7a].R_sn_3) AND
    (L_Table.L_sn = [PedData-Master-7a].L_sn)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_I2)=1));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_G2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON [PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_G2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_G2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3) AND
    ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_G2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_G3, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3) AND
    ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_G3)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_G4, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3) AND
    ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_G4)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_P2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-
    Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_P2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_P2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON [PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_P2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=3));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_P3, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON [PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_P3)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2 Or (L_Table.S_sn)=3));

SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_P4, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
    Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_P4)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1 Or (L_Table.S_sn)=2));

```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S1b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S1b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S1b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-
Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S1b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=3));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-
Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S2b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S2b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S3, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S3)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S4a, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S4a)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1 Or (L_Table.S_sn)=2 Or (L_Table.S_sn)=3));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S4b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S4b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=1));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S4b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-
Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S4b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=2));
```

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sc_S4b, L_Table.*
FROM [PedData-Master-7a] INNER JOIN L_Table ON ([PedData-Master-7a].S_sn = L_Table.S_sn) AND ([PedData-
Master-7a].L_sn = L_Table.L_sn) AND ([PedData-Master-7a].R_sn_3 = L_Table.R_sn_3)
WHERE ((([PedData-Master-7a].R_sc_S4b)=1) AND ((L_Table.S_sn)=3));
```

Εντοπισμός διαδρομών εκτός σεναρίων

```
SELECT [PedData-Master-7a].R_sn_3, [PedData-Master-7a].R_sc_Poff, [PedData-Master-7a].R_Cprtotal  
FROM [PedData-Master-7a]  
GROUP BY [PedData-Master-7a].R_sn_3, [PedData-Master-7a].R_sc_Poff, [PedData-Master-7a].R_Cprtotal  
HAVING ((([PedData-Master-7a].R_sc_Poff)=1));
```


[illegible]


```

Llanes2(sn,ln)=a12(i)
Llanes3(sn,ln)=a13(i)
Loneway(sn,ln)=a14(i)
Lshoulder(sn,ln)=a15(i)
Lshoulder0(sn,ln)=a16(i)
Lshoulder1(sn,ln)=a17(i)
Lshoulder2(sn,ln)=a18(i)
Lmedian(sn,ln)=a19(i)
Lpark(sn,ln)=a20(i)
Lguardrails(sn,ln)=a21(i)
Lwalkonpave(sn,ln)=a22(i)
Lsecend(sn,ln)=a23(i)
Lchangedirend(sn,ln)=a24(i)
Ltraffic(sn,ln)=a25(i)
Ltraffic0(sn,ln)=a26(i)
Ltraffic1(sn,ln)=a27(i)
Ltraffic2(sn,ln)=a28(i)
Ltraffic3(sn,ln)=a29(i)
LtrafficL(sn,ln)=a30(i)
LtrafficH(sn,ln)=a31(i)
Llength(sn,ln)=a32(i)
Lloglength(sn,ln)=a33(i)
Lplength(sn,ln)=a34(i)
Lattract(sn,ln)=a35(i)
Lshelter(sn,ln)=a36(i)
LacrossOD(sn,ln)=a37(i)
Jcrossw(sn,ln)=a38(i)
Jsignal(sn,ln)=a39(i)
Rloglength (sn,ln)=a40(i)
Igender(sn,ln)=a41(i)
Iage(sn,ln)=a42(i)
Iage0(sn,ln)=a43(i)
Iage1(sn,ln)=a44(i)
Iage2(sn,ln)=a45(i)
Iage3(sn,ln)=a46(i)
Ihurry(sn,ln)=a47(i)
Icarry(sn,ln)=a48(i)
Ialone(sn,ln)=a49(i)
IDfixed(sn,ln)=a50(i)
Ivpd2(sn,ln)=a51(i)
Rsnreal(sn,ln)=a52(i)

if (a2(i).eq.a2(i+1)) then
    sn=sn
    ln=ln+1
else

```

```

        lsnmax(sn)=ln
        sn=sn+1
        ln=1
    endif

enddo

! write (*,*) lsnmax(1), lsnmax(2), lsnmax(3)

do sn=1,snmax
    lsn22(sn)=lsn2(sn,1)
    Rsn32(sn)=Rsn3(sn,1)
    Rsnn2(sn)=Rsnn(sn,1)
    Rloglength2(sn)=Rloglength(sn,1)
    lgender2(sn)=lgender(sn,1)
    lage20(sn)=lage(sn,1)
    lage02(sn)=lage0(sn,1)
    lage12(sn)=lage1(sn,1)
    lage22(sn)=lage2(sn,1)
    lage32(sn)=lage3(sn,1)
    lhurry2(sn)=lhurry(sn,1)
    lcarry2(sn)=lcarry(sn,1)
    lalone2(sn)=lalone(sn,1)
    lDfixed2(sn)=lDfixed(sn,1)
    lvpd22(sn)=lvpd2(sn,1)
    Rsnreal2(sn)=Rsnreal(sn,1)
enddo

do sn=1,snmax
    do ln=1,lsnmax(sn)
        if (Lprchoice(sn,ln).eq.1) then
            Lchoice(sn)=Lsnn(sn,ln)
            Cchoice2(sn)=Cchoice(sn,ln)
        endif
    enddo
enddo

do sn=1,snmax
    do ln=1,lsnx
        if (ln.le.lsnmax(sn)) then
            availability(sn,ln)=1
            Llanes20(sn,ln)=Llanes(sn,ln)
            Llanes02(sn,ln)=Llanes0(sn,ln)
            Llanes12(sn,ln)=Llanes1(sn,ln)
            Llanes22(sn,ln)=Llanes2(sn,ln)
            Llanes32(sn,ln)=Llanes3(sn,ln)

```



```

Loneway2(sn,ln)=Loneway(sn,ln)
Lshoulder20(sn,ln)=Lshoulder(sn,ln)
Lshoulder02(sn,ln)=Lshoulder0(sn,ln)
Lshoulder12(sn,ln)=Lshoulder1(sn,ln)
Lshoulder22(sn,ln)=Lshoulder2(sn,ln)
Lmedian2(sn,ln)=Lmedian(sn,ln)
Lpark2(sn,ln)=Lpark(sn,ln)
Lguardrails2(sn,ln)=Lguardrails(sn,ln)
Lwalkonpave2(sn,ln)=Lwalkonpave(sn,ln)
Lsecend2(sn,ln)=Lsecend(sn,ln)
Lchangedirend2(sn,ln)=Lchangedirend(sn,ln)
Ltraffic20(sn,ln)=Ltraffic(sn,ln)
Ltraffic02(sn,ln)=Ltraffic0(sn,ln)
Ltraffic12(sn,ln)=Ltraffic1(sn,ln)
Ltraffic22(sn,ln)=Ltraffic2(sn,ln)
Ltraffic32(sn,ln)=Ltraffic3(sn,ln)
LtrafficL2(sn,ln)=LtrafficL(sn,ln)
LtrafficH2(sn,ln)=LtrafficH(sn,ln)
Lattract2(sn,ln)=Lattract(sn,ln)
Lshelter2(sn,ln)=Lshelter(sn,ln)
LacrossOD2(sn,ln)=LacrossOD(sn,ln)
Jcrossw2(sn,ln)=Jcrossw(sn,ln)
Jsignal2(sn,ln)=Jsignal(sn,ln)
Lloglength2(sn,ln)=Lloglength(sn,ln)
Lplength2(sn,ln)=Lplength(sn,ln)

```

else

```

availability(sn,ln)=0
Llanes20(sn,ln)=999
Llanes02(sn,ln)=999
Llanes12(sn,ln)=999
Llanes22(sn,ln)=999
Llanes32(sn,ln)=999
Loneway2(sn,ln)=999
Lshoulder20(sn,ln)=999
Lshoulder02(sn,ln)=999
Lshoulder12(sn,ln)=999
Lshoulder22(sn,ln)=999
Lmedian2(sn,ln)=999
Lpark2(sn,ln)=999
Lguardrails2(sn,ln)=999
Lwalkonpave2(sn,ln)=999
Lsecend2(sn,ln)=999
Lchangedirend2(sn,ln)=999
Ltraffic20(sn,ln)=999
Ltraffic02(sn,ln)=999

```

```

        Ltraffic12(sn,ln)=999
        Ltraffic22(sn,ln)=999
        Ltraffic32(sn,ln)=999
        LtrafficL2(sn,ln)=999
        LtrafficH2(sn,ln)=999
        Lattract2(sn,ln)=999
        Lshelter2(sn,ln)=999
        LacrossOD2(sn,ln)=999
        Jcrossw2(sn,ln)=999
        Jsignal2(sn,ln)=999
        Lloglength2(sn,ln)=999
        Lplength2(sn,ln)=999

    endif

enddo

do sn=1,snmax
    write (*,*) Rsnn2(sn)
enddo

write (2,*)
do sn=1,snmax
    write (2,*) Isn22(sn), Rsnn2(sn), Lchoice(sn), Cchoice2(sn), (Llanes02(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Llanes12(sn,ln),ln=1,lsnx), (Llanes22(sn,ln), ln=1,lsnx), (Llanes32(sn,ln),ln=1,lsnx), (Loneway2(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Lshoulder02(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lshoulder12(sn,ln),ln=1,lsnx),(Lshoulder22(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Lmedian2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lpark2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lguardrails2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lsecend2(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Lchangedirend2(sn,ln),ln=1,lsnx), (LtrafficL2(sn,ln),ln=1,lsnx), (LtrafficH2(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Lplength2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lattract2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Lshelter2(sn,ln),ln=1,lsnx), (Jcrossw2(sn,ln),ln=1,lsnx),
    (Jsignal2(sn,ln),ln=1,lsnx), Rloglength2(sn), lgender2(sn), lage02(sn), lage12(sn), lage22(sn), lage32(sn),
    Ihurry2(sn), lcarry2(sn), lalone2(sn), lDfixed2(sn), lvped22(sn), Rsnreal2(sn),(availability(sn,ln),ln=1,lsnx)

enddo

end program tranformdata

```


Παράρτημα V. Αρχεία εξόδου προτυποποίησης (Biogeme v1.8)

Μικτό Διωνυμικό πρότυπο με ατομική ετερογένεια

```
// This file has automatically been generated.
// 06/04/09 01:59:15
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
Binomial logit model for crossing at junction or at midblock on single links
data file: seqf.dat - single=0 excluded
```

```
Model: Mixed Multinomial Logit for panel data
Number of draws: 1000
Number of estimated parameters: 11
Number of observations: 522
Number of individuals: 307
Null log-likelihood: -361.823
Cte log-likelihood: -359.966
Init log-likelihood: -361.823
Final log-likelihood: -237.364
Likelihood ratio test: 248.917
Rho-square: 0.344
Adjusted rho-square: 0.314
Final gradient norm: +1.292e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 25
Run time: 06:53
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: seqf.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASCO	0.00	--fixed--					
ASC1	6.27	2.87	2.18	0.03	2.65	2.36	0.02
B0_midprevious	-0.0187	0.436	-0.04	0.97	* 0.407	-0.05	0.96
B_attract	-2.91	0.607	-4.79	0.00	0.618	-4.71	0.00
B_guardrails	1.55	0.629	2.46	0.01	0.646	2.40	0.02
B_oneway	-0.817	0.457	-1.79	0.07	* 0.448	-1.82	0.07
B_park	-1.22	0.570	-2.14	0.03	0.547	-2.23	0.03
B_plength	1.04	0.526	1.98	0.05	0.580	1.79	0.07
B_secend	1.43	0.926	1.55	0.12	* 0.724	1.98	0.05
B_signal	1.73	0.452	3.82	0.00	0.437	3.95	0.00
B_vped2	-1.45	0.669	-2.16	0.03	0.635	-2.28	0.02
SIGMA	-1.43	0.410	-3.49	0.00	0.372	-3.85	0.00
ZERO	0.00	--fixed--					

Variance of normal random coefficients

Name	Value	Std err	t-test
ZERO_SIGMA	2.04	1.17	1.74

Utility functions

```
0 Alt0 av0 ASC0 * one + B0_midprevious * midprevious
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B_signal * J_signal + B_oneway * L_oneway + B_guardrails *
L_guardrails + B_secend * L_secend + B_attract * L_attract + B_vped2 * I_logvped2 + B_park * L_park +
B_plength * L_plength + ZERO [ SIGMA ] * one
```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B_vped2	SIGMA	0.0862	0.315	-0.03	* 0.0447	0.190	-0.03
B_guardrails	B_secend	0.00260	0.00447	0.10	* -0.0161	-0.0344	0.11
B_guardrails	B_signal	0.00831	0.0292	-0.23	* -0.00153	-0.00541	-0.23
B_park	B_vped2	0.0373	0.0977	0.27	* 0.0121	0.0350	0.28
B_secend	B_signal	0.0589	0.141	-0.30	* 0.0367	0.116	-0.36
B_park	SIGMA	0.0758	0.324	0.36	* 0.0537	0.264	0.36
B_plength	B_secend	0.0163	0.0335	-0.38	* -0.00722	-0.0172	-0.42
B_oneway	B_park	0.0275	0.106	0.58	* -0.00555	-0.0227	0.57
B_guardrails	B_plength	0.0850	0.257	0.72	* 0.158	0.421	0.77
B_oneway	B_vped2	-0.0245	-0.0801	0.75	* -0.0142	-0.0498	0.79
B_oneway	SIGMA	0.0111	0.0590	1.03	* 0.00629	0.0378	1.07
B_plength	B_signal	0.0443	0.186	-1.10	* 0.00407	0.0161	-0.96

B0_midprevious	B_oneyway	0.00596	0.0299	1.28	*	-0.0233	-0.128	1.24	*
B0_midprevious	B_secend	0.00341	0.00844	-1.43	*	0.0100	0.0341	-1.78	*
ASC1	B_guardrails	-0.189	-0.105	1.57	*	-0.188	-0.110	1.69	*
ASC1	B_signal	0.126	0.0967	1.58	*	-0.0248	-0.0214	1.68	*
ASC1	B_secend	0.0315	0.0118	1.61	*	0.0404	0.0210	1.77	*
B0_midprevious	B_plength	0.0329	0.143	-1.67	*	0.101	0.428	-1.93	*
ASC1	B_plength	-0.151	-0.0997	1.76	*	-0.0293	-0.0191	1.92	*
B_attract	B_vped2	0.0691	0.170	-1.78	*	0.0911	0.232	-1.88	*
B0_midprevious	B_park	0.0431	0.173	1.83	*	0.0627	0.282	2.06	*
B0_midprevious	B_vped2	0.0477	0.163	1.94	*	0.0126	0.0487	1.94	*
B0_midprevious	B_guardrails	-0.0279	-0.102	-1.96	*	0.0503	0.191	-2.25	*
ASC1	B0_midprevious	-0.214	-0.171	2.11	*	-0.129	-0.120	2.30	*
B_oneyway	B_secend	0.00367	0.00867	-2.19	*	-0.00537	-0.0166	-2.63	*
ASC1	B_vped2	-1.85	-0.962	2.19	*	-1.61	-0.956	2.36	*
B_attract	B_park	0.0681	0.197	-2.26	*	0.0125	0.0371	-2.09	*
B_park	B_secend	-0.0503	-0.0952	-2.34	*	-0.0337	-0.0853	-2.81	*
ASC1	B_oneyway	-0.0871	-0.0662	2.41	*	-0.0555	-0.0466	2.61	*
ASC1	B_park	-0.450	-0.275	2.43	*	-0.371	-0.256	2.63	*
B_oneyway	B_plength	-0.0364	-0.152	-2.48	*	-0.0901	-0.347	-2.19	*
B_secend	B_vped2	-0.00946	-0.0153	2.51	*	-0.00552	-0.0120	2.98	*
B0_midprevious	B_signal	-0.0443	-0.225	-2.51	*	-0.0244	-0.137	-2.74	*
ASC1	SIGMA	-0.365	-0.310	2.54	*	-0.225	-0.228	2.79	*
B_secend	SIGMA	-0.0580	-0.153	2.68	*	-0.0323	-0.120	3.36	*
B_attract	B_oneyway	-0.0101	-0.0364	-2.71	*	0.00799	0.0288	-2.78	*
B_park	B_plength	-0.0234	-0.0780	-2.81	*	0.0658	0.207	-3.18	*
B_attract	SIGMA	0.134	0.541	-2.87	*	0.0401	0.175	-2.23	*
B_plength	B_vped2	-0.000606	-0.00172	2.92	*	-0.0453	-0.123	2.73	*
ASC1	B_attract	-0.262	-0.150	3.03	*	-0.323	-0.197	3.23	*
B_guardrails	B_vped2	-0.0360	-0.0855	3.13	*	-0.0474	-0.115	3.13	*
B0_midprevious	SIGMA	0.0787	0.440	3.15	*	0.0559	0.370	3.22	*
B_plength	SIGMA	-0.0286	-0.133	3.48	*	0.0286	0.133	3.82	*
B_guardrails	SIGMA	-0.0745	-0.289	3.53	*	-0.0311	-0.129	3.79	*
B_signal	B_vped2	-0.0556	-0.184	3.63	*	-0.0201	-0.0722	3.99	*
B_attract	B_secend	-0.0729	-0.130	-3.71	*	-0.0558	-0.125	-4.31	*
B_guardrails	B_oneyway	0.101	0.351	3.73	*	0.0446	0.154	3.25	*
B_park	B_signal	-0.0340	-0.132	-3.81	*	0.00609	0.0255	-4.27	*
B0_midprevious	B_attract	0.0435	0.164	4.21	*	-0.0138	-0.0548	3.81	*
B_signal	SIGMA	-0.0872	-0.471	4.27	*	-0.0625	-0.385	4.68	*
B_guardrails	B_park	0.152	0.424	4.29	*	0.204	0.576	4.98	*
B_attract	B_plength	-0.0827	-0.259	-4.39	*	-0.109	-0.304	-4.08	*
B_attract	B_guardrails	-0.129	-0.338	-4.41	*	-0.114	-0.286	-4.40	*
B_oneyway	B_signal	0.0479	0.232	-4.51	*	0.0491	0.251	-4.69	*
B_attract	B_signal	-0.0660	-0.240	-5.52	*	-0.0177	-0.0655	-5.95	*

Smallest singular value of the hessian: 0.114344

Διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα

```
// This file has automatically been generated.
// 07/23/09 18:34:56
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
multinomial logit model for crossing at junction, at midblock or not crossing
data file: seqff.dat - av2=0 excluded (i.e. single and already)
```

```
Model: Multinomial Logit
Number of estimated parameters: 12
Number of observations: 680
Number of individuals: 680
Null log-likelihood: -699.617
Init log-likelihood: -699.617
Final log-likelihood: -591.514
Likelihood ratio test: 216.207
Rho-square: 0.155
Adjusted rho-square: 0.137
Final gradient norm: +1.017e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 6
Run time: 00:00
Variance-covariance: from analytical hessian
Sample file: seqff.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC0	-0.140	1.58	-0.09	0.93	1.59	-0.09	0.93
ASC1	-0.183	1.62	-0.11	0.91	1.63	-0.11	0.91
ASC2	0.00	--fixed--					
B0_changedirend	-0.526	0.259	-2.03	0.04	0.263	-2.00	0.05
B0_trafficH	0.00	--fixed--					
B0_trafficL	0.441	0.206	2.14	0.03	0.210	2.10	0.04
B1_lanes1	0.00	--fixed--					
B1_lanes2	-0.633	0.265	-2.38	0.02	0.275	-2.31	0.02
B1_lanes3	0.331	0.297	1.11	0.27	0.286	1.16	0.25
B1_signal	0.641	0.244	2.63	0.01	0.234	2.74	0.01
B_first	0.614	0.341	1.80	0.07	0.343	1.79	0.07
B_plength	1.66	0.372	4.47	0.00	0.368	4.52	0.00
B_skip1	0.769	0.364	2.11	0.03	0.366	2.10	0.04
B_skip23	0.0613	0.492	0.12	0.90	0.495	0.12	0.90
B_vped2	-0.569	0.367	-1.55	0.12	0.370	-1.54	0.12

Utility functions

```
0 Alt0 av0 ASC0 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip23 * skip23 +
B0_changedirend * L_changedirend + B_vped2 * I_logvped2 + B0_trafficL * L_trafficL + B0_trafficH *
L_trafficH + B_plength * L_plength
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip23 * skip23 + B_vped2 *
I_logvped2 + B1_signal * J_signal + B1_lanes1 * L_lanes1 + B1_lanes2 * L_lanes2 + B1_lanes3 *
L_lanes3 + B_plength * L_plength
2 Alt2 av22 ASC2 * one
```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B1_signal	B_first	-0.00405	-0.0489	0.06	-0.00528	-0.0658	0.06
B0_changedirend	B_vped2	-0.00144	-0.0151	0.09	-0.00286	-0.0294	0.09
ASC0	B_skip23	-0.0542	-0.0698	-0.12	-0.0626	-0.0795	-0.12
ASC1	B_skip23	-0.0485	-0.0610	-0.14	-0.0597	-0.0740	-0.14
B1_lanes2	B_vped2	0.00872	0.0895	-0.15	0.0121	0.120	-0.15
ASC0	ASC1	2.53	0.990	0.19	2.56	0.990	0.18
ASC1	B_vped2	-0.573	-0.966	0.20	-0.581	-0.965	0.19
ASC1	B0_changedirend	0.0138	0.0331	0.21	0.0229	0.0533	0.21
ASC0	B_vped2	-0.563	-0.970	0.22	-0.571	-0.972	0.22
ASC0	B0_changedirend	-0.00398	-0.00949	0.24	0.00457	0.0109	0.24
ASC1	B1_lanes2	-0.0684	-0.159	0.27	-0.0844	-0.189	0.26
B0_trafficL	B1_lanes3	-0.0128	-0.209	0.28	-0.0159	-0.266	0.28
ASC0	B1_lanes3	-0.0639	-0.136	-0.29	-0.0620	-0.137	-0.28
B1_signal	B_skip1	0.00278	0.0314	-0.30	0.000919	0.0107	-0.30
ASC1	B1_lanes3	-0.0908	-0.189	-0.30	-0.0910	-0.196	-0.30
ASC0	B1_lanes2	-0.0416	-0.0992	0.30	-0.0579	-0.133	0.30
B0_changedirend	B1_lanes2	0.00702	0.102	0.30	0.00952	0.132	0.30
ASC0	B0_trafficL	0.0273	0.0837	-0.37	0.0363	0.109	-0.37
ASC1	B0_trafficL	0.0622	0.186	-0.39	0.0722	0.211	-0.39
B0_trafficL	B_first	-0.00849	-0.121	-0.41	-0.0124	-0.173	-0.40

ASC0	B_first	-0.123	-0.229	-0.45	*	-0.139	-0.255	-0.44	*
ASC1	B_first	-0.131	-0.238	-0.46	*	-0.152	-0.273	-0.45	*
B1_lanes3	B_skip23	-0.00427	-0.0292	0.46	*	-0.00333	-0.0235	0.47	*
ASC0	B1_signal	0.00268	0.00697	-0.49	*	0.0238	0.0640	-0.49	*
ASC1	B1_signal	-0.00533	-0.0135	-0.50	*	0.0157	0.0412	-0.50	*
ASC0	B_skip1	-0.115	-0.201	-0.54	*	-0.112	-0.193	-0.54	*
ASC1	B_skip1	-0.120	-0.204	-0.55	*	-0.124	-0.208	-0.55	*
B0_trafficL	B1_signal	-0.00330	-0.0656	-0.61	*	-0.00228	-0.0465	-0.62	*
B1_lanes3	B_first	0.00310	0.0306	-0.64	*	0.00906	0.0926	-0.67	*
B1_lanes3	B1_signal	-0.0340	-0.469	-0.67	*	-0.0278	-0.416	-0.71	*
B_first	B_skip1	0.100	0.810	-0.71	*	0.102	0.812	-0.71	*
B0_trafficL	B_skip23	0.00581	0.0573	0.73	*	0.00478	0.0460	0.72	*
B0_trafficL	B_skip1	-0.00491	-0.0654	-0.76	*	-0.0118	-0.154	-0.73	*
B1_lanes3	B_skip1	-0.000606	-0.00560	-0.93	*	0.00284	0.0272	-0.96	*
B_skip23	B_vped2	-0.00928	-0.0514	1.00	*	-0.00724	-0.0395	1.00	*
B1_signal	B_skip23	-0.00505	-0.0422	1.04	*	-0.00353	-0.0304	1.05	*
B0_changedirend	B_skip23	0.00126	0.00986	-1.06	*	-0.00105	-0.00806	-1.04	*
ASC1	B_plength	-0.104	-0.173	-1.07	*	-0.0867	-0.145	-1.07	*
ASC0	B_plength	-0.0834	-0.142	-1.08	*	-0.0648	-0.111	-1.08	*
B1_lanes2	B_skip23	-0.000597	-0.00458	-1.24	*	-0.00389	-0.0286	-1.21	*
B_first	B_skip23	0.0952	0.569	1.35	*	0.0944	0.556	1.32	*
B_skip1	B_skip23	0.0955	0.534	1.65	*	0.0951	0.525	1.63	*
B_plength	B_skip1	0.0147	0.109	1.82	*	0.0162	0.120	1.84	*
B1_lanes3	B_vped2	0.0139	0.127	2.04	*	0.0127	0.120	2.05	*
B0_changedirend	B1_lanes3	-0.00528	-0.0686	-2.10	*	-0.00565	-0.0752	-2.13	*
B0_trafficL	B_vped2	-0.00922	-0.122	2.28	*	-0.0102	-0.131	2.25	*
B_first	B_plength	0.0232	0.183	-2.30	*	0.0285	0.226	-2.37	*
B1_signal	B_plength	0.00530	0.0585	-2.36	*	0.000652	0.00757	-2.35	*
B_first	B_vped2	0.00400	0.0320	2.40	*	0.00759	0.0600	2.42	*
B_plength	B_skip23	-0.0126	-0.0689	2.51	*	-0.00749	-0.0411	2.55	*
B0_trafficL	B_plength	-0.0193	-0.251	-2.61	*	-0.0220	-0.295	-2.59	*
B_skip1	B_vped2	0.00290	0.0217	2.62	*	0.00297	0.0220	2.60	*
B0_changedirend	B_first	0.000713	0.00809	-2.67	*	-0.00196	-0.0217	-2.61	*
B1_signal	B_vped2	-0.000399	-0.00446	2.74	*	-0.00469	-0.0540	2.70	*
B0_trafficL	B1_lanes2	-0.0139	-0.254	2.86	*	-0.0150	-0.261	2.79	*
B0_changedirend	B_skip1	0.000416	0.00442	-2.91	*	-0.00189	-0.0196	-2.85	*
B1_lanes2	B1_signal	-0.0268	-0.415	-2.97	*	-0.0306	-0.475	-2.91	*
B0_changedirend	B0_trafficL	0.00375	0.0702	-3.03	*	0.00384	0.0697	-2.98	*
B1_lanes2	B_first	0.0109	0.119	-3.07	*	0.0117	0.124	-3.03	*
B1_lanes3	B_plength	0.0230	0.208	-3.13	*	0.0243	0.231	-3.25	*
B1_lanes2	B_skip1	0.00234	0.0243	-3.15	*	0.00372	0.0370	-3.12	*
B0_changedirend	B1_signal	-0.00222	-0.0352	-3.23	*	-0.00492	-0.0799	-3.19	*
B1_lanes2	B1_lanes3	0.0402	0.510	-3.44	*	0.0415	0.529	-3.54	*
B_plength	B_vped2	0.00341	0.0250	4.32	*	-0.00123	-0.00904	4.26	*
B0_changedirend	B_plength	-0.000618	-0.00641	-4.81	*	-0.00124	-0.0129	-4.81	*
B1_lanes2	B_plength	0.0138	0.139	-5.39	*	0.0174	0.172	-5.47	*

Smallest singular value of the hessian: 0.191237

Διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα

```
// This file has automatically been generated.
// 07/23/09 18:14:08
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
multinomial logit model for crossing at junction, at midblock or not crossing
data file: seqff.dat - av2=0 excluded (i.e. single and already)
```

```
Model: Nested Logit
Number of estimated parameters: 13
Number of observations: 680
Number of individuals: 680
Null log-likelihood: -699.617
Init log-likelihood: -699.617
Final log-likelihood: -591.197
Likelihood ratio test: 216.840
Rho-square: 0.155
Adjusted rho-square: 0.136
Final gradient norm: +3.358e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 23
Run time: 00:01
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: seqff.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASCO	0.00	--fixed--					
ASC1	-0.0500	0.261	-0.19	0.85	* 0.257	-0.19	0.85
ASC2	1.97	0.691	2.85	0.00	0.687	2.86	0.00
B0_changedirend	-0.620	0.377	-1.64	0.10	* 0.360	-1.72	0.08
B0_trafficH	0.00	--fixed--					
B0_trafficL	0.527	0.295	1.79	0.07	* 0.320	1.65	0.10
B1_lanes1	0.00	--fixed--					
B1_lanes2	-0.735	0.371	-1.98	0.05	0.387	-1.90	0.06
B1_lanes3	0.390	0.352	1.11	0.27	* 0.337	1.16	0.25
B1_signal	0.730	0.336	2.17	0.03	0.298	2.45	0.01
B_first	0.520	0.416	1.25	0.21	* 0.426	1.22	0.22
B_plength	1.66	0.376	4.43	0.00	0.374	4.45	0.00
B_skip1	0.695	0.430	1.62	0.11	* 0.438	1.59	0.11
B_skip2	-0.0595	0.493	-0.12	0.90	* 0.498	-0.12	0.90
B_vped2	-0.00955	0.00565	-1.69	0.09	* 0.00564	-1.69	0.09

Model parameters

Name	Value	Std err	t-test(0)	p-val(0)	t-test(1)	p-val(1)	Rob. std err	Rob. t-test(0)	Rob. p-val
NEST1	0.826	0.337	2.45	0.01	-0.52	0.60	* 0.318	2.59	0.01
-0.55		0.58							
NEST2	1.00	--fixed--	2.45	0.01	-0.52	0.60	* 0.318	2.59	0.01
-0.55		0.58							

Utility functions

```
*****
0      Alt0      av0      ASC0 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 +
B0_changedirend * L_changedirend + B_vped2 * I_vped2 + B0_trafficL * L_trafficL + B0_trafficH *
L_trafficH + B_plength * L_plength
1      Alt1      av1      ASC1 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B_vped2 *
I_vped2 + B1_signal * J_signal + B1_lanes1 * L_lanes1 + B1_lanes2 * L_lanes2 + B1_lanes3 * L_lanes3 +
B_plength * L_plength
2      Alt2      av22      ASC2 * one
```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B0_trafficL	B_first	-0.0287	-0.235	0.01	* -0.0354	-0.260	0.01
ASC1	B_skip2	-0.00683	-0.0531	0.02	* -0.00310	-0.0242	0.02
B1_signal	B_skip1	0.00718	0.0498	0.06	* 0.00249	0.0190	0.07
B_skip2	B_vped2	0.000148	0.0530	-0.10	* 0.0000106	0.0379	-0.10
ASC1	B_vped2	-0.000162	-0.110	-0.15	* -0.000173	-0.119	-0.16
B1_lanes3	B_first	-0.000241	-0.00165	-0.24	* 0.00380	0.0264	-0.24
B0_changedirend	B1_lanes2	0.0556	0.397	0.28	* 0.0546	0.392	0.28
B0_trafficL	B_skip1	-0.0149	-0.118	-0.31	* -0.0228	-0.163	-0.29

B0_trafficL	B1_lanes3	0.0113	0.109	0.32	* 0.0121	0.113	0.31	*
B1_signal	B_first	-0.0115	-0.0822	0.38	* -0.0131	-0.103	0.39	*
ASC2	B_plength	0.0774	0.298	0.45	* 0.0557	0.217	0.43	*
B0_trafficL	B1_signal	0.0319	0.323	-0.55	* 0.0315	0.331	-0.57	*
B1_lanes3	B_skip1	0.00103	0.00682	-0.55	* 0.00277	0.0188	-0.56	*
B1_lanes3	B1_signal	-0.0240	-0.203	-0.64	* -0.0197	-0.196	-0.69	*
B1_lanes3	B_skip2	0.00569	0.0328	0.75	* 0.00648	0.0386	0.76	*
B_first	B_skip1	0.153	0.858	-0.78	* 0.161	0.864	-0.78	*
ASC1	B1_lanes3	-0.0331	-0.360	-0.87	* -0.0278	-0.321	-0.91	*
B0_changedirend	B_skip2	-0.00454	-0.0244	-0.89	* -0.00515	-0.0287	-0.90	*
B0_trafficL	B_skip2	-0.00438	-0.0301	1.01	* 0.000595	0.00373	0.99	*
B1_lanes2	B_skip2	-0.00266	-0.0145	-1.09	* -0.00291	-0.0151	-1.06	*
ASC1	B_first	-0.0142	-0.131	-1.10	* -0.0208	-0.190	-1.06	*
B1_lanes3	B_vp2d2	0.000172	0.0867	1.14	* 0.000169	0.0888	1.19	*
B_first	B_vp2d2	0.000219	0.0932	1.27	* 0.000231	0.0960	1.24	*
ASC1	B1_lanes2	-0.0257	-0.265	1.35	* -0.0373	-0.375	1.27	*
B1_signal	B_skip2	0.00865	0.0523	1.36	* 0.0100	0.0673	1.40	*
ASC1	B_skip1	-0.0111	-0.0985	-1.42	* -0.0162	-0.144	-1.38	*
ASC1	B0_changedirend	0.0302	0.306	1.47	* 0.0164	0.177	1.41	*
B0_changedirend	B_vp2d2	1.91e-005	0.00896	-1.62	* -5.93e-005	-0.0292	-1.70	*
B_skip1	B_vp2d2	0.000200	0.0823	1.64	* 0.000165	0.0669	1.61	*
B_first	B_skip2	0.146	0.714	1.65	* 0.151	0.711	1.62	*
ASC1	B1_signal	-0.0144	-0.164	-1.70	* -0.00200	-0.0261	-1.96	*
B0_changedirend	B1_lanes3	-0.0317	-0.238	-1.76	* -0.0277	-0.228	-1.85	*
B0_trafficL	B_vp2d2	-0.000187	-0.113	1.82	* -0.000175	-0.0972	1.67	*
ASC2	B1_signal	0.0660	0.284	1.83	* 0.0410	0.200	1.79	*
B_plength	B_skip1	0.0281	0.174	1.87	* 0.0246	0.150	1.82	*
B1_signal	B_plength	0.00239	0.0190	-1.87	* -0.00871	-0.0780	-1.88	*
B1_lanes2	B_vp2d2	0.000197	0.0941	-1.96	* 0.000197	0.0902	-1.88	*
ASC1	B0_trafficL	0.0363	0.473	-2.01	* 0.0482	0.588	-2.16	*
B_skip1	B_skip2	0.147	0.694	2.06	* 0.152	0.697	2.05	*
B0_changedirend	B0_trafficL	-0.0348	-0.313	-2.10	* -0.0359	-0.312	-2.08	*
B0_changedirend	B_first	0.0132	0.0840	-2.12	* 0.0121	0.0786	-2.13	*
B0_trafficL	B_plength	-0.0248	-0.224	-2.16	* -0.0356	-0.297	-2.03	*
ASC2	B0_trafficL	0.0620	0.305	2.17	* 0.0694	0.316	2.18	*
B0_trafficL	B1_lanes2	-0.0523	-0.479	2.20	* -0.0642	-0.519	2.05	*
B1_signal	B_vp2d2	-6.03e-005	-0.0318	2.20	* -7.71e-005	-0.0459	2.48	*
ASC2	B_skip1	0.165	0.557	2.21	* 0.162	0.538	2.18	*
ASC2	B1_lanes3	0.0654	0.269	2.30	* 0.0657	0.284	2.34	*
B0_changedirend	B1_signal	-0.0440	-0.348	-2.30	* -0.0308	-0.287	-2.55	*
B1_lanes2	B1_signal	-0.0765	-0.614	-2.31	* -0.0741	-0.642	-2.35	*
B0_changedirend	B_skip1	0.00167	0.0103	-2.31	* 0.00283	0.0179	-2.34	*
B_first	B_plength	0.0376	0.240	-2.34	* 0.0400	0.250	-2.33	*
ASC2	B_first	0.152	0.528	2.46	* 0.157	0.534	2.48	*
B1_lanes2	B1_lanes3	0.0270	0.206	-2.47	* 0.0251	0.192	-2.44	*
B1_lanes2	B_first	0.0269	0.174	-2.48	* 0.0339	0.205	-2.44	*
B1_lanes2	B_skip1	0.00523	0.0328	-2.56	* 0.0117	0.0690	-2.53	*
ASC1	ASC2	-0.00733	-0.0406	-2.70	* 0.0116	0.0655	-2.81	*
B1_lanes3	B_plength	0.0237	0.179	-2.73	* 0.0207	0.164	-2.77	*
ASC2	B_vp2d2	0.00218	0.558	2.87	* 0.00220	0.567	2.89	*
B_plength	B_skip2	0.0128	0.0691	2.88	* 0.00655	0.0351	2.82	*
ASC2	B0_changedirend	-0.0612	-0.234	3.00	* -0.0511	-0.207	3.09	*
ASC2	B1_lanes2	-0.0525	-0.205	3.18	* -0.0499	-0.187	3.18	*
ASC2	B_skip2	0.164	0.480	3.23	* 0.172	0.502	3.30	*
ASC1	B_plength	-0.0226	-0.231	-3.40	* -0.0245	-0.255	-3.40	*
B0_changedirend	B_plength	0.00331	0.0233	-4.34	* 0.00912	0.0677	-4.56	*
B_plength	B_vp2d2	2.65e-005	0.0125	4.45	* -4.14e-005	-0.0196	4.47	*
B1_lanes2	B_plength	0.0194	0.139	-4.90	* 0.0312	0.215	-5.03	*

Smallest singular value of the hessian: 1.22644

Μικτά διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα με ατομική ετερογένεια

// This file has automatically been generated.

// 07/07/09 17:44:18

// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008

BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]

Michel Bierlaire, EPFL

multinomial logit model for crossing at junction, at midblock or not crossing
data file: seqf.dat - av2=0 excluded (i.e. single and already)

```

Model: Mixed Multinomial Logit for panel data
Number of draws: 10000
Number of estimated parameters: 14
Number of observations: 681
Number of individuals: 279
Null log-likelihood: -748.155
Cte log-likelihood: -713.097
Init log-likelihood: -748.155
Final log-likelihood: -596.289
Likelihood ratio test: 303.731
Rho-square: 0.203
Adjusted rho-square: 0.184
Final gradient norm: +4.534e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 49
Run time: 03h 25:17
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: seqf.dat

```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC0	-1.94	0.599	-3.24	0.00	0.590	-3.29	0.00
ASC1	-1.98	0.645	-3.07	0.00	0.639	-3.10	0.00
ASC2	0.00	--fixed--					
B0_changedirend	-0.528	0.259	-2.04	0.04	0.276	-1.91	0.06
B0_trafficH	0.00	--fixed--					
B0_trafficL	0.444	0.206	2.16	0.03	0.212	2.09	0.04
B1_lanes1	0.00	--fixed--					
B1_lanes2	-0.640	0.265	-2.41	0.02	0.268	-2.39	0.02
B1_lanes3	0.346	0.296	1.17	0.24	0.308	1.12	0.26
B1_signal	0.630	0.243	2.59	0.01	0.241	2.61	0.01
B_first	0.647	0.409	1.58	0.11	0.413	1.57	0.12
B_last	5.19	1.03	5.06	0.00	1.02	5.07	0.00
B_plength	1.69	0.371	4.56	0.00	0.372	4.54	0.00
B_skip1	0.813	0.426	1.91	0.06	0.439	1.85	0.06
B_skip2	0.0484	0.488	0.10	0.92	0.527	0.09	0.93
B_vped2	-0.00931	0.00560	-1.66	0.10	0.00553	-1.68	0.09
SIGMA	-0.00676	0.332	-0.02	0.98	0.0130	-0.52	0.60
ZERO	0.00	--fixed--					

Variance of normal random coefficients

Name	Value	Std err	t-test
ZERO_SIGMA	4.57e-005	0.00450	0.01

Utility functions

```

0      Alt0      av0      ASC0 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B_last *
last + B0_changedirend * L_changedirend + B_vped2 * I_vped2 + B0_trafficL * L_trafficL + B0_trafficH *
L_trafficH + B_plength * L_plength + ZERO [ SIGMA ] * one
1      Alt1      av1      ASC1 * one + B_first * first + B_skip1 * skip1 + B_skip2 * skip2 + B_last *
last + B_vped2 * I_vped2 + B1_signal * J_signal + B1_lanes1 * L_lanes1 + B1_lanes2 * L_lanes2 +
B1_lanes3 * L_lanes3 + B_plength * L_plength + ZERO [ SIGMA ] * one
2      Alt2      av2      ASC2 * one

```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B_vped2	SIGMA	-2.97e-006	-0.00159	-0.01	8.70e-006	0.122	-0.19
B1_signal	B_first	0.00105	0.0105	-0.04	-0.00297	-0.0299	-0.04
B_skip2	SIGMA	0.000263	0.00162	0.09	-0.000189	-0.0277	0.10
B_skip2	B_vped2	0.000139	0.0507	0.12	0.000212	0.0728	0.11
ASC0	ASC1	0.361	0.934	0.17	0.350	0.928	0.16
B0_trafficL	B1_lanes3	-0.0125	-0.205	0.25	-0.0189	-0.288	0.23
B0_changedirend	B1_lanes2	0.00708	0.103	0.32	0.00950	0.128	0.31
B1_signal	B_skip1	0.00795	0.0767	-0.39	0.00221	0.0209	-0.37
B0_trafficL	B_first	-0.0141	-0.167	-0.42	-0.0160	-0.183	-0.41
B1_lanes3	B_skip2	0.00400	0.0277	0.53	0.0231	0.143	0.52

B0_trafficL	B1_signal	-0.00332	-0.0662	-0.56	*	-0.00491	-0.0960	-0.55	*
B1_lanes3	B1_signal	-0.00338	-0.470	-0.61	*	-0.0321	-0.433	-0.61	*
B1_lanes3	B_first	0.00688	0.0568	-0.61	*	0.0197	0.155	-0.63	*
B0_trafficL	B_skip2	-0.00579	-0.0576	0.73	*	-0.0136	-0.121	0.67	*
B0_trafficL	B_skip1	-0.0105	-0.120	-0.74	*	-0.0184	-0.197	-0.70	*
B_first	B_skip1	0.151	0.865	-0.76	*	0.159	0.877	-0.78	*
B1_lanes3	SIGMA	3.49e-005	0.000355	0.79	*	-0.000424	-0.106	1.14	*
B1_lanes3	B_skip1	0.00321	0.0254	-0.91	*	0.0154	0.114	-0.92	*
B0_changedirend	B_skip2	-0.00120	-0.00952	-1.04	*	0.0116	0.0801	-1.00	*
B1_signal	B_skip2	0.00508	0.0428	1.08	*	0.00131	0.103	1.01	*
B0_trafficL	SIGMA	1.60e-005	0.000233	1.15	*	0.000185	0.0671	2.13	*
B1_lanes3	B_vp2d2	0.000171	0.103	1.20	*	0.000158	0.0930	1.16	*
B0_changedirend	SIGMA	1.97e-005	0.000228	-1.24	*	-0.000267	-0.0747	-1.88	*
B1_lanes2	B_skip2	0.000681	0.00526	-1.24	*	0.0174	0.123	-1.23	*
B_first	SIGMA	0.00102	0.00753	1.25	*	-0.000337	-0.0630	1.58	*
B1_lanes2	SIGMA	1.42e-005	0.000161	-1.49	*	-0.000337	-0.0971	-2.35	*
B_skip1	SIGMA	0.000548	0.00387	1.52	*	-0.000264	-0.0464	1.86	*
B1_signal	SIGMA	1.86e-005	0.000230	1.54	*	0.000187	0.0601	2.64	*
B_first	B_vp2d2	0.000185	0.0809	1.61	*	0.000173	0.0758	1.59	*
B_plength	B_skip1	0.0273	0.172	1.71	*	0.0128	0.0785	1.59	*
B_first	B_skip2	0.146	0.730	1.77	*	0.168	0.772	1.79	*
ASC1	B1_lanes2	-0.0402	-0.235	-1.78	*	-0.0782	-0.456	-1.68	*
ASC0	B1_lanes2	-0.0137	-0.0860	-1.92	*	-0.0538	-0.333	-1.79	*
B_skip1	B_vp2d2	0.000180	0.0756	1.93	*	0.000109	0.0447	1.87	*
B0_changedirend	B_vp2d2	-2.46e-005	-0.0171	-2.00	*	-7.75e-005	-0.0508	-1.88	*
ASC1	B_skip2	-0.163	-0.518	-2.05	*	-0.196	-0.581	-1.95	*
ASC0	B_skip2	-0.157	-0.538	-2.08	*	-0.184	-0.594	-1.99	*
B_skip1	B_skip2	0.145	0.698	2.12	*	0.173	0.746	2.16	*
ASC0	B0_changedirend	-0.00715	-0.0461	-2.13	*	-0.0211	-0.130	-2.07	*
ASC1	B0_changedirend	0.0105	0.0631	-2.13	*	-0.00294	-0.0161	-2.07	*
B0_changedirend	B1_lanes3	-0.00549	-0.0717	-2.15	*	-0.00636	-0.0748	-2.04	*
B_first	B_plength	0.0356	0.234	-2.16	*	0.0274	0.178	-2.07	*
B0_trafficL	B_vp2d2	-0.000125	-0.108	2.19	*	1.29e-005	0.0110	2.13	*
B1_lanes2	B_vp2d2	0.000120	0.0804	-2.38	*	0.000359	0.242	-2.36	*
B0_changedirend	B_first	-0.000546	-0.00516	-2.42	*	0.0120	0.106	-2.49	*
B1_signal	B_plength	0.00529	0.0586	-2.46	*	0.00511	0.0570	-2.46	*
B1_signal	B_vp2d2	-4.13e-006	-0.00303	2.62	*	-9.58e-005	-0.0719	2.65	*
B0_trafficL	B_plength	-0.0190	-0.248	-2.67	*	-0.0193	-0.243	-2.65	*
B0_changedirend	B_skip1	-0.000850	-0.00771	-2.68	*	0.0121	0.100	-2.71	*
ASC1	B_first	-0.186	-0.705	-2.69	*	-0.192	-0.730	-2.68	*
ASC1	SIGMA	-0.000479	-0.00223	-2.71	*	-0.000109	-0.0132	-3.08	*
ASC0	B_first	-0.173	-0.705	-2.77	*	-0.174	-0.715	-2.78	*
B_plength	B_skip2	0.0126	0.0694	2.78	*	0.0124	0.0631	2.63	*
B1_lanes2	B_first	0.0113	0.104	-2.78	*	0.0273	0.247	-2.97	*
ASC0	SIGMA	-0.000476	-0.00239	-2.82	*	-0.000447	-0.0585	-3.27	*
ASC1	B_skip1	-0.178	-0.647	-2.86	*	-0.181	-0.643	-2.84	*
B0_trafficL	B1_lanes2	-0.0138	-0.252	2.89	*	-0.0130	-0.228	2.87	*
B1_lanes2	B_skip1	0.00282	0.0250	-2.93	*	0.0205	0.174	-3.07	*
ASC0	B_skip1	-0.168	-0.659	-2.94	*	-0.162	-0.626	-2.96	*
B1_lanes2	B1_signal	-0.0269	-0.416	-2.96	*	-0.0282	-0.437	-2.94	*
ASC1	B1_lanes3	-0.0477	-0.250	-3.00	*	-0.0638	-0.324	-2.93	*
ASC1	B_vp2d2	-0.00236	-0.654	-3.03	*	-0.00219	-0.620	-3.06	*
B0_changedirend	B0_trafficL	0.00390	0.0732	-3.05	*	0.00422	0.0721	-2.89	*
B1_lanes3	B_plength	0.0226	0.206	-3.17	*	0.0257	0.224	-3.15	*
B1_lanes3	B_plength	-0.0103	-0.0271	3.18	*	-0.0315	-0.0825	3.13	*
ASC0	B_vp2d2	-0.00222	-0.662	-3.20	*	-0.00214	-0.656	-3.25	*
B0_changedirend	B1_signal	-0.00178	-0.0283	-3.21	*	-0.00321	-0.0483	-3.09	*
ASC0	B1_lanes3	-0.0212	-0.119	-3.27	*	-0.0314	-0.173	-3.21	*
B_plength	SIGMA	-0.000830	-0.00672	3.40	*	8.40e-005	0.0174	4.56	*
B1_lanes2	B1_lanes3	0.0400	0.508	-3.53	*	0.0430	0.520	-3.47	*
ASC1	B1_signal	-0.0118	-0.0748	-3.69	*	-0.000875	-0.00568	-3.81	*
ASC0	B0_trafficL	0.00267	0.0217	-3.79	*	-0.00347	-0.0277	-3.77	*
ASC1	B0_trafficL	0.0374	0.282	-3.91	*	0.0342	0.252	-3.90	*
ASC0	B1_signal	-0.00382	-0.0262	-3.94	*	0.00967	0.0680	-4.13	*
B1_lanes2	B_skip1	0.0314	0.0717	4.04	*	-0.0619	-0.138	3.75	*
ASC1	B_plength	-0.103	-0.428	-4.21	*	-0.0873	-0.367	-4.32	*
B_first	B_last	0.0459	0.109	-4.28	*	-0.0419	-0.0992	-3.98	*
B1_signal	B_last	-0.00208	-0.00833	-4.32	*	0.0378	0.153	-4.49	*
ASC0	B_plength	-0.0822	-0.370	-4.47	*	-0.0618	-0.282	-4.65	*
B0_trafficL	B_last	-0.000513	-0.00243	-4.53	*	-0.0164	-0.0754	-4.47	*
B1_lanes3	B_last	0.00393	0.0129	-4.55	*	-0.0163	-0.0517	-4.47	*
B_plength	B_vp2d2	9.33e-006	0.00449	4.58	*	-0.000143	-0.0695	4.56	*
B1_lanes2	B_skip2	0.0294	0.0588	4.63	*	-0.152	-0.281	4.03	*
B1_lanes2	SIGMA	-0.00115	-0.00336	4.81	*	-0.00131	-0.0987	5.07	*
B0_changedirend	B_plength	-0.000389	-0.00405	-4.89	*	0.00889	0.0865	-5.00	*
B1_lanes2	B_vp2d2	-9.26e-005	-0.0161	5.07	*	-0.000363	-0.0641	5.08	*
B0_changedirend	B_last	-0.0276	-0.104	-5.27	*	-0.0333	-0.118	-5.24	*
B1_lanes2	B_last	-0.00667	-0.0245	-5.47	*	-0.0323	-0.118	-5.36	*
B1_lanes2	B_plength	0.0136	0.138	-5.48	*	0.0258	0.259	-5.85	*
ASC1	B_last	-0.0380	-0.0573	-5.77	*	0.0664	0.101	-6.23	*
ASC0	B_last	-0.0319	-0.0520	-5.87	*	0.0929	0.154	-6.48	*

Smallest singular value of the hessian: 0.8745

Πολυωνυμικό πρότυπο συνολικής επιλογής

```
// This file has automatically been generated.
// 06/05/09 19:43:29
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2009
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
multinomial logit model for hierarchical crossing location
data file hierf.dat - single links and choices after the 5th link are not included
choice between 1st, 2nd, 3rd or next link
```

```
Model: Multinomial Logit
Number of estimated parameters: 29
Number of observations: 346
Number of individuals: 346
Null log-likelihood: -557.913
Init log-likelihood: -557.913
Final log-likelihood: -496.424
Likelihood ratio test: 122.978
Rho-square: 0.110
Adjusted rho-square: 0.058
Final gradient norm: +8.209e-004
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 7
Run time: 00:01
Variance-covariance: from analytical hessian
Sample file: hierf2.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC1	0.00	--fixed--					
ASC2	-0.785	0.226	-3.47	0.00	0.231	-3.40	0.00
ASC3	-3.98	1.78	-2.23	0.03	1.90	-2.10	0.04
ASC4	-4.08	1.78	-2.29	0.02	1.88	-2.17	0.03
ASC5	-10.2	4.46	-2.29	0.02	4.33	-2.36	0.02
ASC6	-10.6	4.46	-2.38	0.02	4.29	-2.48	0.01
B1_Rloglength	0.00	--fixed--					
B1_median	1.11	0.556	2.00	0.05	0.537	2.07	0.04
B1_oneway	-0.329	0.637	-0.52	0.60	0.666	-0.49	0.62
B1_park	0.0333	0.589	0.06	0.95	0.622	0.05	0.96
B1_plength	3.34	0.991	3.37	0.00	0.986	3.38	0.00
B1_signal	1.10	0.345	3.19	0.00	0.324	3.41	0.00
B1_trafficH	-0.579	0.360	-1.61	0.11	0.361	-1.60	0.11
B2_Rloglength	0.482	0.269	1.79	0.07	0.279	1.73	0.08
B2_median	0.174	0.494	0.35	0.72	0.563	0.31	0.76
B2_oneway	-1.60	0.608	-2.63	0.01	0.656	-2.44	0.01
B2_park	1.41	0.648	2.17	0.03	0.650	2.16	0.03
B2_plength	3.08	1.00	3.07	0.00	1.02	3.02	0.00
B2_signal	0.361	0.406	0.89	0.37	0.392	0.92	0.36
B2_trafficH	0.293	0.322	0.91	0.36	0.316	0.93	0.35
B345_Rloglength	1.16	0.484	2.40	0.02	0.506	2.29	0.02
B345_median	-1.74	0.620	-2.81	0.01	0.584	-2.98	0.00
B345_oneway	-1.70	0.632	-2.69	0.01	0.662	-2.57	0.01
B345_park	0.162	0.807	0.20	0.84	0.874	0.19	0.85
B345_plength	2.61	1.20	2.17	0.03	1.25	2.08	0.04
B345_signal	0.817	0.477	1.71	0.09	0.480	1.70	0.09
B345_trafficH	-0.190	0.477	-0.40	0.69	0.489	-0.39	0.70
B_attract	0.954	0.363	2.62	0.01	0.392	2.43	0.01
B_carry	-0.358	0.370	-0.97	0.33	0.374	-0.96	0.34
B_changedirend	0.485	0.226	2.14	0.03	0.239	2.03	0.04
B_vped2	-1.68	1.90	-0.88	0.38	1.76	-0.96	0.34

Utility functions

```
*****
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B1_oneway * L_oneway1 + B1_park * L_park1 + B_changedirend *
L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
2 Alt2 av2 ASC2 * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B1_oneway * L_oneway1 + B1_park * L_park1 + B_changedirend *
L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract * L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
3 Alt3 av3 ASC3 * one + B2_trafficH * L_trafficH2 + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 *
I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend *
L_changedirend2 + B2_median * L_median2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
4 Alt4 av4 ASC4 * one + B2_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 *
I_logvpd2 + B_carry * I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend *
L_changedirend2 + B2_median * L_median2 + B_attract * L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
5 Alt5 av5 ASC5 * one + B345_trafficH * L_trafficH345 + B345_plength * L_plength345 +
B345_oneway * L_oneway345 + B345_park * L_park345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median *
L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength
```


6 Alt6 av6 ASC6 * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 + B345_park * L_park345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B2_Rloglength	B_changedirend	-0.00321	-0.0527	-0.01	* -0.000891	-0.0134	-0.01
B345_oneway	B_vp2	0.0906	0.0752	-0.01	* 0.0597	0.0512	-0.01
B1_median	B1_signal	-0.0271	-0.141	0.01	* -0.0212	-0.122	0.01
B2_median	B345_park	-0.0195	-0.0490	0.01	* -0.0328	-0.0667	0.01
B345_median	B_vp2	-0.00808	-0.00684	-0.03	* 0.0275	0.0268	-0.03
B1_oneway	B_carry	-0.00766	-0.0326	0.04	* -0.000648	-0.00261	0.04
B2_oneway	B_vp2	0.0298	0.0258	0.04	* 0.0121	0.0105	0.04
B345_median	B345_oneway	0.119	0.303	-0.05	* 0.119	0.309	-0.05
B1_median	B345_Rloglength	0.0127	0.0471	-0.07	* 0.0206	0.0755	-0.07
B1_signal	B345_Rloglength	0.00315	0.0189	-0.10	* -0.00573	-0.0350	-0.10
B2_trafficH	B345_park	-0.00371	-0.0143	0.15	* -0.0115	-0.0417	0.14
B2_signal	B2_trafficH	0.0331	0.253	0.15	* 0.0285	0.230	0.15
B1_park	B2_median	-0.0373	-0.128	-0.17	* -0.0508	-0.145	-0.16
B2_oneway	B345_median	0.0722	0.191	0.18	* 0.0753	0.197	0.17
B2_oneway	B345_oneway	0.233	0.606	0.18	* 0.247	0.568	0.16
B1_oneway	B345_trafficH	0.0129	0.0424	-0.18	* 0.0107	0.0328	-0.17
B2_median	B2_trafficH	0.00134	0.00844	-0.20	* 0.00424	0.0238	-0.19
B1_park	B345_park	0.309	0.649	-0.21	* 0.360	0.662	-0.20
B2_signal	B345_park	-0.0114	-0.0348	0.22	* -0.0199	-0.0580	0.20
B345_signal	B_attract	-0.00567	-0.0327	-0.22	* 0.00302	0.0161	-0.22
B2_Rloglength	B2_signal	0.00197	0.0181	0.25	* 0.00590	0.0530	0.26
B1_median	B_attract	0.0455	0.225	0.27	* 0.0323	0.153	0.26
B2_signal	B_changedirend	0.00234	0.0255	-0.27	* 0.00489	0.0522	-0.28
B345_trafficH	B_carry	0.00618	0.0351	0.28	* 0.00581	0.0318	0.28
B1_park	B345_trafficH	-0.000200	-0.000710	0.29	* -0.00987	-0.0291	0.28
B1_signal	B_attract	0.00264	0.0210	0.30	* -0.00269	-0.0212	0.29
B2_park	B345_Rloglength	0.00562	0.0179	0.31	* -0.0198	-0.0573	0.29
B2_median	B2_signal	0.0333	0.166	-0.32	* 0.0458	0.208	-0.30
B1_median	B2_park	-0.0315	-0.0873	-0.33	* -0.0460	-0.132	-0.33
B345_Rloglength	B_attract	0.00197	0.0112	0.35	* -0.0196	-0.0987	0.31
B1_oneway	B1_trafficH	0.0349	0.152	0.37	* 0.0249	0.104	0.34
B1_park	B2_trafficH	-0.0141	-0.0742	-0.37	* -0.00904	-0.0449	-0.36
B2_Rloglength	B345_park	0.00434	0.0200	0.38	* 0.00108	0.00452	0.35
B345_park	B_changedirend	-0.00746	-0.0409	-0.38	* -0.0329	-0.157	-0.34
B1_oneway	B1_park	-0.0468	-0.125	-0.39	* -0.0602	-0.145	-0.37
B345_park	B345_trafficH	0.0489	0.127	0.40	* 0.0894	0.209	0.39
B1_median	B345_signal	-0.00196	-0.00739	0.40	* -0.0139	-0.0539	0.40
B1_signal	B2_park	0.00342	0.0153	-0.42	* 0.00691	0.0329	-0.42
B1_trafficH	B_carry	-0.00133	-0.00996	-0.43	* -0.00152	-0.0113	-0.42
B1_park	B2_signal	-0.0227	-0.0951	-0.44	* -0.0149	-0.0610	-0.43
B1_plength	B2_plength	0.830	0.835	0.45	* 0.831	0.826	0.43
B2_Rloglength	B2_trafficH	-0.00150	-0.0173	0.45	* 0.00391	0.0444	0.46
B2_plength	B345_plength	0.671	0.557	0.45	* 0.775	0.607	0.46
B1_oneway	B345_park	-0.0613	-0.119	-0.45	* -0.0851	-0.146	-0.42
ASC3	ASC4	3.16	0.992	0.46	* 3.54	0.992	0.44
ASC2	B_vp2	-0.000481	-0.00112	0.47	* -0.0218	-0.0536	0.50
B345_Rloglength	B345_signal	-0.0220	-0.0954	0.48	* -0.0332	-0.137	0.46
B2_trafficH	B_changedirend	0.000429	0.00589	-0.49	* 0.00444	0.0587	-0.50
B1_signal	B345_signal	0.00542	0.0329	0.49	* 0.00820	0.0528	0.51
B2_median	B345_trafficH	-0.00130	-0.00552	0.53	* 0.00309	0.0112	0.49
B2_Rloglength	B2_median	0.00513	0.0386	0.56	* 0.0122	0.0780	0.51
ASC2	B1_trafficH	0.0240	0.295	-0.57	* 0.0266	0.319	-0.57
B1_trafficH	B_vp2	-0.00198	-0.00289	0.57	* -0.00515	-0.00811	0.61
B1_park	B_carry	0.00571	0.0262	0.57	* 0.0148	0.0636	0.55
B2_median	B_changedirend	0.00260	0.0233	-0.58	* 0.00103	0.00768	-0.51
B2_Rloglength	B345_signal	-0.00789	-0.0615	-0.60	* -0.00798	-0.0597	-0.59
B2_park	B_attract	-0.00292	-0.0124	0.61	* -0.0164	-0.0643	0.58
B345_park	B_carry	0.0283	0.0948	0.61	* 0.0337	0.103	0.57
B345_signal	B_changedirend	-0.00615	-0.0570	0.62	* -0.00511	-0.0445	0.61
B1_oneway	B_vp2	0.0163	0.0135	0.68	* -0.0176	-0.0150	0.72
B1_plength	B345_plength	0.637	0.536	0.68	* 0.693	0.561	0.68
B1_trafficH	B345_trafficH	0.0146	0.0847	-0.68	* 0.00724	0.0410	-0.65
ASC2	B1_oneway	0.00394	0.0274	-0.68	* 0.0141	0.0917	-0.67
B_carry	B_vp2	0.0498	0.0707	0.69	* 0.0198	0.0301	0.74
B1_park	B2_Rloglength	0.00869	0.0548	-0.71	* 0.00771	0.0444	-0.67
B1_park	B_changedirend	0.00456	0.0342	-0.72	* -0.0136	-0.0912	-0.66
B2_park	B345_signal	0.00933	0.0302	0.74	* 0.0430	0.138	0.78
B2_signal	B345_signal	0.0101	0.0522	-0.75	* 0.00447	0.0238	-0.74
B1_oneway	B2_median	0.104	0.332	-0.76	* 0.133	0.354	-0.72
B345_park	B345_signal	0.0713	0.185	-0.76	* 0.125	0.299	-0.76
B345_trafficH	B_vp2	0.0202	0.0222	0.76	* -0.0234	-0.0272	0.81
B1_trafficH	B345_park	-0.000753	-0.00259	-0.84	* 0.0235	0.0746	-0.81
ASC3	B_vp2	-0.142	-0.0418	-0.86	* -0.0972	-0.0291	-0.87
B1_park	B_vp2	0.0985	0.0878	0.88	* 0.133	0.121	0.96
B1_park	B1_trafficH	-9.87e-005	-0.000465	0.89	* 0.0197	0.0878	0.89
B345_park	B_vp2	-0.0115	-0.00750	0.89	* 0.0493	0.0321	0.95
B2_trafficH	B345_trafficH	0.0187	0.122	0.89	* 0.00263	0.0170	0.84
B2_park	B345_plength	0.0212	0.0272	-0.89	* -0.0269	-0.0330	-0.84
B345_park	B_attract	0.00162	0.00551	-0.90	* -0.00685	-0.0200	-0.82

ASC4	B_vped2	-0.138	-0.0407	-0.90	* -0.105	-0.0316	-0.92	*
B1_oneway	B2_trafficH	0.0168	0.0822	-0.90	* -0.00552	-0.0262	-0.84	*
B2_signal	B345_trafficH	0.0110	0.0569	0.91	* 0.00527	0.0275	0.89	*
B2_median	B345_signal	-0.00397	-0.0168	-0.93	* -0.00818	-0.0303	-0.86	*
B1_oneway	B2_signal	0.0143	0.0554	-0.94	* -0.0145	-0.0555	-0.87	*
B2_trafficH	B345_signal	0.0128	0.0833	-0.95	* -0.00320	-0.0211	-0.90	*
B2_median	B_carry	0.0345	0.189	0.95	* 0.0460	0.219	0.88	*
B2_median	B_vped2	0.0857	0.0911	0.97	* 0.0814	0.0822	1.03	*
B1_median	B345_park	-0.00145	-0.00323	0.97	* -0.0139	-0.0295	0.91	*
ASC2	B_carry	-0.000786	-0.00940	-0.98	* -0.0106	-0.123	-0.92	*
B2_trafficH	B_vped2	0.000677	0.00110	1.02	* -0.0241	-0.0432	1.10	*
B1_median	B2_Rloength	0.00474	0.0317	1.03	* -0.00244	-0.0163	1.03	*
B345_Rloength	B345_park	-0.0244	-0.0626	1.03	* -0.0342	-0.0772	0.96	*
B2_signal	B_vped2	-0.0223	-0.0289	1.04	* -0.00770	-0.0112	1.13	*
B1_park	B345_signal	0.00670	0.0238	-1.05	* 0.0434	0.145	-1.08	*
B2_Rloength	B_attract	0.00147	0.0150	-1.05	* 0.00184	0.0168	-0.99	*
B1_median	B_changedirend	0.00591	0.0470	1.06	* 0.0101	0.0787	1.10	*
B1_signal	B345_park	0.00789	0.0283	1.08	* 0.0316	0.112	1.05	*
B2_signal	B_attract	0.00760	0.0515	-1.12	* 0.0128	0.0831	-1.12	*
B1_median	B2_signal	0.0130	0.0576	1.12	* -0.0117	-0.0554	1.10	*
B_changedirend	B_vped2	-0.0152	-0.0353	1.13	* -0.0401	-0.0953	1.21	*
ASC2	B345_park	-0.00251	-0.0137	-1.13	* -0.0207	-0.103	-1.02	*
B_attract	B_changedirend	0.00508	0.0618	1.13	* 0.00734	0.0783	1.06	*
B2_Rloength	B_vped2	0.0219	0.0428	1.13	* 0.0173	0.0353	1.22	*
ASC2	B345_trafficH	0.00294	0.0273	-1.14	* 0.00239	0.0211	-1.11	*
B1_median	B345_plength	0.0149	0.0223	-1.14	* 0.0101	0.0151	-1.11	*
ASC5	ASC6	19.8	0.997	1.16	* 18.5	0.997	1.15	*
ASC3	B345_oneway	-0.138	-0.123	-1.16	* -0.0939	-0.0747	-1.11	*
ASC3	B345_median	0.0116	0.0105	-1.19	* 0.0102	0.00923	-1.13	*
B2_Rloength	B345_trafficH	-0.00704	-0.0548	1.20	* -0.00845	-0.0620	1.16	*
B1_oneway	B2_Rloength	0.0115	0.0674	-1.20	* 0.00510	0.0275	-1.14	*
B1_signal	B345_plength	0.000134	0.000324	-1.21	* -0.0253	-0.0625	-1.15	*
ASC4	B345_oneway	-0.137	-0.122	-1.21	* -0.0933	-0.0749	-1.17	*
B1_oneway	B_changedirend	0.00978	0.0679	-1.23	* 0.0189	0.119	-1.20	*
ASC3	B2_oneway	-0.0607	-0.0560	-1.24	* -0.132	-0.106	-1.15	*
B1_trafficH	B2_median	0.00269	0.0151	-1.24	* -0.0111	-0.0547	-1.10	*
ASC4	B345_median	0.0118	0.0107	-1.24	* 0.00798	0.00727	-1.19	*
B2_signal	B345_Rloength	-0.00635	-0.0324	-1.25	* -0.00525	-0.0264	-1.23	*
B345_trafficH	B_changedirend	-0.00416	-0.0386	-1.26	* -0.00467	-0.0399	-1.22	*
B345_Rloength	B_changedirend	-0.000455	-0.00416	1.27	* -0.00231	-0.0191	1.20	*
ASC2	B2_oneway	0.00284	0.0206	1.27	* 0.00278	0.0183	1.18	*
B345_signal	B_vped2	-0.00966	-0.0106	1.27	* 0.0779	0.0923	1.40	*
B1_median	B1_park	-0.0284	-0.0868	1.28	* -0.0420	-0.126	1.24	*
B2_signal	B_carry	-0.00695	-0.0464	1.28	* -0.00730	-0.0498	1.30	*
B1_median	B2_trafficH	0.00616	0.0344	1.29	* -0.0109	-0.0644	1.28	*
ASC4	B2_oneway	-0.0562	-0.0518	-1.29	* -0.124	-0.101	-1.21	*
ASC2	B1_park	0.000881	0.00661	-1.30	* 0.00211	0.0147	-1.24	*
B345_plength	B_attract	-0.0152	-0.0349	1.31	* -0.0384	-0.0783	1.23	*
B1_park	B_attract	-0.00752	-0.0351	-1.31	* -0.0196	-0.0801	-1.21	*
B2_median	B_attract	0.0118	0.0656	-1.31	* 0.00210	0.00950	-1.14	*
B2_trafficH	B_carry	-0.00201	-0.0169	1.32	* 0.00495	0.0419	1.36	*
B2_Rloength	B2_park	0.00171	0.00977	-1.32	* -0.00381	-0.0210	-1.30	*
B_attract	B_vped2	-0.0330	-0.0477	1.35	* -0.0522	-0.0757	1.44	*
B2_park	B2_signal	-0.00370	-0.0141	1.36	* -0.00572	-0.0224	1.36	*
B2_park	B_changedirend	0.00692	0.0472	1.36	* -0.00823	-0.0529	1.31	*
B345_plength	B345_signal	-0.0257	-0.0448	1.37	* -0.0715	-0.119	1.29	*
ASC2	B345_oneway	0.00158	0.0111	1.37	* 0.00314	0.0205	1.31	*
B2_trafficH	B_attract	0.00210	0.0179	-1.37	* 0.00159	0.0128	-1.32	*
B2_median	B2_park	-0.0448	-0.140	-1.42	* -0.0625	-0.171	-1.33	*
B2_park	B2_plength	0.0228	0.0351	-1.42	* -0.0522	-0.0788	-1.34	*
B1_signal	B2_signal	0.00661	0.0472	1.43	* 0.00407	0.0320	1.48	*
B1_signal	B2_Rloength	0.00183	0.0197	1.43	* 0.00612	0.0678	1.50	*
B1_median	B_vped2	0.0703	0.0664	1.43	* 0.0730	0.0772	1.55	*
ASC4	ASC5	2.37	0.298	1.44	* 2.90	0.357	1.51	*
B1_oneway	B345_signal	-0.00119	-0.00393	-1.44	* -0.0325	-0.102	-1.33	*
B1_signal	B_vped2	-0.000799	-0.00121	1.44	* 0.000864	0.00152	1.56	*
ASC2	B345_median	0.00168	0.0120	1.45	* 0.00163	0.0121	1.53	*
B345_Rloength	B345_plength	0.343	0.591	-1.46	* 0.389	0.614	-1.42	*
ASC3	ASC5	2.36	0.297	1.46	* 2.95	0.360	1.54	*
B1_signal	B_changedirend	-0.00316	-0.0405	1.47	* -0.00537	-0.0693	1.49	*
B2_median	B345_Rloength	0.0157	0.0656	-1.48	* 0.0455	0.160	-1.42	*
B1_trafficH	B2_oneway	0.0125	0.0569	1.49	* -0.0106	-0.0448	1.34	*
B2_trafficH	B345_Rloength	-0.00154	-0.00990	-1.49	* -0.00521	-0.0325	-1.43	*
B345_Rloength	B_vped2	0.167	0.181	1.51	* 0.183	0.205	1.65	*
B1_park	B345_Rloength	0.0144	0.0504	-1.52	* 0.00679	0.0215	-1.42	*
B2_park	B2_trafficH	-0.00407	-0.0195	1.53	* -0.00298	-0.0145	1.53	*
ASC4	ASC6	2.37	0.298	1.53	* 2.93	0.363	1.63	*
B1_signal	B2_median	-0.000876	-0.00513	1.54	* -0.00747	-0.0410	1.41	*
ASC3	ASC6	2.36	0.297	1.55	* 2.98	0.366	1.66	*
B1_park	B1_signal	-0.00323	-0.0159	-1.56	* -0.00541	-0.0268	-1.51	*
B2_Rloength	B345_Rloength	0.0579	0.444	-1.56	* 0.0675	0.478	-1.52	*
B1_trafficH	B345_oneway	0.00648	0.0284	1.56	* -0.00541	-0.0226	1.47	*
B2_park	B_vped2	0.0759	0.0615	1.56	* 0.0878	0.0767	1.69	*
B1_plength	B2_park	-0.00958	-0.0149	1.62	* -0.0622	-0.0971	1.57	*
B1_trafficH	B345_median	0.00262	0.0117	1.63	* 0.00403	0.0191	1.71	*
B2_oneway	B345_park	-0.0657	-0.134	-1.64	* -0.119	-0.208	-1.47	*
B345_park	B345_plength	-0.0219	-0.0226	-1.67	* -0.0392	-0.0358	-1.58	*
B1_median	B2_plength	-0.00281	-0.00503	-1.71	* 0.00885	0.0162	-1.72	*

B2_oneway	B_carry	-0.00417	-0.0185	-1.73	*	0.00107	0.00436	-1.65	*
B1_oneway	B345_median	0.0665	0.168	1.74	*	0.0857	0.220	1.80	*
ASC2	B2_median	0.00121	0.0108	-1.77	*	-0.00863	-0.0663	-1.54	*
B1_median	B345_trafficH	0.00142	0.00534	1.78	*	-0.00162	-0.00618	1.79	*
B2_signal	B345_plength	0.00568	0.0117	-1.78	*	0.0237	0.0483	-1.74	*
ASC2	ASC3	0.0170	0.0422	1.79	*	0.0449	0.102	1.69	*
B1_oneway	B2_park	-0.0593	-0.144	-1.79	*	-0.0911	-0.211	-1.70	*
B1_park	B2_oneway	-0.0591	-0.165	1.79	*	-0.0858	-0.210	1.64	*
B345_median	B345_park	-0.0445	-0.0888	-1.79	*	-0.0252	-0.0495	-1.77	*
B1_trafficH	B2_signal	0.0116	0.0791	-1.81	*	0.00918	0.0649	-1.82	*
B345_plength	B_Changedirend	0.0642	0.237	1.82	*	0.0844	0.282	1.76	*
B1_signal	B2_trafficH	0.0124	0.112	1.82	*	0.0155	0.151	1.94	*
B1_oneway	B_attract	0.0210	0.0908	-1.82	*	-0.00461	-0.0177	-1.65	*
B345_oneway	B_carry	-0.000481	-0.00206	-1.83	*	-0.00743	-0.0300	-1.74	*
B2_Rioglength	B_carry	0.000310	0.00312	1.84	*	-0.00513	-0.0492	1.76	*
ASC2	ASC4	0.0181	0.0448	1.84	*	0.0454	0.105	1.76	*
B1_median	B2_median	0.148	0.537	1.84	*	0.189	0.626	1.97	*
B345_oneway	B345_park	0.0166	0.0325	-1.85	*	0.0327	0.0565	-1.75	*
B2_park	B345_park	0.309	0.590	1.85	*	0.339	0.597	1.75	*
B2_oneway	B345_trafficH	0.00811	0.0280	-1.85	*	0.00882	0.0275	-1.75	*
B2_Rioglength	B345_plength	0.104	0.323	-1.86	*	0.128	0.368	-1.81	*
B2_trafficH	B345_plength	0.00565	0.0146	-1.87	*	-0.0117	-0.0295	-1.78	*
B1_signal	B2_plength	0.00604	0.0174	-1.87	*	0.0103	0.0312	-1.86	*
ASC5	B345_oneway	-0.179	-0.0637	-1.88	*	-0.1561	-0.196	-1.89	*
B345_median	B_carry	-0.00916	-0.0356	-1.88	*	-0.00295	-0.0135	-1.98	*
ASC3	B1_trafficH	0.0324	0.0504	-1.89	*	0.0582	0.0850	-1.79	*
B345_trafficH	B_attract	-0.00328	-0.0189	-1.89	*	0.00458	0.0239	-1.85	*
ASC5	B2_oneway	-0.130	-0.0480	-1.90	*	-0.459	-0.162	-1.92	*
ASC5	B345_median	0.205	0.0741	-1.90	*	-0.0482	-0.0191	-1.94	*
B345_Rioglength	B345_trafficH	-0.0208	-0.0901	1.91	*	0.00204	0.00823	1.93	*
B2_median	B345_plength	0.0324	0.0546	-1.91	*	0.0577	0.0820	-1.83	*
B345_signal	B345_trafficH	0.0909	0.399	1.93	*	0.101	0.429	1.95	*
B1_park	B345_oneway	-0.0282	-0.0757	1.93	*	-0.0280	-0.0678	1.85	*
ASC4	B1_trafficH	0.0382	0.0594	-1.95	*	0.0620	0.0914	-1.86	*
B_carry	B_Changedirend	0.000434	0.00519	-1.95	*	-0.00424	-0.0474	-1.86	*
B1_park	B345_plength	0.0214	0.0303	-1.95	*	0.0212	0.0272	-1.86	*
ASC3	B1_oneway	0.0452	0.0398	-1.95	*	0.0614	0.0486	-1.84	*
B345_plength	B_vp2d2	0.117	0.0510	1.95	*	0.197	0.0894	2.08	*
B345_median	B345_trafficH	-0.00667	-0.0226	-1.96	*	0.0302	0.106	-2.15	*
B1_oneway	B345_Rioglength	0.0312	0.101	-1.96	*	0.0703	0.209	-1.99	*
B2_plength	B345_signal	-0.0454	-0.0949	1.96	*	-0.0247	-0.0505	1.97	*
ASC6	B345_oneway	-0.167	-0.0590	-1.97	*	-0.516	-0.181	-2.00	*
B1_median	B1_plength	0.0169	0.0306	-1.98	*	-0.0221	-0.0418	-1.95	*
ASC3	B_carry	-0.00314	-0.00477	-1.99	*	0.0265	0.0374	-1.89	*
B1_trafficH	B2_trafficH	0.0206	0.177	-1.99	*	0.0127	0.112	-1.93	*
B1_park	B345_median	-0.0305	-0.0836	1.99	*	-0.0188	-0.0517	2.03	*
ASC6	B2_oneway	-0.125	-0.0461	-1.99	*	-0.434	-0.154	-2.03	*
ASC6	B345_median	0.204	0.0735	-1.99	*	-0.0421	-0.0168	-2.05	*
B2_park	B345_trafficH	0.00500	0.0162	2.00	*	-0.00874	-0.0275	1.94	*
B2_plength	B_attract	0.00446	0.0122	2.00	*	0.00541	0.0135	1.96	*
ASC4	B1_oneway	0.0492	0.0433	-2.01	*	0.0647	0.0517	-1.91	*
B345_signal	B_carry	0.0163	0.0922	2.04	*	-0.00359	-0.0200	1.91	*
ASC4	B_carry	-0.00277	-0.00420	-2.04	*	0.0263	0.0374	-1.96	*
B2_plength	B345_Rioglength	0.189	0.389	2.06	*	0.223	0.432	2.08	*
ASC3	B345_trafficH	0.0492	0.0579	-2.08	*	0.0667	0.0719	-1.97	*
B1_oneway	B1_signal	0.0301	0.137	-2.10	*	0.00208	0.00965	-1.94	*
ASC3	B345_park	-0.0216	-0.0150	-2.10	*	0.0578	0.0349	-2.01	*
ASC2	ASC5	0.0199	0.0198	2.12	*	-0.0246	-0.0246	2.18	*
ASC3	B1_park	-0.0181	-0.0173	-2.12	*	0.0272	0.0230	-2.02	*
ASC4	B345_trafficH	0.0544	0.0639	-2.14	*	0.0673	0.0732	-2.04	*
B345_plength	B345_trafficH	-0.0187	-0.0327	2.14	*	-0.0257	-0.0420	2.05	*
ASC4	B345_park	-0.0211	-0.0147	-2.15	*	0.0528	0.0321	-2.07	*
ASC5	B1_trafficH	0.0352	0.0219	-2.16	*	0.0817	0.0523	-2.23	*
ASC4	B1_park	-0.0197	-0.0187	-2.18	*	0.0271	0.0232	-2.09	*
B1_plength	B1_signal	0.0266	0.0777	2.18	*	0.0319	0.0999	2.22	*
ASC3	B2_median	-0.0915	-0.104	-2.19	*	-0.178	-0.166	-2.01	*
ASC3	B2_Rioglength	-0.442	-0.922	-2.19	*	-0.493	-0.933	-2.07	*
ASC5	B1_oneway	-0.0452	-0.0159	-2.19	*	-0.376	-0.131	-2.22	*
ASC2	ASC6	0.0206	0.0204	2.21	*	-0.0231	-0.0233	2.29	*
B1_oneway	B345_plength	0.0360	0.0471	-2.21	*	0.0708	0.0849	-2.15	*
B1_plength	B345_signal	-0.0413	-0.0874	2.22	*	-0.0170	-0.0360	2.26	*
ASC5	B_carry	0.242	0.147	-2.23	*	0.162	0.100	-2.29	*
ASC4	B2_median	-0.0963	-0.109	-2.24	*	-0.188	-0.178	-2.07	*
ASC5	B345_trafficH	-0.0100	-0.00472	-2.24	*	-0.298	-0.141	-2.27	*
ASC4	B2_Rioglength	-0.443	-0.923	-2.24	*	-0.490	-0.935	-2.13	*
B1_signal	B345_trafficH	0.00796	0.0483	2.25	*	0.0103	0.0651	2.27	*
ASC6	B1_trafficH	0.0385	0.0239	-2.25	*	0.0836	0.0540	-2.34	*
ASC5	B345_park	-0.223	-0.0620	-2.27	*	-0.120	-0.0318	-2.34	*
B2_plength	B_vp2d2	0.129	0.0674	2.28	*	0.114	0.0637	2.41	*
B1_oneway	B345_oneway	0.222	0.551	2.28	*	0.244	0.552	2.18	*
ASC6	B1_oneway	-0.0387	-0.0136	-2.28	*	-0.346	-0.121	-2.33	*
B1_plength	B_attract	0.0132	0.0367	2.28	*	0.00975	0.0252	2.26	*
ASC5	B1_park	0.0749	0.0285	-2.29	*	0.194	0.0719	-2.37	*
B345_oneway	B345_trafficH	0.0963	0.319	-2.29	*	0.136	0.420	-2.37	*
B2_plength	B345_park	0.0197	0.0243	2.29	*	0.00467	0.00524	2.18	*
ASC6	B_carry	0.239	0.145	-2.32	*	0.160	0.0997	-2.41	*
ASC3	B2_trafficH	-0.0454	-0.0792	-2.32	*	-0.0910	-0.152	-2.17	*
ASC5	B2_median	0.0919	0.0417	-2.33	*	-0.0764	-0.0314	-2.37	*

ASC3	B2_signal	-0.0608	-0.0841	-2.33	-0.111	-0.150	-2.18
ASC6	B345_trafficH	0.0577	0.0271	-2.33	-0.222	-0.106	-2.39
B1_plength	B345_Rloglength	0.174	0.364	2.33	0.183	0.367	2.34
B345_plength	B_carry	-0.0175	-0.0394	2.34	-0.0192	-0.0411	2.25
B1_median	B_carry	0.0275	0.134	2.35	0.0472	0.235	2.54
ASC6	B345_park	-0.226	-0.0628	-2.35	-0.128	-0.0340	-2.45
ASC5	B2_trafficH	0.00674	0.00470	-2.35	0.00905	0.00662	-2.43
ASC5	B2_Rloglength	-0.334	-0.278	-2.36	-0.416	-0.345	-2.42
ASC5	B2_signal	-0.0133	-0.00738	-2.36	0.00144	0.000846	-2.44
ASC4	B2_signal	-0.0805	-0.111	-2.37	-0.131	-0.177	-2.23
B2_park	B_carry	0.00149	0.00624	2.37	0.0176	0.0722	2.43
ASC6	B1_park	0.0723	0.0275	-2.38	0.157	0.0588	-2.48
B345_Rloglength	B_carry	-0.0181	-0.101	2.38	-0.0109	-0.0575	2.35
ASC5	B_changedirend	-0.0951	-0.0943	-2.39	-0.135	-0.130	-2.45
B1_trafficH	B2_Rloglength	0.00280	0.0289	-2.39	0.00217	0.0216	-2.35
ASC5	B345_Rloglength	-1.22	-0.567	-2.40	-1.35	-0.617	-2.45
B1_trafficH	B345_signal	0.00953	0.0554	-2.40	0.00329	0.0190	-2.35
B1_plength	B_vped2	0.121	0.0640	2.40	0.0846	0.0487	2.54
ASC4	B2_trafficH	-0.00811	-0.0141	-2.41	-0.0494	-0.0831	-2.26
B1_median	B1_trafficH	-0.0251	-0.125	2.42	-0.0274	-0.141	2.46
ASC6	B2_median	0.0928	0.0421	-2.42	-0.0702	-0.0291	-2.49
ASC6	B2_trafficH	0.0108	0.00752	-2.44	0.0111	0.00818	-2.54
ASC6	B2_Rloglength	-0.334	-0.278	-2.44	-0.419	-0.350	-2.53
ASC5	B_vped2	5.66	0.667	-2.45	4.51	0.593	-2.39
ASC6	B2_signal	-0.0119	-0.00657	-2.45	5.14e-005	3.05e-005	-2.55
B5	B345_signal	-0.00818	-0.00385	-2.46	0.195	0.0938	-2.56
B attract	B_carry	-0.00667	-0.0497	2.47	-0.0129	-0.0880	2.32
ASC6	B_changedirend	-0.0947	-0.0939	-2.48	-0.131	-0.128	-2.57
ASC5	B345_plength	-2.76	-0.516	-2.48	-2.95	-0.545	-2.51
ASC3	B_changedirend	-0.00500	-0.0124	-2.48	-0.0169	-0.0373	-2.32
ASC6	B345_Rloglength	-1.22	-0.567	-2.48	-1.35	-0.619	-2.55
B1_trafficH	B_changedirend	-0.00134	-0.0165	-2.48	0.000991	0.0115	-2.47
ASC5	B attract	-0.0814	-0.0503	-2.49	-0.0148	-0.00875	-2.57
ASC2	B2_signal	0.00225	0.0246	-2.49	0.00120	0.0132	-2.53
B1_plength	B345_park	0.0158	0.0198	2.51	0.00259	0.00300	2.41
B2_plength	B2_signal	-0.00128	-0.00314	2.51	0.0301	0.0754	2.55
ASC3	B345_Rloglength	-0.363	-0.421	-2.53	-0.441	-0.459	-2.36
ASC4	B_changedirend	-0.00522	-0.0129	-2.53	-0.0121	-0.0269	-2.40
ASC5	B1_signal	0.0112	0.00729	-2.54	0.0700	0.0500	-2.62
ASC6	B345_signal	-0.0731	-0.0343	-2.54	0.139	0.0676	-2.67
B2_plength	B_changedirend	0.00880	0.0388	2.54	0.00641	0.0263	2.49
ASC5	B1_median	0.170	0.0686	-2.55	0.107	0.0460	-2.61
B1_trafficH	B345_plength	0.00526	0.0122	-2.55	0.0120	0.0266	-2.46
ASC6	B345_plength	-2.76	-0.515	-2.55	-2.94	-0.547	-2.60
ASC6	B_vped2	5.67	0.667	-2.56	4.48	0.593	-2.53
ASC4	B345_Rloglength	-0.363	-0.420	-2.58	-0.436	-0.458	-2.43
ASC6	B attract	-0.0809	-0.0499	-2.58	-0.0126	-0.00752	-2.69
ASC5	B2_park	0.0424	0.0147	-2.59	0.257	0.0915	-2.69
B2_median	B345_oneway	0.0601	0.192	2.59	0.0612	0.164	2.36
B1_median	B1_oneway	0.205	0.578	2.61	0.212	0.594	2.60
ASC6	B1_signal	0.0130	0.00840	-2.62	0.0708	0.0510	-2.74
ASC6	B1_median	0.172	0.0691	-2.63	0.116	0.0502	-2.73
ASC3	B345_signal	0.0566	0.0665	-2.64	0.0553	0.0608	-2.49
ASC3	B345_plength	-0.774	-0.362	-2.65	-0.958	-0.403	-2.48
B2_median	B2_plength	0.0268	0.0540	-2.66	0.0777	0.135	-2.65
B1_park	B2_plength	0.0217	0.0368	-2.66	0.000573	0.000904	-2.55
B1_oneway	B2_oneway	0.273	0.706	2.66	0.310	0.709	2.53
B2_plength	B2_trafficH	0.00762	0.0236	2.66	0.0139	0.0430	2.64
ASC6	B2_park	0.0413	0.0143	-2.67	0.221	0.0792	-2.81
B1_trafficH	B2_park	-0.000105	-0.000448	-2.68	0.00991	0.0422	-2.72
ASC3	B attract	-0.0205	-0.0317	-2.69	-0.0338	-0.0454	-2.52
ASC4	B345_plength	-0.773	-0.361	-2.69	-0.942	-0.400	-2.53
ASC4	B345_signal	0.0597	0.0702	-2.70	0.0553	0.0613	-2.56
B2_median	B345_median	0.0635	0.207	2.70	0.0964	0.293	2.81
ASC3	B2_park	-0.133	-0.115	-2.74	-0.0342	-0.0277	-2.66
ASC4	B attract	-0.0210	-0.0323	-2.75	-0.0330	-0.0447	-2.60
ASC3	B2_plength	-1.21	-0.674	-2.75	-1.36	-0.703	-2.60
ASC5	B2_plength	-1.20	-0.269	-2.76	-1.49	-0.337	-2.79
ASC3	B1_median	0.0665	0.0671	-2.78	0.0639	0.0627	-2.62
ASC2	B345_plength	0.00184	0.00678	-2.78	0.0112	0.0388	-2.68
ASC4	B2_plength	-1.20	-0.672	-2.79	-1.34	-0.699	-2.66
ASC4	B2_park	-0.134	-0.116	-2.79	-0.0359	-0.0294	-2.73
B2_signal	B345_oneway	0.0104	0.0407	2.80	-0.00205	-0.00789	2.67
B1_plength	B_changedirend	-0.00153	-0.00681	2.80	0.00186	0.00787	2.81
B1_plength	B2_signal	0.00961	0.0239	2.80	0.0464	0.120	2.93
B1_oneway	B2_plength	-0.0331	-0.0519	-2.80	-0.0243	-0.0358	-2.75
ASC2	B2_trafficH	0.00383	0.0525	-2.81	0.00143	0.0196	-2.78
ASC3	B1_signal	0.0180	0.0292	-2.81	-0.00582	-0.00948	-2.64
ASC5	B1_plength	-1.06	-0.241	-2.83	-1.25	-0.294	-2.88
ASC4	B1_median	0.0667	0.0672	-2.83	0.0575	0.0569	-2.70
B1_park	B1_plength	-0.0141	-0.0241	-2.83	-0.0325	-0.0529	-2.77
ASC6	B2_plength	-1.21	-0.269	-2.84	-1.51	-0.345	-2.89
B2_plength	B345_trafficH	-0.0426	-0.0890	2.85	-0.0382	-0.0766	2.81
B2_signal	B345_median	0.00327	0.0130	2.85	-0.00873	-0.0381	2.94
B2_trafficH	B345_oneway	0.00788	0.0387	2.85	-0.0127	-0.0606	2.65
ASC4	B1_signal	0.0215	0.0349	-2.87	-0.000601	-0.000988	-2.72
B1_signal	B_carry	0.00110	0.00862	2.90	0.00832	0.0687	3.06
B1_trafficH	B345_Rloglength	0.00248	0.0142	-2.90	-0.00649	-0.0355	-2.75

B1_plength	B2_median	0.0227	0.0463	2.91	0.0375	0.0676	2.87
ASC6	B1_plength	-1.07	-0.241	-2.91	-1.28	-0.302	-2.98
B2_trafficH	B345_median	0.00202	0.0101	2.92	-0.00491	-0.0266	3.03
B1_plength	B2_trafficH	0.00695	0.0218	2.94	0.0121	0.0398	2.97
B1_oneway	B1_plength	-0.0778	-0.123	-2.95	-0.125	-0.190	-2.84
B1_trafficH	B_attract	-0.00268	-0.0205	-2.96	-0.0126	-0.0890	-2.76
B2_Rloqlength	B2_plength	0.160	0.592	-2.98	0.183	0.643	-3.00
B2_oneway	B2_trafficH	0.0373	0.190	-3.00	0.0297	0.143	-2.76
ASC3	B1_plength	-0.840	-0.475	-3.03	-0.941	-0.503	-2.88
B2_oneway	B2_signal	0.0582	0.236	-3.04	0.0600	0.233	-2.88
ASC2	B345_signal	0.00186	0.0173	-3.06	-0.000463	-0.00418	-3.00
ASC4	B1_plength	-0.839	-0.475	-3.07	-0.940	-0.507	-2.93
B1_plength	B345_trafficH	-0.0405	-0.0856	3.10	-0.0303	-0.0628	3.13
B2_oneway	B2_park	-0.0744	-0.189	-3.11	-0.119	-0.280	-2.88
B2_oneway	B345_signal	-0.00300	-0.0103	-3.11	-0.0288	-0.0915	-2.86
B2_Rloqlength	B2_oneway	2.82e-005	0.000172	3.13	0.00284	0.0155	2.94
ASC2	B1_median	-0.00127	-0.0101	-3.15	-0.00256	-0.0206	-3.22
B1_plength	B2_Rloqlength	0.124	0.463	3.18	0.134	0.487	3.23
B345_median	B345_plength	-0.0240	-0.0323	-3.18	0.0526	0.0720	-3.24
ASC2	B2_park	-0.00101	-0.00687	-3.18	-0.00389	-0.0259	-3.15
B2_oneway	B345_plength	0.0486	0.0666	-3.22	0.0936	0.114	-3.13
B2_plength	B_carry	0.00713	0.0192	3.23	-0.00206	-0.00542	3.16
B345_median	B345_signal	-0.00535	-0.0181	-3.24	0.00491	0.0175	-3.41
B1_park	B2_park	0.295	0.773	-3.26	0.319	0.788	-3.31
B345_oneway	B_changedirend	0.00159	0.0112	-3.27	0.000194	0.00123	-3.10
B2_park	B345_oneway	-0.0416	-0.101	3.27	-0.0692	-0.161	3.11
B2_Rloqlength	B345_median	-0.00186	-0.0112	3.27	0.00223	0.0137	3.45
B2_oneway	B_changedirend	0.00782	0.0569	-3.28	0.0106	0.0678	-3.06
B2_Rloqlength	B345_oneway	0.0184	0.108	3.31	0.0147	0.0796	3.13
B2_park	B345_median	-0.0350	-0.0871	3.36	-0.0239	-0.0629	3.49
B345_oneway	B345_plength	0.102	0.135	-3.37	0.137	0.165	-3.27
B2_oneway	B2_oneway	0.169	0.562	3.38	0.217	0.589	3.18
B345_median	B_changedirend	0.00494	0.0352	-3.41	-0.00355	-0.0254	-3.49
B1_trafficH	B2_plength	0.00599	0.0166	-3.45	0.0186	0.0505	-3.44
B345_Rloqlength	B345_median	-0.0439	-0.146	3.45	0.00390	0.0132	3.78
B1_plength	B_carry	0.00456	0.0124	3.51	-0.00597	-0.0162	3.48
B345_median	B_attract	-0.0214	-0.0949	-3.60	-0.0176	-0.0771	-3.70
ASC2	B2_Rloqlength	0.000483	0.00792	-3.62	-0.00241	-0.0374	-3.44
ASC2	B345_Rloqlength	-7.16e-006	-6.54e-005	-3.64	0.00200	0.0171	-3.52
B345_Rloqlength	B345_oneway	0.0142	0.0463	3.68	0.0555	0.166	3.75
B1_median	B345_oneway	0.0665	0.189	3.70	0.0871	0.245	3.78
B1_median	B345_median	0.0511	0.148	3.71	0.0988	0.315	4.34
B2_oneway	B345_Rloqlength	0.0292	0.0993	-3.74	0.0791	0.238	-3.80
B345_oneway	B345_signal	0.0878	0.291	-3.75	0.0928	0.292	-3.62
ASC2	B2_plength	0.000427	0.00188	-3.76	-0.00298	-0.0126	-3.69
B1_plength	B1_trafficH	0.0251	0.0702	3.80	0.0427	0.120	3.88
B2_oneway	B_attract	0.0321	0.145	-3.86	0.0168	0.0654	-3.45
B2_oneway	B2_plength	-0.0324	-0.0530	-3.90	0.0195	0.0291	-3.91
ASC2	B1_signal	-0.0316	-0.404	-3.91	-0.0319	-0.426	-4.01
B1_signal	B345_oneway	0.00258	0.0118	3.91	-0.0217	-0.101	3.66
B1_signal	B2_oneway	0.00570	0.0272	3.91	-0.0278	-0.131	3.52
B345_oneway	B_attract	0.0360	0.157	-3.91	0.0411	0.158	-3.72
B1_signal	B345_median	-0.00262	-0.0123	3.98	-0.00544	-0.0288	4.21
ASC2	B_changedirend	0.000419	0.00819	-3.99	0.00553	0.100	-4.02
B2_plength	B345_median	-0.0239	-0.0384	4.02	-0.0111	-0.0187	4.07
ASC2	B_attract	-0.00171	-0.0208	-4.02	0.00141	0.0155	-3.85
ASC2	B1_plength	0.00141	0.00627	-4.06	-0.00537	-0.0235	-4.05
B1_median	B2_oneway	0.122	0.361	4.11	0.149	0.423	4.19
B1_plength	B2_oneway	-0.0172	-0.0286	4.19	-0.0104	-0.0162	4.14
B1_plength	B345_median	-0.0253	-0.0411	4.26	-0.00975	-0.0169	4.40
B2_plength	B345_oneway	0.0771	0.122	4.27	0.0832	0.123	4.17
B1_signal	B1_trafficH	0.0496	0.399	4.34	0.0452	0.387	4.42
B1_plength	B345_oneway	0.0485	0.0774	4.44	0.0490	0.0750	4.39

Smallest singular value of the hessian: 0.0232547

Ιεραρχικό πρότυπο συνολικής επιλογής (κόμβος/εκτός κόμβου)

```
// This file has automatically been generated.
// 06/05/09 20:15:42
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
nested logit model for hierarchical crossing location
data file hierf2.dat - single links and choices after the 5th link are not included
choice between 1st, 2nd, 3rd or next link
```

```
Model: Nested Logit
Number of estimated parameters: 23
Number of observations: 346
Number of individuals: 346
Null log-likelihood: -557.913
Init log-likelihood: -557.913
Final log-likelihood: -495.165
Likelihood ratio test: 125.494
Rho-square: 0.112
Adjusted rho-square: 0.071
Final gradient norm: +4.674e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 243
Run time: 00:15
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: hierf2.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC1	0.00	--fixed--					
ASC2	-0.398	0.250	-1.59	0.11	* 0.275	-1.45	0.15
ASC3	-2.83	1.38	-2.05	0.04	1.41	-2.01	0.04
ASC4	-2.60	1.43	-1.82	0.07	* 1.48	-1.76	0.08
ASC5	-8.68	3.39	-2.56	0.01	3.47	-2.50	0.01
ASC6	-8.55	3.45	-2.47	0.01	3.57	-2.39	0.02
B1_Rloglength	0.00	--fixed--					
B1_median	0.856	0.337	2.54	0.01	0.327	2.61	0.01
B1_plength	2.15	0.866	2.49	0.01	0.968	2.23	0.03
B1_signal	0.707	0.314	2.25	0.02	0.372	1.90	0.06
B1_trafficH	-0.763	0.337	-2.26	0.02	0.362	-2.11	0.04
B2_Rloglength	0.339	0.212	1.59	0.11	* 0.223	1.52	0.13
B2_oneway	-1.16	0.359	-3.22	0.00	0.429	-2.69	0.01
B2_park	0.914	0.351	2.60	0.01	0.395	2.31	0.02
B2_plength	2.27	0.833	2.72	0.01	0.854	2.66	0.01
B345_Rloglength	0.920	0.380	2.42	0.02	0.421	2.18	0.03
B345_median	-1.29	0.496	-2.61	0.01	0.482	-2.68	0.01
B345_oneway	-1.02	0.429	-2.38	0.02	0.463	-2.21	0.03
B345_plength	2.20	0.926	2.38	0.02	0.952	2.31	0.02
B345_signal	0.655	0.330	1.99	0.05	0.308	2.13	0.03
B_attract	0.767	0.288	2.67	0.01	0.313	2.45	0.01
B_carry	-0.382	0.266	-1.44	0.15	* 0.258	-1.48	0.14
B_changedirend	0.470	0.169	2.78	0.01	0.170	2.77	0.01
B_vped2	-1.33	1.37	-0.97	0.33	* 1.25	-1.07	0.29

Model parameters

Name	Value	Std err	t-test(0)	p-val(0)	t-test(1)	p-val(1)	Rob. std err	Rob. t-test(0)	Rob. p-val
NEST1	1.00	--fixed--							
NEST2	1.80	0.516	3.48	0.00	1.55	0.12	* 0.623	2.89	0.00
1.28	0.20								

Utility functions

```
*****
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvped2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
2 Alt2 av2 ASC2 * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvped2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
3 Alt3 av3 ASC3 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 * I_logvped2 + B_carry *
I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
4 Alt4 av4 ASC4 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 * I_logvped2 + B_carry *
I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
```



```

5      Alt5      av5      ASC5 * one + B345_plength * L_plength345 + B345_owney * L_owney345 +
B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 +
B345_Rloglength * R_loglength
6      Alt6      av6      ASC6 * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 +
B345_owney * L_owney345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract
* L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength

```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B2_park	B345_Rloglength	0.0287	0.215	-0.01	0.0484	0.291	-0.01
B345_median	B_vp2d2	0.0559	0.0823	0.03	0.114	0.189	0.03
ASC2	B_carry	0.00591	0.0888	-0.05	-0.000723	-0.0102	-0.04
B1_plength	B345_plength	0.489	0.609	-0.06	0.584	0.634	-0.06
B2_plength	B345_plength	0.479	0.621	0.08	0.528	0.650	0.09
B1_signal	B345_signal	0.0179	0.173	0.12	0.0260	0.227	0.12
B2_owney	B_vp2d2	0.0248	0.0504	0.13	0.0714	0.133	0.14
B1_median	B345_Rloglength	0.0202	0.158	-0.14	0.0226	0.164	-0.13
B1_median	B2_park	0.0319	0.270	-0.14	0.0542	0.420	-0.15
B1_signal	B_attract	0.0243	0.269	-0.17	0.0321	0.276	-0.15
B345_owney	B_vp2d2	0.0828	0.141	0.23	0.108	0.186	0.25
B1_median	B_attract	0.0355	0.366	0.25	0.0428	0.417	0.26
B345_signal	B_attract	0.00735	0.0773	-0.27	0.00964	0.0998	-0.27
B2_owney	B345_median	0.0573	0.322	0.27	0.0908	0.438	0.29
B1_plength	B2_plength	0.634	0.878	-0.27	0.736	0.891	-0.26
B1_median	B1_signal	0.00566	0.0535	0.33	0.0331	0.272	0.35
B345_Rloglength	B_attract	0.0175	0.159	0.35	0.00725	0.0549	0.30
B2_park	B_attract	0.0246	0.244	0.37	0.0262	0.212	0.33
B2_owney	B345_owney	0.0960	0.623	-0.38	0.138	0.697	-0.38
B1_trafficH	B_vp2d2	-0.0143	-0.0311	0.40	-0.0292	-0.0646	0.43
ASC5	ASC6	11.7	0.996	-0.42	12.3	0.996	-0.39
B1_trafficH	B345_owney	-0.0274	-0.189	0.44	-0.0551	-0.329	0.39
B1_median	B345_signal	0.0153	0.138	0.46	0.0178	0.176	0.49
B2_Rloglength	B_changedirend	0.00189	0.0527	-0.50	0.00264	0.0698	-0.49
B1_signal	B345_Rloglength	0.0320	0.268	-0.50	0.0554	0.354	-0.47
B345_signal	B_changedirend	0.00246	0.0441	0.51	0.00139	0.0266	0.53
B345_Rloglength	B345_signal	0.00905	0.0721	0.55	0.00723	0.0557	0.52
B1_signal	B2_park	0.0408	0.370	-0.55	0.0782	0.533	-0.56
B345_median	B345_owney	0.0975	0.458	-0.56	0.125	0.562	-0.61
B2_park	B345_signal	0.0149	0.129	0.57	0.0235	0.193	0.57
ASC4	B_vp2d2	0.0209	0.0107	-0.65	0.160	0.0868	-0.69
ASC2	B_vp2d2	0.0217	0.0633	0.68	0.0320	0.0931	0.75
B_carry	B_vp2d2	0.0144	0.0396	0.69	-0.0193	-0.0598	0.74
B1_signal	B_changedirend	0.00663	0.125	0.70	0.00432	0.0686	0.60
B1_trafficH	B2_owney	-0.0280	-0.231	0.72	-0.0664	-0.427	0.59
ASC3	B_vp2d2	-0.00145	-0.000766	-0.77	0.113	0.0642	-0.82
B2_Rloglength	B345_signal	0.00291	0.0415	-0.82	0.00477	0.0695	-0.86
B1_trafficH	B345_median	-0.0194	-0.116	0.84	-0.0428	-0.245	0.79
B1_trafficH	B_carry	-0.00308	-0.0344	-0.87	-0.00263	-0.0282	-0.85
ASC2	B1_trafficH	0.00931	0.110	0.92	-0.00833	-0.0836	0.77
ASC4	B345_median	0.137	0.193	-0.92	0.220	0.309	-0.93
B_attract	B_changedirend	0.00824	0.169	0.96	0.00714	0.134	0.89
ASC4	B2_owney	0.111	0.216	-1.04	0.213	0.335	-1.04
ASC3	ASC4	1.95	0.989	-1.06	2.05	0.987	-0.93
ASC4	B345_owney	0.00225	0.00367	-1.06	0.110	0.161	-1.07
B1_median	B_changedirend	0.00581	0.102	1.07	0.00473	0.0851	1.08
B1_signal	B2_Rloglength	0.0148	0.222	1.09	0.0349	0.422	1.07
ASC3	B345_median	0.104	0.152	-1.10	0.162	0.239	-1.12
B345_Rloglength	B_changedirend	0.00520	0.0808	1.12	0.00240	0.0336	1.00
B2_Rloglength	B_vp2d2	0.000751	0.00258	1.21	-0.0177	-0.0637	1.30
ASC3	B2_owney	0.0758	0.153	-1.22	0.147	0.244	-1.22
ASC3	B345_owney	-0.0274	-0.0463	-1.23	0.0556	0.0854	-1.25
B2_park	B_changedirend	0.0116	0.196	1.24	0.0115	0.172	1.10
ASC4	B1_trafficH	-0.0174	-0.0361	-1.24	-0.0790	-0.148	-1.17
B2_Rloglength	B_attract	0.00880	0.144	-1.29	0.0124	0.177	-1.22
B_changedirend	B_vp2d2	-0.0257	-0.111	1.29	-0.0325	-0.153	1.40
B345_owney	B_carry	0.00886	0.0777	-1.32	0.00174	0.0146	-1.22
B1_median	B2_Rloglength	0.00954	0.133	1.38	0.0125	0.171	1.42
B345_signal	B_vp2d2	-0.0348	-0.0770	1.39	-0.00924	-0.0240	1.54
B2_park	B345_plength	0.0606	0.186	-1.39	0.0852	0.227	-1.37
B1_median	B345_plength	0.0358	0.115	-1.42	0.0456	0.146	-1.40
B1_signal	B_vp2d2	-0.0240	-0.0559	1.44	-0.0474	-0.102	1.52
ASC3	B1_trafficH	-0.00596	-0.0128	-1.45	-0.0515	-0.101	-1.39
B_attract	B_vp2d2	-0.0428	-0.109	1.47	-0.0647	-0.165	1.57
ASC2	B345_owney	0.0340	0.316	1.48	0.0545	0.428	1.47
B1_plength	B2_park	0.0945	0.311	1.50	0.160	0.418	1.41
B2_Rloglength	B2_park	0.0113	0.152	-1.51	0.0240	0.273	-1.45
B345_plength	B_attract	0.0241	0.0904	1.52	0.00744	0.0249	1.44
B1_median	B_vp2d2	-0.00585	-0.0127	1.55	-0.0215	-0.0525	1.67
ASC4	B_carry	0.0287	0.0755	-1.55	0.0360	0.0945	-1.51
B2_park	B_vp2d2	-0.0230	-0.0477	1.57	-0.0652	-0.132	1.65
B1_median	B1_plength	0.0930	0.319	-1.58	0.134	0.424	-1.48
ASC2	ASC4	0.113	0.315	1.61	0.173	0.426	1.60
B345_plength	B345_signal	0.0245	0.0801	1.62	0.0229	0.0781	1.58
B1_signal	B345_plength	0.0545	0.187	-1.63	0.0885	0.250	-1.61
B345_Rloglength	B_vp2d2	0.0522	0.100	1.63	0.00361	0.00685	1.71

B345_median	B_carry	0.00256	0.0194	-1.63	*	-0.000861	-0.00692	-1.66	*
B1_plength	B_attract	0.0668	0.268	1.66	*	0.0823	0.271	1.49	*
B1_plength	B345_Rloglength	0.173	0.526	1.67	*	0.240	0.589	1.55	*
B1_plength	B345_signal	0.0256	0.0894	1.67	*	0.0623	0.209	1.57	*
B2_park	B2_plength	0.0842	0.288	-1.68	*	0.112	0.331	-1.67	*
B1_median	B2_plength	0.0616	0.220	-1.71	*	0.0853	0.305	-1.73	*
B345_Rloglength	B345_plength	0.226	0.640	-1.73	*	0.272	0.678	-1.75	*
B2_oneway	B_carry	0.00205	0.0215	-1.75	*	-0.00413	-0.0373	-1.52	*
ASC3	B_carry	0.0236	0.0644	-1.76	*	0.0350	0.0963	-1.74	*
B2_Rloglength	B345_Rloglength	0.0421	0.521	-1.79	*	0.0543	0.579	-1.69	*
ASC3	ASC6	1.85	0.389	1.80	*	2.48	0.495	1.83	*
ASC4	B2_Rloglength	-0.287	-0.944	-1.80	*	-0.315	-0.957	-1.74	*
B2_plength	ASC3	0.0850	0.246	1.81	*	0.133	0.343	1.82	*
B2_plength	B_attract	0.0496	0.207	1.82	*	0.0563	0.211	1.78	*
B2_plength	B345_signal	0.0166	0.0605	1.84	*	0.0426	0.162	1.88	*
B1_plength	B1_signal	0.117	0.431	1.85	*	0.217	0.603	1.81	*
ASC2	B345_median	0.0373	0.300	1.85	*	0.0605	0.456	2.07	*
ASC3	ASC5	1.79	0.383	1.87	*	2.37	0.485	1.92	*
B2_plength	B345_Rloglength	0.162	0.511	1.88	*	0.213	0.593	1.95	*
ASC4	ASC6	2.03	0.411	1.89	*	2.76	0.523	1.94	*
B345_plength	B_changedirend	0.0456	0.291	1.94	*	0.0492	0.305	1.90	*
ASC4	ASC5	1.94	0.401	1.95	*	2.60	0.507	2.02	*
B1_plength	B_changedirend	0.0216	0.147	1.96	*	0.0237	0.144	1.76	*
B1_signal	B2_plength	0.0802	0.307	-1.97	*	0.154	0.487	-2.09	*
ASC3	B2_Rloglength	-0.276	-0.942	-2.00	*	-0.297	-0.949	-1.96	*
ASC2	B2_Rloglength	-0.0118	-0.222	-2.03	*	-0.0224	-0.365	-1.79	*
B2_Rloglength	B_carry	-0.00288	-0.0510	2.07	*	-0.00433	-0.0754	2.04	*
ASC4	B_changedirend	-0.0324	-0.134	-2.10	*	-0.0289	-0.115	-2.04	*
ASC4	B345_Rloglength	-0.284	-0.523	-2.12	*	-0.374	-0.601	-2.00	*
B345_plength	B_vped2	-0.00440	-0.00347	2.14	*	-0.00408	-0.00343	2.25	*
B1_plength	B_vped2	-0.00230	-0.00194	2.15	*	-0.121	-0.100	2.11	*
ASC6	B2_oneway	0.182	0.147	-2.16	*	0.350	0.230	-2.11	*
ASC6	B345_median	0.460	0.268	-2.16	*	0.653	0.379	-2.12	*
B2_Rloglength	B345_plength	0.0808	0.411	-2.17	*	0.101	0.479	-2.15	*
ASC4	B1_signal	-0.0968	-0.216	-2.17	*	-0.215	-0.391	-2.00	*
B2_plength	B_changedirend	0.0221	0.157	2.19	*	0.0151	0.104	2.11	*
ASC2	B1_signal	-0.0458	-0.583	-2.20	*	-0.0717	-0.701	-1.85	*
ASC6	B345_oneway	0.201	0.135	-2.20	*	0.355	0.215	-2.15	*
ASC4	B345_signal	-0.0230	-0.0488	-2.20	*	-0.0353	-0.0775	-2.13	*
ASC4	B2_park	-0.169	-0.337	-2.22	*	-0.234	-0.402	-2.10	*
ASC6	B1_trafficH	-0.0709	-0.0609	-2.23	*	-0.136	-0.105	-2.15	*
ASC5	B2_oneway	0.139	0.114	-2.23	*	0.273	0.183	-2.20	*
ASC5	B345_median	0.417	0.248	-2.23	*	0.583	0.349	-2.22	*
ASC4	B_attract	-0.0736	-0.179	-2.24	*	-0.0831	-0.179	-2.16	*
B2_plength	B_vped2	0.00503	0.00441	2.25	*	-0.0933	-0.0875	2.29	*
ASC5	B345_oneway	0.177	0.121	-2.27	*	0.300	0.187	-2.24	*
ASC2	B2_oneway	0.0406	0.451	2.28	*	0.0676	0.572	2.14	*
ASC4	B2_plength	-0.877	-0.737	-2.30	*	-0.965	-0.766	-2.22	*
ASC4	B1_plength	-0.732	-0.591	-2.31	*	-0.921	-0.644	-2.14	*
ASC5	B1_trafficH	-0.0570	-0.0498	-2.31	*	-0.101	-0.0802	-2.25	*
ASC4	B1_median	-0.0355	-0.0737	-2.32	*	-0.0625	-0.129	-2.23	*
ASC2	B345_signal	-0.0169	-0.205	-2.32	*	-0.0182	-0.214	-2.31	*
ASC3	B345_Rloglength	-0.262	-0.500	-2.34	*	-0.338	-0.570	-2.23	*
ASC3	B_changedirend	-0.0261	-0.112	-2.34	*	-0.0255	-0.107	-2.30	*
ASC4	B345_plength	-0.603	-0.456	-2.37	*	-0.722	-0.513	-2.26	*
B1_plength	B2_Rloglength	0.107	0.581	2.38	*	0.139	0.647	2.16	*
ASC6	B_carry	0.142	0.155	-2.39	*	0.0504	0.0548	-2.29	*
ASC2	ASC6	0.214	0.247	2.40	*	0.313	0.319	2.33	*
ASC3	B1_signal	-0.0689	-0.159	-2.42	*	-0.162	-0.311	-2.26	*
ASC3	B345_signal	-0.00837	-0.0184	-2.45	*	-0.0198	-0.0456	-2.40	*
ASC3	B2_park	-0.139	-0.287	-2.46	*	-0.180	-0.324	-2.37	*
ASC5	B_carry	0.139	0.154	-2.47	*	0.0479	0.0536	-2.39	*
ASC2	ASC5	0.181	0.213	2.47	*	0.264	0.276	2.43	*
ASC3	B2_plength	-0.819	-0.713	-2.48	*	-0.880	-0.733	-2.41	*
ASC3	B_attract	-0.0560	-0.141	-2.48	*	-0.0617	-0.140	-2.42	*
ASC3	B1_plength	-0.661	-0.553	-2.50	*	-0.797	-0.585	-2.35	*
ASC6	B2_Rloglength	-0.275	-0.374	-2.51	*	-0.377	-0.474	-2.41	*
B345_signal	B_carry	0.00686	0.0782	2.55	*	0.000128	0.00161	2.58	*
ASC6	B345_Rloglength	-0.863	-0.657	-2.55	*	-1.14	-0.758	-2.43	*
B1_signal	B_carry	-0.00644	-0.0772	2.55	*	-0.00187	-0.0195	2.39	*
ASC3	B345_plength	-0.563	-0.440	-2.55	*	-0.668	-0.499	-2.45	*
ASC3	B1_median	-0.0118	-0.0254	-2.58	*	-0.0256	-0.0557	-2.52	*
ASC2	B1_plength	-0.0827	-0.381	-2.58	*	-0.141	-0.529	-2.50	*
ASC6	B_changedirend	-0.123	-0.211	-2.58	*	-0.119	-0.196	-2.24	*
ASC2	B345_plength	-0.0460	-0.199	-2.59	*	-0.0692	-0.264	-2.46	*
ASC5	B2_Rloglength	-0.263	-0.366	-2.59	*	-0.354	-0.458	-2.52	*
ASC2	B345_Rloglength	-0.0253	-0.266	-2.59	*	-0.0431	-0.372	-2.26	*
ASC2	B1_median	-0.0283	-0.335	-2.60	*	-0.0373	-0.414	-2.47	*
ASC2	B2_park	-0.0336	-0.383	-2.61	*	-0.0560	-0.516	-2.24	*
ASC6	B345_signal	-0.180	-0.158	-2.61	*	-0.103	-0.0937	-2.55	*
ASC6	B_vped2	3.10	0.656	-2.62	*	2.74	0.615	-2.43	*
ASC6	B1_signal	-0.215	-0.199	-2.62	*	-0.354	-0.267	-2.51	*
B345_Rloglength	B_carry	-0.0153	-0.152	2.63	*	-0.0100	-0.0925	2.53	*
ASC5	B345_Rloglength	-0.838	-0.649	-2.63	*	-1.09	-0.747	-2.53	*
B345_plength	B_carry	-0.0148	-0.0604	2.64	*	-0.0121	-0.0492	2.59	*
ASC6	B345_plength	-1.88	-0.589	-2.64	*	-2.14	-0.629	-2.54	*
ASC6	B_attract	-0.186	-0.187	-2.65	*	-0.148	-0.132	-2.57	*
ASC5	B_changedirend	-0.116	-0.202	-2.67	*	-0.114	-0.193	-2.61	*

B_carry	B_changedirend	-0.00124	-0.0276	-2.67	-0.00289	-0.0661	-2.68
ASC2	B_changedirend	-0.00697	-0.165	-2.68	-0.00240	-0.0514	-2.63
ASC6	B2_park	-0.215	-0.177	-2.68	-0.374	-0.266	-2.56
ASC6	B1_median	-0.0880	-0.0757	-2.69	-0.119	-0.102	-2.60
ASC5	B_attract	-0.0203	-0.282	-2.70	-0.0214	-0.248	-2.50
ASC5	B345_signal	-0.120	-0.107	-2.71	-0.0468	-0.0438	-2.67
ASC5	B1_signal	-0.182	-0.171	-2.71	-0.289	-0.224	-2.63
ASC5	B345_plength	-1.84	-0.584	-2.72	-2.05	-0.622	-2.64
B2_Rloqlength	B2_plength	0.118	0.665	-2.72	0.138	0.728	-2.73
B1_plength	B_carry	-0.0240	-0.104	2.72	-0.0254	-0.102	2.47
ASC5	B_vped2	3.06	0.659	-2.73	2.68	0.618	-2.56
ASC5	B_attract	-0.167	-0.171	-2.74	-0.121	-0.111	-2.68
ASC6	B1_plength	-1.17	-0.390	-2.76	-1.74	-0.504	-2.58
ASC5	B2_park	-0.181	-0.152	-2.77	-0.311	-0.227	-2.68
ASC5	B1_median	-0.0588	-0.0514	-2.78	-0.0735	-0.0647	-2.72
B2_Rloqlength	B345_oneway	-0.00482	-0.0528	2.79	-0.0195	-0.189	2.48
B1_signal	B345_oneway	-0.0495	-0.367	2.80	-0.0933	-0.543	2.36
ASC6	B2_plength	-1.14	-0.396	-2.80	-1.57	-0.516	-2.65
B_attract	B_carry	-0.00712	-0.0931	2.81	-0.00643	-0.0796	2.73
B2_park	B_carry	-0.00927	-0.0994	2.81	-0.00249	-0.0244	2.72
ASC2	B2_plength	-0.0642	-0.308	-2.84	-0.0996	-0.424	-2.66
B2_Rloqlength	B345_median	-0.0183	-0.173	2.85	-0.0288	-0.268	2.80
ASC5	B1_plength	-1.09	-0.371	-2.85	-1.57	-0.469	-2.70
ASC5	B2_plength	-1.08	-0.382	-2.89	-1.45	-0.490	-2.77
B1_trafficH	B2_Rloqlength	0.00745	0.104	-2.90	0.0182	0.226	-2.90
B1_median	B345_oneway	-0.0595	-0.411	2.91	-0.0638	-0.421	2.80
B1_median	B_carry	0.00160	0.0179	2.91	0.00975	0.115	3.15
B2_plength	B_carry	-0.0173	-0.0781	2.97	-0.0214	-0.0971	2.90
B1_signal	B345_median	-0.0452	-0.290	3.03	-0.0846	-0.472	2.72
B2_park	B345_oneway	-0.0476	-0.316	3.05	-0.0890	-0.487	2.62
B345_Rloqlength	B345_median	-0.0661	-0.350	3.06	-0.0858	-0.422	2.90
B345_median	B345_plength	-0.0928	-0.202	-3.08	-0.108	-0.236	-3.00
B345_median	B345_signal	-0.0212	-0.125	-3.09	-0.0195	-0.131	-3.22
B1_trafficH	B345_plength	0.0255	0.0817	-3.09	0.0584	0.170	-3.09
B1_plength	B345_median	-0.124	-0.288	3.09	-0.203	-0.434	2.75
B345_oneway	B_changedirend	-0.0101	-0.139	-3.09	-0.0105	-0.134	-2.91
B345_Rloqlength	B345_oneway	-0.0312	-0.191	3.11	-0.0527	-0.271	2.76
B1_trafficH	B345_signal	0.00789	0.0709	-3.12	0.0140	0.126	-3.19
B345_oneway	B345_plength	-0.00932	-0.0234	-3.13	-0.0416	-0.0944	-2.94
B1_plength	B345_oneway	-0.0414	-0.111	3.15	-0.114	-0.254	2.71
B1_plength	B2_oneway	-0.107	-0.343	3.17	-0.203	-0.488	2.68
B2_oneway	B345_plength	-0.0566	-0.170	-3.20	-0.0973	-0.238	-2.96
B1_signal	B2_oneway	-0.0547	-0.485	3.21	-0.113	-0.708	2.52
B2_Rloqlength	B2_oneway	-0.0207	-0.271	3.22	-0.0376	-0.393	2.69
B1_median	B2_oneway	-0.0710	-0.587	3.24	-0.0856	-0.610	2.96
B2_park	B345_median	-0.0465	-0.267	3.25	-0.0794	-0.417	2.98
B345_median	B_attract	-0.0362	-0.253	-3.25	-0.0401	-0.265	-3.22
B1_median	B345_median	-0.0378	-0.226	3.26	-0.0455	-0.288	3.28
B345_median	B_changedirend	-0.00856	-0.102	-3.26	-0.0115	-0.140	-3.31
B1_median	B1_trafficH	-0.00911	-0.0802	3.27	0.00965	0.0815	3.46
B345_oneway	B_attract	-0.0125	-0.101	-3.31	-0.0142	-0.0978	-3.07
B2_plength	B345_median	-0.102	-0.247	3.33	-0.156	-0.380	3.16
B1_trafficH	B_changedirend	0.00268	0.0470	-3.33	0.00371	0.0604	-3.16
B345_oneway	B345_signal	0.0202	0.142	-3.34	0.0181	0.127	-3.21
B2_oneway	B2_plength	-0.106	-0.354	-3.37	-0.164	-0.449	-3.07
B1_plength	B1_trafficH	0.0600	0.206	3.38	0.137	0.391	3.27
B2_oneway	B345_signal	-0.0236	-0.199	-3.39	-0.0297	-0.224	-3.11
B2_oneway	B2_park	-0.0542	-0.430	-3.45	-0.101	-0.598	-2.81
B2_plength	B345_oneway	-0.0171	-0.0477	3.45	-0.0772	-0.196	3.14
B1_trafficH	B345_Rloqlength	0.0141	0.110	-3.51	0.0235	0.154	-3.29
B1_trafficH	B2_plength	0.0376	0.134	-3.54	0.0957	0.310	-3.71
B2_oneway	B345_Rloqlength	-0.0315	-0.230	-3.58	-0.0511	-0.283	-3.05
B1_trafficH	B_attract	0.00859	0.0885	-3.61	0.0140	0.124	-3.41
B1_trafficH	B2_park	0.0173	0.146	-3.73	0.0373	0.261	-3.64
B2_oneway	B_attract	-0.0207	-0.200	-3.82	-0.0328	-0.244	-3.26
B2_oneway	B_changedirend	-0.00868	-0.143	-3.89	-0.00806	-0.111	-3.40
B1_signal	B1_trafficH	0.0430	0.406	4.13	0.0719	0.535	4.15

Smallest singular value of the hessian: 0.0386753

Ιεραρχικό πρότυπο συνολικής επιλογής (οδικά τμήματα)

```
// This file has automatically been generated.
// 06/12/09 18:54:34
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL

nested logit model for hierarchical crossing location
data file hierf2.dat - single links and choices after the 5th link are not included
choice between 1st, 2nd, 3rd or next link

```
Model: Nested Logit
Number of estimated parameters: 23
Number of observations: 346
Number of individuals: 346
Null log-likelihood: -557.913
Init log-likelihood: -557.913
Final log-likelihood: -497.466
Likelihood ratio test: 120.894
Rho-square: 0.108
Adjusted rho-square: 0.067
Final gradient norm: +2.639e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 21
Run time: 00:02
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: hierf2.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC1	0.00	--fixed--					
ASC2	-0.641	0.493	-1.30	0.19	* 0.521	-1.23	0.22
ASC3	-3.64	1.77	-2.06	0.04	1.83	-1.99	0.05
ASC4	-3.79	1.77	-2.14	0.03	1.81	-2.09	0.04
ASC5	-10.4	4.41	-2.36	0.02	4.24	-2.45	0.01
ASC6	-10.7	4.41	-2.43	0.01	4.23	-2.54	0.01
B1_Rloglength	0.00	--fixed--					
B1_median	1.19	0.396	2.99	0.00	0.352	3.37	0.00
B1_plength	3.13	0.968	3.23	0.00	0.945	3.31	0.00
B1_signal	0.919	0.651	1.41	0.16	* 0.639	1.44	0.15
B1_trafficH	-0.473	0.473	-1.00	0.32	* 0.536	-0.88	0.38
B2_Rloglength	0.483	0.267	1.81	0.07	* 0.274	1.77	0.08
B2_oneway	-1.63	0.355	-4.58	0.00	0.365	-4.46	0.00
B2_park	1.31	0.402	3.25	0.00	0.392	3.34	0.00
B2_plength	2.94	0.988	2.98	0.00	0.994	2.96	0.00
B345_Rloglength	1.19	0.473	2.49	0.01	0.488	2.41	0.02
B345_median	-1.72	0.600	-2.87	0.00	0.546	-3.16	0.00
B345_oneway	-1.44	0.489	-2.96	0.00	0.486	-2.97	0.00
B345_plength	2.59	1.19	2.17	0.03	1.24	2.09	0.04
B345_signal	0.856	0.430	1.99	0.05	0.423	2.02	0.04
B_attract	0.936	0.361	2.59	0.01	0.385	2.43	0.01
B_carry	-0.389	0.358	-1.09	0.28	* 0.362	-1.08	0.28
B_changedirend	0.492	0.224	2.19	0.03	0.237	2.08	0.04
B_vped2	-1.70	1.87	-0.91	0.36	* 1.73	-0.98	0.33

Model parameters

Name	Value	Std err	t-test(0)	p-val(0)	t-test(1)	p-val(1)	Rob. std err	Rob. t-test(0)	Rob. p-val
NEST1	1.26	0.950	1.32		0.19	0.27	0.79	* 1.01	1.25
0.26	0.80		*						0.21
NEST2	1.00	--fixed--	1.32		0.19	0.27	0.79	* 1.01	1.25
0.26	0.80		*						0.21
NEST3	1.00	--fixed--	1.32		0.19	0.27	0.79	* 1.01	1.25
0.26	0.80		*						0.21
NEST4	1.00	--fixed--	1.32		0.19	0.27	0.79	* 1.01	1.25
0.26	0.80		*						0.21
NEST5	1.00	--fixed--	1.32		0.19	0.27	0.79	* 1.01	1.25
0.26	0.80		*						0.21

Utility functions

```
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvped2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
2 Alt2 av2 ASC2 * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vped2 *
I_logvped2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
```

```

3      Alt3      av3      ASC3 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 * I_logvpd2 + B_carry *
I_carry + B2_oneyway * L_oneyway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
4      Alt4      av4      ASC4 * one + B2_plength * L_plength2 + B_vped2 * I_logvpd2 + B_carry *
I_carry + B2_oneyway * L_oneyway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
5      Alt5      av5      ASC5 * one + B345_plength * L_plength345 + B345_oneyway * L_oneyway345 +
B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 +
B345_Rloglength * R_loglength
6      Alt6      av6      ASC6 * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 +
B345_oneyway * L_oneyway345 + B_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract
* L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength

```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
B345_median	B_vped2	-0.0270	-0.0240	-0.01	* 0.00428	0.00453	-0.01 *
B1_median	B345_Rloglength	-0.00523	-0.0279	0.01	* -0.0246	-0.143	0.01 *
B1_signal	B_attract	0.0182	0.0775	-0.02	* -0.00570	-0.0232	-0.02 *
B2_Rloglength	B_changedirend	-0.00392	-0.0656	-0.02	* -0.00173	-0.0267	-0.02 *
B2_oneyway	B_vped2	-0.00971	-0.0146	0.04	* 0.00552	0.00873	0.04 *
B1_signal	B345_signal	-0.00760	-0.0271	0.09	* 0.00990	0.0363	0.09 *
B345_oneyway	B_vped2	0.0825	0.0902	0.13	* 0.0892	0.106	0.15 *
B1_trafficH	B_carry	-0.00432	-0.0255	-0.14	* -0.00184	-0.00949	-0.13 *
B345_signal	B_attract	-0.00554	-0.0356	-0.14	* 0.00242	0.0148	-0.14 *
B2_oneyway	B345_median	0.00713	0.0334	0.14	* -0.0102	-0.0513	0.15 *
B2_park	B345_Rloglength	0.000697	0.00367	0.21	* -0.0138	-0.0720	0.20 *
B1_median	B2_park	0.00283	0.0177	-0.22	* 0.0127	0.0924	-0.25 *
B1_median	B1_signal	-0.0526	-0.204	0.32	* -0.0500	-0.223	0.33 *
B1_signal	B345_Rloglength	0.0101	0.0327	-0.33	* 0.00323	0.0104	-0.32 *
B1_plength	B2_plength	0.801	0.837	0.33	* 0.786	0.837	0.34 *
B2_plength	B345_plength	0.659	0.559	0.34	* 0.749	0.608	0.35 *
ASC2	B_carry	-0.00631	-0.0358	-0.41	* -0.00721	-0.0382	-0.39 *
B345_Rloglength	B_attract	0.00157	0.00921	0.41	* -0.0165	-0.0876	0.37 *
B2_oneyway	B345_oneyway	0.0835	0.481	-0.41	* 0.0846	0.476	-0.41 *
B345_median	B345_oneyway	0.0875	0.298	-0.43	* 0.0679	0.256	-0.44 *
B345_Rloglength	B345_signal	-0.00772	-0.0380	0.49	* -0.0212	-0.103	0.47 *
B1_plength	B345_plength	0.633	0.548	0.52	* 0.685	0.585	0.53 *
B1_median	B_attract	0.0295	0.206	0.52	* 0.0312	0.231	0.54 *
B1_signal	B2_park	0.0202	0.0771	-0.53	* 0.00908	0.0362	-0.53 *
ASC2	B1_trafficH	0.185	0.795	-0.54	* 0.238	0.851	-0.58 *
ASC2	B_vped2	-0.0188	-0.0204	0.54	* -0.0229	-0.0254	0.58 *
B1_median	B345_signal	-0.00103	-0.00606	0.56	* 0.00197	0.0132	0.60 *
B1_signal	B_changedirend	-0.00948	-0.0650	0.61	* -0.0142	-0.0938	0.61 *
B1_signal	B2_Rloglength	-0.00102	-0.00587	0.62	* 0.00919	0.0526	0.64 *
B1_trafficH	B_vped2	-0.0160	-0.0180	0.63	* -0.00196	-0.00211	0.68 *
B_carry	B_vped2	0.0367	0.0546	0.69	* -0.00456	-0.00728	0.74 *
B2_park	B_attract	0.00287	0.0198	0.69	* -0.00605	-0.0401	0.66 *
B2_Rloglength	B345_signal	-0.00457	-0.0398	-0.72	* -0.00324	-0.0280	-0.73 *
B345_signal	B_changedirend	-0.00298	-0.0309	0.74	* -0.000974	-0.00971	0.75 *
ASC3	B_vped2	-0.0869	-0.0262	-0.74	* -0.0338	-0.0107	-0.77 *
B2_park	B345_signal	-0.00586	-0.0339	0.76	* -0.000106	-0.000641	0.78 *
ASC4	B_vped2	-0.0869	-0.0262	-0.80	* -0.0324	-0.0103	-0.83 *
ASC3	ASC4	3.12	0.995	0.88	* 3.30	0.995	0.88 *
B2_Rloglength	B_attract	0.000661	0.00685	-1.01	* 0.00312	0.0297	-0.97 *
B2_park	B345_plength	0.00946	0.0197	-1.02	* 0.0322	-0.0662	-0.97 *
ASC3	B345_median	0.0163	0.0154	-1.03	* 0.0296	0.0296	-1.01 *
ASC5	ASC6	19.4	0.997	1.04	* 17.9	0.997	1.06 *
B_attract	B_changedirend	0.00420	0.0518	1.07	* 0.00651	0.0714	1.02 *
ASC3	B2_oneyway	-0.0346	-0.0550	-1.10	* -0.0747	-0.112	-1.06 *
B1_median	B345_plength	-0.0101	-0.0214	-1.11	* -0.0327	-0.0751	-1.07 *
ASC4	B345_median	0.0163	0.0154	-1.11	* 0.0283	0.0286	-1.10 *
ASC3	B345_oneyway	-0.191	-0.221	-1.13	* -0.201	-0.226	-1.10 *
B_changedirend	B_vped2	-0.0201	-0.0478	1.16	* -0.0404	-0.0985	1.24 *
B2_Rloglength	B_vped2	0.0164	0.0328	1.16	* 0.00844	0.0178	1.25 *
ASC2	B345_oneyway	0.00600	0.0249	1.17	* 0.00164	0.00647	1.13 *
ASC4	B2_oneyway	-0.0346	-0.0550	-1.19	* -0.0693	-0.105	-1.15 *
ASC4	B345_oneyway	-0.191	-0.221	-1.21	* -0.197	-0.224	-1.19 *
B1_signal	B345_plength	-0.00933	-0.0120	-1.22	* -0.0654	-0.0826	-1.16 *
B345_Rloglength	B_changedirend	-0.00302	-0.0286	1.30	* -0.00476	-0.0412	1.24 *
B345_plength	B_attract	-0.0166	-0.0386	1.31	* -0.0352	-0.0738	1.25 *
B345_signal	B_vped2	-0.00186	-0.00232	1.33	* 0.0844	0.115	1.47 *
B1_signal	B_vped2	0.0250	0.0205	1.33	* 0.0190	0.0172	1.43 *
B345_plength	B345_signal	-0.0111	-0.0217	1.36	* -0.0396	-0.0755	1.29 *
B_attract	B_vped2	-0.0298	-0.0441	1.37	* -0.0464	-0.0697	1.46 *
B1_signal	B1_trafficH	-0.179	-0.581	1.39	* -0.229	-0.668	1.30 *
ASC2	B1_signal	-0.287	-0.895	-1.40	* -0.302	-0.906	-1.38 *
B1_trafficH	B345_oneyway	-0.00596	-0.0258	1.41	* -0.0109	-0.0420	1.32 *
B345_Rloglength	B345_plength	0.330	0.586	-1.42	* 0.361	0.597	-1.38 *
ASC2	B345_median	0.0139	0.0469	1.43	* 0.00125	0.00439	1.44 *
B1_median	B2_Rloglength	-0.00247	-0.0234	1.45	* -0.0109	-0.114	1.50 *
B1_median	B_vped2	0.0291	0.0392	1.52	* 0.0415	0.0681	1.65 *
B1_median	B_changedirend	0.00138	0.0156	1.53	* 0.00485	0.0582	1.68 *
B2_park	B2_plength	0.00613	0.0154	-1.54	* -0.0478	-0.123	-1.47 *
B345_Rloglength	B_vped2	0.149	0.169	1.55	* 0.164	0.194	1.69 *
B2_park	B_vped2	0.0116	0.0154	1.58	* -0.00829	-0.0122	1.69 *

ASC4	ASC5	2.51	0.321	1.58	* 3.11	0.405	1.70	*
ASC2	ASC3	-0.106	-0.122	1.58	* -0.0650	-0.0682	1.55	*
ASC3	ASC5	2.51	0.321	1.61	* 3.17	0.409	1.75	*
B2_Rloglength	B345_Rloglength	0.0555	0.440	-1.62	* 0.0639	0.478	-1.61	*
ASC2	B2_oneway	0.00303	0.0173	1.64	* -0.00165	-0.00864	1.54	*
B1_median	B2_plength	-0.00261	-0.00667	-1.65	* -0.0184	-0.0527	-1.64	*
ASC4	ASC6	2.50	0.319	1.65	* 3.11	0.405	1.80	*
ASC2	ASC4	-0.106	-0.122	1.66	* -0.0639	-0.0676	1.64	*
B1_trafficH	B345_median	0.00952	0.0335	1.67	* 0.00593	0.0203	1.65	*
B2_Rloglength	B2_park	-0.00448	-0.0417	-1.68	* -0.00844	-0.0786	-1.67	*
ASC3	ASC6	2.50	0.319	1.69	* 3.17	0.409	1.84	*
ASC3	B1_trafficH	-0.0714	-0.0852	-1.69	* -0.0428	-0.0437	-1.64	*
B345_oneway	B_carry	-0.00221	-0.0126	-1.73	* -0.00938	-0.0533	-1.70	*
B1_signal	B2_plength	0.0167	0.0260	-1.73	* 0.0175	0.0276	-1.74	*
B1_plength	B2_park	-0.00253	-0.00649	1.73	* -0.0466	-0.126	1.71	*
ASC4	B1_trafficH	-0.0714	-0.0852	-1.77	* -0.0421	-0.0433	-1.74	*
B1_trafficH	B2_Rloglength	0.00288	0.0228	-1.78	* -0.00301	-0.0206	-1.58	*
B1_signal	B_carry	0.00954	0.0409	1.79	* 0.00744	0.0322	1.81	*
B345_plength	B_changedirend	0.0621	0.232	1.81	* 0.0853	0.290	1.81	*
ASC3	B_carry	0.0160	0.0253	-1.81	* 0.0624	0.0944	-1.78	*
B2_park	B_changedirend	0.00431	0.0478	1.81	* 0.00545	0.0587	1.83	*
B2_Rloglength	B345_plength	0.101	0.316	-1.85	* 0.119	0.352	-1.80	*
B345_median	B_carry	-0.0136	-0.0633	-1.86	* -0.119	-0.0601	-1.98	*
B1_trafficH	B_changedirend	0.00270	0.0254	-1.86	* 0.00784	0.0617	-1.69	*
B2_plength	B345_signal	-0.0277	-0.0653	1.89	* -0.00401	-0.00953	1.93	*
ASC4	B_carry	0.0160	0.0253	-1.89	* 0.0602	0.0917	-1.87	*
B1_trafficH	B2_oneway	-0.00716	-0.0426	1.91	* -0.0174	-0.0889	1.71	*
B2_plength	B_attract	0.00607	0.0170	1.92	* 0.00879	0.0230	1.90	*
B1_median	B1_plength	0.0389	0.102	-1.93	* 0.00807	0.0243	-1.94	*
B2_Rloglength	B345_Rloglength	0.193	0.391	1.93	* 0.219	0.452	1.99	*
B2_Rloglength	B_carry	0.000109	0.00114	1.95	* -0.00779	-0.0787	1.85	*
ASC5	B345_median	0.170	0.0641	-1.97	* -0.00749	-0.00323	-2.03	*
ASC5	B2_oneway	-0.148	-0.0944	-1.97	* -0.223	-0.144	-2.04	*
B345_plength	B_vped2	0.0897	0.0402	1.97	* 0.191	0.0891	2.10	*
B1_plength	B1_signal	0.0501	0.0795	1.97	* 0.0293	0.0485	1.98	*
ASC5	B345_oneway	-0.134	-0.0622	-2.01	* -0.227	-0.110	-2.07	*
ASC2	B2_Rloglength	0.00185	0.0141	-2.02	* -0.00599	-0.0420	-1.88	*
ASC2	B2_Rloglength	-0.440	-0.931	-2.04	* -0.471	-0.941	-1.97	*
ASC6	B345_median	0.170	0.0640	-2.04	* -0.0147	-0.00635	-2.11	*
ASC6	B2_oneway	-0.147	-0.0939	-2.04	* -0.220	-0.142	-2.12	*
ASC6	B345_oneway	-0.152	-0.0705	-2.08	* -0.241	-0.117	-2.16	*
B1_plength	B345_signal	-0.0289	-0.0694	2.09	* -0.00341	-0.00853	2.19	*
B_carry	B_changedirend	0.00110	0.0137	-2.10	* -0.00248	-0.0289	-2.01	*
B2_Rloglength	B2_Rloglength	-0.440	-0.931	-2.12	* -0.468	-0.943	-2.06	*
B1_trafficH	B345_signal	0.00753	0.0370	-2.12	* -0.00308	-0.0136	-1.93	*
ASC2	B_changedirend	0.00551	0.0499	-2.13	* 0.0124	0.101	-2.06	*
B1_plength	B_attract	0.0159	0.0454	2.16	* 0.00902	0.0248	2.17	*
B1_plength	B345_Rloglength	0.177	0.387	2.18	* 0.199	0.431	2.28	*
ASC2	ASC5	-0.119	-0.0546	2.19	* -0.159	-0.0720	2.26	*
ASC5	B1_trafficH	-0.0762	-0.0365	-2.23	* -0.0244	-0.0107	-2.32	*
B2_plength	B_vped2	0.107	0.0579	2.25	* 0.0933	0.0542	2.38	*
ASC2	ASC6	-0.121	-0.0557	2.26	* -0.153	-0.0695	2.35	*
B1_trafficH	B_attract	-0.0144	-0.0841	-2.28	* -0.00991	-0.0481	-2.09	*
ASC5	B_carry	0.236	0.149	-2.29	* 0.164	0.107	-2.37	*
ASC6	B1_trafficH	-0.0789	-0.0378	-2.30	* -0.0213	-0.00938	-2.41	*
B345_signal	B_carry	0.0107	0.0697	2.31	* -0.0119	-0.0777	2.16	*
ASC3	B_changedirend	-0.00617	-0.0155	-2.31	* -0.0172	-0.0396	-2.23	*
ASC2	B345_signal	0.00710	0.0335	-2.33	* -0.00489	-0.0222	-2.20	*
B2_oneway	B_carry	-0.0125	-0.0977	-2.34	* -0.0141	-0.106	-2.29	*
B1_plength	B_vped2	0.122	0.0676	2.36	* 0.0957	0.0585	2.51	*
B345_plength	B_carry	-0.0191	-0.0447	2.36	* -0.0287	-0.0639	2.27	*
ASC6	B_carry	0.232	0.147	-2.37	* 0.163	0.107	-2.46	*
ASC3	B345_Rloglength	-0.355	-0.424	-2.39	* -0.430	-0.482	-2.29	*
ASC4	B_changedirend	-0.00617	-0.0155	-2.40	* -0.0138	-0.0322	-2.33	*
B1_trafficH	B345_plength	0.00839	0.0149	-2.40	* 0.0451	0.0680	-2.33	*
ASC5	B2_Rloglength	-0.341	-0.290	-2.42	* -0.422	-0.364	-2.50	*
B2_plength	B_changedirend	0.00836	0.0377	2.44	* 0.00746	0.0317	2.42	*
B1_trafficH	B345_Rloglength	-0.00408	-0.0183	-2.45	* -0.0142	-0.0544	-2.22	*
ASC5	B_changedirend	-0.106	-0.107	-2.45	* -0.152	-0.151	-2.54	*
ASC5	B345_Rloglength	-1.24	-0.593	-2.46	* -1.32	-0.640	-2.53	*
ASC4	B345_Rloglength	-0.355	-0.424	-2.46	* -0.424	-0.479	-2.38	*
ASC2	B_attract	-0.0152	-0.0855	-2.48	* 0.00332	0.0165	-2.45	*
ASC3	B345_signal	0.0353	0.0463	-2.49	* 0.0261	0.0337	-2.41	*
ASC6	B2_Rloglength	-0.339	-0.288	-2.50	* -0.422	-0.365	-2.59	*
ASC5	B_vped2	5.47	0.663	-2.51	* 4.35	0.592	-2.48	*
ASC2	B345_plength	0.00821	0.0140	-2.52	* 0.0478	0.0739	-2.47	*
B345_Rloglength	B_carry	-0.0168	-0.0993	2.52	* -0.0164	-0.0930	2.47	*
ASC3	B_attract	-0.00909	-0.0142	-2.53	* -0.0328	-0.0467	-2.43	*
ASC5	B345_plength	-2.79	-0.531	-2.53	* -2.92	-0.555	-2.58	*
ASC6	B_changedirend	-0.105	-0.106	-2.53	* -0.147	-0.147	-2.63	*
ASC3	B345_plength	-0.756	-0.358	-2.53	* -0.933	-0.412	-2.40	*
ASC6	B345_Rloglength	-1.23	-0.591	-2.53	* -1.32	-0.640	-2.62	*
ASC3	B1_signal	0.164	0.142	-2.54	* 0.114	0.0978	-2.43	*
ASC5	B345_signal	0.0222	0.0117	-2.54	* 0.281	0.157	-2.68	*
B_attract	B_carry	-0.00621	-0.0479	2.54	* -0.0107	-0.0772	2.42	*
ASC5	B_attract	-0.0656	-0.0411	-2.55	* -0.00986	-0.00605	-2.66	*
ASC5	B1_signal	0.186	0.0649	-2.56	* 0.265	0.0979	-2.68	*
ASC4	B345_signal	0.0353	0.0463	-2.58	* 0.0286	0.0372	-2.52	*

B1_median	B1_trafficH	-0.0159	-0.0847	2.58	0.00698	0.0370	2.63
ASC4	B345_plength	-0.756	-0.358	-2.59	-0.908	-0.404	-2.48
ASC6	B345_plength	-2.78	-0.530	-2.59	-2.90	-0.554	-2.65
ASC3	B2_plength	-1.15	-0.660	-2.60	-1.25	-0.688	-2.52
ASC6	B345_signal	-0.0691	-0.0364	-2.61	0.194	0.109	-2.76
ASC6	B_vp2d2	5.47	0.663	-2.61	4.33	0.592	-2.59
ASC4	B_attract	-0.00909	-0.0142	-2.61	-0.0301	-0.0431	-2.53
ASC4	B1_signal	0.164	0.142	-2.62	0.113	0.0971	-2.53
ASC2	B345_Rloglength	-0.00651	-0.0290	-2.63	-0.00653	-0.0256	-2.51
ASC6	B_attract	-0.0636	-0.0398	-2.63	-0.0105	-0.00645	-2.75
ASC5	B1_median	0.159	0.0911	-2.64	0.279	0.187	-2.77
ASC6	B1_signal	0.189	0.0658	-2.64	0.255	0.0943	-2.77
ASC3	B2_park	-0.108	-0.152	-2.64	-0.0562	-0.0784	-2.60
ASC5	B2_park	0.0246	0.0139	-2.65	0.106	0.0639	-2.77
B1_plength	B_changedirend	0.000396	0.00183	2.66	0.00669	0.0299	2.73
ASC4	B2_plength	-1.15	-0.659	-2.66	-1.23	-0.681	-2.60
ASC6	B1_median	0.159	0.0912	-2.71	0.276	0.186	-2.85
ASC4	B2_park	-0.108	-0.152	-2.72	-0.0594	-0.0834	-2.70
ASC6	B2_park	0.0268	0.0151	-2.72	0.103	0.0620	-2.85
ASC3	B1_median	0.0858	0.122	-2.73	0.109	0.170	-2.68
ASC5	B2_plength	-1.22	-0.281	-2.79	-1.54	-0.365	-2.84
B1_trafficH	B2_park	-0.0103	-0.0541	-2.79	-0.00769	-0.0366	-2.64
ASC4	B1_median	0.0858	0.122	-2.82	0.107	0.167	-2.78
B1_signal	B345_oneway	-0.0206	-0.0646	2.82	-0.0287	-0.0924	2.82
ASC3	B1_plength	-0.782	-0.457	-2.85	-0.860	-0.498	-2.77
ASC5	B1_plength	-1.05	-0.246	-2.85	-1.31	-0.328	-2.92
ASC6	B2_plength	-1.21	-0.278	-2.86	-1.55	-0.368	-2.92
B2_Rloglength	B2_plength	0.157	0.596	-2.87	0.173	0.636	-2.91
B1_signal	B345_median	-0.0207	-0.0530	2.91	-0.00219	-0.00627	3.14
ASC4	B1_plength	-0.782	-0.456	-2.92	-0.853	-0.498	-2.85
ASC6	B1_plength	-1.04	-0.244	-2.92	-1.33	-0.332	-3.00
ASC2	B2_park	-0.0140	-0.0706	-2.96	-0.00476	-0.0232	-2.95
ASC2	B1_median	0.0149	0.0761	-3.00	0.0292	0.159	-3.15
B1_plength	B2_Rloglength	0.124	0.480	3.04	0.133	0.515	3.16
B1_median	B_carry	0.0138	0.0969	3.10	0.0235	0.184	3.46
B2_park	B_carry	-0.00319	-0.0221	3.12	0.00682	0.0481	3.26
B1_trafficH	B2_plength	0.00351	0.00750	-3.13	0.0134	0.0251	-3.06
B2_plength	B_carry	-0.000647	-0.00183	3.17	-0.0250	-0.0696	3.08
B345_median	B345_plength	-0.0350	-0.0489	-3.17	0.0367	0.0542	-3.25
ASC2	B2_plength	-0.00571	-0.0117	-3.23	-0.00535	-0.0103	-3.18
B345_oneway	B345_plength	0.0949	0.163	-3.33	0.124	0.206	-3.27
B2_Rloglength	B345_median	-0.00384	-0.0240	3.33	-0.000250	-0.00167	3.61
B1_signal	B2_oneway	-0.0151	-0.0651	3.34	-0.0256	-0.110	3.31
B1_plength	B1_trafficH	0.0100	0.0219	3.37	0.0393	0.0776	3.43
B1_plength	B_carry	-0.00410	-0.0118	3.40	-0.0236	-0.0689	3.40
B2_oneway	B345_plength	0.0115	0.0272	-3.41	0.0253	0.0559	-3.31
ASC2	B1_plength	-0.0171	-0.0358	-3.42	4.00e-005	8.11e-005	-3.49
B345_median	B_changedirend	0.00376	0.0279	-3.49	-0.00625	-0.0483	-3.66
B345_median	B345_signal	0.000602	0.00233	-3.50	0.00145	0.00627	-3.75
B345_Rloglength	B345_median	-0.0517	-0.182	3.50	-0.0122	-0.0457	3.87
B345_oneway	B_changedirend	-0.000470	-0.00429	-3.60	-0.00665	-0.0577	-3.50
B345_median	B_attract	-0.0266	-0.122	-3.61	-0.0161	-0.0769	-3.85
B2_Rloglength	B345_oneway	0.0158	0.121	3.66	0.0212	0.159	3.72
B1_median	B345_oneway	-0.0491	-0.253	3.74	-0.0269	-0.158	4.09
B345_Rloglength	B345_oneway	0.00924	0.0400	3.94	0.0262	0.110	4.03
B2_plength	B345_median	-0.0249	-0.0420	3.96	-0.0130	-0.0240	4.08
B1_median	B345_median	-0.00138	-0.00580	4.04	0.0229	0.119	4.75
B345_oneway	B345_signal	0.0497	0.237	-4.04	0.0527	0.256	-4.13
B2_park	B345_median	-0.00259	-0.0107	4.18	0.00312	0.0146	4.54
B1_plength	B345_median	-0.0217	-0.0373	4.19	0.00998	0.0193	4.49
B345_oneway	B_attract	0.0253	0.143	-4.22	0.0423	0.226	-4.35
B2_park	B345_oneway	-0.0128	-0.0651	4.22	-0.0297	-0.156	4.11
B2_oneway	B2_plength	-0.0256	-0.0729	-4.25	0.000816	0.00225	-4.32
B2_plength	B345_oneway	0.111	0.231	4.40	0.129	0.267	4.47
B2_oneway	B345_signal	-0.00187	-0.0123	-4.42	-0.00315	-0.0204	-4.40
B1_median	B2_oneway	-0.0567	-0.402	4.47	-0.0478	-0.373	4.74
B2_Rloglength	B2_oneway	-0.00696	-0.0735	4.59	-0.00181	-0.0181	4.59
B1_plength	B345_oneway	0.101	0.215	4.64	0.143	0.311	4.98
B1_plength	B2_oneway	0.0114	0.0330	4.66	0.0367	0.106	4.87
B2_oneway	B345_Rloglength	0.00603	0.0359	-4.83	0.0230	0.129	-4.91
B2_oneway	B_changedirend	0.000841	0.0106	-5.07	-0.00396	-0.0457	-4.77
B2_oneway	B2_park	-0.0119	-0.0830	-5.26	-0.0210	-0.147	-5.12
B2_oneway	B_attract	0.0143	0.112	-5.36	0.0171	0.122	-5.16

Smallest singular value of the hessian: 0.0237119

Συνδυαστικά Ιεραρχικό πρότυπο συνολικής επιλογής

```
// This file has automatically been generated.
// 06/12/09 19:01:23
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

Cross-nested logit model for hierarchical crossing location
data file hierf2.dat - single links and choices after the 5th link are not included
choice between 1st, 2nd, 3rd or next link

```
Model: Cross-Nested Logit
Number of estimated parameters: 24
Number of observations: 346
Number of individuals: 346
Null log-likelihood: -557.913
Init log-likelihood: -557.913
Final log-likelihood: -495.368
Likelihood ratio test: 125.089
Rho-square: 0.112
Adjusted rho-square: 0.069
Final gradient norm: +3.704e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 444
Run time: 00:30
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: hierf2.dat
```

Utility parameters

```
*****
Name Value Std err t-test p-val Rob. std err Rob. t-test Rob. p-val
-----
ASC1 0.00 --fixed--
ASC2 -0.521 0.235 -2.22 0.03 0.239 -2.18 0.03
ASC3 -3.01 1.59 -1.90 0.06 * 1.63 -1.84 0.07 *
ASC4 -2.93 1.54 -1.90 0.06 * 1.58 -1.85 0.06 *
ASC5 -8.21 4.08 -2.01 0.04 4.66 -1.76 0.08 *
ASC6 -8.21 4.02 -2.04 0.04 4.61 -1.78 0.08 *
B1_Rioglength 0.00 --fixed--
B1_median 0.973 0.366 2.66 0.01 0.341 2.85 0.00
B1_plength 2.46 0.941 2.62 0.01 0.951 2.59 0.01
B1_signal 0.875 0.299 2.93 0.00 0.295 2.97 0.00
B1_trafficH -0.694 0.349 -1.99 0.05 0.369 -1.88 0.06 *
B2_Rioglength 0.396 0.231 1.72 0.09 * 0.233 1.70 0.09 *
B2_oneway -1.30 0.395 -3.29 0.00 0.385 -3.37 0.00
B2_park 0.990 0.377 2.62 0.01 0.391 2.53 0.01
B2_plength 2.41 0.999 2.41 0.02 0.965 2.50 0.01
B345_Rioglength 0.963 0.438 2.20 0.03 0.519 1.86 0.06 *
B345_median -1.25 0.592 -2.11 0.03 0.589 -2.13 0.03
B345_oneway -1.07 0.503 -2.13 0.03 0.532 -2.01 0.04
B345_plength 2.31 1.10 2.11 0.04 1.20 1.92 0.05 *
B345_signal 0.695 0.333 2.09 0.04 0.308 2.26 0.02
B_attract 0.753 0.356 2.11 0.03 0.385 1.96 0.05 *
B_carry -0.356 0.296 -1.20 0.23 * 0.310 -1.15 0.25 *
B_changedirend 0.426 0.238 1.79 0.07 * 0.265 1.61 0.11 *
B_typed2 -1.02 1.42 -0.72 0.47 * 1.34 -0.77 0.44 *
```

Model parameters

```
*****
Name Value Std err t-test(0) p-val(0) t-test(1) p-val(1) Rob. std err Rob. t-test(0) Rob. p-
val(0) Rob. t-test(1) Rob. p-val(1)
-----
NEST1 1.95 0.808 2.41 0.02 1.18 0.24 * 0.887 2.20 0.03
1.07 0.28 *
NEST2 1.04 0.386 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST3 1.00 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST1_Alt2 0.500 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST1_Alt4 1.00 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST1_Alt6 1.00 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST2_Alt1 0.500 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST2_Alt3 1.00 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST2_Alt5 1.00 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
NEST3_Alt1 0.500 --fixed-- 2.70 0.01 0.11 0.91 * 0.381 2.74 0.01
0.12 0.91 *
```

```

NEST3_Alt2 0.500 --fixed-- 2.70      0.01      0.11      0.91      * 0.381      2.74      0.01
0.12      0.91      *
    
```

Utility functions

```

*****
    
```

```

1      Alt1      av1      ASCII * one + B1_trafficH * L_trafficH1 + B1_plength * L_plength1 + B_vp2 *
I_logvp2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
2      Alt2      av2      ASCII * one + B1_signal * J_signal1 + B1_plength * L_plength1 + B_vp2 *
I_logvp2 + B_carry * I_carry + B_changedirend * L_changedirend1 + B1_median * L_median1 + B_attract
* L_attract1 + B1_Rloglength * R_loglength
3      Alt3      av3      ASCII * one + B2_plength * L_plength2 + B_vp2 * I_logvp2 + B_carry *
I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
4      Alt4      av4      ASCII * one + B2_plength * L_plength2 + B_vp2 * I_logvp2 + B_carry *
I_carry + B2_oneway * L_oneway2 + B2_park * L_park2 + B_changedirend * L_changedirend2 + B_attract *
L_attract2 + B2_Rloglength * R_loglength
5      Alt5      av5      ASCII * one + B345_plength * L_plength345 + B345_oneway * L_oneway345 +
B345_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract * L_attract345 +
B345_Rloglength * R_loglength
6      Alt6      av6      ASCII * one + B345_signal * J_signal345 + B345_plength * L_plength345 +
B345_oneway * L_oneway345 + B345_changedirend * L_changedirend345 + B345_median * L_median345 + B_attract
* L_attract345 + B345_Rloglength * R_loglength
    
```

Correlation of coefficients

```

*****
    
```

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
ASC5	ASC6	16.4	0.997	-0.00	* 21.4	0.998	-0.00 *
B1_median	B345_Rloglength	0.0424	0.264	0.02	* 0.0425	0.240	0.02 *
B345_oneway	B_vp2	0.182	0.255	-0.03	* 0.232	0.326	-0.03 *
B1_median	B2_park	0.0425	0.308	-0.04	* 0.0502	0.377	-0.04 *
B2_park	B345_Rloglength	0.0579	0.350	0.06	* 0.0832	0.411	0.05 *
B2_oneway	B345_median	0.108	0.464	-0.08	* 0.103	0.453	-0.08 *
B2_Rloglength	B_changedirend	0.0135	0.246	-0.10	* 0.0204	0.330	-0.10 *
B1_plength	B2_plength	0.834	0.888	0.11	* 0.814	0.886	0.11 *
B345_signal	B_attract	0.00580	0.0489	-0.12	* -0.00557	-0.0469	-0.11 *
B2_plength	B345_plength	0.810	0.739	0.13	* 0.911	0.784	0.13 *
B345_median	B_vp2	0.167	0.198	-0.16	* 0.280	0.355	-0.18 *
B1_plength	B345_plength	0.715	0.693	0.18	* 0.834	0.729	0.18 *
B1_signal	B345_Rloglength	0.0268	0.204	-0.19	* 0.0285	0.186	-0.16 *
B2_oneway	B_vp2	0.0966	0.172	-0.19	* 0.124	0.240	-0.21 *
B1_median	B1_signal	-0.00871	-0.0797	0.20	* -0.00994	-0.0988	0.21 *
B1_trafficH	B_vp2	0.0142	0.0286	0.23	* 0.0175	0.0354	0.24 *
B1_signal	B2_park	0.0300	0.266	-0.28	* 0.0295	0.256	-0.27 *
B1_signal	B_attract	0.0226	0.212	0.29	* 0.00933	0.0821	0.26 *
ASC2	B_vp2	0.00203	0.00608	0.35	* -0.00187	-0.00584	0.37 *
B345_median	B345_oneway	0.169	0.566	-0.35	* 0.200	0.638	-0.38 *
ASC3	ASC4	2.42	0.990	-0.38	* 2.55	0.991	-0.39 *
B1_signal	B345_signal	0.00703	0.0707	0.42	* 0.000912	0.0100	0.42 *
ASC2	B_carry	-0.00575	-0.0827	-0.42	* -0.0163	-0.221	-0.38 *
ASC2	B1_trafficH	0.00964	0.118	0.44	* 0.00414	0.0469	0.40 *
B345_Rloglength	B_attract	0.0556	0.356	0.46	* 0.0594	0.297	0.38 *
B_carry	B_vp2	0.0643	0.153	0.47	* 0.0534	0.129	0.50 *
B345_Rloglength	B345_signal	0.00460	0.0315	0.49	* -0.0112	-0.0698	0.43 *
B1_median	B_attract	0.0549	0.421	0.57	* 0.0622	0.474	0.59 *
B1_median	B345_signal	0.00659	0.0541	0.58	* -0.00497	-0.0473	0.59 *
B2_park	B_attract	0.0553	0.411	0.59	* 0.0546	0.363	0.54 *
B2_park	B345_signal	0.00768	0.0611	0.60	* -0.00344	-0.0286	0.58 *
B1_trafficH	B345_oneway	0.00913	0.0520	0.63	* 0.0110	0.0557	0.59 *
B2_oneway	B345_oneway	0.144	0.724	-0.65	* 0.151	0.736	-0.63 *
B345_signal	B_changedirend	0.00481	0.0606	0.68	* -0.00565	-0.0691	0.64 *
B2_Rloglength	B345_signal	0.000163	0.00212	-0.74	* -0.00505	-0.0702	-0.75 *
B1_trafficH	B_carry	0.0132	0.128	-0.79	* 0.0237	0.207	-0.78 *
B1_trafficH	B345_median	0.0254	0.123	0.86	* 0.0319	0.147	0.86 *
ASC4	B_vp2	0.208	0.0950	-0.95	* 0.403	0.191	-1.02 *
B2_Rloglength	B_attract	0.0206	0.251	-0.96	* 0.0261	0.291	-0.92 *
B_changedirend	B_vp2	-0.0773	-0.228	0.97	* -0.102	-0.288	1.01 *
B2_Rloglength	B_vp2	-0.0255	-0.0777	0.97	* -0.0470	-0.151	1.02 *
ASC2	B345_oneway	-0.00161	-0.0136	0.98	* -0.00859	-0.0675	0.92 *
ASC3	B_vp2	0.227	0.101	-0.98	* 0.397	0.182	-1.04 *
B_attract	B_changedirend	0.0388	0.458	1.00	* 0.0480	0.470	0.93 *
ASC4	B2_oneway	0.146	0.240	-1.09	* 0.138	0.227	-1.06 *
ASC3	B2_oneway	0.169	0.269	-1.12	* 0.146	0.232	-1.08 *
ASC4	B345_median	0.283	0.310	-1.14	* 0.354	0.381	-1.15 *
ASC2	B345_median	-0.00132	-0.00952	1.14	* -0.000696	-0.00494	1.15 *
B_attract	B_vp2	-0.115	-0.227	1.15	* -0.143	-0.278	1.19 *
B345_signal	B_vp2	-0.0429	-0.0907	1.15	* -0.0107	-0.0260	1.25 *
ASC3	B345_median	0.315	0.335	-1.18	* 0.372	0.386	-1.17 *
B1_trafficH	B2_oneway	0.00738	0.0536	1.18	* -0.00471	-0.0331	1.11 *
ASC4	B345_oneway	0.0780	0.101	-1.18	* 0.150	0.179	-1.18 *
ASC3	B345_oneway	0.106	0.132	-1.21	* 0.172	0.198	-1.20 *
B1_median	B345_plength	0.100	0.250	-1.26	* 0.117	0.286	-1.16 *
B2_park	B345_plength	0.141	0.341	-1.28	* 0.180	0.382	-1.19 *
B1_signal	B_vp2	-0.0397	-0.0934	1.28	* -0.0350	-0.0888	1.36 *
B1_signal	B_changedirend	0.0129	0.182	1.29	* 0.00606	0.0775	1.18 *

B345_Rloglength	B_changedirend	0.0397	0.380	1.30	* 0.0594	0.431	1.14	*
B2_park	B_vped2	-0.0880	-0.164	1.32	* -0.144	-0.275	1.35	*
B345_Rloglength	B_vped2	-0.0276	-0.0442	1.32	* -0.147	-0.212	1.30	*
B1_signal	B345_plength	0.0531	0.162	-1.32	* 0.0422	0.119	-1.20	*
B1_median	B_vped2	-0.0532	-0.102	1.33	* -0.0636	-0.139	1.40	*
B1_signal	B2_Rloglength	0.00908	0.132	1.36	* 0.0129	0.188	1.41	*
B345_oneway	B_carry	0.0408	0.274	-1.40	* 0.0537	0.325	-1.37	*
B345_plength	B345_signal	0.0195	0.0534	1.43	* -0.0255	-0.0689	1.28	*
B1_median	B2_Rloglength	0.0161	0.191	1.47	* 0.0125	0.157	1.51	*
ASC4	B1_trafficH	0.0864	0.161	-1.47	* 0.117	0.201	-1.44	*
B2_Rloglength	B2_park	0.0179	0.205	-1.48	* 0.0223	0.245	-1.47	*
ASC3	B1_trafficH	0.105	0.190	-1.49	* 0.142	0.235	-1.46	*
ASC3	ASC5	3.49	0.540	1.49	* 4.69	0.616	1.34	*
B345_plength	B_attract	0.118	0.301	1.49	* 0.133	0.288	1.35	*
B1_median	B_changedirend	0.0281	0.322	1.49	* 0.0369	0.408	1.63	*
ASC4	ASC5	3.27	0.521	1.50	* 4.48	0.609	1.35	*
ASC3	ASC6	3.38	0.529	1.50	* 4.58	0.607	1.35	*
ASC4	ASC6	3.19	0.516	1.51	* 4.41	0.605	1.37	*
B1_median	B2_plength	0.119	0.326	-1.52	* 0.107	0.325	-1.57	*
B345_median	B_carry	0.0463	0.264	-1.52	* 0.0625	0.342	-1.59	*
ASC2	ASC3	-0.00536	-0.0144	1.55	* -0.00752	-0.0193	1.50	*
ASC2	ASC4	0.0149	0.0411	1.55	* 0.0150	0.0399	1.52	*
B2_park	B2_plength	0.154	0.409	-1.56	* 0.138	0.366	-1.58	*
B1_signal	B2_plength	0.0660	0.221	-1.57	* 0.0540	0.190	-1.61	*
B345_Rloglength	B345_plength	0.341	0.709	-1.60	* 0.472	0.757	-1.54	*
B2_Rloglength	B345_Rloglength	0.0605	0.598	-1.61	* 0.0733	0.605	-1.35	*
B2_park	B_changedirend	0.0400	0.445	1.63	* 0.0497	0.480	1.60	*
B2_plength	B345_signal	0.0100	0.0301	1.65	* -0.0136	-0.0457	1.67	*
B1_plength	B2_park	0.126	0.355	1.67	* 0.129	0.347	1.65	*
ASC2	B2_oneway	0.000686	0.00740	1.69	* -0.00137	-0.0149	1.70	*
B1_median	B1_plength	0.126	0.366	-1.70	* 0.118	0.364	-1.68	*
ASC4	B_carry	0.101	0.222	-1.71	* 0.159	0.324	-1.71	*
ASC3	B_carry	0.118	0.251	-1.72	* 0.182	0.359	-1.71	*
ASC5	B2_oneway	0.514	0.319	-1.74	* 0.569	0.318	-1.52	*
ASC6	B2_oneway	0.492	0.310	-1.76	* 0.556	0.313	-1.53	*
B345_plength	B_vped2	-0.174	-0.111	1.77	* -0.270	-0.168	1.72	*
B1_plength	B1_signal	0.0848	0.302	1.77	* 0.0828	0.295	1.75	*
B1_plength	B345_signal	0.00777	0.0248	1.78	* -0.00367	-0.0125	1.76	*
B_carry	B_changedirend	-0.0227	-0.321	-1.80	* -0.0369	-0.448	-1.60	*
B2_plength	B345_Rloglength	0.270	0.618	1.80	* 0.349	0.696	2.04	*
B2_plength	B_attract	0.138	0.389	1.80	* 0.133	0.358	1.84	*
ASC5	B345_median	1.11	0.458	-1.81	* 1.65	0.602	-1.61	*
ASC5	B345_oneway	0.697	0.340	-1.81	* 1.03	0.416	-1.60	*
ASC6	B345_median	1.08	0.452	-1.83	* 1.63	0.598	-1.62	*
ASC6	B345_oneway	0.655	0.323	-1.84	* 0.988	0.403	-1.61	*
B2_Rloglength	B_carry	-0.0130	-0.190	1.84	* -0.0209	-0.288	1.72	*
ASC5	B1_trafficH	0.218	0.153	-1.86	* 0.364	0.211	-1.63	*
B2_plength	B_vped2	-0.186	-0.131	1.87	* -0.301	-0.233	1.88	*
ASC2	ASC5	-0.0305	-0.0318	1.88	* -0.0395	-0.0354	1.64	*
ASC6	B1_trafficH	0.195	0.139	-1.88	* 0.331	0.194	-1.65	*
ASC3	B2_Rloglength	-0.346	-0.944	-1.89	* -0.362	-0.950	-1.84	*
ASC4	B2_Rloglength	-0.336	-0.946	-1.89	* -0.352	-0.955	-1.84	*
B2_Rloglength	B345_plength	0.121	0.477	-1.90	* 0.149	0.530	-1.75	*
B345_plength	B_changedirend	0.140	0.536	1.91	* 0.199	0.624	1.78	*
ASC2	ASC6	-0.00674	-0.00713	1.91	* -0.0138	-0.0125	1.66	*
B1_plength	B_vped2	-0.161	-0.120	1.94	* -0.304	-0.239	1.92	*
B1_plength	B345_Rloglength	0.241	0.585	1.94	* 0.325	0.658	2.07	*
B1_plength	B_attract	0.130	0.388	1.97	* 0.127	0.347	1.91	*
ASC5	B_carry	0.447	0.370	-1.97	* 0.567	0.392	-1.73	*
ASC6	B_carry	0.425	0.357	-2.00	* 0.537	0.376	-1.74	*
ASC3	B_changedirend	-0.136	-0.359	-2.04	* -0.187	-0.432	-1.95	*
ASC5	B2_Rloglength	-0.453	-0.481	-2.05	* -0.587	-0.540	-1.80	*
ASC4	B_changedirend	-0.116	-0.316	-2.06	* -0.161	-0.385	-1.97	*
ASC5	B_changedirend	-0.466	-0.479	-2.06	* -0.666	-0.539	-1.80	*
ASC5	B345_Rloglength	-1.34	-0.751	-2.08	* -2.07	-0.855	-1.79	*
ASC6	B2_Rloglength	-0.440	-0.473	-2.08	* -0.575	-0.534	-1.82	*
B_attract	B_carry	-0.0343	-0.326	2.09	* -0.0458	-0.384	1.91	*
ASC6	B_changedirend	-0.445	-0.464	-2.09	* -0.635	-0.519	-1.82	*
ASC3	B345_Rloglength	-0.432	-0.620	-2.10	* -0.556	-0.656	-1.98	*
ASC6	B345_Rloglength	-1.31	-0.744	-2.10	* -2.04	-0.851	-1.81	*
ASC5	B_attract	-0.586	-0.403	-2.12	* -0.682	-0.380	-1.86	*
ASC4	B345_Rloglength	-0.407	-0.604	-2.12	* -0.533	-0.651	-1.99	*
ASC6	B_attract	-0.563	-0.393	-2.15	* -0.658	-0.370	-1.88	*
ASC5	B345_plength	-3.05	-0.682	-2.15	* -4.13	-0.737	-1.88	*
ASC5	B345_signal	-0.123	-0.0906	-2.16	* 0.0495	0.0344	-1.91	*
B2_oneway	B_carry	0.0278	0.238	-2.17	* 0.0285	0.239	-2.18	*
ASC3	B_attract	-0.179	-0.317	-2.17	* -0.212	-0.337	-2.09	*
B345_Rloglength	B_carry	-0.0447	-0.345	2.17	* -0.0628	-0.390	1.88	*
ASC5	B_vped2	3.86	0.666	-2.17	* 4.11	0.659	-1.84	*
ASC5	B2_park	-0.542	-0.352	-2.18	* -0.797	-0.438	-1.90	*
B2_plength	B_changedirend	0.112	0.469	2.18	* 0.129	0.502	2.30	*
ASC6	B345_plength	-2.97	-0.672	-2.18	* -4.03	-0.726	-1.90	*
ASC6	B345_signal	-0.174	-0.130	-2.18	* -0.00276	-0.00194	-1.93	*
ASC4	B_attract	-0.160	-0.292	-2.19	* -0.194	-0.319	-2.11	*
B345_plength	B_carry	-0.0946	-0.291	2.19	* -0.145	-0.389	1.97	*
ASC5	B1_signal	-0.212	-0.174	-2.19	* -0.185	-0.135	-1.93	*
ASC5	B1_median	-0.326	-0.218	-2.20	* -0.372	-0.234	-1.93	*
ASC6	B2_park	-0.521	-0.343	-2.21	* -0.780	-0.433	-1.92	*

ASC6	B_vped2	3.86	0.674	-2.22	4.12	0.668	-1.87	*
ASC6	B1_signal	-0.210	-0.175	-2.22	-0.191	-0.141	-1.95	*
ASC6	B1_median	-0.306	-0.208	-2.23	-0.351	-0.223	-1.95	*
ASC3	B2_plength	-1.18	-0.744	-2.24	-1.20	-0.761	-2.21	
ASC3	B345_plength	-0.961	-0.552	-2.24	-1.20	-0.609	-2.09	
ASC5	B2_plength	-2.29	-0.563	-2.25	-3.01	-0.669	-1.98	
ASC4	B2_plength	-1.11	-0.723	-2.26	-1.14	-0.748	-2.23	
ASC3	B2_park	-0.234	-0.390	-2.26	-0.248	-0.389	-2.20	
ASC4	B345_plength	-0.884	-0.524	-2.27	-1.10	-0.581	-2.11	
ASC4	B2_park	-0.216	-0.372	-2.28	-0.239	-0.387	-2.22	
ASC3	B345_signal	-0.000703	-0.00133	-2.28	0.0397	0.0789	-2.26	
ASC6	B2_plength	-2.21	-0.550	-2.29	-2.95	-0.663	-2.00	
ASC4	B345_signal	-0.00691	-0.0135	-2.29	0.0272	0.0560	-2.28	
ASC5	B1_plength	-1.96	-0.510	-2.31	-2.76	-0.623	-2.01	
B345_median	B_changedirend	-0.0605	-0.429	-2.31	-0.0797	-0.510	-2.21	
B1_plength	B_changedirend	0.0900	0.401	2.33	0.113	0.448	2.35	
B2_Rioglength	B2_plength	0.152	0.661	-2.33	0.158	0.700	-2.46	
ASC6	B1_plength	-1.89	-0.500	-2.34	-2.72	-0.621	-2.03	
B345_oneway	B_changedirend	-0.0497	-0.415	-2.34	-0.0683	-0.484	-2.14	
ASC3	B1_signal	-0.0537	-0.113	-2.36	-0.0584	-0.121	-2.29	
ASC3	B1_median	-0.0845	-0.145	-2.37	-0.0787	-0.141	-2.32	
B2_Rioglength	B345_median	-0.0387	-0.283	2.38	-0.0435	-0.316	2.36	
ASC4	B1_signal	-0.0510	-0.111	-2.38	-0.0651	-0.140	-2.31	
ASC4	B1_median	-0.0667	-0.118	-2.40	-0.0635	-0.118	-2.36	
ASC3	B1_plength	-0.874	-0.585	-2.41	-0.936	-0.602	-2.35	
B345_signal	B_carry	0.00519	0.0527	2.42	0.00646	0.0677	2.49	
ASC4	B1_plength	-0.822	-0.568	-2.43	-0.901	-0.600	-2.36	
B1_trafficH	B_changedirend	-0.0161	-0.194	-2.44	-0.0258	-0.264	-2.20	
B2_plength	B_carry	-0.0934	-0.316	2.45	-0.123	-0.411	2.45	
B345_median	B_attract	-0.0949	-0.450	-2.46	-0.0964	-0.425	-2.42	
B2_park	B_carry	-0.0338	-0.302	2.47	-0.0381	-0.315	2.36	
B345_Rioglength	B345_median	-0.131	-0.504	2.47	-0.184	-0.602	2.23	
B345_median	B345_plength	-0.264	-0.406	-2.47	-0.333	-0.470	-2.27	
B1_plength	B2_Rioglength	0.124	0.569	2.49	0.134	0.602	2.48	
B1_trafficH	B2_Rioglength	-0.00726	-0.0903	-2.51	-0.00919	-0.107	-2.38	
B1_trafficH	B345_plength	-0.0570	-0.149	-2.51	-0.0798	-0.180	-2.28	
B2_Rioglength	B345_oneway	-0.0177	-0.152	2.51	-0.0239	-0.193	2.36	
ASC2	B345_plength	0.0253	0.0980	-2.58	0.0356	0.124	-2.37	
B345_oneway	B345_plength	-0.132	-0.239	-2.58	-0.215	-0.336	-2.30	
B345_oneway	B_attract	-0.0516	-0.288	-2.62	-0.0550	-0.268	-2.48	
B1_median	B_carry	-0.0172	-0.159	2.63	-0.0193	-0.182	2.65	
B345_Rioglength	B345_oneway	-0.0764	-0.346	2.63	-0.112	-0.405	2.31	
B1_plength	B_carry	-0.0821	-0.295	2.64	-0.107	-0.363	2.56	
B2_plength	B345_median	-0.273	-0.461	2.66	-0.296	-0.521	2.68	
B2_park	B345_median	-0.0958	-0.428	2.71	-0.118	-0.513	2.61	
B1_median	B345_oneway	-0.0890	-0.483	2.72	-0.0828	-0.456	2.72	
B1_trafficH	B_attract	-0.0167	-0.135	-2.73	-0.0277	-0.195	-2.48	
B345_median	B345_signal	-0.0236	-0.120	-2.73	0.000958	0.00528	-2.94	
B2_park	B345_oneway	-0.0809	-0.426	2.76	-0.111	-0.534	2.54	
B1_signal	B_carry	-0.0109	-0.124	2.76	-0.00365	-0.0399	2.82	
B1_trafficH	B345_Rioglength	-0.0193	-0.127	-2.79	-0.0363	-0.190	-2.40	
B1_median	B345_plength	-0.0728	-0.336	2.80	-0.0686	-0.341	2.87	
B2_oneway	B345_plength	-0.148	-0.342	-2.81	-0.165	-0.356	-2.60	
B1_trafficH	B2_plength	-0.0492	-0.141	-2.81	-0.0436	-0.122	-2.89	
B2_plength	B345_oneway	-0.133	-0.264	2.83	-0.166	-0.323	2.80	
ASC2	B2_Rioglength	0.00171	0.0315	-2.83	0.000813	0.0146	-2.77	
B1_plength	B345_median	-0.241	-0.432	2.83	-0.280	-0.500	2.76	
ASC2	B345_signal	-0.00724	-0.0925	-2.86	-0.00709	-0.0963	-2.98	
B1_median	B1_trafficH	-0.0388	-0.304	2.89	-0.0399	-0.317	2.89	
ASC2	B2_plength	0.0154	0.0657	-2.90	0.0219	0.0950	-3.02	
B1_trafficH	B345_signal	0.00275	0.0237	-2.92	0.00893	0.0784	-3.01	
B1_signal	B345_median	-0.0428	-0.242	2.93	-0.0389	-0.224	2.97	
B1_signal	B345_oneway	-0.0434	-0.289	2.97	-0.0487	-0.310	2.84	
B2_oneway	B2_plength	-0.187	-0.476	-3.00	-0.153	-0.411	-3.15	
ASC2	B_changedirend	0.00641	0.114	-3.01	0.0161	0.254	-3.07	
ASC2	B_attract	0.00148	0.0176	-3.01	0.0115	0.125	-2.98	
B1_plength	B345_oneway	-0.112	-0.237	3.03	-0.146	-0.288	2.90	
ASC2	B345_Rioglength	0.00327	0.0317	-3.03	0.000415	0.00334	-2.60	
ASC2	B1_plength	0.000111	0.000503	-3.08	-0.00252	-0.0111	-3.03	
B1_plength	B1_trafficH	-0.0181	-0.0550	3.09	-0.00166	-0.00472	3.09	
B1_trafficH	B2_park	-0.0136	-0.103	-3.12	-0.0199	-0.138	-2.94	
ASC2	B1_signal	-0.0264	-0.376	-3.14	-0.0299	-0.425	-3.09	
B345_oneway	B345_signal	0.0271	0.162	-3.17	0.0493	0.301	-3.34	
B2_oneway	B_changedirend	-0.0391	-0.415	-3.20	-0.0437	-0.428	-3.12	
B1_plength	B2_oneway	-0.142	-0.382	3.27	-0.130	-0.355	3.28	
B2_Rioglength	B2_oneway	-0.0280	-0.307	3.29	-0.0260	-0.289	3.36	
B2_oneway	B345_Rioglength	-0.0610	-0.352	-3.30	-0.0611	-0.306	-3.08	
ASC2	B2_park	-0.00381	-0.0430	-3.33	-0.00359	-0.0385	-3.24	
B1_median	B2_oneway	-0.0860	-0.596	3.34	-0.0715	-0.545	3.56	
B2_oneway	B_attract	-0.0454	-0.323	-3.36	-0.0436	-0.294	-3.31	
ASC2	B1_median	-0.00121	-0.0141	-3.41	0.00617	0.0757	-3.72	
B2_oneway	B2_park	-0.0689	-0.462	-3.46	-0.0777	-0.517	-3.39	
B2_oneway	B345_signal	-0.0150	-0.114	-3.66	0.00282	0.0238	-4.09	
B1_signal	B2_oneway	-0.0376	-0.319	3.84	-0.0429	-0.378	3.84	
B1_signal	B1_trafficH	0.0284	0.273	4.00	0.0382	0.350	4.09	

Smallest singular value of the hessian: 0.0265776

Ευρύτερα διαδοχικά πολυωνυμικά πρότυπα

```
// This file has automatically been generated.
// 07/14/09 14:22:29
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

```
BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL
```

```
multinomial logit model for crossing at junction current/next, at midblock current/next or not
crossing
data file: seqhier.dat
```

```
Model: Multinomial Logit
Number of estimated parameters: 14
Number of observations: 463
Number of individuals: 463
Null log-likelihood: -704.334
Init log-likelihood: -704.334
Final log-likelihood: -601.248
Likelihood ratio test: 206.173
Rho-square: 0.146
Adjusted rho-square: 0.126
Final gradient norm: +5.265e-004
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 6
Run time: 00:00
Variance-covariance: from analytical hessian
Sample file: seqhier4.dat
```

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val
ASC0	-0.269	2.53	-0.11	0.92	* 2.46	-0.11	0.91
ASC1	0.00	--fixed--					
ASC2	0.291	0.318	0.92	0.36	* 0.315	0.92	0.36
ASC3	3.01	0.613	4.91	0.00	0.642	4.70	0.00
ASC4	3.04	0.638	4.77	0.00	0.654	4.65	0.00
B0_vp2d2	1.14	0.581	1.96	0.05	* 0.582	1.95	0.05
B2_plength	-0.693	0.463	-1.50	0.13	* 0.471	-1.47	0.14
B_attract	0.327	0.221	1.48	0.14	* 0.219	1.49	0.14
B_first	2.67	0.534	5.00	0.00	0.555	4.81	0.00
B_last	0.0970	0.273	0.36	0.72	* 0.274	0.35	0.72
B_plength	-1.87	0.648	-2.89	0.00	0.612	-3.06	0.00
B_secend	-0.466	0.227	-2.05	0.04	0.230	-2.02	0.04
B_signal	0.586	0.212	2.76	0.01	0.206	2.85	0.00
B_skip1	0.893	0.324	2.76	0.01	0.334	2.68	0.01
B_trafficH	0.00	--fixed--					
B_trafficL	0.300	0.210	1.43	0.15	* 0.213	1.41	0.16

Utility functions

```
*****
0 Alt0 av0 ASC0 * one + B_skip1 * skip1 + B_plength * L_plength2 + B0_vp2d2 *
I_logvp2d2
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B_first * first + B_trafficL * L_trafficL + B_trafficH *
L_trafficH + B_attract * L_attract
2 Alt2 av2 ASC2 * one + B_first * first + B_signal * J_signal + B_secend * L_secend
3 Alt3 av3 ASC3 * one + B_last * last2 + B2_plength * L_plength2 + B_trafficL *
L_trafficL2 + B_trafficH * L_trafficH2
4 Alt4 av4 ASC4 * one + B_last * last2 + B_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2
+ B_attract * L_attract2 + B_secend * L_secend2
```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
ASC2	B_trafficL	0.0338	0.506	-0.03	* 0.0335	0.500	-0.03
ASC0	B_secend	-0.00958	-0.0167	0.08	* -0.0233	-0.0412	0.08
B_attract	B_trafficL	-0.00265	-0.0572	0.09	* -0.00162	-0.0347	0.09
ASC2	B_attract	0.0130	0.186	-0.10	* 0.0131	0.190	-0.11
ASC3	ASC4	0.360	0.920	-0.12	* 0.386	0.919	-0.12
ASC0	B_last	0.00128	0.00186	-0.14	* -0.00730	-0.0108	-0.15
ASC0	B2_plength	-0.0710	-0.0605	0.16	* -0.0162	-0.0139	0.17
ASC0	ASC2	0.0132	0.0164	-0.22	* 0.0192	0.0248	-0.23
ASC0	B_trafficL	-0.0120	-0.0225	-0.22	* 0.000383	0.000732	-0.23
ASC0	B_attract	0.00702	0.0126	-0.24	* -0.0169	-0.0314	-0.24
ASC0	B_signal	0.0185	0.0344	-0.34	* 0.00409	0.00910	-0.35
B0_vp2d2	B_skip1	-0.00451	-0.0240	0.36	* -0.00797	-0.0410	0.36
ASC2	B_last	-0.0146	-0.169	0.43	* -0.0132	-0.153	0.43
B2_plength	B_secend	-0.000554	-0.00526	-0.44	* -0.00789	-0.0729	-0.42
ASC0	B0_vp2d2	-1.42	-0.966	-0.45	* -1.38	-0.963	-0.46
ASC0	B_skip1	-0.00596	-0.00727	-0.46	* -0.0343	-0.0417	-0.47
B_last	B_trafficL	-0.000394	-0.00687	-0.59	* -0.000471	-0.00808	-0.58

ASC0	B_plength	-0.302	-0.184	0.59	* -0.139	-0.0924	0.62	*
B_attract	B_last	0.000358	0.00596	0.66	* -0.000849	-0.0141	0.65	*
ASC2	B_signal	-0.0270	-0.402	-0.66	* -0.0241	-0.372	-0.68	*
B_signal	B_skip1	0.00487	0.0709	-0.82	* 0.00553	0.0805	-0.81	*
B_attract	B_signal	-0.00156	-0.0333	-0.83	* -0.00236	-0.0524	-0.84	*
B_signal	B_trafficL	-0.0119	-0.266	0.85	* -0.0135	-0.308	0.84	*
B0_vp2d2	B_signal	-0.00506	-0.0412	0.88	* -0.000520	-0.00435	0.89	*
ASC4	B_first	0.279	0.817	1.01	* 0.308	0.848	1.08	*
ASC3	B_first	0.278	0.848	1.06	* 0.307	0.862	1.05	*
ASC0	B_first	0.288	0.213	-1.19	* 0.182	0.133	-1.20	*
B2_plength	B_last	-0.0516	-0.409	-1.26	* -0.0560	-0.435	-1.24	*
ASC2	B0_vp2d2	0.00323	0.0175	-1.29	* -0.00231	-0.0126	-1.27	*
ASC2	B_skip1	-0.00622	-0.0605	-1.29	* -0.00889	-0.0845	-1.26	*
B0_vp2d2	B_attract	0.00152	0.0118	1.31	* 0.00638	0.0500	1.32	*
ASC0	ASC3	0.336	0.216	-1.33	* 0.177	0.112	-1.33	*
ASC0	ASC4	0.326	0.202	-1.33	* 0.199	0.124	-1.34	*
B0_vp2d2	B_trafficL	0.00680	0.0557	1.38	* 0.00380	0.0307	1.36	*
B_last	B_signal	-2.98e-005	-0.000515	-1.42	* -3.26e-005	-0.000579	-1.43	*
B_skip1	B_trafficL	-0.00886	-0.130	1.45	* -0.0171	-0.241	1.36	*
B_attract	B_skip1	0.00662	0.0925	-1.51	* 0.00916	0.125	-1.51	*
ASC2	B_secend	-0.0462	-0.640	1.53	* -0.0485	-0.669	1.52	*
B0_vp2d2	B_last	0.00118	0.00746	1.63	* 0.00246	0.0154	1.63	*
B_last	B_skip1	-0.0154	-0.175	-1.74	* -0.0122	-0.134	-1.73	*
ASC2	B2_plength	0.00694	0.0472	1.79	* 0.0147	0.0992	1.82	*
B_last	B_secend	0.0173	0.280	1.86	* 0.0207	0.328	1.91	*
B2_plength	B_plength	0.126	0.420	1.91	* 0.123	0.427	1.99	*
B0_vp2d2	B_first	-0.000980	-0.00316	-1.94	* 0.0312	0.0965	-2.01	*
B2_plength	B_attract	-0.00189	-0.0185	-1.97	* 0.00446	0.0432	-2.00	*
B2_plength	B_trafficL	0.00690	0.0708	-2.01	* 0.0111	0.111	-2.01	*
B_plength	B_secend	-0.00308	-0.0210	-2.03	* -0.0168	-0.119	-2.07	*
ASC4	B0_vp2d2	0.00295	0.00796	2.22	* 0.0383	0.101	2.29	*
ASC3	B0_vp2d2	-0.000501	-0.00141	2.22	* 0.0433	0.116	2.30	*
B_secend	B_trafficL	-0.00271	-0.0567	-2.41	* -0.00532	-0.109	-2.32	*
B2_plength	B_signal	-0.0113	-0.116	-2.41	* -0.0112	-0.116	-2.39	*
B_attract	B_secend	-0.00390	-0.0779	2.41	* -0.000898	-0.0178	2.47	*
B0_vp2d2	B2_plength	-0.00165	-0.00612	2.46	* -0.0168	-0.0614	2.37	*
B0_vp2d2	B_secend	0.00254	0.0193	2.59	* 0.00645	0.0482	2.60	*
B_last	B_plength	-0.0283	-0.160	2.65	* -0.0316	-0.189	2.75	*
B_first	B_skip1	-0.0280	-0.162	2.66	* -0.0629	-0.339	2.40	*
B2_plength	B_skip1	0.00449	0.0299	-2.85	* 0.00623	0.0397	-2.80	*
ASC4	B_skip1	-0.0212	-0.103	2.88	* -0.0627	-0.287	2.64	*
ASC3	B_skip1	-0.0134	-0.0673	2.97	* -0.0490	-0.229	2.69	*
ASC2	B_plength	0.0179	0.0871	3.10	* 0.0342	0.178	3.39	*
B_attract	B_plength	-0.00486	-0.0340	3.18	* 0.00168	0.0125	3.39	*
B_plength	B_trafficL	0.0201	0.148	-3.33	* 0.0303	0.233	-3.62	*
B_secend	B_signal	0.000593	0.0123	-3.41	* -0.00208	-0.0439	-3.34	*
B_secend	B_skip1	0.000361	0.00491	-3.44	* 5.80e-005	0.000755	-3.35	*
B_plength	B_signal	-0.0165	-0.120	-3.48	* -0.0172	-0.136	-3.66	*
B_plength	B_skip1	-0.0466	-0.222	-3.52	* -0.0402	-0.196	-3.67	*
ASC4	B_signal	-0.0155	-0.114	3.53	* -0.0103	-0.0766	3.51	*
B_first	B_signal	-0.00591	-0.0522	3.56	* 0.00125	0.0109	3.53	*
B0_vp2d2	B_plength	0.0233	0.0619	3.57	* -0.00703	-0.0197	3.53	*
ASC3	B_signal	0.00282	0.0217	3.77	* 0.00827	0.0627	3.67	*
ASC2	B_first	0.00202	0.0119	-3.85	* -0.00428	-0.0245	-3.69	*
ASC4	B_attract	-0.00259	-0.0184	4.00	* -0.00657	-0.0458	3.88	*
ASC3	B2_plength	-0.129	-0.453	4.02	* -0.147	-0.486	3.85	*
ASC4	B2_plength	-0.120	-0.405	4.02	* -0.125	-0.406	3.94	*
B_attract	B_first	0.00102	0.00862	-4.06	* 0.00165	0.0136	-3.94	*
ASC2	ASC3	0.0184	0.0945	-4.10	* 0.00346	0.0171	-3.83	*
ASC3	B_trafficL	-0.00565	-0.0438	4.13	* -0.00788	-0.0577	3.95	*
B_first	B_trafficL	0.00145	0.0129	4.14	* 0.00727	0.0616	4.07	*
ASC4	B_last	-0.00973	-0.0560	4.16	* -0.0137	-0.0765	4.04	*
ASC3	B_attract	0.0138	0.102	4.26	* 0.0100	0.0713	4.05	*
ASC3	B_last	0.000179	0.00107	4.35	* -0.00119	-0.00676	4.17	*
ASC4	B_trafficL	0.0276	0.205	4.36	* 0.0284	0.204	4.25	*
B_first	B_last	0.00565	0.0388	4.36	* -0.00125	-0.00820	4.14	*
ASC2	ASC4	0.0619	0.306	-4.44	* 0.0477	0.232	-4.19	*
B2_plength	B_first	-0.0151	-0.0610	-4.62	* -0.0279	-0.107	-4.39	*
ASC4	B_secend	-0.0309	-0.213	4.86	* -0.0316	-0.210	4.76	*
ASC3	B_plength	-0.0832	-0.209	4.98	* -0.0693	-0.176	5.08	*
ASC4	B_plength	-0.0631	-0.152	5.03	* -0.0379	-0.0946	5.24	*
ASC3	B_secend	-0.00834	-0.0599	5.22	* -0.00729	-0.0494	5.02	*
B_first	B_plength	-0.0121	-0.0348	5.32	* -0.000479	-0.00141	5.49	*
B_first	B_secend	0.000890	0.00734	5.41	* -0.00153	-0.0120	5.20	*

Smallest singular value of the hessian: 0.140595

Ευρύτερα διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα

```
// This file has automatically been generated.
// 07/14/09 14:23:54
// Michel Bierlaire, EPFL 2001-2008
```

BIOGEME Version 1.8 [Sat Mar 7 14:36:56 CEST 2009]
Michel Bierlaire, EPFL

multinomial logit model for crossing at junction current/next, at midblock current/next or not crossing
data file: seghier.dat

Model: Nested Logit
Number of estimated parameters: 16
Number of observations: 463
Number of individuals: 463
Null log-likelihood: -704.334
Init log-likelihood: -704.334
Final log-likelihood: -598.446
Likelihood ratio test: 211.776
Rho-square: 0.150
Adjusted rho-square: 0.128
Final gradient norm: +3.719e-003
Diagnostic: Convergence reached...
Iterations: 22
Run time: 00:01
Variance-covariance: from finite difference hessian
Sample file: seghier4.dat

Utility parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-val	Rob. std err	Rob. t-test	Rob. p-val		
ASC0	-2.76	2.58	-1.07	0.28	* 2.56	-1.08	0.28	*	
ASC1	0.00	--fixed--							
ASC2	0.0487	0.231	0.21	0.83	* 0.255	0.19	0.85	*	
ASC3	1.13	0.640	1.77	0.08	* 0.681	1.66	0.10	*	
ASC4	1.05	0.666	1.57	0.12	* 0.721	1.45	0.15	*	
B0_vp2	1.16	0.577	2.01	0.04	0.577	2.02	0.04		
B2_plength	-0.290	0.213	-1.36	0.17	* 0.215	-1.35	0.18	*	
B_attract	0.222	0.129	1.72	0.09	* 0.126	1.75	0.08	*	
B_first	0.940	0.552	1.70	0.09	* 0.599	1.57	0.12	*	
B_last	-0.00822	0.0923	-0.09	0.93	* 0.0935	-0.09	0.93	*	
B_plength	-1.61	0.598	-2.69	0.01	0.559	-2.88	0.00		
B_secend	-0.297	0.182	-1.63	0.10	* 0.193	-1.54	0.12	*	
B_signal	0.347	0.215	1.61	0.11	* 0.247	1.41	0.16	*	
B_skip1	1.35	0.333	4.04	0.00	0.345	3.91	0.00		
B_trafficH	0.00	--fixed--							
B_trafficL	0.180	0.162	1.11	0.27	* 0.190	0.95	0.34	*	
Model parameters									
Name	Value	Std err	t-test(0)	p-val(0)	t-test(1)	p-val(1)	Rob. std err	Rob. t-test(0)	Rob. p-val
	val(0)	Rob. t-test(1)	Rob. p-val(1)						
NEST1	1.00	--fixed--							
NEST2	3.46	2.01	1.72	0.09	1.22	0.22	* 2.21	1.57	0.12
1.11	0.27		*						
NEST3	2.46	1.48	1.66	0.10	0.99	0.32	* 1.60	1.54	0.12
0.91	0.36		*						

Utility functions

```
0 Alt0 av0 ASC0 * one + B_skip1 * skip1 + B_plength * L_plength2 + B0_vp2 *
I_logvp2
1 Alt1 av1 ASC1 * one + B_first * first + B_trafficL * L_trafficL + B_trafficH *
L_trafficH + B_attract * L_attract
2 Alt2 av2 ASC2 * one + B_first * first + B_signal * J_signal + B_secend * L_secend
3 Alt3 av3 ASC3 * one + B_last * last2 + B2_plength * L_plength2 + B_trafficL *
L_trafficL2 + B_trafficH * L_trafficH2
4 Alt4 av4 ASC4 * one + B_last * last2 + B_signal * J_signal2 + B2_plength * L_plength2
+ B_attract * L_attract2 + B_secend * L_secend2
```

Correlation of coefficients

Coeff1	Coeff2	Covariance	Correlation	t-test	Rob. covar.	Rob. correl.	Rob. t-test
ASC3	B0_vp2d	-0.00656	-0.0178	-0.03	* 0.00585	0.0149	-0.03
B2_plength	B_secend	0.0196	0.503	0.04	* 0.0224	0.540	0.04
ASC4	B0_vp2d	-0.00433	-0.0113	-0.13	* 0.00910	0.0195	-0.13
ASC2	B_last	-0.00229	-0.108	0.22	* -0.000775	-0.0325	0.21
B_attract	B_trafficL	0.00714	0.341	0.25	* 0.0113	0.471	0.24
ASC3	B_skip1	-0.0777	-0.365	-0.26	* -0.109	-0.464	-0.24

B0_vped2	B_skip1	-0.00235	-0.0122	-0.27	*	-0.00393	-0.0198	-0.27	*
B0_vped2	B_first	-0.00541	-0.0170	0.28	*	0.00333	0.00964	0.27	*
ASC4	B_skip1	-0.0808	-0.364	-0.35	*	-0.117	-0.470	-0.32	*
ASC0	B_plength	-0.327	-0.212	-0.42	*	-0.196	-0.137	-0.43	*
ASC3	ASC4	0.409	0.959	0.45	*	0.470	0.957	0.41	*
ASC4	B_first	0.349	0.948	0.48	*	0.413	0.955	0.47	*
B_first	B_skip1	-0.0692	-0.376	-0.55	*	-0.0993	-0.481	-0.49	*
B_attract	B_signal	0.0118	0.425	-0.63	*	0.00941	0.302	-0.52	*
ASC2	B_trafficL	0.0217	0.580	-0.69	*	0.0310	0.642	-0.66	*
B_signal	B_trafficL	0.00877	0.252	0.71	*	0.0143	0.306	0.64	*
ASC2	B_attract	0.0106	0.357	-0.78	*	0.0152	0.473	-0.77	*
ASC2	B_signal	-0.00502	-0.101	-0.90	*	-0.00764	-0.122	-0.80	*
ASC0	B2_plength	-0.121	-0.220	-0.94	*	-0.116	-0.211	-0.94	*
ASC0	B_secend	-0.103	-0.220	-0.94	*	-0.131	-0.264	-0.94	*
ASC2	B_secend	-0.0172	-0.408	0.99	*	-0.0164	-0.334	0.94	*
B2_plength	B2_plength	-0.00725	-0.147	1.01	*	-0.00491	-0.0895	0.97	*
B_last	B_trafficL	0.000665	0.0445	-1.03	*	0.00108	0.0609	-0.91	*
ASC0	B_last	0.00270	0.0114	-1.07	*	0.00118	0.00491	-1.07	*
ASC0	ASC2	0.0571	0.0959	-1.09	*	0.0624	0.0956	-1.10	*
B2_plength	B_last	-0.00606	-0.308	-1.09	*	-0.00593	-0.295	-1.09	*
ASC0	B_trafficL	0.0586	0.140	-1.15	*	0.0956	0.196	-1.16	*
ASC0	B_attract	0.0656	0.197	-1.17	*	0.0491	0.151	-1.17	*
ASC0	B_signal	0.134	0.241	-1.23	*	0.172	0.272	-1.24	*
ASC0	B0_vped2	-1.41	-0.948	-1.25	*	-1.39	-0.940	-1.26	*
ASC4	B_signal	0.0899	0.627	1.26	*	0.118	0.662	1.19	*
B0_vped2	B_signal	-0.00388	-0.0312	1.31	*	-0.00439	-0.0308	1.29	*
B_first	B_signal	0.0853	0.717	1.39	*	0.114	0.773	1.35	*
ASC4	B_attract	0.0540	0.627	1.39	*	0.0559	0.613	1.27	*
ASC3	B_first	0.348	0.984	1.41	*	0.403	0.987	1.49	*
B_attract	B_last	0.000410	0.0344	1.47	*	0.00102	0.0860	1.53	*
B_attract	B_first	0.0434	0.608	-1.48	*	0.0427	0.564	-1.33	*
ASC4	B_trafficL	0.0630	0.583	1.48	*	0.0958	0.699	1.44	*
ASC0	B_first	0.436	0.306	-1.50	*	0.475	0.309	-1.51	*
B_last	B_secend	0.00284	0.169	1.52	*	0.00368	0.204	1.47	*
B_first	B_trafficL	0.0419	0.469	1.53	*	0.0672	0.590	1.49	*
B_last	B_signal	0.000467	0.0235	-1.53	*	-0.000731	-0.0317	-1.33	*
ASC0	ASC4	0.513	0.298	-1.55	*	0.548	0.296	-1.56	*
ASC0	B_skip1	-0.0877	-0.102	-1.56	*	-0.125	-0.141	-1.56	*
ASC3	B_signal	0.101	0.731	1.56	*	0.131	0.781	1.53	*
B2_plength	B_trafficL	-0.00932	-0.270	-1.56	*	-0.0130	-0.319	-1.43	*
ASC4	B_last	0.00124	0.0202	1.58	*	0.000474	0.00703	1.45	*
ASC0	ASC3	0.507	0.307	-1.58	*	0.528	0.302	-1.59	*
B0_vped2	B_attract	-0.000158	-0.00212	1.59	*	0.00354	0.0485	1.61	*
ASC4	B2_plength	-0.101	-0.713	1.61	*	-0.110	-0.706	1.51	*
ASC3	B_attract	0.0531	0.643	1.61	*	0.0498	0.577	1.48	*
ASC3	B_trafficL	0.0464	0.447	1.63	*	0.0717	0.554	1.60	*
B0_vped2	B_trafficL	0.00223	0.0238	1.65	*	0.00174	0.0159	1.63	*
ASC2	B_first	0.0337	0.264	-1.65	*	0.0415	0.272	-1.53	*
B2_plength	B_signal	-0.0267	-0.580	-1.67	*	-0.0333	-0.627	-1.53	*
ASC4	B_secend	-0.0840	-0.691	1.68	*	-0.0988	-0.710	1.55	*
ASC2	ASC4	0.0771	0.502	-1.71	*	0.0920	0.501	-1.58	*
B_first	B_last	0.00314	0.0616	1.71	*	0.000998	0.0178	1.57	*
B_secend	B_trafficL	-0.00909	-0.308	-1.71	*	-0.0145	-0.396	-1.49	*
B2_plength	B_attract	-0.0131	-0.477	-1.72	*	-0.0106	-0.391	-1.77	*
B2_plength	B_first	-0.0776	-0.658	-1.73	*	-0.0887	-0.688	-1.61	*
ASC3	B2_plength	-0.103	-0.751	1.75	*	-0.112	-0.765	1.66	*
ASC2	ASC3	0.0409	0.277	-1.76	*	0.0458	0.264	-1.64	*
ASC3	B_last	0.00219	0.0372	1.78	*	-0.000143	-0.00225	1.66	*
B_first	B_secend	-0.0675	-0.669	1.80	*	-0.0822	-0.711	1.65	*
ASC2	B0_vped2	0.00151	0.0114	-1.80	*	0.00298	0.0203	-1.78	*
B_secend	B_signal	-0.0234	-0.595	-1.81	*	-0.0321	-0.676	-1.60	*
ASC3	B_secend	-0.0805	-0.689	1.84	*	-0.0954	-0.726	1.72	*
B_attract	B_secend	-0.0102	-0.432	1.96	*	-0.00754	-0.309	1.98	*
B0_vped2	B_last	0.000341	0.00640	2.01	*	0.000352	0.00652	2.01	*
B_plength	B_secend	0.0127	0.116	-2.17	*	0.00806	0.0747	-2.27	*
B2_plength	B_plength	0.0290	0.227	2.24	*	0.0238	0.197	2.36	*
B_signal	B_skip1	-0.0198	-0.276	-2.25	*	-0.0283	-0.333	-2.05	*
B0_vped2	B2_plength	0.00161	0.0131	2.37	*	-0.00215	-0.0174	2.35	*
B0_vped2	B_secend	0.00279	0.0265	2.43	*	0.00529	0.0476	2.44	*
ASC2	B_plength	0.00208	0.0150	2.60	*	0.0121	0.0848	2.79	*
B_last	B_plength	-0.00321	-0.0582	2.62	*	-0.00307	-0.0587	2.80	*
ASC4	B_plength	-0.0600	-0.150	2.77	*	-0.0392	-0.0971	2.78	*
B_skip1	B_trafficL	-0.0138	-0.257	2.87	*	-0.0246	-0.376	2.58	*
ASC3	B_plength	-0.0672	-0.176	2.89	*	-0.0507	-0.133	2.93	*
B_plength	B_trafficL	0.000622	0.00642	-2.89	*	0.00605	0.0569	-3.08	*
B_first	B_plength	-0.0505	-0.153	2.92	*	-0.0389	-0.116	2.94	*
B_attract	B_plength	-0.00875	-0.113	2.92	*	-0.00201	-0.0284	3.17	*
B_plength	B_signal	-0.0211	-0.164	-2.93	*	-0.0220	-0.160	-3.03	*
B_attract	B_skip1	-0.00928	-0.216	-2.94	*	-0.0105	-0.242	-2.85	*
ASC2	B_skip1	-0.0111	-0.144	-3.01	*	-0.0157	-0.179	-2.80	*
B0_vped2	B_plength	0.0235	0.0679	3.45	*	0.000926	0.00287	3.46	*
B_last	B_skip1	-0.00237	-0.0772	-3.84	*	-0.00159	-0.0493	-3.75	*
B_plength	B_skip1	-0.0339	-0.170	-4.03	*	-0.0276	-0.143	-4.24	*
B2_plength	B_skip1	0.0185	0.261	-4.73	*	0.0228	0.307	-4.73	*
B_secend	B_skip1	0.0166	0.273	-4.93	*	0.0208	0.313	-4.86	*

Smallest singular value of the hessian: 0.103299