



Περίληψη Διδακτορικής Διατριβής με τίτλο
"Πρότυπα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών σε αστικά οδικά δίκτυα"

Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

Στόχος της 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. Ειδικότερα, αναπτύσσεται μια μεθοδολογία με γενική εφαρμογή για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς και της έκθεσης στον κίνδυνο των πεζών σε οποιαδήποτε θέση οποιασδήποτε διαδρομής.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σε θέματα συμπεριφοράς και ασφάλειας πεζών προκύπτει ότι τα υφιστάμενα πρότυπα συμπεριφοράς πεζών ως προς τη διάσχιση αστικών οδών αφορούν κυρίως σε μεμονωμένες θέσεις του οδικού δικτύου, ενώ η **συμπεριφορά κατά μήκος διαδρομής** δεν έχει εξεταστεί. Εξάλλου, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σε αστικά οδικά δίκτυα υπολογίζεται κυρίως με βάση μακροσκοπικούς δείκτες 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, ώστε να είναι δυνατή η καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων των πεζών και των σχετικών καθοριστικών παραμέτρων και η ακριβέστερη αποτίμηση της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο.

Για τη **μαθηματική παραμετροποίηση της συμπεριφοράς των πεζών** ως προς τη διάσχιση οδών κατά μήκος μιας διαδρομής, επιλέχθηκε μια τοπολογική θεώρηση του αστικού οδικού δικτύου και των χαρακτηριστικών των διαδρομών των πεζών, από την οποία προκύπτουν βασικές ιδιότητες των διαδρομών και των διασχίσεων οδού. Ειδικότερα, αποδεικνύεται ότι ορισμένες διασχίσεις είναι στοχαστικού χαρακτήρα (κύριες διασχίσεις), ενώ άλλες διασχίσεις είναι ντετερμινιστικού χαρακτήρα (δευτερεύουσες διασχίσεις), παρατήρηση η οποία επιτρέπει τον περιορισμό της διερεύνησης της συμπεριφοράς των πεζών στις κύριες διασχίσεις μόνο. Επίσης, ορίζεται η έννοια της συντομότερης αντιληπτής διαδρομής πεζού και αποδεικνύεται μια συστηματική σχέση μεταξύ των διαδοχικών κύριων διασχίσεων και των τμημάτων της διαδρομής που αποτελούν το σύνολο επιλογών της καθεμίας από αυτές.

Με βάση τα παραπάνω, αναπτύσσεται **αλγόριθμος υπολογισμού του συνόλου επιλογών** κάθε κύριας διάσχισης του πεζού κατά μήκος της διαδρομής. Στη συνέχεια, προτείνεται η προτυποποίηση της διαδικασίας επιλογής θέσης διάσχισης μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών με χρήση προτύπων διακριτών επιλογών. Εξετάζονται εναλλακτικές υποθέσεις για τον τρόπο λήψης απόφασης διάσχισης οδού κατά μήκος διαδρομής, ανάλογα με το εάν η διαδικασία λήψης απόφασης είναι διαδοχική ή συνολική. Επίσης, για τον υπολογισμό της έκθεσης του πεζού στον κίνδυνο κατά μήκος μιας διαδρομής προτείνεται η χρήση ενός μικροσκοπικού δείκτη έκθεσης στον κίνδυνο, ο οποίος εκφράζει τη δυνατότητα διάσχισης με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα του πεζού και την απόσταση διάσχισης.

Για την εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας, πραγματοποιήθηκε **έρευνα πεδίου** καταγραφής διαδρομών πεζών σε πραγματικό χρόνο με χρήση κάμερας εν κινήσει. Η επιλογή των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με βάση τυχαία δειγματοληψία από εξόδους σταθμών Μετρό σε κεντρικές περιοχές της Αθήνας. Συνολικά καταγράφηκαν 491 διαδρομές πεζών, 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 κλπ.), της διαδρομής (μήκος, χρόνος, σημείο προέλευσης και προορισμού κλπ.), των οδικών τμημάτων (αριθμός κατευθύνσεων και λωρίδων κυκλοφορίας,

διαχωρισμός κατευθύνσεων, πλάτος πεζοδρομίων, στάθμευση, κυκλοφοριακός φόρτος, σήμανση και σηματοδότηση κλπ.) και των διασχίσεων οδού (θέση, είδος κλπ.).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε αναλυτική αντιστοίχιση των διαφορετικών κατηγοριών **προτύπων διακριτών επιλογών με συγκεκριμένες υποθέσεις συμπεριφοράς πεζού**. Στο πλαίσιο υποθέσεων διαδοχικής διαδικασίας λήψης απόφασης, αναπτύχθηκαν διαδοχικά πολυωνυμικά, διαδοχικά ιεραρχικά πρότυπα και μικτά διαδοχικά πρότυπα με ατομική ετερογένεια, ενώ ελήφθη υπόψη η δυναμική των διαδοχικών επιλογών. Επίσης, στο πλαίσιο υποθέσεων συνολικής διαδικασίας λήψης απόφασης, εξετάστηκαν πολυωνυμικά πρότυπα, ιεραρχικά πρότυπα και συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα. 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 θέσης διάσχισης στην αρχή 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 της συγκριτικής αξιολόγησης των προτύπων, μια **διαδοχική διαδικασία λήψης απόφασης** των πεζών κρίνεται πιο γενικεύσιμη, καθότι λαμβάνεται υπόψη η δυναμική της διαδικασίας, ενώ παράλληλα η ανάλυση των επιλογών δεν είναι δεσμευμένη ως προς τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών. Επίσης, η επιρροή των παραμέτρων είναι ευκολότερα ερμηνεύσιμη, ενώ η προσαρμογή των προτύπων είναι πιο ικανοποιητική.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναδεικνύονται στο πλαίσιο μιας **εφαρμογής των προτύπων** σε μια τυπική διαδρομή στο κέντρο της Αθήνας, για τέσσερα σενάρια με βάση διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και διαφορετικές κατηγορίες πεζών. Η μορφή της κατανομής της έκθεσης των πεζών στον κίνδυνο κατά μήκος της συγκεκριμένης διαδρομής σε σχέση με την επιλογή θέσης διάσχισης οδού είναι παρόμοια σε όλα τα σενάρια, και μόνο η τάξη μεγέθους της μεταβάλλεται από τη μεταβολή των κρίσιμων παραμέτρων. Από την κατανομή αυτή εντοπίζονται συγκεκριμένες θέσεις της εξεταζόμενης διαδρομής, στις οποίες η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο είναι αυξημένη. 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 έκθεσή τους στον κίνδυνο σε βαθμό που αυτή να μην επηρεάζεται από τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει η **ύπαρξη μιας ομάδας κρίσιμων μεταβλητών** (κυκλοφοριακός φόρτος, πλάτος οδού, σηματοδότηση, ταχύτητα πεζού), οι οποίες είναι κοινές στην περιγραφή τόσο της συμπεριφοράς των πεζών όσο και της έκθεσής τους στον κίνδυνο. Τέλος, η έκθεση των πεζών στον κίνδυνο εξαρτάται τόσο από τη συμπεριφορά τους όσο και από τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και της διαδρομής, ενώ παρόμοια ανάλυση της έκθεσης στον κίνδυνο δεν θα ήταν δυνατή εάν είχε εφαρμοστεί μια τυπική μακροσκοπική προσέγγιση.

Επιπλέον, **διατυπώνεται η έννοια της μεταβλητής έκθεσης στον κίνδυνο** της κάθε θέσης του οδικού δικτύου. Συγκεκριμένα, παρόλο που σε μία μεμονωμένη θέση του οδικού δικτύου αντιστοιχεί θεωρητικά μια ορισμένη έκθεση στον κίνδυνο, 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 διάσχισης στη θέση αυτή. 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 **πραιτέρω 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.