ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
«Εφαρμοσμένη Μηχανική & Προσομοίωση Συστημάτων»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΟΔΗΓΩΝ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

Ιωάννης Θ. Αδάμος
Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός Π.Θ.

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. ΕΥΤΥΧΙΑ ΝΑΘΑΝΗΛ,
Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Δρ. Ε. ΝΑΘΑΝΗΛ
Δρ. Ν. ΗΛΙΟΥ
Δρ. Κ. ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2006

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την κα. Ευτυχία Ναθαναήλ, Λέκτορα του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συνεχή επιστημονική και ηθική υποστήριξη της σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 3: Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγών

Κεφάλαιο 4: Αξιολόγηση των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών

Κεφάλαιο 7: Μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας

ΠΙΝΑΚΕΣ

Κεφάλαιο 1

Κεφάλαιο 3

Κεφάλαιο 4

Κεφάλαιο 6

Κεφάλαιο 7

Κεφάλαιο 8

ΣΧΗΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 2

Κεφάλαιο 3

Κεφάλαιο 6

Κεφάλαιο 7

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Κεφάλαιο 3

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων στις μεταφορές. Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περί τα 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα που προκαλούν περί τους 1.700 νεκρούς και 30.000 τραυματίες, πέρα από τις σημαντικές υλικές ζημιές. Στις χώρες της ΕΟΚ τα οδικά ατυχήματα προκαλούν κάθε χρόνο περί τους 55.000 νεκρούς, 1.7 εκατομμύρια τραυματίες (από τους οποίους 150.000 παραμένουν μόνιμα ανάπηροι) και έχουν συνολικό κόστος 50 δισεκατομμύρια ECU. Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι σε ετήσια κλίμακα συμβαίνουν περίπου 500.000 θάνατοι και 15 εκατομμύρια τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα.

Η συνεχής αύξηση του απόλυτου αριθμού των οδικών ατυχημάτων η οποία ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού και του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν, έχει καταστήσει τα οδικά ατυχήματα μια από τις κύριες αιτίες θανάτου και μια πολύ μεγάλη κοινωνική δαπάνη. Γι ' αυτόν τον λόγο, άλλωστε, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει τον φιλόδοξο στόχο μείωσης του αριθμού των νεκρών στο ήμισυ για την περίοδο 2000 έως 2010. Παρόλο που η ευθύνη για την λήψη μέτρων που θα οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου μείωσης των νεκρών ανήκει κατά κύριο λόγο στην αρμοδιότητα των εθνικών ή τοπικών αρχών, η Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλει να συμβάλλει στο στόχο αυτό, όχι μόνο με την ανταλλαγή ορθών πρακτικών, αλλά και με την δράση σε δύο επίπεδα: στην εναρμόνιση των ποινών και στην προώθηση νέων τεχνολογιών στην υπηρεσία της οδικής ασφάλειας.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των επιπτώσεων των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) στη συμπεριφορά οδήγησης και την κυκλοφορία. Η διεθνής εμπειρία έδειξε ότι η σωστή εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης πολιτικής στην οδική ασφάλεια είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση των θανάτων σε τροχαία ατυχήματα ή εμπλοκές αυτών. Τα Σ.Σ.Υ.Ο. με τις τεχνολογίες που

περιλαμβάνουν δημιουργούν νέες δυνατότητες ολοκλήρωσης των τρόπων μεταφορών, βελτιστοποίησης των επιδόσεων τους και βελτίωσης της ασφάλειας τους.

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. ανήκουν στα «Έξυπνα» Συστήματα και Υπηρεσίες Μεταφορών (ITS) που είναι συστήματα και υπηρεσίες που κάνουν την μετακίνηση των ατόμων ή αγαθών πιο αποδοτική και οικονομική, και άρα πιο «έξυπνη». Τα συστήματα αυτά μπορεί για παράδειγμα να προσφέρουν πληροφορίες για τις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες ή πληροφορίες για τον προγραμματισμό μιας διαδρομής σε πραγματικό χρόνο. Τα κύρια οφέλη από την χρήση των ITS είναι:

- Αύξηση της οδικής ασφάλειας. Τα I.T.S. παρέχουν καλύτερη πληροφόρηση στον οδηγό και άρα του επιτρέπουν να παίρνει καλύτερες αποφάσεις ή να οδηγεί καλύτερα σε δύσκολες συνθήκες, για παράδειγμα σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας.
- Συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό είναι ένα έμμεσο αποτέλεσμα, π.χ. λόγω της μειωμένης συμφόρησης των οδών από την καλύτερη πληροφόρηση των οδηγών.
- Κέρδος σε χρόνο και κόστος λόγω της καλύτερης πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο.

Τα περισσότερα από τα Σ.Σ.Υ.Ο. αναπτύσσονται με βάση τα χαρακτηριστικά των οδηγών και προσπαθούν με την βοήθεια των νέων τεχνολογιών να βελτιώσουν την επίδραση των παραγόντων εκείνων που προκαλούν συγκρούσεις οχημάτων και κατ' επέκταση ατυχήματα. Γι' αυτόν τον λόγο, σ' αυτήν την εργασία παρατίθενται κάποιες έρευνες που εξετάζουν την επιρροή που έχουν στην οδήγηση διάφορα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, αλλά και παράγοντες όπως ο θυμός, το φύλο των οδηγών και η φυσική τους κατάσταση.

Τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στα Σ.Σ.Υ.Ο. επί του οχήματος και στα Σ.Σ.Υ.Ο. επί της οδού. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται συστήματα ή υπηρεσίες που παρέχονται στον οδηγό εντός του οχήματος καθώς οδηγεί. Τέτοια συστήματα είναι τα *συστήματα πλοήγησης*, τα οποία παρέχουν πληροφόρηση στον οδηγό για την θέση του οχήματος και καθορισμό διαδρομής, τα *συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης των οδηγών* , τα οποία, για παράδειγμα, προειδοποιούν έγκαιρα τον οδηγό για πιθανά προβλήματα μέσω ηχητικών και οπτικών ερεθισμάτων, τα *συστήματα υποστήριξης του οδηγού στο διαμήκη άξονα της οδού*, τα οποία μπορεί να αφορούν σύσταση για ρύθμιση της ταχύτητας, σύστημα διατήρησης σταθερής ταχύτητας ή και βελτίωση της ορατότητας σε περιπτώσεις όπως ομίχλη, βροχή, χιόνι ή σκοτάδι και τα *συστήματα υποστήριξης του οδηγού στον εγκάρσιο άξονα της οδού*, τα οποία προειδοποιούν τον οδηγό και ελέγχουν αυτόματα το όχημα όταν διαπιστώσουν ότι πρόκειται να διασχίσει διαγράμμιση, εντοπίζουν και ειδοποιούν τον οδηγό για οχήματα και εμπόδια στην παρακείμενη λωρίδα ή χρησιμοποιούνται για εντοπισμό εμποδίων στο πλάι του

οχήματος ή και πίσω από το όχημα, για χαμηλά εμπόδια που δε φαίνονται στον κεντρικό καθρέπτη.

Η δεύτερη κατηγορία των Σ.Σ.Υ.Ο. περιλαμβάνει συστήματα τα οποία ελέγχονται από τα κέντρα ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας που είναι οι κεντρικοί κόμβοι ενός φορέα διαχείρισης των συγκοινωνιακών συστημάτων και συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με το συγκοινωνιακό δίκτυο (αυτοκινητόδρομοι, σηματοδότηση, δίκτυο μέσων μαζικής μεταφοράς), τις οποίες επεξεργάζονται μαζί με άλλες λειτουργικές παραμέτρους για τον υπολογισμό κυκλοφοριακών δεικτών. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα *συστήματα μητροπολιτικού δικτύου,* τα οποία εφαρμόζονται κυρίως σε αστικές και περιαστικές γεωγραφικές περιοχές και χρησιμοποιούνται για την διαχείριση της κυκλοφορίας ή και για την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των επιπτώσεων των συμβάντων, τα *συστήματα επαρχιακού δικτύου,* τα οποία παρέχουν πληροφόρηση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αλλά και σχεδιασμό δρομολογίων και παροχή πληροφόρησης και οι *«έξυπνες» λειτουργίες επαγγελματικών οχημάτων,* με πεδία εφαρμογής την διασφάλιση ασφάλειας, την διαχείριση πιστοποιήσεων, τον ηλεκτρονικό διαχωρισμό οχημάτων και την ηλεκτρονική έκδοση άδειας.

Η αξιολόγηση των ωφελειών των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών, στην παρούσα εργασία, γίνεται με βάση 6 κριτήρια τα οποία είναι η *βελτίωση της κυκλοφορίας και των περιβαλλοντικών συνθηκών,* η *μείωση των συγκρούσεων και των ατυχημάτων,* η *μείωση του λειτουργικού κόστους,* η *αποδοχή από τους χρήστες,* η *διαθεσιμότητα της τεχνολογίας* και η *υποστήριξη σε άλλα συστήματα.* Βελτίωση της κυκλοφορίας και των περιβαλλοντικών συνθηκών προκαλεί κυρίως η χρήση των Σ.Σ.Υ.Ο. επί της οδού, καθώς παρατηρείται μείωση της συμφόρησης, της εκπομπής ρύπων και των χρόνων διαδρομής. Σε γενικές γραμμές, όλα τα συστήματα συντελούν στη μείωση των συγκρούσεων και των ατυχημάτων, όπως τουλάχιστον αποδεικνύεται από διάφορα ερευνητικά έργα (IN-ARTE & SAVE). Η αποδοχή των συστημάτων από τους χρήστες είναι καλή, αν και υπάρχουν αρκετά σημεία στο σχεδιασμό που χρειάζονται βελτίωση, κυρίως όσον αφορά τις οπτικές ή ακουστικές ενοχλήσεις που προκαλούν κάποιες λειτουργίες στους οδηγούς. Επιπλέον, με εξαίρεση ίσως τα συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης των οδηγών, τα υπόλοιπα σύγχρονα συστήματα δεν χρειάζονται για την λειτουργία και την εφαρμογή τους, ιδιαίτερα πολύπλοκες τεχνολογίες. Τέλος, σχεδόν κάθε μεμονωμένο Σ.Σ.Υ.Ο. μπορεί να υποστηρίξει και κάποιο άλλο σύστημα, κάτι που κάνει εφικτή την συνεργασία των συστημάτων μεταξύ τους, ώστε τελικά να δημιουργηθεί στο μέλλον ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποβοήθησης των οδηγών που θα είναι αξιόπιστο, εύχρηστο και οικονομικό.

Το ενδιαφέρον για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των ατόμων και ειδικότερα των οδηγών , προέρχεται από την επιθυμία να βελτιωθεί η αλληλεπίδραση με

διάφορους τύπους αυτοματοποιημένων συστημάτων. Εάν αυτά τα συστήματα μπορούσαν να αναγνωρίσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και προλάμβαναν τις μελλοντικές τους πράξεις, θα μπορούσαν να ρυθμίσουν την συμπεριφορά τους ώστε να ταιριάζει περισσότερο στους ανθρώπινους χρήστες. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι το παρατηρούμενο αποτέλεσμα των πολύμορφων επιπέδων της εξέλιξης των πληροφοριών και του ελέγχου του οχήματος και είναι προφανές ότι χρειάζονται τα μοντέλα εκείνα που εμπεριέχουν, τόσο υψηλού επιπέδου αντιληπτική εξέλιξη, όσο και χαμηλού επιπέδου έλεγχο χειρισμού. Για όλους αυτούς τους λόγους, κρίνεται αναγκαία η δημιουργία κάποιων μοντέλων που προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών και την κυκλοφορία προκειμένου να εκτιμηθούν οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα Σ.Σ.Υ.Ο. και τους χρήστες αυτών. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας με τα κύρια χαρακτηριστικά τους, ενώ ταυτόχρονα γίνεται διαχωρισμός αυτών των μοντέλων σε δύο ομάδες με γνώμονα κυρίως τα Σ.Σ.Υ.Ο. που μπορούν να εξυπηρετήσουν.

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μοντέλα προσομοίωσης, τα οποία κατά κύριο λόγο εξετάζουν την συμπεριφορά των χρηστών νέων τεχνολογιών κατά την διάρκεια της οδήγησης και χωρίζεται σε δύο υποομάδες. Στην πρώτη υποομάδα ανήκουν μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών συναρτήσει κάποιων παραγόντων που επηρεάζουν τις προθέσεις τους, όπως είναι η επιτάχυνση, η επιβράδυνση και η αλλαγή λωρίδας. Τα μοντέλα αυτής της υποομάδας σχετίζονται άμεσα με τα Σ.Σ.Υ.Ο. που υποστηρίζουν τους οδηγούς στο διαμήκη και τον εγκάρσιο άξονα της οδού, αλλά και με τα συστήματα διαχείρισης αρτηριών, αυτοκινητόδρομων, οδικών συμβάντων, αλλά και περιστατικών έκτακτης ανάγκης. Αντιπροσωπευτικά μοντέλα αυτής της υποομάδας είναι τα ακόλουθα:

- Το **BATmobile**, το οποίο είναι ένα μικροσκοπικό πιθανολογικό μοντέλο συμπεριφοράς των οδηγών και αποτελεί μια προσέγγιση στην εφαρμογή ενός συστήματος που ασχολείται με την αυτονομία της οδήγησης σε κανονική κυκλοφορία αυτοκινητόδρομου προβλέποντας τις αντιδράσεις των άλλων αυτοκινήτων σε διαφορετικές οδηγικές καταστάσεις.

- Το **Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας** , το οποίο επεξεργάζεται τον χρόνο αλλαγής λωρίδας με βάση τον έλεγχο των οδηγών και την συμπεριφορά τους που βασίζεται στην κίνηση των ματιών.

Η δεύτερη υποομάδα περιλαμβάνει μοντέλα που αναλύουν τις επιρροές που έχουν οι διάφορες υποδοχές των Σ.Σ.Υ.Ο. στη συμπεριφορά των οδηγών. Εξετάζονται υποδοχές που βρίσκονται εντός των οχημάτων οι οποίες μάλιστα επιτρέπουν στους οδηγούς να μην χρησιμοποιούν τα χέρια τους, ώστε να μην αποσπάται η προσοχή τους από το τιμόνι. Τα μοντέλα προσομοίωσης της δεύτερης υποομάδας συσχετίζονται με

τα συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης των οδηγών, όπως είναι για παράδειγμα το σύστημα παρακολούθησης των οφθαλμών των οδηγών , το σύστημα καταγραφής των σφυγμών των οδηγών και το σύστημα προειδοποίησης υπνηλίας των οδηγών. Αντιπροσωπευτικά μοντέλα της δεύτερης υποομάδας είναι τα παρακάτω:

- Το **Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών**, σκοπός του οποίου είναι η εκτίμηση των αποτελεσμάτων χρήσης των λειτουργιών «ελεύθερων» χεριών μέσα στα οχήματα όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή στην κυκλοφορία σε δρόμους μέσα στην πόλη.

- Το **Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων**. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην ολοκλήρωση δύο αρχιτεκτονικών μοντέλων τα οποία καλούνται *μοντέλο χρήστη* και *μοντέλο οδηγού*, ενώ η ανάλυση γίνεται με βάση τα **Δυναμικά Μοντέλα MARKOV**, τα οποία προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών κάτω από την καθοδήγηση των ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται μοντέλα τα οποία ουσιαστικά παρέχουν στους οδηγούς την δυνατότητα να πληροφορηθούν για τις συνθήκες που επικρατούν στους δρόμους, με σκοπό να είναι σε θέση να επιλέξουν το δρομολόγιο εκείνο που είναι πιο σύντομο και ασφαλές. Τα συγκεκριμένα μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας σχετίζονται με τα συστήματα πλοήγησης και καθοδήγησης, αλλά και με τα συστήματα πληροφόρησης επιβατών και ταξιδιωτών. Αντιπροσωπευτικά μοντέλα αυτής της ομάδας είναι τα εξής:

- Το **DynaMIT** - Dynamic Network Assignment for the Management of Information to Travelers -, το οποίο είναι ένα δυναμικό σύστημα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο που παρέχει κυκλοφοριακές προβλέψεις και ταξιδιωτικό οδηγό. Βασίζεται στην προσομοίωση και είναι οργανωμένο σε δύο σκέλη: στην εκτίμηση της κατάστασης και στην παροχή πληροφοριών που βασίζονται στην πρόβλεψη.

- Το **MITSIMLab**, το οποίο αποτελεί το αντικείμενο μιας μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε για να εκτιμήσει τα Αναπτυγμένα Συστήματα Κυκλοφοριακής Διαχείρισης (ATMS) και τα Προηγμένα Συστήματα Ταξιδιωτικών Πληροφοριών (ATIS) σε επίπεδο χειρισμού. Το προσαρμοσμένο μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση θεμάτων κυκλοφοριακής διαχείρισης που περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου της κίνησης, της προτεραιότητας των λεωφορείων και χειρισμούς λεωφορειογραμμών.

Η ομαδοποίηση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας, κατέδειξε σε πρώτη φάση τα κοινά χαρακτηριστικά που εμφανίζουν τα μοντέλα και το κύριο αντικείμενο επεξεργασία τους. Με λίγα λόγια, τα εξεταζόμενα μοντέλα συνεισφέρουν στην καλύτερη διαχείριση των σύγχρονων τεχνολογιών, η οποία οδηγεί στη διαμόρφωση καλύτερης οδηγικής συμπεριφοράς και καλύτερων συνθηκών κυκλοφορίας. Τα αντιπροσωπευτικά μοντέλα που παρουσιάστηκαν για κάθε ομάδα μοντέλων είναι μικροσκοπικά, καθώς εξετάζουν και προσομοιώνουν την συμπεριφορά μεμονωμένων οχημάτων, αντίθετα με τα μακροσκοπικά μοντέλα που περιγράφουν γενικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, όπως είναι η πυκνότητα και η ροή. Ακόμη, τα μοντέλα που περιγράφονται σε αυτήν την εργασία βασίζονται στη γνώση και τις αρχές της αντιληπτικής αρχιτεκτονικής, η οποία με την σειρά της αποτελεί εξέλιξη της ACT-R αρχιτεκτονικής. Επιπλέον, η αναπαράσταση των εξεταζόμενων μοντέλων βασίζεται στην προσομοίωση, η οποία επιτρέπει την διεξαγωγή αποτελεσμάτων που είναι χρήσιμα για την εκτίμηση των Σ.Σ.Υ.Ο. Εξαίρεση αποτελεί το *BATmobile,* η αναπαράσταση του οποίου γίνεται μέσω αλγόριθμου.

Από την άλλη πλευρά, παρατηρήθηκαν και κάποιες διαφορές ανάμεσα στα μοντέλα που εξετάσθηκαν, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με το αντικείμενο και την λειτουργία τους. Το αντικείμενο της πρώτης ομάδας μοντέλων είναι η μεμονωμένη οδηγική συμπεριφορά, ενώ η δεύτερη ομάδα προσομοιώνει την κυκλοφοριακή ροή. Επιπλέον, μια ουσιώδης διαφορά στη λειτουργία των μοντέλων υπήρξε ο τρόπος καταγραφής των αποτελεσμάτων, ο οποίος διέφερε από μοντέλο σε μοντέλο. Κάποια από τα μοντέλα, λοιπόν, χρησιμοποίησαν τις κινήσεις των ματιών των οδηγών (*Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας, Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών*), ενώ άλλος τρόπος καταγραφής , για παράδειγμα, ήταν ειδικές συσκευές (π.χ. κάμερες, αισθητήρες), οι οποίες συλλέγανε τις μετρήσεις κατά την διάρκεια του πειράματος ή της προσομοίωσης (*BATmobile , Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων*). Επίσης, μια διαφορά που παρατηρήθηκε ανάμεσα στα μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας έχει σχέση με την ύπαρξη ή όχι ιστορικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση των δεδομένων. Έτσι, από όλα τα μοντέλα μόνο το *Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας* διέθετε στοιχεία από προηγούμενες έρευνες, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, είτε ως βάση εισαγωγής δεδομένων, είτε ως στοιχεία σύγκρισης με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Αντίθετα, το *DynaMIT,* για παράδειγμα, βασίζεται στην εκτίμηση των καταστάσεων και στις προβλέψεις, ενώ το *BATmobile* και το *MITSIMLab* βασίζονται σε δυναμικά πιθανολογικά δίκτυα.

Η βελτίωση της ασφάλειας, άνεσης και κινητικότητας των επιβατών είναι ένα βασικό ερευνητικό αντικείμενο από τις αρχές του αιώνα. Τα περισσότερα από τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) αποσκοπούν στη φάση οδήγησης πριν το ατύχημα προκειμένου αυτό να αποτραπεί. Αυτό ακριβώς αποδεικνύει την

εξέλιξη της έρευνας από τα παθητικά συστήματα πριν 20 έτη, όπως ήταν οι αερόσακοι, οι ζώνες ασφαλείας, στην ενεργή πρόληψη του ατυχήματος. Το Ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο είναι κορεσμένο. Η ιδέα του «έξυπνου» οχήματος, που αναλύει αυτόνομα εξωτερικά και εσωτερικά δεδομένα, και πληροφορεί τον οδηγό, φαίνεται να δίνει μια λύση στο πρόβλημα. Τα περισσότερα από τα Σ.Σ.Υ.Ο. που παρουσιάσθηκαν σχετίζονται ακριβώς με το τακτικό και λειτουργικό επίπεδο οδήγησης.

Ωστόσο, για να είναι αποδεκτές οι τεχνικές που προτείνονται μέσω των Σ.Σ.Υ.Ο. οφείλουν, καταρχήν, να είναι οικονομικές, αξιόπιστες και εύκολες στη χρήση. Επιπλέον, επειδή η οδική ασφάλεια, μέχρι πρόσφατα, υπήρξε ένα μεταξύ άλλων αντικειμένων στα οποία στόχευαν τα Σ.Σ.Υ.Ο. και όχι ένα κεντρικό τμήμα σχεδιασμού, υπάρχει μια σαφής ανάγκη να προταθεί ότι η ανάπτυξη και η χρήση των Σ.Σ.Υ.Ο. δεν μπορεί να αφεθεί αποκλειστικά στους παράγοντες της αγοράς, καθώς δεν είναι σίγουρο ότι οι παράγοντες αυτοί επιλέγουν πάντα τα πιο προνομιακά στοιχεία για την οδική ασφάλεια. Επίσης, καθώς υπάρχει μια ραγδαία εμπλοκή των ιδιωτικών φορέων σε περιοχές που κάποτε βρίσκονταν υπό την αποκλειστική εποπτεία των δημόσιων αρχών, είναι απαραίτητη μια αντικειμενική εκτίμηση των Σ.Σ.Υ.Ο. σε πρώιμα μάλιστα στάδια, η οποία θα συνεισφέρει στην αποφυγή μελλοντικών ζημιών από την πλευρά των κατασκευαστών. Ένα σημαντικό, ακόμη, θέμα είναι ότι οι εταιρείες παραγωγής και προμήθειας των Σ.Σ.Υ.Ο. οφείλουν να παρέχουν στους υποψήφιους αγοραστές τις κατάλληλες καταναλωτικές πληροφορίες και να τους ενημερώνουν για τις ασφαλείς συνέπειες της χρήσης των λειτουργιών των «έξυπνων» συστημάτων. Για απλά συστήματα, οι διάφορες προειδοποιήσεις παρέχονται μέσω των κινητών τηλεφώνων. Στην περίπτωση, όμως, πιο περίπλοκων συστημάτων οι κατασκευαστές έχουν την υποχρέωση να διοχετεύουν στην αγορά ολοκληρωμένα πακέτα, ώστε και να προστατεύουν, αλλά και να ενημερώνουν τους χρήστες. Τέλος, επειδή οι περισσότερες συγκρούσεις οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη, κρίνεται αναγκαία, τόσο η σωστή εκπαίδευση των χρηστών των δρόμων και η πρακτική εξάσκηση τους στα νέα συστήματα και τις νέες τεχνολογίες, όσο και η προσαρμογή των δρόμων και των οχημάτων στα ανθρώπινα χαρακτηριστικά (για παράδειγμα, δρόμοι εύκολα προσβάσιμοι από οδηγούς , ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές).

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. παρουσιάσθηκαν μεμονωμένα. Η σύγχρονη τάση, όμως, είναι να ενοποιηθούν οι διάφορες λειτουργίες, ώστε να αναπτυχθεί ένα πιο εξελιγμένο σύστημα με περισσότερες δυνατότητες. Με τον τρόπο αυτόν, θα είναι δυνατή η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος που θα περιέχει συνδυασμό λειτουργιών, με αποτέλεσμα να γίνεται τελικά εγκατάσταση μιας μόνο υποδοχής μέσα στα οχήματα, ώστε οι οδηγοί να μπορούν να το χειρίζονται πιο εύκολα και γρήγορα, χωρίς να αποσπάται ιδιαίτερα η προσοχή τους. Επιπλέον, καλό θα ήταν να συνεχιστεί η έρευνα σε συγκεκριμένα συστήματα που έχει αποδειχτεί επίσημα ότι προάγουν την αύξηση της οδικής ασφάλειας και να δοθεί βάρος στην όσο το δυνατόν πιο σωστή εγκατάσταση των παραπάνω συστημάτων μέσα στα οχήματα, ώστε η προσαρμογή των οδηγών να

είναι άμεση και ομαλή. Ακόμη, επειδή τα Σ.Σ.Υ.Ο. που χρησιμοποιούνται ευρέως την σημερινή εποχή εφαρμόζονται σε περιβάλλον αυτοκινητοδρόμων, που όμως δεν είναι οι κύριες πηγές προβλημάτων οδικής ασφάλειας, θα ήταν λογικό να διατίθενται συστήματα που να έχουν κύρια εφαρμογή σε αγροτικούς και αστικούς δρόμους. Όσον αφορά στα μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας, θετική εξέλιξη θα αποτελούσε η κατάλληλη ομαδοποίηση των υπαρχόντων μοντέλων, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των στοιχείων που προκύπτουν με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει τελικά την αφομοίωση των θετικών λειτουργιών από τα συστήματα και την ταυτόχρονη εξάλειψη των μειονεκτημάτων. Τέλος, για την καλύτερη αποτελεσματικότητα των μοντέλων συμπεριφοράς θα ήταν καλό να εξετασθούν πιο πολύπλοκα κυκλοφοριακά σενάρια που να περιλαμβάνουν περισσότερες παραμέτρους ή και στοιχεία των οδηγών, καθώς με τον τρόπο αυτόν διευρύνεται το φάσμα μελέτης και εκτίμησης των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1. Το πρόβλημα των οδικών ατυχημάτων

Τα οδικά ατυχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων στις μεταφορές. Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περί τα 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα που προκαλούν περί τους 1.700 νεκρούς και 30.000 τραυματίες, πέρα από τις σημαντικές υλικές ζημιές. Σε αυτά θα πρέπει να προστεθούν περί τα 80.000 ατυχήματα με υλικές μόνο ζημιές που δηλώνονται στις ασφαλιστικές εταιρείες. Στις χώρες της ΕΟΚ τα οδικά ατυχήματα προκαλούν κάθε χρόνο περί τους 55.000 νεκρούς, 1.7 εκατομμύρια τραυματίες (από τους οποίους 150.000 παραμένουν μόνιμα ανάπηροι) και έχουν συνολικό κόστος 50 δισεκατομμύρια ECU. Τέλος, σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι σε ετήσια κλίμακα συμβαίνουν περίπου 500.000 θάνατοι και 15 εκατομμύρια τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας, 1994).

Η συνεχής αύξηση του απόλυτου αριθμού των οδικών ατυχημάτων η οποία ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού και του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν, έχει καταστήσει τα οδικά ατυχήματα μια από τις κύριες αιτίες θανάτου και μια πολύ μεγάλη κοινωνική δαπάνη (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας, 1994).

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού, στην αρχή οι ενέργειες για την οδική ασφάλεια είχαν χαρακτήρα καθαρά δράσης-αντίδρασης και στόχευαν στην παύση ή την επιβράδυνση των παρατηρηθέντων αρνητικών φαινομένων. Από την αρχή της δεκαετίας του '80, η πλειοψηφία των προγραμμάτων οδικής ασφάλειας στα περισσότερα κράτη μετασχηματίστηκε σε στρατηγικά ολοκληρωμένα σχέδια για την μελλοντική βελτίωση της ασφάλειας με βάση την γνώση από το παρελθόν. Αυτή η αλλαγή στην στρατηγική είναι εμφανής από την παρουσία σχεδίων οδικής ασφάλειας με συγκεκριμένους στόχους σε μια σειρά από Ευρωπαικά κράτη (Φλούδα, Δημητρόπουλος & Κανελλαΐδης, 1998).

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν κάποια στατιστικά στοιχεία που αφορούν στα τροχαία ατυχήματα και στα θύματα λόγω τροχαίων για το 2004 στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Πίνακας 1-1: Τροχαία ατυχήματα το 2004 στην Ε.Ε.

	ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟ ΑΤΥΧΗΜΑ	ΑΤΥΧΗΜΑ ΜΕ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟ	ΣΥΝΟΛΟ
BE	1.001	42.707	43.708
DK	341	5.866	6.207
DE	-	-	339.310
EL	1.400	14.351	15.751
ES	3.643	90.366	94.009
FR	4.766	80.624	85.390
IE	301	5.683	5.984
IT	5.082	219.471	224.553
LU	52	717	769
NL	940	30.695	31.635
AT	818	41.839	42.657
PT	1.222	40.273	41.495
FI	323	6.444	6.767
SE	420	16.834	17.254
UK	3.114	211.080	214.194

ΠΗΓΗ: CARE,2004

Πίνακας 1-2: Θύματα σε τροχαία ατυχήματα το 2004 στην Ε.Ε.

	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
BE	1.162	56.801	57.963
DK	369	7.544	7.913
DE	5.842	440.126	445.968
EL	1.605	20.737	22.342
ES	4.741	138.383	143.124
FR	5.530	108.429	113.959
IE	337	8.430	8.767
IT	5.625	316.630	322.255
LU	62	1.100	1.162
NL	1.028	37.976	39.004
AT	878	55.857	56.735
PT	1.546	55.068	56.614
FI	375	8.791	9.166
SE	480	25.629	26.109
UK	3.371	289.383	292.754

ΠΗΓΗ: CARE,2004

Είναι προφανές ότι τα παραπάνω στοιχεία για τους νεκρούς και τους τραυματίες λόγω τροχαίων ατυχημάτων είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά. Γι ' αυτόν τον λόγο, άλλωστε, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει τον φιλόδοξο στόχο μείωσης του αριθμού των νεκρών στο ήμισυ για την περίοδο 2000 έως 2010. Παρόλο που η ευθύνη για την λήψη μέτρων που θα οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου μείωσης των νεκρών ανήκει κατά κύριο λόγο στην αρμοδιότητα των εθνικών ή τοπικών αρχών, η Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλει να συμβάλλει στο στόχο αυτόν, όχι μόνο με την ανταλλαγή ορθών πρακτικών, αλλά και με την δράση σε δύο επίπεδα: στην εναρμόνιση των ποινών και στην προώθηση νέων τεχνολογιών στην υπηρεσία της οδικής ασφάλειας (Λευκή Βίβλος, 2002).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση φέρει την μεγάλη, αν όχι αποκλειστική , ευθύνη να ενθαρρύνει την διάδοση της χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών, οι οποίες αναμένεται να οδηγήσουν στη διάθεση στην αγορά νέων ασφαλών οχημάτων. Τα «έξυπνα» συστήματα μεταφορών που αποτελούν μια ευκαιρία για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου και το σχέδιο eEurope, το οποίο ενέκρινε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Feira τον Ιούνιο 2000 και επικύρωσε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Στοκχόλμης τον Μάρτιο του 2001, τους παραχωρούν εξάλλου σημαίνουσα θέση. Σε αυτό το πλαίσιο θα ήταν επιθυμητή η εισαγωγή συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας για όλα τα νέα οχήματα, η δε γενικευμένη χρήση τους μπορεί να διευκολυνθεί με την επίτευξη συμφωνίας με τις αυτοκινητοβιομηχανίες σε κοινοτικό επίπεδο. Τα οχήματα αυτά, εξοπλισμένα με καινοτόμες τεχνολογίες, λόγου χάρη στον τομέα της διαχείρισης της κυκλοφορίας και των συστημάτων αποφυγής των συγκρούσεων, αφήνουν να διαφανούν προοπτικές βελτίωσης της οδικής ασφάλειας κατά 50% (Λευκή Βίβλος, 2002).

1.2. Αντικείμενο και δομή εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των επιπτώσεων των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) στη συμπεριφορά οδήγησης και την κυκλοφορία. Τα Σ.Σ.Υ.Ο. ανήκουν στα «Έξυπνα» Συστήματα και τις Υπηρεσίες Μεταφορών και συμβάλλουν στην πιο ασφαλή, οικονομική και γρήγορη μετακίνηση των ατόμων.

Η διεθνής εμπειρία έδειξε ότι η σωστή εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης πολιτικής στην οδική ασφάλεια είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση των θανάτων σε τροχαία ατυχήματα ή εμπλοκές αυτών. Τα Σ.Σ.Υ.Ο. με τις τεχνολογίες που περιλαμβάνουν δημιουργούν νέες δυνατότητες ολοκλήρωσης των τρόπων μεταφορών, βελτιστοποίησης των επιδόσεων τους και βελτίωσης της ασφάλειας τους.

Μετά το εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο ακολουθούν άλλα οκτώ κεφάλαια, όπως δίνονται συνοπτικά στη συνέχεια. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες έρευνες που εξετάζουν την οδηγική συμπεριφορά των ατόμων και την επίδραση που έχουν σε αυτήν

διάφοροι παράγοντες όπως είναι το αλκοόλ, η ζώνη ασφαλείας, ο θυμός, το φύλο, η όραση, η προσωπικότητα και η κούραση. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο γίνεται συνοπτική καταγραφή των Σ.Σ.Υ.Ο. και αξιολόγηση αυτών, αντίστοιχα. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας που σχετίζονται με τα Σ.Σ.Υ.Ο. και γίνεται ομαδοποίηση αυτών. Στα επόμενα δύο κεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά τα μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των αυτοκινητιστών και της κυκλοφορίας. Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται κριτική αξιολόγηση των παραπάνω μοντέλων και ταυτόχρονα καταγράφονται οι ομοιότητες και οι διαφορές τους. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνονται κάποιες προτάσεις βελτίωσης των Σ.Σ.Υ.Ο., προτείνονται λύσεις και παρέχονται συμβουλές για μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στοιχεία Συμπεριφοράς Οδηγών

2.1. Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες έρευνες που εξετάζουν την οδηγική συμπεριφορά των ατόμων και την επίδραση που έχουν σε αυτήν διάφοροι παράγοντες όπως είναι το αλκοόλ, η ζώνη ασφαλείας, ο θυμός, το φύλο, η όραση, η προσωπικότητα και η κούραση. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επιδρούν, σε μεγάλο ή μικρότερο βαθμό, στον τρόπο οδήγησης, και για αυτό άλλωστε τα περισσότερα από τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών αναπτύσσονται με βάση τα χαρακτηριστικά των οδηγών και προσπαθούν με νέες τεχνολογίες να βελτιώσουν την επίδραση των παραγόντων εκείνων που προκαλούν συγκρούσεις οχημάτων και κατ' επέκταση ατυχήματα.

2.2. Επίδραση κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών στην οδήγηση-Έρευνα SARTRE (Έργα SARTRE, 1992,1997)

Ο στόχος της έρευνας SARTRE είναι η συλλογή πληροφοριών για την στάση των οδηγών, την συμπεριφορά και τις εμπειρίες , π.χ. δράσεις αστυνόμευσης, ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση των οδηγών διαφορετικών χωρών και ο εντοπισμός μέτρων που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την συμπεριφορά και την ασφάλεια τόσο σε κάθε χώρα όσο και στην Ευρώπη συνολικά.

Οι παράγοντες που εξετάζονται από την συγκεκριμένη έρευνα είναι το αλκοόλ, η ζώνη ασφαλείας και γενικότερα οι διάφορες οδηγητικές συνήθειες των πολιτών της Ευρώπης.

SARTRE, είναι η συντομογραφία για τον τίτλο «Social Attitudes to Road Traffic Risk in Europe» - «Κοινωνική στάση στην επικινδυνότητα της οδικής κυκλοφορίας

στην Ευρώπη». Η ομάδα του SARTRE ξεκίνησε να ασχολείται με θέματα ασφάλειας στους ευρωπαϊκούς δρόμους το 1991 διενεργώντας τις ίδιες έρευνες σε οδηγούς σε κάθε χώρα. Η πρώτη μελέτη του SARTRE διενεργήθηκε σε 15 χώρες, η δεύτερη έγινε πέντε χρόνια αργότερα και επεκτάθηκε σε 19 χώρες. Η τελευταία, με το όνομα SARTRE 3, διενεργήθηκε σε 23 χώρες. Σε κάθε χώρα ερωτήθηκαν περίπου 1.000 οδηγοί, έτσι ώστε συνολικά περίπου 24.000 οδηγοί συμμετείχαν στην έρευνα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας SARTRE 3 ποσοστό 83% των Ευρωπαίων οδηγών υποστηρίζουν τον στόχο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων. Οι οδηγοί που υποστηρίζουν περισσότερο τον στόχο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι από την Ιρλανδία, την Ελλάδα, την Σουηδία, την Ισπανία, την Κροατία και την Πορτογαλία, ενώ μικρότερη υποστήριξη δείχνουν οι οδηγοί από την Γαλλία, την Ελβετία και την Φινλανδία.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά μερικών από τα κύρια αποτελέσματα της έρευνας SARTRE σε διευρωπαϊκό επίπεδο. Ειδικότερα, συγκρίνεται η στάση και συμπεριφορά των οδηγών, εξετάζεται πώς νιώθουν οι οδηγοί για τους κανόνες κυκλοφορίας, λαμβάνονται υπόψη η κουλτούρα και οι κοινωνικοί παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια και αναφέρονται τα μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν προκειμένου να γίνουν ασφαλέστεροι οι Ευρωπαίοι οδηγοί.
Η έρευνα SARTRE 3 δείχνει ότι οι περισσότεροι οδηγοί ενδιαφέρονται για την οδική ασφάλεια, αναγνωρίζουν ότι η οδηγική συμπεριφορά είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την οδική ασφάλεια και επίσης αναφέρουν ότι συχνά συμπεριφέρονται επικίνδυνα και παράνομα.

2.2.1. Χώρες συμμετοχής στην έρευνα

Τα τελευταία τριάντα χρόνια, έχουν ληφθεί πολλές πρωτοβουλίες σχεδιασμένες να μειώσουν τον αριθμό των νεκρών στα οδικά ατυχήματα. Για παράδειγμα, αναφέρεται η θέσπιση της νομοθεσίας για την ζώνη ασφαλείας και για την απαγόρευση του αλκοόλ πριν την οδήγηση, ενώ τα πρόσφατα χρόνια σε πολλές χώρες έχει απαγορευτεί και η χρήση κινητών τηλεφώνων κατά την διάρκεια της οδήγησης. Επίσης, τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες εναρμόνισης της νομοθεσίας για την οδική κυκλοφορία σε όλες τις χώρες της Ευρώπης. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές διαφορές ανάμεσα στις χώρες αναφορικά με το οδικό δίκτυο, την πυκνότητα κυκλοφορίας και τους δείκτες ατυχημάτων. Υπάρχουν, ακόμη, διαφορές στη νομοθεσία σχετικά με την οδική ασφάλεια και φυσικά από τον τρόπο που αυτή επιτηρείται. Για παράδειγμα, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο νόμιμο όριο κατανάλωσης αλκοόλ πριν την οδήγηση και στο αν οι νέοι οδηγοί ή οι επαγγελματίες οδηγοί θα πρέπει να έχουν διαφορετικό όριο κατανάλωσης. Η επιτήρησή του διαφέρει από χώρα σε χώρα – σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούνται αναλυτές αναπνοής είτε τυχαία, είτε με παρακολούθηση, είτε μετά από εμπλοκή σε ατύχημα.

Επιπλέον, υπάρχουν διαφορές στις χώρες αναφορικά με την χρήση καμερών παρακολούθησης ταχύτητας για την επιτήρηση της υπερβολικής ταχύτητας. Αυτές οι διαφορές είχαν ως αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφορετικές τάσεις οδικής ασφάλειας σε κάθε χώρα τα τελευταία 5 χρόνια που αντιστοιχούν στην τελευταία έρευνα, 1998-2002. Έτσι, αναφορικά με τις χώρες που έλαβαν μέρος στις τελευταίες δύο έρευνες SARTRE, είναι δυνατός ο διαχωρισμός τους σε τρεις ομάδες:

- Η πρώτη ομάδα, που περιλαμβάνει την Αυστρία, την Γερμανία, την Ολλανδία, την Πολωνία, την Πορτογαλία, την Σλοβενία και την Ελβετία, παρουσιάζει βελτίωση στην οδική ασφάλεια - μειωμένος αριθμός νεκρών σε οδικά ατυχήματα.

- Η δεύτερη ομάδα έχει παραμείνει σταθερή. Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει το Βέλγιο, την Τσεχία, την Φινλανδία, την Γαλλία, την Ελλάδα, την Ουγγαρία, την Ιρλανδία, την Ιταλία, την Ισπανία, την Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Αν και υπάρχει κάποια μείωση στον αριθμό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα σε αυτές τις χώρες, είναι μικρότερη από τις χώρες που βρίσκονται στην πρώτη ομάδα. Ωστόσο, μερικές από αυτές τις χώρες όπως η Φινλανδία, η Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο, έχουν ήδη ένα πολύ καλό επίπεδο οδικής ασφάλειας και έτσι θα ήταν δυσκολότερο για αυτές να παρουσιάσουν επιπρόσθετη βελτίωση. Παρόλα αυτά, ακόμα και αυτές οι χώρες στοχεύουν σε περαιτέρω βελτίωση. Η οδική ασφάλεια χρειάζεται βελτίωση στις υπόλοιπες χώρες αυτής της ομάδας.

- Η τρίτη ομάδα έχει μόνο ένα μέλος. Στη Σλοβακία, η οδική ασφάλεια έχει παρουσιάσει ύφεση τα τελευταία πέντε χρόνια καθώς υπήρξε αύξηση στον αριθμό των θανατηφόρων ατυχημάτων.

Αυτές οι διαφορές, καθώς επίσης και οι διαφορές στη στάση και στη συμπεριφορά δείχνουν ότι υπάρχει αντίθεση ανάμεσα στους οδηγούς στις Βόρειες και στις Νότιες χώρες της Ευρώπης, όπως και ανάμεσα στις Ανατολικές και στις Δυτικές χώρες της Ευρώπης, αλλά σε μικρότερο βαθμό.

2.2.2. Επίδραση του αλκοόλ στην οδήγηση

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκτιμά ότι περίπου 10.000 άνθρωποι, περίπου το ένα τέταρτο από τον αριθμό των ατόμων που πεθαίνουν στους δρόμους κάθε χρόνο στην Ευρώπη, έχουν εμπλακεί σε ατυχήματα στα οποία τουλάχιστον ένα οδηγός οδηγούσε υπό την επήρεια αλκοόλ.

Φαίνεται ότι οι οδηγοί γνωρίζουν καλά το πρόβλημα που παρουσιάζεται στην οδική ασφάλεια από την οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ. Ποσοστό 59% των οδηγών υποστηρίζουν την απαγόρευση ή την μείωση του ορίου κατανάλωσης αλκοόλ πριν την οδήγηση. Το πρόβλημα είναι ότι οι οδηγοί που συνήθως οδηγούν υπό την επήρεια αλκοόλ δεν είναι εκείνοι που γνωρίζουν καλύτερα την επίδραση που έχει αυτό στην οδική ασφάλεια. Οι οδηγοί που υποστηρίζουν τα μέτρα μείωσης της κατανάλωσης

αλκοόλ πριν την οδήγηση δηλώνουν επίσης ότι πίνουν πολύ λίγο ή σχεδόν καθόλου.

Ενώ η μεγάλη πλειοψηφία των οδηγών υποστηρίζει μέτρα αντιμετώπισης των υπότροπων, ή των κατ' εξακολούθηση παραβατών, λίγοι είναι εκείνοι που υποστηρίζουν την χρήση κάποιου τύπου ασφάλειας στα αυτοκίνητα που να εμποδίζει τους οδηγούς να ξεκινήσουν τα όχημα εάν βρίσκονται πάνω από το νόμιμο όριο. Περίπου τρία τέταρτα των οδηγών δήλωσαν ότι θα ήθελαν να ελέγχονται οι υπότροποι για αλκοολισμό. Αν και αυτά τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά από την άποψη της ασφάλειας πρέπει να επισημανθεί ότι η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ παραμένει ένας από βασικότερους παράγοντες επικινδυνότητας στις Ευρωπαϊκές χώρες. Μάλιστα, ποσοστό 4% των οδηγών παραδέχονται ότι έχουν οδηγήσει τουλάχιστον μία φορά την τελευταία εβδομάδα υπό την επήρεια αλκοόλ, ενώ έχουν καταναλώσει αλκοόλ σε περισσότερη ποσότητα από το νόμιμο όριο.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι στις χώρες με τα περισσότερα οδικά ατυχήματα οι οδηγοί υποστηρίζουν περισσότερο δραστικά μέτρα. Ωστόσο, τα ακραία μέτρα που θα μπορούσε να έχουν καλύτερα αποτελέσματα, π.χ. μηδενικό όριο κατανάλωσης αλκοόλ πριν την οδήγηση, υποστηρίζονται λιγότερο από τα πιο ήπια μέτρα. Για παράδειγμα, στη Σουηδία, μία από τις ασφαλέστερες χώρες της Ευρώπης, οι οδηγοί δεν υποστηρίζουν έντονα την εφαρμογή νέων αυστηρών μέτρων για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας, ενδεχομένως διότι θεωρούν αρκετά αυτά που εφαρμόζονται. Βέβαια, η κατάσταση στη Σουηδία μπορεί ακόμα να βελτιωθεί θέτοντας νέους στόχους για την επίλυση προβλημάτων που εξακολουθούν να υπάρχουν, ενώ στις άλλες χώρες οι πολιτικές οδικής ασφάλειας μπορεί να εστιαστούν σε ό,τι έχει εφαρμοστεί ήδη στη Σουηδία με σκοπό την επίτευξη του στόχου σε κάθε χώρα.

2.2.3. Επίδραση της ταχύτητας στην οδήγηση

Σχετικά με την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας οι έρευνες έδειξαν ότι οι οδηγοί στις διάφορες χώρες είχαν πολύ διαφορετικές απόψεις και έτσι δεν ήταν δυνατόν να γίνει οποιαδήποτε διάκριση των χωρών σε ομάδες. Στην πραγματικότητα, η πλειοψηφία των οδηγών στους αυτοκινητόδρομους παραδέχονται ότι υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας, ενώ πολλοί υποστηρίζουν τα μέτρα για την μείωση της ταχύτητας στις κατοικημένες περιοχές. Όσο περισσότερο οι οδηγοί νιώθουν ότι μπορούν να οδηγήσουν γρήγορα και ασφαλώς, τόσο πιθανότερο είναι να υπερβούν τα όρια ταχύτητας.

Οι έρευνες έδειξαν ότι υπάρχουν πολλές διαφορές ανάμεσα στις χώρες σχετικά με την ταχύτητα. Έτσι, δεν προέκυψε κάποια ξεκάθαρη εικόνα για όλη την Ευρώπη από τα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά είναι αναγκαίο για κάθε χώρα να εξετάσει κατά πόσο σχετίζεται με τις άλλες χώρες και να θέσει στρατηγική μείωσης της ταχύτητας. Ένα βασικό θέμα είναι η ενημέρωση των οδηγών και η υιοθέτηση της άποψης ότι η υπέρβαση της ταχύτητας είναι επικίνδυνη τόσο για τους ίδιους όσο και για τους άλλους χρήστες των οδών. Ωστόσο, τα συνολικά αποτελέσματα είναι ευοίωνα επειδή

πολλοί οδηγοί αναγνωρίζουν ήδη τους κινδύνους της γρήγορης οδήγησης και υποστηρίζουν τα μέτρα που λαμβάνονται για την μείωσή της. Σε μερικές χώρες, οι αρχές θα πρέπει να επωφεληθούν από αυτή την υποστήριξη, συνοδεύοντας παράλληλα οποιεσδήποτε δράσεις με ταυτόχρονη εκστρατεία ενημέρωση μέσω των μέσων μαζικής επικοινωνίας.

Αναφορικά με την αστυνόμευση της ταχύτητας, συνολικά περίπου ένας στους πέντε οδηγούς έχει εντοπιστεί και τιμωρηθεί στα τελευταία 3 χρόνια. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στους οδηγούς κάθε χώρας αναφορικά με την εκτιμώμενη πιθανότητα εντοπισμού των παραβατών και την επιβολή προστίμου και ανάμεσα στην εμπειρία εντοπισμού των οδηγών. Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί ότι οι οδηγοί υποστηρίζουν την αύξηση της αστυνόμευσης σε διαφορετικά ποσοστά που κυμαίνονται από 39% έως 80% σε διάφορες χώρες. Ταυτόχρονα, πολλοί οδηγοί υποστηρίζουν την συχνότερη χρήση των καμερών παρακολούθησης ταχύτητας και αυστηρότερες ποινές, ενώ μικρότερη είναι η υποστήριξη εμπλοκής των ιδιωτικών εταιρειών αντίθετα με την αστυνομία ή τις τοπικές αρχές στην αστυνόμευση της υπερβολικής ταχύτητας.

2.2.4. Ζώνη ασφαλείας

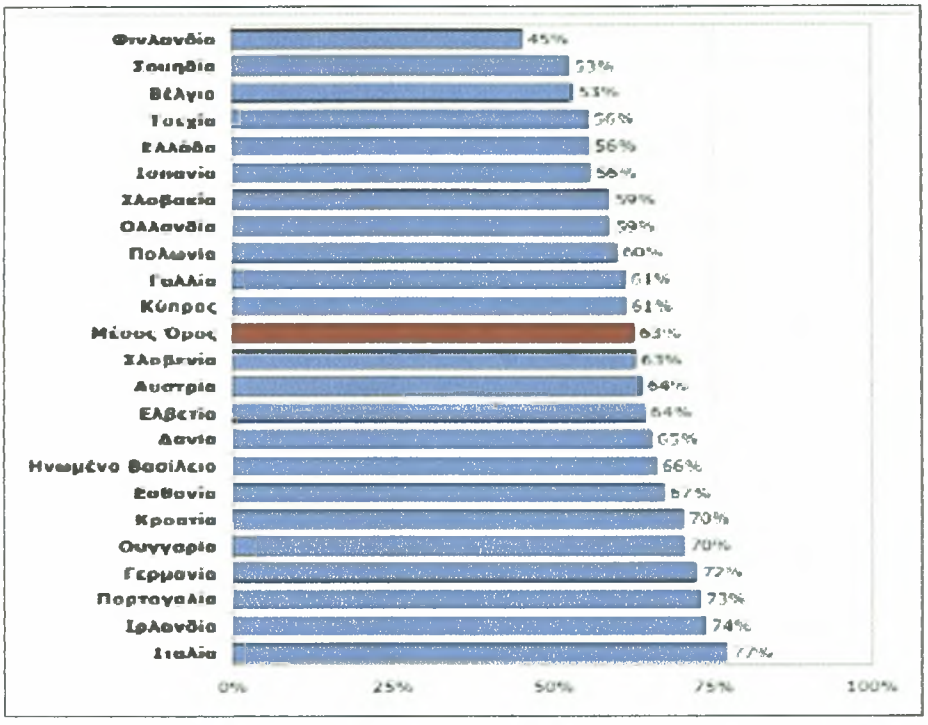
Γενικά, από την έρευνα προέκυψε ότι οι οδηγοί έχουν θετική στάση απέναντι στη χρήση των ζωνών ασφαλείας. Ωστόσο, πολλοί οδηγοί εξακολουθούν να πιστεύουν ότι εάν οδηγούν προσεκτικά δεν χρειάζεται να φορούν ζώνη ασφαλείας και πολλοί υπερεκτιμούν τον κίνδυνο να εγκλωβιστούν από την ζώνη ασφαλείας σε περίπτωση ατυχήματος. Στις χώρες που οι οδηγοί δηλώνουν κάτι τέτοιο, είναι αναγκαίο να γίνουν εκστρατείες για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών σε θέματα χρήσης της ζώνης ασφαλείας.

Από την έρευνα φάνηκε ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων που έχει ζώνες ασφαλείας σε όλες τις θέσεις ήταν αρκετά υψηλός σε όλη την Ευρώπη (85%). Ωστόσο, το ποσοστό αυτών των οχημάτων ήταν πολύ χαμηλό σε μερικές χώρες όπως η Σλοβακία, η Ουγγαρία, η Ισπανία και η Κύπρος. Ειδικά όσον αφορά την χρήση των ειδικών καθισμάτων ασφαλείας για παιδιά οι λιγότερο ασφαλείς χώρες ήταν αυτές της Ανατολικής και Νότιας Ευρώπης, όπως η Εσθονία και η Ιταλία. Παρά το γεγονός ότι σε πολλές χώρες τα ποσοστά χρήσης ζωνών ασφαλείας είναι πολύ υψηλά, τα αντίστοιχα ποσοστά εξακολουθούν να είναι χαμηλά, ειδικά στις κατοικημένες περιοχές. Κατά μέσο όρο ποσοστό 84% των οδηγών (κυμαίνεται από 71% έως 96%) κάνουν χρήση της ζώνης ασφαλείας στους αυτοκινητόδρομους, αλλά μόνο ποσοστό 66% (κυμαίνεται από 36% έως 91%) κάνουν χρήση της ζώνης ασφαλείας στις κατοικημένες περιοχές. Παρά το γεγονός ότι αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν αρκετά συχνή χρήση της ζώνης ασφαλείας, υπάρχει ακόμα περιθώριο για περαιτέρω βελτιώσεις, αφού η χρήση της ζώνης ασφαλείας αποτελεί βασικό μέτρο για την αποφυγή τραυματισμού σε ατυχήματα με χαμηλές ταχύτητες. Επίσης, οι χώρες με χαμηλά ποσοστά χρήσης ζωνών ασφαλείας θα πρέπει να προωθήσουν προγράμματα βελτίωσης της χρήσης της ζώνης ασφαλείας.

Επιπλέον, ποσοστό 13 % των οδηγών δηλώνουν ότι ποτέ ή σπάνια χρησιμοποιούν την ζώνη ασφαλείας σε κατοικημένες περιοχές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα αποτελέσματα συσχετίζονται με τους διάφορους παράγοντες επικινδυνότητας. Οι οδηγοί που υποβάλλουν τον εαυτό τους σε ένα παράγοντα επικινδυνότητας, είναι περισσότερο πιθανό να υποβληθούν σε περισσότερους παράγοντες επικινδυνότητας. Για παράδειγμα, οι οδηγοί που υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας είναι κατά 87% πιο πιθανό να μην κάνουν χρήση της ζώνης ασφαλείας από τους οδηγούς που δεν οδηγούν γρήγορα!

2.2.5. Οδηγική συμπεριφορά

Περισσότεροι από τους μισούς οδηγούς που έλαβαν μέρος στην έρευνα, δήλωσαν ότι θεωρούν την οδήγησή τους περισσότερο ασφαλή από την οδήγηση των άλλων οδηγών, βλέπε σχήμα 2-1. Αυτό υποδεικνύει ενδεχομένως υπερεκτίμηση της ικανότητάς τους. Επίσης, φάνηκε ότι το ποσοστό των οδηγών που δήλωσαν ότι οι άλλοι οδηγοί είναι επιθετικοί απέναντί τους, ήταν υψηλότερο από το ποσοστό εκείνων που δήλωσαν ότι οι ίδιοι οδηγούν επιθετικά απέναντι στους άλλους οδηγούς. Από την έρευνα φάνηκε επίσης ότι μεγάλο ποσοστό των οδηγών σε μερικές χώρες όπως η Κύπρος, η Κροατία, η Ουγγαρία και η Εσθονία, ενημερώνουν τους άλλους οδηγούς για την ύπαρξη αστυνόμευσης στην οδό. Αυτό βέβαια μειώνει την επίδραση της αστυνόμευσης στην οδική ασφάλεια. Η έρευνα έδειξε πολύ διαφορετικές οδηγητικές συνήθειες και δεδηλωμένες συμπεριφορές σε κάθε χώρα, ενώ μερικές από αυτές τις συμπεριφορές αποτελούν ιδιαίτερα σοβαρά προβλήματα για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

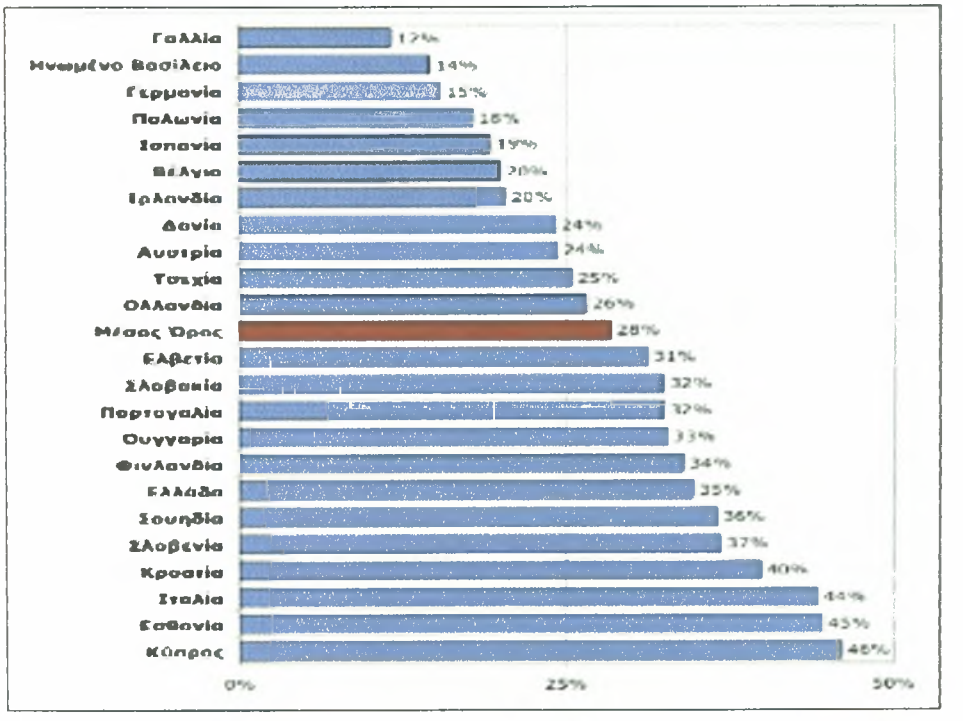


Σχήμα 2-1: Ποσοστά των οδηγών σε κάθε χώρα που πιστεύουν ότι οδηγούν λιγότερο επικίνδυνα από τους άλλους οδηγούς.

Η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση αποτελεί επίσης επικίνδυνη συμπεριφορά. Παρά το γεγονός ότι πολλοί οδηγοί δεν θεωρούν επικίνδυνη την χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση, η χρήση τους μπορεί να αποσπάσει την συγκέντρωση του οδηγού και να οδηγήσει σε ατύχημα. Το ποσοστό των οδηγών κατά μέσο όρο που κάνουν τουλάχιστον ένα τηλεφώνημα την ημέρα κατά την διάρκεια της οδήγησής τους είναι αρκετά υψηλό (πάνω από 40%) στην Εσθονία, Κύπρο, Ιταλία και Κροατία. Αντίθετα, το ποσοστό αυτό είναι μικρό στην Ισπανία, Πολωνία, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο και στη Γαλλία (κάτω από 20%), βλέπε σχήμα 2-2. Ακόμη, στα ερωτηματολόγια υπήρχαν ερωτήσεις για την απόσταση των οδηγών από το προπορευόμενο όχημα. Οι οδηγοί στην Ελλάδα (35%) και στην Κύπρο (25%) δήλωσαν ότι διατηρούν πολύ μικρές αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα, ενώ πολύ λίγοι οδηγοί στην Αυστρία (κάτω από 4%) δήλωσαν τέτοια συμπεριφορά. Παρατηρείται ότι αυτή η συμπεριφορά δεν έχει αλλάξει πολύ από την προηγούμενη έρευνα SARTRE, εκτός από την Ελλάδα όπου αυτή η συμπεριφορά έγινε συχνότερη.

Είναι σημαντικό ότι οι κανόνες κυκλοφορίας και το επίπεδο της επιτήρησης δεν είναι τα ίδια σε όλες τις χώρες και αυτό μπορεί να ευθύνεται για τις διαφορές στη συμπεριφορά των οδηγών σε κάθε χώρα. Για παράδειγμα, οι οδηγοί στο Ηνωμένο Βασίλειο (97%), στην Εσθονία (96%) και στην Ιρλανδία (95%) δήλωσαν σε μεγαλύτερα ποσοστά ότι παραχωρούν προτεραιότητα στους πεζούς όταν βρίσκονται σε διάβαση

πεζών. Λίγοι οδηγοί στην Κύπρο και στην Ισπανία δήλωσαν κάτι τέτοιο, ενδεχομένως απεικονίζοντας την έλλειψη αστυνόμευσης σε αυτές τις χώρες. Γενικά, η συγκεκριμένη συμπεριφορά, παρουσιάζει βελτίωση από την προηγούμενη έρευνα ιδιαίτερα στη Σουηδία, στην Ελβετία και στην Τσεχία. Οι διαφορές στη νομοθεσία και στην αστυνόμευση μπορεί επίσης να επηρεάζουν την συχνότητα με την οποία δηλώνουν οι οδηγοί ότι παραβιάζουν τον πορτοκαλί ή τον κόκκινο φωτεινό σηματοδότη. Εδώ , υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις χώρες, αφού 36% των οδηγών στην Κύπρο δηλώνουν ότι το κάνουν, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στην Πολωνία και Φινλανδία είναι μόλις 8%. Οι οδηγοί στη Σλοβακία, στην Τσεχία, στην Ελλάδα και στην Κύπρο δήλωσαν ότι προσπερνούν προπορευόμενα αυτοκίνητα σε οριακές καταστάσεις.



Σχήμα 2-2: Ποσοστά των οδηγών που κάνουν τουλάχιστον ένα τηλεφώνημα ημερησίως κατά την οδήγησή τους.

2.3. Επιρροή του θυμού στη συμπεριφορά των οδηγών (Dittmann, 2005)

Όταν κάποιος διακόπτει την πορεία σας καθώς οδηγείται σε έναν αυτοκινητόδρομο ή σας παίρνει την θέση παρκαρίσματος για την οποία περιμένατε υπομονετικά, η πρώτη αντίδραση σας είναι:

- Παίρνετε μια βαθιά αναπνοή και προχωράτε;
- Κορνάρετε και στη συνέχεια προχωράτε;

- Ακαριαία κορνάρετε, βρίζετε και χτυπάτε την γροθιά σας στο τιμόνι σκεπτόμενοι πώς ο άλλος οδηγός απέκτησε δίπλωμα οδήγησης;

Σύμφωνα με τον ψυχολόγο Deffenbacher (Deffenbacher, Lynch & Richards, 2003), οι οδηγοί που απαντούν καταφατικά στο τελευταίο από τα προηγούμενα ερωτήματα, αποτελούν μια ομάδα κινδύνου ατόμων με μεγάλο θυμό κατά την διάρκεια της οδήγησης. Τα άτομα αυτά μπορεί μερικές φορές να μετατραπούν σε «πολεμιστές» πίσω από το τιμόνι και στην περίπτωση που τους προκαλέσουν, μιλούν με αισχρότητες, κάνουν άσχημες χειρονομίες, κορνάρουν και παρεκκλίνουν από την πορεία τους ακόμη και μέσα σε αυτοκινητοδρόμους θέτοντας σε κίνδυνο τις ζωές τους αλλά και των υπόλοιπων ατόμων.

Ο Deffenbacher εστίασε την έρευνα του στην προσωπικότητα, την επιθετικότητα και τα χαρακτηριστικά ριψοκίνδυνης συμπεριφοράς των ιδιαίτερα νευρικών οδηγών κατά την διάρκεια μιας ομιλίας του σε ένα συνέδριο ψυχολογίας στο Phoenix (Rocky Mountain Psychological Association Conference, 2005). Στη συγκεκριμένη έρευνα, οι οδηγοί με μεγάλη νευρικότητα, προσεγγίστηκαν με σκοπό την μελέτη των τάσεων τους μέσω ερωτηματολογίων, ημερολογίων οδήγησης, υπολογιστικών προσομοιώσεων οδήγησης και φανταστικών ασκήσεων. Από αυτές τις μελέτες, ο προαναφερόμενος ψυχολόγος δημιούργησε παρεμβάσεις ανάτασης για να συμβάλλει στη μετρίαση της μανίας στους δρόμους και στην προώθηση της οδικής ασφάλειας.

2.3.1. Χαρακτηριστικά των νευρικών οδηγών

Ο Deffenbacher για να ανακαλύψει τους λόγους που παρακινούν τους οδηγούς στην οδική βία, σύγκρινε την επιθετικότητα, την λήψη ρίσκων και τα χαρακτηριστικά προσωπικότητας των οδηγών με υψηλό θυμό σε σχέση με εκείνους που παρουσιάζουν πιο ήπια συμπεριφορά και επικεντρώνουν την προσοχή τους στη σωστή οδήγηση, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν εναλλακτικές μεθόδους για να καταπραΰνουν την νευρικότητα τους, ανοίγοντας για παράδειγμα το ραδιόφωνο (Deffenbacher, Lynch & Richards, 2003).

Οι έρευνες του συγκεκριμένου ψυχολόγου έδειξαν ότι οι νευρικοί οδηγοί:

- **Παίρνουν περισσότερα ρίσκα στον δρόμο.** Οι συγκεκριμένοι οδηγοί λοιπόν συνήθως οδηγούν κατά 10 έως 20 μίλια την ώρα πάνω από τα όρια ταχύτητας, αλλάζουν απότομα λωρίδες κυκλοφορίας και περνούν διασταυρώσεις με κόκκινο σηματοδότη.

- **Συμπεριφέρονται επιθετικά και σκέφτονται εχθρικά.** Οι οδηγοί με ιδιαίτερη νευρικότητα ανέφεραν στην έρευνα ότι υποτιμούν τους υπόλοιπους οδηγούς, σκέφτονται εκδικητικά για αυτούς, ενώ δεν είναι λίγες οι φορές που ψάχνουν και τρόπους ακόμη και να τους βλάψουν.

- **Νευριάζουν πιο εύκολα και συμπεριφέρονται πιο επιθετικά.** Η σύγκριση ανάμεσα στους οδηγούς με μεγάλη νευρικότητα και θυμό και σε εκείνους που είναι λιγότερο νευρικοί κατά την διάρκεια της οδήγησης, έδειξε ότι οι πρώτοι βρίζουν, φωνάζουν και κορνάρουν συνεχώς με μια συχνότητα που αγγίζει τουλάχιστον τις δυο φορές την ημέρα, ενώ επιπλέον εμφανίζουν ιδιαίτερα επιθετική συμπεριφορά επίσης περίπου δυο φορές κατά την διάρκεια της ημέρας. Βέβαια, η σύγκριση μεταξύ των δυο ομάδων οδηγών έγινε για τις ίδιες συνθήκες κυκλοφορίας και για τις ίδιες χιλιομετρικές αποστάσεις.

- **Έχουν περισσότερα ατυχήματα.** Στις προσομοιώσεις οδήγησης, οι οδηγοί με υψηλή νευρικότητα είχαν τα διπλάσια ατυχήματα σε σχέση με τους υπόλοιπους οδηγούς, είτε αυτά οφείλονταν σε συγκρούσεις με άλλα οχήματα, είτε και σε ανατροπές εκτός δρόμου. Ακόμη, αναφέρθηκαν για αυτούς τους οδηγούς περισσότερες παραβάσεις και κλήσεις για υπερβολική ταχύτητα. Αντίθετα, ο αριθμός των ατυχημάτων που περιελάμβανε σοβαρούς τραυματισμούς, ήταν ίδιος για τις δυο κατηγορίες οδηγών, κάτι που εξηγείται σύμφωνα με τον Deffenbacher από το γεγονός ότι αυτός ο τύπος συγκρούσεων με τέτοια αποτελέσματα αποτελεί ένα όχι και τόσο συνηθισμένο φαινόμενο.

- **Διαθέτουν σε μεγαλύτερο βαθμό χαρακτηριστικά όπως ο θυμός, η ανησυχία και ο αυθορμητισμός.** Οι οδηγοί με μεγάλη νευρικότητα είναι πιθανό να μπουν στο αυτοκίνητο τους με μια ανησυχία που μπορεί να πηγάζει από το άγχος του σπιτιού ή της δουλειάς τους. Γενικά έχουν την τάση να εξωτερικεύουν τον θυμό τους και να μην ελέγχουν τη συμπεριφορά τους.

Τέλος, στην έρευνα παρατηρήθηκε ότι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει στη συμπεριφορά των οδηγών τόσο ο χρόνος όσο και ο τόπος, καθώς για παράδειγμα σε επαρχιακές οδούς δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δυο εξεταζόμενες κατηγορίες οδηγών.

2.3.2. Προσπάθεια για ασφαλέστερους δρόμους

Σύμφωνα με τον ψυχολόγο Deffenbacher είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι ένας συνδυασμός από αντιληπτικές και χαλαρωτικές παρεμβάσεις έχουν επιδείξει μια σχετική μείωση της οδικής μανίας ανάμεσα στους ιδιαίτερα νευρικούς οδηγούς (Deffenbacher, Lynch & Richards, 2003).

Για παράδειγμα στις μελέτες του προαναφερόμενου ψυχολόγου, οι συμμετέχοντες που ήταν φοιτητές κολεγίου και επιθυμούσαν την μείωση αν όχι εξάλειψη του θυμού τους μέσα στα οχήματα τους, συμμετείχαν σε οκτώ διαφορετικές ενότητες που περιελάμβαναν τόσο χαλαρωτικές όσο και αντιληπτικές παρεμβάσεις. Στη φάση της χαλαρωτικής κατάστασης οι ερευνητές δίδαξαν στους συμμετέχοντες βαθιές αναπνοές και άλλες χαλαρωτικές τεχνικές. Αντίστοιχα στη φάση της αντιληπτικής συνθήκης, οι φοιτητές διδάχτηκαν παρόμοιες χαλαρωτικές μεθόδους με επιπρόσθετες στρατηγικές

αλλαγής. Και οι δυο ομάδες συμμετεχόντων εξάσκησαν την ικανότητα τους να ελέγξουν την νευρικότητα τους, τόσο σε συνθήκες προσομοίωσης, όσο όμως και σε κανονικές κυκλοφοριακές συνθήκες.

Συμπερασματικά, είναι αναγκαίο να τονισθεί ότι οι προτεινόμενες μέθοδοι περιορισμού του θυμού κατά την διάρκεια της οδήγησης πραγματικά μπορούν να είναι αποτελεσματικές για την καταπολέμηση της οδικής μανίας. Ωστόσο, είναι προφανές ότι δεν οδηγούν σε ολοκληρωτική καταπολέμηση της βιαιότητας κάποιων ατόμων, αλλά σε μείωση της συχνότητας και της έκτασης μιας τέτοιας συμπεριφοράς.

2.4. **Επήρεια του φύλου των οδηγών στην οδήγηση** (SIRC, 2004)

Η επήρεια του φύλου των οδηγών στην οδήγηση εξετάσθηκε από το SIRC (Social Issues Research Center, 2004), το οποίο ανέλυσε τις κοινωνικές και ψυχολογικές διαφορές ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες όσον αφορά την οδηγική τους συμπεριφορά.

Οι διαφορές ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες σε σχέση με την οδηγική τους συμπεριφορά και το ποσοστό των ατυχημάτων, έχουν αποδειχτεί στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Ευρώπη, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στην Αυστραλία και σε άλλες χώρες. Σε όλες τις έρευνες και τις μελέτες, χωρίς εξαίρεση, έχει προκύψει ότι οι άνδρες έχουν μεγαλύτερο ποσοστό συγκρούσεων σε σχέση με τις γυναίκες (Evans, 1991, McKenna et al, 1998, Parker et al, 1995, Abdel-Aty & Abdelwahab, 2000, Waller et al, 2001, Waylen & McKenna, 2002, Lancaster & Ward, 2002) . Αυτή η διαφορά έχει σημειωθεί ιδιαίτερα στον πληθυσμό ηλικίας κάτω των 25 χρόνων, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει ότι δεν είναι προφανής και σε μεγαλύτερες ηλικίες.

Η κλίμακα της διαφορετικής συμπεριφοράς ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες είναι σημαντική. Ο Chipman et al, για παράδειγμα, έδειξε ότι οι άνδρες συμμετέχουν σε διπλάσιες συγκρούσεις (ανά 1.000 οδηγούς) από ότι οι γυναίκες (Chipman et al, 1992). Ο Waller παρατήρησε ότι πέρα από το ότι οι άνδρες μετέχουν σε περισσότερες συγκρούσεις, επιπλέον προκαλούν την πρώτη τους σύγκρουση στην οδική τους καριέρα πολύ νωρίτερα σε σχέση με τις γυναίκες (Waller, 2001). Τέλος, ο Norris αποδίδει το υψηλότερο επίπεδο πρόκλησης ατυχημάτων ή συγκρούσεων στις μεγαλύτερες ταχύτητες που χρησιμοποιούν οι άνδρες, αλλά και στη συχνότερη παραβίαση των κυκλοφοριακών κανόνων (Norris ,2000).

Οι Waylen και McKenna παρατήρησαν πως και ο τρόπος εμπλοκής σε τροχαία ατυχήματα διαφέρει ανάμεσα στα δυο φύλα (Waylen & McKenna, 2002). Οι άνδρες είναι πιο πιθανό να εμπλακούν σε συγκρούσεις που συμβαίνουν σε στροφές, την νύχτα ή λόγω προσπέρασης. Οι γυναίκες, από την άλλη πλευρά, εμπλέκονται πιο συχνά σε τροχαία που συμβαίνουν σε διασταυρώσεις. Όλα αυτά συγκλίνουν στην πρόταση του Storie που δείχνει ότι οι άνδρες εμπλέκονται σε συγκρούσεις που οφείλονται σε

μεγάλο βαθμό στην υπερβολική ταχύτητα, ενώ οι γυναίκες μετέχουν σε ατυχήματα τα οποία προκαλούνται κατά βάση από λάθη λόγω λανθασμένης κρίσης (Storie , 1977).

Τα στοιχεία της έρευνας έδειξαν ότι η κατηγορία ηλικίας από τα 20 έως τα 29 χρόνια το θανατηφόρο ποσοστό ατυχημάτων για τους άνδρες ήταν 535% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των γυναικών. Η διαφορά ανάμεσα στα φύλα των οδηγών φθίνει όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία τους, με αποτέλεσμα στα 60 τους χρόνια πλέον η διαφορά να είναι ασαφής. Αυτό συγκλίνει με τα ευρήματα του Maycock πως η μεγαλύτερη διαφορά στην οδική συμπεριφορά ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες παρουσιάζεται στις ομάδες ηλικίας από τα 16-20 και από 21-24 χρόνια (Maycock , 1991).

Βέβαια, όπως είναι λογικό οι διαφορές που εμφανίζονται ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες οδηγούς θα μπορούσαν να δικαιολογηθούν από το γεγονός ότι οι άνδρες οδηγοί είναι περισσότεροι και ότι διανύουν πολύ περισσότερα χιλιόμετρα από τις γυναίκες. Ωστόσο, εάν ίσχυαν πράγματι αυτοί οι παράγοντες, θα ήταν αναμενόμενη και μια μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο επίπεδο των τραυματισμών και θανάτων των ανδρών οδηγών και αυτών που προκύπτουν από την θέση του πεζού, του επιβάτη ή και του συνοδηγού.

Η μελέτη WHO αναφέρει πως οι πιο σημαντικοί παράγοντες που μπορεί να σχετίζονται με τις διαφορές ανάμεσα στα δυο φύλα και την εμπλοκή τους σε τροχαία ατυχήματα είναι μεταξύ άλλων η ριψοκίνδυνη οδήγηση, η αντικοινωνική συμπεριφορά και η χρήση αλκοόλ από την πλευρά των αντρών (WHO, 2002). Σε γενικές γραμμές οι παράγοντες ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Επιθετικότητα.
- Υπερβολική ταχύτητα και παραβίαση των κυκλοφοριακών κανόνων.
- Ριψοκίνδυνη οδήγηση.

2.4.1. Επιθετικότητα στην οδήγηση

Υπάρχει μια μεγάλη βιβλιογραφία που αφορά μελέτες των διαφορών των δυο φύλων σε σχέση με την επιθετικότητα που εμφανίζουν κατά την διάρκεια της οδήγησης, ενώ δίνεται προσοχή σε βιολογικούς, ψυχολογικούς, κοινωνικούς και πολιτιστικούς παράγοντες. Υπάρχει μια επικρατούσα άποψη ότι οι άνδρες είναι περισσότερο επιθετικοί σε σχέση με τις γυναίκες, ενώ επιδεικνύουν αυτή τους την επιθετικότητα ανάλογα με τις συντρόφους που κάθε φορά έχουν. Οι μεγαλύτερες διαφορές εμφανίζονται από την παιδική τους ηλικία, ενώ δεν λίγες οι φορές που οι διαφορές αυτές είναι προφανείς ακόμη και από την ηλικία των 2 ετών.

Κάποιοι κοινωνιολόγοι διαφωνούν στο ότι η επιθετικότητα μπορεί να υπόκειται σε συμπεριφορές που δεν εμπεριέχουν φυσικές αντιδράσεις όπως διάφορους χειρισμούς

, αποκλίσεις και κοινωνικά σχόλια. Προτείνουν ότι τα επίπεδα της επιθετικότητας συνολικά μπορεί να μην είναι ουσιαστικά διαφορετικά ανάμεσα στα δυο φύλα. Επιπλέον, ενώ η βιβλιογραφία στις διαφορές μεταξύ των ανδρών και των γυναικών είναι ιδιαίτερα εκτενής, οι μελέτες που αφορούν συγκεκριμένα στην επιθετικότητα δεν είναι πολλές. Οι Doob και Gross, για παράδειγμα, χρησιμοποίησαν το κορνάρισμα ως μια άμεση μέτρηση της επιθετικότητας και διαπίστωσαν ότι οι άνδρες κόρναραν τρεις φορές πιο γρήγορα από ότι οι γυναίκες όταν, για παράδειγμα, οι οδηγοί που βρίσκονταν μπροστά τους δεν μετακινούνταν αμέσως μόλις άνοιγε ο πράσινος σηματοδότης (Doob και Gross, 1989).

Ο Mizell, από την άλλη, με βάση τις αναφορές που ερεύνησε σε αστυνομικά τμήματα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι άνδρες οδηγοί εμπλέκονταν πολύ πιο συχνά σε γεγονότα που χαρακτηρίζονταν από επιθετικές συμπεριφορές (Mizell, 1997). Μια πιο πρόσφατη μελέτη του Parry στο Ηνωμένο Βασίλειο εξέτασε τη συμπεριφορά και την οδηγική στάση 279 Βρετανών μοτοσικλετιστών. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δίνοντας έμφαση στη «μέτρηση» της επιθετικότητας έδειξε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά επιθετικής συμπεριφοράς εμφανίστηκαν στους άνδρες οδηγούς ηλικίας 17 έως 35 (Parry, 1998). Οι Stradling και Meadows αναφέρουν ότι αν και πράγματι η επιθετικότητα στους άνδρες φθίνει με την ηλικία, τα επίπεδα είναι μεγαλύτερα από αυτά για τις γυναίκες σε όλες τις κατηγορίες ηλικίας (Stradling και Meadows, 1999).

Είναι γεγονός ότι υπάρχει ένας μικρός αριθμός ερευνών που δεν κατάφερε να εντοπίσει διαφορές στα δυο φύλα σε σχέση με την επιθετικότητα κατά την διάρκεια της οδήγησης. Για παράδειγμα, ο Hauber δεν βρήκε σαφείς διαφορές ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες όσον αφορά τουλάχιστον το κορνάρισμα και άλλες συμπεριφορές (Hauber, 1980). Επίσης, ο Novaco συμπέρανε ότι οι προκλητικές συμπεριφορές είναι χαρακτηριστικό και των δυο φύλων (Novaco, 1989). Ωστόσο, οι πειραματικές μελέτες δείχνουν πως οι διαφορές ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες σε σχέση με την επιθετικότητα είναι συνεπείς με τις διαφορές στα ποσοστά ατυχημάτων.

2.4.2. Παραβίαση των κυκλοφοριακών κανόνων

Η Στατιστική Υπηρεσία της Αγγλίας παρουσίασε ότι το 2002 το 88% όλων των παραπτωμάτων οδήγησης και το 83% των παραπτωμάτων υπερβολικής ταχύτητας έγιναν από άνδρες. Επιπλέον η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι τις περισσότερες παραβάσεις κατά την διάρκεια της οδήγησης τις κάνουν οι άνδρες. Ο Storie εντόπισε πως οι άνδρες είναι πιο πιθανό να εμπλακούν σε συγκρούσεις λόγω υπερβολικής ταχύτητας (Storie, 1977). Οι Michiels και Schneider , από την άλλη, παρουσίασαν ότι οι μεγαλύτερες ταχύτητες από την πλευρά των ανδρών σχετίζονται με την εν γένει αντικοινωνική συμπεριφοράς τους (Michiels & Schneider, 1984).

Στην Γερμανία, η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, ανέλυσε δεδομένα που είχαν συλλεχθεί το 1986 και ανέφεραν ότι πράγματι οι άνδρες οδηγοί εμπλέκονται

περισσότερο από ότι οι γυναίκες σε ατυχήματα που οφείλονταν σε υπερβολική ταχύτητα και σε αντικανονικές αλλαγές λωρίδας. Ο Norris επιβεβαίωσε αυτά τα ευρήματα και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και πρότεινε πως οι προϋπάρχοντες ριψοκίνδυνοι παράγοντες στη συμπεριφορά θα μπορούσαν να εξηγήσουν τις παρατηρούμενες διαφορές ηλικίας και φύλου στα ποσοστά ατυχημάτων (Norris, 2000).

Για άλλου τύπου κυκλοφοριακών παραβάσεων, ο Waller ανέφερε ότι οι άνδρες οδηγοί εμφανίζουν διπλάσιες πιθανότητες να παραβούν τους κανονισμούς και να λάβουν κλήση από την τροχαία, ενώ ακόμη προβαίνουν στην πρώτη τους παρεκτροπή σε μικρότερη ηλικία από τις γυναίκες (Waller, 2000). Ο Yagil στο Ισραήλ σε έρευνα που έκανε ανάμεσα σε φοιτητές πανεπιστημίου διαπίστωσε ότι οι γυναίκες οδηγοί δείχνουν μεγαλύτερη προσοχή στο να τηρούν τους κυκλοφοριακούς κανονισμούς. Μάλιστα, οι γυναίκες θεωρούν ότι τόσο τα κυκλοφοριακά μέτρα που υπάρχουν όσο και οι κυρώσεις είναι σε λογικά πλαίσια (Yagil, 1998). Οι άνδρες οδηγοί, από την άλλη, συνήθως υπερεκτιμούν τις ικανότητες τους στην οδήγηση και υποβιβάζουν την αναγκαιότητα κάποιων κανονισμών.

Οι Parker και Stradling σε μελέτη που έκαναν στο Ηνωμένο Βασίλειο βρήκαν πως το 40% των ανδρών οδηγών μπορούν να θεωρηθούν ως «υψηλού βαθμού» παραβάτες σε σύγκριση με το 20% των αντίστοιχων γυναικών. Οι παραβάσεις περιλαμβάνουν την έλευση όταν το φανάρι είναι κόκκινο, την οδήγηση σε μικρή απόσταση από το μπροστινό όχημα, την ύπαρξη στο αίμα μεγαλύτερης ποσότητας αλκοόλ από το κανονικό όπως και την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας (Parker & Stradling, 1998).

Σε γενικές γραμμές, συνολικά οι έρευνες και οι μελέτες αποδεικνύουν ότι οι άνδρες οδηγοί και ιδιαίτερα οι μικροί σε ηλικία, εμφανίζουν συμπεριφορά κατά την διάρκεια της οδήγησης που ενδεχομένως προκαλεί σε μεγαλύτερο, σε σχέση με τις γυναίκες, βαθμό ατυχήματα ή συγκρούσεις. Μάλιστα δεν είναι μικρά τα ποσοστά των ανδρών οδηγών που τα ατυχήματα αυτά οφείλονται σε χρήση ναρκωτικών ουσιών, σε υπερβολική ταχύτητα και γενικότερα σε παραβάσεις του κώδικα κυκλοφορίας.

2.4.3. Ριψοκίνδυνη οδήγηση

Είναι γεγονός ότι οι διάφορες έρευνες με θέμα την ριψοκίνδυνη οδήγηση στην πλειοψηφία τους καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι άνδρες οδηγοί και σε αυτήν την περίπτωση εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά αντικανονικής οδικής συμπεριφοράς. Ο Daitzman et al (Daitzman et al, 1978) κατέγραψε πως αυτή η συμπεριφορά των ανδρών οδηγών οφείλεται και στα υψηλά τους επίπεδα τεστοστερόνης, κάτι που άλλωστε επιβεβαίωσαν και οι Daitzman και Zuckerman (1980), Dabbs και Morris (1990), Bogaert και Fisher (1995) και Gerra et al (1999).

Η σχέση ανάμεσα στα επίπεδα τεστοστερόνης και της ριψοκίνδυνης οδήγησης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθώς για παράδειγμα ο Zuckerman βρήκε πως αυτά τα

επίπεδα επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι η επιθετικότητα και οι διαμάχες (Zuckerman, 1994).

Συμπερασματικά, πάντως, πρέπει να σημειωθεί πως τουλάχιστον κάποιες από τις μεταβολές ανάμεσα στα δυο φύλα σε σχέση με τα ρίσκα στην οδήγηση σχετίζονται με τα επίπεδα της τεστοστερόνης (σε συνδυασμό και με άλλες ορμόνες) που υπάρχουν στους οργανισμούς τους.

2.5. Επίδραση της φυσικής κατάστασης των οδηγών στην οδήγηση

Στην παράγραφο αυτή εξετάζεται η συσχέτιση κάποιων χαρακτηριστικών των χρηστών των οδών (π.χ. όραση, ακοή, κούραση, νοημοσύνη) με την οδηγική τους συμπεριφορά (Φραντζεσκάκης & Γκόλιας, 1994).

2.5.1. Όραση

Η καλή όραση είναι μια σημαντική προϋπόθεση για ασφαλή οδήγηση αφού επιταχύνει την διαδικασία αντίληψης και αντίδρασης κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Υπάρχει μια σειρά παραγόντων που καθορίζουν την ποιότητα της όρασης.

Η *οξύτητα της όρασης* χαρακτηρίζει την ικανότητα ταχείας επικέντρωσης και καθαρής όρασης χωρίς θολότητα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των περισσοτέρων μελετών (Davison & Irving, 1980) η σχέση μεταξύ της οπτικής οξύτητας των οδηγών και της συμμετοχής σε οδικά ατυχήματα είναι πολύ μικρή για ηλικίες μεγαλύτερες των 55 ετών και αμελητέα για τις υπόλοιπες.

Η *αίσθηση του βάθους* χαρακτηρίζει την ικανότητα εκτίμησης των σχετικών αποστάσεων αντικειμένων που κινούνται ή είναι ακίνητα στον περιβάλλοντα χώρο. Η περιορισμένη αίσθηση του βάθους σχετίζεται θετικά με τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων (Quimby, Maycock, Carter & Dixon, 1986).

Το οπτικό πεδίο καθορίζει την περιοχή που εξασφαλίζεται ικανοποιητικός βαθμός όρασης. Αν και η καλύτερη οξύτητα της όρασης περιορίζεται σε ένα κώνο 3 βαθμών η όραση εξακολουθεί να είναι ικανοποιητική μέχρι 20 βαθμούς. Σημειώνεται πάντως ότι οι περισσότεροι οδηγοί διαθέτουν και επαρκή *περιφερειακή όραση* ώστε να αντιλαμβάνονται αντικείμενα σε ένα κώνο από 120 έως 160 βαθμούς. Η σχέση μεταξύ της έκτασης του οπτικού πεδίου και του κινδύνου εμπλοκής σε ατύχημα είναι αμελητέα (Quimby, Maycock, Carter & Dixon, 1986).

Τέλος, η *ευαισθησία στη λάμψη*, που καθορίζει τον χρόνο επανόδου στην κανονική οπτική ευαισθησία, είναι ιδιαίτερα σημαντική ιδίως κατά την νυχτερινή οδήγηση που υπάρχουν τα εκτυφλωτικά φώτα της αντίθετης κυκλοφορίας. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ευαισθησίας αυτής και της εμπλοκής σε ατύχημα τη νύχτα, αλλά η συσχέτιση αυτή γίνεται αμελητέα όταν θεωρείται το σύνολο των ατυχημάτων (Quimby & Watts, 1981). Πάντως, όσον αφορά τρόπους σχετικής βελτίωσης του οδικού

περιβάλλοντος σημειώνεται ότι όταν το εκτυφλωτικό φως είναι ένα βαθμό μόνον πλαγίως της οπτικής ευθείας, η επίδραση είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από ότι όταν η γωνία είναι πέντε βαθμοί.

2.5.2. Ακοή

Δεν φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ της ποιότητας της ακοής και της πιθανότητας εμπλοκής σε οδικό ατύχημα. Σχετικά στοιχεία σε διάφορες χώρες δείχνουν ότι οι κωφάλαλοι είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί οδηγοί (Quimby & Watts, 1981).

2.5.3. Χρόνος αντίδρασης

Ο χρόνος αντίδρασης στην οδήγηση αφορά την αξιολόγηση μιας σειράς γεγονότων σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον. Ο συνολικός χρόνος αντίδρασης μπορεί να διακριθεί στον *χρόνο αντίληψης* (π.χ. χρόνος απόφασης ότι χρειάζεται πέδηση) και στον *χρόνο ανάδρασης* (π.χ. χρόνος υλοποίησης της πέδησης).

Σχετική έρευνα έδειξε (Olson & Sivan, 1986) ότι τόσο ο χρόνος αντίληψης όσο και ο χρόνος ανάδρασης μεγαλώνουν όσο αυξάνεται η ηλικία. Σημειώνεται, επίσης, ότι ο συνολικός χρόνος αντίδρασης βρέθηκε ότι εξαρτάται από το εάν το γεγονός που προκαλεί την αντίδραση είναι αναμενόμενο ή όχι. Για μη αναμενόμενα γεγονότα ο χρόνος αντίδρασης προφανώς αυξάνεται. Ο μέσος χρόνος αντίδρασης σε μη αναμενόμενο γεγονός κατά την οδήγηση βρέθηκε (Olson & Sivan, 1986, Summala, 1981) ότι είναι της τάξης των 2.5 δευτερολέπτων, κυμαινόμενος για την συντριπτική πλειοψηφία των οδηγών από 1.5 μέχρι 4.0 δευτερόλεπτα. Επομένως, σε όλα τα θέματα που έχουν σχέση με τον κυκλοφοριακό σχεδιασμό σε οδικά έργα π.χ. υπολογισμός αποστάσεων σε αυτοκινητόδρομους, πρέπει να λαμβάνεται ένας μέσος χρόνος αντίδρασης της τάξης των 2.5 δευτερολέπτων.

2.5.4. Νοημοσύνη

Σχετικές έρευνες (Smith & Kriham, 1982, O' Toole, 1990) έδειξαν ότι οι οδηγοί που παίρνουν βαθμούς χαμηλότερους από τον μέσο όρο στα τεστ νοημοσύνης έχουν μεγαλύτερους δείκτες ατυχημάτων από εκείνους με τους μέσους βαθμούς. Αντίθετα, οι οδηγοί με βαθμούς μεγαλύτερους από τον μέσο όρο δεν φαίνεται να εμπλέκονται λιγότερο σε οδικά ατυχήματα.

2.5.5. Προσωπικότητα

Ο όρος προσωπικότητα περιλαμβάνει μια σειρά χαρακτηριστικών του οδηγού όπως εμπιστοσύνη στις ικανότητες, εγωκεντρισμός, επιθετικότητα, θέληση κ.λ.π.

Τα περισσότερα από αυτά έχουν σχέση με την πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα. Έτσι, οδηγοί με μειωμένη εμπιστοσύνη στις ικανότητες τους, αυξημένο εγωκεντρισμό, αυξημένη επιθετικότητα και μειωμένη θέληση έχουν μεγαλύτερους

δείκτες ατυχημάτων απ' ότι οι οδηγοί με τα παραπάνω χαρακτηριστικά κοντά στον μέσο όρο (Quimby & Watts, 1981).

Παρ' όλα αυτά υπάρχει αρνητική άποψη για τον καθορισμό της προσωπικότητας του οδηγού που έχει τάση για ατυχήματα ώστε να προσδιοριστούν οι επικίνδυνοι οδηγοί. Οι έλεγχοι προσωπικότητας δεν δίνουν εύκολα αξιόπιστα αποτελέσματα, διότι δεν υπάρχει συσχέτιση προσωπικότητας και επικινδυνότητας του οδηγού ποσοτικοποιημένη στον απαιτούμενο βαθμό και διότι υπάρχουν άλλοι πολύ σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τους δείκτες ατυχημάτων.

2.5.6. Κούραση

Είναι προφανές ότι η συνεχής οδήγηση χωρίς διακοπές έχει ως αποτέλεσμα την κούραση και κατά συνέπεια την αύξηση του χρόνου αντίδρασης. Σε πολλές μελέτες (Hamelin ,1987), που αφορούν κυρίως οδηγούς φορτηγών έχει δειχτεί η συσχέτιση της κούρασης, εκφρασμένης σε ώρες συνεχούς οδήγησης, και της αύξησης του δείκτη ατυχημάτων.

Τα σχετικά αποτελέσματα συμφωνούν στο ότι ο κίνδυνος εμπλοκής σε ατύχημα των οδηγών φορτηγών αρχίζει να αυξάνεται μετά τις 6 ώρες οδήγησης, ενώ μετά τις 9 ώρες οδήγησης η αύξηση αυτή γίνεται κατακόρυφη. Παράλληλα, η αύξηση του παραπάνω κινδύνου είναι εντονότερη κατά την νυχτερινή οδήγηση απ' ότι κατά την οδήγηση με φως ημέρας.

2.5.7. Εμπειρία στην οδήγηση

Όλες οι μελέτες συμφωνούν ότι οι πεπειραμένοι οδηγοί οδηγούν ασφαλέστερα από εκείνους που έχουν μικρή εμπειρία. Οι κυριότεροι παράγοντες που έχουν σχέση με την εμπειρία είναι ο αριθμός των ετών ενεργούς οδήγησης, ο ετήσιος αριθμός χιλιομέτρων οδήγησης και η συμμετοχή σε προηγούμενο ατύχημα.

Έχει παρατηρηθεί ότι όσα περισσότερα χρόνια οδηγεί ένας οδηγός τόσο μικρότερος είναι ο δείκτης ατυχημάτων του, τουλάχιστον για ηλικίες μέχρι 65 ετών (Marek & Sten, 1977). Επίσης, όσα περισσότερα είναι τα ετήσια χιλιόμετρα οδήγησης τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Έχει μάλιστα παρατηρηθεί ότι η μείωση του δείκτη ατυχημάτων για διπλασιασμό του ετήσιου αριθμού διανυόμενων χιλιομέτρων είναι της τάξης του 50% (Marek & Sten, 1977). Τέλος, σημειώνεται ότι η συμμετοχή σε ατύχημα ή ακόμα και σε ένα παραλίγο ατύχημα επηρεάζει έντονα τη συμπεριφορά στην οδήγηση και διδάσκει πρακτικές σωστής οδήγησης κατά μοναδικό τρόπο (Sheppard, 1982).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγών

3.1. Γενικά

Για μεγάλο χρονικό διάστημα η έρευνα της αυτοκινητοβιομηχανίας διεθνώς προσπαθούσε να επιτύχει μείωση των οδικών ατυχημάτων, αλλά και των συνεπειών αυτών, εισάγοντας νέα συστήματα παθητικής (π.χ. ζώνες ασφαλείας, αερόσακοι) και ενεργητικής ασφάλειας (π.χ. σύστημα ABS). Ωστόσο, η επίδραση των ενεργητικών μέσων στη βελτίωση της ασφάλειας ήταν πολύ μικρή (Evans, 1985), αφού αντισταθμίζεται συνήθως από αλλαγή στη συμπεριφορά του οδηγού (OECD, 1990, Evans 1982) που γίνεται περισσότερο ριψοκίνδυνη. Τα παθητικά μέσα ασφαλείας αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικά, αλλά ως σύγχρονη αντίληψη έχει επικρατήσει η προσπάθεια πρόληψης του ατυχήματος και όχι η προσπάθεια μείωσης των συνεπειών, που πάντα παραμένουν σοβαρές (Ναθαναήλ, 2004).

Πρόσφατα, η επανάσταση στα ηλεκτρονικά μέσα και τις τηλεπικοινωνίες οδήγησε την σχετική έρευνα προς την κατεύθυνση της αυτοματοποίησης της οδήγησης (π.χ. αυτόματοι αυτοκινητόδρομοι) ή ενεργού υποστήριξης του οδηγού μέσω κατάλληλων παθητικών (συστήματα πλοήγησης) και ενεργητικών (συστήματα αναγνώρισης εμποδίων) αισθητήρων (ETSC, 1993).

Με τον όρο «Έξυπνα» Συστήματα και Υπηρεσίες Μεταφορών (Intelligent Transport Systems and Services – I.T.S.) νοούνται όλα τα συστήματα και οι υπηρεσίες που κάνουν την μετακίνηση των ατόμων ή αγαθών πιο αποδοτική και οικονομική, και άρα πιο «έξυπνη». Τα συστήματα αυτά μπορεί για παράδειγμα να προσφέρουν πληροφορίες για τις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες ή πληροφορίες για τον προγραμματισμό μιας διαδρομής σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό δίδεται η δυνατότητα στις αρχές, τους αρμόδιους χειριστές και το άτομο να λαμβάνει αποφάσεις έχοντας καλύτερη πληροφόρηση και άρα πιο «έξυπνες» (Ναθαναήλ, 2004).

Τα I.T.S. είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνιών εφαρμοσμένων στον τομέα των μεταφορών. Η σχετική αγορά μεταβάλλεται συνεχώς και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, έτσι η σχετική ορολογία και ονοματολογία μεταβάλλεται και αυτή διαρκώς. Ακόμη και για μεμονωμένα συστήματα, ο ορισμός και η λειτουργικότητά τους διαφέρουν σημαντικά ακόμη και μεταξύ των κατασκευαστών (Ναθαναήλ, 2004).

Τα κύρια οφέλη από την χρήση των I.T.S. είναι:

- Αύξηση της οδικής ασφάλειας. Τα I.T.S. παρέχουν καλύτερη πληροφόρηση στον οδηγό και άρα του επιτρέπουν να παίρνει καλύτερες αποφάσεις ή να οδηγεί καλύτερα σε δύσκολες συνθήκες, για παράδειγμα σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας.
- Συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό είναι ένα έμμεσο αποτέλεσμα, π.χ. λόγω της μειωμένης συμφόρησης των οδών από την καλύτερη πληροφόρηση των οδηγών.
- Κέρδος σε χρόνο και κόστος λόγω της καλύτερης πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο. (Ναθαναήλ, 2004)

Τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) ανήκουν στα I.T.S. και συγκεκριμένα αφορούν στα συστήματα που βασίζονται στη νέα τεχνολογία, ενώ στόχος τους είναι η βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κυκλοφορίας.

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στα Σ.Σ.Υ.Ο. επί του οχήματος και στα Σ.Σ.Υ.Ο. επί της οδού.

3.2. Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών επί του οχήματος

Με τον όρο Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγού (Σ.Σ.Υ.Ο.) επί του οχήματος νοούνται τα συστήματα ή οι υπηρεσίες που παρέχονται στον οδηγό εντός του οχήματος καθώς οδηγεί. Τέτοια συστήματα μπορεί για παράδειγμα να είναι ένα σύστημα αυτόματης τήρησης απόστασης ασφαλείας από το εμπρόσθιο όχημα ή ένα σύστημα υποβοήθησης σε περίπτωση μειωμένης ορατότητας (Ναθαναήλ, 2004).

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. επί του οχήματος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με διάφορους τρόπους, ως εξής: (Ναθαναήλ, 2004)

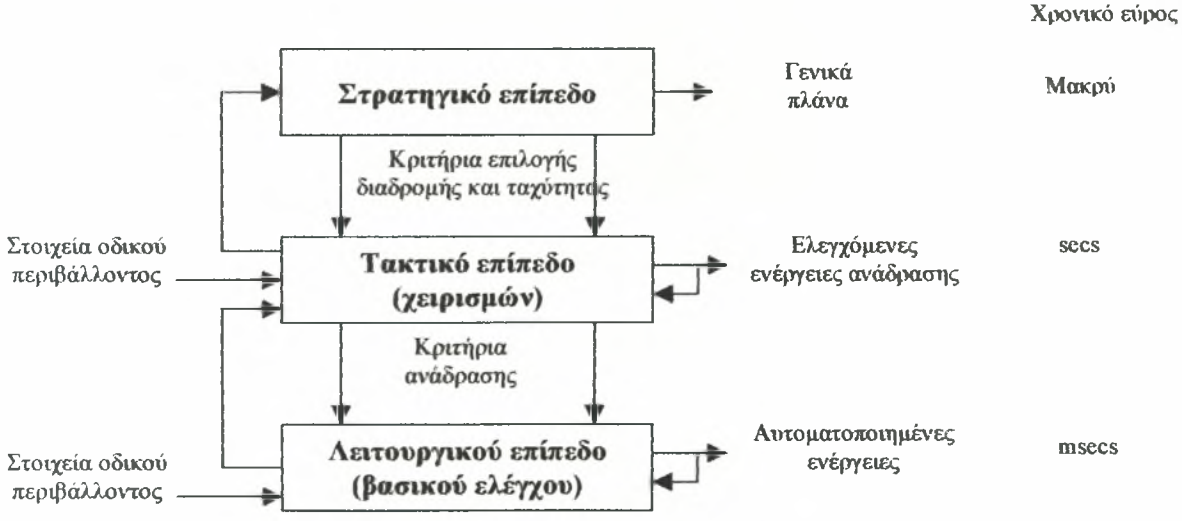
- Βάσει της ενέργειας οδήγησης που υποστηρίζουν, είτε ως προς την χρονική φάση ενός ατυχήματος είτε ως προς τα τρία επίπεδα συμπεριφοράς της οδήγησης (διάγραμμα 3-1).

- Βάσει του τρόπου λειτουργίας τους, που μπορεί να περιλαμβάνει:

- Απλή πληροφόρηση του οδηγού, π.χ. για την απόσταση από το εμπρόσθιο όχημα.
- Προειδοποίηση του οδηγού, π.χ. ότι η απόσταση από το εμπρόσθιο όχημα μειώνεται.
- Παροχή συμβουλής για ενέργεια στον οδηγό, π.χ. να επιβραδύνει το όχημα.
- Αυτόματη επικοινωνία με το περιβάλλον.
- Ανάληψη και αυτόματη εκτέλεση κάποιων από τις ενέργειες οδήγησης αντί του οδηγού.

- Βάσει του πεδίου εφαρμογής τους. Εδώ περιλαμβάνεται ο τύπος του οδηγού, του οχήματος του οδοστρώματος και άλλες συνθήκες κυκλοφορίας.

- Βάσει της εξάρτησής τους από τη λοιπή υποδομή, π.χ. η λειτουργία τους εξαρτάται από επικοινωνία με την οδική υποδομή ή είναι τελείως αυτόνομα.



Διάγραμμα 3-1: Ιεραρχική δομή της οδικής μετακίνησης (Michon, 1985).

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. επί του οχήματος χωρίζονται σε 4 κατηγορίες, η συνοπτική περιγραφή των οποίων ακολουθεί . Αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών τους υπάρχει στις σημειώσεις του μαθήματος «Προσομοίωση Συγκοινωνιακών Συστημάτων» (Ναθαναήλ, 2004).

3.2.1. Συστήματα πλοήγησης

Τα συστήματα πλοήγησης περιλαμβάνουν το **σύστημα πλοήγησης και χάραξης δρομολογίου**, το οποίο παρέχει πληροφόρηση στον οδηγό για την θέση του οχήματος καθώς και καθορισμό διαδρομής, και το **ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης** το οποίο παρέχει στον οδηγό πληροφόρηση, προειδοποίηση και αυτόματη εκτέλεση κάποιων ενεργειών οδήγησης σε περιπτώσεις υπέρβασης ορίου ταχύτητας, προσέγγισης επικίνδυνου σημείου της διαδρομής, άμεσου κινδύνου σύγκρουσης, υπόδειξης επιθυμητής διαδρομής και οδήγησης σε μικρή απόσταση από το εμπρόσθιο όχημα (Ναθαναήλ, 2004).

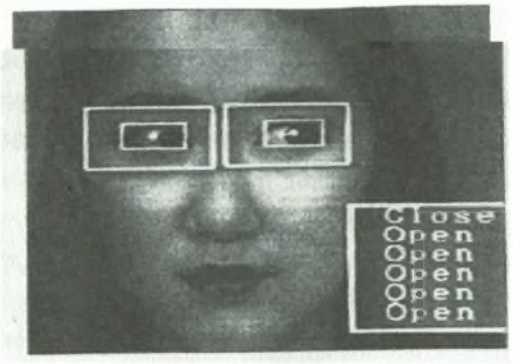
Στο σχήμα 3-1 παρουσιάζεται ένα σύστημα πλοήγησης.

Σχήμα 3-1: Σύστημα δυναμικής πλοήγησης με χρήση PDA.

3.2.2. Συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης των οδηγών

Τα συστήματα παρακολούθησης του οδηγού βασίζονται σε μετρήσεις από διαφορετικούς αισθητήρες, που όλες επεξεργάζονται από τον κεντρικό ελεγκτή του συστήματος, που βασίζεται σε αλγόριθμο Νευρωνικών Δικτύων. Στην πραγματικότητα οι αισθητήρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτούς που παρακολουθούν την πορεία του οχήματος στο δρόμο και σε συνδυασμό με τις εντολές (επιτάχυνση, πέδηση, οδήγηση) που στέλνει ο οδηγός στο όχημα καταλήγουν στη δημιουργία σχετικού «μοντέλου οδηγού», και σε αυτούς που παρακολουθούν διάφορα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του οδηγού (Ναθαναήλ, 2004).

Στα σχήματα 3-2 και 3-3 φαίνονται δύο χαρακτηριστικά συστήματα παρακολούθησης, το σύστημα παρακολούθησης των οφθαλμών του οδηγού της Nissan και το σύστημα καταγραφής των σφυγμών του οδηγού της Toyota (Ναθαναήλ, 2004).



Σχήμα 3-2 : Το σύστημα παρακολούθησης των οφθαλμών του οδηγού της Nissan.

Σχήμα 3-3 : Το σύστημα καταγραφής των σφυγμών του οδηγού της Toyota.

3.2.3. Συστήματα υποστήριξης του οδηγού στο διαμήκη άξονα της οδού

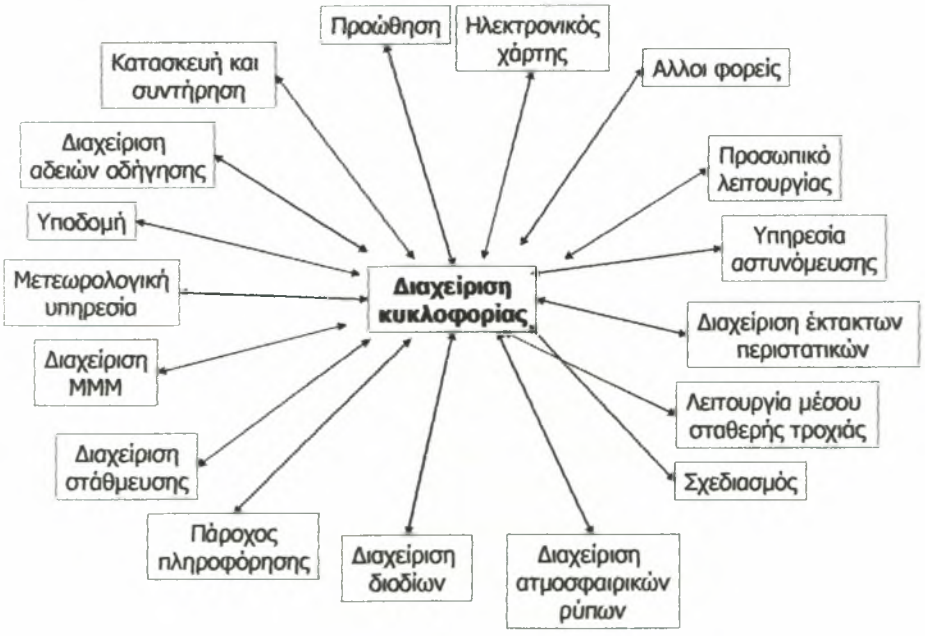
Τα συστήματα υποστήριξης του οδηγού στο διαμήκη άξονα της οδού περιλαμβάνουν **συστήματα «έξυπνης» προσαρμογής ταχύτητας**, τα οποία αφορούν από απλή σύσταση για ρύθμιση της ταχύτητας έως αυτόματη επιβράδυνση σε συνεργασία με συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας, **προσαρμοσμένα συστήματα ελέγχου πορείας**, τα οποία ποικίλουν από ένα απλό σύστημα διατήρησης σταθερής ταχύτητας έως ένα προηγμένο σύστημα το οποίο ανιχνεύει την ύπαρξη κινουμένων οχημάτων εμπρός από το εξοπλισμένο όχημα, μετρά την σχετική ταχύτητά τους και προσαρμόζει την ταχύτητα του εξοπλισμένου οχήματος ώστε να τηρείται απόσταση ασφαλείας μεταξύ των οχημάτων, **συστήματα αποφυγής σύγκρουσης**, τα οποία εντοπίζουν οχήματα και εμπόδια στην τροχιά του οχήματος και προειδοποιούν κατάλληλα τον οδηγό ή επιβραδύνουν αυτόματα το όχημα ώστε να αποφευχθεί η σύγκρουση, και **συστήματα βελτίωσης της ορατότητας** που βελτιώνουν την ορατότητα σε περιπτώσεις όπως ομίχλη, βροχή, χιόνι ή σκοτάδι (Ναθαναήλ, 2004).

3.2.4. Συστήματα υποστήριξης του οδηγού στον εγκάρσιο άξονα της οδού

Τα συστήματα υποστήριξης του οδηγού στον εγκάρσιο άξονα της οδού περιλαμβάνουν **συστήματα προειδοποίησης κατά την αλλαγή λωρίδας** , τα οποία προειδοποιούν τον οδηγό και ελέγχουν αυτόματα το όχημα όταν διαπιστώσουν ότι πρόκειται να διασχίσει διαγράμμιση, ανιχνεύουν τη διαγράμμιση της λωρίδας ή της οδού και υπολογίζουν την ασφαλή ταχύτητα για την συγκεκριμένη γεωμετρία της οδού εμπρός από το όχημα, **συστήματα αποφυγής συγκρούσεων κατά την αλλαγή λωρίδας**, τα οποία εντοπίζουν και ειδοποιούν τον οδηγό για οχήματα και εμπόδια στην παρακείμενη λωρίδα, και **συστήματα νεκρής γωνίας** που χρησιμοποιούνται για εντοπισμό εμποδίων στο πλάι του οχήματος ή και πίσω από το όχημα, για χαμηλά εμπόδια που δε φαίνονται στον κεντρικό καθρέπτη (Ναθαναήλ, 2004).

3.3. Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών επί της οδού

Τα συστήματα αυτά ελέγχονται από τα κέντρα ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας, τα οποία είναι οι κεντρικοί κόμβοι ενός φορέα διαχείρισης των συγκοινωνιακών συστημάτων και συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με το συγκοινωνιακό δίκτυο (αυτοκινητόδρομοι, σηματοδότηση, δίκτυο μέσων μαζικής μεταφοράς), τις οποίες επεξεργάζονται μαζί με άλλες λειτουργικές παραμέτρους για τον υπολογισμό κυκλοφοριακών δεικτών (Ναθαναήλ, 2004).



Διάγραμμα 3-2: Φυσική ροή δεδομένων για την διαχείριση της κυκλοφορίας.

Τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) επί της οδού περιλαμβάνουν συστήματα «έξυπνης» υποδομής (διάγραμμα 3-3), η συνοπτική περιγραφή των οποίων ακολουθεί. Η αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών των Σ.Σ.Υ.Ο. επί της οδού υπάρχει στις σημειώσεις του μαθήματος «Προσομοίωση Συγκοινωνιακών Συστημάτων» (Ναθαναήλ, 2004).

Διάγραμμα 3-3: Ταξινόμηση συστημάτων «έξυπνης» υποδομής.

3.3.1. Συστήματα μητροπολιτικού δικτύου

Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται κυρίως σε αστικές και περιαστικές γεωγραφικές περιοχές. Αυτό δεν αποκλείει την εφαρμογή τους και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές, αλλά αναφορές που αφορούν τα συστήματα αυτά, βρίσκονται περισσότερο στις αστικές και περιαστικές. Περιλαμβάνουν **συστήματα διαχείρισης αρτηριών**, τα οποία χρησιμοποιούνται για την διαχείριση της κυκλοφορίας και τον έλεγχο των οδικών αρτηριών, **συστήματα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων**, **συστήματα διαχείρισης μέσων μαζικής μεταφοράς**, **συστήματα διαχείρισης οδικών συμβάντων** ,τα οποία έχουν στόχο την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των επιπτώσεων των συμβάντων, **συστήματα διαχείρισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης**, τα οφέλη των οποίων εξαρτώνται από την εφαρμογή των συστημάτων διαχείρισης των οδικών συμβάντων, **συστήματα ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων**, τα οποία έχουν επιδείξει

οφέλη σε ό,τι αφορά στη μείωση του κόστους λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των διοδίων, καθώς επίσης και στη μείωση των καθυστερήσεων στους σταθμούς συλλογής διοδίων, **συστήματα ηλεκτρονικής πληρωμής κομίστρου**, **συστήματα διαχείρισης διασταυρώσεων τρένου-οδού**, και **συστήματα πληροφόρησης ταξιδιωτών με πολλαπλά μέσα** (Ναθαναήλ, 2004).

3.3.2. Συστήματα επαρχιακού δικτύου

Αν και οι επαρχιακές ζώνες περιλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού πληθυσμού μιας χώρας (Ευρώπη - Η.Π.Α.), περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του συγκοινωνιακού δικτύου και εξυπηρετούν αρκετά μεγάλο μέρος του κυκλοφοριακού φόρτου. Οι απαιτήσεις των επαρχιακών ζωνών διαφέρουν από εκείνες της αστικής περιοχής και αναφέρονται περισσότερο στις μεγαλύτερες αποστάσεις που διανύονται, στους χαμηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους, στην έλλειψη οικειότητας των οδηγών με το δίκτυο και το περιβάλλον και στους μεγαλύτερους χρόνους ανάδρασης σε περίπτωση έκτακτου περιστατικού (π.χ. οδικού συμβάντος) (Ναθαναήλ, 2004).

Στα συστήματα επαρχιακού δικτύου περιλαμβάνονται **συστήματα ασφάλειας των ταξιδιωτών**, τα οποία έχουν σχέση με την ανάδραση σε περίπτωση έκτακτου περιστατικού, ή στην παροχή πληροφόρησης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης σε μία περιοχή που πρέπει να εκκενωθεί και γενικά να γίνει η εφαρμογή σχεδίων δράσης κάτω από το συντονισμό του αρμόδιου φορέα, **υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης** οι οποίες αναφέρονται σε ενέργειες που γίνονται για την διαχείριση συμβάντων και άλλων περιστατικών, όπως φυσικές καταστροφές, **υπηρεσίες ταξιδιωτικής και τουριστικής πληροφόρησης**, **υπηρεσίες δημόσιας μεταφοράς και κινητικότητας** που αφορούν στο συντονισμό των παροχών μεταφορικών μέσων και των προηγμένων συστημάτων παρακολούθησης οχημάτων, σχεδιασμού δρομολογίων και παροχή πληροφόρησης, **συστήματα λειτουργίας και συντήρησης υποδομής**, και **συστήματα λειτουργίας και συντήρησης στόλου** (Ναθαναήλ, 2004).

3.3.3. «Έξυπνες» λειτουργίες επαγγελματικών οχημάτων

Ο τομέας των εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να επωφεληθεί από την εφαρμογή προηγμένων συστημάτων. Η αποτελεσματικότητα των διοικητικών εργασιών, η αποφυγή επιπρόσθετων επενδύσεων για υποδομές και οι βελτιώσεις στη διαδικασία συλλογή στοιχείων από το δίκτυο, μπορούν να επιφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια στις μεταφορές και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος. Οι περιοχές στις οποίες αναπτύσσονται και εφαρμόζονται «έξυπνα» συστήματα είναι η **διασφάλιση ασφάλειας**, η **διαχείριση πιστοποιήσεων** , ο **ηλεκτρονικός διαχωρισμός οχημάτων** και η **ηλεκτρονική έκδοση άδειας** (Ναθαναήλ, 2004).

3.4. Τεχνολογικές ομάδες του τομέα μεταφορών

Προκειμένου να διερευνηθούν οι εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στις μεταφορές είναι απαραίτητο να καθορισθούν οι ομάδες αυτών και να αναλυθούν οι τεχνολογίες κάθε ομάδας.

Η διαδικασία ταξινόμησης, που ακολουθείται, βασίζεται στην αρχή του να δημιουργηθούν σαφείς και περιεκτικές κατηγορίες με συναφή χαρακτηριστικά και ταυτόχρονα να περιλαμβάνονται στις κατηγορίες αυτές όλες οι τεχνολογίες που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα στον χώρο των μεταφορών (Ναθαναήλ, 2004).

Οι τεχνολογικές ομάδες φαίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 3-1:

Πίνακας 3-1: Ταξινόμηση των νέων τεχνολογιών στον χώρο των μεταφορών.

α/α	ΟΜΑΔΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ
1.	Τεχνολογίες συστημάτων πληροφόρησης και χρέωσης χρήσεων	1. Ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων
		2. Αυτόματη χρέωση
		3. Πληροφόρηση επιβατών
2.	Τεχνολογίες για την αποτελεσματική προειδοποίηση των οδηγών και του ελέγχου των οχημάτων σε περιπτώσεις κινδύνου	1. Επικοινωνία οδού-οχήματος
		2. Αυτόματος έλεγχος οχημάτων
		3. Αυτοκινητόδρομοι με συστήματα αυτοματισμού
		4. Βελτίωση ορατότητας
		5. Πληροφόρηση καιρικών συνθηκών οδού
		6. Έκτακτη ανάγκη
		7. Προειδοποίηση κινδύνου
		8. Διαχείριση ασφάλειας σύγκρουσης
		9. Προειδοποίηση υπνηλίας οδηγού
3.	Τεχνολογίες διαχείρισης στόλου οχημάτων	1. Διαχείριση στόλου οχημάτων
		2. Αυτόματος εντοπισμός θέσης οχήματος
		3. Αυτόματη παρακολούθηση ασυνόδευτων φορτίων
		4. Αυτόματα καθοδηγούμενα συστήματα μεταφορών
4.	Τεχνολογίες υποβοήθησης και ελέγχου κυκλοφορίας	Διαχείριση κυκλοφορίας οδικών δικτύων
		Πλοήγηση και οδική καθοδήγηση

3.4.1. Τεχνολογίες συστημάτων πληροφόρησης και χρέωσης χρήσεων

Στις τεχνολογίες αυτές συμπεριλαμβάνονται η **ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων**, η οποία αποσκοπεί στην ταχύτητα των συναλλαγών, στη μείωση της γραφειοκρατίας, στην οικονομία, στην αύξηση της παραγωγικότητας, στη βελτίωση της ποιότητας των προσφερομένων υπηρεσιών και στη μείωση του κόστους προσωπικού, η **αυτόματη χρέωση**, η οποία γίνεται μέσω των ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης διοδίων και του ηλεκτρονικού χρήματος και η **πληροφόρηση των επιβατών** (Ναθαναήλ, 2004).

3.4.2. Τεχνολογίες για την αποτελεσματική προειδοποίηση των οδηγών και του ελέγχου των οχημάτων σε περιπτώσεις κινδύνου

Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν **συστήματα επικοινωνιών οδού-οχήματος**, τα οποία λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές κυκλοφοριακών μεγεθών και έκτακτων περιστατικών, δίνουν τη δυνατότητα στον οδηγό να επιλέξει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει, **συστήματα αυτόματου ελέγχου οχημάτων, αυτοκινητοδρόμους με συστήματα αυτοματισμού** που επιτρέπουν τον έλεγχο της ταχύτητας, τον έλεγχο του τιμονιού, την αυτόματη πέδηση χωρίς μπλοκάρισμα του τροχού και τον έλεγχο της απόστασης ασφαλείας μεταξύ διαδοχικών οχημάτων, **συστήματα βελτίωσης ορατότητας** που βασίζονται είτε στη φυσική ή δομικά βασισμένη φωτεινότητα είτε στην πρόσθετη φωτεινότητα από το όχημα, **συστήματα πληροφόρησης καιρικών συνθηκών οδού, συστήματα έκτακτης ανάγκης, συστήματα προειδοποίησης κινδύνου** που έχουν σκοπό να βοηθήσουν την οδήγηση σε κρίσιμες καταστάσεις, **συστήματα αποφυγής σύγκρουσης**, και **συστήματα προειδοποίησης υπνηλίας οδηγού** (Ναθαναήλ, 2004).

3.4.3. Τεχνολογίες διαχείρισης στόλου οχημάτων

Οι τεχνολογίες διαχείρισης στόλου οχημάτων παρέχουν εντοπισμό της μονάδας και αυτόματη καταγραφή δεδομένων από τον οδηγό για τους μεγάλους στόλους, καθώς και εντοπισμό θέσεως και προβολή των λειτουργιών του στους μικρούς στόλους. Ο βασικός στόχος αυτών των τεχνολογιών είναι η αποτελεσματική χρήση του στόλου σε σχέση με τις ανάγκες του πελάτη. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση των τεχνολογιών της τηλεματικής αποστέλλοντας μηνύματα πληροφόρησης σχετικά με την παράδοση και τον οδηγό. Δεύτερος στόχος είναι ο εντοπισμός του οχήματος, του φορτίου, η αποστολή πληροφοριών για την κατάσταση του οχήματος και του φορτίου καθώς και ο υπολογισμός του χρόνου άφιξης του οχήματος στο προορισμό του (Ναθαναήλ, 2004).

Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν **αυτόματη διαχείριση στόλου οχημάτων, αυτόματο εντοπισμό θέσης οχήματος, αυτόματη παρακολούθηση ασυνόδευτων φορτίων** και αυτόματα **καθοδηγούμενα συστήματα μεταφορών** (Ναθαναήλ, 2004).

3.4.4. Τεχνολογίες υποβοήθησης και ελέγχου κυκλοφορίας

Στην περιοχή των δικτύων και του ελέγχου της κυκλοφορίας, η επίτευξη των στόχων στις κοινές δραστηριότητες και εφαρμογές των στρατηγικών ελέγχου και καθοδήγησης, της διαχείρισης της κυκλοφορίας, των έκτακτων περιπτώσεων, της ικανοποίησης της ζήτησης για μεταφορές κ.λ.π. απαιτεί την ανάπτυξη νέων τεχνικών στους τομείς της παρακολούθησης της κυκλοφορίας, της ανάπτυξης βάσης δεδομένων και αλγόριθμων για την βραχυχρόνια πρόβλεψη της κυκλοφορίας, της αξιοποίησης και ελέγχου στρατηγικών ιδιαίτερα στο ολοκληρωμένο έλεγχο της κυκλοφορίας στις αστικές περιοχές με δημόσιες συγκοινωνίες και της καταγραφής των συμβάντων για τον επανασχεδιασμό της κυκλοφορίας στις αστικές και ημιαστικές περιοχές (Ναθαναήλ, 2004).

Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν την **διαχείριση κυκλοφορίας οδικών δικτύων** που περιλαμβάνει συστήματα τα οποία είναι εγκατεστημένα κατά μήκος των αυτοκινητόδρομων (σύστημα συσκευών λήψης κλειστού κυκλώματος και σύστημα ανίχνευσης και εντοπισμού με βιντεοκάμερες) και τα συστήματα πλοήγησης και οδικής καθοδήγησης (Ναθαναήλ, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αξιολόγηση των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών

4.1. Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών επί του οχήματος

4.1.1. Ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης (Ναθαναήλ, 2004)

Οι ανάγκες των χρηστών από ένα τέτοιο σύστημα διερευνήθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου IN-ARTE (IN ARTE, 2000). Σε 200 χρήστες παρουσιάστηκαν 12 βασικές λειτουργίες ενός τέτοιου συστήματος και τους ζητήθηκε να το αξιολογήσουν.

Τα βασικά ευρήματα της σχετικής έρευνας ήταν ότι :

- Οι χρήστες επιθυμούν να λαμβάνουν ακριβή πληροφόρηση για εμπρόσθια εμπόδια επί της πορείας του οχήματός τους και θα δέχονταν προειδοποιήσεις για επιβράδυνση ή πέδηση του οχήματος.
- Οι χρήστες δεν θα αποδέχονταν εύκολα ένα σύστημα αυτόματης πέδησης, ενώ απορρίπτουν τελείως ένα σύστημα αυτόματης επιτάχυνσης του οχήματος.

Από το ίδιο ερευνητικό έργο προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά τα οφέλη του συστήματος:

- Η χρήση του συστήματος φαίνεται να αυξάνει την οδική ασφάλεια. Σε δοκιμές που έγιναν σε προσομοιωτή οδήγησης παρατηρήθηκε ότι με την χρήση του συστήματος δεν υπήρχαν συγκρούσεις, ενώ χωρίς την χρήση του συστήματος 20% των οδηγών πραγματοποιούσαν συγκρούσεις στις ίδιες συνθήκες οδήγησης.
- Οι προειδοποιήσεις του συστήματος δεν φαίνονται να επηρεάζουν τον πνευματικό φόρτο των οδηγών.
- Με την χρήση του συστήματος οι οδηγοί κινούνταν καλύτερα κατά τον εγκάρσιο άξονα της οδού. Η ταχύτητα του οχήματος ήταν πλησιέστερα στο όριο

ταχύτητας. Οι οδηγοί προσάρμοζαν την συμπεριφορά οδήγησης ώστε να αποφευχθεί η ενεργοποίηση του συστήματος.

Από τεχνικής άποψης όμως:

- Η αξιοπιστία ενός τέτοιου συστήματος σε επαρχιακό δίκτυο είναι χαμηλή, γιατί δεν υπάρχει ακόμη κατάλληλη μέθοδος συνδυασμού των δεδομένων από τα διαφορετικά υποσυστήματα.
- Στο μέλλον θα πρέπει τα συστήματα αυτά να καλύπτουν και περιπτώσεις αλλαγής λωρίδας και προσπέρασης, κάτι που σήμερα δε συμβαίνει λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων των σχετικών αισθητήρων (κυρίως ραντάρ).

Άρα, ενώ η επίδραση του συστήματος αυτού στην οδική ασφάλεια φαίνεται να είναι θετική, το τελικό αποτέλεσμα θα εξαρτηθεί από την αξιοπιστία του συστήματος σε όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες καθώς και από την σχεδίασή του, ώστε να είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις των χρηστών.

4.1.2. **Σύστημα παρακολούθησης της κατάστασης του οδηγού** (Ναθαναήλ, 2004)

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου SAVE (Petica & Bekiaris, 1996) πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 9 χώρες με την συμμετοχή 700 οδηγών. 17% από αυτούς δήλωσαν ότι είχαν εμπλακεί σε ατύχημα στο παρελθόν λόγω μειωμένης ενάργειας και 43% δήλωσαν ότι παρ' ολίγον να εμπλακούν σε τέτοιο ατύχημα. Στο ίδιο έργο πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές έρευνες της αποδοχής των χρηστών, κατά την εξέλιξη του έργου, ώστε να μελετηθεί πιθανή αλλαγή στις απόψεις των χρηστών. Διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- Οι χρήστες ήταν περισσότερο απρόθυμοι στην ιδέα χρήσης του πριν πράγματι χρησιμοποιήσουν ένα τέτοιο σύστημα. Η αποδοχή του συστήματος φαίνεται να αυξάνει μετά την χρήση του.
- Πολύ σημαντικός παράγοντας για την αποδοχή του είναι το σύστημα να μην γίνεται αντιληπτό από τον οδηγό. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παρακολούθησης στις οποίες οι μετρήσεις λαμβάνονται με αισθητήρες που είναι σε επαφή με τον οδηγό. Αυτές απορρίπτονται.
- Η αυτόματη εκτέλεση ενεργειών οδήγησης πρέπει να αποφεύγεται, εκτός εάν ο οδηγός είναι πράγματι ανίκανος να αντιδράσει και η κατάσταση είναι πολύ επικίνδυνη.
- Πρέπει να αποφεύγονται «απότομες» μέθοδοι προειδοποίησης που έχουν δοκιμαστεί, όπως είναι ο κραδασμός της θέσης οδήγησης ή του τιμονιού, γιατί μπορεί ο οδηγός να τρομάξει και να αντιδράσει περίεργα. Προτιμότερες είναι οι ακουστικές μέθοδοι προειδοποίησης, και εναλλακτικά (ως δευτερεύον, υποστηρικτικό μέσον) οι οπτικές μέθοδοι. Από τις απτικές μεθόδους φαίνεται να προκρίνονται ελαφροί κραδασμοί της ζώνης ασφαλείας, αλλά και η

προσομοίωση των υπερυψωμένων διατάξεων οδοστρώματος («rumble strips»).

- Τα συστήματα πρέπει να προειδοποιούν τον οδηγό, αλλά όχι να προσπαθούν να τον κρατούν εναργή για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, καθώς αυτό δεν φαίνεται να μπορεί να επιτευχθεί.
- Παρά την ύπαρξη ενός τέτοιου συστήματος στο όχημα, ο οδηγός πρέπει να είναι πάντα υπεύθυνος σε περίπτωση ατυχήματος.

Σε σχετική έρευνα του ίδιου έργου, οι ασφαλιστικές εταιρείες δήλωσαν ότι θα δέχονταν να μειώσουν τα ασφάλιστρα για οχήματα εξοπλισμένα με ένα τέτοιο σύστημα.

Το τελικό σύστημα του ερευνητικού έργου SAVE (Petica & Bekiaris, 1996) δοκιμάστηκε σε προσομοιωτές οδήγησης και σε ερευνητικό όχημα και βρέθηκε να έχει ποσοστό λανθασμένων ενεργοποιήσεων 4.6% και ποσοστό αξιοπιστίας 88%.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών (Petica & Bekiaris, 1996, Coda et al., 1997, Hancock & Verwey, 1997, Lind, 1997, Renner & Mehring, 1997, Evanco, 1997, Perrett & Stevens, 1996), αναμένονται τα ακόλουθα οφέλη από την ευρεία χρήση τέτοιων συστημάτων:

- Μείωση του ολικού αριθμού ατυχημάτων: ~4%.
- Μείωση των τραυματισμών και θανάτων: ~10-15%.
- Μείωση των θανάτων σε ατυχήματα με βαρέα οχήματα: ~15%.

4.1.3. Υποστήριξη οδηγού στο διαμήκη άξονα της οδού

4.1.3.1. Σύστημα «έξυπνης» προσαρμογής ταχύτητας

Πειράματα πραγματοποιούνται στη Σουηδία με μερικές χιλιάδες αυτοκίνητα σε 4 πόλεις, όπου όμως παρέχεται μόνο προειδοποίηση στον οδηγό. Στην Ολλανδία 20 οχήματα και 120 οδηγοί συμμετέχουν σε ένα πείραμα που το σύστημα απαγορεύει την υψηλή ταχύτητα, διαθέτει όμως και ένα κουμπί απενεργοποίησης. Δεν υπάρχουν ακόμη αποτελέσματα από τις δοκιμές. Θεωρητικές προσεγγίσεις εκτιμούν ότι το σύστημα θα επιφέρει 16% μείωση των ατυχημάτων (FANTASIE, 1997).

4.1.3.2. Προσαρμοσμένο σύστημα ελέγχου πορείας

Ακόμη δεν υπάρχουν διαθέσιμα αποτελέσματα από πραγματική χρήση του συστήματος. Έχουν γίνει πειράματα μόνο που δείχνουν ότι όταν το σύστημα χρησιμοποιείται σε επαρχιακό δίκτυο, όπου η πυκνότητα δεν είναι τόσο μεγάλη, η ροή γίνεται πιο ομογενής και παρατηρούνται λιγότερες πεδήσεις. Πάντως παρατηρούνται περισσότερες αλλαγές λωρίδας για προσπέραση (Oei, 1999).

4.1.3.3. Συστήματα αποφυγής σύγκρουσης

Σε δοκιμές που έγιναν στα πλαίσια του έργου IN-ARTE (IN ARTE, 2000) διαπιστώθηκε ότι παρατηρήθηκαν λιγότερες συγκρούσεις με χρήση του συστήματος και γενικά αυξανόταν η μέση απόσταση από το εμπρόσθιο όχημα. Παρατηρούνταν δηλαδή μια προσαρμογή της συμπεριφοράς του οδηγού, ώστε να μην ενεργοποιηθεί το σύστημα. Αυτό αναμένεται να μειώσει τις συγκρούσεις με τα εμπρόσθια οχήματα, αλλά υπάρχει κίνδυνος να αυξηθούν τα ατυχήματα των μη εξοπλισμένων οχημάτων. Επίσης η αύξηση της απόστασης από το εμπρόσθιο όχημα μπορεί να μην είναι τόσο ασφαλής σε περίπτωση που ο οδηγός επιχειρεί να το προσπεράσει (Ναθαναήλ, 2004).

4.1.3.4. Σύστημα βελτίωσης ορατότητας

Πιστεύεται ότι ο καλύτερος φωτισμός των σημείων που είναι πιο επικίνδυνα σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας είναι καλύτερη λύση από το σύστημα αυτό.

Τα περισσότερα ατυχήματα σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας συμβαίνουν λόγω υπερβολικής ταχύτητας. Επίσης, συνήθως η μειωμένη ορατότητα συνοδεύεται και από άλλους επιβαρυντικούς παράγοντες, όπως είναι το ολισθηρό οδόστρωμα. Σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας ο οδηγός μόνος του προσαρμόζει την ταχύτητά του σε χαμηλότερα επίπεδα. Με ένα τέτοιο σύστημα ο οδηγός αναμένεται να οδηγεί ταχύτερα στις συνθήκες αυτές.

Για το λόγο αυτό ένα τέτοιο σύστημα βελτίωσης της ορατότητας θα πρέπει να συνοδεύεται και από ένα σύστημα αυτόματου περιορισμού της ταχύτητας (Ναθαναήλ, 2004).

4.1.4. Υποστήριξη οδηγού στον εγκάρσιο άξονα της οδού

4.1.4.1. Σύστημα νεκρής γωνίας

Η ύπαρξη της νεκρής γωνίας αποτελεί μια από τις συνηθέστερες αιτίες ατυχημάτων, κυρίως κατά την προσπέραση ή αλλαγή λωρίδας. Πολύ χρήσιμος είναι και ο συνδυασμός του συστήματος αυτού με ένα σύστημα αυτόματης τήρησης λωρίδας (Ναθαναήλ, 2004).

4.2. Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών επί της οδού

Οι επιπτώσεις των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών επί της οδού περιγράφονται ανά σύστημα στις επόμενες παραγράφους. Όπου ήταν διαθέσιμοι , παρατίθενται και ποσοτικοποιημένοι δείκτες αξιολόγησης, όπως αυτοί καταγράφηκαν από διάφορες εφαρμογές. Οι τιμές αυτών των δεικτών είναι ενδεικτικές για άλλες εφαρμογές, και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια από αυτές. Εντούτοις, δείχνουν κάποιες τάσεις που αναμένεται να παρατηρηθούν εφόσον χρησιμοποιηθούν.

4.2.1. Συστήματα μητροπολιτικού δικτύου (Ναθαναήλ, 2004)

- **Συστήματα διαχείρισης αρτηριών**

Οι επιπτώσεις που έχουν καταγραφεί για τα συστήματα αυτά από διάφορες εφαρμογές τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4-1: Επιπτώσεις των συστημάτων διαχείρισης αρτηριών.

ΕΠΙΠΤΩΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΑΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Μείωση του αριθμού των στάσεων λόγω σηματοδότησης προσαρμοσμένης στην κυκλοφορία	22%
	30%
	33%
	41%
Μείωση του χρόνου διαδρομής λόγω σηματοδότησης προσαρμοσμένης στην κυκλοφορία	8%
	14%
	18%
	20%
Μείωση των καθυστερήσεων λόγω σηματοδότησης προσαρμοσμένης στην κυκλοφορία	15%
	17%
	15%
	37%
	44%

- **Συστήματα διαχείρισης αυτοκινητοδρόμων**

Τα οφέλη που έχουν καταγραφεί από εφαρμογές συστημάτων διαχείρισης αυτοκινητόδρομων παρουσιάζονται στον πίνακα 4-2.

Πίνακας 4-2: Οφέλη από εφαρμογές συστημάτων διαχείρισης αυτοκινητόδρομων.

ΕΠΙΠΤΩΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΑΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Μείωση του αριθμού των ατυχημάτων λόγω ελέγχου εισόδου στον αυτοκινητόδρομο	15%
	24%
	27%
	43%
	50%
	50%
Μείωση της ταχύτητας λόγω ελέγχου εισόδου στον αυτοκινητόδρομο	8%
	9%
	13%
	16%
	20%
	35%
	60%
	60%
	60%

- **Συστήματα διαχείρισης μέσων μαζικής μεταφοράς**

Οι επιπτώσεις που έχουν παρατηρηθεί από την εφαρμογή των συστημάτων αυτών αφορούν:

- Αύξηση επιβατικής κίνησης.
- Μείωση λειτουργικού κόστους ανά επιβατοδιαδρομή.
- Μείωση χρόνου αναμονής.
- Μείωση του αριθμού των λεωφορείων με καθυστέρηση.
- Βελτίωση της ακρίβειας.

- **Συστήματα διαχείρισης οδικών συμβάντων**

Παραδείγματα επιπτώσεων συστημάτων διαχείρισης οδικών συμβάντων, όπως καταγράφηκαν σε διάφορες πόλεις του εξωτερικού, παρουσιάζονται στον πίνακα 4-3.

Πίνακας 4-3: Παραδείγματα επιπτώσεων συστημάτων διαχείρισης οδικών συμβάντων σε διάφορες πόλεις του εξωτερικού.

Πόλη	Μείωση χρόνου απομάκρυνσης	Ανάδρασης	Μείωση αριθμού ατυχημάτων	Μείωση δευτερογενών ατυχημάτων	Μείωση δεικτών ατυχημάτων	Μείωση δαπανών/έτος ($ εκατομμ.)	Μείωση καθυστερήσεων (ώρες/έτος)
Brooklyn, NY	66.0%						
Philadelphia, PA			40.0%				
San Antonio, TX		20.0%	35.0%	30.0%	41.0%	1.65	255,500
Japan				50.0%			
Houston, TX						8.40	572,095
Denver, CO						0.95	95,000
Atlanta, GA							2,000,000
Minnesota						1.40	

- **Συστήματα διαχείρισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης**

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη διαχείριση περιστατικών έκτακτης ανάγκης είναι αυτά που παρουσιάζονται στον πίνακα 4-4.

Πίνακας 4-4: *Οφέλη συστημάτων διαχείρισης περιστατικών έκτακτης ανάγκης.*

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ
Ηλεκτρονικός χάρτης και CAD	Αύξηση της αποτελεσματικότητας του φορέα
Σύστημα προσδιορισμού θέσης	Μείωση χρόνου ανάδρασης
Μετάδοση σήματος SOS από το όχημα στο κέντρο	Αύξηση της αίσθησης ασφάλειας στους οδηγούς

- **Συστήματα ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων**

Περιπτώσεις στις οποίες έχουν ποσοτικοποιηθεί μειώσεις λειτουργικού κόστους παρουσιάζονται ενδεικτικά στον πίνακα 4-5.

Πίνακας 4-5: Περιπτώσεις μειώσεων λειτουργικού κόστους συστημάτων ηλεκτρονικής πληρωμής διοδίων.

ΕΠΙΠΤΩΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΑΝΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
Μείωση λειτουργικού κόστους λόγω ETC	2%
	2%
	10%
	14%
	43%

- **Συστήματα ηλεκτρονικής πληρωμής κομίστρου**

Τα οφέλη των συστημάτων αυτών αφορούν:

- Μείωση στο κόστος συλλογής κομίστρου.
- Μείωση στο κόστος συλλογής δεδομένων.

- **Συστήματα διαχείρισης διασταυρώσεων τρένου – οδού**

Οι αναμενόμενες επιπτώσεις των συστημάτων αυτών αφορούν:

- Μείωση εμπλοκών.
- Μείωση νεκρών.

- **Συστήματα πληροφόρησης ταξιδιωτών με πολλαπλά μέσα**

Οι επιπτώσεις λειτουργίας των συστημάτων αυτών αφορούν:

- Αύξηση επιβατικής κίνησης στα μέσα μαζικής μεταφοράς.
- Αύξηση εσόδων στους φορείς διαχείρισης μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Βελτιωμένη διαχείριση της ζήτησης (ώρα διαδρομής, μέσο μεταφοράς, μετεπιβίβαση).
- Μείωση ατμοσφαιρικών ρύπων.

4.2.2. Συστήματα επαρχιακού δικτύου (Ναθαναήλ, 2004)

- **Ασφάλεια ταξιδιωτών**

Σαν παράδειγμα των επιπτώσεων της εφαρμογής των συστημάτων που αφορούν την ασφάλεια των ταξιδιωτών αναφέρεται η επίτευξη της μείωσης της ταχύτητας σε σημεία με χαμηλή ορατότητα στον αυτοκινητόδρομο A16 στην Ολλανδία.

- **Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης**

Οι επιπτώσεις των υπηρεσιών είναι:

- Άμεση ειδοποίηση κέντρου έκτακτης ανάγκης.
- Γρηγορότερη άφιξη των μονάδων στη θέση του περιστατικού.

- **Υπηρεσίες δημόσιας μεταφοράς και κινητικότητας**

Κάποια από τα οφέλη που έχουν παρατηρηθεί σε περιοχές που παρέχονται σχετικές υπηρεσίες αναφέρονται στον πίνακα 4-6.

Πίνακας 4-6: Περιπτώσεις μειώσεων λειτουργικού κόστους υπηρεσιών δημόσιας μεταφοράς και κινητικότητας.

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ
Σύστημα επενεργούμενο από την ζήτηση	40% μείωση στο συνολικό κόστος
Σύστημα ανάθεσης δρομολογίων μέσω Η/Υ	▪ Αύξηση επιβατικής κίνησης ▪ 50% μείωση λειτουργικών εξόδων

- **Λειτουργία και συντήρηση υποδομής**

Οι επιπτώσεις των λειτουργιών αυτών που έχουν παρατηρηθεί αφορούν τα παρακάτω, όπως φαίνονται στον πίνακα 6-7.

Πίνακας 4-7: Περιπτώσεις μειώσεων λειτουργικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης υποδομής.

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ
Παρακολούθηση καιρικών συνθηκών	▪ Μείωση χρόνου εκχιονισμού ▪ Μείωση ατυχημάτων ▪ Μείωση λειτουργικού κόστους οχημάτων
Προγραμματισμός συντήρησης	• Μείωση κόστους συντήρησης • Μείωση υποδομής για συντήρηση

4.2.3. «Έξυπνες» λειτουργίες επαγγελματικών οχημάτων (Ναθαναήλ, 2004)

- **Διαπίστευση στοιχείων**

Οι επιπτώσεις που επιφέρει η ηλεκτρονική πιστοποίηση στοιχείων είναι:

- Μείωση χρόνου για συμπλήρωση εντύπων.
- Αύξηση χρόνου ελέγχου κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων παρά την οδό.
- Μείωση προσωπικού γραφείου.

- **Ηλεκτρονικός διαχωρισμός οχημάτων**

Οι επιπτώσεις που παρατηρούνται από την εφαρμογή του ηλεκτρονικού ελέγχου είναι:

- Αύξηση χρόνου ελέγχου ακατάλληλων οχημάτων.
- Αύξηση επιτυχίας στον εντοπισμό ακατάλληλων οχημάτων.
- Μείωση κόστους συντήρησης υποδομής.

- **Λειτουργίες μεταφορέα**

Για κάθε υπολειτουργία του μεταφορέα έχουν παρατηρηθεί και οι ανάλογες επιπτώσεις, όπως φαίνεται στον πίνακα 4-8.

Πίνακας 4-8: Περιπτώσεις μειώσεων λειτουργικού κόστους λειτουργιών μεταφορέα.

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ
Αυτόματος εντοπισμός θέσης	▪ Μείωση χαμένων χιλιομέτρων, ενέργειας και ρύπων ▪ Αύξηση μεταφερόμενου φορτίου
Βελτιωμένα επικοινωνιακά συστήματα	▪ Αύξηση παραγωγικότητας ▪ Μείωση χαμένου χρόνου οδηγού

4.3. Σύνοψη αποτελεσμάτων αξιολόγησης Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται γίνεται αξιολόγηση των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο) με βάση 6 κριτήρια αξιολόγησης, τα οποία είναι η *βελτίωση της κυκλοφορίας και των περιβαλλοντικών συνθηκών*, η *μείωση των συγκρούσεων και των ατυχημάτων*, η *μείωση του λειτουργικού κόστους*, η *αποδοχή από τους χρήστες*, η *διαθεσιμότητα της τεχνολογίας* και η *υποστήριξη σε άλλα συστήματα* (Πίνακας 4-9). Χρησιμοποιούνται δύο κλίμακες βαθμολόγησης , καλή, μέτρια, κακή και ναι ή όχι. Για παράδειγμα, η ανταπόκριση από τους χρήστες χαρακτηρίζεται ως *μέτρια* για τα συστήματα πλοήγησης, καθώς οι οδηγοί, από τη μία πλευρά, επιθυμούν να λαμβάνουν ακριβή πληροφόρηση για εμπρόσθια εμπόδια επί της πορείας του οχήματος τους , από την άλλη πλευρά, όμως, δεν αποδέχονται εύκολα ένα σύστημα αυτόματης πέδησης, ενώ απορρίπτουν τελείως ένα σύστημα αυτόματης επιτάχυνσης του οχήματος. Αντίθετα, η ανταπόκριση των χρηστών σε όλα σχεδόν τα Σ.Σ.Υ.Ο. επί της οδού θεωρείται *καλή* , αφού οι λειτουργίες των συστημάτων αυτών γίνονται εκτός των οχημάτων με αποτέλεσμα οι χρήστες να μην ενοχλούνται κατά την διάρκεια της οδήγησης και έτσι να τα δέχονται πιο εύκολα. Όσον αφορά στη διαθεσιμότητα της τεχνολογίας, δηλαδή στο κατά πόσο οι τεχνολογίες που υφίστανται αρκούν για την εφαρμογή των Σ.Σ.Υ.Ο. ή απαιτούνται εξελιγμένα συστήματα για να καλύψουν τις λειτουργίες τους, η βαθμολόγηση γίνεται με *ναι* για τα συστήματα που δεν χρειάζονται πολύπλοκες τεχνολογίες (π.χ. πλοήγηση, υποστήριξη στο διαμήκη ή εγκάρσιο άξονα της οδού), και με *όχι* για εκείνα που απαιτούν εξελιγμένη τεχνολογία (π.χ. παρακολούθηση της κατάστασης του οδηγού).

Η αναλυτική αξιολόγηση των συστημάτων έγινε στις προηγούμενες παραγράφους του 4^{ου} κεφαλαίου. Να σημειωθεί ότι η αξιολόγηση της κάθε ομάδας συστημάτων έγινε με γνώμονα τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει η *πλειοψηφία* των συστημάτων της κάθε ομάδας.

Πίνακας 4-9:Συγκεντρωτικός πίνακας αξιολόγησης των Σ.Σ.Υ.Ο.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ		Σ.Σ.Υ.Ο. ΕΠΙ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ				Σ.Σ.Υ.Ο. ΕΠΙ ΤΗΣ ΟΔΟΥ		
		ΠΛΟΗΓΗΣΗ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΤΟ ΔΙΑΜΗΚΗ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ	ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΤΟΝ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΕΠΑΡΧΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ	ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
	ΡΥΠΟΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
	ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΜΕΙΩΣΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ		ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΜΕΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΕΚΠΕΡΑΙΩΣΗΣ ΕΓΓΡΑΦΩΝ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΑΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟ ΧΡΗΣΤΕΣ	ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
	ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΕ ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας- Συνοπτική περιγραφή

5.1. Γενικά

Τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) έχουν την δυναμική να συμβάλλουν στην επίλυση του κυκλοφοριακού προβλήματος. Ωστόσο, για να είναι αποτελεσματικά αυτά τα συστήματα πρέπει οι γενικευμένες στρατηγικές να μπορούν να είναι διορατικές -δηλαδή να βασίζονται σε προβλέψιμες κυκλοφοριακές συνθήκες- όπως και αποτελεσματικές , έτσι ώστε να αποφεύγονται διάφορα ανεπιθύμητα αποτελέσματα στη συμπεριφορά των οδηγών (Ben-Akiva, Bierlaire, Koutsopoulos & Mishalani, 1998).

Το νέο στοιχείο που εισάγεται από την χρήση των Σ.Σ.Υ.Ο. είναι ο πολλαπλασιασμός των πληροφοριών που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες και είναι διαθέσιμες στους οδηγούς και το εύρος των δραστηριοτήτων μέσα στο όχημα που οι λειτουργίες αυτές προσφέρουν. Κάποια συστήματα, τα οποία παρέχουν αυτόματη ειδοποίηση ατυχημάτων ή και προειδοποίηση κάποιων συνθηκών, είναι πιθανό να προάγουν ένα προνόμιο ασφάλειας στον οδηγό και στους υπόλοιπους χρήστες.

Η απόσπαση της προσοχής των οδηγών είναι σημαντικό ζήτημα στην ασφάλεια της οδήγησης. Καθώς η χρήση νέων τεχνολογιών στα οχήματα αυξάνεται συνέχεια και γίνεται ιδιαίτερα δημοφιλής, δημιουργείται η ανησυχία για το πώς αυτή η χρήση προκαλεί αναστάτωση στους οδηγούς. Επειδή η εισαγωγή του χειρισμού με «ελεύθερα» χέρια (hands-free operation) για λειτουργίες τηλεματικής, τείνει να μειώσει ή και να εξαλείψει την περιπλοκή εξαιτίας αυτού του χειρισμού , μια σαφής σχέση της αναστάτωσης που σχετίζεται από την χρήση του προκύπτει όχι τόσο από τον χειρωνακτικό χειρισμό αυτών των .λειτουργιών , αλλά από τις αντιληπτικές συνέπειες της χρήσης (Harbluk & Noy, 2002).

Πολλές από τις λειτουργίες των νέων συστημάτων που χρησιμοποιούνται μέσα στο όχημα απαιτούν την οπτική προσοχή των οδηγών είτε για να εισάγουν κάποιο δεδομένο είτε για να διαβάσουν κάποια πληροφορία. Αυτό βέβαια έχει σαν αποτέλεσμα να αποσπάται η προσοχή των οδηγών από το δρόμο. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιήθηκε η αναγνώριση των νέων τεχνολογιών με την εισαγωγή του λόγου, δηλαδή οι οδηγοί να δίνουν εντολές στα συστήματα με την ομιλία . Η απόλυτη υπόθεση που υπογραμμίζει την εισαγωγή αυτών των υποδοχών είναι ότι δεν θα υπάρξουν αλλαγές στη συμπεριφορά των οδηγών όταν χρησιμοποιούνται λειτουργίες με «ελεύθερα» χέρια.

Ωστόσο, ακόμη και η εισαγωγή υποδοχών στα οχήματα που ευνοούν την χρήση της ομιλίας ή της φωνής των οδηγών δημιουργεί ασάφειες στο κατά πόσο και αυτή η μέθοδος είναι ασφαλής και αποτελεσματική. Αυτό που έχει πλέον αλλάξει είναι η τροποποίηση των αλληλεπιδράσεων που βασίζονται στη φωνή των οδηγών, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτόν να διατηρούν την οπτική επαφή με το περιβάλλον οδήγησης. Η φύση της παραπάνω τροποποίησης μπορεί ακόμη να περιέχει σαφή αντιληπτικά συστατικά που αυξάνουν την απόσπαση της προσοχής των οδηγών. Αυτή η αύξηση στην αντιληπτική ζήτηση που βιώνουν οι χρήστες των συστημάτων που βασίζονται στην ομιλία, προέρχεται από δύο πηγές. Πρώτον , οι οδηγοί πρέπει να συντηρήσουν ένα αντιληπτικό μοντέλο των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν. Εξαρτώμενο από την φύση των λειτουργιών, αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο για τις τεχνολογίες ομιλίας που δεν υπάρχει κάποιο υπόβαθρο εγχειριδίου. Δεύτερον, και ίσως πιο σημαντικό είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούν οι οδηγοί τα νέα συστήματα. Για παράδειγμα, μια επαγγελματική συζήτηση αποσπά σίγουρα περισσότερη προσοχή του οδηγού από ότι μια συνήθης συζήτηση. Στον βαθμό ότι το περιεχόμενο των συζητήσεων αυτών είναι σημαντικό ή και πολύπλοκο, και η φύση τους επείγουσα, η απόσπαση των οδηγών αναμένεται να είναι αυξημένη (Harbluk & Noy, 2002).

Η οδήγηση αποτελεί μια σύνθετη ενέργεια η οποία απαιτεί την εξαγωγή και την ολοκλήρωση πληροφοριών από πολυσύνθετες πηγές σε μια προσπάθεια να παραχθεί ασφαλής και αποτελεσματικός έλεγχος του οχήματος. Όμως, πόσο αποτελεσματική είναι η χρήση των λειτουργιών αλληλεπίδρασης στη διάρκεια της οδήγησης; Οι περισσότερες από τις πληροφορίες που είναι σχετικές με την οδήγηση λαμβάνονται οπτικά. Προφανώς, κάθε αλλαγή στην οπτική συμπεριφορά των οδηγών θα μπορούσε να είναι σημαντική για την οδική ασφάλεια. Κάποιοι ερευνητές έχουν εστιάσει την προσοχή τους στα επιζήμια αποτελέσματα που θα μπορούσαν να προέλθουν από την εμπειρία των δυνατών συναισθημάτων των ατόμων (Harbluk & Noy, 2002).

Η γνώση της κυκλοφοριακής ροής και της οδήγησης του μέλλοντος θα μπορούσαν να διευκολύνουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους οδηγούς και τα προηγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγών. Οι πράξεις ενός οδηγού θα μπορούσαν να εκτιμηθούν από

διάφορες πηγές, όπως από τις αντιδράσεις τους κατά την οδήγηση, την ικανότητα τους να προβλέπουν, αλλά και από την επίδραση του περιβάλλοντος.

Το ενδιαφέρον για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των ατόμων και ειδικότερα των οδηγών , προέρχεται από την επιθυμία να βελτιωθεί η αλληλεπίδραση με διάφορους τύπους αυτοματοποιημένων συστημάτων. Εάν αυτά τα συστήματα μπορούσαν να αναγνωρίσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και προλάμβαναν τις μελλοντικές τους πράξεις, θα μπορούσαν να ρυθμίσουν την συμπεριφορά τους, ώστε να ταιριάζει περισσότερο στους ανθρώπινους χρήστες. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι το παρατηρούμενο αποτέλεσμα των πολύμορφων επιπέδων της εξέλιξης των πληροφοριών και του ελέγχου του οχήματος και είναι προφανές ότι χρειάζονται τα μοντέλα εκείνα που εμπεριέχουν, τόσο υψηλού επιπέδου αντιληπτική εξέλιξη, όσο και χαμηλού επιπέδου έλεγχο χειρισμού (Liu & Salvucci, 2001).

Για όλους τους παραπάνω λόγους, κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία κάποιων μοντέλων που προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών και την κυκλοφορία προκειμένου να εκτιμηθούν οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) και τους χρήστες αυτών. Στην επόμενη παράγραφο αναφέρονται αντιπροσωπευτικά μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας με τα κύρια χαρακτηριστικά τους, ενώ ταυτόχρονα γίνεται διαχωρισμός αυτών των μοντέλων σε δύο ομάδες με γνώμονα κυρίως τα Σ.Σ.Υ.Ο. που μπορούν να εξυπηρετήσουν. Η περιγραφή και αξιολόγηση των παραπάνω μοντέλων πραγματοποιείται στα επόμενα κεφάλαια.

5.2. Ομαδοποίηση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας

5.2.1. Μοντέλα προσομοίωσης της οδηγικής συμπεριφοράς

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μοντέλα προσομοίωσης τα οποία κατά κύριο λόγο εξετάζουν την συμπεριφορά των χρηστών νέων τεχνολογιών κατά την διάρκεια της οδήγησης και χωρίζεται σε δύο υποομάδες.

Στην πρώτη υποομάδα ανήκουν μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών συναρτήσει κάποιων παραγόντων που επηρεάζουν τις προθέσεις τους, όπως είναι η επιτάχυνση, η επιβράδυνση και η αλλαγή λωρίδας.

Τα μοντέλα προσομοίωσης της πρώτης υποομάδας σχετίζονται άμεσα με τα Σ.Σ.Υ.Ο. που υποστηρίζουν τους οδηγούς στο διαμήκη και τον εγκάρσιο άξονα της οδού. Η υποστήριξη των οδηγών στο διαμήκη άξονα της οδού γίνεται μέσω των συστημάτων έξυπνης προσαρμογής της ταχύτητας, των προσαρμοσμένων συστημάτων ελέγχου της πορείας, των συστημάτων αποφυγής σύγκρουσης και των συστημάτων βελτίωσης

της ορατότητας. Η υποστήριξη των οδηγών στον εγκάρσιο άξονα της οδού γίνεται με την βοήθεια των συστημάτων προειδοποίησης κατά την αλλαγή λωρίδας, των συστημάτων αποφυγής σύγκρουσης κατά την αλλαγή λωρίδας και των συστημάτων νεκρής γωνίας. Επιπλέον, η συγκεκριμένη υποομάδα μοντέλων συσχετίζεται και με τα συστήματα διαχείρισης αρτηριών, αυτοκινητόδρομων, οδικών συμβάντων, αλλά και περιστατικών έκτακτης ανάγκης (Ναθαναήλ, 2004).

Αντιπροσωπευτικά μοντέλα αυτής της υποομάδας είναι τα ακόλουθα:

- Το **BATmobile** (Nikunj, 1999), το οποίο είναι ένα μικροσκοπικό πιθανολογικό μοντέλο συμπεριφοράς των οδηγών και αποτελεί μια προσέγγιση στην εφαρμογή ενός συστήματος που ασχολείται με την αυτονομία της οδήγησης σε κανονική κυκλοφορία αυτοκινητόδρομου προβλέποντας τις αντιδράσεις των άλλων αυτοκινήτων σε διαφορετικές οδηγικές καταστάσεις.

- Το **Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας** (Salvucci & Liu, 2002), το οποίο επεξεργάζεται τον χρόνο αλλαγής λωρίδας με βάση τον έλεγχο των οδηγών και την συμπεριφορά τους που βασίζεται στην κίνηση των ματιών.

Η δεύτερη υποομάδα περιλαμβάνει μοντέλα που αναλύουν τις επιρροές που έχουν οι διάφορες υποδοχές των Σ.Σ.Υ.Ο. στη συμπεριφορά των οδηγών. Εξετάζονται υποδοχές που βρίσκονται εντός των οχημάτων οι οποίες μάλιστα επιτρέπουν στους οδηγούς να μην χρησιμοποιούν τα χέρια τους, ώστε να μην αποσπάται η προσοχή τους από το τιμόνι.

Τα μοντέλα προσομοίωσης της δεύτερης υποομάδας συσχετίζονται με τα συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης των οδηγών, όπως είναι για παράδειγμα το σύστημα παρακολούθησης των οφθαλμών των οδηγών , το σύστημα καταγραφής των σφυγμών των οδηγών και το σύστημα προειδοποίησης υπνηλίας των οδηγών (Ναθαναήλ, 2004).

Αντιπροσωπευτικά μοντέλα της δεύτερης υποομάδας είναι τα παρακάτω:

- Το **Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών** (Harbluk & Noy, 2002), σκοπός του οποίου είναι η εκτίμηση των αποτελεσμάτων χρήσης των λειτουργιών «ελεύθερων» χεριών μέσα στα οχήματα όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή στην κυκλοφορία σε δρόμους μέσα στην πόλη.

- Το **Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων**. (Salvucci, 2001). Η συγκεκριμένη προσέγγιση επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην ολοκλήρωση δύο αρχιτεκτονικών μοντέλων τα οποία καλούνται *μοντέλο χρήστη* και *μοντέλο οδηγού*, ενώ η ανάλυση γίνεται με βάση τα **Δυναμικά**

Μοντέλα MARKOV (Liu & Salvucci, 2001), τα οποία προσομοιώνουν τη συμπεριφορά των οδηγών κάτω από την καθοδήγηση των ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

5.2.2. Μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας

Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται μοντέλα τα οποία ουσιαστικά παρέχουν στους οδηγούς την δυνατότητα να πληροφορηθούν για τις συνθήκες που επικρατούν στους δρόμους, με σκοπό να είναι σε θέση να επιλέξουν το δρομολόγιο εκείνο που είναι πιο σύντομο και ασφαλές.

Τα συγκεκριμένα μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας σχετίζονται με τα συστήματα πλοήγησης και καθοδήγησης, αλλά και με τα συστήματα πληροφόρησης επιβατών και ταξιδιωτών (Ναθαναήλ, 2004).

Αντιπροσωπευτικά μοντέλα αυτής της ομάδας είναι τα εξής:

- Το **DynaMIT** - Dynamic Network Assignment for the Management of Information to Travelers - (Ben-Akiva, Bierlaire, Koutsopoulos & Mishalani, 1998), το οποίο είναι ένα δυναμικό σύστημα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο που παρέχει κυκλοφοριακές προβλέψεις και ταξιδιωτικό οδηγό. Βασίζεται στην προσομοίωση και είναι οργανωμένο σε δύο σκέλη: στην εκτίμηση της κατάστασης και στην παροχή πληροφοριών που βασίζονται στην πρόβλεψη.

- Το **MITSIMLab** (Ben-Akiva, Davol, Toledo, Koutsopoulos, Bourghout, Andreasson, Johansson & Lundin, 2002), το οποίο αποτελεί το αντικείμενο μιας μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε για να εκτιμήσει τα Αναπτυγμένα Συστήματα Κυκλοφοριακής Διαχείρισης (ATMS) και τα Προηγμένα Συστήματα Ταξιδιωτικών Πληροφοριών (ATIS) σε επίπεδο χειρισμού. Το προσαρμοσμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση θεμάτων κυκλοφοριακής διαχείρισης που περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου της κίνησης, της προτεραιότητας των λεωφορείων και χειρισμούς λεωφορειογραμμών.

Η περιγραφή των σύγχρονων συστημάτων που προσομοιώνονται από τα μοντέλα συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας έχει γίνει στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται η ανάλυση των χαρακτηριστικών αντιπροσωπευτικών μοντέλων προσομοίωσης συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μοντέλα προσομοίωσης της οδηγικής συμπεριφοράς

6.1. *BATmobile:* ένα πιθανολογικό μοντέλο της συμπεριφοράς οδηγών (Nikunj, 1999)

6.1.1. Το μοντέλο

Το BATmobile αποτελεί μια προσέγγιση στην εφαρμογή ενός συστήματος που ασχολείται με την αυτονομία της οδήγησης σε κανονική κυκλοφορία αυτοκινητόδρομου. Χρησιμοποιεί δυναμικά πιθανολογικά δίκτυα για να μοντελοποιήσει το δυναμικό περιβάλλον οδήγησης. Ένα τέτοιο δίκτυο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από το BATmobile με σκοπό να υποστηριχθεί μια κατάσταση στην οποία οι μεταβλητές περιλαμβάνουν για παράδειγμα τις ταχύτητες και τις θέσεις των άλλων αυτοκινήτων, τις προθέσεις των υπόλοιπων οδηγών και τον προσανατολισμό του δρόμου. Όπως είναι φυσικό, κάποιες από αυτές τις μεταβλητές δεν παρατηρούνται όλη την ώρα.

Ο κύριος σκοπός αυτής της έρευνας είναι να παραχθούν μοντέλα για τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν τις προθέσεις των άλλων οδηγών, όπως είναι η επιτάχυνση, η επιβράδυνση ή και η αλλαγή λωρίδας. Η δημιουργία μοντέλων που σχετίζονται με την συμπεριφορά των οδηγών θα επιτρέψει σε έναν αυτόνομο οδηγό ,όπως είναι ο BATmobile , να αποφύγει μοιραίες επικίνδυνες καταστάσεις, όπως την ανατροπή ενός οχήματος μπροστά του. Επιπλέον, το συγκεκριμένο μοντέλο στοχεύει στην προειδοποίηση των οδηγών σε επικίνδυνες καταστάσεις που είναι πιθανόν να προκύψουν στην πορεία της οδήγησης τους.

Για την επιτυχή ολοκλήρωση της δημιουργίας του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος ο οποίος κατασκευάζει αυτόματα ένα πιθανολογικό μοντέλο από δεδομένα τα οποία προέρχονται, είτε από έναν προσομοιωτή οδήγησης, είτε από βιντεοσκοπήσεις. Από αυτές τις βιντεοσκοπήσεις, οι θέσεις των οχημάτων, οι ταχύτητες τους και άλλες πληροφορίες καταγράφονται αυτόματα με την χρήση

οπτικών υπολογιστικών αλγορίθμων. Ο τύπος του μοντέλου που χρησιμοποιείται θεωρείται ως ένα μικροσκοπικό μοντέλο επειδή μοντελοποιεί την συμπεριφορά μεμονωμένων οχημάτων, αντίθετα με τα μακροσκοπικά μοντέλα που περιγράφουν γενικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά όπως η πυκνότητα και η ροή.

6.1.2. Μικροσκοπικά μοντέλα

Οι συγκοινωνιολόγοι γενικά επιθυμούν να μεγιστοποιούν την ροή της κυκλοφορίας, δηλαδή τον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από ένα δεδομένο σημείο ανά μονάδα χρόνου, σε δρόμους και αυτοκινητόδρομους. Με την χρήση κυκλοφοριακών φώτων, σημάτων ορίου ταχύτητας και διάφορων άλλων ρυθμίσεων οι συγκοινωνιακοί μηχανικοί προσπαθούν να ρυθμίσουν την πυκνότητα και την μέση ταχύτητα των οχημάτων αποσκοπώντας στη μεγιστοποίηση της ροής. Αυτό δεν παύει να είναι ένα δύσκολο πρόβλημα για επίλυση, καθώς ένας μηχανικός δεν μπορεί απλά να προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει ή να μεγιστοποιήσει την πυκνότητα ή την ταχύτητα, αφού είτε η μια είτε η άλλη στρατηγική θα μπορούσε να είναι ολέθρια.

Κάποιος θα μπορούσε να αναρωτηθεί γιατί απλά δεν γίνεται ρύθμιση της ροής με την εισαγωγή των αυτοκινήτων στο ποσοστό που ανταποκρίνεται στη μέγιστη ροή που καλείται συγκέντρωση. Οι απαντήσεις σε αυτό είναι ότι δεν μπορεί να είναι γνωστή η συγκέντρωση ενός αυτοκινητόδρομου χωρίς την συλλογή δεδομένων και ακόμη και στην περίπτωση που είναι δεδομένη αυτή η συγκέντρωση, είναι δυνατός ο έλεγχος μόνο των οχημάτων εκείνων που εισέρχονται στον αυτοκινητόδρομο και όχι εκείνων που βρίσκονται ήδη σε αυτόν.

Ένας τρόπος προσέγγισης του προβλήματος μεγιστοποίησης της ροής είναι η παρατήρηση ενός αυτοκινητόδρομου για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να καταγραφεί ένα μεγάλο εύρος από κυκλοφοριακές συνθήκες, αλλά και να συλλεχθούν πληροφορίες για την πυκνότητα, την ροή και την μέση ταχύτητα στην διάρκεια αυτής της περιόδου. Ένας άλλος τρόπος είναι η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς μεμονωμένων οδηγών και η χρήση αυτού του μοντέλου για την επίτευξη της μέγιστης ροής και των συνθηκών κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκε. Αυτή η διαδικασία αποδίδει τα συνήθη πλεονεκτήματα που έχει η χρήση ενός μοντέλου που βασίζεται άμεσα στα στοιχεία και τα δεδομένα που συλλέγονται: μια καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας - για παράδειγμα ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν οι οδηγοί -, αλλά και την ικανότητα να χρησιμοποιηθούν προβλέψεις για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων που δεν ανταποκρίνονται σε σημεία δεδομένων.

Στην παρούσα ανάλυση ερευνώνται μόνο μικροσκοπικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που ασχολούνται με μεμονωμένους οδηγούς, και αυτό γιατί ένας από τους στόχους είναι η κατανόηση της συμπεριφοράς των οδηγών με σκοπό να δοθεί στο μελετούμενο όχημα η ικανότητα να προβλέπει την συμπεριφορά και των υπόλοιπων οχημάτων.

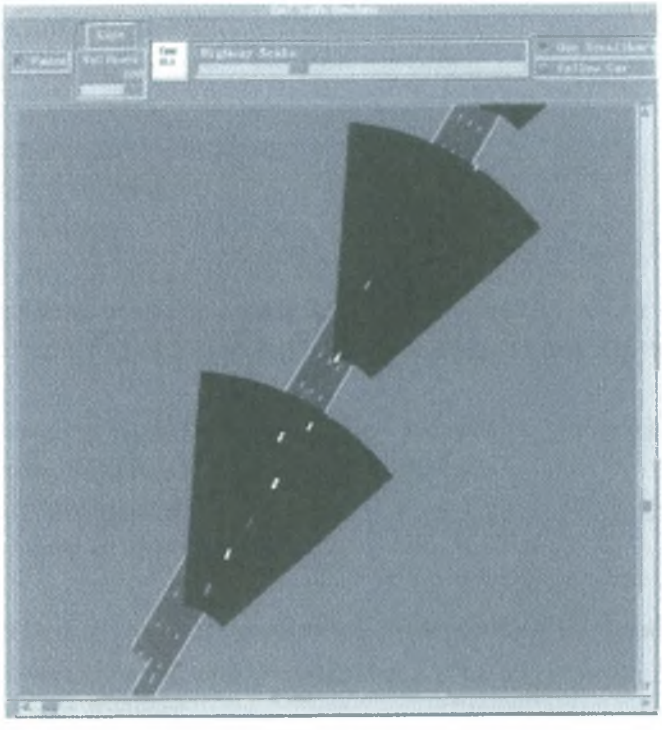
6.1.3. Πιθανολογικά δίκτυα

Τα πιθανολογικά δίκτυα είναι γραφήματα στα οποία ο κάθε κύκλος αντιπροσωπεύει μια τυχαία μεταβλητή και το κάθε τόξο αντιστοιχεί στην πίστη ότι ο κύκλος στο τέλος έχει μια άμεση επιρροή στον κύκλο στην αρχή. Η τοπολογία του δικτύου εφαρμόζει έναν αριθμό από ανεξάρτητες σχέσεις ανάμεσα στις τυχαίες μεταβλητές. Τα συγκεκριμένα δίκτυα προσφέρουν μια μαθηματική βάση δημιουργίας πορισμάτων υπό αμφιβολία. Οι πίνακες πιθανοτήτων προάγουν έναν φυσικό τρόπο αναπαράστασης αμφισβητούμενων γεγονότων. Οι ανεξάρτητες σχέσεις που εφαρμόζονται από την τοπολογία του δικτύου επιτρέπουν η σύνδεση διαχωρισμένων πιθανοτήτων να είναι συγκεκριμένη με λιγότερες μεταβλητές πιθανοτήτων.

6.1.4. Εργαλεία

Δημιουργήθηκε ένας δισδιάστατος φυσικός προσομοιωτής ο οποίος επιτρέπει την δημιουργία δικτύων αυτοκινητόδρομων ελέγχου οχημάτων και διαχωρισμούς πιθανοτήτων σε διάφορες παραμέτρους, όπως τα φυσικά μεγέθη των αυτοκινήτων, τις επιθυμητές ταχύτητες και τις αναλογίες των επιθυμητών αλλαγών λωρίδας. Για την συγκεκριμένη ανάλυση, δημιουργήθηκε ένα ενδιαφέρον κυκλοφοριακό σενάριο που περιελάμβανε αρχικά την γένεση οχημάτων με χαμηλές ταχύτητες στις τρεις δεξιές λωρίδες σε ένα δίκτυο τεσσάρων λωρίδων και στη συνέχεια την γένεση οχημάτων με υψηλότερες ταχύτητες να ακολουθούν τα προηγούμενα. Επιπλέον, με σκοπό να προσεγγίσουν τις επιθυμητές τους ταχύτητες, τα οχήματα που κινούνταν με υψηλές ταχύτητες έπρεπε να αλλάξουν λωρίδα στα αριστερά ώστε να προσπεράσουν τα οχήματα που βρίσκονταν μπροστά τους. Σημαντικό είναι, επίσης, ότι το συγκεκριμένο σενάριο περιελάμβανε ένα μεγάλο εύρος κυκλοφοριακής ροής από την μη συμφορημένη κατάσταση έως και την κατάσταση της μέγιστης ροής.

Επιπρόσθετα, κατασκευάσθηκαν οπτικές κάμερες οι οποίες προσομοίωναν κυκλοφοριακές κάμερες εποπτείας. Ένα διάγραμμα που παρουσιάζει το μοντέλο προσομοίωσης φαίνεται στο σχήμα 6-1.



Σχήμα 6-1:Περιβάλλον προσομοίωσης με οπτικές κάμερες.

6.1.5. Κυκλοφοριακά σενάρια και οχήματα

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, το κυκλοφοριακό σενάριο περιελάμβανε ένα όχημα με χαμηλή ταχύτητα (που κινούνταν με 4-6m/s) σε όλες τις λωρίδες εκτός από την αριστερή στον αυτοκινητόδρομο. Μετά από 10 δευτερόλεπτα, αφού είχαν γεννηθεί τα αργά οχήματα, ξεκινούσαν και τα οχήματα με μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτά τα οχήματα έπρεπε, είτε να αλλάξουν πορεία στην αριστερή λωρίδα, είτε να προσπεράσουν τα υπόλοιπα με σκοπό να αποκτήσουν τις επιθυμητές τους ταχύτητες.

Τα οχήματα διαθέτουν τρία συστατικά: τον μηχανισμό αίσθησης, τον μηχανισμό απόφασης και τον μηχανισμό δράσης. Το καθένα όχημα εκτελεί ένα κύκλο αποφάσεων κάθε 0.1 δευτερόλεπτα. Τα οχήματα λαμβάνουν τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Πληροφορίες στο όχημα:
  - Ταχύτητα.
  - Επιτάχυνση.
  - Θέση – κατακόρυφη και κατά μήκος.

- Οχήματα μακριά πάνω από 100 μέτρα:

- Σχετική θέση.
- Σχετική ταχύτητα.

- Χαρακτηριστικά αυτοκινητόδρομου:
  - Πλάτος λωρίδας.
  - Παράκαμψη.

Τα οχήματα χρησιμοποιούν τις αισθητήριες αναγνώσεις για να ανανεώσουν την κατάσταση τους. Η κατάσταση του οχήματος περιλαμβάνει επιπλέον τα ακόλουθα:

- Την συγκεκριμένη κατάσταση οδήγησης – μία από τις ακόλουθες:
  - Ακολουθία της συγκεκριμένης λωρίδας.
  - Αλλαγή της λωρίδας.
  - Επιθυμία για αλλαγή λωρίδας.

- Την συγκεκριμένη κατακόρυφη ενέργεια – μία από τις ακόλουθες:
  - Ολοκλήρωση της αλλαγής λωρίδας.
  - Αλλαγές λωρίδας.
  - Ακολουθία της συγκεκριμένης λωρίδας.
  - Λήψη ακαθόριστης ενέργειας.
  - Διακοπή αλλαγής λωρίδας.

- Την συγκεκριμένη κατά μήκος ενέργεια – μία από τις ακόλουθες:
  - Επίτευξη συγκεκριμένης ταχύτητας.
  - Αύξηση ταχύτητας.
  - Μείωση ταχύτητας.
  - Εκτέλεση απότομου φρεναρίσματος.

- Ταχύτητα στόχου.
- Σχεδιασμένη διαδρομή.
- Λωρίδα στόχου.
- Ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση ακολουθίας.
- Διάφορες στοχαστικές παράμετροι.

6.1.6. Κατασκευές των μοντέλων πιθανολογικών δικτύων (DPN)

6.1.6.1. Μοντέλο χωρίς «κρυμμένες» καταστάσεις

Όλα τα DPN που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν μόνο διακριτές μεταβλητές. Οι κόμβοι, η σημασία τους και οι πιθανές τιμές έχουν ως εξής: (φαίνονται και στο σχήμα 6-2)

Όχημα στα αριστερά: Είναι η επόμενη λωρίδα στα αριστερά ελεύθερη για αλλαγή λωρίδας;

Πιθανές τιμές: Αλήθεια, Ψέμα

Όχημα στα δεξιά: Είναι η επόμενη λωρίδα στα δεξιά ελεύθερη για αλλαγή λωρίδας;

Πιθανές τιμές: Αλήθεια, Ψέμα

Σχετική απόσταση (cif): Μέγεθος διάκενου (σε μέτρα) από το μπροστινό όχημα (εάν υπάρχει).

Πιθανές τιμές: (0,2],(2,5],(5,10],(10,25],(25,50],>50

Σχετική ταχύτητα: Ποιά είναι η σχετική ταχύτητα (m/s) σε σχέση με το μπροστινό όχημα (εάν υπάρχει);

Πιθανές τιμές: < 0,[0,1),[1,2.5],[2.5,5), >5

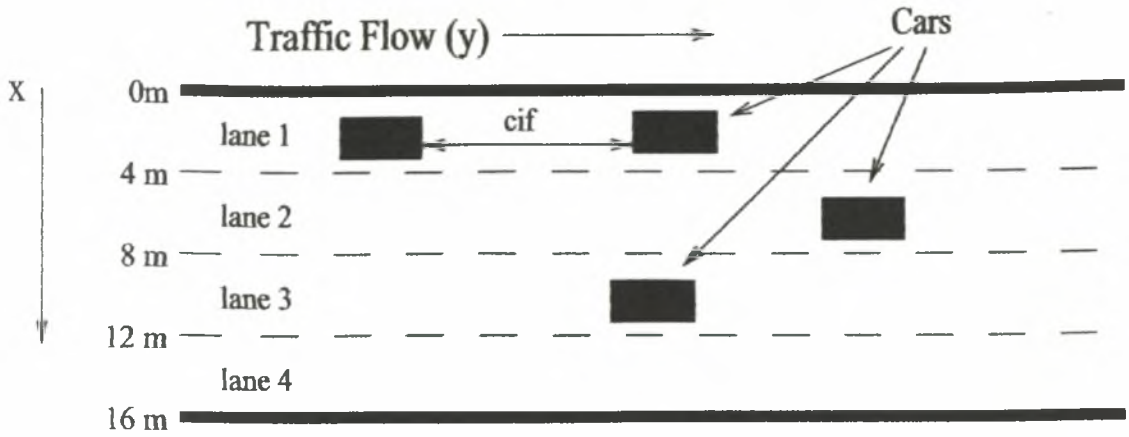
x': Κατακόρυφη ταχύτητα (m/s).

Πιθανές τιμές: < -1,[-1,-0.5),[-0.5,-0.25),[-0.25, 0.25],(0.25,0.5],(0.5,1],>1

y'': Κατά μήκος επιτάχυνση (m/s/s)

Πιθανές τιμές: < -0.25,[-0.25,0.25], >0.25

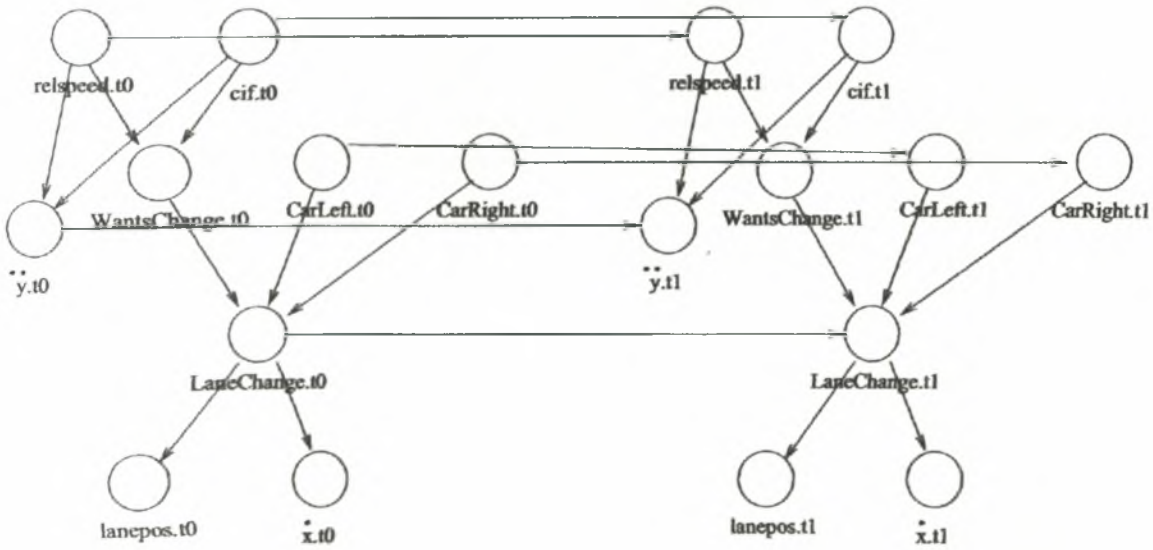
Όπως είναι φυσικό, δεν παρατηρούνται όλες οι τιμές όλη την ώρα. Και αυτό, καθώς τα δεδομένα συλλέγονται με την χρήση των καμερών που είναι τοποθετημένες στην πλευρά του αυτοκινητόδρομου, υπάρχουν κάποια οχήματα που οι κάμερες δεν μπορούν να δουν το όχημα στη μπροστινή πλευρά επειδή βρίσκεται εκτός του πεδίου της κάμερας.



Σχήμα 6-2 :Διάγραμμα εικονογράφησης των κυκλοφοριακών μεταβλητών.

6.1.6.2. Μοντέλο με «κρυμμένες» καταστάσεις

Το δεύτερο DPN που κατασκευάστηκε φαίνεται στο σχήμα 6-3. Οι κόμβοι, η σημασία τους και οι πιθανές τιμές είναι παρόμοιες με το προηγούμενο δίκτυο με δύο προσθήκες.



Σχήμα 6-3 : Δίκτυο με «κρυμμένη» κατάσταση.

Επιθυμία για αλλαγή: Δεν παρατηρήθηκε
Πιθανές τιμές: Αλήθεια, Ψέμα

Αλλαγή λωρίδας: Δεν παρατηρήθηκε
Πιθανές τιμές: Αλήθεια, Ψέμα

Το κομβικό σημείο «Επιθυμία για αλλαγή» αντιπροσωπεύει εάν ο οδηγός θέλει ή όχι να αλλάξει λωρίδα. Είναι αναμενόμενο ότι ένας οδηγός λογικά θα θελήσει να αλλάξει λωρίδα όταν μειώνεται η απόσταση από το μπροστινό όχημα ή όταν αυξάνεται η σχετική ταχύτητα. Από την άλλη, το κομβικό σημείο «Αλλαγή λωρίδας» θεωρείται ότι αναπαριστά την κατάσταση στην οποία ο οδηγός πραγματικά αλλάζει λωρίδα ή όχι και εφόσον αλλάξει κάτω από ποιες συνθήκες το κάνει αυτό , δηλαδή τί τύπου ελιγμούς κάνει.

6.1.6.3. Μοντέλο με «κρυμμένες» καταστάσεις και ντετερμιστικά κομβικά σημεία

Το τρίτο δίκτυο περιλαμβάνει σε σχέση με τα προηγούμενα τρεις προσθήκες.

Ταχύτητα: Πραγματική ταχύτητα του οχήματος (m/s)
Πιθανές τιμές: 0-5,5-10,10-15,15-20,20-25,25-30, >30

Μέγιστη ταχύτητα: Υπολογίζεται ως η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος που παρατηρήθηκε
Πιθανές τιμές: 0-5,5-10,10-15,15-20,20-25,25-30, >30

Επιθυμητή ταχύτητα: Έχει το όχημα αποκτήσει την επιθυμητή ταχύτητα;
Πιθανές τιμές: Κίνηση με μικρότερη από την επιθυμητή ταχύτητα, κίνηση με σχεδόν την επιθυμητή ταχύτητα ή κίνηση με μεγαλύτερη από την επιθυμητή ταχύτητα.

6.2. Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας (Salvucci & Liu, 2002)

6.2.1. Το μοντέλο

Το συγκεκριμένο μοντέλο εξετάζει τον χρόνο που απαιτείται για την αλλαγή λωρίδας με βάση τον έλεγχο των οδηγών και την συμπεριφορά τους που βασίζεται στην κίνηση των ματιών. Διεξήχθη ένα πείραμα στο οποίο οι οδηγοί αποτέλεσαν μέρος ενός περιβάλλοντος που περιελάμβανε έναν αυτοκινητόδρομο πολλαπλών λωρίδων μέσω ενός προσομοιωτή μέσης πιστότητας. Στη συνέχεια, χωρίστηκαν τα δεδομένα των οδηγών σε οροθετημένες μονάδες χρόνου για να διευκολυνθεί η ανάλυση της συμπεριφοράς πριν, κατά την διάρκεια και μετά το πέρας της αλλαγής λωρίδας.

Σκοπός του μοντέλου είναι η ανάλυση σε βάθος της διαδικασίας αλλαγής λωρίδας δίνοντας έμφαση στον χρόνο πορείας της αλλαγής λωρίδας, και η επέκταση της έρευνας πάνω στις κινήσεις των ματιών στη διάρκεια της αλλαγής εξετάζοντας την ολοκλήρωση του συστήματος διεύθυνσης, της ρυθμιστικής βαλβίδας της μηχανής, των φλας και των κινήσεων των ματιών από την αλλαγή, από τα αριστερά προς τα δεξιά και από τα δεξιά προς τα αριστερά. Επιπλέον, αυτή η ανάλυση διευκρινίζει διάφορες ενδιαφέρουσες και παράξενες πτυχές της συμπεριφοράς των οδηγών κατά την αλλαγή της λωρίδας. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν αποτελούν τα θεμέλια για την ανάπτυξη και νομιμοποίηση ενός αυστηρού ολοκληρωμένου μοντέλου οδηγικής συμπεριφοράς.

6.2.2. Μεθοδολογία

Η ανάλυση της συμπεριφοράς των οδηγών κατά την αλλαγή λωρίδας βασίζεται σε δεδομένα που συλλέχθηκαν από προηγούμενες έρευνες (Salvucci, Liu & Boer, in press) που ήταν επικεντρωμένες σε πληροφορίες που αφορούσαν τις κινήσεις των ματιών. Το πείραμα περιελάμβανε την προσομοίωση της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο πολλαπλών λωρίδων με κυκλοφορία.

6.2.2.1. Θέματα

Το πείραμα περιελάμβανε συνολικά 11 συμμετέχοντες για την τελική ανάλυση - 2 γυναίκες και 9 άνδρες από 18 έως 31 χρόνων, όλοι τους με ελάχιστη εμπειρία οδήγησης 2 ετών. Δυο πρόσθετοι συμμετέχοντες δεν ολοκλήρωσαν το πείραμα λόγω των δυσκολιών τους να ελέγξουν το όχημα στο περιβάλλον προσομοίωσης. Άλλοι δυο πρόσθετοι συμμετέχοντες δεν χρησιμοποιήθηκαν από την βάση δεδομένων, γιατί οι κινήσεις των ματιών τους δεν μπόρεσαν να καταγραφούν με τον σωστό τρόπο.

6.2.2.2. Προσομοιωτής Οδήγησης και Περιβάλλον

Ο Προσομοιωτής Οδήγησης της Έρευνας της Nissan και του Cambridge (CBR) (Beusmans & Reusink, 1995) χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο για την προσομοίωση και την συλλογή δεδομένων. Ο Προσομοιωτής περιλαμβάνει το μπροστινό τμήμα ενός Nissan 240sx καμπριολέ, το οποίο έχει προσαρμοστεί να συλλέγει τυπικές πληροφορίες οδήγησης, όπως την θέση του συστήματος διεύθυνσης, την θέση της ρυθμιστικής βαλβίδας και του φρένου, τα φλας. Το περιβάλλον προσομοίωσης κατασκευάστηκε στο μπροστινό τμήμα σε ένα πεδίο ορατότητας περίπου 70° , το οποίο θεωρήθηκε επαρκές για μια ρεαλιστική απεικόνιση της οδηγικής εμπειρίας. Ο προσομοιωτής, επίσης, περιλαμβάνει ένα IScan (Burlington, MA) και μια συσκευή που στηρίζεται στο κεφάλι και καταγράφει τις κινήσεις των ματιών, η οποία συσκευή χαράσσει το κέντρο της κόρης του ματιού και ένα σημείο υπέρυθρης αντανάκλασης σε ένα εκτιμημένο σημείο αναφοράς με μια ακρίβεια σχεδόν μιας μοίρας από την οπτική γωνία. Αν και οι καθρέπτες στο μπροστινό τμήμα δεν χρησιμοποιήθηκαν, συμπεριλήφθηκε ένας προσομοιωμένος αληθινής όψης καθρέπτης στο παρατηρούμενο περιβάλλον με τον οποίο οι οδηγοί μπορούσαν να έχουν αίσθηση των οχημάτων που τους περικύκλωναν.

Αν και έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από περιβάλλοντα προσομοίωσης, για τον Προσομοιωτή Nissan CBR δημιουργήθηκε ένα περιβάλλον από έναν αυτοκινητόδρομο πολλαπλών λωρίδων με μέση κυκλοφορία οχημάτων. Ο αυτοκινητόδρομος περιελάμβάνε δυο λωρίδες ανά κατεύθυνση με τυπικό διαχωρισμό μεταξύ τους και μια λωρίδα έκτατης ανάγκης, ενώ δεν υπήρξαν καθόλου ράμπες ή άλλα τέτοια στοιχεία, ώστε οι οδηγοί να έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση. Το περιβάλλον επέβαλλε ένα τρίτροχο δυναμικό μοντέλο ώστε να μεταφράζει τις εισροές των οδηγών και την ανταπόκριση των οχημάτων. Τα οχήματα της προσομοίωσης κινούνταν με ταχύτητες της τάξης των 22.35-31.29 m/s (50-70 mph), προσπερνούσαν όταν ήταν απαραίτητο αυτοκίνητα που κινούνταν αργά στη δεξιά λωρίδα και επέστρεφαν αμέσως στη δεξιά λωρίδα μετά την προσπέραση.

Ο προσομοιωτής σε συνδυασμό με το περιβάλλον οδήγησης παρήγαγε μια συνεχή ροή δεδομένων που είναι χρήσιμα για ανάλυση. Ουσιαστικά, συλλέχθηκαν τέσσερις πηγές δεδομένων σε ένα δείγμα ανάλογο των 13 Hz και καταγράφηκαν στο φάκελο των δεδομένων:

- Πληροφορίες τυπικού ελέγχου, στις οποίες περιλαμβάνονταν τυπικά σημάδια της θέσης των τροχών του συστήματος διεύθυνσης, της θέσης της ρυθμιστικής βαλβίδας της μηχανής και των φρένων, των φλας και άλλων σημείων ελέγχου μέσα στο όχημα.
- Δεδομένα της κίνησης των ματιών των οδηγών που έδειχναν πού κατευθύνουν οι οδηγοί την οπτική προσοχή.

- Πληροφορίες του οχήματος που εντόπιζαν την θέση και την ταχύτητα, τόσο του οδηγού του οχήματος, όσο και των άλλων οχημάτων, ώστε να είναι επιτρεπτή η ανάλυση ολόκληρου του περιβάλλοντος.
- Τέλος, δεδομένα που αντιπροσώπευαν την πρόθεση να προβούν οι οδηγοί σε αλλαγή λωρίδας.

Η τελευταία κατηγορία πληροφοριών απαιτεί μεγαλύτερη επεξήγηση. Για την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε αυτήν την μελέτη όσον αφορά την αλλαγή της λωρίδας, έγινε μια προσπάθεια διαχωρισμού του δείγματος των δεδομένων σε διάφορα τμήματα που το καθένα αντιπροσώπευε μια μεμονωμένη αλλαγή λωρίδας. Στο τέλος, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες στο πείραμα να αναφέρουν την αλλαγή λωρίδας λέγοντας «αλλαγή λωρίδας» ή «περνάω», και ο πειραματιστής κατέγραφε αυτές τις αναφορές στα δεδομένα χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο κτύπημα. Οι συμμετέχοντες, επίσης, ανέφεραν ότι ολοκλήρωναν την αλλαγή λωρίδας λέγοντας «έγινε», ενώ στην περίπτωση που ξεχνούσαν να το αναφέρουν, το πείραμα κατέγραφε το τέλος της προσπάθειας όταν αυτό ήταν προφανές. Συνοπτικά, οι προαναφερόμενοι τύποι δεδομένων αποτελούν την απαραίτητη ραχοκοκαλιά για την μελετούμενη εργασία.

6.2.2.3. Διαδικασία

Μετά από μια γενική εισαγωγή στον προσομοιωτή και το έργο του, το πείραμα άρχισε με δυο πρακτικές ενότητες στις οποίες οι συμμετέχοντες εξοικειώθηκαν με την οδήγηση στον προσομοιωτή και ανέφεραν προφορικά τις αλλαγές λωρίδας που πραγματοποιούσαν. Οι συμμετέχοντες, στη συνέχεια, οδήγησαν σε δύο διαδοχικές ενότητες: μια σε έναν ευθύ αυτοκινητόδρομο χωρίς καμπές και μια σε έναν αυτοκινητόδρομο με ελαφριές καμπές. Σε καθεμία από αυτές τις ενότητες, οι οδηγοί οδηγούσαν για περίπου 14 λεπτά για μια συνολική απόσταση περίπου 25 χιλιομέτρων, ενώ είχαν ένα σύντομο διάλειμμα ανάμεσα στις δύο ενότητες στη διάρκεια του οποίου ο ανιχνευτής ματιών ξαναρυθμιζόταν εάν ήταν απαραίτητο.

6.2.3. Αποτελέσματα

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για την διαδικασία αλλαγής λωρίδας επικεντρώνεται στο χρόνο πορείας αλλαγής λωρίδας και οι μελετητές οραματίστηκαν μια διαδοχή συλλογικών πληροφοριών όσον αφορά τις φάσεις πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση της αλλαγής λωρίδας από τους επιβαίνοντες στα οχήματα.

Τα γραφήματα που προέκυψαν από την παραπάνω ανάλυση αφορούσαν διάφορα στάδια του πειράματος. Πρώτον , έγινε διαχωρισμός όλων των δεδομένων για όλους τους συμμετέχοντες και αποσπάστηκαν εκείνες οι ενότητες που αντιπροσώπευαν την αλλαγή λωρίδας. Αυτές οι ενότητες αναγνωρίστηκαν από το οπτικό πρωτόκολλο

πληροφοριών, το οποίο εντόπισε την αρχή και το πέρας της κάθε αλλαγής λωρίδας. Δεύτερον , υπολογίστηκε μια μονάδα κλιμακούμενου χρόνου για κάθε ενότητα αλλαγής λωρίδας σαν το 1/10 του συνολικού χρόνου αλλαγής λωρίδας, ενώ ξαναδοκιμάστηκαν οι αντλούμενες πληροφορίες στην διάρκεια της διαδικασίας παίρνοντας τον μέσο όρο ανάμεσα σε αυτές τις μονάδες χρόνου. Τρίτον , επεκτάθηκε η κάθε ενότητα για να συμπεριλάβει οκτώ μονάδες χρόνου πριν και μετά την αλλαγή λωρίδας. Τέταρτον, προστέθηκε ένα μεμονωμένο σημείο πληροφοριών πριν και μετά την επεκταμένη ενότητα για να συμπεριληφθούν όλα τα δεδομένα παραμονής στη λωρίδα κυκλοφορίας που λάβανε χώρα πριν και μετά την ενότητα. Τέλος, προστέθηκαν όλα τα σημεία πληροφοριών για έναν μεμονωμένο οδηγό και δημιουργήθηκαν συνολικά γραφήματα για αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνοντας τόσο τα κύρια όσο και τα τυπικά λάθη σύμφωνα με τις πληροφορίες του κάθε οδηγού.

6.2.3.1. Θέση Λωρίδας

Όσον αφορά τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την θέση της λωρίδας αναφέρονται τα ακόλουθα: το όχημα ξεκινά να κινείται από το κέντρο της αρχικής λωρίδας στην απαρχή της λωρίδας αλλαγής και ξεκινά να προχωρά προς το κέντρο της λωρίδας προορισμού αμέσως μετά το τέλος της αλλαγής λωρίδας. Ένας ενδιαφέρων προσανατολισμός αυτών των δεδομένων λαμβάνει χώρα στα 5 δευτερόλεπτα πριν την αρχή της αλλαγής λωρίδας - ουσιαστικά γίνεται μια διακριτική μετάβαση από την λωρίδα προορισμού περίπου 2-3 δευτερόλεπτα πριν την απαρχή αλλαγής λωρίδας. Αυτή η μετάβαση θα μπορούσε να θεωρηθεί για τους οδηγούς ως μια στάση να αντισταθμίσουν πιθανούς κινδύνους καθώς διερευνούν οπτικά το περιβάλλον τους. Στα 5 δευτερόλεπτα που προηγούνται της αλλαγής λωρίδας, οι οδηγοί ξεκινούν να κοιτούν γύρω από το όχημα τους ώστε να εξασφαλίσουν την ασφαλή αλλαγή λωρίδας. Φαίνεται ότι σε αυτά τα 5 δευτερόλεπτα οι οδηγοί κινούνται αργά μακριά από την λωρίδα προορισμού για να αποφύγουν πιθανά οχήματα στην ίδια λωρίδα. Όπως είναι φυσικό, αφού βεβαιωθούν ότι η λωρίδα είναι κενή, οι οδηγοί μπορούν στη συνέχεια να πλησιάσουν τα αυτοκίνητα στην πλευρά προορισμού τους.

6.2.3.2. Σύστημα Διεύθυνσης

Τα προφίλ των συστημάτων διεύθυνσης είναι παρόμοια και για τις δύο διευθύνσεις αλλαγής λωρίδας. Καταρχήν, το αρχικό σύστημα διεύθυνσης συμβαίνει περίπου μισό δευτερόλεπτο πριν την καταγραφόμενη απαρχή της αλλαγής λωρίδας. Αυτή η καθυστέρηση εξαρτάται από μια ελαφρώς καθυστερημένη αναφορά στο προφορικό πρωτόκολλο. Από εκεί, το προφίλ του συστήματος διεύθυνσης παίρνει ένα απότομο σχήμα. Οι οδηγοί αρχικά διευθύνουν τα οχήματα σύμφωνα με τον προορισμό τους και μετά επιστρέφουν στο κέντρο για να σταθεροποιήσουν τα αυτοκίνητα σε μια διαδρομή στην λωρίδα προορισμού. Στη συνέχεια, με μια συνεχή κίνηση οι οδηγοί διευθύνουν τα

οχήματα στην άλλη κατεύθυνση και τα επαναφέρουν στο κέντρο για ευθυγραμμιστούν στην λωρίδα προορισμού.

Επίσης, καλό θα ήταν να σημειωθούν και τα ακόλουθα στοιχεία που προέκυψαν από τα δεδομένα του συστήματος διεύθυνσης: οι οδηγοί αρχικά θα εκτελούσαν έναν μεγαλύτερο ελιγμό για να κινήσουν το όχημα αμέσως στην επόμενη λωρίδα κυκλοφορίας, ενώ, στη συνέχεια, θα εκτελούσαν μικρούς ελιγμούς για να σταθεροποιήσουν το όχημα μέσα στην λωρίδα.

6.2.3.3. Θέση Ρυθμιστικής Βαλβίδας Μηχανής

Στην εξέταση της θέσης ρυθμιστικής βαλβίδας της μηχανής, είναι απαραίτητο να αναλυθούν ξεχωριστά οι δύο τύποι της αλλαγής λωρίδας, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύουν πολύ διαφορετικές καταστάσεις. Στα πέντε δευτερόλεπτα πριν την αλλαγή λωρίδας, οι οδηγοί επιβραδύνουν εσκεμμένα, πιθανώς για να αποφύγουν να πλησιάσουν πολύ κοντά στα οχήματα που κινούνται αργά. Ωστόσο, αμέσως μετά την απαρχή της αλλαγής λωρίδας, οι οδηγοί επιταχύνουν και συντηρούν την ταχύτητα προσπέρασης για το υπόλοιπο της αλλαγής της λωρίδας. Να σημειωθεί ότι η μέση ταχύτητα παραμένει υψηλή αρκετά μετά την προσπέραση.

Γενικά πάντως, οι οδηγοί δεν χρειάζεται να επιβραδύνουν στην περίπτωση αλλαγής λωρίδας από τα αριστερά προς τα δεξιά, καθώς εάν υπάρχει όχημα που κινείται πιο αργά στα δεξιά, είναι σύνηθες οι περισσότεροι οδηγοί να συνεχίζουν τον ελιγμό προσπέρασης.

6.2.3.4. Φλας

Τα προφίλ των φλας που προέκυψαν από την μελέτη ήταν παρόμοια και για τις δυο διευθύνσεις. Αρχικά, οι οδηγοί άρχιζαν να ανάβουν το φλας περίπου 1.5 δευτερόλεπτο πριν την αλλαγή λωρίδας. Ωστόσο, στην έναρξη της αλλαγής το φλας ήταν αναμμένο μόνο για τον μισό χρόνο (σε ποσοστό 50%) . Μόνο μετά από 1.5-2 επιπρόσθετα δευτερόλεπτα το ποσοστό αυτό έγινε περίπου 90%. Οι οδηγοί επίσης, έκλειναν τα φλας πριν καν ολοκληρώσουν την αλλαγή λωρίδας.

Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι με αυτές τις πληροφορίες για τα φλας, οι οδηγοί μπορεί να τα είχαν χρησιμοποιήσει για δυο διαφορετικούς λόγους , όπως στην κανονική οδήγηση. Πρώτον για να δείξουν την εκτέλεση της αλλαγής λωρίδας και δεύτερον για να δείξουν την πρόθεση να προβούν σε αλλαγή λωρίδας. Για την άλλη περίπτωση, οι οδηγοί μπορεί να ανοίξουν νωρίτερα το φλας ώστε να προειδοποιήσουν τους υπόλοιπους οδηγούς ότι πρόκειται να ελιχθούν για να αλλάξουν λωρίδα , αλλά και ίσως να ζητήσουν με τον τρόπο αυτόν την βοήθεια τους για να προβούν σε ελιγμούς και τελικά να μετακινηθούν σε άλλη λωρίδα κυκλοφορίας. Ωστόσο, δεδομένου ότι στο

συγκεκριμένο πείραμα οι οδηγοί άναβαν τα φλας την ώρα περίπου ή και λίγο μετά την αλλαγή λωρίδας, φαίνεται ότι οι οδηγοί γενικά ακολουθούν την πρώτη από τις παραπάνω ερμηνείες.

6.2.3.5. Κινήσεις Ματιών

Η ανάλυση για τα δεδομένα των κινήσεων των ματιών έδειξε ότι αυτές είχαν σχέση με την αναλογία του χρόνου που ξόδευαν οι οδηγοί να κοιτάζουν τα αντικείμενα στην αρχική λωρίδα, την τελική λωρίδα και στους καθρέπτες αληθινής όψης. Στην αρχή των προσεγγίσεων, ο προαναφερόμενος χρόνος αφορά περισσότερο την τελική λωρίδα και τους καθρέπτες, καθώς οι οδηγοί εξετάζουν την πλευρά του οχήματος για να εξασφαλίσουν την ασφαλή επιβίβαση. Όταν οι οδηγοί εισάγονται στη λωρίδα αλλαγής, οι αναλογίες τόσο για την αρχική όσο και την τελική λωρίδα πλησιάζουν σχεδόν στο ίδιο μέγεθος, ενώ αντίθετα η αναλογία του χρόνου για τους καθρέπτες μειώνεται κατακόρυφα. Αυτές οι τιμές παραμένουν σταθερές καθ' όλη την αλλαγή της λωρίδας και πριν από αυτήν - ουσιαστικά, οι οδηγοί χρειάζεται να κοιτάξουν προς την λωρίδα προορισμού για να χειριστούν το όχημα τους - , αλλά συνεχίζουν ταυτόχρονα να κοιτούν προς το αυτοκίνητο που προσπέρασαν στην αρχική λωρίδα ώστε να ελέγξουν τη θέση του.

Τέλος, είναι ενδιαφέρον και πρέπει να σημειωθεί το πόσο γρήγορα αλλάζουν οι διανομές του χρόνου των οδηγών στην αρχή της αλλαγής της λωρίδας κυκλοφορίας. Μέσα σε μόνο 1-2 δευτερόλεπτα μετά την αρχή, οι οδηγοί αφοσιώνονται στην λωρίδα προορισμού αν και το όχημα παραμένει (τουλάχιστον ένα τμήμα αυτού) στην αρχική λωρίδα.

6.3. Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών (Harbluk & Noy, 2002)

6.3.1. Το μοντέλο

Η απόσπαση της προσοχής των οδηγών αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αιτίες πρόκλησης κυκλοφοριακών συγκρούσεων. Ο σκοπός του συγκεκριμένου μοντέλου είναι να ερευνηθεί σε βάθος η επιρροή της αντιληπτικής (cognitive) απόσπασης και να γίνει εκτίμηση των αποτελεσμάτων χρήσης των λειτουργιών «ελεύθερων» χεριών μέσα στα οχήματα όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή στην κυκλοφορία σε δρόμους μέσα στην πόλη. Οι αλληλεπιδράσεις από την χρήση των λειτουργιών βασίζονται στην τεχνολογία των «ελεύθερων» χεριών, καθώς οι οδηγοί δεν χρειάζεται να κοιτούν καθόλου στην επίδειξη των τεχνολογιών αυτών. Το επίπεδο της αντιληπτικής απόσπασης διαχειρίστηκε με την εκτέλεση των πράξεων από τους οδηγούς σε τρία επίπεδα ανάλογα με την πολυπλοκότητα.

Συλλέχθηκαν τρεις τύποι μετρήσεων σε σχέση με την συμπεριφορά των οδηγών.: η οπτική συμπεριφορά, ο έλεγχος του οχήματος και οι παθητικές εκτιμήσεις της ασφάλειας και της απόσπασης της προσοχής των οδηγών. Οι κινήσεις των ματιών των οδηγών μετρήθηκαν καθώς οδηγούσαν για να εκτελέσουν διάφορες αλλαγές στην οπτική τους συμπεριφορά τους που ήταν συνέπεια των εκτελούμενων πράξεων. Η συμπεριφορά των οδηγών στο φρενάρισμα εκτιμήθηκε σε σχέση με την σημαντικότητα της στον έλεγχο του οχήματος. Τέλος, σε μια προσπάθεια να προσεγγιστεί πόσο καλά ο οδηγοί χειρίζονται τις επιρροές των λειτουργιών στην εκτέλεση της οδήγησης, συλλέχθηκαν διάφοροι παθητικοί υπολογισμοί για την ασφάλεια και την περίσπαση για διάφορες συνθήκες.

6.3.2. Μεθοδολογία

6.3.2.1. Συμμετέχοντες

Σε αυτό το πείραμα έλαβαν μέρος 21 συμμετέχοντες, 9 γυναίκες και 12 άνδρες, με ηλικία από τα 21 έως τα 34 χρόνια. Όλοι οι συμμετέχοντες διέθεταν νόμιμα διπλώματα οδήγησης, ήταν τυπικά ασφαλισμένοι και είχαν κάποια εμπειρία (ελάχιστη εμπειρία οδήγησης τα 5 χρόνια), ενώ παράλληλα και η όραση τους ήταν σε καλά επίπεδα. Η πληροφόρηση για το πείραμα έγινε μέσω μιας διαφήμισης σε τοπική εφημερίδα και η πληρωμή των ατόμων ήταν 50$ για αυτήν την συμμετοχή τους.

6.3.2.2. Εξοπλισμός

- **Όχημα και κινητό τηλέφωνο**

Οι συμμετέχοντες στο συγκεκριμένο πείραμα οδήγησαν ένα Toyota Camry του 1999 το οποίο ήταν εξοπλισμένο με ένα επιπρόσθετο φρένο ασφαλείας στην πλευρά του μπροστινού επιβάτη στο οποίο καθόταν ο πειραματιστής. Ο αερόσακος στην πλευρά του οδηγού ήταν ανενεργός κατά την διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, το όχημα ήταν εξοπλισμένο με ένα σύστημα συλλογής πληροφοριών (Micro-Das) το οποίο ήταν ικανό να καταγράφει έναν αριθμό από παραμέτρους στις οποίες συμπεριλαμβανόταν η κατά μήκος επιτάχυνση, η γωνία του συστήματος διεύθυνσης, η ενεργοποίηση του φρένου και η θέση της λωρίδας κυκλοφορίας (Barickman & Goodman, 1999).

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένα κινητό τηλέφωνο μοντέλου Nokia 5160- συμπληρωμένο με ένα μικρόφωνο και ένα μεγάφωνο (στηριγμένο κάτω από το ταμπλό)- το οποίο παρέμεινε στο δεξί μέρος της κονσόλας καθ΄ όλη την διάρκεια της μελέτης.

- **Σύστημα παρακολούθησης των ματιών**

Καθώς οδηγούσαν οι συμμετέχοντες φορούσαν ένα σύστημα παρακολούθησης των ματιών τους (VISION 2000, ELMAR Inc), όπως ακριβώς φαίνεται στο σχήμα 6-4. Αυτή η μονάδα που χρησιμοποιήθηκε είχε βάρος 300 gms και είχε εφαρμοστεί σε αυτήν μια προσωπίδα (70 gms) για να φιλτράρει τις IR , που είναι η οπτική επιρροή η οποία συγκρίνεται με τα γυαλιά ηλίου. Ακόμη, η μονάδα δεν εμπόδιζε την κίνηση του κεφαλιού των οδηγών και δεν ενοχλούσε την όραση μπροστά ή στην περιφέρεια (Eizenman, Jares & Smiley, 1999).

Το σύστημα παρακολούθησης των ματιών περιελάμβανε μια μονάδα παρακολούθησης των ματιών στηριγμένη στο κεφάλι, η οποία με τη σειρά της περιείχε μια κάμερα, μια μονάδα κύριας επεξεργασίας και ένα μηχάνημα αναπαραγωγής βίντεο. Το παραπάνω σύστημα περιελάμβανε δύο πηγές φωτός οι οποίες φώτιζαν το μάτι και από μια πλαστική μονάδα διάσπασης η οποία ήταν τοποθετημένη κάτω από την ιδεατή γραμμή του ματιού και κατεύθυνε τις ακτίνες του φωτός σε μια κάμερα που βρίσκονταν κάτω από το μάτι. Το σύστημα παρακολούθησης των ματιών χρησιμοποιεί την διαφορά ανάμεσα του κέντρου της κόρης του ματιού και δύο αντανακλάσεων για την μέτρηση της οριζόντιας και κατακόρυφης θέσης του ματιού. Το σύστημα, επίσης, μπορεί να μετρήσει τις κινήσεις των ματιών πάνω από ±45 βαθμούς οριζόντια και πάνω από ±35 βαθμούς κατακόρυφα. Επιπρόσθετα γίνεται εκτίμηση της θέσης των ματιών 120 φορές ανά λεπτό. Η ακρίβεια του συστήματος είναι καλύτερη από ± 0.5 βαθμούς για το κεντρικό οπτικό πεδίο και μειώνεται στον ±1 βαθμό στα όρια.

Σχήμα 6-4: Σύστημα παρακολούθησης των ματιών.

Στη μονάδα κύριας επεξεργασίας οι οριζόντιοι και κατακόρυφοι συντονιστές της θέσης του ματιού μετατρέπονταν σε κινήσεις ενός κέρσορα που ήταν ηλεκτρονικά συνδεδεμένος με μια κάμερα έγχρωμης οθόνης (Elmo & Nagoya, Japan, Model CCY21E). Η κάμερα αυτή έχει ένα μεγάλο οπτικό πεδίο (92.1° (H) *69.1° (V) βαθμούς).

6.3.2.3. Σχεδιασμός και διαδικασία

Ο σχεδιασμός περιελάμβανε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Η σειρά παρουσίασης των συνθηκών του έργου καθορίστηκε δια μέσου των συμμετεχόντων.

Μετά από μια συνοπτική παρουσίαση την διαδικασιών, συμπληρώθηκε η φόρμα συγκατάθεσης. Οι πληροφορίες για τους οδηγούς συλλέχθηκαν με βάση το ιστορικό οδήγησης (χρόνια κατοχής του διπλώματος, στοιχεία ασφάλισης) και τα προσωπικά τους στοιχεία (όνομα, ηλικία, διεύθυνση). Στη συνέχεια, ο συμμετέχων, ο πειραματιστής και ένα βοηθός έρευνας οδηγήθηκαν στην αφετηρία της διαδρομής. Ο κάθε συμμετέχων, για να οικειοποιηθεί της διαδικασίας, φόρεσε το σύστημα παρακολούθησης των ματιών και έκανε μια δοκιμαστική οδήγηση για περίπου 15 λεπτά. Ακολούθησε ένα μικρό διάλειμμα κατά την διάρκεια του οποίου ο οδηγός έβγαλε το σύστημα παρακολούθησης.

Μετά το διάλειμμα, το σύστημα παρακολούθησης των ματιών προσαρμόστηκε πάνω στον οδηγό. Στη διάρκεια της διαδικασίας προσαρμογής , ο συμμετέχων καθοδηγήθηκε να κοιτάζει σε 10 σημεία σε έναν χάρτη που ήταν τοποθετημένος 60 εκατοστά μακριά του. Μετά το πέρας της προηγούμενης διαδικασίας , ζητήθηκε από τον οδηγό να κοιτάξει σε τρία σημεία έξω από το όχημα (περίπου 5 μέτρα από τα μάτια του) για να γίνει η ευθυγράμμιση της κάμερας. Κατά την ευθυγράμμιση αυτή ο κέρσορας της θέσης

του ματιού ρυθμίστηκε να συμπίπτει με την θέση του ρυθμισμένου σημείου στην κάμερα.

Ο κύκλος του πειράματος ήταν σε μια έκταση 4 χιλιομέτρων ενός πολυάσχολου δρόμου πόλης 4 λωρίδων στον οποίο οι συμμετέχοντες οδηγούσαν βόρια και νότια για συνολικά 8 χιλιόμετρα για κάθε συνθήκη. Το όριο ταχύτητας είχε καθοριστεί στα 50 km/h. Ο κάθε οδηγός συμπλήρωνε τρεις κύκλους οδήγησης, ο καθένας από τους οποίους γινόταν κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες: εύκολη προσθήκη, δύσκολη προσθήκη και καμία προσθήκη. Ο βοηθός της έρευνας που βρίσκονταν σε μια κινούμενη θέση συνομιλούσε με τον οδηγό χρησιμοποιώντας το κινητό τηλέφωνο, τον ρωτούσε πρόσθετες ερωτήσεις και κατέγραφε τις απαντήσεις. Μετά από κάθε γύρο πραγματοποιούνταν ένα μικρό διάλειμμα των 5-10 λεπτών στη διάρκεια του οποίου το σύστημα παρακολούθησης απομακρύνονταν. Ταυτόχρονα στη διάρκεια του διαλείμματος οι οδηγοί ξεκουράζονταν και συμπλήρωναν μια τροποποιημένη λίστα από ερωτήσεις για την ασφάλεια και την απόσπαση ή όχι της προσοχής τους. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τις οδηγήσεις του κάθε συμμετέχοντα.

Στην τελική φάση του πειράματος ο κάθε οδηγός έδινε μια συνέντευξη στην οποία καταγράφονταν οι απόψεις του για την ασφάλεια αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο επηρέασαν ή όχι την οδήγηση του τα διάφορα συστήματα που είχαν τοποθετηθεί μέσα στο όχημα του.

6.3.2.3.1. Διαδικασία μείωσης των δεδομένων του συστήματος παρακολούθησης των ματιών

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την βιντεοσκόπηση αναλύθηκαν από ένα πρόγραμμα αυτοματοποιημένης ανάλυσης (FAST, EL-MAR Inc). Το σύστημα της αυτοματοποιημένης ανάλυσης προάγει δύο ροές στατιστικών δεδομένων. Η πρώτη ροή σχετίζεται με τις κινήσεις των ματιών και την δυναμική της κόρης του ματιού, ενώ η δεύτερη έχει σχέση με την συμπεριφορά των συμμετεχόντων σε διάφορα αντικείμενα στο οπτικό τους πεδίο. Για τον κάθε συμμετέχοντα οι πληροφορίες για την οδήγηση σε κάθε συνθήκη διαχωρίστηκαν σε τμήματα, ώστε να μην περιλαμβάνονται τα διαλείμματα που γίνονταν. Το καθένα από τα παραπάνω χρονικά διαστήματα άρχιζε 5 δευτερόλεπτα μετά την εκκίνηση του οχήματος και τελείωνε 5 δευτερόλεπτα μετά το ακινητοποίηση του οχήματος.

Για να καθοριστούν τα στοιχεία που διαμορφώθηκαν από τους συμμετέχοντες στην οπτική οθόνη, το σύστημα αυτοματοποιημένης ανάλυσης υπολογίζει την αλληλεπίδραση του σημαδιού φωτός με την παρατηρούμενη οθόνη. Για την διευκόλυνση αυτής της ανάλυσης τοποθετήθηκαν τρεις στόχοι μέσα στο όχημα με σκοπό να αυξηθεί η πιθανότητα να εμφανιστούν τουλάχιστον δυο στόχοι για τις αναμενόμενες κινήσεις του κεφαλιού του οδηγού δια μέσου της οθόνης της κάμερας σε κάθε βίντεο.

Η ανάλυση της διαδικασίας αρχίζει με την αναγνώριση των σημείων αναφοράς σε ένα μεμονωμένο πλαίσιο του βίντεο. Χρησιμοποιώντας τους στόχους αναφοράς σαν σημεία ανταπόκρισης, το πρόγραμμα αυτοματοποιημένης ανάλυσης υπολογίζει την από σημείο σε σημείο χαρτογράφηση ανάμεσα σε οποιοδήποτε πλαίσιο του βίντεο με ένα αρχικό. Κάνοντας χρήση των υπολογισμένων ορίων των αντικειμένων ενδιαφέροντος και των πληροφοριών που προέρχονται από το σύστημα παρακολούθησης των ματιών, το σύστημα υπολογίζει στατιστικά στοιχεία για όλα εκείνα τα αντικείμενα που χρήζουν μελέτης. Ως χρόνος ρύθμισης ενός συγκεκριμένου αντικειμένου θεωρείται ο συνολικός χρόνος που ξοδεύτηκε ανάμεσα στα όρια του αντικειμένου. Κάνοντας χρήση των υπολογισμένων ορίων των αντικειμένων ενδιαφέροντος και των πληροφοριών που προέρχονται από το σύστημα παρακολούθησης των ματιών, το σύστημα υπολογίζει στατιστικά στοιχεία για όλα εκείνα τα αντικείμενα που χρήζουν μελέτης.

6.3.3. Αποτελέσματα

Για την καλύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος, συλλέχθηκαν τρεις κατηγορίες εξαρτημένων μετρήσεων: η οπτική συμπεριφορά, ο έλεγχος του οχήματος και οι παθητικές εκτιμήσεις των οδηγών για την ασφάλεια και την απόσπαση της προσοχής τους.

6.3.3.1. Ανάλυση της οπτικής συμπεριφοράς των οδηγών

Καθώς οι συμμετέχοντες οδηγούσαν, πραγματοποιήθηκαν διάφοροι τύποι ανάλυσης της συμπεριφοράς τους. Αρχικά, έγιναν συγκρίσεις για τις γρήγορες κινήσεις των ματιών τους κάτω από τις διάφορες συνθήκες οδήγησης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για το ποσοστό του χρόνου που ξόδευαν οι οδηγοί κοιτώντας την περιοχή κατευθείαν μπροστά τους , αλλά και στη δεξιά και αριστερή περιοχή, καθώς επίσης και για το ποσοστό του χρόνου που ασχολούνταν οι οδηγοί για να κοιτάζουν σε συγκεκριμένες περιοχές (π.χ. καθρέπτες). Τέλος, για να προάγουν οι μελετητές έναν λεπτομερή χαρακτηρισμό των αλλαγών στην οπτική συμπεριφορά των οδηγών που ήταν αποτέλεσμα της αυξημένης αντιληπτικής ζήτησης, κατασκευάστηκαν υποθέσεις πυκνότητας για να περιγραφεί ο συνολικός χρόνος που ξόδεψαν οι οδηγοί στις περιοχές που βρίσκονταν μπροστά τους.

6.3.3.2. Ανάλυση των γρήγορων κινήσεων των ματιών

Οι γρήγορες διερευνητικές κινήσεις των ματιών των οδηγών γίνονται για την διευκόλυνση της εξερεύνησης του οπτικού τους πεδίου. Έγιναν συγκρίσεις του κύριου αριθμού αυτών των κινήσεων για κάθε διάλειμμα 5 δευτερολέπτων που πραγματοποιούσαν οι οδηγοί σε διαφορετικές συνθήκες οδήγησης.

Στη διάρκεια της διαδικασίας με το κινητό τηλέφωνο οι διερευνητικές κινήσεις των ματιών των συμμετεχόντων ήταν λιγότερες. Μάλιστα στη διάρκεια της δύσκολης επιπρόσθετης συνθήκης οι συγκεκριμένες κινήσεις των ματιών ήταν σημαντικά λιγότερες.

6.3.3.3. Ποσοστό του χρόνου που ξοδεύτηκε από τους οδηγούς να κοιτούν στο κέντρο και στην περιφέρεια της περιοχής μπροστινής όψης

Η προηγούμενη έρευνα (Miura, 1990, Janelle, Singer & Williams, 1999) έχει δείξει ότι καθώς η διαδικασία του πειράματος εξελίσσεται, οι οδηγοί έχουν την τάση να ξοδεύουν περισσότερο χρόνο κοιτώντας μπροστά παρά περιφερειακά της περιοχής που κινούνται. Στην παρούσα μελέτη έγινε μια εξέταση των αλλαγών που μπορεί να συμβαίνουν όταν οι οδηγοί αποσπούν την προσοχή τους όταν οδηγούν. Το σχήμα 6-5 παρουσιάζει ένα παράδειγμα της συμπεριφοράς των οδηγών στη μπροστινή όψη και απεικονίζονται οι περιοχές ενδιαφέροντος. Η κεντρική περιοχή (κεντρικά 15°) αντιπροσωπεύει την περιοχή που είναι ακριβώς μπροστά από το όχημα στην ίδια λωρίδα κυκλοφορίας. Η αριστερή και η δεξιά περιοχή είναι αυτές που επεκτείνονται προς τα δεξιά και αριστερά από το κέντρο κατά 50° . Καθώς οι συμμετέχοντες οδηγούν κυρίως στο αριστερό τμήμα των λωρίδων, η περιοχή στα αριστερά αντιπροσωπεύει την επερχόμενη κυκλοφορία σε μεγάλο βαθμό. Η δεξιά πλευρά αντιπροσωπεύει την λωρίδα στα δεξιά που οδηγούσαν οι συμμετέχοντες.

Σχήμα 6-5: Φωτογραφία της οδήγησης σε μπροστινή όψη και σε περιοχές δεξιά και αριστερά.

Ο πίνακας 6-1 δείχνει τα κύρια ποσοστά του χρόνου οδήγησης που ξόδεψαν οι οδηγοί κοιτώντας ακριβώς μπροστά, αλλά και στη δεξιά ή αριστερή περιοχή καθώς οδηγούσαν και εκτελούσαν τις αποστολές του πειράματος. Αυτά τα ποσοστά βασίζονται στο χρόνο που ξοδεύτηκε να κοιτάζουν οι συμμετέχοντες στην περιοχή ενδιαφέροντος και είναι διαχωρισμένος από το συνολικό χρόνο που ήταν διαθέσιμες οι πληροφορίες από το σύστημα. (τα ποσοστά δεν αθροίζονται στο 100 καθώς δεν περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές)

Πίνακας 6-1 : Ποσοστό του χρόνου που κοιτούν οι οδηγοί στην κεντρική και τις περιφερειακές περιοχές.

	ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	ΚΕΝΤΡΙΚΑ 15°	ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ
ΚΑΜΙΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	0.73	78.63	2.09
ΕΥΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	0.65	80.84	2.19
ΔΥΣΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	0.55	82.68	1.56

Τα δεδομένα για την κεντρική περιοχή των 15° έδειξαν ότι οι οδηγοί ξοδεύουν περισσότερο χρόνο στο να κοιτούν κατευθείαν μπροστά τους, καθώς μάλιστα αυξανόταν οι απαιτήσεις της αποστολής που είχαν αναλάβει. Η εξέταση της ατομικής εκτέλεσης του πειράματος από τους οδηγούς φανέρωσε ότι αυτή η αύξηση κυμαινόταν από 13% έως 38% για τους 6 από τους 21 οδηγούς , σε στοιχεία που βασίστηκαν στην ποσοστιαία αύξηση που ήταν σχετική με συνθήκη της δύσκολης αποστολής. Αυτό που ήταν προφανές από την ανάλυση ήταν ότι η μετάβαση από την κατάσταση της καμίας αποστολής σ' αυτήν της δύσκολης , είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου που ξοδεύτηκε από τους συμμετέχοντες στο να κοιτούν απευθείας στην κεντρική πλευρά της μπροστινής τους όψης.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε όσον αφορά τον χρόνο που ξόδεψαν οι συμμετέχοντες κοιτώντας στην αριστερή περιφερειακή πλευρά, φανέρωσε μια αριθμητική μείωση του ποσοστού του χρόνου σε αυτές τις περιοχές σαν συνέπεια της δυσκολίας της αποστολής, χωρίς όμως κάποια από τις συγκρίσεις να προσεγγίζει την σπουδαιότητα.

Από την άλλη, στη δεξιά περιφερειακή πλευρά, οι οδηγοί ξόδευαν λιγότερο χρόνο στο να κοιτούν προς τα δεξιά όσο η αποστολή γινόταν πιο απαιτητική. Οι αντίστοιχες συγκρίσεις αποκάλυψαν πως οι συμμετέχοντες σπαταλούσαν λιγότερο χρόνο κοιτώντας προς την δεξιά περιφερειακή πλευρά στην κατάσταση της δύσκολης αποστολής σε σύγκριση με την εύκολη ή εκεί που δεν είχαν κάποια αποστολή. Όταν

εξετάσθηκε ατομικά η συμπεριφορά του κάθε οδηγού, αποδείχτηκε ότι οι 14 από τους 21 οδηγούς παρουσίασαν μια μείωση του συνολικού χρόνου που ξόδευαν στη δεξιά πλευρά.

Περιληπτικά, οι οδηγοί που συμμετείχαν στο συγκεκριμένο πείραμα σπατάλησαν περισσότερο χρόνο στο να κοιτούν κατευθείαν μπροστά τους όταν εκτελούσαν δύσκολες αποστολές. Σε αντίθεση, ξόδευαν λιγότερο χρόνο κοιτώντας στην περιφέρεια, αλλά αυτό το αποτέλεσμα ήταν ασύμμετρο και παρατηρήθηκε μόνο στα δεξιά. Η έλλειψη της διαφοράς για την περιοχή στα αριστερά μπορεί να οφείλεται στο σχετικά μικρό ποσοστό του χρόνου που ξοδευόταν σε αυτήν την περιοχή ακόμη και όταν δεν ήταν ενεργή κάποια αποστολή. Η περιοχή στα αριστερά αντιπροσώπευε ένα σχετικά λιγότερο απαιτητικό περιβάλλον σε σχέση με την περιοχή στο δεξιό τμήμα όπου οι οδηγοί έπρεπε να χειριστούν την κυκλοφορία πιο κοντά για πράξεις, όπως η προσπέραση οχημάτων ή αλλαγή λωρίδας.

6.3.3.4. Ποσοστό του χρόνου που ξόδευαν οι οδηγοί κοιτώντας σε καθρέπτες και εργαλεία

Πραγματοποιήθηκαν και αναλύσεις που εξέταζαν το ποσοστό του χρόνου που σπαταλούσαν οι οδηγοί στο να κοιτούν τους καθρέπτες του οχήματος ή και άλλα εργαλεία. Τα δεδομένα στον πίνακα 6-2 αντιπροσωπεύουν το κύριο ποσοστό του χρόνου που ξόδευαν οι συμμετέχοντες στο πείραμα κοιτώντας σε αυτές τις συγκεκριμένες περιοχές καθώς οδηγούσαν σε συνθήκες της καθεμιάς αποστολής. (τα ποσοστά δεν αθροίζονται στο 100 καθώς δεν περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές)

Πίνακας 6-2 : Ποσοστό του χρόνου δαπάνης σε καθρέπτες και εργαλεία.

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ	ΔΕΞΙΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ
ΚΑΜΙΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	1.48	1.56	0.24	0.13
ΕΥΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	1.18	1.36	0.28	0.11
ΔΥΣΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	0.63	0.91	0.18	0.11

Υπήρχε μια γενική τάση από τους οδηγούς να δαπανούν λιγότερο χρόνο κοιτώντας σε αυτές τις περιοχές καθώς η αποστολή τους γινόταν ολοένα και πιο δύσκολη. Οι σχεδιασμένες συγκρίσεις εντόπισαν πράγματι μια σημαντική μείωση στον παραπάνω χρόνο όσο η διαδικασία δυσκόλευε. Αυτές οι διαφορές ήταν σαφείς ανάμεσα στις συνθήκες της δύσκολης αποστολής και της μη ύπαρξης αποστολής τόσο για τα διάφορα εργαλεία όσο και για τον καθρέπτη πραγματικής όψης.

Τόσο για τους αριστερούς όσο και για τους δεξιούς καθρέπτες, υπήρχε η τάση από τους οδηγούς να σπαταλούν λιγότερο χρόνο στο να κοιτούν σε αυτές τις περιοχές, καθώς βέβαια οι αποστολές τους γίνονταν πιο δύσκολες.

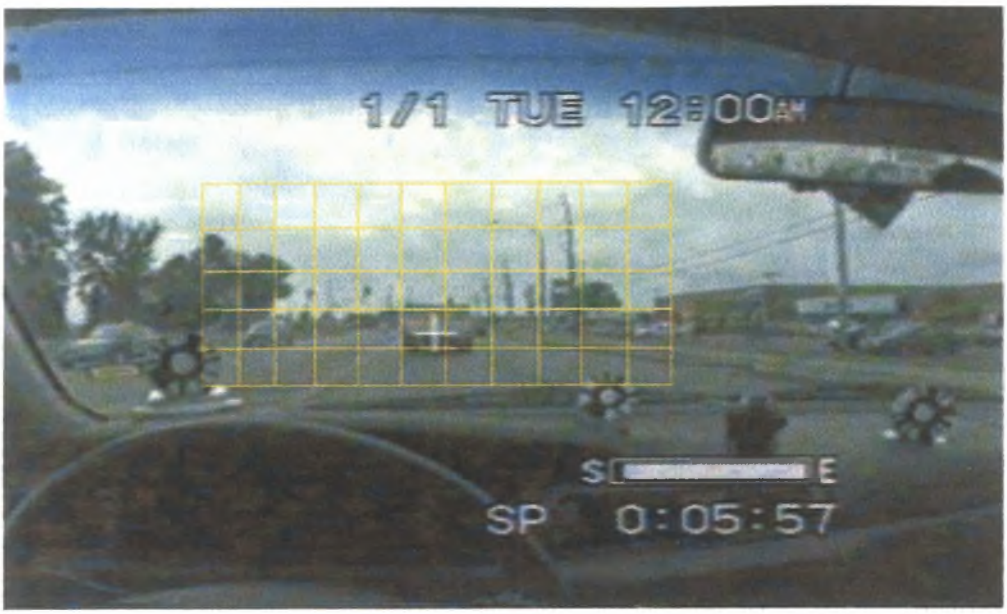
Ο πίνακας 6-3 προάγει πληροφορίες πάνω στον αριθμό των οδηγών που δεν έλεγχαν ειδικές περιοχές καθώς οδηγούσαν υπό ποικίλες συνθήκες. Όλοι οι οδηγοί κοιτούσαν στα εργαλεία και τον καθρέπτη πραγματικής όψης όταν δεν χρειαζόταν να κάνουν επιπρόσθετες ενέργειες κατά την διάρκεια της οδήγησης. Υπήρχε ακόμη μια τάση για κάποιους οδηγούς να εκπληρώνουν τις διάφορες αποστολές παρατηρώντας τα εργαλεία και τους καθρέπτες καθώς αυξανόταν το αντιληπτικό φορτίο.

Πίνακας 6-3 : Αριθμός των οδηγών που δεν κοιτούσαν σε συγκεκριμένες περιοχές.

	ΕΡΓΑΛΕΙΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΟΨΗΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ	ΔΕΞΙΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΗΣ
ΚΑΜΙΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	Όλοι οι οδηγοί	Όλοι οι οδηγοί	2	6
ΕΥΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	1	Όλοι οι οδηγοί	5	9
ΔΥΣΚΟΛΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ	2	2	7	13

6.3.3.5. Ποσοστό του χρόνου που δαπανιόταν σε περιοχές μπροστινής όψης

Με σκοπό να προαχθεί ένας ακόμη πιο λεπτομερής χαρακτηρισμός της συμπεριφοράς των οδηγών όσον αφορά το ατενές τους βλέμμα ως συνάρτηση της αντιληπτικής αποστολής, η μπροστινή όψη (44°) διαχωρίστηκε σε έναν πίνακα από 55 κελιά (11 στο οριζόντιο επίπεδο και 5 στο κατακόρυφο). Ένα παράδειγμα που παρουσιάζει αυτή την μέθοδο που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται στο σχήμα 6-6.



Σχήμα 6-6: Οδήγηση με μπροστινή όψη με επιβεβλημένο πίνακα.

Έγιναν διάφορες συνόψεις για κάθε οδηγό για το ποσοστό του χρόνου που δαπανούσαν σε κάθε κελί κατά την διάρκεια που καλούνταν να αντιμετωπίσουν δύσκολες ή καθόλου αποστολές. Η απόφαση να εξετασθούν μόνο αυτές οι δύο συνθήκες βασίστηκε στο ότι αυτές οι συνθήκες παρουσίασαν την μεγαλύτερη αλλαγή.

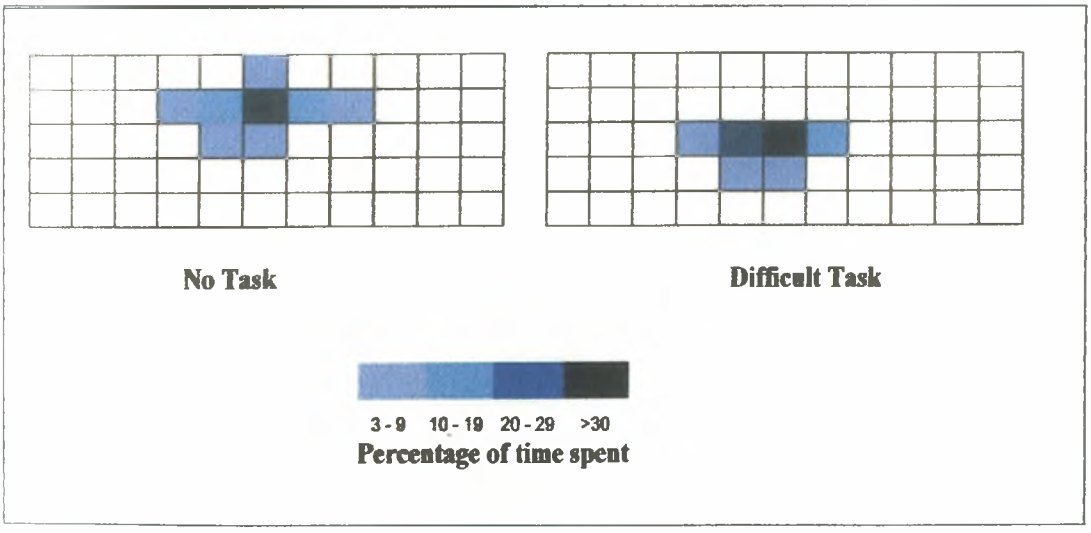
Οι τύποι της αλλαγής στην οπτική συμπεριφορά που εμφανίστηκαν σαν συνάρτηση του αντιληπτικού έργου δεν ήταν ομογενείς. Παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες είχαν την τάση να παρουσιάσουν έναν από τους τρεις τύπους της αλλαγής. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι οδηγοί να διαχωριστούν σε διάφορες ομάδες ανάλογα με τον τύπο της αλλαγής που εμφάνισαν στην οπτική τους συμπεριφορά με βάση το ατενές τους βλέμμα, όταν τα δεδομένα τους από την κατάσταση της δύσκολης αποστολής συγκρίθηκαν με αυτά της έλλειψης κάποιας αποστολής (βάση δεδομένων). Δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες οδηγών : αυτοί που κοιτούσαν κάτω, αυτοί που κοιτούσαν πάνω (ή πάνω και προς τα αριστερά) και αυτοί που είχαν την τάση να κοιτούν προς το κέντρο ή δεν εμφάνισαν κάποιο ειδικό τύπο. Τα δεδομένα για τους συμμετέχοντες που κοιτούσαν προς τα κάτω και αυτούς που κοιτούσαν προς τα πάνω παρουσιάζονται στα σχήματα 8-4 και 8-5 αντίστοιχα. Στις περιοχές όπου οι οδηγοί ξόδευαν παραπάνω από το 3% του χρόνου τους εμφανίζονται έγχρωμα στους παρακάτω πίνακες.

Τα ευρήματα των προηγούμενων ερευνών παρουσίασαν μια πολύπλοκη εικόνα στην ερώτηση για το που κοιτούν τα άτομα καθώς οδηγούν και ποιες είναι οι σημαντικές επιρροές σε αυτήν την συμπεριφορά. Οι Mourant και Rockwell (1972) εξετάζοντας το πλαίσιο οδήγησης ανέφεραν διαφορές ανάμεσα σε έμπειρους και αρχάριους

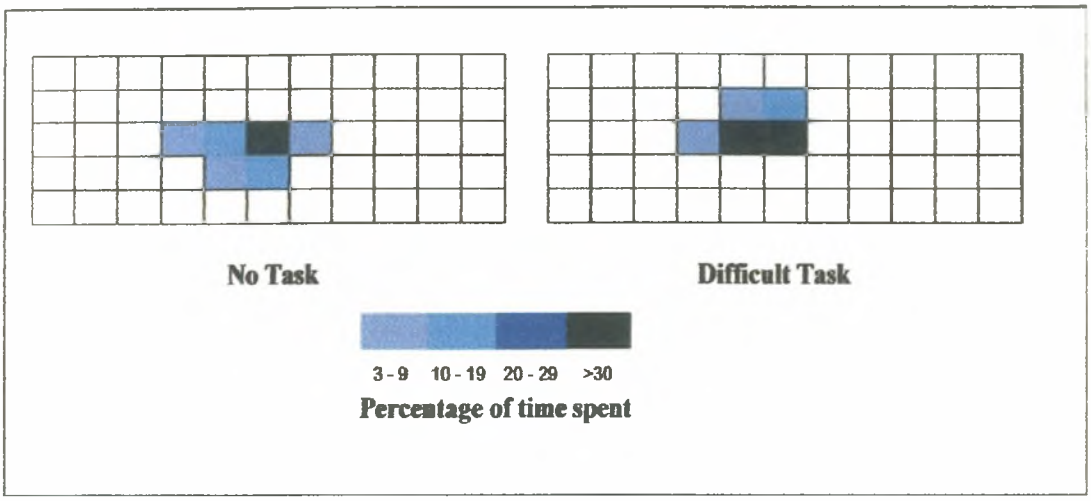
οδηγούς, ειδικά ότι οι αρχάριοι συγκέντρωναν στην προσοχή τους σε μια μικρότερη περιοχή, πιο κοντά στο μπροστινό τμήμα του οχήματος σε σχέση με τους περισσότερο έμπειρους οδηγούς (Mourant & Rockwell, 1972). Από την άλλη, οι Chapman και Underwood (1999) εξακρίβωσαν ακριβώς τα αντίθετα στοιχεία, συγκεκριμένα ότι οι μεγαλύτεροι και πιο έμπειροι οδηγοί γενικά κοιτούσαν χαμηλότερα κάτω (πιο κοντά στο μπροστινό μέρος του οχήματος) και οι αρχάριοι στην πλειοψηφία τους κοιτούσαν μπροστά (Chapman & Underwood, 1999).

Στην παρούσα μελέτη, διάφοροι οδηγοί ανέφεραν ότι προσπαθούσαν να επιλύσουν το δύσκολο επιπρόσθετο πρόβλημα με το να δημιουργούν μια οπτική αναπαράσταση. Ανέφεραν, επίσης, πως στην προσπάθεια τους αυτή κοιτούσαν προς τα πάνω και αριστερά.

Συνοπτικά, δύο πράγματα είναι εμφανή από τα τυπικά δεδομένα. Τα πρώτο είναι πως οι οδηγοί αλλάζουν τους τύπους της οπτικής συμπεριφοράς σαν αποτέλεσμα της εκτέλεσης διάφορων απαιτητικών αποστολών κατά την διάρκεια της οδήγησης. Το δεύτερο πράγμα που προκύπτει είναι ότι υπάρχουν εμφανείς ατομικές διαφορές στους τύπους της οπτικής αλλαγής οι οποίες μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της στρατηγικής που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των αποστολών.



Σχήμα 6-7: Παράδειγμα ενός συμμετέχοντα από την ομάδα που κοιτούσε προς τα κάτω για τις συνθήκες χωρίς αποστολή και με δύσκολη αποστολή.



Σχήμα 6-8: Παράδειγμα ενός συμμετέχοντα από την ομάδα που κοιτούσε προς τα πάνω για τις συνθήκες χωρίς αποστολή και με δύσκολη αποστολή.

6.3.4. Μετρήσεις ελέγχου του οχήματος: εκτέλεση φρεναρίσματος

Οι πληροφορίες που προήλθαν από την συνεχόμενη οδήγηση των 8 χιλιομέτρων από τους συμμετέχοντες κωδικοποιήθηκαν για τα αυτόβουλα γεγονότα φρεναρίσματος που αντιπροσώπευαν το απότομο φρενάρισμα. Τα δεδομένα του φρεναρίσματος ήταν διαθέσιμα μόνο για τους 16 από τους 21 συμμετέχοντες εξαιτίας των λαθών του εξοπλισμού Micro-Das. Τα ποσοστά της κατά μήκος επιβράδυνσης μετρήθηκαν με μια συχνότητα των 30Hz.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο ξεχωριστά επίπεδα κριτηρίων για να καθοριστούν τα συμβάντα του απότομου φρεναρίσματος. Η πρώτη ανάλυση θεώρησε κατά μήκος επιβραδύνσεις που υπέρβαιναν τα 0.25g. Η δεύτερη ανάλυση χρησιμοποίησε ένα πιο αυστηρό κριτήριο με επιβραδύνσεις που υπέρβαιναν τα 0.3g. Τα θέματα της κατηγοριοποίησης βασίστηκαν σε προηγούμενες μελέτες που έδειχναν ότι υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης μόνο ένα 10% όλων των επιβραδύνσεων υπερβαίνουν τα 0.25g και λιγότερο από το 3% υπερβαίνουν τα 0.3g (Mortimer, Segel & Dugoff, 1970).

Στην κατηγορία των επιβραδύνσεων που υπέρβαιναν τα 0.25g, υπήρξαν συνολικά 291 γεγονότα φρεναρίσματος. Οι συγκρίσεις που έγιναν έδειξαν ότι υπήρξε ένας σημαντικά μεγαλύτερος αριθμός των γεγονότων φρεναρίσματος που συνέβησαν στη συνθήκη της δύσκολης αποστολής σε σχέση με την συνθήκη χωρίς αποστολή. Οι 12 από τους 16 συμμετέχοντες παρουσίασαν μια αύξηση στον αριθμό των απότομων φρεναρισμάτων,

όταν οδηγούσαν και εκτελούσαν ταυτόχρονα μια αποστολή σε σύγκριση με την περίπτωση που δεν τους απασχολούσε κάποια ιδιαίτερο έργο.

Ο αντίστοιχος αριθμός των απότομων φρεναρισμάτων στην κατηγορία των 0.3g, ήταν 143 γεγονότα. Όπως και στην προηγούμενη ανάλυση η αύξηση του αριθμού των γεγονότων αυτών ήταν ανάλογη της διαδικασίας της αποστολής που προσθετόταν στην οδήγηση. Στη συγκεκριμένη ανάλυση οι 11 από τους 16 συμμετέχοντες παρουσίασαν μια αύξηση στα γεγονότα απότομου φρεναρίσματος όταν εκτελούσαν ταυτόχρονα και επιπρόσθετες εργασίες σε σχέση πάντα με την κατάσταση οδήγησης χωρίς κάποια ιδιαίτερη αποστολή.

6.3.4.1. Σχέση ανάμεσα στην οπτική συμπεριφορά και την εκτέλεση φρεναρίσματος

Οι οπτικές πληροφορίες θεωρούνται ιδιαίτερα αποφασιστικές στην επιλογή των οδηγών για το πότε και πόσο απότομα θα φρενάρουν. Με τα παρόντα δεδομένα έγινε μια προσπάθεια να ερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα όταν εκτελούνται απαιτητικές αποστολές κατά την διάρκεια της οδήγησης.

Εξετάσθηκαν τα δεδομένα για τους 16 συμμετέχοντες για τους οποίους υπήρχαν πληροφορίες τόσο για την κίνηση των ματιών τους όσο και για τα φρεναρίσματα τους. Τα περισσότερα απότομα γεγονότα φρεναρίσματος συνέβαιναν σε εκείνους τους οδηγούς που κοιτούσαν προς τα κάτω και προς τα πάνω στη διάρκεια κάποιου επιπρόσθετου έργου σε σύγκριση με εκείνους που έδειξαν μικρότερη αλλαγή στην οπτική τους συμπεριφορά. Ουσιαστικά, αποδεικνύεται πως οι οδηγοί εκείνοι οι οποίοι εμφανίζουν τις μεγαλύτερες αλλαγές στην οπτική τους συμπεριφορά κατά την διάρκεια εκτέλεσης μιας επιπρόσθετης εργασίας παράλληλα με την οδήγηση, είναι εκείνοι που τείνουν να φρενάρουν απότομα πιο συχνά.

6.4. Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων (Salvucci, 2001)

6.4.1. Το μοντέλο

Το συγκεκριμένο μοντέλο προτείνει μια νέα προσέγγιση στην πρόβλεψη των αποτελεσμάτων της χρήσης των υποδοχών εντός των οχημάτων με την υιοθέτηση μιας αντιληπτικής αρχιτεκτονικής. Μια αντιληπτική αρχιτεκτονική αποτελεί τόσο μια θεωρία της ανθρώπινης γνώσης και εκτέλεσης όσο και έναν σκελετό για την ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων συμπεριφοράς. Οι συγκεκριμένου τύπου αρχιτεκτονικές έχουν αναπτυχθεί ευρέως για να προσομοιώνουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους ανθρώπους και τους υπολογιστές, και γενικότερα την ανθρώπινη συμπεριφορά. Συγκεκριμένα, οι αντιληπτικοί αρχιτέκτονες προάγουν τουλάχιστον δύο προνόμια για τους σκοπούς της συγκεκριμένης προσέγγισης. Πρώτον, ενσωματώνουν παραμέτρους και εξαναγκασμούς που έχουν εξετασθεί με επιτυχία σε αντιληπτικές μεθόδους, ενώ κάθε μοντέλο που αναπτύσσεται με τέτοιο τρόπο εμπεριέχει τις παραπάνω παραμέτρους και τους αντίστοιχους εξαναγκασμούς. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στο μοντέλα αρχιτεκτονικής να δημιουργούν a priori προβλέψεις για την συμπεριφορά και την εκτέλεση - για παράδειγμα ο χρόνος που απαιτείται να βάλουν οι οδηγοί το κλειδί ή η πιθανότητα να ξεχάσουν μια πράξη που έχουν απομνημονεύσει. Δεύτερον, οι αρχιτέκτονες επιτρέπουν τα διάφορα τυπικά μοντέλα να συνεργαστούν με πιο αναπτυγμένα και ολοκληρωμένα μοντέλα.

Η προσέγγιση που γίνεται εκμεταλλεύεται αυτές τις όψεις της αντιληπτικής αρχιτεκτονικής για να προβλέψει τις επιρροές των υποδοχών μέσα στα οχήματα σε σχέση με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην ολοκλήρωση δύο αρχιτεκτονικών μοντέλων τα οποία στο εξής θα καλούνται ως *μοντέλο χρήστη* και *μοντέλο οδηγού* , ενώ η ανάλυση γίνεται με βάση τα **Δυναμικά Μοντέλα MARKOV** (Liu & Salvucci, 2001), τα οποία προσομοιώνουν την συμπεριφορά των οδηγών κάτω από την καθοδήγηση των ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Το μοντέλο χρήστη αντιπροσωπεύει την συμπεριφορά που χρειάζεται για την αλληλεπίδραση με μια υποδοχή μέσα στο όχημα. Οι αντιληπτικές αρχιτεκτονικές προάγουν ένα πλαίσιο αυστηρών υπολογισμών για την διευκόλυνση της ανάλυσης του έργου και την ακρίβεια του μοντέλου χρήστη. Από την άλλη, το μοντέλο οδηγού αντιπροσωπεύει τις αντιληπτικές μεθόδους που απαιτούνται για την οδήγηση. Για τον σκοπό αυτόν, χρησιμοποιείται ένα υπάρχον μοντέλο που αναπτύχθηκε από την ACT-R αρχιτεκτονική (Anderson & Lebiene, 1998) και προσεγγίζει με επιτυχία την συμπεριφορά των οδηγών σε φυσικές συνθήκες. Η αντιληπτική αρχιτεκτονική

επιτρέπει να ληφθούν μαζί τα μοντέλα χρήστη και οδηγού και να συνδυαστούν στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου που εκτελεί ταυτόχρονα και τις δύο αποστολές.

Για την διαμόρφωση της συγκεκριμένης προσέγγισης χρησιμοποιήθηκε μια ιδιαίτερα δημοφιλής υποδοχή οχήματος , το τηλέφωνο κελιού (cell-phone). Αυτού του τύπου τα τηλέφωνα έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή από τους ερευνητές και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης καθώς αφορούν στις πιθανές επιρροές του τηλεφώνου στη συμπεριφορά των οδηγών. Αυτή η προσοχή που έχει δοθεί επίσης περιλαμβάνει και τις διαφορές που εμφανίζονται ανάμεσα στα τυπικά τηλέφωνα και σε εκείνα που δεν απαιτούν την χρήση των χεριών των οδηγών. Στο μοντέλο που περιγράφεται έχει δοθεί προτεραιότητα σε τέσσερις αντιπροσωπευτικές υποδοχές για τηλέφωνα κελιά με «ελεύθερα» χέρια και συγκρίνονται οι επιρροές αυτών στη συμπεριφορά των οδηγών. Συγκεκριμένα, εκτελείται μια ανάλυση που αναπτύσσει το μοντέλο χρήστη για κάθε υποδοχή κλήσης και στη συνέχεια ολοκληρώνονται τα μοντέλα χρήστη με το μοντέλο οδηγού ώστε να πραγματοποιηθούν οι επιθυμητές προβλέψεις. Επιπλέον, η συγκεκριμένη ανάλυση εξετάζει τη διαδικασία κλήσης από το τηλέφωνο και όχι τόσο τον διάλογο που λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια ενός τηλεφωνήματος.

Για να γίνουν ακόμη πιο έγκυρες οι προβλέψεις του ολοκληρωμένου μοντέλου, περιγράφεται επιπλέον μια εμπειρική μελέτη στην οποία οι οδηγοί εκτέλεσαν με ακρίβεια το συγκεκριμένο έργο που δόθηκε στο μοντέλο - ουσιαστικά οδήγηση με τυχαία χρήση του τηλεφώνου κελιού. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα προσομοιωτή πολύπλοκης οδήγησης που περιελάμβανε ένα ολόκληρο αυτοκίνητο με προβολή αληθινής όψης. Τα αποτελέσματα του πειράματος επιβεβαιώνουν διάφορες ποιοτικές και ποσοτικές επιρροές του ολοκληρωμένου μοντέλου.

6.4.2. Δυναμικά Μοντέλα MARKOV

Τα Δυναμικά Μοντέλα Markov προσεγγίζουν την συμπεριφορά των οδηγών θεωρώντας ότι ο οδηγός έχει έναν μεγάλο αριθμό από εσωτερικές αντιληπτικές καταστάσεις, κάθε μια από τις οποίες σχετίζεται με τον έλεγχο της συμπεριφοράς και την μετάβαση των πιθανοτήτων (Pentland & Liu, 1999). Οι καταστάσεις του μοντέλου μπορούν να ιεραρχηθούν με τέτοιο τρόπο που να περιγράφουν τόσο τις συμπεριφορές μικρής διάρκειας, όπως την προσπέραση ή την στροφή, όσο και τις πράξεις μεγαλύτερης διάρκειας, δηλαδή την διατήρηση κίνησης σε μια λωρίδα.

Για να επιτευχθεί μια τέτοια προσέγγιση, πρέπει να γίνουν παρατηρήσεις στην κατάσταση του οδηγού και να γίνει ανταπόκριση στο μοντέλο. Όμως, επειδή οι εσωτερικές πράξεις του οδηγού δεν είναι προφανείς, επιβάλλεται να γίνει χρήση μιας έμμεσης εκτίμησης της κατάστασης από την παρατηρούμενη συμπεριφορά (δηλαδή του συστήματος διεύθυνσης ή φρεναρίσματος την ώρα της οδήγησης). Για τον λόγο

αυτόν χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι των απόκρυφων μοντέλων Markov (HMMs) για να πραγματοποιηθεί η ζητούμενη εκτίμηση. Τα παραδοσιακά HMMs που μεταχειρίστηκαν για την ανάπτυξη στοιχείων της ανθρώπινης συμπεριφοράς όπως ο λόγος (Rabiner & Juang, 1986) και οι χειρονομίες (Pentland, 1996) , δεν περιέχουν παράγοντες, όπως η ευαισθησία και η συνέχεια στο στατιστικό τους σκελετό. Το πλαίσιο της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε μικρή κλίμακα χρειάζεται να περιγραφεί από μια σειρά δυναμικών μοντέλων που συνδέονται αρμονικά στην αλυσίδα του Markov. Διαφορετικά από μια προσέγγιση ενός πολύπλευρου δυναμικού μοντέλου στο οποίο οι καταστάσεις έχουν μια ρυθμισμένη πιθανότητα σε κάθε βήμα, η πιθανότητα της κάθε θέσης στο δυναμικό μοντέλο του Markov προκύπτει με την εκτίμηση της εσωτερικής κατάστασης ροής που λαμβάνει υπόψη τις πιθανότητες μετάβασης.

Συνοπτικά, τα Δυναμικά Μοντέλα MARKOV περιγράφουν πώς μια σειρά από δυναμικές μεθόδους πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να γενικεύσει μια παρατηρούμενη συμπεριφορά από το να περιγράψει καθαυτό το σήμα.

Καθώς η ανθρώπινη συμπεριφορά συχνά μεταβάλλεται με το πέρασμα των χρόνων εξαιτίας της μεγαλύτερης εμπειρίας ή και της επίδρασης της ηλικίας, το κάθε μοντέλο οδηγού οφείλει να είναι ικανό να μαθαίνει ή να υιοθετεί αυτές τις αλλαγές. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι η συμπεριφορά αλλάζει καθώς οι οδηγοί αποκτούν μεγαλύτερη εμπειρία. Γι' αυτό, άλλωστε, είναι απαραίτητο τα Δυναμικά Μοντέλα MARKOV να μπορούν να αντιδρούν σε αυτές ακριβώς τις αλλαγές που συμβαίνουν με το πέρας των χρόνων. Αυτό θα μπορούσε θεωρητικά να είναι μια απλή διαδικασία καθώς κάθε ταξινόμηση μιας νέας συμπεριφοράς είναι δυνατόν να χρησιμεύσει ως επιπρόσθετο στοιχείο για να αναθεωρηθούν ή ξαναεκτιμηθούν οι παράμετροι του μοντέλου. Από την άλλη, τα συγκεκριμένα μοντέλα πρέπει να είναι ικανά να συνδέουν τις αλλαγές που παρατηρούνται στη συμπεριφορά των οδηγών, δεδομένου όμως ότι οι αλλαγές πραγματοποιούνται με αργούς ρυθμούς.

6.4.3. Εξεταζόμενες υποδοχές των τηλεφώνων-κελιών

Περιγράφονται οι υποδοχές των τηλεφώνων-κελιών, συγκρίνονται με το ολοκληρωμένο μοντέλο και φυσικά εξετάζονται στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε. Ενώ οι περισσότερες από τις προηγούμενες μελέτες στο θέμα των τηλεφώνων-κελιών (Alm & Nilsson, 1994, Brookhuis, De Vries & De Waard, 1991, McKnight, 1993) έδωσαν έμφαση στις επιρροές της συνομιλίας, κάποιες άλλες έδωσαν σημασία στη διαδικασία της κλήσης. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες ερεύνησαν μόνο έναν τύπο της υποδοχής, ουσιαστικά την κλήση από ένα τυπικό τηλεφωνικό πληκτρολόγιο (Alm & Nilsson, 1994, McKnight, 1993, Reed & Green ,1999). Ωστόσο, όλες αυτές οι έρευνες δεν εμβάθυναν σε πολλές οπτικές των υποδοχών κλήσης ούτε σύγκριναν την επιρροή της βάσης δεδομένων στις υποδοχές σε σχέση με την οδήγηση.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε βασίσθηκε στη σύγκριση τεσσάρων υποδοχών τηλεφώνων-κελιών τα οποία αντιπροσωπεύουν διάφορες εναλλακτικές με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Και οι τέσσερις υποδοχές αποτελούνται από ένα τηλέφωνο-κελί με «ελεύθερα» χέρια το οποίο ήταν τοποθετημένο πάνω ή δίπλα από το ταμπλό του οχήματος με εύκολη πρόσβαση σε αυτό από τον οδηγό. Η επιτυχής θέση τοποθέτησης του τηλεφώνου είχε ήδη εξετασθεί σε προηγούμενη σχετική έρευνα (Serafim, Wen, Paelke & Green, 1993), η οποία έδειξε επίσης ότι η ακριβής θέση του τηλεφώνου δεν παίζει σε τελική ανάλυση τόσο μεγάλο ρόλο στη συμπεριφορά της οδήγησης. Οι υποδοχές επιπλέον θεωρούν ότι το τηλέφωνο έχει το πληκτρολόγιο που φαίνεται στον πίνακα 6-4 και περιλαμβάνει δύο κύρια κουμπιά: αυτό στο αναγράφεται η λέξη ***power*** το οποίο ενεργοποιεί το τηλέφωνο και αυτό το κουμπί στο οποίο αναγράφεται η λέξη ***send*** το οποίο εισάγει την σύνδεση για χειρωνακτική κλήση.

Πίνακας 6-4 : Υποδοχή με το πληκτρολόγιο κλήσης.

1	2	3
4	5	6
7	8	9
power	0	send

Με χρήση του αναφερόμενου τηλεφώνου με ελεύθερα χέρια, σχεδιάσθηκαν τέσσερις υποδοχές με τις ακόλουθες διαδικασίες για την κλήση σε ένα άτομο:

- Πλήρως χειρωνακτική υποδοχή: πιέστε ***power***, πληκτρολογήστε τον πλήρη αριθμό του συνομιλητή σας, και πιέστε ***send***.
- Υποδοχή γρήγορης κλήσης: πιέστε ***power***, πληκτρολογήστε το νούμερο του συνομιλητή σας που είναι αποθηκευμένο με ένα μονό αριθμό, και πιέστε ***send***.
- Υποδοχή πλήρους φωνής: πιέστε ***power***, πείτε τον πλήρη αριθμό τηλεφώνου του συνομιλητή σας, επιβεβαιώστε την αναγνώριση του νούμερου καθώς επαναλαμβάνεται από το τηλέφωνο, και επικυρώστε την σύνδεση καθώς ακούγεται από το τηλέφωνο.
- Υποδοχή ταχύτατης φωνής: πιέστε ***power***, πείτε το νούμερο του συνομιλητή σας, επιβεβαιώστε την αναγνώριση του ονόματος που επαναλαμβάνεται από το τηλέφωνο, και επικυρώστε την σύνδεση καθώς ακούγεται από το τηλέφωνο.

Από την άλλη, οι τέσσερις υποδοχές διαχωρίζονται σύμφωνα με δύο παράγοντες: πλήρης αριθμός ενάντια στην ταχεία κλήση, ανάλογα με το αν εισέρχεται ο πλήρης αριθμός του τηλεφώνου ή ένας πιο σύντομος κωδικός, και χειρωνακτική ενάντια στην κλήση φωνής, ανάλογα με αν η κλήση ενεργοποιείται με τη φωνή ή με την πληκτρολόγηση. Όλες οι υποδοχές απαιτούν μια αρχική ενεργοποίηση του τηλεφώνου

που γίνεται με την πληκτρολόγηση του κουμπιού ***power***. Οι χειρωνακτικές υποδοχές απαιτούν ότι ο χρήστης πιέζει το κουμπί ***send*** για την αρχική σύνδεση. Από την άλλη, οι υποδοχές που χρησιμοποιούν εντολές με την φωνή απαιτούν ότι ο χρήστης ενεργοποιεί την αναγνώριση φωνής και σύνδεσης με το να ακούει το τηλέφωνο να επαναλαμβάνει το επιθυμητό νούμερο ή όνομα και λέγοντας «συνδέομαι». Ο πίνακας 6-5 παρουσιάζει την ακολουθία των εντολών για κάθε υποδοχή με το παράδειγμα το οποίο περιλαμβάνει την κλήση στο «σπίτι» στο νούμερο 5554283 θεωρώντας ως νούμερο ταχείας κλήσης το 2.

Πίνακας 6-5 : Ακολουθία εντολών σε κάθε υποδοχή για την διαδικασία κλήσης στο «σπίτι» στο νούμερο 5554283.

ΠΛΗΡΩΣ -ΧΕΙΡΩΝΑΚΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ ΠΙΕΣΤΕ: ***POWER*** ΠΙΕΣΤΕ: **5,5,5,4,2,8,3** ΠΙΕΣΤΕ: ***SEND***	**ΠΛΗΡΗΣ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ** ΠΙΕΣΤΕ: ***POWER*** ΠΕΙΤΕ: **5,5,5,4,2,8,3** ΑΚΟΥΣΤΕ: **5,5,5,4,2,8,3** ΑΚΟΥΣΤΕ: **«ΣΥΝΔΕΣΤΕ»**
ΤΑΧΕΙΑ- ΧΕΙΡΩΝΑΚΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ ΠΙΕΣΤΕ: ***POWER*** ΠΙΕΣΤΕ: **2 (ΤΑΧΕΙΑ ΚΛΗΣΗ)** ΠΙΕΣΤΕ: ***SEND***	**ΤΑΧΕΙΑ - ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ** ΠΙΕΣΤΕ: ***POWER*** ΠΕΙΤΕ: **«ΣΠΙΤΙ»** ΑΚΟΥΣΤΕ: **«ΣΠΙΤΙ»** ΑΚΟΥΣΤΕ: **«ΣΥΝΔΕΕΣΤΕ»**

Είναι σημαντικό να σημειωθούν οι διαφορές ανάμεσα σε αυτές τις υποδοχές με βάση τις απαιτήσεις των οδηγών. Οι δύο υποδοχές που περιλαμβάνουν την ταχεία κλήση απαιτούν λιγότερο χρόνο από ότι οι άλλες δύο. Σύμφωνα με τις τυπικές μετρήσεις που έγιναν κατά την εκτέλεση των συγκεκριμένων υποδοχών, υπάρχει η τάση για εξιδανίκευση των δύο συστημάτων ταχείας κλήσης. Όμως, δεν είναι πλήρως προφανές αν τα λίγα παραπάνω δευτερόλεπτα που χρειάζονται για την εκτέλεση των υποδοχών με πλήρη κλήση, θα αποσπούσαν τους οδηγούς πολύ περισσότερο από τα συστήματα με ταχεία κλήση, εφόσον οι οδηγοί είναι επιμελώς προσεκτικοί στο δρόμο που κινούνται. Επιπρόσθετα, οι χειρωνακτικές υποδοχές απαιτούν μεγαλύτερη διαδικασία από τους οδηγούς, καθώς και οπτική προσοχή, ενώ τα φωνητικά συστήματα απαιτούν την ομιλία των οδηγών.

6.4.4. Το ολοκληρωμένο μοντέλο

Ο σκοπός της μελέτης πάνω στις τέσσερις υποδοχές είναι να γίνουν a priori προβλέψεις για την συμπεριφορά των οδηγών και να γίνει σύγκριση σε σχέση με την χρησιμότητα τους στη διάρκεια της οδήγησης. Μια αποδεδειγμένη μέθοδος στην δημιουργία τέτοιων προβλέψεων για το ταμπλό του οχήματος και άλλων υποδοχών είναι η αντιληπτική μοντελοποίηση. Για παράδειγμα οι Gray, John και Atwood (1993)

μοντελοποίησαν την συμπεριφορά οδήγησης σε ένα έργο με χρήση τηλεφώνου χρησιμοποιώντας το πλαίσιο GOMS (Card, Moran & Newell, 1983) και οι Kieras, Wood και Meyer (1997) από την άλλη μοντελοποίησαν το ίδιο έργο με το πλαίσιο EPIC . Όμως, τέτοια μοντέλα για τις υποδοχές κλήσης έχουν περιορισμένη χρησιμότητα: δηλαδή, ενώ θα μπορούσαν να προβλέψουν την συμπεριφορά του χρήστη από μόνη της, δεν θα μπορούσαν να προβλέψουν τις αλληλεπιδράσεις αυτής της συμπεριφοράς με το πρωταρχικό έργο οδήγησης. Με λίγα λόγια, στην παρούσα μελέτη προάγεται ένα μοντέλο που ολοκληρώνει την συμπεριφορά στη διαδικασία κλήσης με την συμπεριφορά στη διαδικασία οδήγησης και προβλέπει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις δύο αυτές διαδικασίες.

Αυτή η ενότητα περιγράφει πώς ένα υπάρχον μοντέλο της συμπεριφοράς οδήγησης μπορεί να ολοκληρωθεί με μοντέλα της συμπεριφοράς κλήσης, ώστε να γεννηθούν οι επιθυμητές προβλέψεις. Το μοντέλο οδήγησης εφαρμόστηκε στην ACT-R αρχιτεκτονική με κάποιες επεκτάσεις. Η ACT-R αρχιτεκτονική έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την μοντελοποίηση της συμπεριφοράς σε επίπεδα που κυμαίνονται από την αριθμητική αναλογία στην επιστημονική ανακάλυψη. Η αρχιτεκτονική προάγει πολλούς μηχανισμούς που υπολογίζουν την μεμονωμένη ποικιλία και μάθηση, αλλά και την αλληλεπίδραση των οδηγών με το εξωτερικό περιβάλλον.

6.4.4.1. Μοντέλα χρήστη

Η αρχή της περιγραφής θα γίνει με την παρουσίαση των μοντέλων χρήσης αρχιτεκτονικής ACT-R καθεμία από τις τέσσερις υποδοχές. Η προσέγγιση στη δημιουργία αυτών των μοντέλων προάγει μια άμεση ανάλυση για την αντιμετώπιση των αντιληπτικών μεθόδων που είναι απαραίτητες για την χρήση των υποδοχών. Οι περιγραφές των διαδικασιών της κλήσης για κάθε υποδοχή, όπως φαίνονται στον πίνακα 6-5, προάγουν τον βασικό σκελετό για τα μοντέλα.

Διευρύνοντας τις βασικές διαδικασίες με τις απαραίτητες αντιληπτικές μεθόδους, ο πίνακας 6-6 περιγράφει τα μοντέλα για κάθε υποδοχή κλήσης. Η κάθε γραμμή στον πίνακα αντιπροσωπεύει έναν ξεχωριστό κανόνα της αρχιτεκτονικής ACT-R που παριστάνει την συγκεκριμένη πράξη. Τα μοντέλα εκμεταλλεύονται μια συγκροτημένη αναπαράσταση ενός αριθμού τηλεφώνου σαν τρία τεμάχια – ουσιαστικά, θέσεις ψηφίων 1-2-3, 4-5 και 6-7 – καθώς αυτά τα τεμάχια των ψηφίων εξέρχονται μαζί. Τα μοντέλα θεωρούν πως η οπτική προσοχή των οδηγών επικεντρώνεται στο τηλέφωνο-κελί πριν προβούν σε κάποια δακτυλογράφηση. Επίσης, θεωρούν ότι το δεξί χέρι μετακινείται προς το τηλέφωνο πριν την πληκτρολόγηση και επανέρχεται στην θέση του στο σύστημα διεύθυνσης όταν έχει πλέον τελειώσει η πληκτρολόγηση.

Μια ενδιαφέρουσα άποψη του μοντέλου είναι ο χρόνος μεταβίβασης του ελέγχου. Οι ερευνητές της συγκεκριμένης ανάλυσης θεωρούν ότι το μοντέλο χρήστη μεταβιβάζει

ενεργά τον έλεγχο παρά τον διακόπτει. Συλλέχτηκαν, επίσης, συγκεκριμένες συνήθειες οι οποίες φαίνονται στον πίνακα σημειωμένες με το (*). Πρόκειται για συνήθειες οι οποίες αφού εκτελεστούν απαιτούν κάποια περίοδο χρόνου ώστε να εκτελεστούν οι επόμενες. Αυτή η στρατηγική επιτρέπει στο μοντέλο οδήγησης να ανανεωθεί κατά την διάρκεια εκείνου του χρόνου που το μοντέλο χρήστη βρίσκεται σε αναμονή.

Πρέπει ακόμη να σημειωθούν δύο εργαλεία για το μελετούμενο μοντέλο. Πρώτον, η αρχιτεκτονική ACT-R έχει μηχανισμούς για την πληκτρολόγηση σε ένα τυπικό πληκτρολόγιο υπολογιστή και όχι σε ένα πληκτρολόγιο κινητού. Όμως, επειδή το πληκτρολόγιο κινητού είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο που έχει πάνω του νούμερα, γίνεται προσομοίωση της πληκτρολόγησης σε τηλέφωνο σαν την δακτυλογράφηση σε πληκτρολόγιο με νούμερα. Δεύτερον, θεωρείται ότι οι υποδοχές κλήσης με φωνή επαναλαμβάνουν τα ειπωμένα νούμερα ή ονόματα σε ένα εύρος των 300 ms ανά αντικείμενο.

Πίνακας 6-6 : Περίγραμμα της υποδοχής κλήσεων των μοντέλων χρήστη. Το σημάδι (*) δείχνει σε ποια σημεία το μοντέλο χρήστη περνάει τον έλεγχο στο μοντέλο οδηγού.

ΠΛΗΡΩΣ - ΧΕΙΡΩΝΑΚΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ	ΠΛΗΡΗΣ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΣ
ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΚΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΠΙΕΣΤΕ *POWER* ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΝΟΥΜΕΡΩΝ ΠΙΕΣΤΕ ΨΗΦΙΟ *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ)* ΠΙΕΣΤΕ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΨΗΦΙΟ (*) *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΟΜΑΔΑ)* ΠΙΕΣΤΕ *SEND* (*) ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΙΜΟΝΙ (*)	ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΚΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΠΙΕΣΤΕ *POWER* ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΙΜΟΝΙ (*) ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΝΟΥΜΕΡΩΝ ΠΕΙΤΕ ΨΗΦΙΟ (*) *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ)* ΠΕΙΤΕ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΨΗΦΙΟ (*) *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΟΜΑΔΑ)* ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΝΟΥΜΕΡΩΝ ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΝΟΥΜΕΡΟ (*) *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ)* ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΝΟΥΜΕΡΟ (*) *(ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΟΜΑΔΑ)* ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ «ΣΥΝΔΕΕΣΤΕ ...» (*)
ΤΑΧΕΙΑ - ΧΕΙΡΩΝΑΚΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ	**ΤΑΧΕΙΑ - ΦΩΝΗΤΙΚΗ ΚΛΗΣΗ**
ΞΑΝΑΚΑΛΕΣΤΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΚΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ (*) ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΠΙΕΣΤΕ *POWER* ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΠΙΕΣΤΕ ΤΗΝ ΤΑΧΕΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΙΕΣΤΕ *SEND* (*) ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΙΜΟΝΙ (*)	ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ (*) ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΠΙΕΣΤΕ *POWER* ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΣΤΕ ΤΟ ΧΕΡΙ ΣΤΟ ΤΙΜΟΝΙ (*) ΠΕΙΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ (*) ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑ (*) ΑΚΟΥΣΤΕ ΤΟ «ΣΥΝΔΕΕΣΤΕ ...» (*)

6.4.4.2. Μοντέλα οδηγού

Για την δοκιμή των μοντέλων στη διαδικασία της οδήγησης, προτάθηκε ένα μοντέλο συμπεριφοράς οδηγού με το οποίο μπορούν και αλληλεπιδρούν και τα μοντέλα χρήστη. Έχει πρόσφατα αναπτυχθεί ένα τέτοιο μοντέλο καθοδήγησης σε ένα φυσικό περιβάλλον αυτοκινητόδρομου με πολλαπλές λωρίδες και αυτοματοποιημένη κυκλοφορία. Το μοντέλο έχει ως υποδοχή ένα προσομοιωμένο δρόμο που περιλαμβάνει οπτικές πληροφορίες μέσω των επεκτάσεων ACT-R (Byme & Anderson, 1998). Αυτή η διαδικασία προάγει τις πληροφορίες που χρειάζονται για τον πλάγιο και τον κατά μήκος έλεγχο (για παράδειγμα το σύστημα διεύθυνσης και τον έλεγχο ταχύτητας), καθώς και βοήθεια στη λήψη αποφάσεων κατά την οδήγηση (για

παράδειγμα ταχύτητες και θέσεις των άλλων αυτοκινήτων που χρειάζονται για την αλλαγή λωρίδας). Με βάση αυτές τις πληροφορίες, το μοντέλο υπολογίζει τις επιθυμητές μεταβλητές ελέγχου και παράγει τον έλεγχο μέσω ειδικών τεχνασμάτων για το σύστημα διεύθυνσης, την επιτάχυνση και το φρενάρισμα.

Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, η πιο σημαντική όψη του μοντέλου οδηγού είναι η φύση της προσέγγισης : το μοντέλο δέχεται πληροφορίες και ανανεώνει τον έλεγχο αμέσως σε επαναλαμβανόμενους κύκλους. Όταν ο έλεγχος είναι η μοναδική αποστολή του μοντέλου, τότε το μοντέλο ανανεώνει τον έλεγχο συχνά και παράγει σχετική συμπεριφορά. Όμως, το μοντέλο κάποιες φορές έχει να εκτελέσει άλλες αποστολές σχετικές με την οδήγηση, όπως ο έλεγχος του νεκρού σημείου πριν την αλλαγή λωρίδας. Αυτές οι αποστολές μειώνουν την συχνότητα με την οποία ανανεώνεται ο έλεγχος και έτσι μπορεί να χάνεται σχετικά η ακρίβεια του. Σε αυτήν την ανάλυση, ερευνάται το αν και πώς το μοντέλο συμπεριφοράς υποβιβάζεται όταν του δίνονται και αποστολές δευτερεύουσας χρήσης υποδοχών, όπως η συνομιλία σε τηλέφωνο-κελί.

6.4.4.3. Ολοκληρωμένο μοντέλο

Το ολοκληρωμένο μοντέλο περιλαμβάνει τόσο το μοντέλο οδηγού όσο και καθένα από τα μοντέλα χρήστη για διάφορες υποδοχές κλήσης. Η ACT-R αρχιτεκτονική επιτρέπει την ολοκλήρωση των διάφορων μοντέλων χωρίς περιστροφές λόγω του γεγονότος ότι το κάθε μοντέλο εμπεριέχει την επίτευξη μιας συγκεκριμένης αποστολής: το μοντέλο οδηγού περιλαμβάνει την διαδικασία επίτευξης ενός τύπου οδήγησης, ενώ τα μοντέλα χρήστη επεξεργάζονται τους τύπους της πλήρως χειρωνακτική κλήσης, της ταχείας χειρωνακτικής κλήσης, της πλήρους χρήσης της φωνής και της ταχείας φωνητικής κλήσης. Στη διάρκεια της κανονικής οδήγησης, το ολοκληρωμένο μοντέλο απλά επεξεργάζεται τον στόχο της οδήγησης των οχημάτων. Όταν παράγεται μια διαδικασία κλήσης, το ολοκληρωμένο μοντέλο κάνει ένα κύκλο της φάσης της οδήγησης και στη συνέχεια αποφασίζει με κάποια πιθανότητα εάν θα προσδώσει έλεγχο στην διαδικασία κλήσης. Όπως ήδη αναφέρθηκε, στη συνέχεια ο σκοπός της κλήσης δίνει τον έλεγχο πίσω στη διαδικασία της οδήγησης σε προαποφασισμένα χρονικά διαστήματα.

Η ACT-R αρχιτεκτονική εμπεριέχει έναν αριθμό από παραμέτρους οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τις προβλέψεις των μοντέλων. Επειδή ο βασικός στόχος αυτής της ανάλυσης είναι η γένεση a priori προβλέψεων της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις κλήσεις και την οδήγηση, αποφεύχθηκε η ρύθμιση τιμών παραμέτρων για να ταιριάξουν με τα εμπειρικά δεδομένα για το ολοκληρωμένο μοντέλο όπως γίνεται μερικές φορές με την αντιληπτική μοντελοποίηση. Ωστόσο, το μοντέλο οδηγού έχει αναπτυχθεί εξαρχής να προσαρμόζει τις διάφορες απόψεις της οδηγικής συμπεριφοράς και με τον τρόπο αυτόν εμπεριέχει τις εκτιμημένες τιμές των παραμέτρων. Έτσι, στην παρούσα μελέτη απλά συμπεριλήφθησαν οι τιμές των παραμέτρων του μοντέλου οδηγού στο ολοκληρωμένο μοντέλο, και στη συνέχεια τα

μερίδια του μοντέλου χρήστη του ολοκληρωμένου μοντέλου κληροδοτεί όλες αυτές τις τιμές των παραμέτρων. Η μόνη εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι μια παράμετρος για το μοντέλο οδηγού που ελέγχει το πόσο επιθετικά το μοντέλο κεντράρει το όχημα.

6.4.5. Προβλέψεις του ολοκληρωμένου μοντέλου

Με δεδομένο το ολοκληρωμένο μοντέλο, μπορούν να γίνουν προβλέψεις για τον τρόπο με τον οποίο οι υποδοχές κλήσης επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών. Επιπρόσθετα, μπορούν να πραγματοποιηθούν προβλέψεις για το πώς αυτές οι υποδοχές διαφέρουν με σεβασμό στη βάση δεδομένων της εκτέλεσης των χρόνων κατά την διάρκεια της οδήγησης. Αρχικά, περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται από το μοντέλο προσομοίωσης και στη συνέχεια εξετάζονται οι παραπάνω προβλέψεις δίνοντας βάση σε δύο παράγοντες: τον χρόνο κλήσης και πλάγια θέση του οχήματος.

6.4.5.1. Προσομοιώσεις μοντέλων

Οι προβλέψεις στις ακόλουθες ενότητες προήλθαν από δύο μέρη προσομοιώσεων. Στο πρώτο μέρος των προσομοιώσεων, το μοντέλο καλούσε από το τηλέφωνο-κελί κατά την διάρκεια της οδήγησης σε έναν ευθύ δρόμο μονής λωρίδας με μια τυπική ταχύτητα των 60 μιλιών/ώρα. Στο δεύτερο μέρος, το ολοκληρωμένο μοντέλο καλούσε από το τηλέφωνο-κελί χωρίς να υπάρχει οδήγηση, ώστε να μπορέσει να εκτιμηθεί η συμπεριφορά χωρίς εξωτερικές διακοπές. Για κάθε προσομοίωση το μοντέλο πραγματοποιούσε κλήση οκτώ νούμερων σε κάθε υποδοχή για συνολικά 32 δοκιμές κλήσης για κάθε προσομοίωση.

Για τις προσομοιώσεις οδήγησης, το μοντέλο αλληλεπιδρά με το προσομοιωμένο περιβάλλον που προάγει οπτικές πληροφορίες - για παράδειγμα τα κοντινά και μακρινά σημεία στο κέντρο του δρόμου που καθοδηγούν το τιμόνι. Το μοντέλο, στη συνέχεια, παράγει ένα πρωτόκολλο συμπεριφοράς ανάλογο με αυτό που παράγεται από τους οδηγούς στην προσομοιωμένη οδήγηση. Αυτό το πρωτόκολλο μπορεί να περιλαμβάνει το σύστημα διεύθυνσης, την επιτάχυνση ,το φρενάρισμα, τις κινήσεις των ματιών και όλες τις πληροφορίες του περιβάλλοντος. Στη συγκεκριμένη μελέτη δίδεται σημασία στο σύστημα διεύθυνσης του οχήματος και στις συνέπειες από την πλάγια θέση του οχήματος.

Οι προσομοιώσεις της οδήγησης ξεκινούν με το αυτοκίνητο να βρίσκεται στο κέντρο του δρόμου και να επιταχύνει στην τυπική ταχύτητα κίνησης. Μετά από 20 δευτερόλεπτα κανονικής οδήγησης, δίδεται στο μοντέλο η επιπρόσθετη αποστολή να πραγματοποιήσει κλήση με μια από τις τέσσερις υποδοχές. Όταν το έργο της κλήσης αυτής έχει ολοκληρωθεί, το μοντέλο επιστρέφει στην κανονική οδήγηση. Αυτό το πλάνο επαναλαμβάνεται σε 20λεπτα διαστήματα μέχρι να ολοκληρωθούν και οι 32 προσπάθειες κλήσης.

6.4.5.2. Προβλέψεις των χρόνων κλήσης

Ο χρόνος κλήσης αντιπροσωπεύει τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί μια ακολουθία κλήσης, από την αρχική αίτηση να γίνει κλήση σε ένα συγκεκριμένο άτομο μέχρι την τελική σύνδεση. Όπως είναι φυσικό, η πλήρως χειρωνακτική κλήση και η ταχεία κλήση φωνής απαιτούν τον περισσότερο χρόνο. Μάλιστα αυτές οι δύο υποδοχές χρειάστηκαν περίπου τον ίδιο χρόνο κλήσης, όπως οι υπόλοιπες δύο υποδοχές αντίστοιχα. Επίσης, όλες οι υποδοχές απαιτούσαν περισσότερο χρόνο όταν ζητούνταν από τον οδηγό να εκτελέσει παράλληλα και κάποια άλλη αποστολή.

6.4.5.3. Προβλέψεις για την πλάγια θέση του οχήματος

Η πλάγια θέση είναι μια μέτρηση της θέσης του οχήματος μέσα στην λωρίδα κυκλοφορίας και έχει σχέση με την συμπεριφορά του οδηγού να διατηρεί το όχημα στο κέντρο του δρόμου. Επειδή η διαδικασία κλήσης μπορεί να επηρεάζει την συμπεριφορά όχι μόνο κατά την διάρκεια της κλήσης αλλά και για λίγο μετά, συμπεριλήφθηκε μια περίοδος 5 δευτερολέπτων μετά την κλήση σαν μέρος του τμήματος της κλήσης. Η περίοδος των 5 δευτερολέπτων αφορά στον απαιτούμενο χρόνο διόρθωσης της λωρίδας μετά την παρέκκλιση από την κεντρική λωρίδα.

Η πρώτη μέτρηση θεωρείται ως η πλάγια παρέκκλιση από το κέντρο της λωρίδας. Κατά την διάρκεια της κανονικής οδήγησης χωρίς κάποια επιπρόσθετη αποστολή, το μοντέλο εντόπισε μια κύρια παρέκκλιση των 15 εκατοστών από την κεντρική λωρίδα.

Η άλλη μέτρηση που εξετάσθηκε ήταν η πλάγια ταχύτητα η οποία αποτελεί μια μέτρηση της σταθερότητας του οχήματος. Για την πλάγια παρέκκλιση , η πλήρως χειρωνακτική υποδοχή κλήσης παρήγαγε την μεγαλύτερη επιρροή από όλες τις εξεταζόμενες συνθήκες, ενώ η υποδοχή ταχείας χειρωνακτικής κλήσης παρήγαγε ταχύτητες περιθωριακά διαφορετικές από την κανονική οδήγηση.

Οι προβλέψεις του μοντέλου προτείνουν ότι η υποδοχή πλήρους χειρωνακτικής κλήσης έχει την μεγαλύτερη επιρροή στη συμπεριφορά των οδηγών, η υποδοχή ταχείας χειρωνακτική κλήσης είχε μια μικρή αλλά ουσιώδη επιρροή και οι φωνητικές υποδοχές δεν είχαν κάποια ουσιαστική επίδραση. Οι δύο παράγοντες, στην πλήρως χειρωνακτική υποδοχή κλήσης, οι οποίοι προκάλεσαν αυτό το αποτέλεσμα ήταν η διάρκεια της κλήσης και η ανάγκη για οπτική προσοχή.

6.4.6. Πείραμα

Με δεδομένες τις a priori προβλέψεις του μοντέλου, είναι επιθυμητό να νομιμοποιηθούν οι προβλέψεις αυτές με τα εμπειρικά δεδομένα. Η παρακάτω εμπειρική μελέτη έχει ως σκοπό να προάγει τις απαραίτητες πληροφορίες για αυτήν την νομιμοποίηση.

6.4.6.1. Συμμετέχοντες

Στο πείραμα συμμετείχαν 12 άτομα με εμπειρία οδήγησης μεγαλύτερη των 2 χρόνων. Ο ένας συμμετέχων απορρίφθηκε λόγω της απρόσμενα άτακτης οδήγησης. Οι υπόλοιποι 11 είχαν ηλικία από τα 19 έως τα 32 χρόνια.

6.4.6.2. Περιβάλλον οδήγησης

Το πείραμα εκτελέστηκε στον προσομοιωτή οδήγησης της Nissan CBR (Beusmans & Rensink, 1995), με ένα πληκτρολόγιο τηλεφώνου τοποθετημένο στο κέντρο της κονσόλας του οχήματος, ώστε να είναι εύκολα προσβάσιμο από τους οδηγούς. Ο προσομοιωτής χρησιμοποίησε την μπροστινή καμπίνα ενός Nissan 240SX το οποίο είχε προσαρμοστεί να καταγράφει πληροφορίες από τον οδηγό και επίσης παρήγαγε οπτικές πληροφορίες για τους οδηγούς. Η οθόνη προσομοίωσης τοποθετήθηκε μπροστά από την καμπίνα σε ένα πεδίο των 70° περίπου. Για το συγκεκριμένο πείραμα, η οθόνη αποτελούνταν μόνο από μια λωρίδα σε ένα ευθύ δρόμο πλάτους 3.66 μέτρων.

6.4.6.3. Διαδικασία

Στην αρχή δόθηκε στους συμμετέχοντες ένα γενικό πλάνο του πειράματος και του προσομοιωτή οδήγησης. Με τον συμμετέχοντα να κάθεται στη θέση του οδηγού και τον πειραματιστή στη θέση του συνοδηγού, ο πειραματιστής εξηγούσε στον οδηγό τις τέσσερις υποδοχές κλήσης που θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει στη διάρκεια της προσομοίωσης. Για την μίμηση της αληθινής αναγνώρισης της φωνής χρησιμοποιήθηκαν φωνητικές υποδοχές κλήσης. Ο πειραματιστής επαναλάμβανε τα νούμερα ή τα ονόματα και ο συμμετέχων έκανε πρακτική της οδήγησης για περίπου ένα λεπτό με οδηγίες να διατηρεί το όχημα όσον είναι δυνατόν περισσότερο στο κέντρο του δρόμου.

Στη συνέχεια, ο συμμετέχων εκτελούσε μια προκριματική διαδικασία στην οποία καλούσε με βάση τις διάφορες υποδοχές. Για κάθε προσπάθεια κλήσης, ο πειραματιστής ζητούσε από τον οδηγό να καλέσει σε ένα από τα τέσσερα άτομα χρησιμοποιώντας μια από τις υποδοχές. Τα ονόματα των ατόμων και τα νούμερα των τηλεφώνων είχαν συλλεχθεί από τον συμμετέχοντα πριν από το πείραμα, ώστε να

μπορεί εύκολα να ξανακαλεί τα συγκεκριμένα νούμερα. Κατά την διάρκεια κλήσης του νούμερου, ο πειραματιστής πληκτρολογούσε την έναρξη και την ολοκλήρωση στον υπολογιστή του προσομοιωτή, και στη συνέχεια αυτά τα γεγονότα καταγράφονταν στο πρωτόκολλο του πειράματος.

Η κύρια ενότητα της οδήγησης ήταν πλήρως ανάλογη με αυτήν που εκτελούνταν από το μοντέλο στις προσομοιώσεις. Ο συμμετέχων επιτάχυνε για να αποκτήσει το όχημα την τυπική ταχύτητα. Σε διαστήματα των 20 δευτερολέπτων, ο πειραματιστής ζητούσε από τον οδηγό να καλεί σε ένα άτομο με μια συγκεκριμένη υποδοχή. Μετά την κλήση σε κάθε άτομο για δύο φορές με την ίδια υποδοχή, η οδήγηση διακόπτονταν ώστε ο συμμετέχων να κάνει ένα μικρό διάλειμμα και μια ανασκόπηση της επόμενης υποδοχής που είχε να χρησιμοποιήσει. Έτσι, ο συμμετέχων εκτελούσε 32 προσπάθειες κλήσης καθώς οδηγούσε.

6.4.6.4. Αποτελέσματα του χρόνου κλήσης

Πραγματοποιήθηκε μια ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων για κάθε σειρά των χρόνων κλήσης με τρεις παράγοντες: κατηγορία, ποιότητα και διάρκεια. Οι υποδοχές πλήρους κλήσης σε σχέση με τις ταχείες κλήσεις είχαν μεγαλύτερη διάρκεια. Επίσης, οι χρόνοι κλήσης στη διάρκεια της οδήγησης ήταν ελαφρώς υψηλότεροι από αυτούς της βάσης δεδομένων λόγω των σποραδικών διακοπών ευθυγράμμισης του οχήματος.

6.4.6.5. Αποτελέσματα της πλάγιας θέσης του οχήματος

Η επιρροή της υποδοχής σε σχέση με το αν ήταν χειρωνακτική ή φωνητική για τις εμπειρικές πληροφορίες ήταν σαφής. Η υποδοχή πλήρους χειρωνακτικής κλήσης δεν διέφερε από την κανονική οδήγηση, ενώ η υποδοχή ταχείας χειρωνακτικής κλήσης παρουσίασε διαφορές σε σχέση με την κανονική οδήγηση. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα για τις πλάγιες υποδοχές, η κύρια επιρροή της διάρκειας κλήσης υπήρξε σαφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας

7.1. *DynaMIT:* ένα μοντέλο για την κυκλοφοριακή πρόβλεψη βασιζόμενο στην προσομοίωση (Ben-Akiva, Bierlaire, Koutsopoulos & Mishalani, 1998)

7.1.1. Το μοντέλο

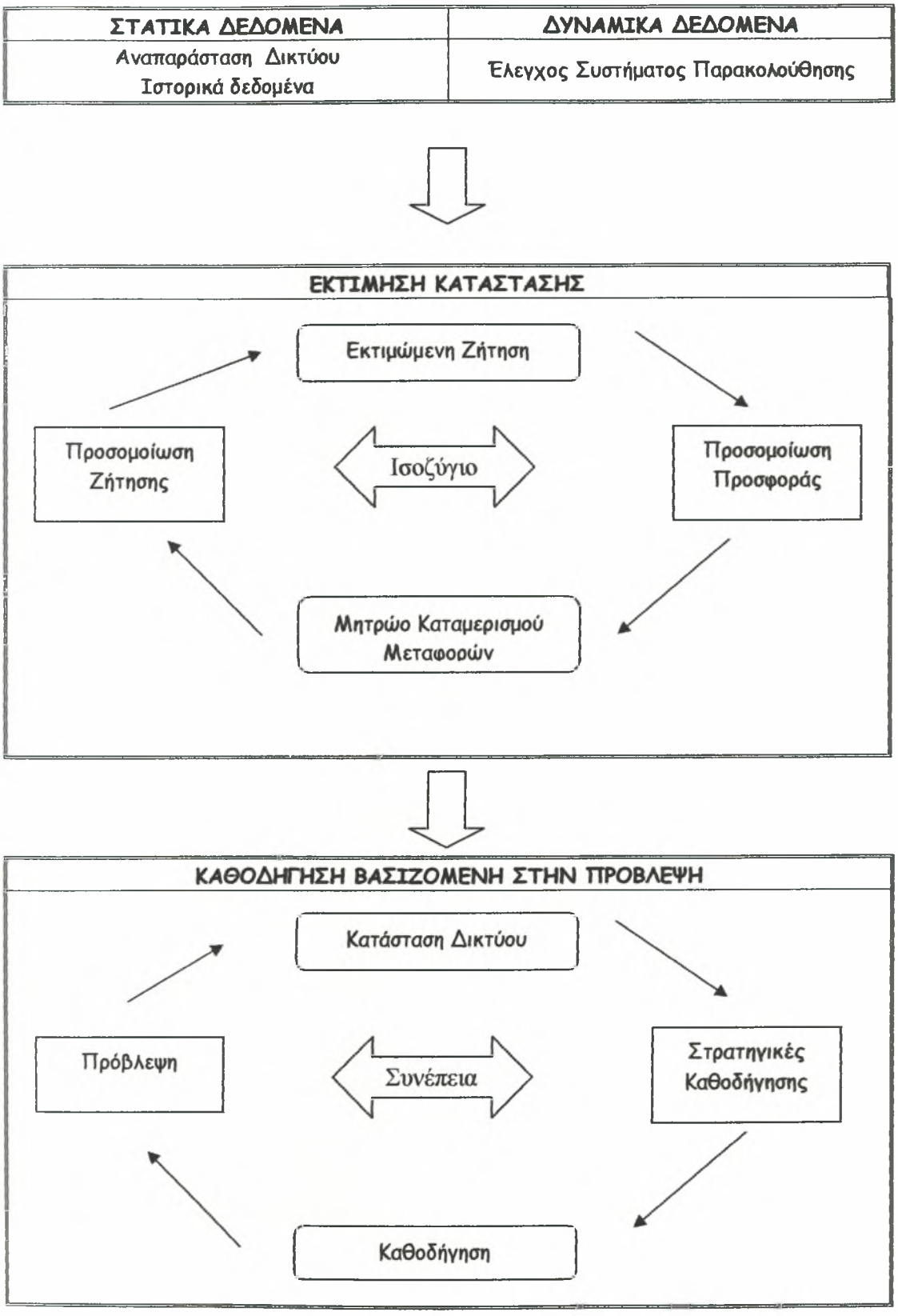
Το DynaMIT (Dynamic Network Assignment for the Management of Information to Travelers) είναι ένα δυναμικό σύστημα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο το οποίο παρέχει κυκλοφοριακές προβλέψεις και ταξιδιωτικό οδηγό. Αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης.

Το DynaMIT προάγει έναν οδηγό που βασίζεται στην πρόβλεψη και εκτιμά την ώρα αναχώρησης, τον σχεδιασμό του δρομολογίου πριν το ταξίδι, τις επιλογές των κόμβων, αλλά και τις αποφάσεις επιλογής δρομολογίου κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Για να εγγυηθεί την αξιοπιστία του συστήματος παροχής πληροφοριών, η καθοδήγηση του DynaMIT είναι συνεπής που σημαίνει ότι λαμβάνει υπόψη τις κυκλοφοριακές εκείνες συνθήκες που συναντούν συνήθως οι οδηγοί. Τέλος, το προτεινόμενο μοντέλο προσφέρει οπτικές πληροφορίες για εκείνους τους χρήστες που αναγκάζονται να επιλέξουν ένα δρομολόγιο που δεν προτιμούν, γιατί πιστεύουν ότι δεν έχουν άλλη εναλλακτική λύση.

7.1.2. Δομή του μοντέλου

Το DynaMIT είναι οργανωμένο σε δυο σκέλη: στην *εκτίμηση της κατάστασης* και στην *παροχή πληροφοριών που βασίζονται στην πρόβλεψη.* Η δομή του μοντέλου παρουσιάζεται στο σχήμα 7-1.

Σχήμα 7-1: Δομή του DynaMIT.



Το μοντέλο εκμεταλλεύεται, τόσο ιστορικές πληροφορίες, όσο και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Οι περισσότερο σημαντικές ιστορικές πληροφορίες σε συνδυασμό με την λεπτομερή περιγραφή του δικτύου, αποτελούν την βάση δεδομένων η οποία αποτελεί την μνήμη του δικτύου. Οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο αρκούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του δικτύου. Το DynaMIT έχει σχεδιαστεί να χειρίζεται ένα μεγάλο εύρος από συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου.

Η κατάσταση εκτίμησης ορίζει την κατάσταση κυκλοφοριακής ροής του δικτύου και τα επίπεδα της απαιτούμενης ροής δίνοντας ιστορικά, αλλά και δυναμικά δεδομένα . Χρησιμοποιούνται δυο εργαλεία προσομοίωσης : ο Προσομοιωτής Προσφοράς και ο Προσομοιωτής Ζήτησης. Ο Προσομοιωτής Ζήτησης εκτιμά και προβλέπει την ζήτηση που γεννιέται από την απόσταση και αποφάσεις των οδηγών σε σχέση με την ώρα αναχώρησης και τις επιλογές κόμβων και διαδρομών. Μια αρχική εκτίμηση της ζήτησης παράγεται κατευθείαν από τα δεδομένα. Από την άλλη, ο Προσομοιωτής Προσφοράς προσομοιάζει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην προσφορά και το δίκτυο. Αρχικά, το μητρώο καταμερισμού μεταφορών που καθορίζει τις ροές που γεννιούνται από την απόσταση μέσω των ροών σύνδεσης, παράγεται από τον προσομοιωτή. Στη συνέχεια, οι παρατηρήσεις που γίνονται σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιούνται από τον Προσομοιωτή Ζήτησης, έτσι ώστε να δημιουργήσουν μια καλύτερη εκτίμηση των ζητήσεων. Αυτός ο βρόχος εκτελείται έως ότου επιτευχθεί σύγκλιση μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης που συμβαίνει όταν ο προσομοιωτής αναπαράγει επιτυχώς τα παρατηρούμενα δεδομένα.

Η καθοδήγηση που βασίζεται στην πρόβλεψη των μετακινήσεων προμηθεύει πληροφορίες χρησιμοποιώντας ως εισαγωγή την κατάσταση εκτίμησης. Η πρόβλεψη της κυκλοφορίας εκτελείται για έναν συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα (π.χ. 1 ώρα). Ο Προσομοιωτής Προσφοράς και ο Προσομοιωτής Ζήτησης χρησιμοποιούνται επίσης για πρόβλεψη. Η γένεση πληροφοριών βασίζεται στην εξέλιξη ανάμεσα στην πρόβλεψη της κυκλοφορίας και στις υποψήφιες στρατηγικές καθοδήγησης. Το σύστημα επιβάλλει συνέπεια και σταθερότητα μεταξύ των χρόνων του ταξιδιού που βασίζονται στην καθοδήγηση, αλλά και των χρόνων που προκύπτουν από τις αντιδράσεις των ταξιδιωτών στις παρεχόμενες πληροφορίες.

Η ακρίβεια της πρόβλεψης εξαρτάται από την ποιότητα της περιγραφής της κατάστασης της κυκλοφοριακής ροής, αλλά και από τον χρονικό ορίζοντα. Επιπλέον, η κατάσταση του δικτύου εκτιμάται τακτικά έτσι ώστε όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες να ενσωματώνονται σε μια χρονική διαμόρφωση, ενώ στη συνέχεια καθορίζεται μια νέα πρόβλεψη. Για παράδειγμα και για την καλύτερη κατανόηση της μελέτης περιγράφεται η ακόλουθη περίπτωση:

Είναι 8:00 π.μ. Το DynaMIT αρχίζει την εκτέλεση ενός κύκλου. Δημιουργεί μια κατάσταση εκτίμησης του χρόνου διαδρομής χρησιμοποιώντας τα δεδομένα κατά την διάρκεια των τελευταίων 5 λεπτών. Όταν η κατάσταση του δικτύου είναι διαθέσιμη στις 8:00, το DynaMIT αρχίζει να προβλέπει για ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο, π.χ. μιας ώρας, και υπολογίζει μια στρατηγική παροχής πληροφοριών που είναι συνεπής με αυτή την πρόβλεψη. Στις 8:07 το μοντέλο έχει ολοκληρώσει τους υπολογισμούς και είναι έτοιμο να εφαρμόσει την στρατηγική της καθοδήγησης στο πραγματικό δίκτυο. Αυτή η στρατηγική είναι αποτελεσματική έως ότου προκύψει μια νέα. Αμέσως μετά το DynaMIT ξεκινά να εκτελεί έναν νέο κύκλο. Τώρα η κατάσταση εκτίμησης επιτελείται για τα τελευταία 7 λεπτά. Καθώς το μοντέλο ήταν απασχολημένο να υπολογίζει και να εκτελεί την νέα στρατηγική πληροφοριών, το σύστημα παρακολούθησης συνέχιζε να συλλέγει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και έτσι το DynaMIT ανανέωσε την γνώση του στις συνθήκες ροής του δικτύου χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη πληροφόρηση. Η εκτίμηση του νέου δικτύου χρησιμοποιείται ως βάση για μια καινούρια πρόβλεψη και τον προσδιορισμό μιας νέας στρατηγικής παροχής πληροφοριών. Με τον τρόπο αυτόν, η διαδικασία συνεχίζεται για όλη την ημέρα.

7.1.3. Εργαλεία της Προσομοίωσης

Ο σχεδιασμός των εργαλείων της προσομοίωσης μέσω του DynaMIT βασίζεται σε τρεις κύριες απαιτήσεις. Πρώτον, το κάθε εργαλείο πρέπει να χρησιμοποιείται, τόσο για την εκτίμηση της κατάστασης ροής, όσο και για την πρόβλεψη των συνθηκών του μελλοντικού δικτύου. Δεύτερον, τα εργαλεία οφείλουν να είναι ικανά να προσομοιώνουν διαφορετικά επίπεδα του συνόλου. Πράγματι, για να προσδιοριστεί η ανταπόκριση των οδηγών στις πληροφορίες απαιτείται μια μεμονωμένη αναπαράσταση, στην οποία ο κάθε οδηγός έχει την προσωπική του συμπεριφορά. Επίσης, η εκτίμηση και η πρόβλεψη που δημιουργούνται από τις ροές που γεννιούνται από την απόσταση λαμβάνουν χώρα σε ένα συλλογικό επίπεδο, και γι' αυτόν τον λόγο τα μοντέλα οφείλουν να είναι συνεπή με τις εισαγόμενες πληροφορίες από το σύστημα παρακολούθησης, διαθέσιμες όμως σε ένα μεμονωμένο επίπεδο. Για όλους αυτούς τους λόγους, τα εργαλεία προσομοίωσης μέσω του μοντέλου DynaMIT συμπεριλαμβάνουν μικροσκοπικά και μακροσκοπικά μοντέλα, που καλούνται μεσοσκοπικοί προσομοιωτές.

7.1.4. Μεσοσκοπική Προσομοίωση Ζήτησης

Ο Μεσοσκοπικός Προσομοιωτής Ζήτησης αρχικά περιγράφεται από τον **«κόμβο πρόβλεψης»** ο οποίος περιγράφεται στο τέλος της ενότητας.

Για να εκτιμηθούν οι απαιτήσεις της ροής, ο Προσομοιωτής Ζήτησης διαχωρίζει την ανάλυση σε τρεις ενότητες όπως φαίνεται στον πίνακα 7-1. Αρχικά, οι ιστορικοί

πίνακες αποστάσεων, τμήμα των ιστορικών δεδομένων είναι διαθέσιμοι στο DynaMIT. Αυτοί οι πίνακες επιτυγχάνονται από εξωτερική επισκόπηση και εκτίμηση.

Πίνακας 7-1: Ζήτηση Ροής.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ
ΖΗΤΗΣΗ ΡΟΗΣ		

Οι διαφορές ανάμεσα στην ιστορική ζήτηση και την προσφορά συνίστανται στα εξής:

- Στην επιρροή της καθημερινής καθοδήγησης και των καθημερινών πληροφοριών στις αποφάσεις των οδηγών.
- Στις καθημερινές διακυμάνσεις που παράγονται από μη παρατηρημένα στοιχεία.
- Σε τυχαία λάθη τα οποία θεωρούνται αμελητέα.

Ο ρόλος του Προσομοιωτή Ζήτησης είναι να μετασχηματίσει την ιστορική ζήτηση αρχικά σε ζήτηση «ειδοποίησης» , περιλαμβανομένης της επιρροής των πληροφοριών, και τελικά μέσω της εκτίμησης της ζήτησης να αντανακλά τις καθημερινές διακυμάνσεις. Ο Προσομοιωτής Ζήτησης μετασχηματίζει ιστορικούς πίνακες αποστάσεων (βάση 1) σε μια μεμονωμένη περιγραφή των εκτιμώμενων ζητήσεων (βάση 6) . Οι ιστορικοί πίνακες αποστάσεων αρχικά διαχωρίζονται σε μια σαφή λίστα οδηγών (βάση 2) χρησιμοποιώντας εξωτερικές κοινωνικοοικονομικές πληροφορίες. Η επιρροή των πληροφοριών και της καθοδήγησης των οδηγών προσομοιώνεται χρησιμοποιώντας μεμονωμένα μοντέλα ώστε να αποκτηθούν ενημερωμένες ζητήσεις (βάση 4). Οι αλγόριθμοι εκτίμησης χρησιμοποιούν δεδομένα από το σύστημα παρατήρησης για να υπολογίσουν την διαφορά ανάμεσα στη συνολική αναπαράσταση των ενημερωμένων και των εκτιμώμενων ζητήσεων (βάση 5). Μια πλήρης λίστα των οδηγών αποκτάται από έναν τελικό διαχωρισμό.

Οι ενημερωμένες ζητήσεις (βήμα 3) επιτυγχάνονται εφαρμόζοντας μοντέλα μεμονωμένης συμπεριφοράς τα οποία περιλαμβάνουν διάφορες αποφάσεις ταξιδιού περιλαμβανομένης ή όχι της επιλογής να ακολουθήσουν οι ταξιδιώτες μια συγκεκριμένη διαδρομή από την αρχή έως τον προορισμό τους , αλλά και της επιλογής της ώρας αναχώρησης, των κόμβων και της πορείας. Το DynaMIT προσομοιώνει την επιλογή του ταξιδιού ενός οδηγού σε τρεις συγκεκριμένες φάσεις:

- Την συνήθη επιλογή της ώρας αναχώρησης, των κόμβων και της πορείας.
- Την απόφαση να αλλάξουν οι οδηγοί κάποια σημεία της συνήθους επιλογής τους ανταποκρινόμενοι σε πληροφορίες που τους παρέχονται πριν την έναρξη του ταξιδιού τους. Αυτό καλείται «απόφαση πριν το ταξίδι».
- Την απόφαση να αλλάξουν οι οδηγοί την πορεία τους ανταποκρινόμενοι σε πληροφορίες που λαμβάνουν κατά την διάρκεια του ταξιδιού τους. Αυτό καλείται «απόφαση στη διάρκεια του ταξιδιού».

Το DynaMIT περιλαμβάνει έναν αριθμό μεμονωμένων μοντέλων συμπεριφοράς για τις προηγούμενες περιπτώσεις. Το κάθε άτομο αντιμετωπίζεται και αντιπροσωπεύεται ξεχωριστά, έτσι ώστε το μοντέλο να μπορεί να ανταποκρίνεται και τελικά να μεταφράζει τις μετακινήσεις των οχημάτων στο δίκτυο.

Η εκτιμώμενη ζήτηση επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας στατιστικά μοντέλα που έχουν ως σκοπό να υιοθετήσουν τα παρατηρούμενα δεδομένα που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από το σύστημα εποπτείας. Το DynaMIT χαρακτηρίζεται από μια δυναμική εκτίμηση η οποία εξελίσσεται από τον αλγόριθμο Kalman και από μια αυτοδιατηρητέα εξέλιξη. Αυτή η αυτοδιατηρητέα εξέλιξη περιλαμβάνει μια δυναμική πρόοδο σε σχέση με τις μεταβλητές του φίλτρου Kalman (Ashok & Ben-Akiva, 1993).

Είναι ενδιαφέρον ότι τα περισσότερα βήματα αυτής της διαδικασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρόβλεψη, όπως και οι ιστορικές πληροφορίες μπορούν επίσης να είναι διαθέσιμες στο μέλλον. Η μοναδική εξαίρεση είναι τα στατιστικά μοντέλα, τα οποία για να εκτιμήσουν τους πίνακες αποστάσεων χρησιμοποιούν δεδομένα από το δίκτυο παρακολούθησης. Σε αντίθεση, η πρόβλεψη των πινάκων αποστάσεων διαμορφώνεται από την αυτοδιατηρητέα πρόοδο σε παρέκκλιση με τους ενημερωμένους και εκτιμημένους πίνακες.

7.1.5. Μεσοσκοπική Προσομοίωση Προσφοράς

Η Μεσοσκοπική Προσομοίωση Προσφοράς χρησιμοποιεί ως εισροή την λίστα των οδηγών που παράγεται από τον Προσομοιωτή Ζήτησης και προσομοιώνει τα ταξίδια μέσα στο δίκτυο. Αυτό που εξάγεται είναι ένα μεγάλο εύρος ενδείξεων παράστασης του δικτύου που περιλαμβάνει τον χρόνο ταξιδιού, τις ροές και τις πυκνότητες.

Ο Προσομοιωτής Προσφοράς περιλαμβάνει μια μικροσκοπική αναπαράσταση της κυκλοφορίας που το κάθε μεμονωμένο όχημα αναπαριστάται με μακροσκοπικά μοντέλα που τροφοδοτούνται με κυκλοφοριακές δυναμικές. Το κίνητρο στο να αναπαριστώνται μεμονωμένα οχήματα είναι η σαφής μοντελοποίηση από τον Προσομοιωτή Ζήτησης με βάση τις αποφάσεις των οδηγών σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνουν κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Η επιλογή των μακροσκοπικών μοντέλων για τις κυκλοφοριακές δυναμικές βασίζεται κυρίως στην ανάγκη εκτέλεσης του δρομολογίου

σε πραγματικό χρόνο. Εν συντομία, περιγράφονται τα κύρια συστατικά της αναπαράστασης του δικτύου, τα βασικά δυναμικά μοντέλα και η πρόοδος της προσομοίωσης.

7.1.5.1. Αναπαράσταση του δικτύου

Η αναπαράσταση του δικτύου περιλαμβάνει τόσο στατικά όσο και δυναμικά συστατικά. Τα στατικά συστατικά αντιπροσωπεύουν την τοπολογία του δικτύου. Εμπεριέχουν μια σειρά από συνδέσμους, κόμβους και στοιχεία φορτίου. Οι κόμβοι ανταποκρίνονται στις διασταυρώσεις του πραγματικού δικτύου, καθώς οι σύνδεσμοι αντιπροσωπεύουν περάσματα ή μονοπάτια που δεν διασταυρώνονται μεταξύ τους. Τα στοιχεία φορτίου αντιστοιχούν σε περιοχές που η κυκλοφορία παράγεται ή διακόπτεται. Αποτελούν μια γενίκευση της ζώνης των κεντρικών κόμβων των παραδοσιακών μοντέλων, αφού μπορούν να είναι είτε κόμβοι είτε σύνδεσμοι.

Τα δυναμικά συστατικά είναι σχεδιασμένα να περιλαμβάνουν κάποιες όψεις της κυκλοφοριακής δυναμικής. Καθώς τα χαρακτηριστικά των προηγούμενων καταστάσεων διαμορφώνονται στη διάρκεια της προσομοίωσης, τα δυναμικά συστατικά του δικτύου ανανεώνονται συνεχώς. Ο κάθε σύνδεσμος διαχωρίζεται σε τμήματα που λαμβάνουν υπόψη τις παρεκκλίσεις των κυκλοφοριακών συνθηκών μέσα στο σύνδεσμο. Καθώς τα περισσότερα τμήματα ορίζονται στην πάροδο του χρόνου, πρέπει να δημιουργηθούν επιπρόσθετα δυναμικά τμήματα τα οποία να περιέχουν την παρουσία διάφορων γεγονότων. Το κάθε τμήμα έχει την ικανότητα περιορισμού στην άκρη του ρεύματος του. Αυτή η ικανότητα περιορισμού ανάλογα με την φύση του τμήματος, μπορεί να εξαρτάται από τα στατικά φυσικά χαρακτηριστικά του δρόμου, ή από τα δυναμικά συμβάντα μιας κατάστασης. Επιπλέον, καθένα από τα τμήματα αποτελείται από δύο μέρη, το πρώτο από τα οποία αντιπροσωπεύει τα οχήματα εκείνα που μπορούν και κινούνται με κάποια ταχύτητα, ενώ το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει τα αυτοκίνητα που μπαίνουν σε μια σειρά.

7.1.5.2. Κυκλοφοριακές δυναμικές

Οι κυκλοφοριακές δυναμικές αποτελούνται από δυο κύρια μοντέλα: ένα ντετερμιστικό μοντέλο και ένα μοντέλο ταχύτητας. Στην πραγματικότητα, το πρώτο μοντέλο είναι μια οικογένεια μοντέλων. Το κάθε ειδικό προφίλ (διαμόρφωση, εμπλοκή κ.τ.λ.) αντιστοιχεί σε διαφορετικό μοντέλο.

Το μοντέλο ταχύτητας βασίζεται στις ακόλουθες υποθέσεις. Για ένα δεδομένο μονοπάτι ενός τμήματος υπολογίζονται δυο ταχύτητες. Η ταχύτητα στην άκρη του αντίθετου ρεύματος ενός τμήματος είναι μια συνάρτηση της μέσης απόστασης. Η ταχύτητα στην άκρη του ρεύματος είναι η ταχύτητα του αντίθετου ρεύματος του επόμενου τμήματος. Μια ζώνη επιτάχυνσης / επιβράδυνσης καθορίζεται στο τέλος

του κάθε μέρους. Πριν από αυτήν την ζώνη το κάθε όχημα μετακινείται με μια σταθερή ταχύτητα, ενώ μέσα στη ζώνη η ταχύτητα των οχημάτων ποικίλει κυρίως βάση της πυκνότητας τους μέσα στο δίκτυο.

7.1.5.3. Πρόοδος της προσομοίωσης

Η προσομοίωση των χειρισμών της κυκλοφορίας του δικτύου διαχωρίζεται σε δύο φάσεις: την ανανεωμένη φάση και την προηγμένη φάση. Η ανανεωμένη φάση εκτελεί την περισσότερη ώρα καταναλωτικούς υπολογισμούς και χρησιμοποιείται για την ανανέωση των δυναμικών κυκλοφοριακών παραμέτρων (πυκνότητες, ταχύτητες) που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση. Η προηγμένη φάση χρησιμοποιείται σε μικροσκοπικό επίπεδο και προωθεί την μετάβαση των οχημάτων στις νέες τους θέσεις. Η προηγμένη φάση έχει μεγαλύτερη συχνότητα απ΄ ότι η ανανεωμένη.

7.2. Μοντέλο MITSIMLab της Στοκχόλμης (Ben-Akiva, Davol, Toledo, Koutsopoulos, Bourghout, Andreasson, Johansson & Lundin, 2002)

7.2.1. Το μοντέλο

Το MITSIMLab αποτελεί το αντικείμενο μιας μικροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε για να εκτιμήσει τα Αναπτυγμένα Συστήματα Κυκλοφοριακής Διαχείρισης (ATMS) και τα Προηγμένα Συστήματα Ταξιδιωτικών Πληροφοριών (ATIS) σε επίπεδο χειρισμού. Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να αντιπροσωπεύσει ένα μεγάλο εύρος από συστήματα κυκλοφοριακής διαχείρισης και να μοντελοποιήσει την ανταπόκριση των οδηγών σε πληροφορίες και έλεγχο που συμβαίνουν σε πραγματικό χρόνο. Αυτό διευκολύνει το MITSIMLab να προσομοιώσει τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας και τους οδηγούς.

Σε αυτήν την παράγραφο περιγράφονται τα αποτελέσματα του MITSIMLab, για ένα σύνθετο δίκτυο που περιλαμβάνει έναν αστικό δρόμο και έναν αυτοκινητόδρομο στην Στοκχόλμη. Ο σκοπός της μελέτης είναι από τη μια να προσαρμόσει το μοντέλο στις οδικές συνθήκες της Στοκχόλμης , και από την άλλη να εκτιμήσει την εκτέλεση του προσαρμοσμένου μοντέλου χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Το προσαρμοσμένο μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση θεμάτων κυκλοφοριακής διαχείρισης που περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου της κίνησης, της προτεραιότητας των λεωφορείων και χειρισμούς λεωφορειογραμμών.

Το μοντέλο αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Τον Μικροσκοπικό Προσομοιωτή Κυκλοφορίας (MITSIM).
- Τον Προσομοιωτή Διαχείρισης Κυκλοφορίας (TMS).
- Την Θύρα Γραφικών (GUI).

Το MITSIM αντιπροσωπεύει στοιχεία κυκλοφορίας και δικτύου. Οι κινήσεις μεμονωμένων οχημάτων αναπαρίστανται με λεπτομέρειες. Το οδικό δίκτυο αναπαριστάται με κόμβους, συνδέσμους, τμήματα (οι σύνδεσμοι διαχωρίζονται σε τμήματα με συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά) και λωρίδες. Ο έλεγχος της κυκλοφορίας και οι λειτουργίες παρακολούθησης αντιπροσωπεύονται σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η κυκλοφοριακή ζήτηση εισάγεται με την μορφή γένεσης εξαρτημένης από τον χρόνο, στους πίνακες αποστάσεων. Ένα μοντέλο πιθανότητας χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις επιλογές διαδρομής από τους οδηγούς. Το MITSIM μετακινεί τα οχήματα σύμφωνα με τα μοντέλα που αφορούν την ακολουθία οχημάτων και τη αλλαγή λωρίδας. Τα πρώτα από αυτά τα μοντέλα υιοθετούν την ανταπόκριση ενός οδηγού στις διάφορες συνθήκες σε συνάρτηση με την σχετική ταχύτητα, την προσπέραση και άλλα κυκλοφοριακά μέτρα. Από την άλλη, τα μοντέλα που σχετίζονται με την αλλαγή λωρίδας διαχωρίζονται σε υποχρεωτικές και προαιρετικές αλλαγές λωρίδας. Στοιχεία όπως η απορρόφηση των οδηγών σε κυκλοφοριακά σημάδια, σε όρια ταχύτητας γεγονότα επί των οδών και σε περιπτώσεις διοδίων, επίσης μελετώνται από το μοντέλο.

Το TMS μιμείται το σύστημα ελέγχου κυκλοφορίας στο δίκτυο. Το μοντέλο μπορεί να προσομοιώσει ένα μεγάλο εύρος του κυκλοφοριακού ελέγχου και των συστημάτων καθοδήγησης των διαδρομών. Επίσης, περιλαμβάνονται στοιχεία, όπως οι έλεγχοι διάκρισης, ο έλεγχος σε ανωφέρεια, ο έλεγχος σε αυτοκινητόδρομο, σήματα για την αλλαγή λωρίδας, σήματα για τα όρια ταχύτητας, ποικίλα σήματα μηνυμάτων και καθοδήγηση διαδρομής μέσα στο όχημα.

7.2.2. Μελέτη του δικτύου και δεδομένα

Για τον σκοπό της προσαρμογής και της εκτίμησης χρησιμοποιήθηκε ένα μικτό δίκτυο αστικού δρόμου και αυτοκινητόδρομου στο Brunnviken στη νότια περιοχή της Στοκχόλμης, το οποίο φαίνεται στο σχήμα 7-2. Ο διάδρομος Ε4 στο δυτικό τμήμα του δικτύου είναι ο κύριος αυτοκινητόδρομος που συνδέει τα νότια προάστια με το κέντρο. Το ανατολικό τμήμα του δικτύου είναι μια παράλληλη αρτηρία. Αυτές οι διαδρομές παρουσιάζουν μεγάλη συμφόρηση ειδικά τις πρωινές ώρες αιχμής.

Συλλέχτηκαν στοιχεία για προσαρμογή από την πρωινή περίοδο κυκλοφοριακής αιχμής από τον Μάιο του 1999. Παρόμοια στοιχεία συγκεντρώθηκαν και τον επόμενο χρόνο στη διάρκεια του Μάιου του 2000 και τα οποία επίσης χρησιμοποιήθηκαν για μελέτη. Επιπρόσθετα στοιχεία συλλέχτηκαν με μια δεύτερη προσπάθεια η οποία περιελάμβανε την μέτρηση αποστάσεων από σημείο σε σημείο ανάμεσα στις μετακινήσεις με οχήματα

διερεύνησης. Αυτά τα οχήματα επίσης κατέγραφαν και τα μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών». Αυτά τα μήκη καταγράφονταν με αεροφωτογραφίες. Οι αισθητήρες των Συστημάτων Ελέγχου Αυτοκινητόδρομων (MCS) μετρούσαν μέσες τιμές ροής και ταχύτητας σε διαστήματα του ενός λεπτού.

Ένας στατικός πίνακας αποστάσεων με πρωινή αιχμή που είχε προηγουμένως αναπτυχθεί για άλλες μελέτες για το ίδιο δίκτυο , χρησιμοποιήθηκε και σε αυτήν την περίπτωση.

Επιπλέον, για την προσομοίωση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετες πληροφορίες που αφορούσαν στον τύπο του οχήματος (επιβατικά, βαρέα οχήματα, λεωφορεία κ.λ.π.), αλλά και σε πιθανά προνόμια στην κυκλοφορία, όπως ειδική λωρίδα για τα λεωφορεία. Το κάθε όχημα που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση με το μοντέλο MITSIMLab περιελάμβανε όλες τις φυσικές ιδιότητες όπως το μήκος και το πλάτος αλλά και άλλες ικανότητες εκτέλεσης όπως την μέγιστη ταχύτητα, την μέγιστη επιτάχυνση και την μέγιστη επιβράδυνση.

Τέλος, τα προσομοιωμένα λεωφορεία και ταξί επιτρέπονταν να χρησιμοποιούν τις λεωφορειολωρίδες. Τα υπόλοιπα οχήματα απαγορεύονταν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις ειδικές λωρίδες αν και πολλοί από τους οδηγούς ,παρά τους κανονισμούς, εισέρχονταν σε αυτές. Οι κατηγορίες των οχημάτων διαχωρίστηκαν επιπλέον σε δυο κατηγορίες: στα οχήματα υψηλής και χαμηλής εκτέλεσης. Αυτός ο διαχωρισμός βασίστηκε σε στατιστικές για την κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με την ηλικία των οδηγών και την μάρκα των αυτοκινήτων.

Σχήμα 7-2: Το δίκτυο Brunnviken.

7.2.3. Προσαρμογή

Η προσαρμογή του μοντέλου MITSIMLab συνίσταται σε δυο βήματα. Αρχικά, χρησιμοποιώντας μεμονωμένα δεδομένα, μπορούν να εκτιμηθούν και να προσαρμοστούν ξεχωριστά μοντέλα. Τα μεμονωμένα δεδομένα εμπεριέχουν πληροφορίες για την λεπτομερή συμπεριφορά των οδηγών όπως οι ελιγμοί του οχήματος και των υπόλοιπων οχημάτων που το περικυκλώνουν. Οι συλλογικές πληροφορίες, από την άλλη, όπως οι ταχύτητες και οι ροές χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση γενικών παραμέτρων στον προσομοιωτή.

Λόγω της έλλειψης λεπτομερών πληροφοριών, για την προσαρμογή των πιο κρίσιμων παραμέτρων , χρησιμοποιούνται συνθετικά δεδομένα. Η ολοκληρωμένη προσαρμογή χρησιμοποιεί τεχνικές για να μειώσει τη διαφορά ανάμεσα στις παρατηρούμενες και τις προσομοιωμένες μετρήσεις . Η γενική συνάρτηση για την προσαρμογή είναι η ακόλουθη:

$$\min Z = (X^{sim}-X^{obs})^T * V^{-1} * (X^{sim}-X^{obs})$$

όπου , X^{sim} και X^{obs} είναι οι συντελεστές των προσομοιωμένων και των παρατηρούμενων μέτρων. V είναι ο πίνακας των λαθών που σχετίζονται με τις μετρήσεις.

Στο συγκεκριμένο πείραμα προσαρμόστηκαν δυο κύριες ομάδες παραμέτρων: οι παράμετροι που αφορούν την συμπεριφορά των οδηγών και οι παράμετροι που σχετίζονται με την ταξιδιωτική συμπεριφορά. Η οδηγική συμπεριφορά στο MITSIMLab βασίζεται στην ακολουθία αυτοκινήτων, την αλλαγή λωρίδας και στα μοντέλα διασταύρωσης. Τα δυο κύρια συστατικά της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς στο μοντέλο που περιγράφεται είναι οι πίνακες αποστάσεων και το μοντέλο επιλογής δρομολογίου.

Η προσαρμογή χρησιμοποιεί παραμέτρους προσομοίωσης οι οποίες είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε όλα αυτά τα συστατικά. Γενικά, είναι αδύνατο να αναγνωριστούν οι επιρροές των μεμονωμένων μοντέλων στην κυκλοφοριακή ροή. Για παράδειγμα οι πίνακες αποστάσεων απαιτούν ως στοιχεία εισαγωγής ένα μητρώο καταμερισμού μεταφορών. Συνήθως αυτό το μητρώο δεν είναι αμέσως διαθέσιμο και χρειάζεται να γενικευτεί από το μοντέλο, ενώ παράλληλα αποτελεί μια συνάρτηση από τις διαδρομές επιλογής και τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα οδικής συμπεριφοράς. Ομοίως, μια από τις πιο σημαντικές μεταβλητές στην επιλογή μοντέλων διαδρομής είναι ο χρόνος της διαδρομής ο οποίος εξαρτάται από την κυκλοφοριακή ροή.

Η μεθοδολογία της προσαρμογής λαμβάνει αυτές τις αλληλεπιδράσεις προσαρμόζοντας τα διαφορετικά συστατικά. Το μοντέλο επιλογής διαδρομής απαιτεί δυο στάδια: λήψη απόφασης από μια σειρά πιθανών και λογικών διαδρομών για κάθε πίνακα αποστάσεων και σύνδεση των χρόνων ταξιδιού που ανταποκρίνονται στην συμπεριφορά επιλογής διαδρομής. Η διαδικασία διαχωρίζεται ανάμεσα στο βήμα προσαρμογής επιλογής διαδρομής και στο βήμα εκτίμησης των πινάκων αποστάσεων. Σε κάθε περίπτωση, τα στοιχεία εισαγωγής που βασίζονται στους υπάρχοντες πίνακες αποστάσεων, γενικεύονται και οι παράμετροι αυτού του μοντέλου προσαρμόζονται. Το προσαρμοσμένο μοντέλο επιλογής διαδρομής χρησιμοποιείται για την γενίκευση του μητρώου καταμερισμού μεταφορών. Στη συνέχεια, ο νέος πίνακας αποστάσεων χρησιμοποιείται για την αναπροσαρμογή των παραμέτρων της επιλογής διαδρομής και με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται η διαδικασία. Επιπλέον, περιοδικά υπεισέρχονται στη διαδικασία και παράμετροι κλίμακας για τα μοντέλα οδικής συμπεριφοράς.

7.2.3.1. Προσαρμογή των παραμέτρων της συμπεριφοράς των οδηγών

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει παραμέτρους που περιγράφουν την συμπεριφορά των οχημάτων καθώς ελίσσονται στην κυκλοφορία. Δύο είναι τα σημαντικά μοντέλα που έχουν επηρεάζουν την οδική συμπεριφορά στο MITSIMLab: το μοντέλο επιτάχυνσης και το μοντέλο αλλαγής λωρίδας. Το πρώτο μοντέλο καθορίζει την κατά μήκος κίνηση ενός οχήματος κάτω από τρία πιθανά καθεστώτα: ελεύθερη ροή, ακολουθία οχημάτων και επείγοντα περιστατικά. Η συμπεριφορά που αφορά στην ακολουθία αυτοκινήτων ενεργοποιείται, όταν παθητικό όχημα επηρεάζεται άμεσα από το όχημα που βρίσκεται μπροστά του. Το μοντέλο της ελεύθερης ροής περιγράφει την συμπεριφορά ενός οχήματος, όταν δεν επηρεάζεται από το μπροστινό όχημα (όταν βρίσκεται μακριά από αυτό). Τέλος, η έκτακτη συμπεριφορά αφορά καταστάσεις συγκρούσεων. Το μοντέλο της αλλαγής λωρίδας περιλαμβάνει την συγκεκριμένη πράξη σε τρία επίπεδα λήψης απόφασης: την απόφαση να αλλάξει ο οδηγός λωρίδα, την λωρίδα που θα αλλάξει και την αποδοχή της συμπεριφοράς για να εκτελέσει αυτή την πράξη. Η διανομή των επιθυμητών ταχυτήτων στους οδηγούς αποτελεί μια σημαντική εισροή, τόσο στα μοντέλα επιτάχυνσης, όσο και στα αντίστοιχα αλλαγής λωρίδας.

Οι παράμετροι της συμπεριφοράς των οδηγών προσαρμόστηκαν σε τρία στάδια:

- Αρχικά, ο διαχωρισμός των επιθυμητών ταχυτήτων προέκυψε απευθείας από τις αρχικές πληροφορίες.
- Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε ένα υποδίκτυο για να προσαρμόσει αρχικά τις παραμέτρους της ακολουθίας αυτοκινήτων και της αλλαγής λωρίδας.
- Τελικά, οι προσαρμοσμένες παράμετροι εφαρμόστηκαν σε ολόκληρο το δίκτυο και οι παράμετροι κλίμακας των μοντέλων τροποποιήθηκαν για να εξελίξουν την κατάσταση του δικτύου έτσι ώστε να περιλαμβάνει την προσαρμογή των παραμέτρων της συμπεριφοράς των ταξιδιωτών.

Η παράμετρος κλειδί στη συμπεριφορά με επιτάχυνση σε ελεύθερη ροή ήταν η επιθυμητή ταχύτητα του οχήματος. Η επιθυμητή ταχύτητα θεωρείται ως η ταχύτητα εκείνη την οποία θα επέλεγε ο οδηγός εάν δεν υπήρχαν περιορισμοί από άλλα οχήματα ή και από τον κυκλοφοριακό κώδικα. Η ταχύτητα αυτή επηρεάζεται από την γεωμετρία του οδικού τμήματος και από τα χαρακτηριστικά του οδηγού. Το MITSIMLab χρησιμοποιεί το όριο ταχύτητας σαν την βάση του διαχωρισμού των επιθυμητών ταχυτήτων στο σύνολο των οδηγών. Μια σειρά από παραμέτρους καθορίζει την διάκριση των επιθυμητών ταχυτήτων των οδηγών.

Η διάκριση των επιθυμητών ταχυτήτων προέκυψε από τα αρχικά δεδομένα με χρήση των ταχυτήτων των **«μη επηρεαζόμενων»** οχημάτων. Ως **«μη επηρεαζόμενα»** οχήματα θεωρούνται εκείνα τα οχήματα τα οποία κυκλοφορούν, όταν η ροή είναι

μικρότερη από 600 οχήματα/ώρα/λωρίδα. Αυτή η αρχή ανταποκρίνεται στη μέγιστη ροή σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Ικανότητας Αυτοκινητόδρομων για επίπεδο εξυπηρέτησης Α.

Επίσης πραγματοποιήθηκε μια ανάλυση για την ευαισθησία της διάκρισης των επιθυμητών ταχυτήτων με σεβασμό στην αρχή της ροής. Ο διαχωρισμός των ταχυτήτων για ροές των 200 και 300 οχημάτων/ώρα/λωρίδα αντίστοιχα ουσιαστικά δεν ήταν διαφορετικός.

7.2.3.2. Προσαρμογή των παραμέτρων της συμπεριφοράς ταξιδιωτών

7.2.3.2.1. Γένεση σειράς επιλογής διαδρομής

Το μοντέλο επιλογής διαδρομής απαιτεί μια σειρά από εναλλακτικά μονοπάτια για κάθε ζεύγος πινάκων αποστάσεων στο δίκτυο. Η ακόλουθη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργήσει τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Γένεση μιας σειράς περιεκτικού μονοπατιού - το μοντέλο MITSIMLab πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο επιλογής διαδρομής που βασιζόταν στην παράλειψη συνδέσμου. Η επιλογή του επόμενου συνδέσμου βασίστηκε σε ένα λογικό μοντέλο με το συντομότερο σε χρόνους μονοπάτι μέχρι τον προορισμό μέσω ενός από τους πιθανούς συνδέσμους.
- Παράλογος αποκλεισμός μονοπατιού - η επιλογή διαδρομής βασιζόμενη στο σύνδεσμο τείνει να δημιουργήσει έναν μεγάλο αριθμό μονοπατιών. Τα παράλογα μονοπάτια αποκλείονταν.

Η σειρά μονοπατιών μπορεί να εξαρτιόταν από τις συνθήκες κυκλοφορίας και στην περίπτωση αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναλαμβανόταν, καθώς οι πίνακες αποστάσεων και το μοντέλο επιλογής διαδρομής συνάγουν στην εξασφάλιση όλων την λογικών μονοπατιών. Ο σκελετός του δικτύου Brunnviken διευκολύνει την γένεση μιας σειράς από μονοπάτια, καθώς υπάρχουν μόνο ένα ή δύο λογικά μονοπάτια για κάθε ζευγάρι πινάκων αποστάσεων. Μάλιστα λόγω αυτού του σκελετού η άσκηση που αφορούσε την γένεση μονοπατιών εκτελέστηκε μια μόνο φορά.

7.2.3.2.2. Συνήθεις χρόνοι ταξιδιού

Το μοντέλο επιλογής διαδρομής που εφαρμόστηκε στο MITSIMLab θεωρεί τον αναμενόμενο χρόνο ταξιδιού σαν μια ερμηνευτική μεταβλητή. Στην προσπάθεια να προσαρμοστούν αυτές οι παράμετροι του μοντέλου απαιτείται γνώση των χρόνων ταξιδιού. Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο καθημερινής ενημέρωσης για να αναπτυχθούν αυτοί οι χρόνοι ταξιδιού. Σε κάθε βήμα αυτής της διαδικασίας, αντιπροσωπεύοντας μια μέρα, το MITSIMLab εκτιμά τους συνήθεις ταξιδιωτικούς χρόνους. Οι

εμπειρικοί ταξιδιωτικοί χρόνοι χρησιμοποιήθηκαν για να ανανεώσουν τους αναμενόμενους χρόνους:

$$TT_{it}^{k+1} = \lambda^{k}\, tt_{it}^{k} + (1-\lambda^{k})\, TT_{it}^{k}$$

όπου , TT_{it}^{k} είναι ο αναμενόμενος χρόνος στον σύνδεσμο i , στη διάρκεια της περιόδου t της μέρας κ. tt_{it}^{k} είναι ο εμπειρικός αναμενόμενος ταξιδιωτικός χρόνος την ημέρα k, λ^{k} ο συντελεστής βαρύτητας για τον εμπειρικό χρόνου ταξιδιού ($0< \lambda^{k}<1$).

7.2.3.2.3. Εκτίμηση πινάκων αποστάσεων

Το MITSIMLab , με τις προηγουμένως προσαρμοσμένες παραμέτρους , χρησιμοποιήθηκε για την γένεση του μητρώου καταμερισμού μεταφορών από τον ιστορικό πίνακα.

Η διαδικασία της εκτίμησης των πινάκων αποστάσεων ελαχιστοποιεί τις διαφορές ανάμεσα στους εκτιμημένους και παρατηρημένους υπολογισμούς, καθώς επίσης και την διαφορά μεταξύ του εκτιμώμενου πίνακα αποστάσεων και του παραγόμενου πίνακα. Η διατύπωση του ανταποκρινόμενου προβλήματος είναι:

$$\min\ (Ax-y^{H})^{T} W^{-1}(Ax-y^{H})+(x-x^{H})^{T} V^{-1} (x-x^{H})$$

όπου x και x^{H} είναι οι συντελεστές των εκτιμώμενων και ιστορικών ροών των πινάκων αποστάσεων αντίστοιχα. y^{H} είναι ο συντελεστής των ιστορικών αρχικών υπολογισμών. A είναι το μητρώο καταμερισμού μεταφορών. W και V είναι οι πίνακες των αρχικών υπολογισμών και των ροών των πινάκων αποστάσεων αντίστοιχα.

Ο μεγάλος αριθμός των ζευγαριών των πινάκων αποστάσεων και των αρχικών τοποθεσιών στο δίκτυο του Brunnviken, έκανε την εκτίμηση να είναι υπολογιστικά ιδιαίτερα εντατική. Για να ξεπεραστεί αυτή η οριοθέτηση αναπτύχθηκε μια διαδοχική εκτίμηση. Αυτή η τεχνική ακύρωσε τον σποραδικό σκελετό του μητρώου καταμερισμού μεταφορών. Οι χρόνοι ταξιδιού στο δίκτυο είναι τέτοιοι που συνήθως οι ροές σε μια περίοδο δεν έχουν καμία επιρροή στην μεταγενέστερη χρονική περίοδο.

Η διαδικασία εκτίμησης έχει ως εξής: Οι παραγόμενοι πίνακες αποστάσεων λαμβάνονται ως ρυθμισμένοι για την πρώτη χρονική περίοδο. Το μητρώο καταμερισμού των μεταφορών γενικεύεται και χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την ζήτηση της πρώτης περιόδου σε αρχικούς υπολογισμούς σε διαδοχικά διαστήματα. Στη συνέχεια εκτιμάται η ζήτηση της δεύτερης περιόδου βασιζόμενη περισσότερο στους παρατηρημένους υπολογισμούς παρά στις ροές της πρώτης περιόδου. Το μητρώο καταμερισμού μεταφορών χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την αποτελεσματικότητα της ζήτησης της δεύτερης περιόδου σε διαδοχικά διαστήματα. Αυτή η διαδικασία

ακολουθείται έως ότου γίνει εκτίμηση για τις ροές όλων των περιόδων που ενδιαφέρουν.

7.2.4. Υπολογισμοί

Η εκτέλεση του προσαρμοσμένου μοντέλου MITSIMLab εκτιμήθηκε με την σύγκριση τριών τύπων των παρατηρημένων και των προσομοιωμένων μετρήσεων: κυκλοφοριακές ροές, χρόνοι ταξιδιού και μήκη «ουρών». Ένα πίνακας αποστάσεων εκτιμήθηκε από τους κυκλοφοριακούς υπολογισμούς του Μαΐου του 2000 και από την χρήση των παραμέτρων των προηγουμένως προσαρμοσμένων μοντέλων.

Το MITSIMLab είναι ένα στοχαστικό μοντέλο προσομοίωσης. Ωστόσο, χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν οι μέσες τιμές διάφορων προσομοιώσεων.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα αποτελέσματα από διαφορετικά προγράμματα προσομοίωσης διαχωρίζονται κανονικά, ο ελάχιστος αριθμός των επαναλήψεων που απαιτούνται είναι:

$$R = (\hat{s}\, t_{\alpha/2} / \hat{y}\, \varepsilon)^2$$

όπου $\hat{y}$ και $\hat{s}$ είναι εκτιμήσεις του κύριου και τυπικού διαχωρισμού των μετρήσεων αντίστοιχα. ε είναι το επιτρεπτό λάθος και $t_{\alpha/2}$ είναι η τιμή ενός t-διαχωρισμού για ένα συγκεκριμένο επίπεδο α.

Αυτή η τιμή υπολογίστηκε για όλες τις μετρήσεις που ενδιαφέρουν όπως οι χρόνοι ταξιδιού, οι ροές και τα μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών» οχημάτων. Πρέπει να χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη τιμή του R. Για να ληφθούν οι αρχικές τιμές των μεταβλητών η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε 10 φορές.

7.2.5. Αποτελέσματα

7.2.5.1. Κυκλοφοριακές ροές

Οι παρατηρημένες και προσομοιωμένες κυκλοφοριακές ροές σε τοποθεσίες κλειδιά συγκρίθηκαν με την χρήση δυο ωρών της πρωινής αιχμής σε διαστήματα των 15 λεπτών. Το κύριο ποσοστιαίο λάθος εντοπίζει την ύπαρξη μιας σταθερής πρόβλεψης στις προσομοιωμένες μετρήσεις. Αυτές οι μετρήσεις υπολογίζονται από τον ακόλουθο τύπο:

$$RMS = \{ 1/N * \sum_{i=1}^{N} [(y_i^s - y_i)/y_i]^2 \}^{1/2}$$

όπου y_i και y_i^s είναι οι παρατηρημένες και προσομοιωμένες μετρήσεις αντίστοιχα. N είναι ο αριθμός των σημείων μέτρησης.

Το εύρος των ποσοστιαίων λαθών RMS είναι από 5% έως 17%. Το κύριο ποσοστιαίο λάθος κυμαίνεται από -12% έως 14%. Γενικά, οι προσομοιωμένες ροές ανταποκρίνονται καλά στις μετρήσεις. Να σημειωθεί ότι οι αρχικές ροές χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των πινάκων αποστάσεων.

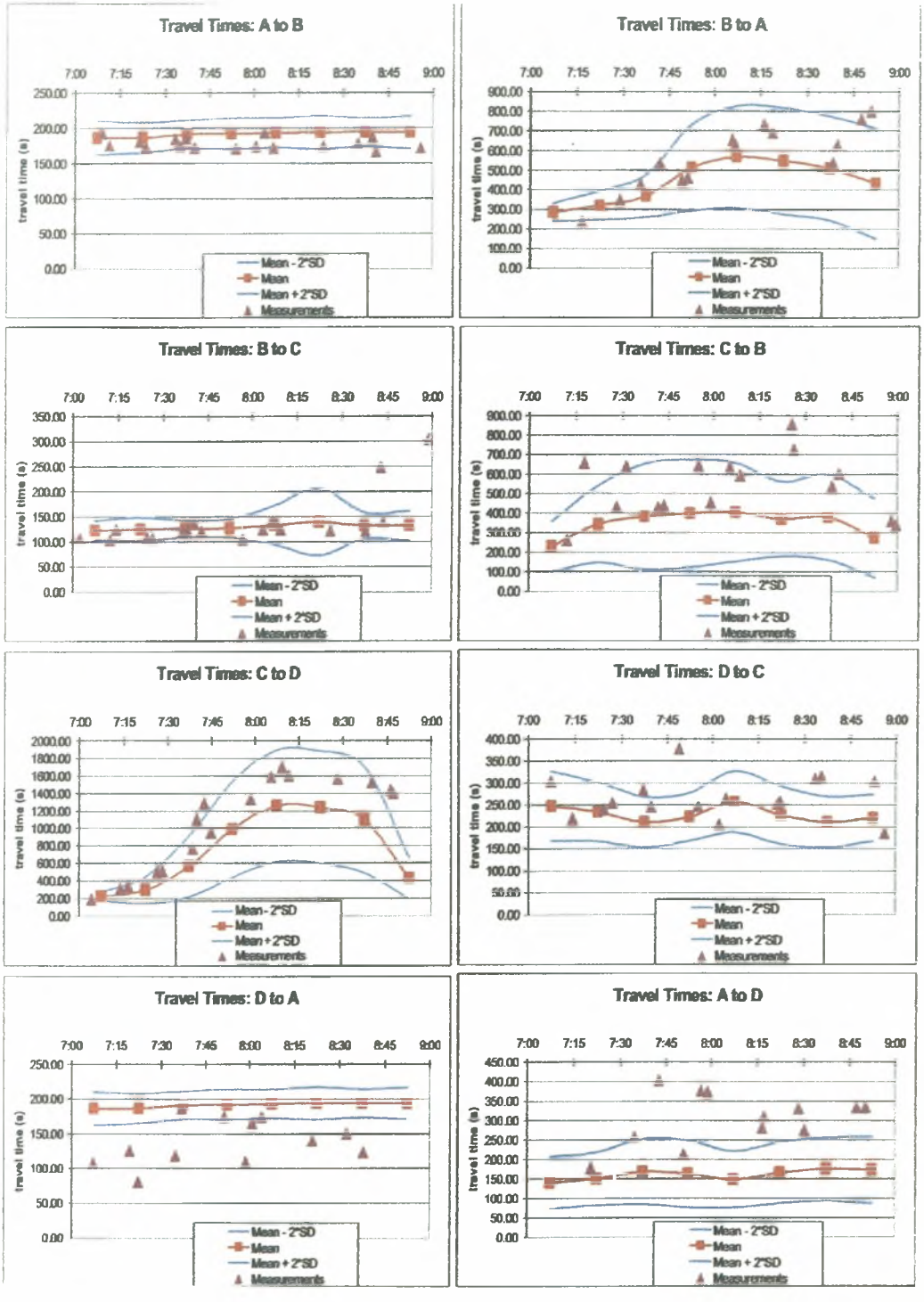
7.2.5.2. Χρόνοι Ταξιδιού

Οι χρόνοι ταξιδιού που μετρήθηκαν από σημείο σε σημείο από τα οχήματα εξερεύνησης συγκρίθηκαν με τις μέσες τιμές των προσομοιωμένων χρόνων ταξιδιού και τους τυπικούς διαχωρισμούς σε 15λεπτα διαστήματα. Είναι σημαντικό να εξηγηθεί η διαφορετικότητα ανάμεσα στους οδηγούς όταν συγκρίθηκαν οι παρατηρημένοι και προσομοιωμένοι χρόνοι ταξιδιού. Το σχήμα 7-3 δείχνει τις μέσες τιμές των προσομοιωμένων ταξιδιωτικών χρόνων και τις τιμές των χρόνων ταξιδιού που ανταποκρίνονται στο μέσο όρο των ±2 τυπικών διαχωρισμών του προσομοιωμένου κύριου χρόνου σε συμφωνία με τις παρατηρημένες τιμές.

Τα τμήματα A-B, B-C και B-A στη διάρκεια των ωρών πρωινής αιχμής δεν παρουσιάζουν συμφόρηση. Ο προσομοιωμένος χρόνος διαδρομής ταιριάζει ιδιαίτερα καλά σε αυτά τα τμήματα. Τα τμήματα C-D, C-B και B-A είναι ιδιαίτερα συμφορημένα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στα σχήματα των καμπών των χρόνων ταξιδιού. Ποσοστό του λάθους έχει σχέση με την παρουσία λεωφορειογραμμών στα τμήματα C-D και C-B (όπως και στα B-C και D-C). Τα οχήματα εξερεύνησης δεν χρησιμοποίησαν αυτές τις ειδικές λωρίδες , αλλά ο υπολογισμός των προσομοιωμένων χρόνων διαδρομής περιλαμβάνει οχήματα που κινούνται και σε αυτές τις λωρίδες. Φυσικά οι χρόνοι στις λωρίδες λεωφορείων ήταν μικρότεροι. Η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στους παρατηρημένους και τους προσομοιωμένους χρόνους κίνησης παρουσιάστηκε στα τμήματα A-D και D-A. Αυτά είναι μικρά τμήματα που περιλαμβάνουν κυκλοφοριακές ρυθμίσεις και κυκλικές κινήσεις.

7.2.5.3. Μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών» οχημάτων

Τα προσομοιωμένα μήκη μετρήθηκαν από τα οχήματα εξερεύνησης και από αεροφωτογραφίες. Στη κορύφωση τους οι «ουρές» μπορεί να δημιουργούσαν συμπλοκές και να μεγάλωναν στο βόρειο όριο του δικτύου. Παρά τον περιορισμένο αριθμό των συγκρίσεων, τα μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών» αναπαραστάθηκαν καλά στην προσομοίωση.



Σχήμα 7-3:Σύγκριση των παρατηρημένων και προσομοιωμένων ταξιδιωτικών χρόνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Κριτική Αξιολόγηση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας

8.1. Αξιολόγηση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας

8.1.1. Μοντέλα προσομοίωσης της οδηγικής συμπεριφοράς

8.1.1.1. Το BATmobile (Nikunj, 1999)

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για το συγκεκριμένο μοντέλο συμπεριφοράς έδειξε ότι για απλά σενάρια με έναν μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων και ένα μεγάλο εύρος από συμφορήσεις από την κατάσταση ροής χωρίς συμφόρηση μέχρι την μέγιστη ροή, τα συγκεκριμένα μοντέλα της ανάλυσης προβλέπουν την συμπεριφορά των οδηγών ακόμη και όταν τα δεδομένα περιέχουν κάποιες αποκλίσεις στις μεταβλητές.

Επιθυμητό θεωρείται να γίνει έρευνα σε πιο πολύπλοκα σενάρια, ουσιαστικά σε σενάρια που σχετίζονται με την μέγιστη ροή και οι οδηγοί πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και τις ενέργειες των υπόλοιπων οδηγών που βρίσκονται στο δρόμο. Επιπλέον, χρήσιμα θα ήταν για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς στοιχεία που αφορούν στον τύπο του οχήματος, στα διάκενα ανάμεσα στα οχήματα κατά την διάρκεια της αλλαγής λωρίδας και στη διαδρομή που προτίθενται να ακολουθήσουν οι οδηγοί.

Η κατασκευή τέτοιων μοντέλων θα απαιτούσε η χρήση του προσομοιωτή BATmobile να παράγει σενάρια με μεγάλη ροή οχημάτων και μάλιστα με την προσθήκη ατυχημάτων, μεγάλων φορτηγών και άλλων γεγονότων που προκαλούν αυξημένη πυκνότητα και μικρά κενά ανάμεσα στα οχήματα. Τέλος, είναι αναγκαία η χρήση συνεχών μεταβλητών στα DPN μοντέλα σε όσες περιπτώσεις είναι φυσιολογικές όπως οι ταχύτητες και οι επιταχύνσεις.

8.1.1.2. **Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας** (Salvucci & Liu, 2002)

Η διαδικασία της αλλαγής λωρίδας δεν είναι απλά ένα πρόβλημα ελέγχου, αλλά αποτελεί και θέμα συνείδησης και σωστής λήψης απόφασης για την συγκεκριμένη πράξη από την πλευρά των οδηγών.

Ο σκοπός του συγκεκριμένου μοντέλου, το οποίο έχει αναπτυχθεί σύμφωνα με την αντιληπτική αρχιτεκτονική (η οποία βασίζεται στην ACT-R αρχιτεκτονική των Anderson και Lebiere, 1998) είναι να εξετάσει και να αναπτύξει τα στοιχεία εκείνα των οδηγών που θα αποτελέσουν την βάση για την διαμόρφωση της κατάλληλης συμπεριφοράς σε θέματα λήψης αποφάσεων σε κρίσιμες καταστάσεις, όπως είναι η αλλαγή λωρίδας κυρίως σε έναν αυτοκινητόδρομο.

8.1.1.3. **Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών** (Harbluk & Noy, 2002)

Σκοπός του συγκεκριμένου μοντέλου ήταν να εξετασθεί η επιρροή της αντιληπτικής απόσπασης της προσοχής των οδηγών σε σχέση με την οπτική τους συμπεριφορά και τον έλεγχο του οχήματος. Το ενδιαφέρον των μελετητών εντοπίστηκε στον τύπο της απόσπασης που δημιουργούσε η εκτέλεση απαιτητικών δραστηριοτήτων και ο τρόπος με τον οποίο είναι πιθανό να εμπλέκονται αυτές οι δραστηριότητες όταν οι οδηγοί αντιδρούν στις διάφορες λειτουργίες χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ομιλίας ή την συζήτηση με την συνεισφορά των τεχνολογιών με «ελεύθερα» χέρια εντός του οχήματος.

Η εκτέλεση μιας συγκεκριμένης αποστολής κατά την διάρκεια της οδήγησης δημιουργούσε στους οδηγούς αλλαγές στην οπτική τους συμπεριφορά, στον έλεγχο του οχήματος, αλλά και σε παθητικές εκτιμήσεις ασφάλειας και απόσπασης της προσοχής τους. Ειδικά η οπτική συμπεριφορά των οδηγών άλλαζε συνέχεια σε σημαντικές περιστάσεις. Ουσιαστικά, υπάρχουν μεμονωμένες διαφορές στον τύπο της οπτικής συμπεριφοράς που πηγάζει από την εκτέλεση κάποιων επιπρόσθετων αποστολών στη διάρκεια της οδήγησης.

8.1.1.4. **Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων** (Salvucci, 2001)

Το παραπάνω μοντέλο επεξεργάζεται μια μέθοδο που διαμορφώνει a priori προβλέψεις των αποτελεσμάτων των υποδοχών μέσα στα οχήματα κατά την διάρκεια της οδήγησης. Συγκρίνοντας τις προβλέψεις του ολοκληρωμένου μοντέλου με τα εμπειρικά αποτελέσματα, το μοντέλο προσομοιώνει με σχετική ακρίβεια τα πραγματικά δεδομένα. Το μοντέλο, επίσης, αναπαράγει μερικά από τα ποιοτικά αποτελέσματα που εμφανίζονται στις εμπειρικές μετρήσεις, περιλαμβανομένων των αποτελεσμάτων της πλήρους χειρωνακτικής υποδοχής. Όμως, το συγκεκριμένο μοντέλο αποτυγχάνει να

συγκεντρώσει κάποια ποσοτικά αποτελέσματα κυρίως για την ταχεία χειρωνακτική κλήση.

Πάντως, κάποιος ερευνητής που ενδιαφέρεται να εκτιμήσει μια νέα υποδοχή σε κάποιο όχημα, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μοντέλο οδηγού μπορεί γρήγορα να επινοήσει ένα μοντέλο χρήστη, το οποίο θα είναι ικανό να κάνει προβλέψεις για τις αλληλεπιδράσεις των υποδοχών με την οδήγηση.

Όσον αφορά τα **Δυναμικά Μοντέλα MARKOV** (Liu & Salvucci, 2001), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση του μοντέλου πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών των οχημάτων, εκτιμάται ότι αυτά τα μοντέλα θα είναι χρήσιμα στην βελτίωση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους ανθρώπους και στα «έξυπνα» αυτοματοποιημένα συστήματα.

Είναι γεγονός, όμως, ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά συχνά μεταβάλλεται με το πέρασμα των χρόνων εξαιτίας της μεγαλύτερης εμπειρίας ή και της επίδρασης της ηλικίας. Γι' αυτόν τον λόγο το κάθε μοντέλο οδηγού οφείλει να είναι ικανό να μαθαίνει ή να υιοθετεί αυτές τις αλλαγές. Για παράδειγμα, επειδή η συμπεριφορά αλλάζει καθώς οι οδηγοί αποκτούν μεγαλύτερη εμπειρία, είναι απαραίτητο τα Δυναμικά Μοντέλα Markov να μπορούν να αντιδρούν σε αυτές ακριβώς τις αλλαγές που συμβαίνουν με το πέρας των χρόνων. Αυτό θα μπορούσε θεωρητικά να είναι μια απλή διαδικασία καθώς κάθε ταξινόμηση μιας νέας συμπεριφοράς είναι δυνατόν να χρησιμεύσει ως επιπρόσθετο στοιχείο για να αναθεωρηθούν οι παράμετροι του μοντέλου.

8.1.2. Μοντέλα προσομοίωσης της κυκλοφορίας

8.1.2.1. Το DynaMIT (Ben-Akiva, Bierlaire, Koutsopoulos & Mishalani, 1998)

Το DynaMIT αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα κυκλοφορίας το οποίο προάγει κυκλοφοριακές προβλέψεις και ταξιδιωτική καθοδήγηση. Οι προβλέψεις του αφορούν διαδοχικά χρονικά διαστήματα μέσα σε έναν χρονικό ορίζοντα. Επίσης, το συγκεκριμένο μοντέλο επιτρέπει την επαναληπτική εκτίμηση της κυκλοφοριακής ροής του δικτύου που είναι το πρωταρχικό βήμα της προόδου της πρόβλεψης, για να συνεχίσει με την εκμετάλλευση των πληροφοριών που συλλέγονται από το σύστημα παρατήρησης. Το DynaMIT περιλαμβάνει δύο σημαντικά εργαλεία προσομοίωσης: τον Μεσοσκοπικό Προσομοιωτή Ζήτησης και τον Μεσοσκοπικό Προσομοιωτή Προσφοράς. Αυτά τα εργαλεία σχεδιάζονται έτσι ώστε :

- να μπορούν να χρησιμοποιούνται τόσο για σκοπούς εκτίμησης όσο και πρόβλεψης,

- να περιλαμβάνουν ταυτόχρονα μεμονωμένη και συλλογική κυκλοφοριακή αναπαράσταση στο ίδιο πλαίσιο οργάνωσης του μοντέλου και

- να προάγουν διάφορα ειδικευμένα μέσα που εξετάζουν την σύγκλιση ανάμεσα στις ταχύτητες εκτέλεσης και την ακρίβεια.

8.1.2.2. Το MITSIMLab (Ben-Akiva, Davol, Toledo, Koutsopoulos, Bourghout, Andreasson, Johansson & Lundin, 2002)

Το MITSIMLab αποτελεί ένα μοντέλο προσομοίωσης για ένα σύνθετο δίκτυο που περιλαμβάνει έναν αστικό δρόμο και έναν αυτοκινητόδρομο στην Στοκχόλμη. Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι από τη μια να προσαρμόσει το μοντέλο στις οδικές συνθήκες της Στοκχόλμης , και από την άλλη να εκτιμήσει την εκτέλεση του προσαρμοσμένου μοντέλου χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα.

Το προσαρμοσμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση θεμάτων κυκλοφοριακής διαχείρισης που περιλαμβάνουν συστήματα ελέγχου της κίνησης, της προτεραιότητας των λεωφορείων και χειρισμούς λεωφορειογραμμών.

Η εκτέλεση του προσαρμοσμένου μοντέλου εκτιμήθηκε με την σύγκριση τριών τύπων παρατηρούμενων και προσομοιωμένων μετρήσεων: κυκλοφοριακές ροές σε κύριες τοποθεσίες, ταξιδιωτικούς χρόνους από σημείο σε σημείο και μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών» οχημάτων. Η σύγκριση ανάμεσα στις παρατηρημένες και προσομοιωμένες ροές έδειξε μια σχετική σύγκλιση των τιμών. Επίσης, τόσο τα μήκη των σχηματιζόμενων «ουρών» των οχημάτων όσο και οι ταξιδιωτικοί χρόνοι που παρατηρήθηκαν στην πραγματικότητα είχαν αναπαραχθεί σε αποδεκτά επίπεδα από τον προσομοιωτή.

8.2. Σύγκριση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας

Η ομαδοποίηση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας που πραγματοποιήθηκε στο πέμπτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, κατέδειξε σε πρώτη φάση τα κοινά χαρακτηριστικά που εμφανίζουν τα μοντέλα και το κύριο αντικείμενο επεξεργασία τους. Με λίγα λόγια, τα εξεταζόμενα μοντέλα συνεισφέρουν στην καλύτερη διαχείριση των σύγχρονων τεχνολογιών, η οποία οδηγεί στη διαμόρφωση καλύτερης οδηγικής συμπεριφοράς και καλύτερων συνθηκών κυκλοφορίας.

Τα αντιπροσωπευτικά μοντέλα που παρουσιάστηκαν για κάθε ομάδα μοντέλων είναι μικροσκοπικά, καθώς εξετάζουν και προσομοιώνουν την συμπεριφορά μεμονωμένων

οχημάτων, αντίθετα με τα μακροσκοπικά μοντέλα που περιγράφουν γενικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, όπως είναι η πυκνότητα και η ροή.

Ακόμη, τα μοντέλα που περιγράφονται σε αυτήν την εργασία βασίζονται στη γνώση και τις αρχές της αντιληπτικής αρχιτεκτονικής (cognitive architecture), η οποία με τη σειρά της αποτελεί εξέλιξη της ACT-R αρχιτεκτονικής (Anderson & Lebiere, 1998). Η αντιληπτική αρχιτεκτονική επιτρέπει να ληφθούν μαζί τα μοντέλα χρήστη και οδηγού και να συνδυαστούν στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου που εκτελεί ταυτόχρονα και τις δυο αποστολές.

Επιπλέον, η αναπαράσταση των εξεταζόμενων μοντέλων βασίζεται στην προσομοίωση, η οποία επιτρέπει τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων που είναι χρήσιμα για την εκτίμηση των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.). Μόνο το *BATmobile* χρησιμοποιεί αλγόριθμο για την αναπαράσταση του.

Από την άλλη πλευρά, παρατηρήθηκαν και κάποιες διαφορές ανάμεσα στα μοντέλα που εξετάσθηκαν, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με το αντικείμενο και την λειτουργία τους. Το αντικείμενο της πρώτης ομάδας μοντέλων (*BATmobile, Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας, Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών και Μοντέλο επίδρασης των υποδοχών των οχημάτων*) είναι η μεμονωμένη οδηγική συμπεριφορά, ενώ η δεύτερη ομάδα (*DynaMIT και MITSIMLab*) προσομοιώνει την κυκλοφοριακή ροή.

Επιπλέον, μια ουσιώδης διαφορά στη λειτουργία των μοντέλων υπήρξε ο τρόπος καταγραφής των αποτελεσμάτων, ο οποίος διέφερε από μοντέλο σε μοντέλο. Κάποια από τα μοντέλα, λοιπόν, χρησιμοποίησαν τις κινήσεις των ματιών των οδηγών (*Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας, Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών*), ενώ άλλος τρόπος καταγραφής , για παράδειγμα, ήταν ειδικές συσκευές (π.χ. κάμερες, αισθητήρες), οι οποίες συλλέγανε τις μετρήσεις κατά την διάρκεια του πειράματος ή της προσομοίωσης (*BATmobile , Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών οχημάτων*).

Επίσης, μια διαφορά που παρατηρήθηκε ανάμεσα στα μοντέλα προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας έχει σχέση με την ύπαρξη ή όχι ιστορικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση των δεδομένων. Έτσι, από όλα τα μοντέλα μόνο το *Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας* διέθετε στοιχεία από προηγούμενες έρευνες τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, είτε ως βάση εισαγωγής δεδομένων, είτε ως στοιχεία σύγκρισης με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Αντίθετα, το *DynaMIT,* για παράδειγμα βασίζεται στην εκτίμηση των καταστάσεων και στις προβλέψεις, ενώ το *BATmobile* και το *MITSIMLab* βασίζονται σε δυναμικά πιθανολογικά δίκτυα.

Τέλος, διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν ανάμεσα στα μοντέλα όσον αφορά την τελική τους προσφορά στη συμπεριφορά των οδηγών και την κυκλοφορία. Το *DynaMIT* και το *MITSIMLab* προάγουν ταξιδιωτικούς οδηγούς που παρέχουν πληροφορίες στους οδηγούς που αφορούν στην επιλογή δρομολογίου, τις επιλογές κόμβων, την ώρα αναχώρησης και τις εναλλακτικές διαδρομές κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Με λίγα λόγια, τα δύο αυτά μοντέλα παρέχουν άμεσες και πρακτικές πληροφορίες στους οδηγούς που διευκολύνουν την μετάβαση τους από ένα σημείο σε ένα άλλο. Από την άλλη πλευρά, το *Μοντέλο απόσπασης της προσοχής των οδηγών* και το *Μοντέλο πρόβλεψης των επιρροών των υποδοχών των οχημάτων*, αναλύουν τις επιρροές που έχουν οι διάφορες υποδοχές των προηγμένων συστημάτων υποστήριξης οδηγών στη συμπεριφορά των χρηστών και εξετάζουν πώς αυτές οι υποδοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά από τους οδηγούς χωρίς να αποσπάται η προσοχή τους. Το *BATmobile* και το *Μοντέλο χρόνου πορείας αλλαγής λωρίδας* σχετίζονται με σημαντικές πτυχές της οδήγησης, όπως είναι η αλλαγή λωρίδας, η επιτάχυνση και η επιβράδυνση, και βοηθούν με τον τρόπο αυτό τους οδηγούς να κινούνται επιτυχώς σε έναν αυτοκινητόδρομο, λαμβάνοντας υπόψη και τους υπόλοιπους χρήστες οχημάτων.

Στο συγκεντρωτικό πίνακα 8-1 γίνεται σύγκριση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας με βάση 5 κριτήρια και 9 υποκατηγορίες. Τα κριτήρια αυτά με τις αντίστοιχες υποκατηγορίες είναι το αντικείμενο που επεξεργάζεται το μοντέλο (μεμονωμένη οδηγική συμπεριφορά ή κυκλοφοριακή ροή), η θεώρηση του (μικροσκοπική ή μακροσκοπική), ο τρόπος αναπαράστασης (με προσομοίωση ή με αλγόριθμο), το υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται (ACTR-Αρχιτεκτονική) και ο τρόπος λειτουργίας του (περιγραφή ή εκτίμηση και πρόβλεψη).

Πίνακας 8-1: Σύγκριση των μοντέλων προσομοίωσης της συμπεριφοράς των οδηγών και της κυκλοφορίας.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ			ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ					
			BATMOBILE	ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΛΛΑΓΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΡΡΟΩΝ ΥΠΟΔΟΧΩΝ	DYNAMIT	MITSIMLAB
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗ ΟΔΗΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ		✓	✓	✓	✓	–	–
	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΡΟΗ		–	–	–	–	✓	✓
ΘΕΩΡΗΣΗ	ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ		–	–	–	–	–	–
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ & ΕΚΤΙΜΗΣΗ		✓	–	–	–	✓	–
	ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ	ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΑΤΙΩΝ	–	✓	✓	–	–	–
		ΕΙΔΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	✓	–	–	✓	–	–
ΑΝΑΠΑΡΑ-ΣΤΑΣΗ	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ		–	✓	✓	✓	✓	✓
	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ		✓	–	–	–	–	–
ΥΠΟΒΑΘΡΟ	ACT-R ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ		✓	✓	✓	✓	✓	✓

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Προτάσεις βελτίωσης των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών και μελλοντική έρευνα

9.1. Γενικά

Η βελτίωση της ασφάλειας, άνεσης και κινητικότητας των επιβατών είναι ένα βασικό ερευνητικό αντικείμενο από τις αρχές του αιώνα. Τα περισσότερα από τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) αποσκοπούν στη φάση οδήγησης πριν το ατύχημα προκειμένου αυτό να αποτραπεί. Αυτό ακριβώς αποδεικνύει την εξέλιξη της έρευνας από τα παθητικά συστήματα πριν 20 έτη, όπως ήταν οι αερόσακοι, οι ζώνες ασφαλείας, στην ενεργή πρόληψη του ατυχήματος (Ναθαναήλ, 2004).

Το Ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο είναι κορεσμένο. Η ιδέα του «έξυπνου» οχήματος, που αναλύει αυτόνομα εξωτερικά και εσωτερικά δεδομένα, και πληροφορεί τον οδηγό, φαίνεται να δίνει μια λύση στο πρόβλημα. Τα περισσότερα από τα Σ.Σ.Υ.Ο. που παρουσιάσθηκαν σχετίζονται ακριβώς με το τακτικό και λειτουργικό επίπεδο οδήγησης (Ναθαναήλ, 2004).

9.2. Παρατηρήσεις σχετικά με την χρήση των Σύγχρονων Συστημάτων Υποβοήθησης των Οδηγών

Καταρχήν, για να είναι αποδεκτές οι τεχνικές που προτείνονται μέσω των Σ.Σ.Υ.Ο. οφείλουν να είναι οικονομικές, αξιόπιστες και εύκολες στη χρήση. Ειδικά για τις αρχές ενός τόπου, τα Σ.Σ.Υ.Ο. πρέπει να επιτυγχάνουν τους στόχους τους όσον αφορά την αυξημένη αποτελεσματικότητα στο κυκλοφοριακό σύστημα, στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τις μεταφορές και στη μείωση του αριθμού των συγκρούσεων οχημάτων. Από την άλλη πλευρά, οι ιδιώτες που θα προμηθεύουν τα νέα συστήματα στα οχήματα τους θα έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως ασφαλέστερες και συντομότερες μετακινήσεις, αλλά και παροχή πληροφοριών πριν

και κατά την διάρκεια των ταξιδιών τους. Είναι σχεδόν σίγουρο, όμως, ότι εάν τα νέα συστήματα είναι ιδιαίτερα απαιτητικά στη χρήση τους ή χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις, τότε οι πολίτες θα είναι σίγουρα επιφυλακτικοί απέναντι τους. Οι νέες τεχνολογίες, άλλωστε, παλαιότερα έχουν περάσει από μια αμφισβήτηση όσον αφορά κυρίως την ασφάλεια του οδηγού και των συνεπιβατών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο αερόσακος ασφαλείας ο οποίος έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να σώσει την ζωή ενός ατόμου μέσα στο αυτοκίνητο στην περίπτωση σύγκρουσης, αλλά ο φόβος τραυματισμού των παιδιών που κάθονται στις μπροστινές θέσεις αποτελεί πολλές φορές ανασταλτικό παράγοντα αγοράς οχημάτων που περιέχουν αερόσακους (ETSC, 1999).

Η οδική ασφάλεια, μέχρι πρόσφατα, υπήρξε ένα μεταξύ άλλων αντικειμένων στα οποία στόχευαν τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) και όχι ένα κεντρικό τμήμα σχεδιασμού. Την σημερινή εποχή, υπάρχει μια σαφής ανάγκη να προταθεί ότι η ανάπτυξη και η χρήση των Σ.Σ.Υ.Ο. δεν μπορεί να αφεθεί αποκλειστικά στους παράγοντες της αγοράς, καθώς δεν είναι σίγουρο ότι οι παράγοντες αυτοί επιλέγουν πάντα τα πιο προνομιακά στοιχεία για την οδική ασφάλεια. Οι κατασκευαστές καλό θα ήταν να βοηθηθούν σε θέματα σχεδιασμού, ανάπτυξης και εφαρμογής, έτσι ώστε να επανιδρύσουν την σωστή ισορροπία ανάμεσα στην ασφάλεια και τα αντικείμενα των Σ.Σ.Υ.Ο. (ETSC, 1999).

Μια άλλη κατεύθυνση της έρευνας σήμερα είναι η σχετιζόμενη με την έννοια του «έξυπνου» δρόμου. Το όχημα δεν θεωρείται πια ως μια ανεξάρτητη μονάδα αλλά μετατρέπεται σε ένα εργαλείο, το οποίο ανταλλάσσει πληροφορίες με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω της οδικής υποδομής ή του κέντρου επίβλεψης. Με τον τρόπο αυτό διαφορετικές λειτουργίες, όπως πλοήγηση, διαμήκης και εγκάρσιος έλεγχος, συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να παρέχουν στον οδηγό μια καθολική και συνθετική εικόνα του περιβάλλοντος ή επιτρέπουν στο σύστημα να ενεργεί αντί του οδηγού. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ότι ολοένα και περισσότερα συστήματα απαιτούν συνεργασία με εξωτερικά συστήματα, όπως σύστημα GSM και GPS ή άλλη υποδομή και γι' αυτό απαιτείται κοινή ερευνητική προσπάθεια μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα (Ναθαναήλ, 2004).

Καθώς υπάρχει μια ραγδαία εμπλοκή των ιδιωτικών φορέων σε περιοχές που κάποτε βρίσκονταν υπό την αποκλειστική εποπτεία των δημόσιων αρχών, είναι απαραίτητη μια αντικειμενική εκτίμηση των Σ.Σ.Υ.Ο. σε πρώιμα μάλιστα στάδια. Η γρήγορη ανακάλυψη των αρνητικών αποτελεσμάτων στην οδική ασφάλεια θα συνεισφέρει στην αποφυγή μελλοντικών ζημιών από την πλευρά των κατασκευαστών. Επιπλέον, η τεχνική αρτιότητα των σύγχρονων συστημάτων δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα αποτελεσματικότητας, καθώς υπάρχουν και άλλες σημαντικές παράμετροι όπως είναι η αποδοχή του κοινού, οι ανάγκες της αγοράς, το κόστος και η δυναμική επίλυσης συγκεκριμένων προβλημάτων. Υπάρχει η ανάγκη για μια πιο ολοκληρωμένη ανάπτυξη

των στρατηγικών στον τομέα των νέων τεχνολογιών και των μεταφορών. Το κύριο πρόβλημα για μια τέτοια ανάπτυξη είναι ότι η τεχνολογία στον τομέα των Σ.Σ.Υ.Ο. αλλάζει με πολύ γρήγορους ρυθμούς (ETSC, 1999).

Ένα σημαντικό, επίσης, θέμα είναι ότι οι εταιρείες παραγωγής και προμήθειας των Σ.Σ.Υ.Ο. οφείλουν να παρέχουν στους υποψήφιους αγοραστές τις κατάλληλες καταναλωτικές πληροφορίες. Για απλά συστήματα, οι διάφορες προειδοποιήσεις παρέχονται μέσω των κινητών τηλεφώνων. Στην περίπτωση όμως πιο περίπλοκων συστημάτων οι κατασκευαστές έχουν την υποχρέωση να διοχετεύουν στην αγορά ολοκληρωμένα πακέτα ώστε και να προστατεύουν, αλλά και να ενημερώνουν τους χρήστες. Από την άλλη πλευρά, όμως, η παροχή πληροφοριών και οδηγιών από τους κατασκευαστές δεν σημαίνει ταυτόχρονα και την απαλλαγή τους από την ευθύνη για την ασφάλεια (ETSC, 1999). Για όλους αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητη η διαμόρφωση του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου, το οποίο θα διαλευκάνει τις υποχρεώσεις των κατασκευαστών, των προμηθευτών και των χρηστών, ώστε να υπάρχει σαφής διαχωρισμός των αρμοδιοτήτων και των ευθυνών.

Επιπλέον, καλό θα ήταν το κοινό να ενημερώνεται για τις ασφαλείς συνέπειες της χρήσης των λειτουργιών των «έξυπνων» συστημάτων υποβοήθησης οδηγών ώστε να προαχθούν καλύτερα τα προνόμια οδήγησης. Εάν οι πολίτες συνεχίζουν να χρησιμοποιούν αυτά τα συστήματα, τότε και τα διάφορα συστήματα που προωθούνται θα σχεδιάζονται καλύτερα με σκοπό πάντα την μικρότερη ή την μηδενική απόσπαση της προσοχής των οδηγών. Με λίγα λόγια, κρίνεται σκόπιμο να γίνονται εκστρατείες ενημέρωσης για τα Σ.Σ.Υ.Ο. που βρίσκονται υπό κατασκευή ή υπάρχουν ήδη στην αγορά, ώστε οι χρήστες να γνωρίζουν το αντικείμενο και τον τρόπο λειτουργίας αυτών των συστημάτων. Για παράδειγμα, οι υποδοχές εκείνες των Σ.Σ.Υ.Ο. που απαιτούν την οπτική προσοχή των οδηγών είναι πιθανόν να έχουν αρνητικές επιρροές στην οδική ασφάλεια, και αυτό γιατί οι χρήστες τείνουν να καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια στη σωστή λειτουργία των διάφορων μηχανημάτων που βρίσκονται συνήθως στο ταμπλό του αυτοκινήτου τους παραβλέποντας τα παράπλευρα οχήματα ή και το περιβάλλον. Προτείνεται, λοιπόν, να διανεμηθούν φυλλάδια στους πολίτες τα οποία θα τους ενημερώνουν για τους κινδύνους που ελλοχεύει η χρήση κινητών τηλεφώνων κατά την διάρκεια της οδήγησης, αλλά παράλληλα θα τους επισημαίνουν πως ακόμη και η ομιλία με «ελεύθερα» χέρια εντός του οχήματος αποσπά την προσοχή τους και τους θέτει σε κίνδυνο ατυχήματος (ETSC, 1999).

Τέλος, οι περισσότερες συγκρούσεις οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη, τα οποία κάποιες φορές είναι εσκεμμένα, αν και τις περισσότερες φορές είναι τυχαία. Υπάρχουν τρεις τρόποι μείωσης των ανθρώπινων λαθών: επιλογή των χρηστών των δρόμων (για παράδειγμα, άδειες οδήγησης), βελτίωση των χρηστών (για παράδειγμα, πληροφόρηση, εκπαίδευση ,εξάσκηση) και προσαρμογή των δρόμων και των οχημάτων στα

ανθρώπινα χαρακτηριστικά (για παράδειγμα, δρόμοι εύκολα προσβάσιμοι από οδηγούς , ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές) (ETSC, 1999).

9.3. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Τα Σύγχρονα Συστήματα Υποβοήθησης των Οδηγών (Σ.Σ.Υ.Ο.) παρουσιάσθηκαν μεμονωμένα. Η σύγχρονη τάση όμως είναι να ενοποιηθούν οι διάφορες λειτουργίες, ώστε να αναπτυχθεί ένα πιο εξελιγμένο σύστημα με περισσότερες δυνατότητες. Με τον τρόπο αυτόν, θα είναι δυνατή η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος που θα περιέχει συνδυασμό λειτουργιών, με αποτέλεσμα να γίνεται τελικά εγκατάσταση μιας μόνο υποδοχής μέσα στα οχήματα, ώστε οι οδηγοί να μπορούν να το χειρίζονται πιο εύκολα και γρήγορα, χωρίς να αποσπάται ιδιαίτερα η προσοχή τους.

Επιπλέον, καλό θα ήταν να συνεχιστεί η έρευνα σε συγκεκριμένα συστήματα που έχει αποδειχτεί επίσημα ότι προάγουν την αύξηση της οδικής ασφάλειας. Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα για τα συστήματα προειδοποίησης για την ζώνη ασφαλείας ή τα συστήματα «έξυπνης» προσαρμογής της ταχύτητας, είναι θετικά και αποδεικνύουν ότι πράγματι τα συστήματα αυτά βοηθούν στη διαμόρφωση καλύτερης οδικής συμπεριφοράς. Η έρευνα, λοιπόν, μπορεί να επικεντρωθεί πλέον στην όσο το δυνατόν πιο σωστή εγκατάσταση των παραπάνω συστημάτων μέσα στα οχήματα, ώστε η προσαρμογή των οδηγών να είναι άμεση και ομαλή.

Τα Σ.Σ.Υ.Ο. που χρησιμοποιούνται ευρέως την σημερινή εποχή εφαρμόζονται σε περιβάλλον αυτοκινητοδρόμων, που όμως δεν είναι οι κύριες πηγές προβλημάτων οδικής ασφάλειας. Θα ήταν λογικό, λοιπόν, να διατίθενται συστήματα που να έχουν κύρια εφαρμογή σε αγροτικούς και αστικούς δρόμους. Εκτός από λίγες εξαιρέσεις, δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου χρήσεις των Σ.Σ.Υ.Ο. που να καλύπτουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους οδηγούς οχημάτων και τους ευάλωτους χρήστες των οδών (ETSC, 1999).

Όσον αφορά τα μοντέλα συμπεριφοράς των οδηγών, έχουν γίνει ήδη αρκετές προσπάθειες να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις των σύγχρονων συστημάτων στη συμπεριφορά των οδηγών και την κυκλοφορία, μέσα από διάφορα πειράματα ή προσομοιώσεις. Ωστόσο, θετική εξέλιξη θα αποτελούσε η κατάλληλη ομαδοποίηση των υπαρχόντων μοντέλων, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των στοιχείων που προκύπτουν με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει τελικά την αφομοίωση των θετικών λειτουργιών από τα συστήματα και την ταυτόχρονη εξάλειψη των μειονεκτημάτων.

Επιπρόσθετα, για την καλύτερη αποτελεσματικότητα των μοντέλων συμπεριφοράς θα ήταν καλό να εξετασθούν πιο πολύπλοκα κυκλοφοριακά σενάρια που να περιλαμβάνουν περισσότερες παραμέτρους ή και στοιχεία των οδηγών, καθώς με τον τρόπο αυτόν

διευρύνεται το φάσμα μελέτης και εκτίμησης των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά.

Τέλος, ένας σημαντικός τομέας στον οποίο δεν δίνεται ανάλογη σημασία είναι η διοχέτευση των πληροφοριών και των αποτελεσμάτων των ερευνών που πραγματοποιούνται. Απαιτείται, με λίγα λόγια, η δημιουργία ενός φορέα ο οποίος θα καλύπτει όλες τις νέες έρευνες και θα δίνει την δυνατότητα στους ερευνητές να ανταλλάσσουν πληροφορίες και στοιχεία, ώστε τα μοντέλα τελικά να είναι πιο ολοκληρωμένα και εμπεριστατωμένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abdel-Aty, M. A. & Abdelwahab, H. T. (2000). Exploring the relationship between alcohol and the driver characteristics in motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 32, 505-515.

Alm, H. & Nilsson, L. (1994). Changes in driver behaviour as a function of hands-free mobile phones - A simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 441-451.

Anderson, J. R. & Lebiere, C. (1998). The atomic components of thought. Hillsdale, NJ:Erlbaum.

Ashok, K. & Ben-Akiva, M. (1993). Dynamic OD matrix estimation and prediction for Real-Time Traffic Management Systems. C.F. Daganzo editor, Transportation and Traffic Theory, Elsevier Science Publishing Company Inc.

Barickman, F. S. & Goodman, M. J. (1999). MicroDAS: An in-vehicle portable data acquisition system. Transportation Research Record, 1689, 1-8.

Ben-Akiva, M. , Bierlaire, M. , Koutsopoulos, H. & Mishalani, R. (1998). DynaMIT: a simulation-based system for traffic prediction. DACCORD Short Term Fprecasting Workshop, February 1998, Delft, The Netherlands.

Ben-Akiva, M. , Davol, A. , Toledo, T. , Koutsopoulos, H. , Burghout, W. , Andreasson, I. , Johansson, T. & Lundin, C. , (2002). Calibration and Evaluation of MITSIMLab in Stockholm. 81st Transportation Research Board Meeting, January 2002.

Beausmans, J. & Rensink, R. (Eds) (1995). Cambridge Basic Research 1995 Annual Report (Tech. Rep. No. CBR-TR-95-7). Cambridge, MA: Nissan Cambridge Basic Research.

Bogaert, A. F. & Fisher, W. A. (1995). Predictors of university men's number of sexual partners. Journal of Sex Research, 32, 119-130.

Brookhuis, K. A. , De Vries, G. & De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23, 309-316.

Byne, M. D. & Anderson, J. R. (1998). Perception and action. In J.R. Anderson & C. Lebiere (Eds), The Atomic Components of Thought (167-200). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Care, 2004. Community database on Accidents on the road in Europe.

Chipman, M. L. , MacGregor, C. G. , Smiley, A. M. & Lee-Gosselin, M. (1992). Time vs. distance as measures of exposure in driving surveys. *Accident Analysis and Prevention,* 24:6, 679-684.

Chapman, P. R. & Underwood, G. (1999). Looking for danger: Drivers' eye movements in hazardous situations. In A. G. Gale et al. (Eds.). Vision In Vehicles VII. (pp. 225-232). Amsterdam: Elsevier.

Card, S. , Moran, T. & Newell, A. (1983). The psychology of human-computer interaction. Hilllsdate, NJ: Laurence Erlbaum Associates.

Dabbs, J. M. & Morris, R. (1990). Testosterone, social life and antisocial behaviour in a sample of 4.462 men. Psychological Science, 1, 209-211.

Daitzman, R, Zuckerman, M. , Sammelwitz, P. & Ganjam, V. (1978). Sensation seeking and gonadal hormones. Journal of Biosocial Science, 10, 401-408.

Daitzman, R. & Zuckerman, M. (1980). Disinhibitory sensation seeking, personality and gonadal hormones. Personality and Individual Differences, 1, 103-110.

Davison, D. A. & Irving, A. (1980). Survey and Visual Acuity of Drivers. TTRL Report LR945, Crowthorne, Berks, 1980.

Deffenbacher, J. L., Deffenbacher, D. M., Lynch, R. S., & Richards, T. L. (2003). Anger, aggression and risky behaviour: A comparison of high and low anger drivers. Behaviour Research and Therapy, 41(6), 701-718.

Dittman, M. (2005). Anger on the road. Monitor on psychology, 6.

Eizenman, M. , Jares, T. & Smiley, A. (1999). A new methodology for the analysis of eye-movements and visual scanning in drivers. Transport Canada Contract Report.

Έργα SARTRE, (1992), (1997). Social Attitude to road traffic in risk in Europe.

ETSC, (1993). Reducing Traffic Injury: The role of car design , Belgium, 1993.

ETSC, (1999). Intelligent Transportation Systems and Road Safety, European Transport Safety Council ETSC, 1999.

Evans, L. , Wasielewski, P. & Von Buseck, C. R. (1982). Compulsory set belt usage and driver risk-taking behaviour, *Human Factors*, 24, 41-48.

Evans, L. (1985). Human behaviour feedback and traffic safety, *Human Factors*, 27, 555-576, 1985.

Evans, L. (1991). Traffic Safety and the Driver. New York: van Nostrand Reinhold.

FANTASIE, 1997.A Structured State-of-the-Art Survey and Review, EU project FANTASIE, Deliverable 8, November 1997.

FANTASIE, 1997. Forecast of New Technologies with Major Impacts, EU project FANTASIE, Deliverable 9, November 1997.

Φλούδα, Α. , Δημητρόπουλος, Ι. & Κανελαΐδης, Γ. (1998). Έλεγχος οδικής ασφάλειας: Διεθνής εμπειρία και ελληνικές προοπτικές εφαρμογής. Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδικής Ασφάλειας, 292-299, 20-22 Μαΐου 1998.

Φραντζεσκάκης Ι. Μ. & Γκόλιας Ι. Κ. (1994). Συσχέτιση ατυχημάτων με χαρακτηριστικά χρηστών. Οδική Ασφάλεια, Παπασωτηρίου, 102-105, 1994.

Gerra, G. , Avanzini, P. , Zaimovic, A. , Sartori, R. , Bocchi, C. , Timpano, M. , Zambelli, U. , Delsignore, R. , Gardini, F. , Talarico, E. & Brambilla, F. (1999). Neurotransmitters, neuroendocrine correlates of sensation seeking temperament in normal humans. Neuropsychobiology, 39, 207-213.

Hamelin, P. (1987). Lorry Drivers' Time Habits in Work and their Involvement in Traffic Accidents. INRETS, Paris, 1987.

Harbluk, J. & Noy, I. (2002). The impact of cognitive distraction on driver visual behavior and vehicle control.

IN-ARTE, 2000. Consortium, Final Report, EU Project, IN-ARTE, Brussels, 2000.

Janelle, C. M. , Singer, R. N. & Williams, A. M. (1999). External distraction and attentional narrowing: Visual search evidence. Journal of Sport & Exercise Psychology, 21, 70-91.

Kieras, D. E., Wood, S. D. & Meyer, D.E. (1997). Predicting engineering models based on the EPIC architecture for a multimodal high-performance human-computer interaction task. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 4, 23-275.

Lancaster, R. & Ward, R. (2002). The Contribution of Individual Factors to Driving Behavior: Implications for managing work-related road safety. Research Report. HSE Contract Research Report: HSE Books.

Λευκή Βίβλος, 2002. Η Ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών με ορίζοντα το έτος 2010: η ώρα των επιλογών. Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2002.

Liu, A. & Salvucci, D. (2001). Modeling and prediction of human driver behavior. 9th Conference on Human-Computer Interaction, New Orleans, L.A., Aug, 2001.

Marek, J. & Sten, T. (1977). Traffic Environment and the Driver. *Driver Behavior and Training in International Perspective.* Springfield, III Charles Thomas Publisher, 1977.

Maycock, J. , Lockwood, C. R. & Lester, J.F. (1991). The Accident Liability of Car Drivers (Rep. No. 315). UK, Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.

McNight, A. J. & McNight, A. S. (1993). The effect of cellular phone use upon driver attention. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 259-265.

McKenna, F. P. , Waylen, A. E. & Burkes, M. E. (1998). Male and Female Drivers: How Different Are They? UK, Basingstoke: AA Foundation for Road Safety.

Michels, W. & Scheider, P. (1984). Traffic offences: Another approach to description and prediction. *Accident Analysis and Prevention*, 16, 223-238.

Michon, J. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In: Evans, L. & Schwing, R.C. (Eds) Human behavior and traffic safety, Plenum Press, New York, 485-524.

Miura, T. (1990). Active function and useful field of view in a realistic setting In R. Groner, G. d' Ydewalle & R. Parham. (Eds.) From eye to mind. Information acquisition in perception, search and reading (119-127). Amstredam: North-Holland.

Mizell, L. (1997). Aggressive driving. Washington, D.C.: American Automobile Association Foundation for Traffic Safety.

Mortimer, R. G. , Segel, L. , Dugoff, H. , Campbell, J. D. , Jorgeson, C. M. & Murthy, R. W. (1990). Brake force requirement study: Driver-vehicle braking performance as a function of brake system design variables. HSRI Report HuF-6, University of Michigan, NTIS Report: PB-193-258.

Mourant, R. R. & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335.

Ναθαναήλ, Ε. (2004). Προσομοίωση συγκοινωνιακών συστημάτων. *Σημειώσεις μαθήματος*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2004.

Nikunj, O. (1999). Probabilistic Models of Driver Behavior. Spatial Cognition Conference, Berkley.

Norris, F. H. , Matthews, B. A. & Riad, J. K. (2000). Characterological, situational and behavioral risk factors for motor vehicle accidents: A prospective examination. *Accident Analysis and Prevention*, 32, 505-515.

Novaco, R. (1991). Aggression on roadways. In Baenninger, R. (Ed.). Targets of violence and aggression. North Holland: Elsevier.

OECD (1990). Behavioural adaptations to changes in the road transport system, OECD Report, Paris, 1990.

Olson, P. L. & Sivan, M. (1986). Perception Response Time to Roadway Hazards. *Human Factors*, 28, 1986.

O' Toole, B. I. (1990). Intelligence and Behavior and Motor Vehicle Accident Mortality. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 1990.

Parker, D., Reason, J. T. , Manstead, A. S. R. & Stradling, S. (1995). Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 38, 1036-1048.

Parker, D. , West, R. , Stradling, S. & Manstead, A. (1995). Behavioural characteristics and involvement in different types on traffic accident. *Accident Analysis and Prevention*, 27:4, 571-581.

Parker, D. & Stradling, S. (1998). Influencing driver attitudes and behaviour. *Report to Department of Environment, Transport and the Regions.*

Parry, M. H. (1998). *Aggression on the Road*, London: Tavistock.

Pentland, A. & Liu, A. (1999). Modelling and prediction of human behaviour. *Neural Computation*, 11, 229-242.

Petica, S. & Bekiaris, E. (1996). Driver needs and public acceptance of emergency control aids, SAVE, Deliverable 3.1, 1996.

Quimby, A. R. & Watts, G. R. (1981). Human factors and driving performance, *TTRL Report 1004*, Crowthorne, Berks, 1981.

Quimby, A. R. , Maycock, G. , Carter, I. D. & Dixon, R. (1986). Perceptual abilities of accident involved drivers. *TTRL Report RR 27*, Crowthorne, Berks, 1986.

Reed, M. P. & Green, P.A. (1999). Comparison of driving performance on-road and in a low-cost simulator using a concurrent telephone dialling task. *Ergonomics*, 42, 1015-1037.

Salvucci, D. (2001). Predicting the effects of In-Car interfaces on driver behaviour using a cognitive architecture.

Salvucci, D. , Boer, E. R. & Liu, A. (2001). Toward an integrated model of driver behaviour in a cognitive architecture. *Transportation Research Record*, No. 1779.

Salvucci, D. & Liu, A. (2002). The time course of a lane change: Driver control and eye-movement behaviour. Transportation Research Part F, 2002.

Serafim, C. , Wen, C. , Paelke, G. & Green, P. (1993). Development and human factors tests of cell phones (Tech. Rep. No. UMTRI-93-17). Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transportation Research Institute.

Sheppard, D. (1982). Experience of an accident and its influence on driving. *TTRL Report SR 570*, Crowthorne, Berks, 1982.

SIRC (2004). Sex differences in driving and insurance risk. Social Issues Research Center, August 2004.

Smith, D. I. & Kriham, R. W. (1982). Relationship between intelligence and driving record. *Accident Analysis and Prevention*, 14, 1982.

Stradling, S. G. & Meadows, L. M. (1999). Highway code and aggressive violations in UK drivers. Paper presented to the *Aggressive Diving Issues Conference*, Ontario Ministry for Transportation, Toronto.

Storie, V. J. (1977). Male and female car drivers: Differences observed in accidents (Rep. No. 761). UK, England: Transport and Road Research Laboratory.

Summala, H. (1981). Driver/vehicle steering response latencies. *Human Factors*, 23, 1981.

Waller, P. F. , Elliot, M. R. , Shope, J. T. , Raghunathan, T. E. & Little, R. J. A. (2001). Change in young adults offense and crash patterns over time. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 117-128.

Waylen, A. & McKenna, F. (2002). Cradle attitudes-Grave consequences. The development of gender differences in risky attitudes and behaviour in road use. UK, Basingstoke: AA Foundation for road safety.

WHO (2002). World Health Organisation. Gender and road traffic injuries. WHO, Department of Gender and Women's Health. Geneva.

Yagil, D. (1998). Gender and age-related differences in attitudes toward traffic laws and traffic violations. Transportation Research, Part F:1, 123-135.

Zuckerman, M. (1994). Behavioural expressions and biosocial bases of sensation seeking. Cambridge: Cambridge University Press.