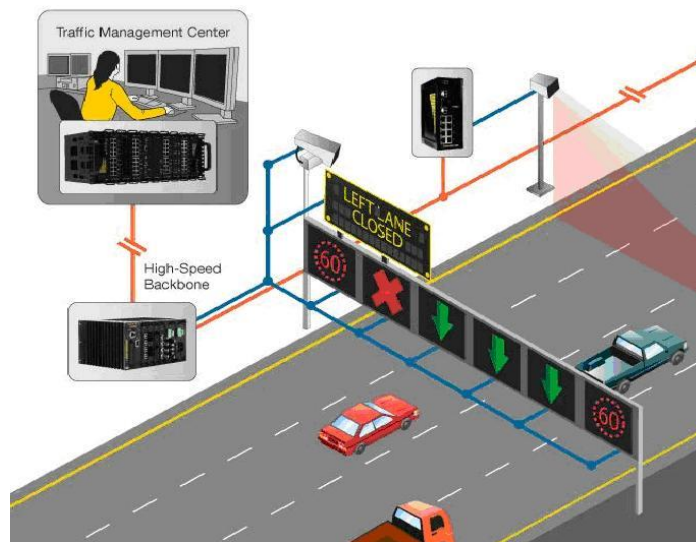




ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“Διαχείριση και ενεργειακή βελτιστοποίηση συστημάτων”

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών Στη Διαχείριση Κυκλοφορίας Οχημάτων»



Υπεύθυνος Καθηγητής: Καμινάρης Σταύρος

Φοιτητής: Κουσιάδης Δημήτριος

Αιγάλεω
Οκτώβριος – 2017

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

Αιγάλεω
Οκτώβριος – 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Καμινάρη Σταύρο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντάς μου τη δυνατότητα να εκπονήσω τη διπλωματική μου εργασία. Καθώς και την οικογένειά μου, για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
EXECUTIVE SUMMARY	8
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	11
1.1: Ορισμός.....	11
1.2: Βιβλιογραφικοί ορισμοί.....	11
1.3: Ιστορική αναδρομή.....	17
1.4: Κατηγορίες.....	21
1.5: ΕΣΜ στις πόλεις	24
1.6: ΕΣΜ στους αυτοκινητόδρομους.....	25
1.7: ΕΣΜ εθνικής εμβέλειας	26
1.8: Παραδείγματα χωρών και πόλεων.....	27
1.9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	37
2.1: Ευρωπαϊκός κανονισμός ΕΣΜ	37
2.2: Ελληνικός κανονισμός ΕΣΜ	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	44
3.1: Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης	46
3.2: Συστήματα ανίχνευσης οχημάτων.....	51
3.2.1: Τεχνολογίες εντός οδοστρώματος.....	51
3.2.2: Τεχνολογίες εκτός οδοστρώματος.....	60
3.2.3: Άλλες τεχνολογίες παρακολούθησης και ανίχνευσης οχημάτων	66
3.3: Συστήματα ασύρματης τεχνολογίας	70

3.4: Κάρτες ανταπόκρισης οχημάτων.....	74
3.5: Σύστημα RouteMapper.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΔΗΓΩΝ	77
4.1: Πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων	77
4.2: Πινακίδες ελέγχου λωρίδων.....	87
4.3: Πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας	88
4.4: Κινητά φράγματα φυσικού αποκλεισμού	91
4.5: Ραδιοειδοποίηση	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΣΜ	95
5.1: Ελληνική αρχιτεκτονική	95
5.1.1: Ελληνικός Οργανισμός Συστημάτων Ευφώνων Μεταφορών	96
5.2: Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική.....	98
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών και πως αυτά βοηθούν στην ομαλή και ασφαλή κυκλοφορία των οχημάτων. Επίσης, αυτή αναλύει ορισμένα έξυπνα συστήματα κυκλοφορίας και προειδοποίησης οδηγών, με σκοπό να γνωστοποιηθούν αυτές οι τεχνολογίες στο ευρύ κοινό.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγική περιγραφή στα ευφυή συστήματα μεταφορών. Αρχικά, αναφέρονται οι διάφοροι ορισμοί, η ιστορική αναδρομή και οι κατηγορίες αυτών. Έπειτα, αναλύονται τι συστήματα ισχύουν σε δρόμους πόλεων, σε αυτοκινητόδρομους και σε δρόμους εθνικής εμβέλειας. Μετά, αναφέρονται κάποια παραδείγματα χωρών και πόλεων που εφάρμοσαν Ε.Σ.Μ.. Τέλος, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών των έξυπνων συστημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η Ευρωπαϊκή και η Ελληνική νομοθεσία για τα ευφυή συστήματα μεταφορών.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας οχημάτων. Δηλαδή, θα αναφερθούμε σε συστήματα σχετικά με την παρακολούθηση, τον εντοπισμό, την ανίχνευση και την καθοδήγηση των οχημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύονται τα συστήματα προειδοποίησης οδηγών. Δηλαδή, θα αναφερθούμε σε συστήματα που προειδοποιούν τους οδηγούς με έξυπνες πινακίδες στο δρόμο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύονται οι αρχιτεκτονικές δομές των ευφύων συστημάτων μεταφορών, σύμφωνα με τα Ελληνικά, τα Ευρωπαϊκά και τα Αμερικάνικα πρότυπα.

Λέξεις κλειδιά: Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (ΕΣΜ), Ευρωπαϊκός Κανονισμός Ευφύων Συστημάτων Μεταφοράς, Οδηγία 2010/40/ΕΕ, Ελληνικός Κανονισμός Ευφύων Συστημάτων Μεταφοράς, Π.Δ. 50/2012, Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας, Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων, Αρχιτεκτονική Δομή Ευφύων Συστημάτων Μεταφορών.

EXECUTIVE SUMMARY

This master thesis studies the Intelligent Transportation Systems and how they help in normal and safe traffic of vehicles. It also analyzes some smart traffic and warning systems to make these technologies available to the general public.

In the first chapter, an introductory description is made on Intelligent Transportation Systems. Initially, there are various definitions, historical background and categories. Then, what systems apply to city roads, highways and national roads. Later, there are some examples of countries and cities that have implemented ITS. Finally, there are the advantages and the disadvantages of these smart systems.

The second chapter presents the European and Greek legislation on Intelligent Transport Systems.

In the third chapter, we analyze the traffic management systems. That is, we will refer to systems for monitoring, localization, detection and guidance vehicles.

In the fourth chapter, we analyze the driver warning systems. That is, we will refer to systems that warn drivers with smart road signs.

In the fifth chapter, we analyze the architectural structures of intelligent transportation systems, according to Greek, European and American standards.

Keywords: Intelligent Transportation Systems (ITS), European Intelligent Transportation Systems Regulation, Directive 2010/40/EU, Greek Intelligent Transportation Systems Regulation, Presidential Decree 50/2012, Traffic Management Systems (TMS), Variable Message Signs (VMS), Intelligent Transportation Systems Architecture.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι προκλήσεις που δέχεται ο τομέας των μεταφορών σήμερα, αφορούν σχεδόν κάθε πτυχή της οικονομίας και της κοινωνίας, υπογραμμίζοντας το ρόλο που κατέχουν οι αποτελεσματικές και αποδοτικές μετακινήσεις. Η ολοκληρωμένη διασύνδεση των μεταφορικών δικτύων συνιστά απαραίτητη προϋπόθεση για την άρτια λειτουργία του μεταφορικού συστήματος, την πλήρη αξιοποίηση της δυναμικότητας των αξόνων και την ανεμπόδιστη ροή των μετακινήσεων. Οι μεταφορές σε κάθε κοινωνία αποτελούν τόσο σημαντικό κεφάλαιο ώστε θεωρούνται συχνά δεδομένες. Τα μακροοικονομικά στοιχεία που απορρέουν από τον κλάδο των μεταφορών είναι επίσης εντυπωσιακά. Δεν είναι λίγες οι χώρες εκείνες που αύξησαν το μεταφορικό τους έργο με στόχο την συνολική τους ανάπτυξη, σε εθνικό επίπεδο. Η βασική πρόκληση της πολιτικής των μεταφορών σήμερα είναι η εκπλήρωση των σύγχρονων αναγκών κινητικότητας και βιωσιμότητας, σε εξισορρόπηση.

Τα μεταφορικά δίκτυα της χώρας αντιμετωπίζουν σημαντικά κομβικά κενά στην σύνδεση των υποδομών και ελλείψεις ως προς την ασφάλεια που παρέχουν στους χρήστες. Επενδύσεις για την κάλυψη των αναγκών αυτών είναι απαραίτητο να γίνουν σε πρώτο στάδιο, ώστε να ολοκληρωθεί η λειτουργική σύνδεση των υποδομών και να δημιουργηθούν οι συνθήκες για ασφαλή και σύγχρονα μεταφορικά δίκτυα. Οι ολοκληρωμένες λύσεις, όμως, στηρίζονται στις συνέργειες και δίνουν έμφαση στην χρήση έξυπνων τεχνολογικών εφαρμογών που θα βελτιστοποιήσουν την απόδοση του μεταφορικού συστήματος, περιορίζοντας τις ανάγκες νέων επενδύσεων. Σε μια περίοδο που η μεταφορική ζήτηση και οι απαιτήσεις σε υποδομές και υπηρεσίες μεταφορών αυξάνουν, ενώ, παράλληλα, οι δημόσιες επενδύσεις και τα διαθέσιμα κεφάλαια συρρικνώνονται, η συντήρηση και ο εκσυγχρονισμός των κορεσμένων μεταφορικών συστημάτων χωρίς την αύξηση των επενδύσεων πολύτιμων κεφαλαίων συνιστά μια από τις προκλήσεις που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε.

Μεγάλο αναπτυξιακό πλεονέκτημα των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών αποτελεί η πολλαπλασιαστική τους επίπτωση στην οικονομία. Άμεσα αναπτυξιακά πλεονεκτήματα προκύπτουν σε τομείς όπως:

- οι πράσινες θέσεις εργασίας

- η ανάπτυξη υψηλής τεχνολογίας
- οι τεχνολογίες επικοινωνιών και πληροφορίας
- τα ηλεκτρονικά και τηλεπικοινωνιακά μέσα
- υπηρεσίες επεξεργασίας και διαχείρισης δεδομένων

ενώ η εφαρμογή και η εξάπλωση των ΕΣΜ δημιουργεί τις βάσεις για μεγαλύτερα μελλοντικά οφέλη, όπως:

- μείωση του κόστους στο Δημόσιο Τομέα
- αύξηση της παραγωγικότητας της εθνικής οικονομίας
- αύξηση της ανταγωνιστικότητας
- βελτίωση της ποιότητας ζωής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

“ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ”

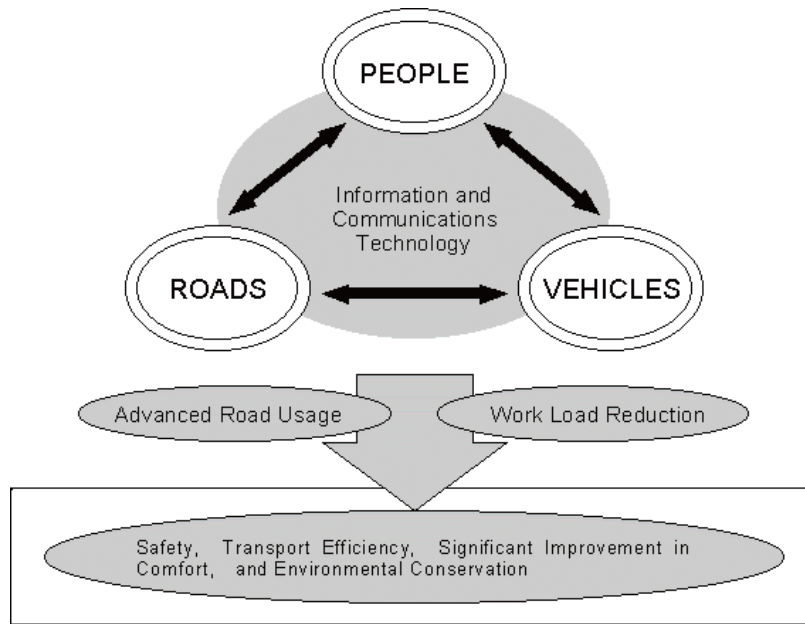
1.1: Ορισμός

Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (Ε.Σ.Μ.) ή αλλιώς Intelligent Transportation Systems (I.T.S.) είναι ένας συνδυασμός των τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, που εφαρμόζονται στον τομέα των μεταφορών, ατόμων και εμπορευμάτων. Στην ουσία, είναι προηγμένες εφαρμογές, οι οποίες έχουν σκοπό να προσφέρουν τις καινοτόμες υπηρεσίες τους στους διάφορους τρόπους μεταφοράς και στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Οι στόχοι αυτών των «έξυπνων» συστημάτων είναι να ενημερώνουν καλύτερα και ταχύτατα τους χρήστες, να κάνουν ασφαλέστερη και αποδοτικότερη τη μεταφορά ατόμων και εμπορευμάτων, να εξοικονομούν χρόνο και χρήμα των χρηστών και να είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

Τα ευφυή συστήματα μεταφορών βασίζονται στις πιο σύγχρονες ενσύρματες και ασύρματες ηλεκτρονικές και αυτοματοποιημένες τεχνολογίες. Εφαρμόζονται σε οδικά, σιδηροδρομικά, θαλάσσια και εναέρια συστήματα μεταφορών. Επιπλέον, έχουν την ικανότητα να λειτουργούν και να επικοινωνούν συνεργατικά, στέλνοντας τις πληροφορίες τους σ' ένα Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Transportation Management Center – TMC) για επεξεργασία [10], [12].

1.2: Βιβλιογραφικοί ορισμοί

Κατά τους Figueiredo, Jesus, Machado, Ferreira και Martins de Carvalho (2001), τα ευφυή συστήματα μεταφορών είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο, το οποίο ελκύει το ενδιαφέρον διεθνώς για τις επαγγελματικές μεταφορές, τις αυτοκινητοβιομηχανίες και τους πολιτικούς. Τα Ε.Σ.Μ. συνδυάζουν τις πληροφορίες από τις τηλεπικοινωνίες και τα ηλεκτρονικά συστήματα για να λύσουν το πρόβλημα των μεταφορών, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ασφάλεια, η αποδοτικότητα στις μεταφορές, η διατήρηση του περιβάλλοντος κ.ά [24]. Οι τρεις παράγοντες που πρέπει να συνεργαστούν απόλυτα είναι: οι χρήστες, τα οχήματα και οι υποδομές (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Μοντέλο Ε.Σ.Μ. [24]

Με τη σειρά τους οι Nelson, Blundell, Pettitt και Thomson (2001), όρισαν τα Ε.Σ.Μ. ως την εφαρμογή της διαχείρισης της πληροφορίας και των τεχνολογικών επικοινωνιών (γνωστή ως τηλεματική) στην αντιμετώπιση των προβλημάτων κίνησης και μεταφορών [36].

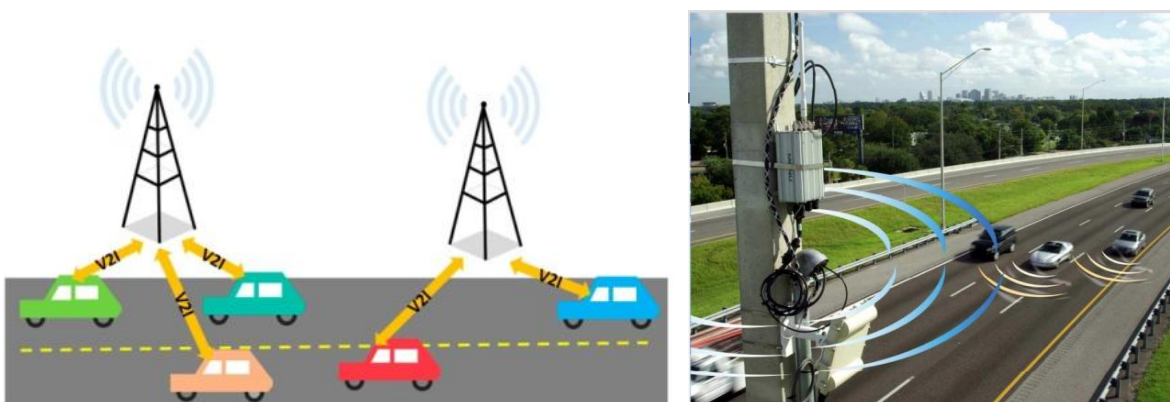
Οι Vahid και Sayed (2003), όρισαν τα Ε.Σ.Μ. ως ανερχόμενο παγκόσμιο φαινόμενο που περιλαμβάνει μια μακρά σειρά από διαφορετικές τεχνολογίες εφαρμοσμένες έτσι ώστε οι μετακινήσεις να σώζουν ζωές, χρήματα και χρόνο. Επίσης, προσθέτουν ότι τα Ε.Σ.Μ. είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να συνεισφέρουν στη βελτίωση της επίγειας μετακίνησης. Έτσι, αυξάνονται η κινητικότητα, το επίπεδο υπηρεσίας και η ασφάλεια αλλά, παράλληλα μειώνονται η κατανάλωση του καυσίμου και το περιβαλλοντικό αντίκτυπο [43].

Κατά τους Abdulhai και Katann (2003), τα δίκτυα μεταφορών πρέπει να ελέγχονται σε πραγματικό χρόνο. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, η διάγνωση, ο σχηματισμός και η αποκωδικοποίηση της πληροφορίας είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την υλοποίηση των Ε.Σ.Μ.. Επίσης, αναφέρουν ότι τα τυχόν προβλήματα της μη βέλτιστης διαδρομής μπορούν να αντιμετωπιστούν με μια σειρά μέτρων, κάνοντας τμηματικούς ελέγχους στο συστήματος και όχι σε όλο [15].

Σύμφωνα με τον Miller (2008), πολλές έρευνες για τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών υποθέτουν ότι τα οχήματα θα είναι σε θέση να επικοινωνούν ταχύτατα και να δίνουν την

ακριβή τους θέση στην υποδομή, αλλά και σε άλλα οχήματα. Υπάρχουν δυο βασικές αρχιτεκτονικές, η αρχιτεκτονική Οχήματος – Υποδομής (Ο.Υ.) ή αλλιώς Vehicles to Infrastructure (V2I) και η αρχιτεκτονική Οχήματος – Οχήματος (Ο.Ο.) ή αλλιώς Vehicle to Vehicle (V2V).

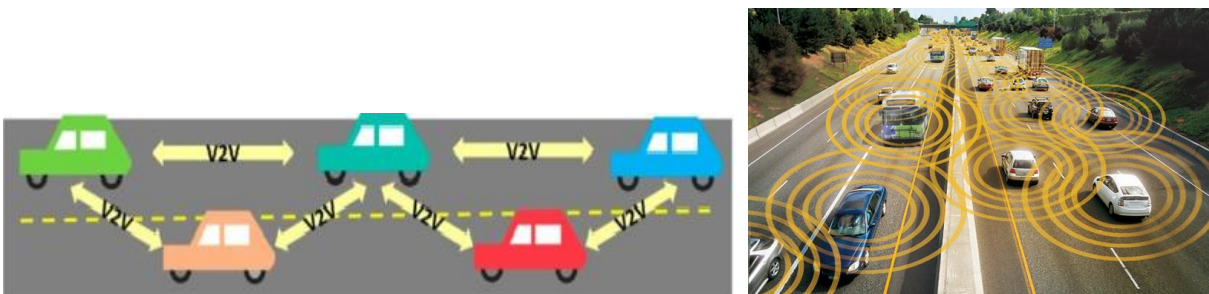
Η αρχιτεκτονική V2I (Εικόνα 2) επιτρέπει στα Οχήματα να επικοινωνούν με την Υποδομή, έτσι ώστε να στείλουν τις πληροφορίες ταχύτητας και θέση του οχήματος προς τον κεντρικό διακομιστή. Αυτός ο διακομιστής διατηρήσει όλα τα δεδομένα της ταχύτητας και της θέσης όλων των οχημάτων και τα συγκεντρώνει για επεξεργασία και διαχείριση, όπως προσδιορισμός της ταχύτερης διαδρομής από την τρέχουσα θέση του κάθε οχήματος, εντοπισμός της θέσης ενός συμβάντος, κ.ά. Το σημείο αποτυχίας αυτής της αρχιτεκτονικής είναι, όταν πολλά δεδομένα σταλούν ταυτόχρονα, ενσύρματα ή ασύρματα, στον κεντρικό διακομιστή και υπερβούν τους τρέχοντες περιορισμούς εύρους ζώνης.



Εικόνα 2: Η αρχιτεκτονική V2I [1].

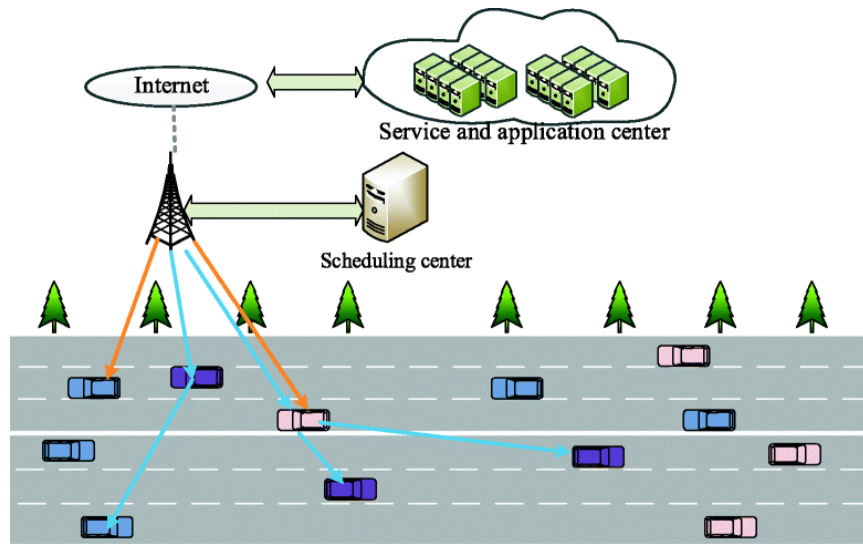
Από την άλλη πλευρά, η αρχιτεκτονική V2V (Εικόνα 3) είναι αρκετά ανθεκτική στα σφάλματα, λόγω της εξαιρετικά κατανεμημένης φύσης του δικτύου. Καθώς τα Οχήματα εισέρχονται στο δίκτυο, γίνονται κόμβοι που επικοινωνούν με άλλα οχήματα που βρίσκονται κοντά τους. Ωστόσο, εάν ένα όχημα θέλει να μάθει τον ταχύτερο τρόπο για να φτάσει στον προορισμό του, αρκεί μόνο τα άλλα οχήματα να του μεταδώσουν τα δεδομένα που χρειάζεται. Τα ερωτήματα στέλνονται σε οχήματα κατά μήκος όλων των πιθανών διαδρομών από την πηγή έως τον προορισμό. Τα δεδομένα της ταχύτητας και της θέσης θα ληφθούν από το αιτών όχημα, ώστε να μπορεί να προσδιορίσει επακριβώς τη βέλτιστη διαδρομή με βάση τα

δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η σημαντική ποσότητα δεδομένων δεν είναι προς το παρόν ικανή να μεταδοθεί ασύρματα, με βάση τους τρέχοντες περιορισμούς του εύρους ζώνης.



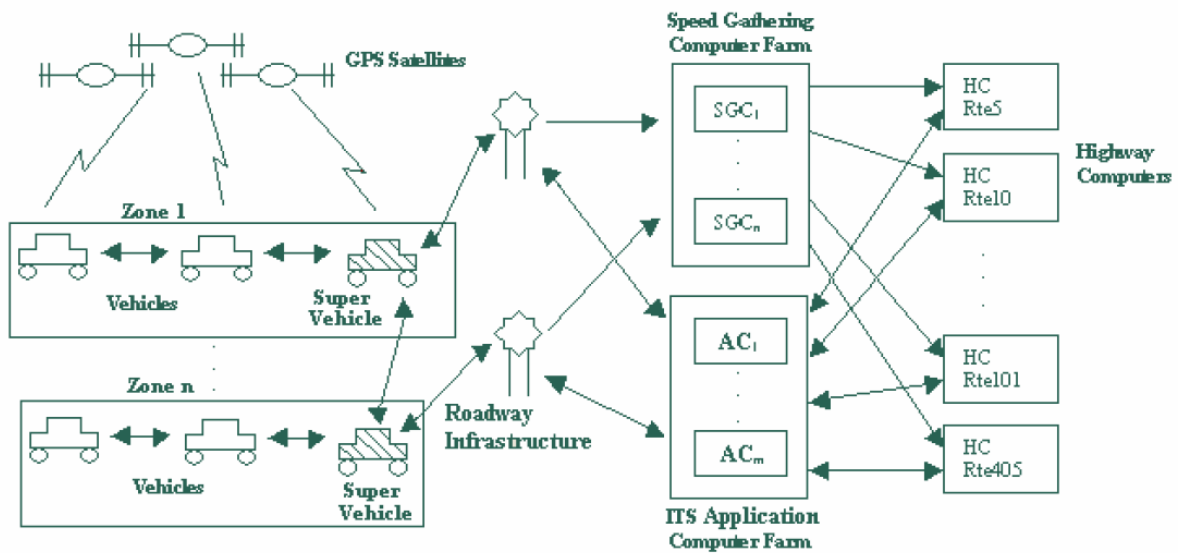
Εικόνα 3: Η αρχιτεκτονική V2V [1].

Η νέα αρχιτεκτονική που προτείνει ο Miller είναι μια υβριδική δομή, μεταξύ της αρχιτεκτονικής V2V και V2I, η οποία θα είναι Οχήματος – Οχήματος – Υποδομής (O.O.Y.) ή αλλιώς Vehicle to Vehicle to Infrastructure (V2V2I) (Εικόνα 4). Σε αυτή την αρχιτεκτονική, τα Οχήματα εξακολουθούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, όπως επικοινωνούσαν στην αρχιτεκτονική V2V. Ωστόσο, το δίκτυο της Υποδομής διασπάται σε ζώνες, στις οποίες θα υπάρχει ένα Υπέρ – Όχημα ή αλλιώς Super Vehicle (S.V.)(Εικόνα 5). Το μέγεθος των ζωνών είναι ρυθμιζόμενη και εξαρτώμενη από το εύρος ζώνης και την ακρίβεια που επιθυμείται από την εφαρμογή. Το Υπέρ – Όχημα θα λαμβάνει τα δεδομένα από όλα τα άλλα Οχήματα της ζώνης του. Συνολικά τα δεδομένα θα διαβιβάζονται στον κεντρικό διακομιστή. Επιπλέον, το Υπέρ – Όχημα θα μπορεί να μεταδίδει τα δεδομένα και σε άλλα Υπέρ – Οχήματα στις παρακείμενες ζώνες. Τα ερωτήματα για βέλτιστες διαδρομές θα στέλνονται στον κεντρικό διακομιστή. Αν για κάποιο λόγο υπάρξει αποτυχία, η αρχιτεκτονική V2V2I, μπορεί να υποστηριχθεί από τα Υπέρ – Οχήματα, μέσω της επικοινωνίας V2V.



- Direct Communication
- Cooperative Communication

Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική V2V2I [1].



Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική V2V2I, μέσω Υπέρ – Οχήματος [34].

Η αρχιτεκτονική V2V2I συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της V2V αρχιτεκτονικής (ανθεκτικότητα στα σφάλματα) και της V2I αρχιτεκτονικής (γρήγορα ερωτήματα και ακρίβεια), έτσι ώστε να έχουμε αξιόπιστα δεδομένα και υπηρεσίες [34].

Κατά τους Qureshi and Abdullah (2013), τα ευφυή συστήματα μεταφορών παίζουν ένα ζωτικό ρόλο παγκοσμίως. Αναφέρουν ότι είναι συμβατά με τις τεχνολογίες της επόμενης γενιάς και επειδή είναι νέο πεδίο στο χώρο ασχολούνται με το δύσκολο κομμάτι των μεταφορών, όπως η διαχείριση μεταφορών, ο έλεγχος, οι υποδομές, η λειτουργίες, η πολιτικές, οι μέθοδοι ελέγχου, κ.ά. Επίσης, προσθέτουν ότι τα ευφυή συστήματα μεταφορών μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των ρίσκων, του υψηλού δείκτη ατυχημάτων, της κυκλοφοριακής συμφόρησης, των εκπομπών ρύπων, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και στην αύξηση της οδηγικής ασφάλειας, της αξιοπιστίας, της ταχύτητας μεταφοράς, κ.ά [38].

Κατά τους Krzysztof, Stanislaw και Kinga (2014), τα ευφυή συστήματα μεταφορών χαρακτηρίζονται ως συστήματα με πολύπλοκες αρχιτεκτονικές, τα οποία περιλαμβάνουν πολλές λειτουργίες και ενσωματώνουν διάφορα είδη τεχνολογιών και τεχνικών λύσεων. Ειδικά, όταν αυτά προσφέρουν τη δυνατότητα να βελτιώσουμε την ασφάλεια, να μειώσουμε την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να αυξήσουμε την οικονομική παραγωγικότητα με την αξιοποίηση πολλών υπηρεσιών. Όπως, τα ταξίδια, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη διαχείριση της δημόσιας μεταφοράς, την ηλεκτρονική πληρωμή, τις λειτουργίες των επαγγελματικών οχημάτων, τη διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τα προηγμένα συστήματα ασφάλειας οχημάτων, τη συνεχή πληροφόρηση, τη συντήρηση και τη διαχείριση των υποδομών. Επίσης, προσθέτουν ότι τα Ε.Σ.Μ. έχουν αρθρωτή δομή, δηλαδή μπορούν να λειτουργήσουν και σε υποσυστήματα, τα οποία είναι υπεύθυνα για την εκτέλεση συγκεκριμένων καθηκόντων. Η αποτελεσματική λειτουργία του όλου συστήματος εξαρτάται πολύ από τη συνεργασία των υποσυστημάτων. Αυτή η συνεργασία δεν πρέπει να περιορίζεται μόνο σε τοπικό χαρακτήρα. Μόνο έτσι θα έχουμε ολοκληρωμένα και καλά δομημένα συστήματα [32].

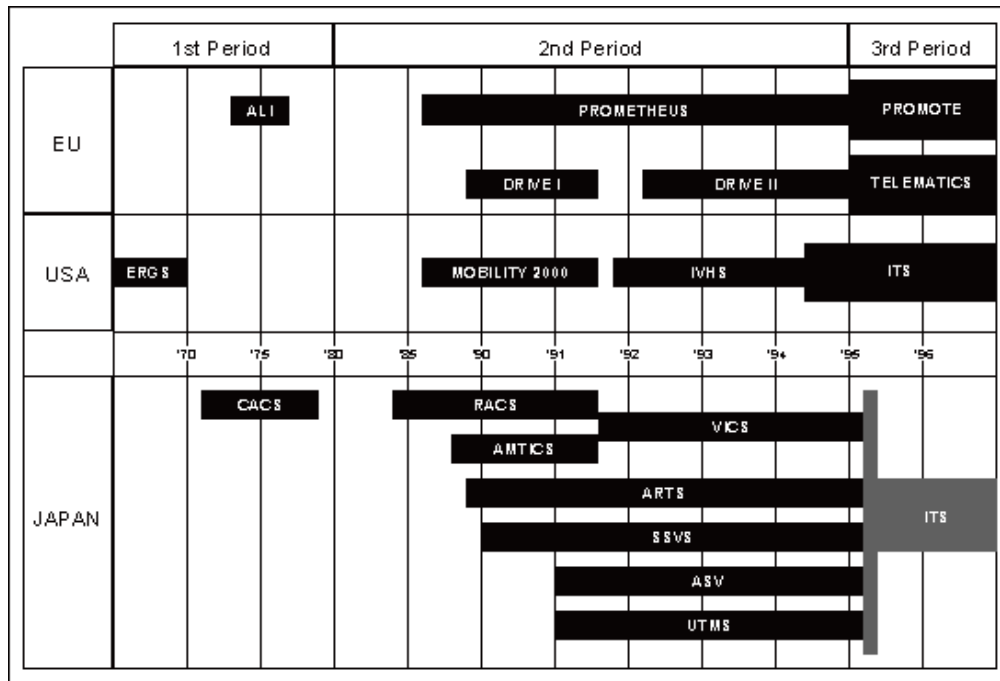
Μια άλλη εκδοχή για τα ευφυή συστήματα μεταφορών παρουσιάζουν οι Sakurai, Marte, Yoshika και Fontana (2014). Αναφέρουν ότι, ο στόχος των ευφυών συστημάτων μεταφορών είναι να βελτιώσουν την αστική κινητικότητα, την ασφάλεια, τη χρηστικότητα, την ποιότητα και την παραγωγικότητα, κάνοντας χρήση των πληροφοριών και της τεχνολογία των επικοινωνιών. Ένα από τα βασικά προβλήματα είναι το πώς θα επικοινωνούν τα αυτοκίνητα,

τα λεωφορεία, οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές και οι σηματοδότες, μεταξύ τους, αλλά και με την υποδομή.

Αυτοί προτείνουν να χρησιμοποιηθεί το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σαν ένα έξυπνο δίκτυο (Smart Grid), το οποίο θα συνεργάζεται με τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας (TMS) και τις συσκευές επικοινωνίας. Αυτό το ονομάζουν Επικοινωνιακή Γραμμή Ισχύος ή αλλιώς Power Line Communication (P.L.C.). Στην ουσία χρησιμοποιούμε την χαμηλή συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου για να επικοινωνήσουμε με τα άλλα έξυπνα. Η επικοινωνία αυτή είναι εφικτή, διότι οι παρεμβολές και ο θόρυβος των γραμμών διανομής είναι χαμηλές. Επίσης, η παρακολούθηση γίνεται με υψηλό ρυθμό μεταφοράς, πράγμα που επιτρέπει σύστημα PLC να λειτουργεί με μεγαλύτερη απλότητα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό μεταξύ του ITS και του Smart Grid είναι ότι ανταλλάσσουν μικρά πακέτα δεδομένων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρήση τεχνολογιών μικρού εύρους συχνοτήτων [39].

1.3: Ιστορική αναδρομή

Σύμφωνα, με τους Figueiredo, Jesus, Machado, Ferreira και Martins de Carvalho (2001), οι εφαρμογές των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών ξεκίνησαν πριν από σχεδόν ενενήντα χρόνια για να καλύψουν τις ανάγκες διαχείρισης της οδικής υποδομής, και συγκεκριμένα των αστικών κόμβων και αξόνων. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις περιόδους: α) της προετοιμασίας (1930 – 1980), β) της μελέτης και της έρευνας (1980 – 1995) και γ) της ανάπτυξης προϊόντων (1995 – σήμερα) (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Χρονολόγιο ανάπτυξης Ε.Σ.Μ. σε Ευρώπη, Η.Π.Α και Ιαπωνία [1].

A) Περίοδος προετοιμασίας (1930 – 1980)



1928: Οι Η.Π.Α. εγκαθιστούν και εφαρμόζουν τους ηλεκτρικούς φωτεινούς σηματοδότες για τη διαχείριση κυκλοφορίας οχημάτων στις πόλεις. Μέχρι τότε οι περισσότεροι άνθρωποι νόμιζαν ότι αυτό ήταν το πρώτο αυθεντικό έξυπνο σύστημα.



1939: Στη Διεθνή Έκθεση της Νέας Υόρκης, η General Motors παρουσιάζει για πρώτη φορά παγκοσμίως την έννοια του Αυτοματοποιημένου Συστήματος Αυτοκινητόδρομου ή αλλιώς Automated Highway Systems (AHS).



1960: Οι Η.Π.Α. αναπτύσσουν το πρώτο ελεγχόμενο σύστημα φωτεινών σηματοδοτών από υπολογιστή.



1960 – 1970: Οι Η.Π.Α αναπτύσσουν το πρόγραμμα E.R.G.S. (Electronic Route Guidance Systems), το οποίο ήταν βασισμένο στα ηλεκτρονικά συστήματα καθοδήγησης διαδρομής, προκάτοχος του σημερινού GPS.



1971 – 1979: Η Ιαπωνία αναπτύσσει το πρόγραμμα C.A.C.S. (Comprehensive Automobile Traffic Control System), το οποίο προωθεί τα δυναμικά συστήματα καθοδήγησης σε πραγματικό χρόνο.



1973 – 1978: Η Ευρώπη, και συγκεκριμένα η Γερμανία, αναπτύσσει το πρόγραμμα A.L.I. (Autofahrer Leit und Information System), το οποίο προωθεί τα δυναμικά συστήματα καθοδήγησης σε πραγματικό χρόνο, επίσης.



1970 – 1980: Γίνεται η εμφάνιση των μικροεπεξεργαστών και ταυτόχρονα η αρχή της ανάπτυξης του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού ή αλλιώς Global Positional System (G.P.S.).

B) Περίοδος μελέτης και έρευνας (1980 – 1995)



1984 – 1991: Η Ιαπωνία αναπτύσσει το πρόγραμμα R.A.C.S. (Road Automobile Communication System) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Υποδομών.



1987 – 1991: Η Ιαπωνία αναπτύσσει το πρόγραμμα A.M.T.I.C.S. (Advanced Mobile Traffic Information and Communication System) υπό την αιγίδα της αστυνομικής υπηρεσίας.



1991 – 1995: Η Ιαπωνία συνδυάζει τα δυο προηγούμενα προγράμματα και αναπτύσσει το πρόγραμμα V.I.C.S. (Vehicle Information and Communication System) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Τηλεπικοινωνιών. Μ' αυτό το πρόγραμμα είχατε τη δυνατότητα να εντοπίσετε ένα όχημα, με βάση τις συντεταγμένες του και να το απεικονίσετε σ' έναν ηλεκτρονικό χάρτη. Επίσης, το όχημα μπορούσε να επικοινωνήσει και με τον επίγειο σταθμό για να καθορίσει τις κυκλοφοριακές συνθήκες για τον προγραμματισμό της διαδρομής.



1989 – 1995: Η Ιαπωνία αναπτύσσει το πρόγραμμα A.R.T.S. (Advanced Road Transportation System) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Υποδομών, για τη βελτίωση της κυκλοφορίας στους αυτοκινητόδρομους.



1991 – 1995: Η Ιαπωνία αναπτύσσει το πρόγραμμα A.S.V. (Advanced Safety Vehicle) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Υποδομών, για την έρευνα και τη βελτίωση τεχνολογιών για την ασφάλεια οχημάτων.



1995: Ιδρύεται στην Ιαπωνία ο Οργανισμός Ve.R.T.I.S. (Vehicle Road and Traffic Intelligent Society) από εκπροσώπους της ακαδημίας και της βιομηχανίας της χώρας. Είναι αντίστοιχος του Αμερικανικού Οργανισμού I.T.S. America και του Ευρωπαϊκού E.R.T.I.C.O.



1996: Ιδρύεται στην Ιαπωνία η Ένωση A.C.A.H.S.R.A. (Advanced Cruise Assist Highway System Research Association) υπό την αιγίδα του Υπουργείου Υποδομών και από είκοσι μια σημαντικές εταιρίες (Toyota, Nissan, Honda, Mitsubishi, κ.ά.) για την υλοποίηση αυτοματοποιημένων οχημάτων σε αυτοκινητόδρομους.



1986 – 1991: Οι Η.Π.Α. αναπτύσσουν πρόγραμμα έρευνας Mobility 2000.



1991 – 1994: Οι Η.Π.Α. αναπτύσσουν πρόγραμμα έρευνας I.V.H.S. (Intelligent Vehicle Highway System).



1994: Ιδρύεται στις Η.Π.Α. ο Οργανισμός I.T.S. America (Intelligent Transportation Society).



1994: Γίνονται δοκιμές με αυτοματοποιημένα οχήματα στους αυτοκινητόδρομους της Καλιφόρνιας με τη συνεργασία του Υπουργείου Μεταφορών, του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας και της General Motors.



1986 – 1995: Η Ευρώπη αναπτύσσει το πρόγραμμα PROMETHEUS (Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety).



1980: Η Ευρώπη, και συγκεκριμένα η Γερμανία, κατασκευάζει ένα πρωτότυπο δοκιμαστικό όχημα (το VaMoRs), το οποίο είναι εξοπλισμένο με δυο μπροστινές κάμερες και στόχο έχει να ακολουθήσει αυτόματα τη βαμμένη λωρίδα του δρόμου.



1990: Η Daimler Benz κατασκευάζει ένα δοκιμαστικό όχημα (το VITA II), το οποίο είναι εξοπλισμένο με δέκα κάμερες και εξήντα επεξεργαστές και έχει στόχο να κρατηθεί στο κέντρο της λωρίδας, να κρατήσει απόσταση από το μπροστινό όχημα, να αλλάξει λωρίδα και να προσπεράσει ένα άλλο όχημα.



1987 – 1995: Η Ευρώπη αναπτύσσει δυο ακόμη προγράμματα το D.R.I.V.E. I & II (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle safety in Europe), για την ανάπτυξη και τις δοκιμές στα επικοινωνιακά συστήματα και στη διαχείριση κυκλοφορίας.



1995: Ιδρύεται στην Ευρώπη ο Οργανισμός E.R.T.I.C.O. (European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization) για την ανάπτυξη του Ευρωπαϊκού έργου της τηλεματικής.

Γ) Περίοδος ανάπτυξης προϊόντων (1995 – σήμερα)

Σήμερα: Η κάθε χώρα, παγκοσμίως, έχει αναπτύξει τα δικά της σύγχρονα ευφυή συστήματα μεταφορών, διότι η τεχνολογία έχει εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό και αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να αναπτύσσουμε πολλά και διαφορετικά προηγμένα συστήματα παρακολούθησης, εντοπισμού και διαχείρισης. Όλα αυτά μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους για να επιφέρουν ένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Επιπλέον, υπάρχει και η δυνατότητα επικοινωνίας και διαχείρισης επίγειων, θαλάσσιων και από αέρος συστημάτων μεταξύ τους [24].

1.4: Κατηγορίες

Τα Ε.Σ.Μ. ανάλογα με το ρόλο και τις υπηρεσίες που προσφέρουν χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

α) Προηγμένα Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Advanced Traffic Management Systems – A.T.M.S.)

Αυτά τα συστήματα είναι ο θεμέλιος λίθος των Ε.Σ.Μ., διότι μειώνουν τις καθυστερήσεις στην κυκλοφορία στα οδικά δίκτυα. Αυτά χρησιμοποιούν ως εργαλεία ανιχνευτές οχημάτων κλειστού βρόχου, κάμερες κυκλοφορίας, πινακίδες μεταβλητών οχημάτων, επικοινωνία με υπολογιστικό σύστημα, αισθητήρες δέσμης, μετρητές, κ.ά. και έχουν σαν αποτέλεσμα τη διαχείριση των φωτεινών σηματοδοτών και όχι μόνο. Τα βασικά στοιχεία των συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας είναι η συλλογή των δεδομένων, τα συστήματα υποστήριξης (κάμερες, πινακίδες, κ.ά.) και τα συστήματα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

β) Προηγμένα Συστήματα Πληροφόρησης Ταξιδιωτών (Advanced Travelers Information Systems – A.T.I.S.)

Αυτά τα συστήματα συλλέγουν πληροφορίες από τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας. Ο σκοπός τους είναι η πληροφόρηση των ταξιδιωτών σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας του συστήματος μεταφοράς επηρεάζουν τους οδηγούς έτσι ώστε να κάνουν καλύτερη χρήση του συστήματος επιτρέποντας την μείωση της συμφόρησης, βελτιστοποιώντας την κυκλοφοριακή ροή και μειώνοντας την ρύπανση. Με αυτό το σύστημα οι ταξιδιώτες από όπου κι αν βρίσκονται μπορούν να αποφασίσουν ποια είναι η πιο συμφέρουσα διαδρομή για να ακολουθήσουν, με στόχο να φτάσουν στον προορισμό τους με το πιο ευνοϊκότερο μέσο μεταφοράς και το πιο κατάλληλο πρόγραμμα για να υιοθετήσουν.

Οι πληροφορίες αυτές μπορούν προσπελαστούν μέσω ηλεκτρονικών συσκευών είτε πρόκειται για φορητές συσκευές με πρόσβαση στο διαδίκτυο, προσφέροντας μια ποικιλομορφία πληροφοριών όπως δημόσιες μεταφορές, εναλλακτικοί αυτοκινητόδρομοι, πρατήρια καυσίμων, χώροι στάθμευσης ξενοδοχεία, είτε πρόκειται για συστήματα εντός οχημάτων που επιδεικνύει το χάρτη με τις πληροφορίες της θέσης του οχήματος, την κατάσταση της κυκλοφορίας στην γύρω περιοχή, των καθυστερήσεων ή των ατυχημάτων.

γ) Συστήματα Διαχείρισης Εμπορικών οχημάτων (Commercial Vehicle Operation – C.V.O.)

Αυτά χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες για να αυξήσουν την αποδοτικότητα των εμπορικών οχημάτων και των στόλων. Τα συστήματα αυτά έγιναν χρήσιμα για τις μεγάλες και μεσαίες επιχειρήσεις που έχουν στόλους οχημάτων, ενώ πραγματοποιείται έλεγχος της ταχύτητας και των στάσεων, εκτός του να εκπληρώνεται μόνο η αποστολή και άφιξη των οχημάτων στον προορισμό. Επιπλέον, οι τεχνολογίες των Ε.Σ.Μ. αυξάνουν την ταχύτητα παράδοσης των αγαθών, της μεταφοράς ασθενών και μειώνουν τα κόστη λειτουργίας. Επίσης, τα αυτόματα συστήματα ζύγισης μπορούν να ενσωματωθούν παρέχοντας υψηλά επίπεδα ασφαλείας και αποδοτικότητας.

Τέλος, τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τεχνολογίες για την πληροφόρηση των ταξιδιωτών, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και τον έλεγχο των οχημάτων. Δηλαδή, έχουν: i) αυτόματη αναγνώριση οχήματος, ii) αυτόματη ταξινόμηση οχήματος, iii) αυτόματο εντοπισμό θέσης οχήματος, iv) ανίχνευση μετακίνησης πεζών, v) υπολογιστές οχημάτων και vi) μετάδοση κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο.

δ) Προηγμένα Συστήματα Δημόσιων Μεταφορών (Advanced Public Transportation Systems – A.P.T.S.)

Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες των επικοινωνιών και της πληροφορικής για να βελτιώσουν τη λειτουργία και την αποδοτικότητα των μεταφορών με υψηλή απασχόληση, όπως τα λεωφορεία και τα τρένα. Κάνουν χρήση των τεχνολογιών των Α.Τ.Μ.Σ. και των Α.Τ.Ι.Σ. για να βελτιώσουν τις υπηρεσίες των μαζικών μεταφορών. Έτσι, διαχειρίζονται την πληροφόρηση των διαδρομών, τα χρονοδιαγράμματα, τα κόστη και την πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο, σχετικά με τις αλλαγές στα συστήματα μεταφοράς. Μέσω μιας αποδοτικής διαχείρισης της κυκλοφορίας είναι ακόμη εφικτό να ελέγχονται και οι φωτεινοί σηματοδότες με στόχο την παραχώρηση προτεραιότητας στα μέσα μαζική μεταφοράς.

ε) Προηγμένα Συστήματα Ελέγχου Οχήματος (Advanced Vehicle Control Systems – A.V.C.S.)

Αυτά τα συστήματα συνδυάζουν αισθητήρες και υπολογιστές για να βοηθήσουν ή να προειδοποιήσουν τους οδηγούς ή για να συμμετέχουν στην οδήγηση των οχημάτων. Ο κύριος

σκοπός αυτών των συστημάτων είναι να αυξήσουν την ασφάλεια, να μειώσουν τις κυκλοφορικές συμφορήσεις στους δρόμους και τις εθνικές οδούς και να βελτιώσουν την παραγωγικότητα των οδικών δικτύων. Με τους αισθητήρες που βρίσκονται εντός των οχημάτων οι οδηγοί μπορούν να λάβουν οπτικές και ακουστικές πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία, τους κινδύνους και οποιαδήποτε κατάσταση αντιμετωπίζουν τα οχήματα.

Τα συστήματα αυτόματου έλεγχου τα οποία συμμετέχουν στην οδήγηση επιτρέπουν την αντίδραση σε κινδύνους πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά, όπως την ενεργοποίηση του συστήματος πέδησης ή επιτάχυνσης, τα οποία μπορεί να πολύ χρήσιμα σε οδηγούς προχωρημένης ηλικίας ή οδηγούς με λιγότερη εμπειρία.

στ) Προηγμένο Μεταφορικό Σύστημα Επαρχιακών Οδών (Advanced Rural Transportation Systems – A.R.T.S.)

Αυτό το σύστημα έχει ως σκοπό την λύση των προβλημάτων που προκύπτουν στις αγροτικές ζώνες. Οι επαρχιακοί δρόμοι έχουν ένα μοναδικό σύνολο ιδιοτήτων, όπως οι απότομες πλαγιές, τυφλές στροφές, καμπύλες, λίγες πινακίδες σήμανσης, χρήστες διαφορετικού οδηγικού προφίλ και μικρός αριθμός εναλλακτικών διαδρομών. Κάποια από τα προαναφερθέντα συστήματα τα οποία εφαρμόζονται κυρίως σε αστικές περιοχές έχουν ήδη αρχίσει να ενσωματώνονται στις επαρχιακές οδούς, όπως τα συστήματα πληροφόρησης ταξιδιωτών, διαχείρισης της κυκλοφορίας και τα προηγμένα συστήματα μαζικών μεταφορών [2].

1.5: ΕΣΜ στις πόλεις

Τα Ε.Σ.Μ. στις πόλεις έχουν ως σκοπό την αποσυμφόρηση των αστικών δρόμων. Ο στόχος που προσπαθούν να επιτύχουν είναι η βέλτιστη συνδυαστική διαχείριση των οδικών δικτύων και των δικτύων των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Η έμφαση δίνεται στην ενοποίηση συστημάτων για πολλαπλά μέσα μεταφοράς και η δημιουργία σύνθετων εφαρμογών που απαιτούν την συνεργασία διαφόρων φορέων. Τέτοια παραδείγματα είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα ελέγχου φωτεινής σηματοδότησης σε συνάρτηση με την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο.

- Συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας και ελέγχου φωτεινής σηματοδότησης με εφαρμογές προτεραιότητας Μ.Μ.Μ. σε φωτεινούς σηματοδότες.
Αυτό το σύστημα δίνει προτεραιότητα στα λεωφορεία, τρόλεϊ και ΤΡΑΜ με στόχο την μείωση του χρόνου των διαδρομών και την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως «Πράσινο Κύμα».
- Συστήματα εντοπισμού και διαχείρισης συμβάντων.
Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τις κάμερες από το κέντρο διαχείρισης του εκάστοτε οδικού δικτύου και ενεργοποιούν το μηχανισμό αντιμετώπισης ατυχημάτων, ο οποίος σπεύδει ταχέως για βοήθεια.
- Συστήματα πληροφόρησης με Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων.
Η πληροφόρηση μπορεί να περιλαμβάνει χρόνο διαδρομής, πρόταση για επιλογή διαδρομής, ειδοποίηση συμβάντος / καθυστερήσεων, ειδοποίηση για ακραία καιρικά φαινόμενα ή άλλα έκτακτα γεγονότα (πχ. πορείες, αποκλεισμοί κεντρικών δρόμων, κ.ά.).
- Συστήματα συνδυασμένης πληροφόρησης οδηγών Ι.Χ. και επιβατών Μ.Μ.Μ.
Αυτά τα συστήματα μπορούν να απεικονίσουν χρόνους διαδρομής με Ι.Χ. και Μ.Μ.Μ., χρόνους και συχνότητες διέλευσης Μ.Μ.Μ., διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης σε σταθμούς μετεπιβίβασης, κ.ά.
- Συστήματα υποβοήθησης της οδήγησης εντός του οχήματος.
Αυτά τα συστήματα προσαρμόζουν την πορείας και την ταχύτητα, προειδοποιούν για αλλαγή λωρίδας, έχουν σύστημα ελέγχου της συγκέντρωσης αλκοόλ στο αίμα, κ.ά [2].

1.6: ΕΣΜ στους αυτοκινητόδρομους

Τα Ε.Σ.Μ. στους αυτοκινητόδρομους έχουν ως σκοπό τη βέλτιστη διαχείριση των εθνικών οδικών αξόνων της κάθε χώρας. Εστιάζουν στην ασφαλή οδήγηση, στις βέλτιστες παροχές μετακίνησης των οδηγών και στην ενημέρωση των οδηγών σε πραγματικό χρόνο. Τέτοια παραδείγματα είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα εντοπισμού και διαχείρισης συμβάντων (πχ. ατύχημα σε σήραγγα αυτοκινητοδρόμου).

- Εφαρμογές συλλογής και διαχείρισης πληροφορίας για την κυκλοφορία.
- Συστήματα πληροφόρησης των οδηγών με πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (πχ. για συμβάν, χρόνο διαδρομής, καιρικά φαινόμενα, κ.ά.).
- Συστήματα εξατομικευμένης πληροφόρησης οδηγών μέσα στο όχημα για τις κυκλοφοριακές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, με άντληση πληροφορίας από την υποδομή του αυτοκινητόδρομου. Η επεξεργασία της γίνεται μέσα από τα συστήματα του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας του Αυτοκινητόδρομου και διάχυση της στα οχήματα των χρηστών ή στα κινητά τους τηλέφωνα.
- Υπηρεσίες πληροφόρησης και υποστήριξης επαγγελματιών οδηγών για χώρους στάθμευσης, ανεφοδιασμού, επικίνδυνα σημεία κλπ.
- Υπηρεσίες «e-call», δηλαδή τηλεφωνικοί αριθμοί έκτακτης ανάγκης.
- Ηλεκτρονικά συστήματα αστυνόμευσης (πχ. παρακολούθηση ορίων ταχύτητας, παράνομη είσοδος στη Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ), είσοδος σε αυτοκινητόδρομο υπέρβαρου ή υπερμεγέθους οχήματος με αυτόματο έλεγχο βάρους / ύψους, κ.ά.).
- Μεταβαλλόμενα όρια ταχύτητας ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, με σκοπό την εξομάλυνση της κυκλοφορίας.
- Ηλεκτρονικά διόδια (πχ. αυτόματη πληρωμή με πομποδέκτη τη στιγμή διέλευσης του οχήματος από σταθμό διοδίων είτε με μπάρα είτε χωρίς μπάρα με φωτογράφιση του οχήματος) [2].

1.7: ΕΣΜ εθνικής εμβέλειας

Τα Ε.Σ.Μ. εθνικής εμβέλειας έχουν ως σκοπό την ανάπτυξη συστημάτων ευρείας κλίμακας εντός και εκτός της χώρας. Τέτοια παραδείγματα είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα πληρωμής εισιτηρίων με έξυπνες κάρτες.
- Ηλεκτρονικά διόδια.
- Συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας & ανταλλαγή πληροφορίας για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ δύο ή περισσότερων Κέντρων Διαχείρισης Κυκλοφορίας.
- Εθνικές βάσεις δεδομένων πληροφορίας για μεταφορές και κυκλοφορία.
- Κεντρικά συστήματα κράτησης θέσεων και πληροφόρησης για ΚΤΕΛ.

- Συνδυασμένα συστήματα πληροφόρησης εθνικής εμβέλειας για πολλά μέσα ταυτόχρονα.
- Έργα πληροφόρησης επιβατών και εισιτηρίων για τις ακτοπλοϊκές μεταφορές.
- Έργα διαχείρισης κυκλοφορίας, πληροφόρησης επιβατών και εισιτηρίων για τον ΟΣΕ.
- Ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης εμπορευμάτων σε λιμάνια ή/και μεγάλα εμπορευματικά κέντρα [2].

1.8: Παραδείγματα χωρών και πόλεων

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα χωρών και πόλεων που εφάρμοσαν τα Ε.Σ.Μ. στην καθημερινότητα τους, αλλά εμείς θα αναφερθούμε ενδεικτικά στο Σέσιν της Πολωνίας, στη Νότια Κορέα και στο Τορίνο της Ιταλίας.

α) Το Σέσιν

Μετά το 1989, η πόλη εκσυγχρονίστηκε. Εμφανίστηκαν πολλά Ι.Χ. αυτοκίνητα καθώς και τα μέσα μαζικής μεταφοράς (ηλεκτρικά τραμ και πετρελαιοκίνητα λεωφορεία). Αυτή η αύξηση οχημάτων συνεχίστηκε μέχρι και το 2009. Το κακό όμως, ήδη είχε γίνει. Η πόλη αντιμετώπιζε σοβαρό πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μόλυνσης του ευρύτερου περιβάλλοντος της. Αυτό συνεπάγεται με το γεγονός ότι το Σέσιν είναι ένας σημαντικός κόμβος μεταφοράς, όπου χρησιμοποιούνται όλα τα είδη μεταφορικών μέσων. Από θάλασσα έχει επαφές με τη Γερμανία, τις Σκανδιναβικές χώρες (Νορβηγία, Σουηδία, Φινλανδία), Δανία, Ρωσία και κάποιες από τις ανατολικές χώρες της Ευρώπης (Λιθουανία, Λετονία, Εσθονία). Σιδηροδρομικώς συνδέεται με το Βερολίνο, την Πράγα και τη Βουδαπέστη. Οδικώς διαθέτει πολύ καλούς αυτοκινητοδρόμους (No.3, No.6, No.10, No.115 και No.118). Ο σημαντικότερος αυτοκινητόδρομος όμως είναι ο Α6, ο οποίος συνδέεται με το Βερολίνο.

Το 2010, το δημοτικό συμβούλιο του Σέσιν, βλέποντας ότι η πόλη χωλαίνει στα προβλήματα της ρύπανσης και των μεταφορών, αποφάσισε να πάρει δραστικά μέτρα. Το ζήτημα της προστασίας του περιβάλλοντος, η βελτίωση των υποδομών στους δρόμους, η οδική ασφάλεια και η βελτίωση των μεταφορών ήταν μονόδρομος. Ο κύριος στόχος ήταν να εφαρμοστεί ένα σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας, έτσι ώστε να υπάρχει μια ρυθμιζόμενη και ομαλή κυκλοφορία προς το κέντρο της πόλης. Δηλαδή, κάτι αντίστοιχο που ισχύει και στον

αυτοκινητόδρομο Α6. Ο Α6, επειδή είναι και διεθνής αυτοκινητόδρομος, είναι εξοπλισμένος με τα πλέον προηγμένα συστήματα (συστήματα παρακολούθησης οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, συστήματα ενημέρωσης καιρικών φαινομένων, συστήματα πληροφόρησης οδηγών για συμβάντων και συστήματα εναλλακτικών διαδρομών).

Στην περίπτωση του Σέσιν υλοποιήθηκε ένα Αστικό Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Urban Management Transportation System – U.M.T.S.) που περιλάμβανε διάφορα επιμέρους υποσυστήματα, τα οποία είχαν σχεδιαστεί για παρακολούθηση και ενεργητική διαχείριση της κυκλοφορίας (Εικόνα 7).



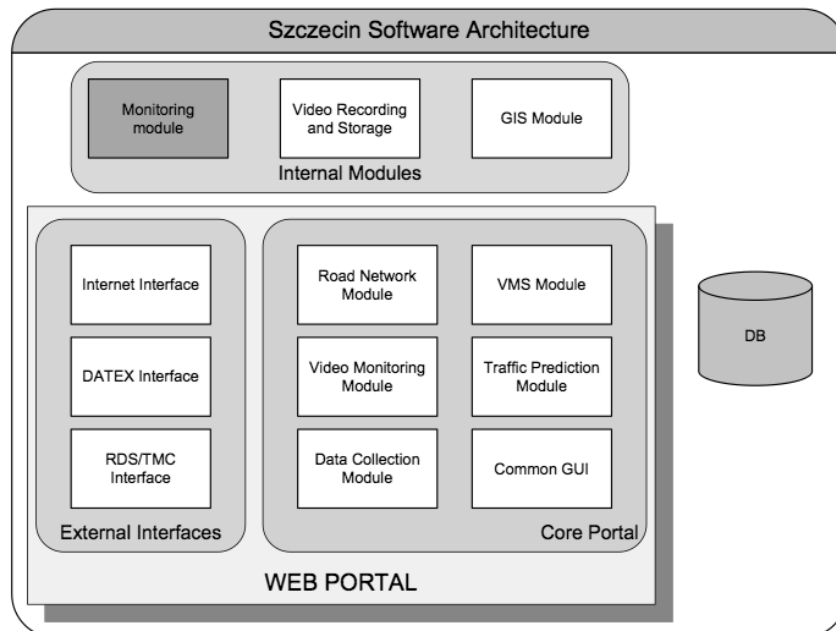
Εικόνα 7: Urban Management Transportation System in Szczecin [32].

Το σύστημα ήταν βασισμένο στη νοοτροπία client – server. Μέσα στο δωμάτιο ελέγχου της κυκλοφορίας οι διαχειριστές του συστήματος σύλλεγαν τα δεδομένα, μέσω κινητής τηλεφωνίας και μέσω ανεξάρτητων λειτουργικών στοιχείων, και μπορούσαν να καθορίσουν, να εφαρμόσουν και να ρυθμίσουν τις παραμέτρους του όλου συστήματος. Δηλαδή, είχαν τη δυνατότητα να απεικονίζουν την κατάσταση της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, να ρυθμίζουν την κυκλοφορία των δρόμων, να ενημερώνουν τους οδηγούς για συμβάντα και καιρικές συνθήκες, μέσω πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων, και να προτείνουν βέλτιστες

εναλλακτικές διαδρομές. Τα στοιχεία αυτά είναι συνδεδεμένα, μέσω δικτύου TCP/IP ή μέσω GSM/GPRS, και τα δεδομένα τους καταλήγουν σ' ένα data center. Το δωμάτιο ελέγχου κυκλοφορίας βρίσκεται μέσα στο κτίριο του Δημοτικού Γραφείου της πόλης, το οποίο διαθέτει UPS και γεννήτρια. Το αστικό σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας του Σέσιν αποτελείται από:

- Ένα υποσύστημα πληροφοριών για τους ταξιδιώτες.
- Ένα υποσύστημα ανίχνευσης κυκλοφορίας.
- Ένα υποσύστημα πληροφόρησης μέσω κινητού.
- Ένα υποσύστημα ευρείας επικοινωνίας.
- Ένα δωμάτιο έλεγχου της κυκλοφορίας.

Η αρχιτεκτονική του κάθε υποσυστήματος απεικονίζεται στην Εικόνα 8.



Εικόνα 8: Η αρχιτεκτονική δομή του Ε.Σ.Μ. του Σέσιν [32].

Το συμπέρασμα από το παράδειγμα της πόλης του Σέσιν, μας δείχνει ότι η εφαρμογή Ε.Σ.Μ. απέδωσε καρπούς. Μειώθηκαν οι αρνητικές επιπτώσεις των μεταφορών στο περιβάλλον της πόλης, η κυκλοφοριακή ροή έγινε ομαλότερη και πιο περιορισμένη και μειώθηκε η κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια η ρύπανση. Σημαντικό ρόλο για τους κατοίκους έπαιξε η χρησιμότητα της τηλεματικής. Τα δεδομένα αυτής «ανέβαιναν» σε εφαρμογές για έξυπνα κινητά, οι οποίες έδιναν χρήσιμες πληροφορίες και ειδοποιήσεις για το

παραμικρό που συνέβαινε στους δρόμους της πόλης. Έτσι ο καθένας γνώριζε και έπραττε ανάλογα [32].

β) Η Νότια Κορέα

Η Νότια Κορέα ήταν μια από τις χώρες που προσπάθησε να εφαρμόσει Ε.Σ.Μ., με σκοπό την τεχνολογική καινοτομία. Με βάση, τις αποστάσεις, τον πληθυσμό και τις παλαιωμένες υποδομές σε δρόμους και μέσα μαζικής μεταφοράς αποφάσισε να κάνει το μεγάλο βήμα. Από το 1992, άρχισε να κατασκευάζει νέους αυτοκινητόδρομους. Αυτό το εθνικό σχέδιο για Ε.Σ.Μ. εφαρμόστηκε σε τρεις φάσεις.

Στην πρώτη φάση (1996 – 2000), έγιναν έργα εκσυγχρονισμού της Σεούλ. Εγκαταστάθηκαν, τοπικού χαρακτήρα, συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας. Στη δεύτερη φάση (2001 – 2005), εξοπλίστηκαν και άλλες μεγάλες πόλεις (Εικόνα 9 και 10) με τέτοια συστήματα (Busan, Wonju, Daejeon, Iksan, Gyeonggi, κ.ά.). Στη τρίτη φάση (2006 – 2010), έδωσαν έμφαση στην επέκταση όλης της χώρας με Ε.Σ.Μ. νέας γενιάς.

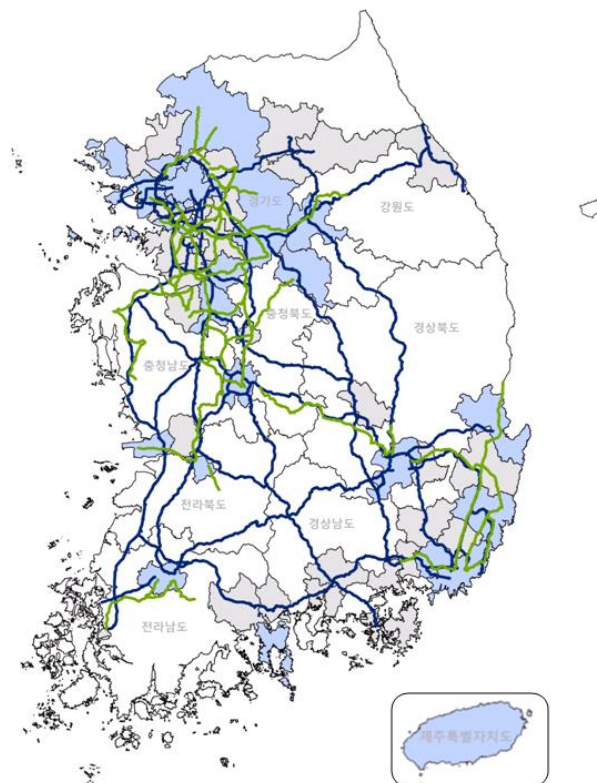
Region	Total distance(km)	ITS (km)	Rate(%)
Seoul	8,119	960	11.8
Busan	2,848	180	6.3
Daegu	2,269	61	2.7
Incheon	2,147	190	8.8
Gwangju	1,561	71	4.5
Daejeon	1,810	364	20.1
Ulsan	1,576	133	8.4
Gyeonggi province(do)	6,979	740	10.6
Gangwon-do	1,609	48	3.0
North Chungcheong province	978	27	2.8
South Chungcheong province	1,032	101	9.8
North Jeolla province	1,395	223	16.0
South Jeolla province	1,373	117	8.5
North Gyeongsang province	1,664	0	0.0
South Gyeongsang province	2,998	0	0.0
Jeju Special Self-governing Province	2,687	220	8.2

Εικόνα 9: Δείγμα πόλεων που εφαρμόσαν Ε.Σ.Μ [41].

Regional authorities	Coverage (km)	Number of devices			
		VDS	AVI	CCTV	VMS
Total	2,560.4	2,130	673	701	578
Seoul	820.8	763	209	223	224
Wonju	194.6	60	28	70	40
Daejeon	761	657	185	245	163
Iksan	261	197	81	54	43
Busan	523	453	170	109	108

Εικόνα 10: Διάφορες πόλεις και τα Ε.Σ.Μ. τους [41].

Στο σχέδιο εκσυγχρονισμού της Νότιας Κορέας (Εικόνα 11) χρησιμοποιήθηκαν πέντε βασικά Ε.Σ.Μ. (ATMS, ATIS, APTS, CVO, AVHS). Η εφαρμογή αυτού του σχεδίου, βρήκε εμπόδιο στην έλλειψη σχετικού νομικού πλαισίου, που μεταφράστηκε σε δυσκολία για την υλοποίηση των έργων και την εξασφάλιση των απαραίτητων κεφαλαίων από το Υπουργείο Μεταφορών και Κατασκευών της χώρας. Γι' αυτό το λόγο, το όλο εγχείρημα χωρίστηκε σε τρεις φάσεις.

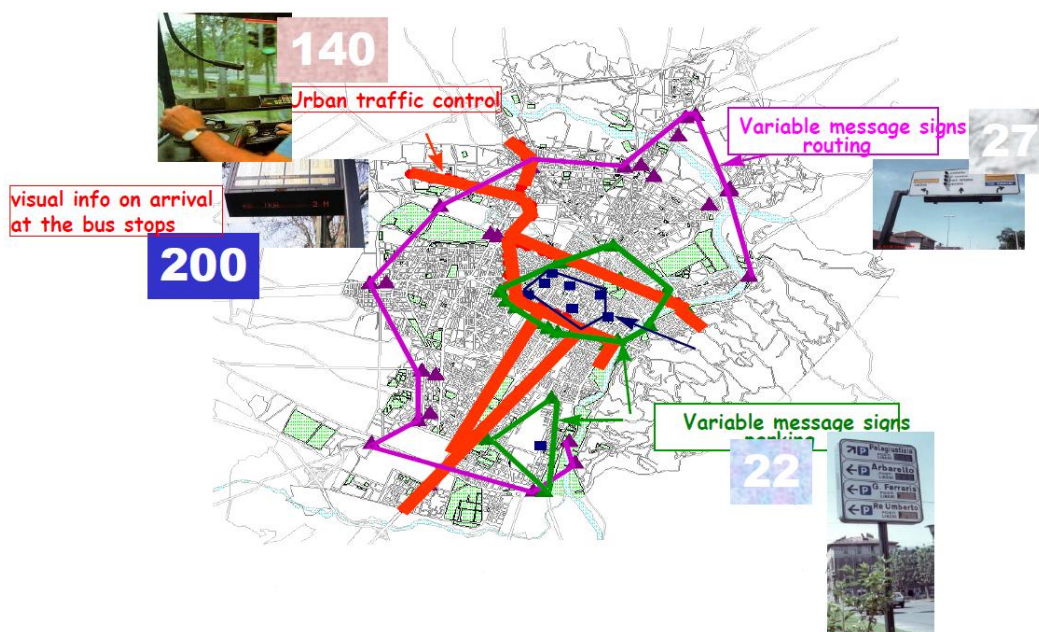


Εικόνα 11: Το οδικό δίκτυο της Νότιας Κορέας χαρτογραφημένο με Ε.Σ.Μ. το 2010 [41].

Παρ' όλα τα προβλήματα που εντοπιστήκαν για την αποπεράτωση του έργου, η Νότια Κορέα τα κατάφερε. Το πλάνο όμως δε σταμάτησε εκεί. Στα μελλοντικά σχέδια της είναι να βελτιώσει τα υπάρχων συστήματά και να προσθέσει καινούρια [41], [40], [10].

γ) Το Τορίνο

Το 1992 στο Τορίνο ξεκίνησε ένα μεγάλης κλίμακας έργο τηλεματικής μεταφορών που ονομάστηκε Τορίνο 5T, το οποίο περιλαμβάνεται στα πλαίσια του έργου «QUARTET» καθώς και στο έργο «Περιβάλλον και Κυκλοφορία» (Εικόνα 12). Το σύστημα QUARTET, της εταιρίας 5T, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε σε όλη την πόλη του Τορίνο. Περιλάμβανε εννέα υποσυστήματα και έναν Επόπτη Πόλης (Supervisor), ο οποίος ενσωμάτωνε όλα τα υποσυστήματα σε μια γενική στρατηγική που αφορούσε την κινητικότητα και το περιβάλλον (Εικόνα 13). Στις αρχές της δεκαετίας του '90, το πρόβλημα της αυξανόμενης χρήσης του αυτοκινήτου έγινε εμφανές και επιζήμιο για τους κατοίκους της πόλης. Τότε, αποφασίστηκε η αλλαγή της τοπικής πολιτικής για τις μεταφορές.



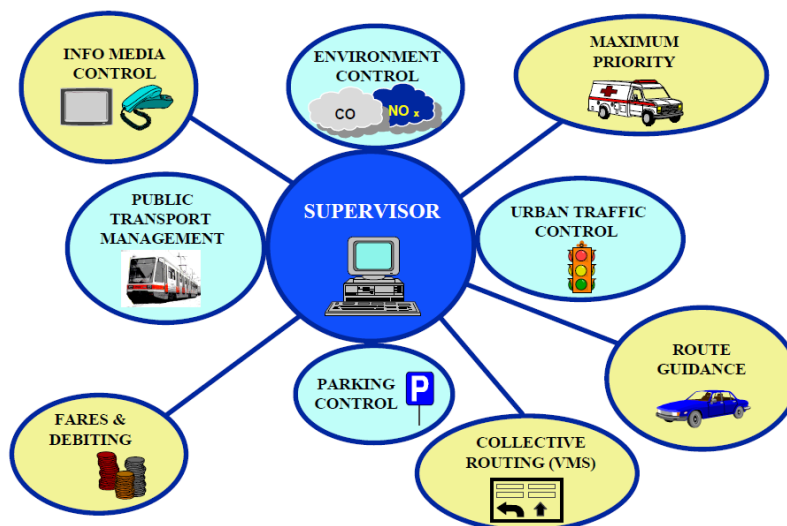
Εικόνα 12: Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας στο Τορίνο [26].

Οι βασικοί στόχοι που είχαν δρομολογηθεί ήταν:

- ❖ Η αντικατάσταση ενός μεγάλου αριθμού Ι.Χ. οχημάτων από τα μέσα μαζικής μεταφοράς.
- ❖ Η παροχή καλύτερων υπηρεσιών από τα μέσα μαζικής μεταφοράς.
- ❖ Η ανάπτυξη των δημόσιων υποδομών για μεταφορές σε μακροπρόθεσμη βάση.
- ❖ Η εφαρμογή της τηλεματικής στις μεταφορές σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Το σύστημα 5T ενσωμάτωνε 10 υποσυστήματα τηλεματικής των μεταφορών, τα οποία ήταν τα εξής:

1. Επόπτης πόλης (City supervisor)
2. Έλεγχος αστικής κυκλοφορίας (Urban traffic control)
3. Διαχείριση μέσων μεταφοράς (Public transport management)
4. Περιβαλλοντικός έλεγχος (Environmental control)
5. Έλεγχος στάθμευσης (Parking control)
6. Έλεγχος πληροφοριακών μέσων (Informative media control)
7. Συλλογικές πληροφορίες (VMS)
8. Αυτόματη Χρέωση (Automatic debiting)
9. Μέγιστη προτεραιότητα (Maximum priority)
10. Καθοδήγηση Διαδρομής (Route guidance)



Εικόνα 13: Τα υποσυστήματα του Τορίνο 5T [26].

Ο Επόπτης Πόλης διασφαλίζει την ενσωμάτωση των υποσυστημάτων προκειμένου να δημιουργήσει την καλύτερη εξυπηρέτηση της κινητικότητας των πολιτών, μαζί με την προστασία του αστικού περιβάλλοντος. Είναι η πιο καινοτόμος ανάπτυξη ολόκληρου του έργου. Χάρη στη συνεργασία των υποσυστημάτων, ο Επόπτης Πόλης κάθε λίγα λεπτά που διαχειρίζεται την παρακολούθηση της κυκλοφορίας, δημιουργεί μια ωριαία πρόβλεψη της κινητικότητας και των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Εκείνη τη στιγμή αποφασίζει μια γενική στρατηγική για την επόμενη περίοδο, για την επίτευξη και τη διατήρηση της ισορροπίας των χρηστών, με συμβατούς με την προστασία του περιβάλλοντος περιορισμούς.

Μέσω του έργου της 5T, το Τορίνο ήθελε να πετύχει:

- ❖ Τη μείωση του μέσου χρόνου ταξιδιού προέλευσης και προορισμού κατά 25%.
- ❖ Τη μείωση των μετακινήσεων, ώστε να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κατανάλωση ενέργειας και να βελτιωθεί η κατανομή των τρόπων μεταφοράς προς τα μέσα μαζικής μεταφοράς, κατά 18%.

Το πρόγραμμα είχε δοκιμαστεί κατά τη διάρκεια μιας πειραματικής περιόδου δύο ετών, 1996 - 1997. Ο πειραματισμός είχε πραγματοποιηθεί από υποσυστήματα, παρατηρήσεις και εκτιμήσεις στο κέντρο, με εκτενείς μελέτες στον τομέα των μετρήσεων χρόνου, με συνεντεύξεις και από μια τηλεφωνική έρευνα 500 πολιτών που διέμεναν στην περιοχή της εφαρμογής του συστήματος. Αρκετά προβλήματα είχαν προκύψει κατά τη διάρκεια της εφαρμογής 5T, τα οποία οφείλονταν σε αρχικές εξελίξεις κατωτέρων των προσδοκιών και στην πρόωρη λήξη ορισμένων εφαρμογών κατά τη διάρκεια του πειραματισμού.

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, από μελέτες διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Μείωση του χρόνου ταξιδιού κατά 17% σε Ι.Χ. οχήματα και 15% σε μέσα μαζικής μεταφοράς. Αυτό οφειλόταν στην διαχείριση των φωτεινών σηματοδοτών και στην παραχώρηση προτεραιότητας στα δημόσια μέσα μεταφοράς. Αν συνυπολογιστεί και η συνεισφορά της πληροφόρησης, η συνολική μείωση του χρόνου ταξιδιού ήταν 21,6% για τα Ι.Χ. οχήματα και 19% για τα μέσα μαζικής μεταφοράς.

- Μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων από οχήματα κατά 10%. Αυτό οφείλεται στο χρόνο αναμονής των οχημάτων στα φανάρια, οποίος μειώθηκε κατά 5 δευτερόλεπτα.
- Με βάση το προηγούμενο, αυξήθηκε η ταχύτητα των μέσων μαζικών μεταφορών κατά 20%.

Το πρόγραμμα QUARTET εφαρμόστηκε με επιτυχία και σε άλλες Ιταλικές, Σουηδικές, Νορβηγικές και Ολλανδικές πόλεις. Η πρώτη Αμερικανική πόλη που εξοπλίστηκε με αυτό το πρόγραμμα ήταν η Ομάχα από τη Νεμπράσκα, τον Ιούνιο του 1998. Το γενικό συμπέρασμά του προγράμματος ήταν ότι πρέπει να υλοποιείται σε μεγάλης κλίμακας περιοχές για να έχει εμφανή αποτελέσματα [26], [19], [8].

1.9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Η εφαρμογή και η εγκατάσταση των ευφυών συστημάτων μεταφορών έχει πολλά πλεονεκτήματα να αναδείξει, σε σχέση με τα λιγοστά μειονεκτήματα που υπάρχουν.

Πλεονεκτήματα

- ✓ Εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος.
- ✓ Καλύτεροι χρόνοι απόκρισης έκτακτης ανάγκης.
- ✓ Καλύτερες υπηρεσίες.
- ✓ Μειωμένα ατυχήματα και θάνατοι.
- ✓ Αυξημένη ικανοποίηση των χρηστών – οδηγών.
- ✓ Ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη.
- ✓ Μείωση της πιθανότητας εμφάνισης κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- ✓ Αύξηση της ασφαλούς οδήγησης.
- ✓ Καλύτερες υποδομές.
- ✓ Ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή.
- ✓ Αύξηση της επιχειρηματικότητας.
- ✓ Αξιόπιστες ταξιδιωτικές και καιρικές πληροφορίες.
- ✓ Περισσότεροι συνειδητοποιημένοι πολίτες.

Μειονεκτήματα

- ✓ Μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης (λογισμικό και εξοπλισμός).
- ✓ Κίνδυνος υποκλοπής από χάκερς.
- ✓ Απαιτείται εκπαίδευση χρηστών – οδηγών και προσωπικού.
- ✓ Δυσκολία στην κατανόηση [18], [22], [28], [29], [35], [42].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 “ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ”

2.1: Ευρωπαϊκός κανονισμός ΕΣΜ

Η αύξηση των οδικών μεταφορών στην Ένωση, που συναρτάται με την ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής οικονομίας και με τις απαιτήσεις κινητικότητας των πολιτών, είναι η βασική αιτία της αυξανόμενης συμφόρησης του οδικού δικτύου και κατανάλωσης ενέργειας και πηγή περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων. Γι' αυτό το λόγο, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε την Οδηγία 2010/40/ΕΕ (7^{ης} Ιουλίου 2010), περί πλαισίου ανάπτυξης των Συστημάτων Ευφύων Μεταφορών στον τομέα των οδικών μεταφορών και των διεπαφών με άλλους τρόπους μεταφοράς, στην οποία αναλύονται τα εξής άρθρα:

Άρθρο 1: Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής

Η παρούσα οδηγία θέλει να προάγει:

- Τη θέσπιση πλαισίου για τη στήριξη της συντονισμένης και συνεκτικής ανάπτυξης και χρήσης ευφύων συστημάτων μεταφορών (ΕΣΜ) εντός της Ένωσης, ιδίως διαμέσου των συνόρων μεταξύ των κρατών μελών, και καθορίζει τους αναγκαίους γενικούς όρους.
- Την ανάπτυξη προδιαγραφών και προτύπων, τα οποία δίνουν έμφαση στο τομέα προτεραιότητας (άρθρο 2).
- Την ενίσχυση για εφαρμογές και υπηρεσίες ITS στον τομέα των οδικών μεταφορών και στις διεπαφές τους με άλλους τρόπους μεταφοράς, με την επιφύλαξη των θεμάτων που αφορούν την εθνική ασφάλεια ή την άμυνα.

Άρθρο 2: Τομείς προτεραιότητας

Οι τομείς προτεραιότητας για την ανάπτυξη και τη χρήση προδιαγραφών και προτύπων είναι:

- Η βέλτιστη χρήση δεδομένων σχετικά με το οδικό δίκτυο, την κυκλοφορία και τις μετακινήσεις.
- Η αδιάλειπτη παροχή των υπηρεσιών ΕΣΜ, για τη διαχείριση της κυκλοφορίας και των εμπορευματικών μεταφορών.
- Οι εφαρμογές ΕΣΜ, σχετικά με την οδική ασφάλεια και την προστασία.

- Η σύνδεση του οχήματος με την υποδομή μεταφορών.

Άρθρο 3: Δράσεις προτεραιότητας

Οι δράσεις προτεραιότητας για την ανάπτυξη και τη χρήση προδιαγραφών και προτύπων είναι:

- Η παροχή, σε επίπεδο Ένωσης, υπηρεσιών πληροφόρησης για τις πολύτροπες μετακινήσεις.
- Η παροχή, σε επίπεδο Ένωσης, υπηρεσιών πληροφόρησης για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο.
- Τα δεδομένα και οι διαδικασίες για τη δωρεάν παροχή στους χρήστες ελάχιστων καθολικών πληροφοριών, για την κυκλοφορία σχετικών με την οδική ασφάλεια.
- Η παροχή διαλειτουργικού e-Call, σε επίπεδο Ένωσης.
- Η παροχή υπηρεσιών πληροφόρησης, για ασφαλείς και προστατευμένες θέσεις στάθμευσης φορτηγών και εμπορικών οχημάτων.
- Η παροχή υπηρεσιών κράτησης θέσεων, για ασφαλείς και προστατευμένες θέσεις στάθμευσης φορτηγών και εμπορικών οχημάτων.

Άρθρο 4: Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

- «Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (ΕΣΜ)»: τα συστήματα στα οποία εφαρμόζονται τεχνολογίες των πληροφοριών και των επικοινωνιών στον τομέα των οδικών μεταφορών, συμπεριλαμβανομένης της υποδομής, των οχημάτων και των χρηστών, και στους τομείς της διαχείρισης της κυκλοφορίας και της κινητικότητας, καθώς και οι διεπαφές με άλλους τρόπους μεταφοράς.
- «Διαλειτουργικότητα»: η ικανότητα των συστημάτων και των υποκείμενων επιχειρηματικών διεργασιών να ανταλλάσσουν δεδομένα, πληροφορίες και γνώσεις.
- «Εφαρμογή ΕΣΜ»: λειτουργικό μέσο για την εφαρμογή των ΕΣΜ.
- «Υπηρεσία ΕΣΜ»: η παροχή εφαρμογής ΕΣΜ, μέσω καλά καθορισμένου οργανωτικού και λειτουργικού πλαισίου, που σκοπό έχει να συμβάλλει στην ασφάλεια του χρήστη,

την απόδοση, την άνεση ή/και να διευκολύνει ή να υποστηρίζει τις δραστηριότητες μεταφορών και μετακινήσεων.

- «Πάροχος υπηρεσιών ΕΣΜ»: οποιοσδήποτε φορέας παροχής υπηρεσίας ΕΣΜ, δημόσιος ή ιδιωτικός.
- «Χρήστης ΕΣΜ»: κάθε χρήστης εφαρμογών ή υπηρεσιών ΕΣΜ, συμπεριλαμβανομένων των ταξιδιωτών, των ευάλωτων χρηστών του οδικού δικτύου, των χρηστών και των φορέων εκμετάλλευσης υποδομής οδικών μεταφορών, των διαχειριστών στόλου και των διαχειριστών υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης.
- «Ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου»: όσοι δεν χρησιμοποιούν μηχανοκίνητα οχήματα, όπως οι πεζοί και οι ποδηλάτες, καθώς και οι μοτοσικλετιστές και τα άτομα με αναπηρία ή με μειωμένη κινητικότητα και προσανατολισμό.
- «Νομαδική συσκευή»: φορητή συσκευή επικοινωνιών ή πληροφοριών που μπορεί να μεταφέρεται εντός του οχήματος, προς στήριξη του καθήκοντος οδήγησης και/ή των μεταφορικών δραστηριοτήτων.
- «Πλατφόρμα»: μονάδα επί του οχήματος ή στο εξωτερικό του, που καθιστά δυνατή την ανάπτυξη, την παροχή, την αξιοποίηση και την ολοκλήρωση των εφαρμογών και υπηρεσιών ΕΣΜ.
- «Αρχιτεκτονική»: ο κατασκευαστικός σχεδιασμός που καθορίζει τη δομή, τη συμπεριφορά και την ενσωμάτωση ενός δεδομένου συστήματος στο οικείο πλαίσιο.
- «Διεπαφή»: εγκατάσταση μεταξύ συστημάτων που παρέχει τα εφόδια μέσω των οποίων αυτά μπορούν να συνδεθούν και να αλληλεπιδράσουν.
- «Συμβατότητα»: η γενική ικανότητα συσκευής ή συστήματος να λειτουργεί μαζί με άλλη συσκευή ή σύστημα χωρίς να υποστεί μετατροπή.
- «Αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών»: η ικανότητα να εξασφαλίζονται συνεχώς και αδιαλείπτως υπηρεσίες σε δίκτυα μεταφορών σε όλη την Ένωση.

- «Δεδομένα σχετικά με το οδικό δίκτυο»: δεδομένα σχετικά με τα χαρακτηριστικά των υποδομών του οδικού δικτύου, περιλαμβανομένων των σταθερών οδικών σημάτων ή των ρυθμιστικών χαρακτηριστικών ασφαλείας.
- «Δεδομένα σχετικά με την κυκλοφορία»: ιστορικά δεδομένα και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τα χαρακτηριστικά οδικής κυκλοφορίας.
- «Δεδομένα μετακίνησης»: βασικά δεδομένα (όπως χρονοδιαγράμματα δημοσίων μεταφορών και τιμολόγια), απαραίτητα για την παροχή πληροφοριών για τις πολύτροπες μετακινήσεις πριν και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, ώστε να διευκολύνεται ο σχεδιασμός της μετακίνησης, η κράτηση θέσεων και η προσαρμογή.
- «Προδιαγραφή»: δεσμευτικό μέτρο που θεσπίζει διατάξεις οι οποίες προβλέπουν απαιτήσεις, διαδικασίες ή άλλους τυχόν συναφείς κανόνες.

Άρθρο 5: Ανάπτυξη των ΕΣΜ

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι οι προδιαγραφές που θεσπίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (άρθρο 6), θα. Αυτό δεν δίνει το δικαίωμα στα κράτη μέλη όμως να αποφασίζουν για την ανάπτυξη αυτών των εφαρμογών και υπηρεσιών στο έδαφός τους.

Άρθρο 6: Προδιαγραφές

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εγκρίνει αναγκαίες προδιαγραφές για να εξασφαλίσει τη συμβατότητα, τη διαλειτουργικότητα και τη συνέχεια της ανάπτυξης και λειτουργικής χρήσης των ΕΣΜ, για τις δράσεις προτεραιότητας.

Άρθρο 7: Πράξεις κατ' εξουσιοδότηση

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εγκρίνει συνεχώς πράξεις κατ' εξουσιοδότηση, σύμφωνα με το άρθρο 290 ΣΛΕΕ. Κατά την έγκριση τέτοιων πράξεων κατ' εξουσιοδότηση, η Επιτροπή ενεργεί σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις της παρούσας οδηγίας. Για καθεμία από τις δράσεις προτεραιότητας εγκρίνεται ξεχωριστή πράξη κατ' εξουσιοδότηση.

Άρθρο 8: Πρότυπα

Τα αναγκαία πρότυπα που πρέπει να προβλεφθούν για τη διαλειτουργικότητα, τη συμβατότητα και την ανάπτυξη και λειτουργική χρήση των ΕΣΜ, αναπτύσσονται στους τομείς προτεραιότητας και για τις δράσεις προτεραιότητας. Προς τούτο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ζητεί από τους αρμόδιους φορείς να καταβάλουν ταχέως κάθε απαραίτητη προσπάθεια για την έγκριση αυτών των προτύπων. Κατά την έκδοση εντολής προς τους φορείς τυποποίησης, πρέπει να τηρούνται οι βασικές αρχές (Παράρτημα II).

Άρθρο 9: Μη δεσμευτικά μέτρα

Η Επιτροπή εγκρίνει κατευθυντήριες γραμμές και άλλα μη δεσμευτικά μέτρα για να διευκολύνει τη συνεργασία των κρατών μελών, σχετικά με τους τομείς προτεραιότητας.

Άρθρο 10: Κανόνες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής, την ασφάλεια και την περαιτέρω χρήση των πληροφοριών

Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι η επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων στο πλαίσιο της λειτουργίας των εφαρμογών και υπηρεσιών ΕΣΜ πραγματοποιείται, σύμφωνα με τους κανόνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που αφορούν την προστασία των θεμελιωδών ατομικών δικαιωμάτων και ελευθεριών. Συγκεκριμένα, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι τα δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα προστατεύονται από αθέμιτη χρήση, μεταξύ άλλων από παράνομη πρόσβαση σε αυτά, τροποποίηση ή απώλειά τους. Επίσης, ενθαρρύνεται η χρήση ανώνυμων δεδομένων για την καλή λειτουργία των εφαρμογών και υπηρεσιών ΕΣΜ.

Άρθρο 11: Κανόνες περί ευθύνης

Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι τα θέματα που συνδέονται με την ευθύνη και αφορούν την ανάπτυξη και τη χρήση των εφαρμογών και υπηρεσιών ΕΣΜ, αντιμετωπίζονται σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Άρθρο 16: Ευρωπαϊκή συμβουλευτική ομάδα ΕΣΜ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνιστά ευρωπαϊκή συμβουλευτική ομάδα ΕΣΜ, για να τη συμβουλεύει σχετικά με επιχειρηματικές και τεχνικές πλευρές της ανάπτυξης και της χρήσης

των ΕΣΜ στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ομάδα αποτελείται από εκπροσώπους υψηλού επιπέδου των σχετικών παρόχων υπηρεσιών ΕΣΜ, ενώσεων χρηστών, φορέων εκμετάλλευσης μεταφορών και εγκαταστάσεων, της μεταποιητικής βιομηχανίας, των κοινωνικών εταιρών, επαγγελματικών ενώσεων, τοπικών αυτοδιοικήσεων και λοιπών σχετικών φόρουμ.

Άρθρο 17: Υποβολή εκθέσεων

Τα κράτη μέλη έπρεπε να είχαν υποβάλλει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το αργότερο μέχρι τις 27 Αυγούστου 2011, έκθεση σχετικά με τις εθνικές δραστηριότητες και τα έργα τους στους τομείς προτεραιότητας. Επίσης, τα κράτη μέλη έπρεπε να είχαν υποβάλλει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέχρι τις 27 Αυγούστου 2012, πληροφορίες για εθνικές δράσεις ΕΣΜ που έχουν σχεδιαστεί για την επόμενη πενταετία.

Άρθρο 18: Μεταφορά στην εθνική έννομη τάξη

Τα κράτη μέλη έχουν θέσει σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις για να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία μέχρι τις 27 Φεβρουαρίου 2012. Επίσης, έχουν θεσπίσει τις ανωτέρω διατάξεις, για παραπομπή στην παρούσα οδηγία. Ο τρόπος που θα γίνει αυτή η παραπομπή και η διατύπωσή της καθορίζεται από τα κράτη μέλη. Τα κράτη μέλη έχουν κοινοποιήσει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το κείμενο των κύριων διατάξεων εσωτερικού δικαίου, όπως προβλέπει η παρούσα οδηγία.

Η παρούσα οδηγία ισχύει από τις 20 Ιουλίου 2010 και αποδέκτες ήταν όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [6].

Τέλος, αναφέρουμε ότι οι παρακάτω κανονισμοί συμπληρώνουν την παρούσα οδηγία:

- 305/2013/ΕΕ (26^{ης} Νοεμβρίου 2012) σχετικά με την εναρμονισμένη παροχή διαλειτουργικού Ευρωπαϊκού συστήματος e-Call.
- 885/2013/ΕΕ (15^{ης} Μαΐου 2013) σχετικά με τα ευφυή συστήματα μεταφορών, όσον αφορά την παροχή υπηρεσιών πληροφόρησης για ασφαλείς και προστατευμένες θέσεις στάθμευσης φορτηγών και επαγγελματικών οχημάτων.

- 886/2013/ΕΕ (15^{ης} Μαΐου 2013) σχετικά με τα δεδομένα και τις διαδικασίες για τη δωρεάν παροχή ελάχιστων καθολικών πληροφοριών για την κυκλοφορία σχετικών με την οδική ασφάλεια στους χρήστες.
- 962/2015/ΕΕ (18^{ης} Δεκεμβρίου 2014) σχετικά με την παροχή σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης υπηρεσιών πληροφόρησης για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο.

2.2: Ελληνικός κανονισμός ΕΣΜ

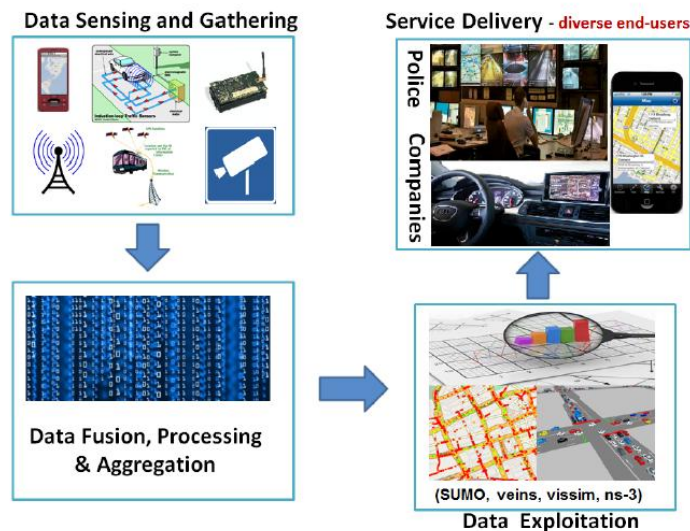
Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οφείλει να εναρμονιστεί με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/40/ΕΕ. Γι' αυτό, η Ελληνική κυβέρνηση εξέδωσε το Προεδρικό Διάταγμα 50/2012 (27^{ης} Απριλίου 2012) που υλοποιεί τις διατάξεις αυτής της Οδηγίας [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ”

Κατά τους Djahel, Doolan, Muntean και Murphy (2014), τα Συστήματα Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Σ.Δ.Κ.) ή αλλιώς Traffic Management Systems (TMS) είναι πολύ σημαντικά εργαλεία για τις έξυπνες πόλεις. Με τις διάφορες καινοτόμες τεχνολογίες που υπάρχουν, οι έξυπνες πόλεις θα βοηθήσουν να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Επίσης, πρέπει να υποστηριχθούν οι βιώσιμες μορφές μεταφορών, βασισμένες σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, για να έχουμε αποφυγή κυκλοφοριακής συμφόρησης, μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, μείωση αέριων εκπομπών και μείωση κατανάλωσης ενέργειας.

Ένα τυπικό Σ.Δ.Κ. αποτελείται από τέσσερις αλληλένδετες φάσεις, οι οποίες εξασφαλίζουν την αποτελεσματική παρακολούθηση και τον έλεγχο της κυκλοφοριακής ροής της πόλης (Εικόνα 14). Η πρώτη φάση ενός Σ.Δ.Κ. είναι η Ανίχνευση και η Συγκέντρωση Δεδομένων ή αλλιώς Data Sensing and Gathering (D.S.G.). Σ' αυτή τη φάση, ο εξοπλισμός ελέγχου οδικής κυκλοφορίας συγκεντρώνει πληροφορίες (πχ. όγκος οχημάτων, ταχύτητα, κατανομή οδών, κ.ά.) και τις αποστέλλει στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας ή αλλιώς Transportation Management Center (TMC) (Εικόνα 15) για επεξεργασία, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η δεύτερη φάση είναι, η Συγχώνευση Δεδομένων, Επεξεργασίας και Συσώρευσης ή αλλιώς Data Fusion, Processing and Aggregation (D.F.P.A.), στην οποία γίνεται η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών κυκλοφορίας. Η τρίτη φάση είναι, η Εκμετάλλευση Δεδομένων ή αλλιώς Data Exploitation (D.E.), στην οποία υπολογίζονται βέλτιστες διαδρομές οχημάτων, βραχυπρόθεσμες προβλέψεις κυκλοφορίας και διάφορα στατιστικά στοιχεία κυκλοφορίας. Η τέταρτη φάση είναι, η Παροχή Υπηρεσιών ή αλλιώς Service Delivery (S.D.), στην οποία οι αποδέκτες όλης αυτής της γνώσης είναι οι τελικοί χρήστες (πχ. οδηγοί, αρχές, ιδιωτικές εταιρίες, κ.ά.), μέσω των συσκευών τους (πχ. έξυπνα κινητά, πλοηγοί, κ.ά.) [20].



Εικόνα 14: Κύκλος ζωής δεδομένων σ' ένα Σ.Δ.Κ [20].



Εικόνα 15: Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας [1].

Σύμφωνα με τους Xavier και Nedunchezian (2014), η διαχείριση της κυκλοφορίας των οχημάτων αποτελεί σημαντικό τομέα ενδιαφέροντος για τους πολεοδόμους. Οι προσπάθειες των διαχειριστών κυκλοφορίας και των σχεδιαστών πόλεων για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης δεν επιτυγχάνουν αποτέλεσμα, όταν όλο και περισσότερα οχήματα προστίθενται καθημερινά στο οδικό δίκτυο και υπερβαίνουν την προβλεπόμενη φυσική χωρητικότητα του οδικού χώρου. Για να μετριάσουμε την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να διασφαλίσουμε την καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας, χρειαζόμαστε δυναμικά συστήματα πληροφοριών της κυκλοφορίας. Αυτό πετυχαίνετε με διαχειριστές της κυκλοφορίας, οι οποίοι είναι χρήσιμοι για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας και την εκτροπή της κυκλοφορίας σε εναλλασσόμενες διαδρομές [47].

3.1: Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης

Με τον όρο κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης ή αλλιώς Closed Circuit TV (CCTV) εννοούμε κάθε σύστημα που χρησιμοποιεί κάμερες για λήψη εικόνων, οι οποίες μεταφέρονται σε μία οθόνη (Monitor) και καταγράφονται είτε σε μαγνητοσκόπιο (Video Recorder) είτε σε Συσκευή Ψηφιακής Καταγραφής (Digital Video Recorder). Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα μεταβίβασης της εικόνας σε απομακρυσμένο σταθμό ελέγχου, είτε ενσύρματα είτε ασύρματα. Ένα σύστημα CCTV αποτελείται από: α) Κάμερες και εξαρτήματα στηρίξεως ή και προστασίας, β) Φακούς, γ) Μονάδα διαχείρισης εικόνων όπως Πολυπλέκτης (Multiplexer) ή Αυτόματος Διακόπτης Εναλλαγών (Switcher) ή (Matrix), δ) Οθόνη παρακολούθησης εικόνων (Monitor), ε) Μαγνητοσκόπιο ή Συσκευή Ψηφιακής Καταγραφής (Καταγραφικό).

Η χρήση κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο επιτήρησης σε οποιοδήποτε πεδίο, οπότε και η επιτήρηση της κυκλοφορίας δεν θα μπορούσε να αποτελεί εξαίρεση στον κανόνα. Οι κάμερες χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τις αναλογικές και τις ψηφιακές.

Μία σειρά από αναλογικές κάμερες, που εφαρμόζονται κατά μήκος μίας οδού ή σε συγκεκριμένα σημεία ενός οδικού δικτύου, μεταφέρει την εικόνα σε οθόνες στο κέντρο διαχείρισης, όπου το προσωπικό μπορεί να παρακολουθήσει άμεσα τη διεξαγωγή της κυκλοφορίας, ενώ είναι δυνατή και η εγγραφή σε βίντεο.

Αυτή μέθοδος παρακολούθησης μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για επίβλεψη, και όχι για απόκτηση κυκλοφοριακών δεδομένων. Κατά την επίβλεψη της κυκλοφορίας με τη μέθοδο κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης, το προσωπικό του κέντρου διαχείρισης είναι σε θέση να διαπιστώσει διάφορες προβληματικές καταστάσεις όπως ατυχήματα, συμφορήσεις, παράνομα ή προβληματικά κινούμενα οχήματα, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, και να αντιδράσει άμεσα, γνωρίζοντας και το πραγματικό μέγεθος του προβλήματος. Σαν απλά παραδείγματα, σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης σε κάποιο σημείο αυτοκινητοδρόμου το προσωπικό μπορεί να κανονίσει εύκολα και άμεσα την απεικόνιση ενός προειδοποιητικού μηνύματος σε πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων, ή να κινήσει άμεσα τις απαραίτητες διαδικασίες σε περίπτωση ατυχήματος. Σημαντικός, επίσης, είναι ο ρόλος της

επίβλεψης και στην περίπτωση των σηράγγων, όπου ένα ατύχημα ή μία δυσλειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού μπορεί να αποβούν εξαιρετικά επικίνδυνα.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία στην απόδοση του όλου συστήματος επίβλεψης είναι η κατάλληλη τοποθέτηση των καμερών. Αυτή εξαρτάται τόσο από τις απαιτήσεις της επίβλεψης, όσο και από τις δυνατότητες της ίδιας της συσκευής που επιλέγεται. Υπάρχουν συσκευές με δυνατότητες περιστροφής κατά τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα, καθώς και μεγέθυνσης και εστίασης διαφόρων βαθμών, άμεσα χειριζόμενες σε πραγματικό χρόνο από το προσωπικό του κέντρου. Αυτές οι διατάξεις, βέβαια, απαιτούν πιο σύνθετη υποδομή επικοινωνίας, αλλά επιτρέπουν την κάλυψη ευρύτερης και μεγαλύτερου μήκους περιοχής, μέχρι και 800 m βάθους. Σοβαρό ελάττωμα της μεθόδου επίβλεψης με κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης αποτελεί η δυσκολία λήψης στο σκοτάδι και υπό δυσμενείς συνθήκες ορατότητας, όπως βροχή, χιόνι, ομίχλη, σκόνη, καπνός. Επειδή, δε, είναι αυτές οι περιπτώσεις που καθίσταται ίσως περισσότερο χρήσιμη η επιτήρηση, αρκετοί κατασκευαστές έχουν προχωρήσει στη δημιουργία συσκευών λήψης με υπέρυθρες ακτίνες, που διαθέτουν βελτιωμένες σχετικές ικανότητες.

Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας αποτελεί την πιο σύγχρονη, αποτελεσματική και συγχρόνως ολοκληρωμένη μέθοδο παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Κατά τη μέθοδο αυτή, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης, λαμβάνεται εικόνα από την οδό με τη βοήθεια κάμερας και αναπαράγεται σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης. Πλην όμως, η εικόνα αυτή εισάγεται και σε κατάλληλη ηλεκτρονική υπολογιστική μονάδα, όπου και υφίσταται επεξεργασία για τη λήψη όλων των επιθυμητών στοιχείων, παρακάμπτοντας τον ανθρώπινο παράγοντα. Η παρακολούθηση της κυκλοφορίας με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για επιτήρηση της κυκλοφορίας.

Κατά την εγκατάσταση του συστήματος, αφού οριστικοποιηθεί η θέση της κάμερας και ξεκινήσει η λήψη της εικόνας, ο χειριστής ορίζει στην οθόνη γραμμές και περιοχές ανίχνευσης, ανάλογα με τα στοιχεία που είναι επιθυμητό να λαμβάνονται. Μόλις κάποιο όχημα πατήσει κάποια γραμμή ή εισέλθει σε κάποια περιοχή, ανιχνεύεται. Στη συνέχεια, μία σειρά από

αλγορίθμους αναλαμβάνει να επεξεργαστεί περαιτέρω την εικόνα και να εξάγει όλα τα επιθυμητά στοιχεία, απεικονίζοντάς τα στην οθόνη, αλλά και αποθηκεύοντάς τα για δημιουργία διαχρονικών δεδομένων.

Οι δυνατότητες που παρέχονται από τη χρήση ενός σχετικού συστήματος μπορεί να είναι:

- Μέτρηση κυκλοφοριακών φόρτων
- Μέτρηση ταχύτητας οχημάτων και μέσης ταχύτητας κίνησης
- Κατανομή κυκλοφορίας κατά λωρίδα
- Χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί
- Πυκνότητα κυκλοφορίας
- Εκτίμηση μήκους οχημάτων και αντίστοιχη ταξινόμηση φόρτων
- Αναγνώριση παρουσίας οχημάτων σε προσβάσεις κόμβων
- Μέτρηση μήκους ουράς αναμονής σε προσβάσεις κόμβων
- Αναγνώριση συμφορήσεως
- Αναγνώριση προβληματικής κίνησης οχημάτων, όπως υψηλή ή χαμηλή ταχύτητα και απότομη μεταβολή της, στάση, αντίθετη κίνηση
- Ανίχνευση αντικειμένων στο οδόστρωμα
- Ανίχνευση καπνού ή ομίχλης
- Δυνατότητα παρακολούθησης οχήματος βάσει διαστάσεων και χρώματος

Βέβαια, μία εγκατάσταση ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει όλες τις προαναφερθείσες δυνατότητες ταυτόχρονα, παρά μόνο όσες χρειάζονται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Συνήθως το διαθέσιμο λογισμικό διατίθεται σε τρεις διαφορετικές δυνατότητες, για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων, για ανίχνευση περιστατικών (επιτήρηση) και για διαχείριση σηματοδοτούμενων κόμβων.

Κατά τη μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων μπορούν να μετρηθούν διάφορα στοιχεία όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι ταχύτητες των οχημάτων, η κατανομή κατά λωρίδα, οι χωρικοί και χρονικοί διαχωρισμοί, η πυκνότητα κυκλοφορίας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης του μήκους κάθε οχήματος, με αντίστοιχη κατανομή της κυκλοφορίας κατά

κατηγορία. Τα στοιχεία μήκους σε συνδυασμό με το χρώμα, επιτρέπουν και την ταυτοποίηση της διέλευσης ενός συγκεκριμένου οχήματος από επόμενα παρακολουθούμενα σημεία, για την εξαγωγή μέσω των ταχυτήτων και χρόνων διαδρομής, όπως και δεδομένων προέλευσης και προορισμού.

Η ανίχνευση διαφόρων ειδών περιστατικών πραγματοποιείται και αυτή αυτόματα, με τη δυνατότητα διαπίστωσης συμφόρησης, σταματημένων ή κινούμενων αντίθετα οχημάτων, αντικειμένων στο οδόστρωμα. Με την ανίχνευση κάποιου περιστατικού ενημερώνεται το προσωπικό του κέντρου, το οποίο έχει βέβαια τη δυνατότητα να επιβεβαιωθεί και από την οθόνη του, διαπιστώνοντας το είδος και την έκτασή του και αποφασίζοντας για τις ενέργειες στις οποίες θα προβεί. Απλώς δεν απαιτείται η συνεχής επαγρύπνησή του, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης. Ιδιαίτερη εφαρμογή της δυνατότητας ανίχνευσης περιστατικών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επικίνδυνα σημεία, όπως οι σήραγγες.

Κατά τη δυνατότητα της διαχείρισης σηματοδοτούμενων κόμβων, το σύστημα επεξεργασίας έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης οχημάτων που αναμένουν ή προσεγγίζουν στην παρακολουθούμενη πρόσβαση, τη μέτρησή τους, καθώς και την εκτίμηση του μήκους ενδεχόμενης ουράς. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται στη διαχείριση της ενεργούμενης σηματοδότησης.

Βασικοί παράγοντες στην αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία της ηλεκτρονικής παρακολούθησης είναι το είδος και η θέση των συσκευών λήψης εικόνας που χρησιμοποιούνται. Καθώς η ποιότητα της γραφικής επεξεργασίας εξαρτάται από την αντίστοιχη της εικόνας, οι κάμερες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ψηφιακής επεξεργασίας απαιτείται να είναι μεγαλύτερης ευκρίνειας σε σχέση με τις κοινές κάμερες των κλειστών κυκλωμάτων. Έγχρωμες κάμερες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, αλλά είναι εν γένει λιγότερο ευαίσθητες σε σχέση με τις ασπρόμαυρες.

Η βέλτιστη θέση κάθε κάμερας εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Γενικά, οι κάμερες θα πρέπει να είναι τοποθετημένες όσο το δυνατό υψηλότερα, και στο κέντρο της ζώνης ανίχνευσης. Εάν, αυτό δεν είναι δυνατό, προτιμάται η τοποθέτηση κοντά στην εσωτερική λωρίδα, καθώς με αυτό τον τρόπο

αποφεύγεται το γεγονός βραδέα και ογκώδη οχήματα να κλείνουν το οπτικό πεδίο στις παρακείμενες λωρίδες. Η απευθείας πρόσπτωση του ηλιακού φωτός επάνω στο φακό θα πρέπει να αποφεύγεται. Το οπτικό πεδίο εξαρτάται από το ύψος τοποθέτησης, όπως και από το εύρος ανοίγματος του φακού. Ενδεικτικά, για την ανίχνευση σταματημένων οχημάτων η ζώνη ανίχνευσης συνήθως περιορίζεται σε 350 m σε ανοιχτές οδούς και σε 15 φορές το ύψος της κάμερας μέσα σε σήραγγες. Επίσης, μία κάμερα με σχεδόν κατακόρυφη τοποθέτηση (κοιτάζοντας προς τα κάτω) παρέχει σαφέστερη διάκριση των διαδοχικών οχημάτων, μειώνοντας τα σφάλματα αναγνώρισης καθότι φαίνονται τα διάκενα μεταξύ τους, αλλά το εξαιρετικά περιορισμένο πεδίο λήψης την καθιστά ακατάλληλη για επιτήρηση.

Τέλος, αναφέρεται ότι, όπως και στην περίπτωση των κλειστών κυκλωμάτων, έτσι και εδώ βασική αδυναμία της μεθόδου είναι η δυσκολία ανίχνευσης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή περιορισμένης ορατότητας. Ομοίως, αντιμετώπιση του προβλήματος επιτυγχάνεται με χρήση τεχνολογιών όπως οι υπέρυθρες ακτινοβολίες [13], [1].

Σύμφωνα με τους Esteve, Palau, Martinez – Nohales και Molina (2007), ένα αστικό σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας βασίζεται στην τεχνολογική του υποδομή. Δηλαδή, στα προηγμένα συστήματα κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης και στις συνδέσεις σημείο με σημείο. Αυτά είναι πολύπλοκα και δύσκολα συστήματα στην εφαρμογή, αλλά και πολύ δαπανηρά. Ο κύριος σκοπός ενός τέτοιου συστήματος είναι να συλλέξεις πληροφορίες από τις κάμερες που υπάρχουν στους δρόμους και να αποστείλεις τα βίντεο στο κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Εκεί θα τα επεξεργαστούν ειδικά εκπαιδευμένα άτομα και θα πράξουν την ανάλογη ενέργεια για τη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Η ψηφιοποίηση του βίντεο ανάγκασε κάποιους να αναπτύξουν κατάλληλο λογισμικό και υλικά, έτσι ώστε να πουλάνε τις υπηρεσίες τους σε διάφορους πελάτες. Είναι συνήθως λογισμικά ανοικτού κώδικα, μέσω IP, έτσι ώστε να είναι προσιτά και εύχρηστα στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Η αρχιτεκτονική τους μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί και σε στρατιωτικό επίπεδο, αλλά και σε επίπεδο απλών χρηστών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πόλη της Βαλένθια, η οποία ανέπτυξε ένα νέο σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας που βασιζόταν στο βίντεο πραγματικού χρόνου,

εφαρμόζοντας ένα εταιρικό δίκτυο TCP / IP υψηλής ταχύτητας. Στα πλαίσια του νέου συστήματος, η πόλη χρησιμοποίησε το ίδιο δίκτυο οπτικών ινών που έχει χρησιμοποιηθεί στο προηγούμενο σύστημα παρακολούθησης, για να συνδέσει όλες τις τρέχουσες κάμερες με το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Για την υλοποίηση αυτού του συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες αναλογικές κάμερες που ήταν εγκατεστημένες στην πόλη. Αρχικά, ήταν 654 κάμερες, αλλά μελλοντικά θα γίνουν 1000. Κάθε κάμερα παρείχε ακατέργαστο βίντεο και μετατρεπόταν σε μορφή MPEG4. Μετά, από ένα διακομιστή βίντεο μεταδιδόταν σε πρότυπο MPEG-TS πακέτο.

Διάφορα άλλα συστήματα παρακολούθησης είναι τα ADVISOR, PRISMATICA, DARPA, DETER, PASSWORD, CANDELA, κ.ά [23].

3.2: Συστήματα ανίχνευσης οχημάτων

Στα Συστήματα Ανίχνευσης Οχημάτων ή αλλιώς Vehicle Detection Systems (V.D.S.) υπάρχουν τεχνολογίες εντός οδοστρώματος, αλλά και εκτός αυτού. Είναι συστήματα που το βασικό τους εξάρτημα είναι το αισθητήριο.

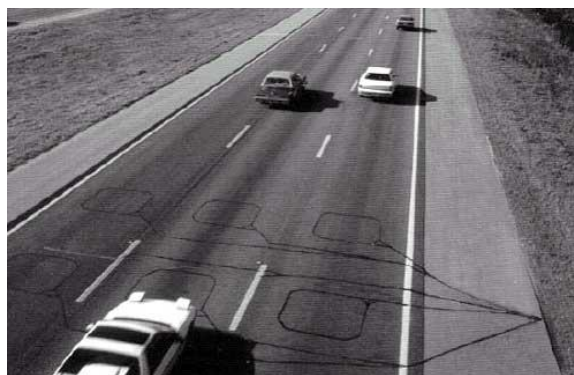
3.2.1: Τεχνολογίες εντός οδοστρώματος

Επαγωγικός βρόχος (Inductive loop)

Τα βασικά μέρη ενός επαγωγικού βρόχου είναι:

- Ο ταλαντωτής ανίχνευσης, ο οποίος αποτελεί την πηγή ενέργειας του ανιχνευτή.
- Το καλώδιο σύνδεσης με το ηλεκτρονικό κύκλωμα.
- Το μονωμένο καλώδιο μήκους ενός ή περισσότερων κυκλικών ή ορθογωνικών βρόγχων, το οποίο τοποθετείται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του οδοστρώματος.

Όταν ένα όχημα περάσει πάνω από το κομμάτι του οδοστρώματος όπου είναι τοποθετημένος ο βρόχος ή όταν σταματήσει στο σημείο αυτό, η αυτεπαγωγή του βρόχου μειώνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συχνότητα ταλάντωσης. Η παρουσία ενός αυτοκινήτου διαπιστώνεται όταν η αύξηση της συχνότητας είναι τέτοια ώστε να ξεπεραστεί ένα συγκεκριμένο κατώφλι που ορίζεται κατά τη ρύθμιση ευαισθησίας του συστήματος (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Πραγματική απεικόνιση επαγωγικού βρόχου [1].

Υπάρχουν τρεις τύποι επαγωγικών βρόχων, οι οποίοι σχετίζονται με τη μέθοδο εγκατάστασής του στο οδόστρωμα. Η εγκατάσταση του πρώτου τύπου γίνεται με χάραξη του οδοστρώματος, τοποθέτηση του βρόχου και επανασφάλτωση. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η προστασία του βρόχου από δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Ο δεύτερος τύπος βρόχου τοποθετείται κατά την κατασκευή του οδοστρώματος και παρέχει και αυτός ικανοποιητική αντοχή. Ο τρίτος τύπος δεν τοποθετείται μέσα στο οδόστρωμα, αλλά το μονωμένο καλώδιο εισάγεται σε σωλήνα PVC ο οποίος διατηρεί το σχήμα του και το προστατεύει από φθορές. Οι βρόχοι αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται συνήθως σε αερογέφυρες.

Ο βρόχος επαγωγής δεν επηρεάζεται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, τα εκχιονιστικά μηχανήματα είναι δυνατόν να του προκαλέσουν βλάβες. Επηρεάζεται όμως από τις κυκλοφοριακές και τις θερμοκρασιακές συνθήκες. Υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν διαστολή της ασφάλτου, με συνέπεια τη δυσλειτουργία των βρόχων επαγωγής, ενώ η διέλευση οχημάτων με χαμηλές ταχύτητες είναι δυνατό να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση του αριθμού τους [9], [30].

Για την καλύτερη λειτουργία των επαγωγικών βρόχων υπάρχει ένα σύστημα παρακολούθησης απόδοσης τους, γνωστό ως Performance Measurement System (Pe.M.S.). Το PeMS είναι ένα διαχειριστικό εργαλείο συλλογής, ελέγχου, διόρθωσης, επεξεργασίας και ανάλυσης των στοιχείων που λαμβάνονται από τους επαγωγικούς βρόχους. Μέσω του PeMS είναι εφικτή η παραγωγή αναφορών (πίνακες και γραφήματα) για μια σειρά πρωτογενή ή δευτερογενή κυκλοφοριακά μεγέθη, όπως: φόρτος, ταχύτητα, κατάληψη, καθυστερήσεις,

επίπεδο εξυπηρέτησης, χιλιόμετρα οχημάτων, χαρακτηριστικά συμφορήσεων, χρόνοι διαδρομής, εκτιμήσεις τάσεων, κ.ά.

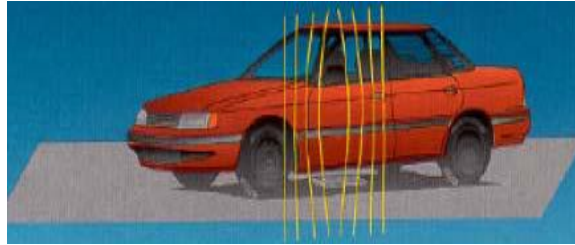
Το ReMS σχεδιάστηκε με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνια και της Υπηρεσίας Μεταφορών της Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Στην Αττική Οδό χρησιμοποιείται από το 2004, όταν έγινε αντιληπτό ότι ο όγκος και η πολυπλοκότητα των παραγόμενων δεδομένων και μετρήσεων απαιτεί ένα διαχειριστικό εργαλείο. Σήμερα, η εφαρμογή διαχειρίζεται καθημερινά δεδομένα της τάξης του 0,5 GB, ενώ ετησίως η βάση δεδομένων φτάνει σε όγκο τα 200 GB. Τα δεδομένα αυτά δίνονται από 1.500 φωρατές του αυτοκινητόδρομου ανά 20 δευτερόλεπτα. Είναι προσβάσιμο μέσω διαδικτύου και αποτελεί βασικό εργαλείο παρακολούθησης και μελέτης των κυκλοφοριακών συνθηκών. Επίσης, αυτό υποβοηθά στην πρόληψη και προεκτίμηση των απαραίτητων ενεργειών διαχείρισης σε μελλοντικά γεγονότα [7].

Μαγνητικοί ανιχνευτές (Magnetic detectors)

Οι μαγνητικοί ανιχνευτές μετρούν τη διατάραξη του γήινου μαγνητικού πεδίου που οφείλεται στα μεταλλικά μέρη των οχημάτων. Οι δύο βασικοί τύποι μαγνητικών ανιχνευτών είναι το επαγωγικό μαγνητόμετρο και το fluxgate μαγνητόμετρο δύο αξόνων. Το επαγωγικό μαγνητόμετρο, γνωστό και ως μαγνητόμετρο πηνίου αναζήτησης (search coil magnetometer), αποτελείται από μία περιέλιξη γύρω από ένα μαγνητικό πυρήνα μεγάλης διαπερατότητας. Στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται τάση όταν υπάρχει διατάραξη των μαγνητικών γραμμών. Οι ανιχνευτές αυτού του τύπου, για να λειτουργήσουν σωστά, απαιτούν συνήθως ελάχιστη ταχύτητα οχήματος 5-8 km/h. Το fluxgate μαγνητόμετρο δύο αξόνων συνήθως αποτελείται από ένα πρωτεύον τυλίγμα, δύο δευτερεύοντα τυλίγματα και από το μαλακό μαγνητικό πυρήνα μεγάλης διαπερατότητας. Ο ανιχνευτής αυτός μετράει τις διακυμάνσεις στον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα του γήινου μαγνητικού πεδίου.

Όταν η παραχθείσα τάση στα άκρα των τυλιγμάτων υπερβεί ένα ορισμένο κατώφλι, το σύστημα φαίνεται ότι πραγματοποιήθηκε διέλευση οχήματος. Είναι ακόμη δυνατή η ανίχνευση σταθμευμένων οχημάτων στην περιοχή παρακολούθησης, διότι τα μεταλλικά τους μέρη προκαλούν μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου που μετράται. Στην παρακάτω

εικόνα (Εικόνα 17), φαίνεται η παραμόρφωση των μαγνητικών γραμμών του γήινου πεδίου, κατά το πέρασμα ενός οχήματος μέσα από την περιοχή ανίχνευσης.



Εικόνα 17: Παραμόρφωση των γήινων μαγνητικών γραμμών κατά το πέρασμα του οχήματος [9].

Οι ανιχνευτές που βασίζονται στη μέτρηση του γήινου μαγνητικού πεδίου δεν επηρεάζονται από την κακοκαιρία και παρουσιάζουν ικανοποιητική συμπεριφορά σε συνθήκες έντονης κυκλοφορίας [9], [30].

Πνευματικός σωλήνας (Pneumatic road tube)

Αποτελεί τον πρώτο ανιχνευτή διέλευσης οχημάτων που τοποθετείται εντός του οδοστρώματος και εφευρέθηκε το 1920. Χάρη στην απλότητα της σχεδιάσής του και το μικρό του κόστος, χρησιμοποιείται ευρέως ακόμα και σήμερα. Όταν διέρχεται ένα όχημα από πάνω του, λόγω της ασκούμενης πίεσης, δημιουργούνται ριπές πεπιεσμένου αέρα που μεταφέρονται μέσω ελαστικών σωλήνων. Οι ριπές αυτές κλείνουν ειδικούς διακόπτες, οι οποίοι παράγουν ηλεκτρικούς παλμούς σηματοδοτώντας τη διέλευση οχήματος. Οι ανιχνευτές αυτοί μπορούν να μετρήσουν συχνότητα διέλευσης, ταχύτητα και να προσδιορίσουν το είδος του οχήματος, υπολογίζοντας τις αποστάσεις μεταξύ των αξόνων του (Εικόνα 18).



Εικόνα 18: Πραγματική απεικόνιση πνευματικού σωλήνα [1].

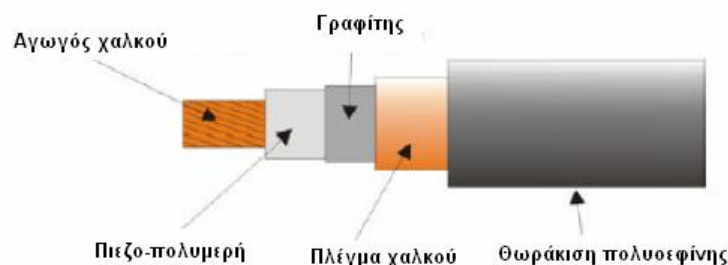
Οι συνθήκες βροχής ή χιονιού είναι απαγορευτικές για τη χρήση ανιχνευτών αυτού του τύπου. Οι διακόπτες αέρα των πνευματικών σωλήνων είναι ευαίσθητοι στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην ανίχνευση οχημάτων που κινούνται σε χαμηλές ταχύτητες και υπάρχει η περίπτωση εσφαλμένης καταγραφής, όταν ένα όχημα σταματήσει ακριβώς στο σημείο τοποθέτησής τους [9], [30].

Πιεζοηλεκτρικός ανιχνευτής (Piezoelectric detector)

Το πιεζοηλεκτρικό είναι ένα ειδικά επεξεργασμένο υλικό, το οποίο έχει την ιδιότητα να μετατρέπει τη κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Όταν ένα όχημα διέρχεται πάνω από τον ανιχνευτή, το πιεζοηλεκτρικό υλικό παράγει τάση ανάλογη με το βάρος του οχήματος. Το υλικό παράγει τάση μόνο όταν υπάρχει μεταβολή στην δύναμη που του ασκείται, οπότε δεν συνίσταται για την ανίχνευση σταματημένων οχημάτων.

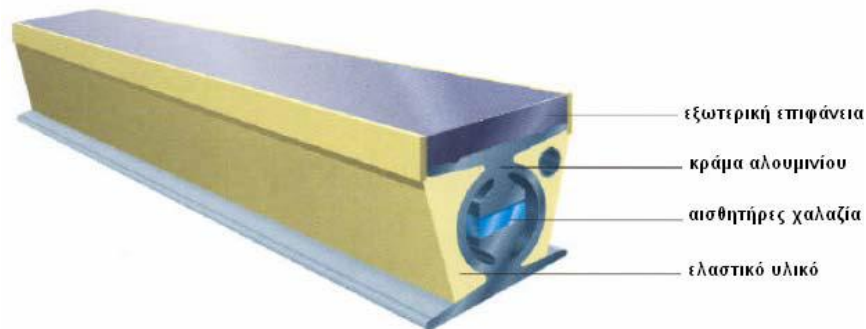
Οι πιεζοηλεκτρικοί ανιχνευτές μπορούν να υπολογίσουν τη ροή κυκλοφορίας, το είδος των οχημάτων, τη ταχύτητα και το βάρος τους. Κατατάσσουν τα οχήματα μετρώντας την απόσταση και τον αριθμό των αξόνων τους. Για να υπολογιστούν ταχύτητες απαιτείται η χρήση περισσότερων από ενός ανιχνευτών. Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της κυκλοφοριακής ροής και κυριότερα για τη μέτρηση βάρους μεγάλων οχημάτων.

Το πιεζοηλεκτρικό υλικό συνήθως αποτελείται από μοριακές αλυσίδες πολυμερών, κεραμικά ή κρυστάλλους (π.χ. χαλαζία). Οι πιεζοαγωγοί είναι συνήθως ομοαξονικοί με πυρήνα από κάποιο μέταλλο, πιεζοηλεκτρικό υλικό και ένα εξωτερικό μεταλλικό στρώμα. Ένας τυπικός πιεζοαγωγός φαίνεται στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 19).



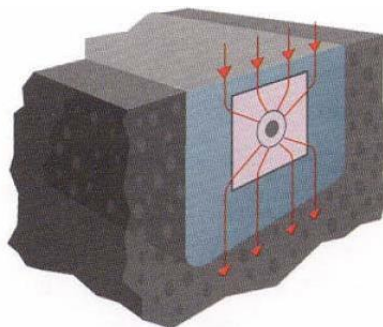
Εικόνα 19: Δομή πιεζοαγωγού [9].

Η εταιρία Kistler Instruments Corporation έχει αναπτύξει τον LINEAS αισθητήρα που βασίζεται σε κρύσταλλο χαλαζία για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας (Εικόνα 20).

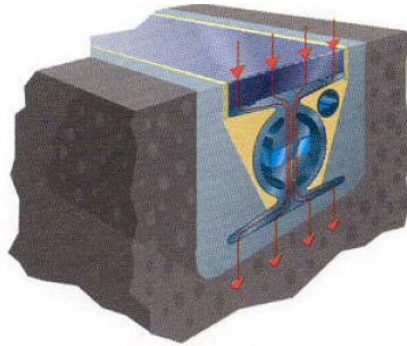


Εικόνα 20: Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας τεχνολογίας LINEAS [9].

Ο χαλαζίας αποτελεί υλικό με πολύ καλά χαρακτηριστικά, όπως γραμμική απόδοση και σταθερότητα σε μεταβαλλόμενες εξωτερικές συνθήκες. Ο αισθητήρας που βασίζεται σε κρύσταλλο χαλαζία υπερτερεί σε σχέση με αυτόν που χρησιμοποιεί πιεζοηλεκτρικό υλικό καθώς, χάρη στη μονωμένη αντίσταση που διαθέτει, έχει τη δυνατότητα να μετράει και στατικές καταστάσεις. Ο ανιχνευτής LINEAS είναι καλύτερος σε σύγκριση με τους κλασικούς πιεζοαγωγούς, διότι δεν επηρεάζεται από τις θερμοκρασιακές συνθήκες, έχει μεγαλύτερο εύρος μετρήσεων και χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Ακόμη, ενώ οι πιεζοηλεκτρικοί ανιχνευτές αντιδρούν και στις πλάγιες δυνάμεις που παράγονται από τους τροχούς των οχημάτων, ο LINEAS αντιδρά μόνο στις κατακόρυφες, παρέχοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις του. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τη συνηθισμένη τεχνολογία πιεζοαγωγών (Εικόνα 21) και τους αισθητήρες χαλαζία LINEAS (Εικόνα 22) [9], [30].



Εικόνα 21: Συνηθισμένη τεχνολογία πιεζοαγωγών [9].



Εικόνα 22: Αισθητήρες χαλαζία LINEAS [9].

Ανιχνευτές βάρους (Weight in motion – WIN)

Οι ανιχνευτές βάρους αποτελούν συστήματα ανίχνευσης που τοποθετούνται στο οδόστρωμα και μετράνε τη δύναμη που ασκεί ένα όχημα σε αυτά. Η κύρια μέτρηση που λαμβάνεται είναι το βάρος και ειδικότερα αυτό που αντιστοιχεί σε κάθε τροχό. Η καταπόνηση του οδοστρώματος, κυρίως από φορτηγά, δημιουργεί την ανάγκη εφαρμογής μέτρων πρόληψης και ελέγχου, γεγονός που έχει οδηγήσει στην ευρεία χρήση των ανιχνευτών WIM. Οι WIM έχουν μάλιστα αποδειχτεί περισσότερο ακριβείς από τις κλασικές στατικές μεθόδους μέτρησης βάρους.

Οι πέντε σημαντικότερες τεχνολογίες WIM είναι οι εξής:

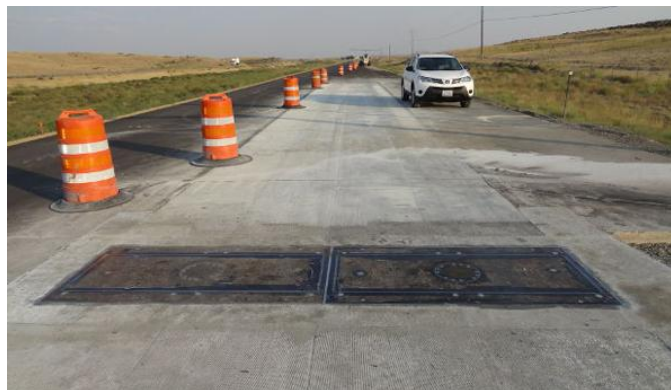
- Το σύστημα της εύκαμπτης πλάκας (bending plate).
- Η πιεζοηλεκτρική.
- Το σύστημα load cell.
- Το σύστημα χωρητικότητας (capacitance).
- Οι οπτικές ίνες, που βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.

Το σύστημα της εύκαμπτης πλάκας (bending plate) (Εικόνα 23) χρησιμοποιεί μια μεταλλική πλάκα, η οποία έχει στο κάτω μέρος της μετρητές τανύσεως. Οι μετρητές αυτοί παράγουν σήματα ανάλογα με την παραμόρφωση της πλάκας όταν βρίσκεται υπό φορτίο. Το σύστημα καταγράφει τα σήματα αυτά και υπολογίζει το δυναμικό φορτίο, δίνοντας στοιχεία για το βάρος και την ταχύτητα του οχήματος.



Εικόνα 23: Το σύστημα της εύκαμπτης πλάκας [1].

Τα συστήματα WIM τύπου load cell (Εικόνα 24) αποτελούνται συνήθως από δύο διατάξεις για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας, σε κάθε μία από τις οποίες είναι τοποθετημένα δύο ή περισσότερα load cells. Η αρχή λειτουργίας τους ταυτίζεται με αυτή της εύκαμπτης πλάκας. Πολλά συστήματα αυτού του τύπου υπολογίζουν ξεχωριστά το βάρος της δεξιάς και της αριστερής πλευράς του άξονα του οχήματος και στη συνέχεια προσθέτουν τις δύο αυτές μετρήσεις για να βρεθεί το συνολικό βάρος του άξονα.



Εικόνα 24: Το σύστημα load cell [1].

Το σύστημα WIM χωρητικότητας (Εικόνα 25) συνήθως αποτελείται από δύο ή περισσότερες μεταλλικές αγώγιμες πλάκες, οι οποίες περιέχουν ίσα αλλά αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Όταν ένα όχημα διέρχεται πάνω από το στρώμα χωρητικότητας, το διάκενο μεταξύ των πλακών μειώνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η χωρητικότητα. Η μεταβολή της χωρητικότητας καταγράφεται και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βάρους. Για την

κατασκευή του στρώματος χωρητικότητας χρησιμοποιείται ανοξείδωτο ατσάλι, ορείχαλκος, αλουμίνιο, πολυουρεθάνιο, λάστιχο κ.ά.



Εικόνα 25: Το σύστημα WIN χωρητικότητας [9].

Οι ανιχνευτές οπτικών ινών αποτελούν ένα σημαντικό ανταγωνιστή των κλασικών ανιχνευτών WIM καθώς έχουν χαμηλό κόστος, μεγάλη ακρίβεια και παρουσιάζουν ανοχή σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Η πίεση που ασκείται από τους άξονες των οχημάτων μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά των ινών, όπως για παράδειγμα το δείκτη διάθλασης, την ανισοροπία καθώς και την γεωμετρία. Οι μεταβολές αυτές υπολογίζονται μέσω αισθητήρων οπτικών ινών.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στους αισθητήρες ενδογενών μεταβολών (intrinsic fiber-optics sensors) και στους αισθητήρες εξωγενών μεταβολών (extrinsic fiber-optics sensors). Οι αισθητήρες της πρώτης κατηγορίας μετρούν τις μεταβολές στην ένταση του φωτός, οι οποίες οφείλονται στην άμεση φυσική επαφή των οπτικών ινών με ένα αντικείμενο. Από την άλλη πλευρά, οι αισθητήρες της δεύτερης κατηγορίας χρησιμοποιούν διαμορφωμένα σήματα που δεν επηρεάζονται από τις εξωτερικές συνθήκες και βασίζονται σε μεθόδους ελέγχου μετάδοσης. Κατά συνέπεια, υπάρχουν διαφορές στην ακρίβεια, την κατανάλωση ισχύος και στον αριθμό των μερών που απαιτεί ο ανιχνευτής.

Η εγκατάσταση των οπτικών αισθητήρων είναι μία σχετικά εύκολη διαδικασία. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 26), φαίνεται ένας εγκατεστημένος ανιχνευτής οπτικών ινών [9], [30].



Εικόνα 26: Φορητός ανιχνευτής οπτικών ινών [9].

3.2.2: Τεχνολογίες εκτός οδοστρώματος

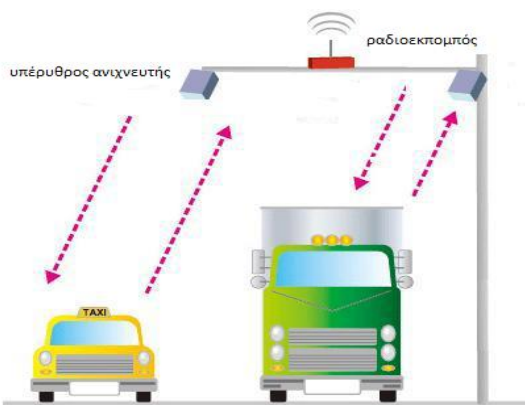
Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι ενεργοί και οι παθητικοί υπέρυθροι ανιχνευτές, τα ραντάρ μικροκυμάτων, οι ανιχνευτές υπερήχων, οι παθητικοί ακουστικοί ανιχνευτές και αυτοί που βασίζονται στην επεξεργασία εικόνας και βίντεο. Οι ενεργοί υπέρυθροι, τα ραντάρ μικροκυμάτων και οι ανιχνευτές υπερήχων είναι ενεργοί ανιχνευτές, δηλαδή εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα προς ένα στόχο και μετράνε την ισχύ του ανακλώμενου κύματος. Ενώ, οι παθητικοί υπέρυθροι, οι παθητικοί ακουστικοί ανιχνευτές και αυτοί που βασίζονται στην επεξεργασία εικόνας και βίντεο είναι παθητικοί ανιχνευτές, δηλαδή μετράνε την ενέργεια που εκπέμπει ένα αντικείμενο ή αναλύουν την εικόνα της περιοχής παρακολούθησης.

Ενεργοί υπέρυθροι ανιχνευτές (Active infrared detectors)

Οι υπέρυθροι ανιχνευτές (Εικόνα 27α και 27β) λειτουργούν στην περιοχή των 100 GHz περίπου. Η ανίχνευση των οχημάτων γίνεται μέσω της επεξεργασίας του σήματος που προκύπτει από τη μετατροπή της ληφθείσας ενέργειας.



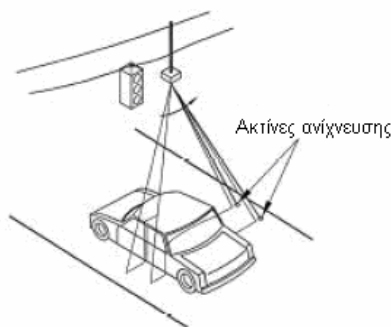
(α) [9]



(β) [47]

Εικόνα 27: Υπέρυθρος ανιχνευτής.

Ο ενεργός ανιχνευτής εκπέμπει μη ορατή υπέρυθη ακτινοβολία χαμηλής ισχύος, μέσω διόδων led, ή υψηλής ισχύος, μέσω διόδων λέιζερ, σε μια συγκεκριμένη περιοχή και μετράει το χρόνο επιστροφής του ανακλώμενου κύματος. Η μέτρηση μικρότερου χρόνου επιστροφής υποδηλώνει την ύπαρξη ενός οχήματος. Η μέτρηση της ταχύτητας του οχήματος επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των χρόνων επιστροφής δύο ή περισσότερων ακτινών. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται οι δέσμες λέιζερ στην περιοχή ανίχνευσης (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Περιοχή κάλυψης ακτινών ανίχνευσης [9].

Οι ενεργοί υπέρυθοι ανιχνευτές επηρεάζονται από τη βροχή και το χιόνι. Καθώς τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μικρού μήκους κύματος αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα διαλείψεων και συγκεκριμένα απωλειών ενέργειας και σκεδάσεως, όταν διέρχονται από παγοκρυστάλλους. Επιπρόσθετα, το βρεγμένο οδόστρωμα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανακλαστικής ικανότητας του δρόμου, με συνέπεια την αδυναμία αυτορρύθμισης των ανιχνευτών. Επίσης, έχει παρατηρηθεί αύξηση στον αριθμό των μετρούμενων οχημάτων λόγω ανάκλασης των κυμάτων στους παγοκρυστάλλους [9], [30].

Παθητικοί υπέρυθοι ανιχνευτές (Passive infrared detectors)

Όλα τα αντικείμενα εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία, η ισχύς της οποίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς τους, το μέγεθος και το υλικό τους. Οι παθητικοί ανιχνευτές μετρούν τη διαφορά ανάμεσα στην εκπεμπόμενη από το οδόστρωμα και το όχημα ακτινοβολία. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ανιχνευτών. Η πρώτη περιλαμβάνει τους ανιχνευτές που χρησιμοποιούν έναν ή περισσότερους αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας, αλλά δεν

είναι σε θέση να χωρίσουν σε pixels τα αντικείμενα που βρίσκονται στην περιοχή ανίχνευσης. Η άλλη κατηγορία περιλαμβάνει τους ανιχνευτές που έχουν αυτή την ικανότητα, καθώς αποτελούνται από διαδιάστατες συστοιχίες ανιχνευτών. Όπως είναι φανερό, οι ανιχνευτές της δεύτερης κατηγορίας είναι περισσότερο ακριβείς και αποτελεσματικοί.

Οι ανιχνευτές αυτοί δεν εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και με κατάλληλο λογισμικό στη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά σε συνθήκες έντονης κυκλοφορίας [9], [30].

Ραντάρ μικροκυμάτων (Microwave radar)

Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου. Οι συχνότητες των μικροκυμάτων εκτείνονται από το 1 μέχρι τα 30 GHz. Υπάρχουν δύο τύποι ανιχνευτών μικροκυμάτων, οι μικροκυματικοί ανιχνευτές Doppler και οι ανιχνευτές συνεχούς κύματος διαμόρφωσης συχνότητας (Frequency Modulated Continuous Wave - FMCW).

Οι μικροκυματικοί ανιχνευτές Doppler εκπέμπουν χαμηλής ισχύος ακτινοβολία στην περιοχή παρακολούθησης. Το φαινόμενο Doppler ως γνωστόν, είναι η ολίσθηση συχνότητας που προκύπτει από τη σχετική κίνηση μεταξύ του πομπού ακτινοβολίας και του δέκτη. Αν ο πομπός και ο δέκτης είναι ακίνητοι, δεν υπάρχει ολίσθηση συχνότητας. Αν ο πομπός πλησιάζει το δέκτη, τότε έχουμε αύξηση της συχνότητας, ενώ αν απομακρύνεται από αυτόν, έχουμε μείωση της συχνότητας. Το φαινόμενο αυτό χρησιμοποιείται για την ανίχνευση οχημάτων καθώς, κατά την κίνησή τους, τα κύματα που ανακλώνται στην επιφάνειά τους παρουσιάζουν διαφορετική συχνότητα από την εκπεμπόμενη. Μέσω της διαφοράς των συχνοτήτων είναι δυνατός ο υπολογισμός και της ταχύτητας του διερχόμενου οχήματος.

Οι ανιχνευτές FMCW εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαμορφωμένα κατά συχνότητα. Η συχνότητα αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, οπότε με τον προσδιορισμό της συχνότητας του ανακλώμενου σήματος, το σύστημα είναι σε θέση να γνωρίζει αν πέρασε όχημα από την περιοχή παρακολούθησης. Επιπλέον, λόγω της περιοδικότητας των συχνοτήτων των κυμάτων είναι δυνατή η εύρεση της ταχύτητας του οχήματος.

Τα ραντάρ που βασίζονται στο φαινόμενο Doppler δεν είναι σε θέση να ανιχνεύσουν ακίνητα οχήματα. Κατά συνέπεια, η βεβαρημένη κυκλοφορία επηρεάζει την απόδοση των

ραντάρ αυτού του τύπου. Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές εμφανίζονται, όταν οι ανιχνευτές λειτουργούν σε περιοχές που καλύπτονται από ραντάρ μεγάλης ισχύος. Το γεγονός αυτό καθιστά απαγορευτική τη χρήση ραντάρ μικροκυμάτων σε αεροδρόμια [9], [30].

Παθητικοί ακουστικοί ανιχνευτές (Passive acoustic detectors)

Οι παθητικοί ακουστικοί ανιχνευτές (Εικόνα 29) μετρούν την ακουστική ενέργεια ή τους ήχους που παράγονται από τις διάφορες πηγές θορύβου ενός οχήματος. Η ληφθείσα ενέργεια αυξάνεται όταν το όχημα εισέρχεται στην περιοχή παρακολούθησης και μειώνεται όταν βγαίνει από αυτήν. Επομένως, ανάλογα με τα επίπεδα του θορύβου, το σύστημα καταλαβαίνει εάν κάποιο όχημα έχει διασχίσει την περιοχή παρακολούθησης.



Εικόνα 29: Παθητικός ακουστικός ανιχνευτής [9].

Όπως και με τους υπόλοιπους ανιχνευτές που λόγω της τεχνολογίας τους έχουν αρκετά μικρό πεδίο παρακολούθησης, το χιόνι προκαλεί προβλήματα, κατά την εκτίμηση του αριθμού των διερχόμενων οχημάτων. Αυτό συμβαίνει, διότι η ύπαρξη χιονιού στο οδόστρωμα αναγκάζει τους οδηγούς να οδηγούν κάνοντας ελιγμούς, με αποτέλεσμα να βγαίνουν από τη λωρίδα κυκλοφορίας και κατά συνέπεια από τη μικρή ζώνη ανίχνευσης της συσκευής. Ορισμένες συσκευές παρουσιάζουν αποκλίσεις 13% έως και 15% κατά τη λειτουργία σε συνθήκες αρκετά χαμηλών θερμοκρασιών. Σε διασταυρώσεις, η χαμηλή θερμοκρασία προκάλεσε υπερεκτίμηση του αριθμού των οχημάτων. Η ανακρίβεια είναι δυνατόν να αυξηθεί έως και 50% ανάλογα με τα τοπολογικά δεδομένα της περιοχής παρακολούθησης. Ο

ακουστικός θόρυβος και σε αυτήν την περίπτωση δυσχεραίνει τη λειτουργία των ανιχνευτών [9], [30].

Ανιχνευτές υπερήχων (Ultrasonic detectors)

Οι ανιχνευτές υπερήχων (Εικόνα 30) έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν παρουσία, συχνότητα, τύπο και ταχύτητα διερχομένων οχημάτων. Είναι ενεργοί ακουστικοί αισθητήρες και μπορούν να εκπέμπουν ηχητικά κύματα στις ζώνες παρακολούθησης σε συχνότητες από 20 μέχρι 300 kHz. Χρησιμοποιούνται δύο βασικές τεχνολογίες, η εκπομπή παλμών και η εκπομπή συνεχών κυμάτων. Τα ανακλώμενα σήματα αναλύονται και επεξεργάζονται με βάση το φαινόμενο Doppler.

Οι ανιχνευτές αυτού του τύπου άρχισαν να χρησιμοποιούνται στα μέσα της δεκαετίας του 1950 κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.



Εικόνα 30: Ανιχνευτής υπερήχων [9].

Ο ακουστικός θόρυβος σε μεσαίες ή υψηλές συχνότητες μπορεί να παρεμποδίσει την ορθή λειτουργία των ανιχνευτών υπερήχων. Το φαινόμενο αυτό, είναι δυνατόν να αντιμετωπιστεί μέσω κατασκευαστικών τεχνικών, ώστε το πεδίο παρατήρησης να είναι σχετικά μικρό και να ελαχιστοποιείται η ανεπιθύμητη παρεμβολή [9], [30].

Ανιχνευτές Επεξεργασίας εικόνας και βίντεο (Video Image Processors – V.I.P.)

Η τεχνική αυτή άρχισε να χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α. στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Στη συνέχεια, παράλληλες έρευνες διεξήχθησαν στην Ιαπωνία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη

Γερμανία, τη Σουηδία και τη Γαλλία. Τα συστήματα VIP, πρόσφατα, άρχισαν να κυκλοφορούν στην αγορά ως ξεχωριστές συσκευές και όχι ως κάρτες επέκτασης για προσωπικούς υπολογιστές. Με αυτόν τον τρόπο λύθηκαν προβλήματα εργονομίας και αυτονομίας.

Τα σύγχρονα συστήματα VIP (Εικόνα 31) παρέχουν πληροφορίες για την κυκλοφορία, αναλύοντας αυτόματα εικόνες της περιοχής παρακολούθησης. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από μία ή περισσότερες βιντεοκάμερες, ηλεκτρονικά κυκλώματα επεξεργασίας εικόνας που βασίζονται σε μικροελεγκτή και ειδικό λογισμικό για την εξαγωγή και παρουσίαση των κυκλοφοριακών συνθηκών και δεδομένων. Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των VIP συστημάτων είναι η δυνατότητα παρακολούθησης πολλών λωρίδων και ζωνών, το μεγάλο εύρος της περιοχής παρακολούθησης, η εργονομία και η ποικιλία των παρεχόμενων πληροφοριών.



Εικόνα 31: Ανιχνευτής Επεξεργασίας εικόνας και βίντεο [9].

Η κύρια λειτουργία των συστημάτων VIP είναι η μέτρηση των αλλαγών σε διαδοχικές εικόνες (frames), από τη βιντεοσκόπηση μιας περιοχής. Η περιοχή αυτή σαρώνεται από μια συστοιχία ασπρόμαυρων αισθητήρων, με αποτέλεσμα η διέλευση ενός οχήματος να προκαλεί μεταβολές στα επίπεδα του γκρι σε ορισμένα pixels της εικόνας. Οι μεταβολές αυτές αναλύονται, ώστε να αποφασιστεί αν προκλήθηκαν από διερχόμενο όχημα και σε περίπτωση που οφείλονται σε άλλους λόγους, π.χ. καιρικούς ή λόγω φωτισμού, παραβλέπονται.

Η ακρίβεια των ανιχνευτών VIP εξαρτάται από τον άνεμο, τη θερμοκρασία και τις συνθήκες φωτισμού. Η έντονη βροχόπτωση και χιονόπτωση μειώνει την ορατότητα των συστημάτων. Η αντανάκλαση των αντικειμένων λόγω βρεγμένου οδοστρώματος επηρεάζει και

αυτή την επίδοση των ανιχνευτών. Η λανθασμένη ανίχνευση οχημάτων μπορεί να συμβεί και λόγω της κρυσταλλοποίησης των καυσαερίων λόγω παγετού. Οι συνθήκες φωτισμού, παίζουν σημαντικό ρόλο κατά την ανίχνευση των οχημάτων. Τα περισσότερα σφάλματα λαμβάνουν χώρα κατά τη δύση του ηλίου και τις βραδινές ώρες. Επιπρόσθετα, η αντανάκλαση του φωτός των προβολέων των οχημάτων στο οδόστρωμα, μπορεί να «ξεγελάσει» τους ανιχνευτές και να προκαλέσει υπερεκτίμηση των μετρούμενων οχημάτων. Οι σκιές και η άμεση έκθεση στο ηλιακό φως, μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένες εκτιμήσεις. Για την αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικότεροι αλγόριθμοι και να προστατευτεί η κάμερα με την προσθήκη φίλτρων [9], [30].

Ανιχνευτής αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency Identification – R.F.ID.)

Η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων είναι μια άλλη μέθοδος για την ανίχνευση των οχημάτων και τη διαχείριση της κυκλοφορίας. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο μπορούμε να προσδιορίσουμε με μοναδικό τρόπο, το είδος του οχήματος και μπορούμε να προβλέψουμε με ακρίβεια την κυκλοφορία, αναλύοντας τον αριθμό των οχημάτων και τον τύπο τους όπως φαίνεται στην Εικόνα 32.



Εικόνα 32: Ανίχνευση οχήματος μέσω ραδιοσυχνοτήτων [47].

Τα κύρια συστατικά του συστήματος είναι:

- Η ετικέτα για την αναγνώριση κάθε οχήματος.
- Η διασύνδεση με τις ετικέτες.
- Η επεξεργασία των πληροφοριών που παράγονται από τις ετικέτες [47], [30].

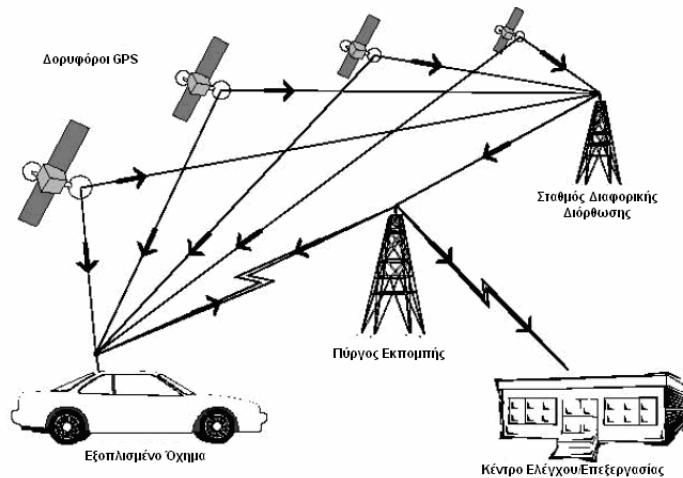
3.2.3: Άλλες τεχνολογίες παρακολούθησης και ανίχνευσης οχημάτων

Υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες για τη συλλογή κυκλοφοριακών δεδομένων, οι οποίες βρίσκονται ακόμα υπό έρευνα. Αυτές είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης, η τεχνολογία Αυτόματης Ταυτοποίησης Οχήματος και η τεχνολογία Αυτόματης Εύρεσης Θέσεως Οχήματος. Αυτές οι μέθοδοι απαιτούν την τοποθέτηση ειδικής συσκευής στα οχήματα. Μέχρι και σήμερα, ερευνώνται μέθοδοι που χρησιμοποιούν εικόνες από δορυφόρους [9].

Επίσης, υπάρχουν και κάποιες άλλες τεχνικές πομπού και δέκτη. Αυτές οι μέθοδοι είναι η Time of Arrival (T.O.A.), η μέθοδος Angle of Arrival (A.O.A.), η μέθοδος Time Difference of Arrival (T.D.O.A.), η μέθοδος Observed Time Difference of Arrival (O.T.D.) και η μέθοδος Enhanced Observed Time Difference of Arrival (E-O.T.D.) [47].

Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System – G.P.S.)

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης αναπτύχθηκε, αρχικά, από το Υπουργείο Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Ο αρχικός του στόχος ήταν η ανίχνευση και η πλοήγηση στρατιωτικών πλοίων, αεροπλάνων και οχημάτων μέσω δορυφόρων που βρίσκονταν σε ύψος 12.500 μιλίων από την επιφάνεια της γης. Μέσω του συστήματος των 24 δορυφόρων είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η ακριβής θέση, η ταχύτητα και η κατεύθυνση ενός αντικειμένου. Οι δυνατότητες πλοήγησης που προσφέρει το GPS έχουν χρησιμοποιηθεί και από τις βιομηχανίες που ασχολούνται με τη μαζική μεταφορά. Για το σκοπό, αυτό τα οχήματα εξοπλίζονται με δέκτες GPS που λαμβάνουν τα σήματα από τους δορυφόρους και οι συντεταγμένες θέσης αποστέλλονται στο κέντρο ελέγχου, όπου προκύπτουν τα κυκλοφοριακά δεδομένα (Εικόνα 33) [9].



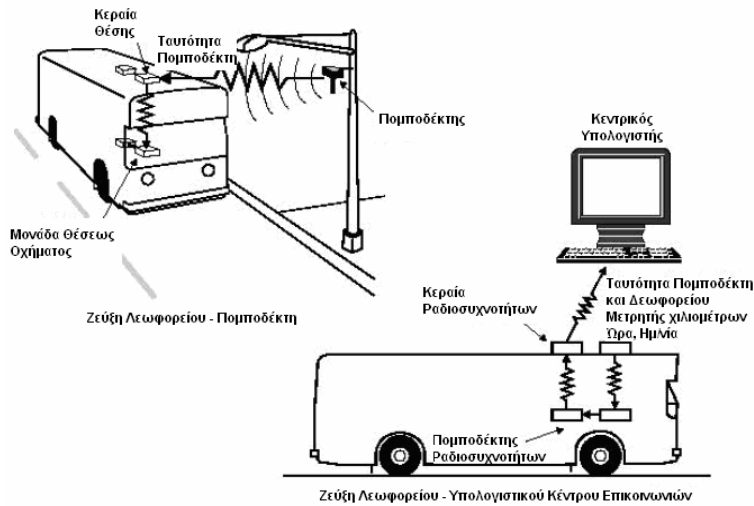
Εικόνα 33: Η δομή του παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης [9].

Τεχνολογία Αυτόματης Ταυτοποίησης Οχήματος (Automatic Vehicle Identification – A.V.I.)

Η τεχνολογία αυτόματης ταυτοποίησης οχήματος χρησιμοποιήθηκε, αρχικά, στην ηλεκτρονική χρέωση διοδίων. Η τεχνολογία αυτή απαιτεί οχήματα με ειδικούς πομποδέκτες, κεραίες επικείμενες στον δρόμο για την ασύρματη επικοινωνία και συσκευές αποθήκευσης δεδομένων. Ο πομποδέκτης που βρίσκεται στο όχημα επικοινωνεί με τους παρακείμενους στο δρόμο συλλέκτες δεδομένων. Η ισχύς των εκπεμπόμενων σημάτων είναι χαμηλή ώστε να περιορίζεται σε ακτίνα δύο λωρίδων. Η εκπομπή των σημάτων μπορεί να είναι συνεχής ή να ενεργοποιείται κατά την ανίχνευση ραδιοσημάτων συγκεκριμένης συχνότητας. Τα ραδιοσήματα αυτά παράγονται από πομποδέκτες που είναι τοποθετημένοι σε κομβικά σημεία και είναι χαμηλής ισχύος ώστε να μην δημιουργούν ανεπιθύμητες παρεμβολές [9].

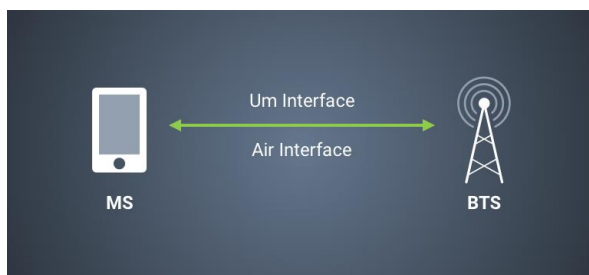
Τεχνολογία Αυτόματης Εύρεσης Θέσεως Οχήματος (Automatic Vehicle Location – A.V.L.)

Η τεχνολογία αυτόματης εύρεσης θέσεως οχήματος χρησιμοποιείται, κυρίως, από εταιρίες παραδόσεως πακέτων. Τα οχήματα των εταιριών είναι εξοπλισμένα με συσκευές που επικοινωνούν με δέκτες τοποθετημένους σε επιλεγμένα σημεία ώστε να καταγράφεται η θέση και η κατάστασή τους. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 34. Το πρωτεύον δεδομένο στο σύστημα αυτό είναι ο χρόνος μετακίνησης των οχημάτων, έτσι ώστε να υπολογίζεται ο χρόνος άφιξης των πακέτων στους προορισμούς τους. Είναι δυνατόν όμως να υπολογιστεί και η ταχύτητα των οχημάτων [9].

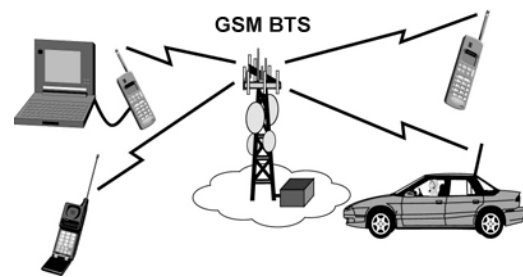


Εικόνα 34: Αρχή λειτουργίας συστήματος Αυτόματης Εύρεσης Θέσεως Οχήματος [9].

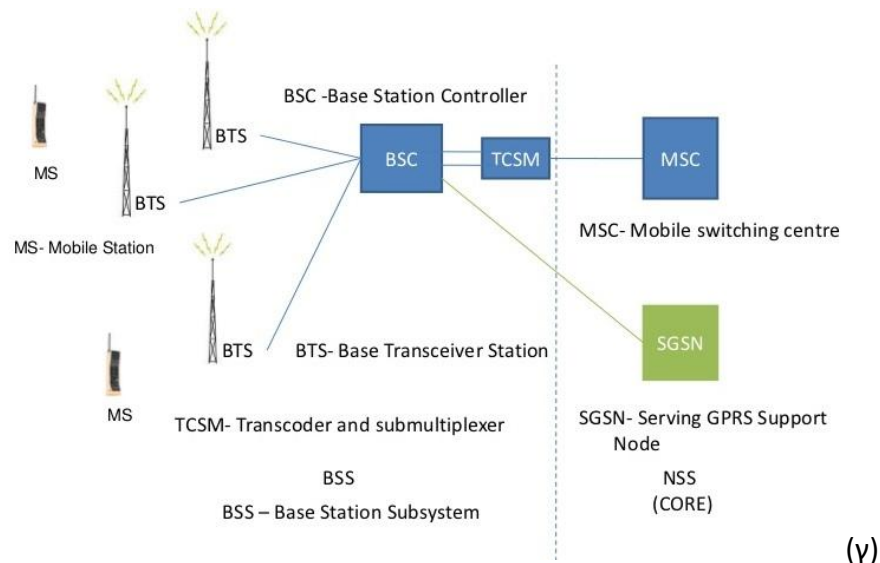
Αυτές οι άλλες τεχνικές πομπού και δέκτη βασίζονται σε μια επικοινωνία ενός κινητού τηλεφώνου (Mobile Station – MS) και μιας κεραίας κινητής τηλεφωνίας ή Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station - BTS). Οι κεραίες είναι τοποθετημένες σε τέτοια σημεία για να καλύπτουν μια περιοχή (cell). Αυτές δέχονται τα ραδιοκύματα από τα κινητά τηλέφωνα και τα μεταδίδουν, μέσω υποσυστημάτων, σ' ένα κέντρο λήψεων σημάτων. Αυτή η μέθοδος είναι αξιόπιστη για τον εντοπισμό και τη κατεύθυνση ενός οχήματος, διότι σε κάθε όχημα υπάρχει τουλάχιστον ένα κινητό τηλέφωνο (Εικόνα 35α, 35β και 35γ) [47].



(α)



(β)



Εικόνα 35α, 35β και 35γ: Επικοινωνία πομπού και δέκτη [47].

3.3: Συστήματα ασύρματης τεχνολογίας

Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Network – W.S.N.) είναι δίκτυα χαμηλού κόστους, τα οποία συλλέγουν περιβαλλοντικά δεδομένα. Τα δίκτυα αυτά διευκολύνουν στην παρακολούθηση και τον έλεγχο του φυσικού περιβάλλοντος, από απομακρυσμένες τοποθεσίες με μεγαλύτερη ακρίβεια. Έχουν εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η περιβαλλοντική παρακολούθηση, ο εσωτερικός έλεγχος του κλίματος, η διαρθρωτική παρακολούθηση, η ιατρική διάγνωση, η διαχείριση καταστροφών, η έκτακτη ανάγκη, η παρακολούθηση του αέρα του περιβάλλοντος και η συλλογή πληροφοριών σε αφιλόξενες τοποθεσίες. Σημαντική έρευνα έχει επικεντρωθεί στην ενεργειακή αποδοτικότητα των ασύρματων αισθητήρων, καθώς και στους αλγορίθμους εντοπισμού.

Η παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεωρείται πολύπλοκο έργο, αλλά παρ'όλα αυτά είναι πολύ σημαντικό. Παραδοσιακά, η διαδικασία συλλογής δεδομένων και η καταγραφής τους είναι πολύ χρονοβόρα εργασία και αρκετά ακριβή. Η χρήση του W.S.N. μπορεί να μειώσει το χρόνο παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση του αέρα του Μαυρίκιου στερούνταν πόρους και χρησιμοποιήθηκαν ογκώδη μέσα. Αυτό μείωνε αρκετά την ευελιξία του συστήματος και καθιστούσε δύσκολη τη διασφάλιση του σωστού ελέγχου και της αξιόπιστης παρακολούθησης. Έτσι, με το Σύστημα

Παρακολούθησης Αέριας Ρύπανσης με Ασύρματους Αισθητήρες (W.A.P.M.S.) ενισχύθηκε η διαδικασία, καθ' ότι έγινε πιο ευέλικτη και πιο έγκαιρη [31].

Ασύρματη τεχνολογία BLUETOOTH

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η εταιρία κινητής τηλεφωνίας Ericsson έθεσε τις βάσεις για μια τεχνολογία μετάδοσης και ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των ηλεκτρονικών συσκευών η λεγόμενη “ασύρματη σύνδεση ψηφιακών συσκευών”. Οι Σουηδοί θεωρούσαν πως αυτή η τεχνολογία θα κατακτήσει όλο τον κόσμο, πράγμα που έγινε διότι εκτός από αυτό οι άνθρωποι έχουν έρθει πιο κοντά με τις συσκευές τους. Το Bluetooth πήρε το όνομα του από έναν Δανό Βασιλιά, το όνομα του ήταν Harald Blatand.

Το Bluetooth καθορίζει τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα Υπολογιστών ή αλλιώς Wireless Personal Area Networks – W.P.A.N.). Ομολογουμένως μιλάμε για μια τεχνολογία η οποία είναι τηλεπικοινωνιακή. Μεταδίδει σήματα μέσω κάποιων μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές σε μικρές αποστάσεις. Το Bluetooth εξαλείφει τα καλώδια μεταξύ των κινητών συσκευών, ενώ επιτρέπει την διασύνδεση μεταξύ τους. Είναι τεχνολογία χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος. Λειτουργεί σε φάσμα συχνοτήτων 2,4 GHz και οι συσκευές που ενσωματώνουν την τεχνολογία Bluetooth, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν δεδομένα με ταχύτητες έως 720 Kbit/sec σε απόσταση 10 μέτρων. Όσο αφορά τις παρεμβολές που θα υπάρχουν από κάποιες παρεμφερείς συσκευές το Bluetooth εκμεταλλεύεται τόσο την ημιαμφίδρομη (half-duplex), επικοινωνία όσο και τη μεταπήδηση συχνοτήτων (frequency hopping). Με το Bluetooth έχουμε την καθιέρωση της επικοινωνίας σημείο προς σημείο (point-to-point), δηλαδή της απευθείας σύνδεσης από την μία συσκευή προς την άλλη. Το Bluetooth χωρίζεται στις ακόλουθες βαθμίδες, ανάλογα με την ισχύ εκπομπής:

- Ισχύς Εξόδου 100 mW μέγιστη απόσταση άνω των 100 μέτρων.
- Ισχύς Εξόδου 2,5 mW μέγιστη απόσταση άνω των 10 μέτρων.
- Ισχύς Εξόδου 1 mW μέγιστη απόσταση άνω των 1 μέτρο.

Επίσης, το Bluetooth Smart Energy χαμηλής ενέργειας, είναι μια τεχνολογία ασύρματου δικτύου μικρής εμβέλειας, η οποία βασίζεται στο Bluetooth. Το Smart Bluetooth αρχικά

ονομαζόταν Wibree από την εταιρεία Nokia το 2006. Το 2010 συγχωνεύθηκε με το πρότυπο Bluetooth. Έχει σχεδιαστεί, για ένα ευρύ φάσμα συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές, συσκευές ιατρικές. Διατίθεται στο εμπόριο από την Special Interest Group (S.I.G.), με στόχο την καινοτομία εφαρμογών σε υγειονομική περίθαλψη, γυμναστήρια και τις βιομηχανίες οικιακής ψυχαγωγίας, σε σύγκριση με το κλασικό Bluetooth έχει ως σκοπό την παροχή :

- Μειωμένης Κατανάλωσης Ενέργειας και
- Χαμηλό Κόστος διατηρώντας παράλληλα ένα παρόμοιο εύρος επικοινωνία [3], [30].

Ασύρματη τεχνολογία ZIGBEE

Η Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee ή διαφορετικά το πρότυπο R.F.4C.E., αναπτύχθηκε από την ZigBee Alliance. Αποτελεί μία συνεργασία μεταξύ εταιρειών παραγωγής ηλεκτρονικού εξοπλισμού και ημιαγωγών, για την προώθηση της τεχνολογίας αυτής. Η ZigBee Alliance ανέπτυξε τα ανώτερα επίπεδα του πρωτοκόλλου W.P.A.N. Το πρωτόκολλο χαρακτηρίζεται ως W.P.A.N.- L.R., γιατί ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί είναι μόλις 250 Kbps. Για αυτό το λόγο, δεν προορίζεται για υψηλής ποιότητας μετάδοση φωνής ή εικόνας, άλλα προορίζεται περισσότερο για σήματα με χαμηλότερη ποσότητα πληροφορίας, όπως για παράδειγμα οι μετρήσεις ενός αισθητήρα. Η Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee απευθύνεται σε εφαρμογές όπου απαιτούν την ελάχιστη κατανάλωση ισχύος, την ασύρματη διασύνδεση υπέρμετρου αριθμού συσκευών, αλλά και το χαμηλό κόστος κατασκευής. Παράλληλα δεν υπάρχει ανάγκη για υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Το ZigBee αποτελεί την τέλεια λύση.

Επιπλέον να αναφέρουμε πως η Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee, προορίζεται για Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα Υπολογιστών (W.P.A.N.). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ηλεκτρονικής ψυχαγωγίας, στην βιομηχανία αυτοματισμού αλλά και στην διαχείριση ενέργειας. Η Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee είναι βασισμένη στο πρότυπο μετάδοσης της I.E.E.E. 802.15.4.

Αυτό που κάνει ξεχωριστή την Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee, είναι η χαμηλή κατανάλωση ισχύος, η οποία διαχειρίζεται αρκετές σύγχρονες εφαρμογές. Λειτουργεί σε συχνότητες των 2,4 GHz, 915 MHz και 868 MHz. Ο ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων είναι

250 Kbps, 40 Kbps και 20 Kbps για κάθε ζώνη συχνοτήτων. Επίσης η Ασύρματη Τεχνολογία ZigBee διαθέτει έλεγχο Αίσθησης Φορέα Πολλαπλής Πρόσβασης με Αποφυγή Συγκρούσεων ή αλλιώς Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (C.S.M.A. - C.A.), το οποίο είναι παρόμοιο με το Ασύρματο Προσωπικό Δίκτυο Υπολογιστών (W.P.A.N.).

Τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας ZIGBEE είναι:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ιατρική, διότι εκπέμπει σε χαμηλές ποσότητες ακτινοβολίας.
- Η ακτινοβολία που εκπέμπει είναι 1000 φορές μικρότερη από εκείνη που εκπέμπει ένα κινητό τηλέφωνο.
- Έχει μικρές απαιτήσεις ενέργειας.
- Οι συσκευές ZigBee είναι οικονομικές.
- Ο χρόνος αντίδρασης είναι μικρός.

Τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας ZIGBEE είναι:

- Έχει χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης από το Bluetooth.
- Ενδέχεται να υπάρχουν και κάποιες παρεμβολές από άλλες συσκευές που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα με το ZigBee (2,4GHz).
- Μεταδίδει μικρούς όγκους δεδομένων και η ασφάλεια τους δεν είναι πάντα δεδομένη.
- Η σταθερότητα του δικτύου είναι μικρή και δεν επιτρέπει την μετάβαση σε άλλες συχνότητες [3], [30].

Τεχνολογία 3G

Το 3G είναι δίκτυο 3ης γενιάς στην «οικογένεια» των ασύρματων τεχνολογιών. Χρησιμοποιείται στην τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας. Μάλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο για να συνδέσει κάποιος το κινητό του τηλέφωνο με το διαδίκτυο ή ακόμα και με άλλα δίκτυα I.P., για το λόγο ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί κλήση φωνής και βίντεο. Επίσης, μπορεί κάποιος να ανεβάσει δεδομένα ή ακόμα και να σερφάρει στο διαδίκτυο. Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων για τα δίκτυα τα οποία κινούνται γρήγορα είναι μεταξύ 128 Kbps και 144 Kbps, ενώ για δίκτυα τα οποία κινούνται αργά είναι 384 Kbps. Για τοπικά ασύρματα δίκτυα

ή αλλιώς Local Area Network (L.A.N.), η ταχύτητα είναι 2 Mbps. Το δίκτυο 3ης γενιάς 3G είναι συνδυασμός της ασύρματης τεχνολογίας Διαίρεση Κώδικα Ευρείας Ζώνης Πολλαπλής Πρόσβασης ή αλλιώς Wideband Code Division Multiple Access (W.C.D.M.A.). Συγκεκριμένα αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, στην Ιαπωνία και στις Η.Π.Α [3].

Τεχνολογία 4G

Το 4G είναι δίκτυο 4ης γενιάς. Ανήκει στην οικογένεια της τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών. Είναι ο ανάδοχος της τεχνολογίας 3G. Έχει ορισθεί από την Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών ή αλλιώς International Telecommunication Union (I.T.C.) Παρέχει ταχύτητες από 100 Mbps ως 1 Gbps, τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους με ποιότητα και ασφάλεια. Το εύρος ζώνης καναλιού που υποστηρίζει η τεχνολογία 4G κυμαίνεται από 5 ως και 20 MHz [3].

3.4: Κάρτες ανταπόκρισης οχημάτων

Μία ακόμη μέθοδος που εφαρμόζεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου είναι η παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης στο εσωτερικό των οχημάτων (Εικόνα 36). Η μέθοδος αυτή είναι ευρύτερα γνωστή με τη μορφή της ηλεκτρονικής χρέωσης διοδίων. Οι οδηγοί που επιθυμούν την αποφυγή της ταλαιπωρίας στάσης σε σταθμούς διοδίων εφοδιάζονται με μία ειδική κάρτα, την οποία τοποθετούν στο εσωτερικό του οχήματος. Σε κάθε σταθμό διοδίων υπάρχει ειδικός αναγνώστης, που αναγνωρίζει το συγκεκριμένο όχημα βάσει της κάρτας και χρεώνει το σχετικό αντίτιμο στον οδηγό. Η δυνατότητα αυτή αναγνώρισης κάθε συγκεκριμένου οχήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα και για την ταυτοποίηση της διέλευσης του οχήματος και από επόμενους σταθμούς ανάγνωσης, παρέχοντας κυκλοφοριακά δεδομένα. Βέβαια, η μέθοδος αυτή προφανώς συνεργάζεται μόνο με τα εφοδιασμένα με κάρτα οχήματα, άρα τα αξιόπιστα δεδομένα που μπορεί να παρέχει είναι πολύ φτωχά, περιοριζόμενα μόνο σε μέσες ταχύτητες και χρόνους διαδρομής. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή είναι και αντίστοιχα απλή, φθηνή και εύκολης εφαρμογής, καθώς απαιτεί απλώς την τοποθέτηση αναγνωστών σε οποιοδήποτε πρόσφορο σημείο (μαζί με την υποδομή επικοινωνίας, βέβαια) και αξιοποιεί την ήδη υπάρχουσα υποδομή χρηστών - κατόχων κάρτας [13].

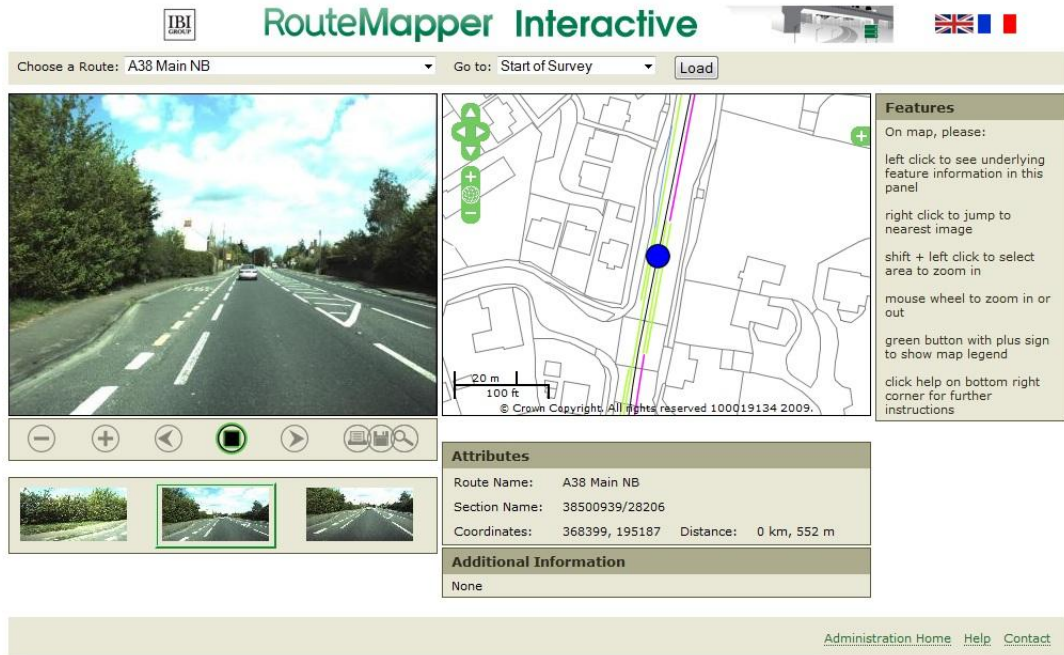


Εικόνα 36: Σύστημα παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης οχημάτων [13].

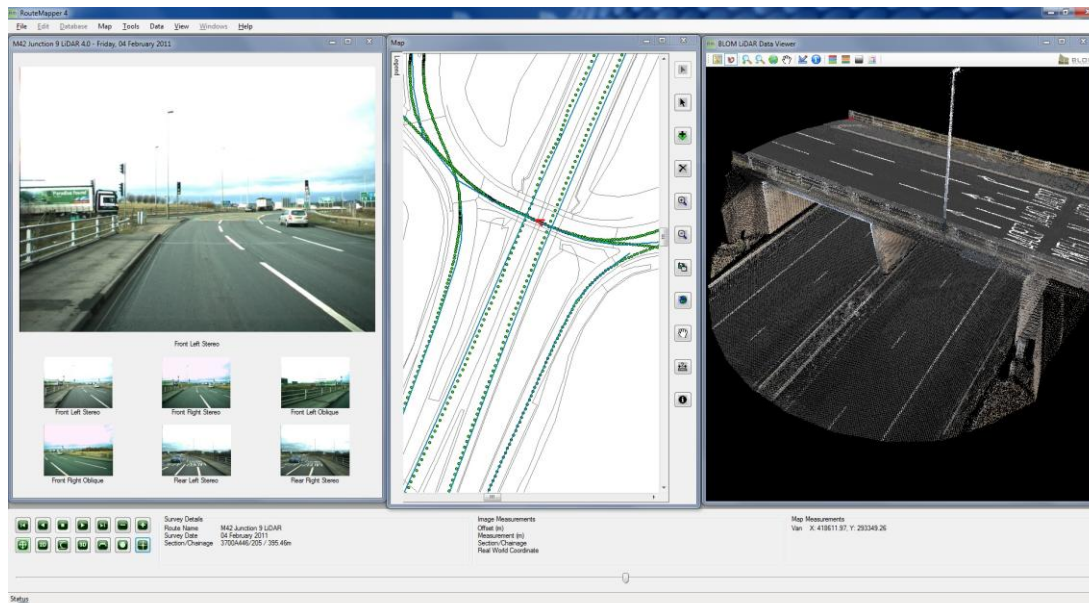
3.5: Σύστημα RouteMapper

Το RouteMapper είναι μια υψηλής ακρίβειας και ευκρίνειας ψηφιακή απεικόνιση του αυτοκινητόδρομου (Εικόνες 37α και 37β). Βασίζεται στις τεχνολογίες GIS και CAD. Η αποτύπωση γίνεται από 4 – 6 ψηφιακές κάμερες υψηλής ανάλυσης, τοποθετημένες σε ειδικά διαμορφωμένο όχημα. Η εγγραφή πραγματοποιείται εν κινήσει και όλα τα στοιχεία που είναι από τις κάμερες αποτυπώνονται και αποθηκεύονται σε βάση GIS.

Ο χρήστης μέσω video browser (RouteMapper Ultra) επιλέγει τη θέση ή τη διαδρομή και έχει τη δυνατότητα παγώματος της εικόνας, εξαγωγής της, μέτρησης αποστάσεων και υψών και άλλες δυνατότητες οι οποίες είναι σημαντικές σε θέματα επιθεωρήσεων του αυτοκινητόδρομου αλλά και κατά τον προγραμματισμό γεγονότων που απαιτούν αποκλεισμό λωρίδων, εφαρμογή εργοταξιακής σήμανσης, κ.ά [7].



(α)



(β)

Εικόνες 37α και 37β: Απεικόνιση περιβάλλον RouteMapper στο χρήστη [1].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΔΗΓΩΝ”

Υπάρχουν κάποια συστήματα τα οποία προειδοποιούν τους οδηγούς να προσαρμοστούν στις κυκλοφοριακές ρυθμίσεις τη δεδομένη στιγμή. Αυτά είναι οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, οι πινακίδες ελέγχου λωρίδων, οι πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας, τα κινητά φράγματα φυσικού αποκλεισμού και η ραδιοειδοποίηση.

4.1: Πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων

Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη της τεχνολογίας και της τηλεματικής, σε συνδυασμό με την υιοθέτηση της φιλοσοφίας διαχείρισης των οδικών δικτύων, επέτρεψαν την ανάπτυξη νέων συστημάτων κάθετης σήμανσης, που έρχονται να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στο πεδίο των συμβατικών πινακίδων, ικανοποιώντας την ανάγκη για πιο ευέλικτη και καίρια σήμανση. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά ως Συστήματα Μεταβλητής Σήμανσης, οι δε πινακίδες ως Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (Π.Μ.Μ.) ή αλλιώς Variable Message Signs (V.M.S.) ή Dynamic Message Signs (D.M.S.) ή Changeable Message Signs (C.M.S.). Χαρακτηριστικό της μεταβλητής σήμανσης είναι ότι δεν δεσμεύεται σε κάποιο σταθερό μήνυμα, αλλά μπορεί να σημάνει οποιοδήποτε μήνυμα είναι επιθυμητό, αρκεί να πληρούνται κάποιες βασικές αρχές, και βέβαια όσο επιτρέπει η διαμόρφωση της κατά περίπτωση χρησιμοποιούμενης πινακίδας.

Έτσι, μπορεί, για παράδειγμα, να εφαρμοστεί μεταβλητή σήμανση σε εισόδους σηράγγων για ενημέρωση σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί στο εσωτερικό τους, σε υπεραστικές οδούς για ενημέρωση σχετικά με κυκλοφοριακές συνθήκες, εργασίες και ατυχήματα που έπονται, σε αστικές αρτηρίες για πληροφόρηση σχετικά με τη συμφόρηση του δικτύου και τις προτεινόμενες διαδρομές, και, εν γένει, όπου επιθυμείται ενημέρωση και ειδοποίηση του οδηγού σε πραγματικό χρόνο.

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, που αποτελούν την αιχμή του δόρατος σε ένα σύστημα μεταβλητής σήμανσης, είναι κατ' ουσία οθόνες που μπορούν να απεικονίζουν γράμματα, αριθμούς και σύμβολα, συνθέτοντας τα προκαθορισμένα μηνύματα, και τοποθετούνται συνήθως επάνω από την οδό. Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων

συναντώνται στη βιβλιογραφία και ως Changeable Message Signs (C.M.S.) ή Dynamic Message Signs (D.M.S.), λόγω, ακριβώς της παρεχόμενης δυνατότητας να απεικονίζουν μηνύματα που μπορούν να μεταβάλλονται με δυναμικό και άμεσο τρόπο, καθοριζόμενα από κάποιο κέντρο ελέγχου.

Τελικά, αξίζει να τονιστεί ότι η μεταβλητή σήμανση είναι μία νέα τεχνική στα πλαίσια της διαχείρισης της κυκλοφορίας, η οποία εν γένει βρίσκεται ακόμη στα πρώτα της βήματα, σε όλον τον κόσμο. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει ακόμη ενιαία στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος της εφαρμογής, τοποθέτησης και επιβολής τεχνικών προδιαγραφών στον εν λόγω χώρο.

Ένα από τα προβλήματα που απορρέουν, είναι η έλλειψη εξοικείωσης των οδηγών με τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Αυτό καθιστά την εφαρμογή των εν λόγω πινακίδων μία αρκετά ευαίσθητη διαδικασία, καθώς είναι άγνωστος ο βαθμός κρισιμότητας των μηνυμάτων που μπορούν να σημανθούν, δεδομένου ότι οι οδηγοί, για παράδειγμα, μπορεί να μην λάβουν σοβαρά υπόψη το μήνυμα, ή και να μην το προσέξουν καθόλου. Η μορφή της πινακίδας και η νέα επικοινωνιακή τεχνική, με νέα σύμβολα και με ολόγραφα μηνύματα, είναι μία πρωτόγνωρη, για τους χρήστες της οδού, προσέγγιση της σήμανσης.

Έτσι, οι διάφοροι φορείς που είναι κατά περίπτωση επιφορτισμένοι με την τοποθέτηση και διαχείριση συστημάτων μεταβλητής σήμανσης επιχειρούν να τυποποιήσουν το πεδίο τόσο της εφαρμογής, όσο και της μη εφαρμογής μεταβλητών σημάτων. Αν και κάθε ένας από αυτούς τους φορείς, ακόμη και μέσα στο ίδιο κράτος, έχει καταλήξει στα δικά του πρότυπα εφαρμογής, που εξαρτώνται από τα τοπικά δεδομένα και τη φιλοσοφία που ακολουθείται, σε γενικές γραμμές μία κοινή διερεύνηση μπορεί να καταλήξει στο ότι ο σκοπός της εφαρμογής μεταβλητής σήμανσης είναι η προειδοποίηση των οδηγών σχετικά με απρόσμενες κυκλοφοριακές, οδικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, με την παροχή κατάλληλων, καίριων και μη δεσμευμένων πληροφοριών [13].

Παραδείγματα περιπτώσεων που η μεταβλητή σήμανση μπορεί να αποβεί αποτελεσματική είναι:

- ✓ Περιορισμοί και μεταβολές στη χάραξη και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, καθώς και στις επιφανειακές συνθήκες του οδοστρώματος.
- ✓ Δυσμενείς συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης και καθυστερήσεων.
- ✓ Αναγγελίες τρεχουσών ή προγραμματισμένων για το εγγύς μέλλον εργασιών κατασκευής ή συντήρησης.
- ✓ Πληροφόρηση για παρακάμψεις και εναλλακτικές διαδρομές.
- ✓ Προειδοποιήσεις για δυστυχήματα και πάσης φύσεως συμβάντα που επηρεάζουν την κυκλοφορία και την ασφάλεια στην οδό.
- ✓ Προειδοποιήσεις για εξαιρετικά δυσμενή καιρικά φαινόμενα.
- ✓ Πληροφορίες σχετικά με χρόνους διαδρομής.
- ✓ Πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες [44].

Αντίθετα, η εφαρμογή μεταβλητής σήμανσης αντενδείκνυται και θα πρέπει να αποφεύγεται στις εξής περιπτώσεις:

- ❖ Για αντικατάσταση πάσης φύσεως συμβατικού συστήματος οριζόντιας ή κατακόρυφης σήμανσης, όπως συμβατικές πινακίδες ή διαγραμμίσεις.
- ❖ Για διαφημίσεις.
- ❖ Για μετάδοση γενικής φύσεως, αυτονόητων ή αχρείαστων για τον οδηγό μηνυμάτων (όπως, για παράδειγμα, μηνύματα καλωσορίσματος σε πόλεις ή για προειδοποίηση βροχής).
- ❖ Για απεικόνιση ημερομηνίας, ώρας και θερμοκρασίας.
- ❖ Για μετάδοση δοκιμαστικών μηνυμάτων [44].

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων είναι οι τερματικές συσκευές ενός συστήματος μεταβλητής σήμανσης, αποτελώντας το μοναδικό και κρίσιμο μέσο αλληλεπίδρασης του οδηγού με αυτό. Κατά συνέπεια, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε εφαρμοζόμενης πινακίδας είναι και αυτά που καθορίζουν την ποιότητα της σήμανσης.

Μία επιτόπια εγκατάσταση πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων περιλαμβάνει, εκτός από την πινακίδα, τη διάταξη στήριξής της, το κουτί ελέγχου της σήμανσης, το δίαυλο επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου και, βέβαια, την ηλεκτρική εγκατάσταση.

Οι πινακίδες μεταβλητής σήμανσης διακρίνονται σε σταθερές και φορητές ή αλλιώς Portable Variable Message Sign (P.V.M.S.). Οι πρώτες καλύπτουν όλες τις συνήθεις περιπτώσεις που έχουν προαναφερθεί, ενώ οι δεύτερες εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που απαιτείται προσωρινή μεταβλητή σήμανση. Η θέση των πινακίδων μεταβλητής σήμανσης είναι είτε, συνήθως, σε βραχίονες στήριξης ή γέφυρες υπεράνω της οδού (Εικόνα 38), είτε δίπλα από αυτήν (Εικόνα 39). Οι φορητές πινακίδες τοποθετούνται στο πλάι της οδού, ή και επάνω σε υπηρεσιακά οχήματα [13].



Εικόνα 38: Πινακίδα V.M.S. σε γέφυρα σήμανσης επάνω από το οδόστρωμα [13].



Εικόνα 39: Πινακίδα VMS δίπλα από την οδό [13].

Οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες για την απεικόνιση των μηνυμάτων στις πινακίδες V.M.S. είναι οι ακόλουθες:

Περιστρεφόμενοι δίσκοι (flip disk):

Το μήνυμα συντίθεται με τη βοήθεια κυκλικών, τετραγωνικών ή ορθογώνιων δίσκων, οι οποίοι στη μία τους πλευρά φέρουν φωσφορίζουσα αντανακλαστική επικάλυψη. Για το

σχεδιασμό των χαρακτήρων περιστρέφονται οι κατάλληλοι δίσκοι, ενώ οι υπόλοιποι μένουν στραμμένοι με τη μαύρη τους όψη. Βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου απεικόνισης είναι το ότι η πινακίδα δεν είναι αυτόφωτη, οπότε κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι επιθυμητός ο εξωτερικός φωτισμός της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας αποτελούν οι πινακίδες δρομολογίου επάνω στα λεωφορεία του Ο.Α.Σ.Α. (Εικόνα 40).



Εικόνα 40: Απεικόνιση πινακίδας με περιστροφικούς δίσκους [1].

Δίοδοι τύπου LED:

Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της οθόνης της πινακίδας συντίθεται από μία ή περισσότερες λυχνίες LED, οι οποίες φωτοβολούν όταν διαρρέονται από ηλεκτρική ενέργεια, και οι οποίες μπορεί να είναι κόκκινου, κίτρινου, πράσινου ή λευκού χρώματος. Στην Εικόνα 41 απεικονίζεται μία πινακίδα με διόδους LED.



Εικόνα 41: Απεικόνιση πινακίδας LED με διόδους [13].

Οπτικές ίνες (fiber optics):

Η τεχνολογία αυτή αξιοποιεί δέσμες οπτικών ινών, τοποθετημένων ανάμεσα σε κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της οθόνης, που φωτίζονται από λαμπτήρα. Ένας μεμονωμένος λαμπτήρας χρησιμοποιείται για να φωτίσει πολλά γειτονικά εικονοστοιχεία ταυτόχρονα, οπότε για τον έλεγχο της φωτοβολίας κάθε μεμονωμένου εικονοστοιχείου, καθένα από αυτά καλύπτεται από ένα κλείστρο. Έτσι, στην πραγματικότητα όλα τα εικονοστοιχεία είναι πάντοτε ενεργοποιημένα και απλώς ανοίγουν τα κατάλληλα κλείστρα για τη διαμόρφωση του μηνύματος.

Υβριδικές τεχνολογίες:

Συνδυάζεται η εφαρμογή περιστρεφόμενων δίσκων με διόδους LED ή οπτικές ίνες. Κάθε δίσκος έχει μία οπή στο κέντρο του για τη διέλευση του φωτός, το οποίο παράγεται από τη λυχνία LED ή το σύστημα οπτικών ινών. Όταν το εικονοστοιχείο είναι ενεργοποιημένο, ο δίσκος είναι στραμμένος με την αντανακλαστική του πλευρά προς την κυκλοφορία, ενώ επιτρέπεται η διέλευση του φωτός από την οπή. Με την απενεργοποίηση του εικονοστοιχείου ο δίσκος περιστρέφεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποτρέπει τη διέλευση του φωτός [13], [46].

Στον Πίνακα 1 συγκρίνουμε τις τέσσερις τεχνολογίες που αναλύσαμε παραπάνω.

Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Περιστρεφόμενοι δίσκοι	-Αποδεδειγμένη τεχνολογία -Χαμηλή κατανάλωση -Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα	-Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών -Οι αντανακλαστικές επιφάνειες ξεθωριάζουν από τον ήλιο -Χαμηλή ορατότητα σε μεγάλες αποστάσεις κατά τη νύχτα
Δίοδοι LED	-Καλή ορατότητα στις περισσότερες περιπτώσεις -Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης -Μεγάλη διάρκεια ζωής των διόδων LED (μέχρι 100.000 ώρες)	-Μικρός κόνος ορατότητας -Οι δίοδοι μπορεί να είναι ευαίσθητοι σε θερμοκρασιακές μεταβολές
Οπτικές ίνες	-Καλή ορατότητα στις περισσότερες περιπτώσεις -Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα	-Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών -Οι λαμπτήρες έχουν χαμηλή διάρκεια ζωής (8.000 έως 10.000 ώρες) -Αδυναμία ρύθμισης έντασης φωτισμού
Υβριδικές τεχνολογίες	-Το σύστημα εξακολουθεί να λειτουργεί σε ενδεχόμενη αστοχία της φωτεινής πηγής -Ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα	-Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω κινούμενων μερών -Οι αντανακλαστικές επιφάνειες ξεθωριάζουν από τον ήλιο

Πίνακας 1: Σύγκριση τεχνολογιών [13], [46].

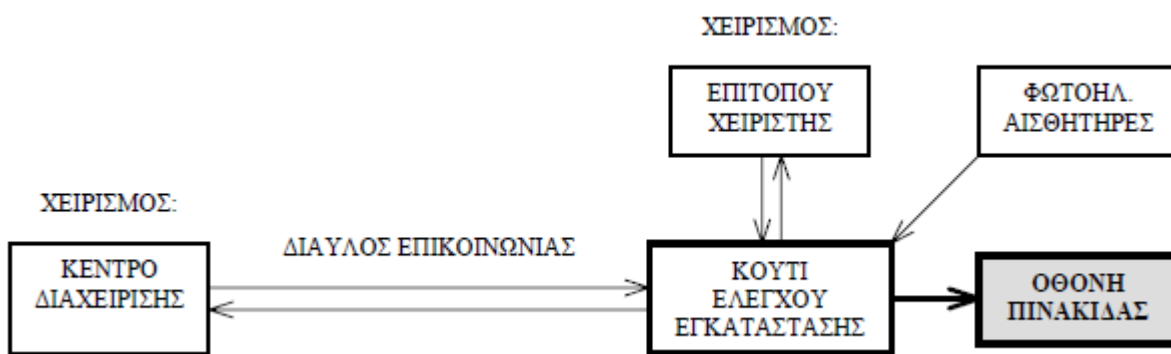
Το κουτί ελέγχου αποτελεί το ηλεκτρονικό κέντρο επεξεργασίας σε μία εγκατάσταση πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, που είναι επιφορτισμένο με τη διαρκή ρύθμιση του περιεχομένου της οθόνης απεικόνισης της πινακίδας. Το εν λόγω κουτί περιέχει ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα, το οποίο μπορεί να χειριστεί το υπεύθυνο προσωπικό είτε επί τόπου, είτε από το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου, μέσω κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού διαύλου.

Για τον επιτόπιο χειρισμό της σήμανσης, το κουτί ελέγχου περιλαμβάνει ένα πληκτρολόγιο και μία οθόνη, μαζί με το κατάλληλο λογισμικό διαχείρισης του συστήματος. Το σύστημα έχει συνήθως μία σειρά από εργοστασιακά αποθηκευμένα μηνύματα, οπότε μπορεί να επιλεγεί από το χειριστή η απεικόνιση κάποιου από αυτά, ή ο προγραμματισμός της διαδοχής κάποιων από αυτά. Επίσης, μέσω του πληκτρολογίου είναι δυνατή η σύνθεση και αποθήκευση νέων μηνυμάτων, ενώ παρέχεται και δυνατότητα σύνδεσης με συνήθη

υπολογιστή, για εύκολη εισαγωγή προαποθηκευμένων εκεί μηνυμάτων. Επίσης, το σύστημα παρέχει στον επιτόπιο χειριστή τη δυνατότητα να ρυθμίσει ο ίδιος το επίπεδο φωτεινής έντασης (dimming) των ενδείξεων της πινακίδας, ενώ υπάρχει και αυτοδιαγνωστικό πρόγραμμα για την παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας της οθόνης.

Το κουτί ελέγχου τοποθετείται σε σημείο και ύψος που να επιτρέπει εύκολη πρόσβαση και χειρισμό από το προσωπικό χειρισμού. Σε αστικές και συνήθεις υπεραστικές οδούς, λόγω αναγκαστικών περιορισμών η θέση αυτή είναι συνήθως δίπλα από την πινακίδα, συχνά δε και επάνω σε κάποιο κατακόρυφο στοιχείο της διάταξης στήριξής της. Σε αυτοκινητοδρόμους, προτείνεται η τοποθέτησή του έξω από την παράπλευρη ελεύθερη ζώνη, και σε μία απόσταση της τάξης των 30 m από την πινακίδα, ώστε αυτή να είναι άμεσα ορατή από το χειριστή. Αποστάσεις μεγαλύτερες της προαναφερθείσας, ωστόσο, θα πρέπει να αποφεύγονται, λόγω επικοινωνιακών δυσχερειών μεταξύ του κουτιού ελέγχου και της πινακίδας.

Ασφαλώς, για την πραγματοποίηση της εν λόγω διαχείρισης της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων από απόσταση είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου διαύλου επικοινωνίας (Εικόνα 42), μεταξύ του κουτιού ελέγχου και του απομακρυσμένου κέντρου διαχείρισης. Για το σκοπό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί μία κοινή τηλεφωνική γραμμή σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας, δηλαδή επίγειου ή κυψελικού τύπου αντίστοιχα, ή και ενδεχόμενη ιδιωτική γραμμή συνήθους ή ομοαξονικού καλωδίου, οπτικών ινών ή ασύρματης ραδιοεπικοινωνίας [13].



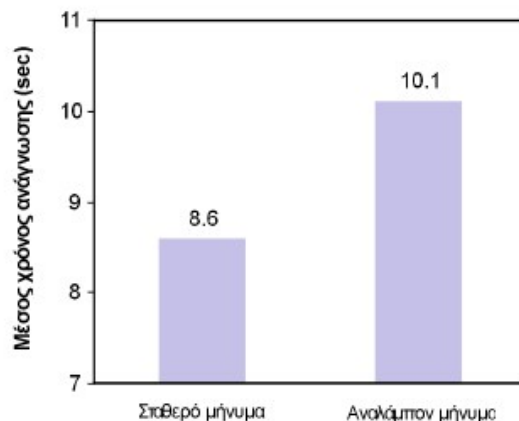
Εικόνα 42: Δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ κουτιού ελέγχου και κέντρου διαχείρισης [13].

Η μορφή των απεικονιζόμενων μηνυμάτων αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ιδιομορφίες της μεταβλητής σήμανσης. Παρότι στη σταθερή σήμανση τα περισσότερα σήματα

έχουν τη μορφή απλών και τυποποιημένων συμβόλων, η σημασία των οποίων γίνεται αμέσως αντιληπτή με ένα γρήγορο βλέμμα, στις περισσότερες περιπτώσεις μεταβλητής σήμανσης απαιτείται η απεικόνιση μηνυμάτων με τη μορφή γραπτού κειμένου. Το γεγονός αυτό ανακινεί αυτομάτως ένα μεγάλο κεφάλαιο, που αφορά στην αναγνωσιμότητα και στην απαίτηση επαρκούς κατανόησης του μηνύματος, δεδομένου ότι η όλη διαδικασία αλληλεπίδρασης του οδηγού με τη σήμανση γίνεται εν κινήσει και με την προσοχή του στραμμένη πρωτίστως στην οδήγηση. Το ευρύτερο πεδίο ερευνών σχετικά με τη μεταβλητή σήμανση στρέφεται γύρω από τη στρατηγική απεικόνισης των μηνυμάτων.

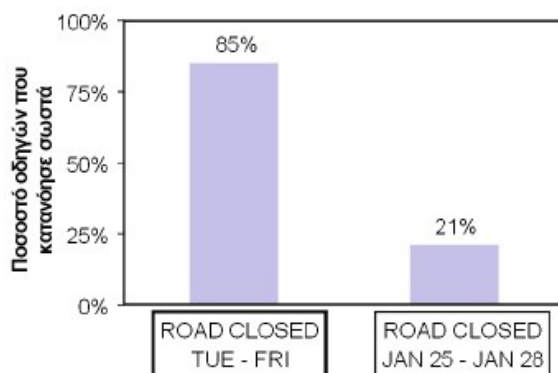
Η αναγνωσιμότητα του μηνύματος, δηλαδή το κατά πόσο είναι δυνατόν σε πρώτη φάση να αναγνωσθεί όλο το μήνυμα, είναι κάτι που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τοποθέτησης, από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των χαρακτήρων, καθώς και από την όλη διάταξη του μηνύματος επάνω στην οθόνη απεικόνισης. Η ανάγνωση είναι μία τελείως παθητική διαδικασία, που μοιάζει με φωτογραφική αποτύπωση. Από το περιεχόμενο αυτής της αποτύπωσης εξαρτάται η επιτυχία της διαδικασίας κατανόησης, η οποία ακολουθεί αμέσως μετά και η οποία είναι μία επεξεργασία που πραγματοποιείται αυτόνομα, από τον ίδιο τον οδηγό. Κατά συνέπεια, η επιτυχής κατανόηση ενός μηνύματος εξαρτάται από τον τρόπο και το σύνθετο της παρουσίας του. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι ο οδηγός θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αναγνώσει δύο φορές το μήνυμα, ώστε να είναι σε θέση να επαναλάβει την ανάγνωση κατά τη διάρκεια της φάσης επεξεργασίας.

Τη σημασία των παραπάνω παραγόντων στην απεικόνιση των μεταβλητών μηνυμάτων υποδεικνύουν και τα αποτελέσματα διαφόρων στατιστικών ερευνών. Στο Γράφημα 1, απεικονίζονται τα αποτελέσματα μίας διερεύνησης της αποτελεσματικότητας διαφόρων οπτικών τεχνασμάτων, και ειδικότερα της αναλαμπής (flashing) ολόκληρου του απεικονιζόμενου μηνύματος, με σκοπό την πρόκληση μεγαλύτερης εντύπωσης. Όπως φαίνεται, ένα αναλάμπον μήνυμα απαιτεί περισσότερο χρόνο ανάγνωσης σε σχέση με το ίδιο σε σταθερή μορφή.



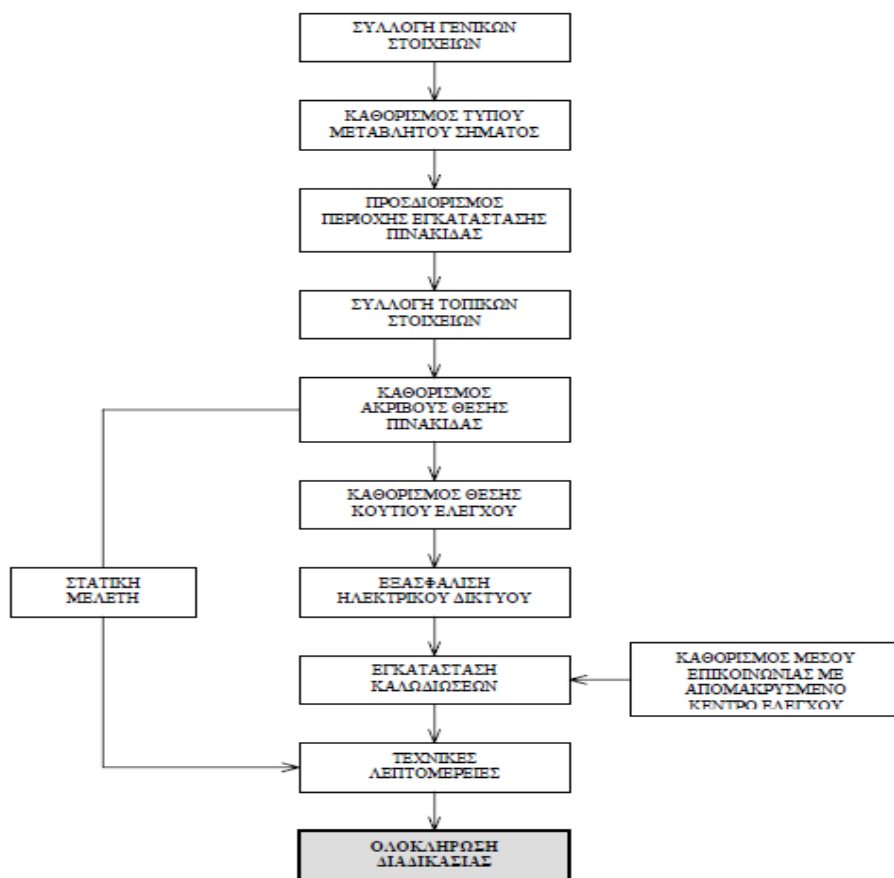
Γράφημα 1: Μέσος χρόνος ανάγνωσης για σταθερό και αναλάμπτον μήνυμα [21].

Επιπλέον, οι έρευνες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αναλαμπή εν τέλει δεν προκαλεί απαραίτητα την αίσθηση επείγοντος, οπότε η τεχνική αυτή θα πρέπει να αποφεύγεται, κάτι που ήδη προτείνεται από τους διάφορους φορείς. Αντίστοιχα, στο Γράφημα 2, φαίνονται τα αποτελέσματα κατά τη διερεύνηση του τρόπου παρουσίασης μελλοντικών χρονικών περιόδων, όπως για τον προγραμματισμό εργασιών. Είναι φανερό ότι ο οδηγός αντιλαμβάνεται πολύ καλύτερα μηνύματα που προσδιορίζουν ημέρες της εβδομάδας, παρά ημερομηνίες [21].



Γράφημα 2: Βαθμός επιτυχημένης κατανόησης για δύο διαφορετικές εκδοχές προσδιορισμού χρονικού διαστήματος [21].

Δεδομένου ότι οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων είναι μία εντελώς νέα τεχνική σήμανσης στον ελληνικό χώρο, δεν υπάρχουν σχετικές οδηγίες ή προτάσεις σχετικά με την εφαρμογή τους. Στην Εικόνα 43 παρατίθεται μία προτεινόμενη διαδικασία σχεδιασμού νέας σχετικής εγκατάστασης [46].



Εικόνα 43: Προτεινόμενη διαδικασία σχεδιασμού νέας εγκατάστασης VMS [46].

Σύμφωνα με τους Kusakabe, Sharyo και Asakura (2012), μια από τις αρνητικές επιπτώσεις των τροχαίων ατυχημάτων σε αστικές λεωφόρους είναι η απότομη μείωση της χωρητικότητας των οδών. Η συμφόρηση μπορεί να κάνει τους ταξιδιώτες να αλλάξουν την, αρχικά, επιλεγμένη διαδρομή τους με την εμπειρία και τις πληροφορίες που παρέχουν οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Αυτές είναι σημαντικές πηγές για τους ταξιδιώτες για να αποφασίσουν αν θα αλλάξουν τη διαδρομή για το ταξίδι. Αυτές οι πληροφορίες βελτιώνουν τη συμπεριφορά των οδηγών και μειώνουν τις επιπτώσεις των τροχαίων ατυχημάτων [33].

4.2: Πινακίδες ελέγχου λωρίδων

Οι Πινακίδες Ελέγχου Λωρίδων (Π.Ε.Λ.) ή αλλιώς Lane Control Signs (L.C.S.) ή Variable Lane Control Signs (V.L.C.S.) είναι ένας συγκεκριμένος τύπος φανού που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση της κυκλοφορίας σε έναν πολυσύχναστο αυτοκινητόδρομο. Συνήθως, επιτρέπουν ή

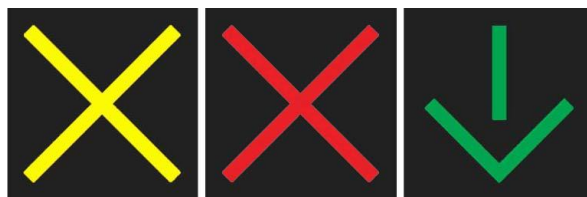
απαγορεύουν στα οχήματα να χρησιμοποιούν μία ή περισσότερες διαθέσιμες λωρίδες κυκλοφορίας (Εικόνα 44). Όταν χρησιμοποιούνται, επαναλαμβάνονται σε κανονικές αποστάσεις για να παρέχουν μια συνεχή υπενθύμιση της κατάστασης της λωρίδας στους οδηγούς.



Εικόνα 44: Πινακίδες ελέγχου λωρίδων σε τούνελ [1].

Σε ορισμένους αυτοκινητόδρομους πολλαπλών λωρίδων, μία ή περισσότερες λωρίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως λωρίδες αντίθετης ροής, πράγμα που σημαίνει ότι η κατεύθυνση της κυκλοφορίας στις λωρίδες αυτές μπορεί να αντιστραφεί ανά πάσα στιγμή. Μερικές φορές, αυτό γίνεται ως τρόπος διαχείρισης της κυκλοφορίας σε ώρες αιχμής. Σε άλλες περιπτώσεις οι λωρίδες αντιστρέφονται μόνο σε ασυνήθιστες περιστάσεις (πχ. τροχαίο ατύχημα ή εργασίες συντήρησης οδικού δικτύου).

Τα σήματα ελέγχου λωρίδας σε όλο τον κόσμο ακολουθούν το δικό τους καθολικό μοτίβο, όπως ορίζεται στη Σύμβαση της Βιέννης για τα οδικά σήματα. Τα τυπικά σήματα περιλαμβάνουν: ένα πράσινο βέλος προς τα κάτω, που υποδεικνύει ότι η λωρίδα κυκλοφορίας είναι ανοικτή, ένα κόκκινο χι, που υποδηλώνει ότι μια λωρίδα κυκλοφορίας είναι κλειστή και ένα κίτρινο χι, που υποδηλώνει ότι η συγκεκριμένη λωρίδα θα κλείσει σύντομα (Εικόνα 45) [45].



Εικόνα 45: Τυπικά σήματα στις λωρίδες κυκλοφορίας [1].

4.3: Πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας

Σύμφωνα με τους Grumert και Tarani (2012), οι Πινακίδες Μεταβλητών Ορίων Ταχύτητας (Π.Μ.Ο.Τ.) ή αλλιώς Variable Speed Limit Signs (V.S.L.S.) είναι μεταβλητά μηνύματα που δείχνουν επιτρεπτά όρια ταχύτητας των οχημάτων σε αυτοκινητόδρομους. Συνήθως, είναι τοποθετημένες στο πλάι του δρόμου (Εικόνες 46), αλλά τις συναντάμε και σε μεταλλικές κατασκευές από πάνω από τις λωρίδες κυκλοφορίας (Εικόνες 47). Σκοπός τους είναι η μείωση του αριθμού των ατυχημάτων και η αύξηση της αποτελεσματικότητας της κυκλοφορίας.



Εικόνα 46: Πινακίδα μεταβλητών ορίων ταχύτητας στο πλάι του δρόμου [1].



Εικόνα 47: Πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας πάνω από τις λωρίδες κυκλοφορίας [1].

Στην ερευνά τους απέδειξαν ότι τα συνεργατικά συστήματα είναι ένα είδος έξυπνου συστήματος μεταφορών που έχει λάβει αυξανόμενο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Πράγματι, η επικοινωνία μεταξύ οχημάτων ή / και η επικοινωνία μεταξύ οχημάτων με την υποδομή, αυξάνουν την απόδοση της κυκλοφορίας και μειώνουν τις περιβαλλοντικές

επιπτώσεις, με τη βοήθεια των υφιστάμενων ΠΜΟΤ. Στις ΠΜΟΤ, γίνεται επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και της υποδομής, που διατίθεται μέσω οδικής μονάδας, για την κοινοποίηση των ορίων ταχύτητας στα οχήματα που βρίσκονται στο δρόμο [27].

Κατά τους Ackaah και Bogenberger (2016), η Ενεργή Διαχείριση της Κυκλοφορίας ή αλλιώς Advanced Transportation Management (A.T.M.), συμπεριλαμβάνει και τις πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας. Θεωρείται μια από τις πιο δυναμικές προσεγγίσεις στη διαχείριση των συμφόρησης. Για παράδειγμα, στη Γερμανία και σε άλλες προηγμένες χώρες, οι ΠΜΟΤ έχουν αναπτυχθεί σε αυτοκινητόδρομους μεγάλης κυκλοφορίας, αρτηριακούς δρόμους και σε ζώνες εργασίας. Βασικά, οι ΠΜΟΤ χρησιμοποιούνται για τα όρια ταχύτητας στους αυτοκινητόδρομους. Με αυτό το σύστημα ελέγχου στοχεύουν σε συστηματικό τρόπο να επιβραδύνουν τις ταχύτητες, για να σταθεροποιήσουν και να εξομαλύνουν την κυκλοφορία, με βάση την επικρατούσα μετρούμενη κυκλοφοριακή ροή, ταχύτητα, πυκνότητα ή καιρικές συνθήκες. Οι ΠΜΟΤ βελτιώσουν την ασφάλεια της κυκλοφορίας, τη ρύπανση του περιβάλλοντος και το θόρυβο [16].

Σύμφωνα με τους Parageorgiou, Kosmatoroulos και Paramichail (2008), ένα ιδιαίτερο μέτρο ελέγχου για τη ροή της κυκλοφορίας στους αυτοκινητοδρόμους είναι οι πινακίδες μεταβλητών ορίων ταχύτητας, που με κατάλληλο μεταβλητό μήνυμα ρυθμίζουν αυτή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ΠΜΟΤ είναι υποχρεωτικές, δηλαδή είναι νομικά ισοδύναμες με τις σταθερές πινακίδες ορίων ταχύτητας και μπορεί ακόμη να επιβληθούν και πρόστιμα σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Η εγκατάσταση των ΠΜΟΤ έγινε για πρώτη φορά στη Γερμανία, πριν από περίπου 30 χρόνια. Σήμερα, οι ΠΜΟΤ έχουν τοποθετηθεί σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες και στη Βόρεια Αμερική. Οι κύριοι στόχοι είναι η μείωση της μέσης ταχύτητας και η ομογενοποίηση της ταχύτητας στις διάφορες λωρίδες κυκλοφορίας.

Η θετική επίδραση των ΠΜΟΤ στην ασφάλεια της κυκλοφορίας οφείλεται στη μείωση της ταχύτητας και την ομογενοποίηση της ταχύτητας, οι οποίες συσχετίζονται με τη μείωση της πιθανότητα ατυχήματος. Οι πολυετείς έρευνες για τις ΠΜΟΤ στην διαχείριση των ορίων ταχύτητας έδειξαν ότι, τα ατυχήματα μειώθηκαν κατά 20% έως 30%, μετά την εγκατάσταση του πινακίδων αυτών. Οι ΠΜΟΤ είναι ένα μέσο για τη μείωση των εκπομπών και του οδικού θορύβου [37].

Κατά τους Allaby, Hellinga και Bullock (2007), οι ΠΜΟΤ αποτελούνται από σήματα δυναμικών μηνυμάτων που αναπτύσσονται κατά μήκος ενός δρόμου και συνδέονται μέσω ενός συστήματος επικοινωνίας με ένα κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Οι ΠΜΟΤ χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση ρυθμιστικού ή συμβουλευτικού ορίου ταχύτητας. Σε αντίθεση με τα τυπικά σήματα στατικής ταχύτητας, οι ΠΜΟΤ επιτρέπουν στους διαχειριστές συστημάτων να τοποθετούν δυναμικά ένα όριο ταχύτητας που είναι κατάλληλο για την τρέχουσα κίνηση, καιρικές συνθήκες ή άλλες συνθήκες.

Οι ΠΜΟΤ θεωρούνται ότι βελτιώνουν την ασφάλεια και μειώνουν την πίεση του οδηγού, ενώ παράλληλα βελτιώνουν την κυκλοφοριακή ροή και τους χρόνους ταξιδιού. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ΠΜΟΤ έχουν αναπτυχθεί σε περιορισμένο αριθμό δικαιοδοσιών, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ολλανδία, οι ΗΠΑ, η Γερμανία, η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία. Οι αναφερόμενες επιπτώσεις για αυτά τα συστήματα είναι αρκετά συνεπείς, αναφέροντας μειωμένες μέσες ταχύτητες, μειωμένη διακύμανση ταχύτητας, βελτιωμένη χρήση της λωρίδας κυκλοφορίας και μια πιο ήρεμη οδηγική συμπεριφορά [17].

4.4: Κινητά φράγματα φυσικού αποκλεισμού

Τα κινητά φράγματα φυσικού αποκλεισμού ή αλλιώς Tunnel Closure Barriers (T.C.B.) είναι κατασκευές, οι οποίες απαγορεύουν τη διέλευση των οχημάτων από εκείνο το σημείο που είναι τοποθετημένα και πέρα. Συνήθως, είναι χειροκίνητες κατασκευές (Εικόνα 48), αλλά υπάρχουν και αυτοματοποιημένες (Εικόνα 49) που ελέγχονται μέσω του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας. Τις περισσότερες φορές, αυτά τα φράγματα τα συναντάμε στην είσοδο μιας σήραγγας (τούνελ) (Εικόνα 50α, 50β). Είναι ένα πολύ σημαντικό σύστημα για την προειδοποίηση των διερχόμενων οχημάτων. Με την έγκυρη απαγόρευση της εισόδου στη σήραγγα προλαμβάνεις διάφορες καταστάσεις (πχ. εργασίες συντήρησης, μποτιλιάρισμα, τροχαίο ατύχημα, πυρκαγιά, κ.ά.). Σαφώς, υπάρχει καθοδήγηση σε παρακαμπτήρια οδό, μέσω των πινακίδων ελέγχου λωρίδων (Εικόνα 51) [7].



Εικόνα 48: Χειροκίνητη κατασκευή κινητού φράγματος φυσικού αποκλεισμού [1].



Εικόνα 49: Αυτοματοποιημένη κατασκευή κινητού φράγματος φυσικού αποκλεισμού [1].

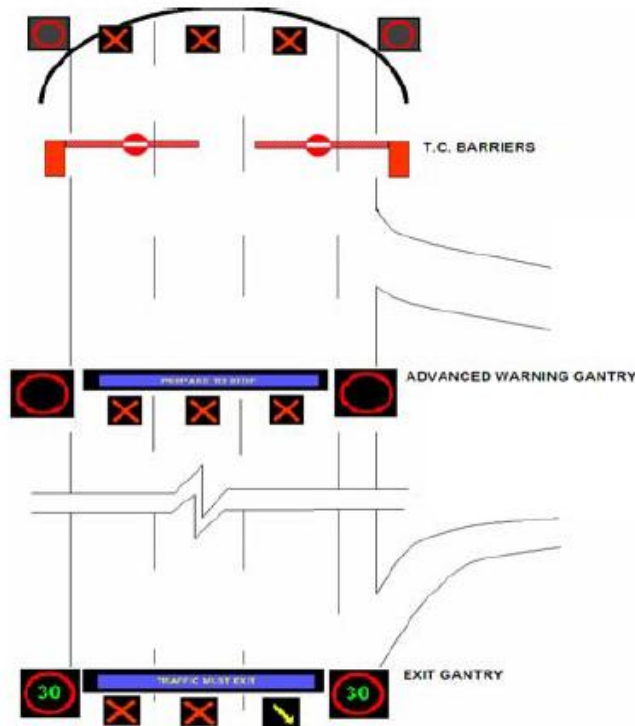


(α)



(β)

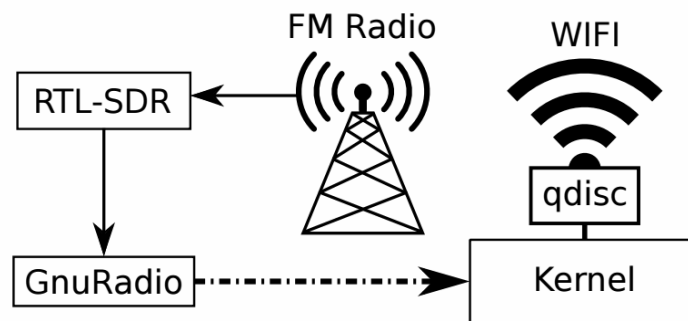
Εικόνα 50: Κινητά φράγματα φυσικού αποκλεισμού σε (α) Στοκχόλμη και (β) Σύνδνεϋ [1].



Εικόνα 51: Τυπική διάταξη εξοπλισμού αποκλεισμού σηράγγων [7].

4.5: Ραδιοειδοποίηση

Η Ραδιοειδοποίηση ή αλλιώς Radio Data System (R.D.S.) επιτρέπει στους ραδιοτηλεοπτικούς φορείς FM να στέλνουν πολύ περισσότερα από απλώς ένα αναλογικό σήμα ήχου πάνω από τα κύματα του αέρα. Χρησιμοποιώντας μια συχνότητα των 57 kHz, οι σταθμοί μπορούν να μεταδίδουν ψηφιακά δεδομένα προς τους FM δέκτες (Εικόνα 52).



Εικόνα 52: Διάγραμμα ροής της πληροφορίας [1].

Η τεχνολογία αυτή ανοίγει ένα νέο ευρύ φάσμα ανέσεων και βοήθειας του ακροατή. Η ραδιοειδοποίηση ξεκίνησε στην Ευρώπη. Γρήγορα έγινε δημοφιλής στην Άπω Ανατολή και στη

Βόρεια Αμερική. Στην πραγματικότητα, πάνω από 700 ραδιοφωνικούς σταθμούς στις Ηνωμένες Πολιτείες, μεταδίδεται τώρα RDS πληροφορίες σε τακτική βάση. Η ραδιοειδοποίηση χωρίζεται σε στατική και δυναμική. Οι διαθέσιμες υπηρεσίες που μπορεί να έχει η ραδιοειδοποίηση είναι:

Πρόγραμμα Κυκλοφορίας ή αλλιώς Traffic Program (TP): Αυτό το σύμβολο σας προειδοποιεί ότι ο σταθμός που ακούτε πάρα πολύ τακτικά, μεταδίδει ειδικές πληροφορίες για την κυκλοφορία. Μπορείτε να αναζητήσετε σταθμούς TP, έτσι ώστε να έχετε πάντα αυτό το επιπλέον πλεονέκτημα, καθώς μετακινείσθε.

Ανακοίνωση Κυκλοφορίας ή αλλιώς Traffic Announcement (TA): Αυτή είναι η ενεργή πλευρά της ικανότητας TP. Υπάρχει δυνατότητα να προγραμματίσετε τους δέκτες των αυτοκινήτων να παρακολουθούν συνεχώς τους σταθμούς TP και να συντονίζονται αυτόματα, εάν γίνεται μια ειδική ανακοίνωση.

Κείμενο μέσω ραδιοφώνου ή αλλιώς Radio Text (RT): Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει σε έναν τηλεοπτικό σταθμό να στείλει ένα μήνυμα, μέχρι 64 χαρακτήρες. Αυτό το μήνυμα μετακινείτε στην οθόνη του ραδιοφώνου και αναγράφει διάφορες πληροφορίες, όπως τα αθλητικά αποτελέσματα, το τίτλο τραγουδιού, τον καλλιτέχνη ή το όνομα άλμπουμ, ακόμα και διαφημίσεις.

Σύστημα προειδοποίησης έκτακτης ανάγκης ή αλλιώς Emergency Alert System (EAS): Αν ο RDS δέκτης έχει ανιχνεύσει έναν κωδικό έκτακτης ανάγκης, θα αναβοσβήνει ένα μήνυμα ALERT στην οθόνη του ραδιοφώνου. Υπάρχει η δυνατότητα της διακοπής της μουσικής εκείνη τη στιγμή και η αύξηση της έντασης σε προκαθορισμένο επίπεδο για να ακουστεί η προειδοποίηση [25].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

“ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΣΜ”

5.1: Ελληνική αρχιτεκτονική

Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών είναι πολύπλοκα συστήματα, τα οποία χρειάζονται ένα οργανωτικό, ένα λειτουργικό και ένα τεχνολογικό πλαίσιο για να λειτουργήσουν σωστά. Αυτό το πλαίσιο είναι η Εθνική Αρχιτεκτονική, η οποία καλείται να καλύψει τεχνολογικές πτυχές, αλλά και οργανωτικά, νομικά και επιχειρηματικά θέματα.

Το όραμα της Εθνικής Αρχιτεκτονικής ΕΣΜ είναι να επιτρέψει στους εμπλεκόμενους να βελτιστοποιήσουν τα οφέλη από την εφαρμογή των ΕΣΜ, μέσω της θέσπισης ενός κοινού πλαισίου αντίληψης, κοινών στόχων και συνεκτικής εφαρμογής των ΕΣΜ. Σε συνδυασμό με την Εθνική Στρατηγική ΕΣΜ, δημιουργείται ένα συνεκτικό πλαίσιο για μια ολοκληρωμένη εθνική λειτουργική υποδομή ΕΣΜ, συμβάλλοντας στη βελτίωση των μεταφορών και στην ενίσχυση της συνεργασίας, της οικονομίας και της καινοτομίας.

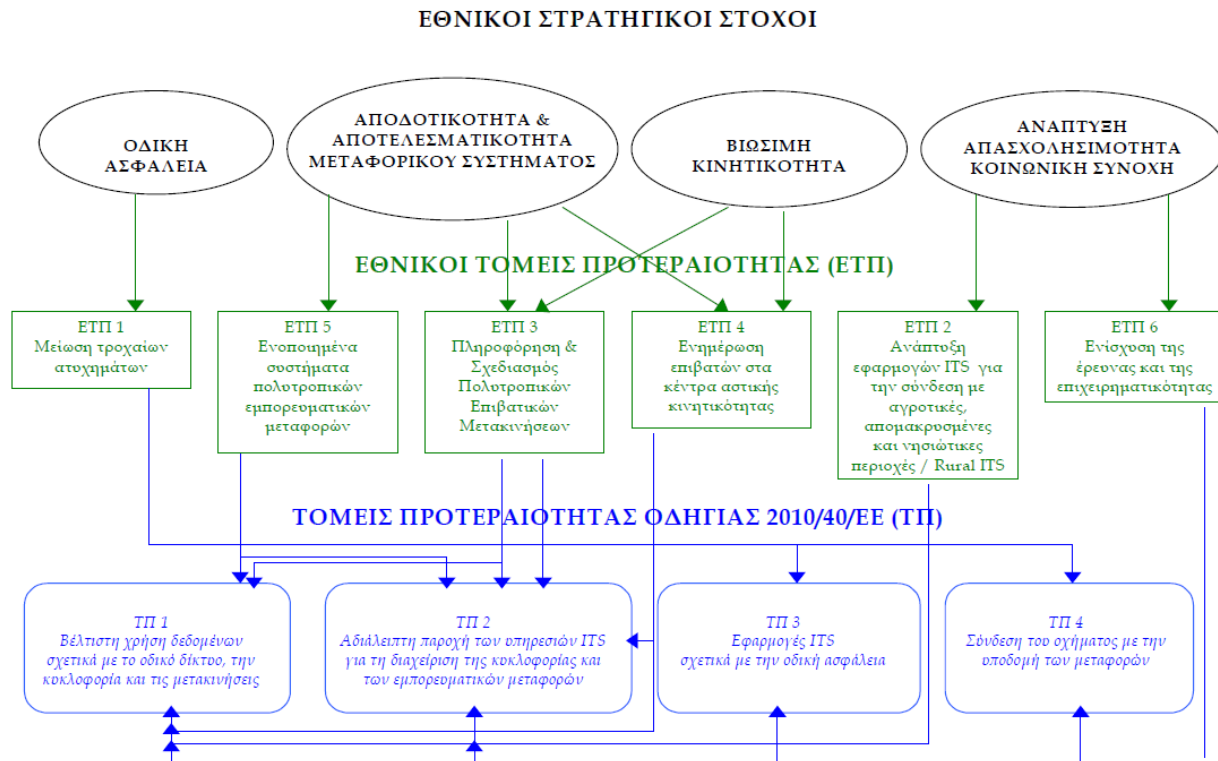
Τα οφέλη από τη χρήση της Εθνικής Αρχιτεκτονικής είναι:

- Η βελτιωμένη συνεκτικότητα των τρόπων μεταφοράς, στον τομέα των ΕΣΜ.
- Η αυξημένη αποτελεσματικότητα των αρμοδιοτήτων.
- Η υποστήριξη μιας ανταγωνιστικής, καινοτόμου και ανοικτής αγοράς.
- Η αυξημένη αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών των συστημάτων ΕΣΜ [11].

Η διαμόρφωση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης (Διάγραμμα 1) για την ανάπτυξη των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών, έχει βασιστεί στην ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης του μεταφορικού συστήματος, στην ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών και το ευρύτερο οικονομικό - επιχειρησιακό περιβάλλον της Ελλάδας, με βασικό όραμα μια όσο το δυνατόν ολοκληρωμένη και διαρθρωμένη πολιτική.

Οι γενικοί στρατηγικοί στόχοι της οδικής ασφάλειας, της ενίσχυσης της αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας του μεταφορικού συστήματος, της βιώσιμης κινητικότητας και της ανάπτυξης, απασχόλησης και κοινωνικής συνοχής εξειδικεύονται σε ειδικότερους στόχους και

άξονες δράσης, οι οποίοι μετουσιώνονται στους Εθνικούς Τομείς Προτεραιότητας για την χώρα, θέτοντας με αυτόν τον τρόπο ένα χρονοδιάγραμμα υλοποίησής τους [14].

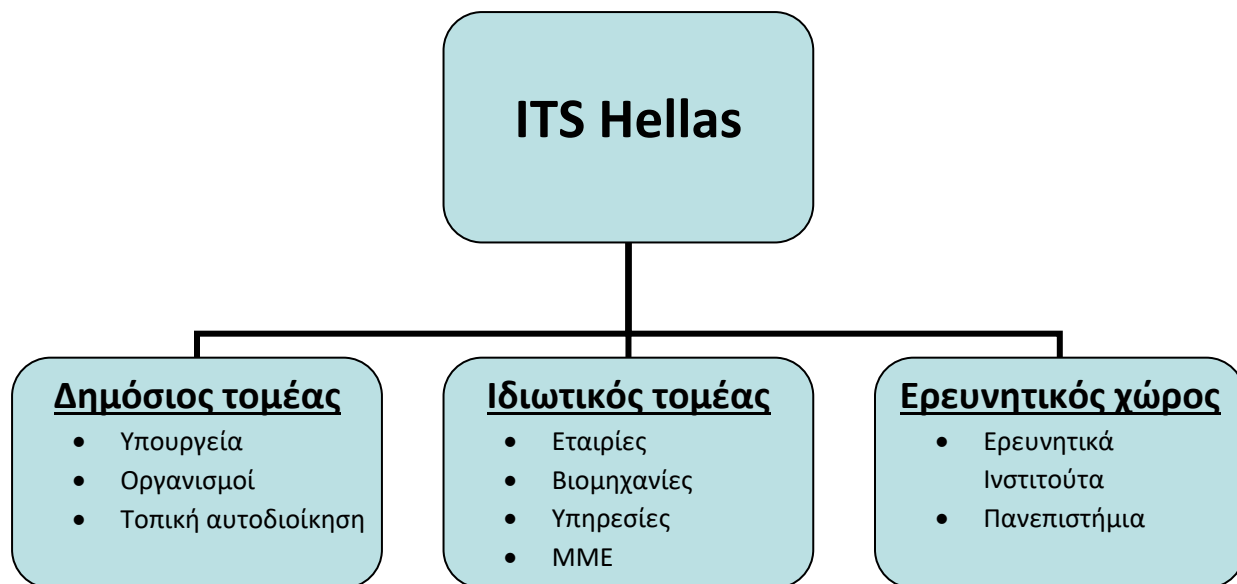


5.1.1: Ελληνικός Οργανισμός Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών



Ο Ελληνικός Οργανισμός Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών ή αλλιώς ITS Hellas, είναι μια μη κερδοσκοπική εταιρία αστικής ευθύνης που ιδρύθηκε το 2008. Γενικά, είναι μια εθνική πλατφόρμα που ασχολείται με τον ευρύτερο τομέα της ανάπτυξης, της υλοποίησης και της αξιολόγησης των εφαρμογών των ευφυών συστημάτων μεταφορών στην Ελλάδα.

Τα μέλη του απαρτίζονται από φορείς του δημόσιου τομέα, του ιδιωτικού τομέα και του ερευνητικού χώρου (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2: Οργανόγραμμα μελών του ITS Hellas [8].

Ο ρόλος του Οργανισμού είναι:

- Η υποστήριξη στη δημιουργία και στην υλοποίηση μιας εθνικής στρατηγικής σε θέματα ευφυών συστημάτων μεταφορών.
- Η υποστήριξη στο σχεδιασμό μακροπρόθεσμων δράσεων ανάπτυξης και χρήσης της Ελληνικής τεχνολογίας και διαμόρφωση της αγοράς.
- Η υποστήριξη στην υλοποίηση έργων και σχεδιασμό συστημάτων, με βάση την τεχνογνωσία και την εμπειρία από καλές πρακτικές στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Ο σκοπός είναι η αύξηση της οδικής ασφάλειας και της αποδοτικότητας των οδικών δικτύων και των υποδομών.

Το όραμα του Οργανισμού είναι:

- Η αποτελεσματική, η ασφαλέστερη και η, περιβαλλοντικά, φιλική λειτουργία των μεταφορικών δικτύων με τη χρήση νέων τεχνολογιών.
- Η ανταγωνιστική Ελληνική βιομηχανία στην τεχνολογία των ευφυών συστημάτων μεταφορών.
- Η ολοκληρωμένη και κοινή προσέγγιση όλων των εμπλεκόμενων για το σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία των ευφυών συστημάτων μεταφορών.



Η Ελλάδα, τον Οκτώβριο του 2008, συμμετείχε ως ιδρυτικό μέλος στο Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Πλατφορμών ITS ή αλλιώς European Network of ITS Associations. Η ITS Hellas εκπροσωπεί επίσημα την Ελλάδα στο Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Πλατφορμών, που είναι η ένωση όλων των εθνικών Οργανισμών ITS της Ευρώπης και των υπόλοιπων χωρών του κόσμου [8].

5.2: Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική

Η Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική βασίζεται στους βασικούς άξονες στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που σκιαγραφούνται μέσα από τη Συνθήκη της Λισαβόνας, θέτοντας ως βασικούς στόχους την δημιουργία περισσότερων και καλύτερων θέσεων απασχόλησης. Ειδικότερα, η Λευκή Βίβλος («Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών – Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών»). Αυτή παρουσιάζει ως βασικές συνιστώσες, της Ευρωπαϊκής πολιτικής μεταφορών, την ανταγωνιστικότητα και την αποδοτικότητα των συστημάτων μεταφορών των κρατών μελών, καθώς και την εκπλήρωση των οικονομικών, των κοινωνικών και των περιβαλλοντικών αναγκών της κοινωνίας.

Προς την κατεύθυνση επίτευξης των ανωτέρω στρατηγικών στόχων, η ενδιαμέσως αξιολόγηση της Λευκής Βίβλου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στον τομέα της πολιτικής μεταφορών, τόνισε τον καίριο ρόλο που διαδραματίζει η καινοτομία στην εξασφάλιση βιώσιμης, αποτελεσματικής και ανταγωνιστικής κινητικότητας στην Ευρώπη. Αντίστοιχα το πρόγραμμα της Κοινότητας για την έρευνα και την καινοτομία, «Ορίζοντας 2020 (Horizon 2020)», ακολουθεί πιστά τις αρχές και τους στόχους για την «Ευρώπη 2020», που τοποθετούν την καινοτομία στο επίκεντρο μιας έξυπνης, βιώσιμης και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξης, με στόχο την ενδυνάμωση της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας της Ευρώπης.

Επιπλέον, στην ανακοίνωσή της «Ευρώπη 2020», η Επιτροπή τόνισε τη σημασία που έχουν για την Ευρώπη η κοινωνική συνοχή, μια πιο πράσινη οικονομία, η εκπαίδευση και η καινοτομία. Οι στόχοι αυτοί αντικατοπτρίζονται στις διάφορες πτυχές της Ευρωπαϊκής πολιτικής μεταφορών, με σκοπό τη διασφάλιση βιώσιμης κινητικότητας για όλους τους πολίτες, τη δραστική μείωση των εκπομπών άνθρακα στις μεταφορές και τη πλήρη αξιοποίηση της τεχνολογικής προόδου. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικότερα δεδομένα, το

Ευρωπαϊκό σύστημα μεταφορών έχει να ανταπεξέλθει σε αρκετές μείζονες προκλήσεις, ώστε να επιτύχει πλήρως τον ρόλο του για την ικανοποίηση των αναγκών της Ευρωπαϊκής οικονομίας και κοινωνίας.

Στην ανακοίνωση της Επιτροπής για το Σχέδιο δράσης για την εξάπλωση των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών στην Ευρώπη, παρατίθενται τα εξής στοιχεία:

- Εκτιμάται ότι το 10 % του οδικού δικτύου πάσχει από κυκλοφοριακό φόρτο με ετήσιο κόστος 0,9-1.5 % του ΑΕΠ της ΕΕ.
- Οι οδικές μεταφορές προκαλούν το 72 % των συνολικών εκπομπών CO₂ των μεταφορών, οι οποίες αυξήθηκαν κατά 32 % το διάστημα 1990-2005.
- Παρόλο που οι θάνατοι από τροχαία ατυχήματα φθίνουν (-24 % από το 2000 στην ΕΕ των 27), ο αριθμός τους (42.953 θάνατοι το 2006) συνεχίζει να υπερβαίνει κατά 6.000 τον επιδιωκόμενο στόχο, για να μειωθούν τα θανατηφόρα ατυχήματα κατά 50 % για την περίοδο 2001-2010. Νεότερα στοιχεία από το 2009, παρουσιάζουν ότι περισσότεροι από 35.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δηλαδή το ισοδύναμο μιας μέσου μεγέθους πόλης, και τουλάχιστον 1.500.000 άτομα τραυματίστηκαν. Το κόστος για την κοινωνία είναι τεράστιο και ανήλθε σε περίπου 130 δισ. ευρώ το 2009. Οι προκλήσεις αυτές γίνονται ακόμη πιο πιεστικές, με βάση τις προβλέψεις αύξησης των εμπορευματικών μεταφορών κατά 50 % και των επιβατικών μεταφορών κατά 35 % στην περίοδο 2000 - 2020.

Έχει καταστεί ωστόσο σαφές ότι με συμβατικές προσεγγίσεις, όπως η δημιουργία νέων υποδομών, δεν θα επιτευχθούν τα αναγκαία αποτελέσματα με τους ρυθμούς που επιβάλλει το μέγεθος των προκλήσεων αυτών. Χρειάζονται καινοτόμες λύσεις για να σημειωθεί γρήγορα η πρόοδος που απαιτείται λόγω των αντιμετωπιζόμενων προβλημάτων. Επομένως, είναι πλέον καιρός να διαδραματίσουν τα ευφυή συστήματα μεταφοράς τον ρόλο τους, ώστε να επιτευχθούν αυτά τα αποτελέσματα.

Σύμφωνα, με τη νέα Λευκή Βίβλο, που υιοθετήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις 28 Μαρτίου 2011, οι στόχοι που προτείνονται συμπίπτουν σε αρκετά σημεία με τα

αναμενόμενα αποτελέσματα που παρέχουν οι εφαρμογές των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τον στόχο της καθιέρωσης πλαισίου για ένα Ευρωπαϊκό σύστημα πληροφοριών, διαχείρισης και πληρωμών για τις πολύτροπες μεταφορές και τον μηδενικό αριθμό θανάτων στις οδικές μεταφορές έως το 2050.

Ενώ έχει γίνει αντιληπτή η ανάγκη εξάπλωσης των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών στις οδικές μεταφορές σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρατηρούνται σημαντικές καθυστερήσεις μεταξύ των Κρατών Μελών, οδηγώντας σε ένα συνονθύλευμα εθνικών, περιφερειακών και τοπικών λύσεων χωρίς σαφή εναρμόνιση, κάτι το οποίο θέτει σε κίνδυνο την ακεραιότητα της ενιαίας αγοράς. Καθίσταται άρα αναγκαίο να αντιμετωπιστούν ορισμένα σημαντικά θέματα, όπως είναι η γεωγραφική συνέχεια, η λειτουργικότητα των υπηρεσιών και των συστημάτων και η τυποποίηση σε Ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία μωσαϊκού εφαρμογών και υπηρεσιών ITS.

Για την αντιμετώπιση των ανωτέρω προβλημάτων, εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, η Οδηγία 2010/40/ΕΕ, περί πλαισίου ανάπτυξης των Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών στον τομέα των οδικών μεταφορών και των διεπαφών με άλλους τρόπους μεταφοράς. Ο γενικός στόχος της Οδηγίας 2010/40/ΕΕ είναι η θέσπιση ενός πλαισίου για την συντονισμένη και συνεκτική ανάπτυξη και χρήση ευφυών συστημάτων μεταφορών εντός της Ένωσης και ο καθορισμός των αναγκαίων γενικών όρων, για την ανάπτυξη των προδιαγραφών για δράσεις εντός των τομέων προτεραιότητας και των απαραίτητων προτύπων. Οι ειδικοί στόχοι περιλαμβάνουν την αύξηση της λειτουργικότητας του συστήματος, η εξασφάλιση της αδιάλειπτης πρόσβασης σε αυτό, η ενίσχυση της συνέχειας των υπηρεσιών και η δημιουργία αποτελεσματικού μηχανισμού συνεργασίας μεταξύ των παραγόντων των ITS.

Η Ευρωπαϊκή Αρχιτεκτονική FRAME για τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (ΕΣΜ) αποτελεί προϊόν πολλών ευρωπαϊκών προγραμμάτων (KAREN, FRAME-NET, FRAME-S, E-FRAME) που χρηματοδοτήθηκαν και ολοκληρώθηκαν στην περίοδο 1998 έως το 2011. Ο κύριος στόχος όλων αυτών των προγραμμάτων ήταν η προώθηση της ανάπτυξης των ΕΣΜ στην Ευρώπη, κυρίως στα οδικά δίκτυα. Έτσι υπήρχε ένα ενιαίο πλαίσιο σχεδιασμού και

υλοποίησης εφαρμογών, που εμπλέκονταν πολλά και διαφορετικά τεχνολογικά συστήματα για τη διασφάλιση της λειτουργίας σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διασυνοριακό επίπεδο.

Η Αρχιτεκτονική FRAME έχει υιοθετηθεί ως βάση για το σχεδιασμό εθνικών αρχιτεκτονικών ΕΣΜ από πολλά ευρωπαϊκά κράτη, όπως η Γαλλία (ACTIF), η Ιταλία (ARTIST), η Αυστρία (TTS A), η Τσεχία (TEAM), η Ουγγαρία (HITS), η Ρουμανία (NARITS), αλλά και από οργανισμούς σχεδιασμού και διαχείρισης υποδομών μεταφορών, όπως ο οργανισμός Transport for London, καθώς και από ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα, όπως το VIKING, το COOPERS-IP, το SAFESPOT-IP [11].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι εφαρμογές ΕΣΜ είναι πολύ αποτελεσματικές και συμφέρουσες, με πολλαπλά οφέλη για την κοινωνία και την οικονομία. Είναι επομένως αναγκαίο να ενταχθούν σε υψηλή προτεραιότητα, ιδιαίτερα όσον αφορά την αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Οι στρατηγικοί στόχοι που τίθενται στο πλαίσιο της πολιτικής των Ευφύων Συστημάτων Μεταφορών, δηλαδή η οδική ασφάλεια, η βιώσιμη κινητικότητα με τις συνιστώσες της εξοικονόμησης ενέργειας και της προστασίας του περιβάλλοντος, η εξοικονόμηση πόρων, η ανάπτυξη της οικονομίας, η κοινωνική συνοχή, γίνονται εφικτοί με την ανάπτυξη και εξάπλωση των ΕΣΜ. Αυτό φαίνεται και αποδεικνύεται από τις διάφορες μελέτες, έρευνες και υλοποιήσεις που αναλύσαμε παραπάνω.

Η Ελλάδα, παρότι δε διαθέτει μεγάλης κλίμακας βιομηχανία, έχει υλοποιήσει εφαρμογές ευφύων συστημάτων, ενώ υπάρχει ευρύ πεδίο για την υιοθέτηση και εφαρμογή καινοτόμων λύσεων. Διαθέτει τεχνογνωσία, ερευνητικούς φορείς και ιδιωτική πρωτοβουλία που δραστηριοποιούνται έντονα στο δίπτυχο τεχνολογία – καινοτομία. Ενώ, η οικονομική και πολιτική αστάθεια της τρέχουσας περιόδου, θα μπορούσε να αποτελέσει τροχοπέδη για ανάπτυξη και αξιοποίηση νέων επιχειρηματικών σχημάτων και πεδίων εφαρμογής. Φαίνεται ότι στην Ελλάδα το έδαφος για την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας στον τομέα αυτό είναι πρόσφορο, παρά το γεγονός ότι επί του παρόντος παραμένει σε μεγάλο βαθμό αναξιοποίητο.

Η ανάπτυξη εφαρμογών ΕΣΜ είναι επίσης ευκαιρία για την Ελλάδα να αναδειχθεί, λόγω της ιδιαιτερότητας που προκύπτει από τη γεωμορφολογία της, σε πρότυπο ανάπτυξης εφαρμογών για τη διασύνδεση των νησιών ιδιαίτερα, αλλά και των αγροτικών και απομακρυσμένων περιοχών, με την ηπειρωτική χώρα. Τα εργαλεία παρέχονται μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας που δημιουργεί τις γέφυρες για την ομαλή, απρόσκοπτη συνδεσιμότητα, ακόμα κι εκεί όπου υφίστανται φυσικό περιορισμοί. Η ιδιαιτερότητα αυτή της Ελλάδας, που συνίσταται στο μέγεθος της χώρας, τη νησιωτική της γεωμορφολογία, τη στρατηγική της θέση ως διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο, προσφέρει ευκαιρίες για ανάπτυξη μέσω έξυπνων λύσεων υψηλής τεχνολογίας, χωρίς την ανάγκη για νέες μεγάλες επενδύσεις σε υλικές υποδομές.

Το επιστημονικό δυναμικό της χώρας με υψηλό επίπεδο κατάρτισης έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει και να υποστηρίξει τις καινοτόμες τεχνολογικές εφαρμογές και να αξιοποιήσει, μέσα από την συνεργασία με τους φορείς και την πολιτεία, τα προσδοκώμενα οφέλη. Η Ελλάδα διαθέτει επίσης εμπειρία από την εφαρμογή πιλοτικών δράσεων και προγραμμάτων στον τομέα των ΕΣΜ, όπως η δράση He-ego και οι πιλοτικές δράσεις COMPASS 4D, EASYTRIP, SEE-ITS, VIAJEO κ.α., που βρίσκονται σε εξέλιξη. Η ενίσχυση της έρευνας και της καινοτομίας θα συμβάλλει ουσιαστικά στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων, στηριζόμενων στις νέες πρακτικές που αναδύονται με την χρήση των προηγμένων τεχνολογικών μέσων. Νέα επιχειρηματικά μοντέλα, συνεργασία μικρών και ευέλικτων επιχειρήσεων με επιχειρηματικούς συνεργατικούς σχηματισμούς δύναται να δώσουν ώθηση στην ενίσχυση της απασχόλησης και την ανάπτυξη της οικονομίας.

Τέλος, τα Συστήματα Ευφυών Μεταφορών θα συμβάλλουν σημαντικά στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ασφαλούς και αποτελεσματικού δικτύου μεταφορών και θα αποτελέσουν άξονα πολιτικής για τη διασφάλιση της βιώσιμης κινητικότητας ανθρώπων και αγαθών, την ανάπτυξη, την απασχόληση και την κοινωνική συνοχή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- [1] Αναζήτηση στο διαδίκτυο (google.gr).
- [2] Γιαμουρίδης, Ν. (n.d.). *Τηλεματική στα μέσα μαζικής μεταφοράς - Σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων*. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Πειραιά.
- [3] Δαρζέντα, Φ. (2016). *Συστήματα ευφυών μεταφορών προς οδηγούς και επιβάτες οχημάτων*. Πτυχιακή εργασία. Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας.
- [4] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ. Κοινοβούλιο. *Ανάπτυξη των συστημάτων ευφυών μεταφορών στον τομέα των οδικών μεταφορών και διεπαφών με άλλους τρόπους μεταφοράς*. Αθήνα: Εθνικό τυπογραφείο, (2012). (Εγγραφο)
- [5] Ελληνικός Οργανισμός Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών <<http://www.its-hellas.gr/gr/>>
- [6] ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ. Επιτροπή. *Ανάπτυξη των συστημάτων ευφυών μεταφορών στον τομέα των οδικών μεταφορών και διεπαφών με άλλους τρόπους μεταφοράς*. Στρασβούργο: Γραφείο επίσημων εκδόσεων των ευρωπαϊκών κοινοτήτων, (2010). (Εγγραφο)
- [7] Κοπελιάς, Π., Παπανδρέου, Κ. & Παπαδημητρίου, Φ. (n.d.). *Σύγχρονα συστήματα παρακολούθησης και απόκρισης για τη διαχείριση συμβάντων και ατυχημάτων*.
- [8] Μιζαράς, Β. (2011). *Ευφυή Συστήματα Μεταφορών ITS: Κυκλοφοριακά θέματα Δήμων Λεκανοπεδίου Αττικής*. <<http://www.ses.gr/ο-syllogos/theseisses/category/9.html?download=72>> (Τελευταία 29 Απριλίου 2017)
- [9] Μουσούλης, Χ. Α. (2005). *Ασύρματη συσκευή ανίχνευσης και εύρεση μέσης ταχύτητας οχημάτων*. Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- [10] Παπαγιαννούλης, Ι. (2011). *Ευφυή συστήματα μεταφορών*. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
- [11] Στεφανίδης, Γ., Μητσάκης, Ε., Αμδίτης, Α., Σαραμούρτσης, Α., Κιούσης, Γ., Μάτσας, Ι. & Σφακιανάκη, Ρ. (2016). *Εθνική Αρχιτεκτονική Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών 2016 – 2025*. Ελλάδα: Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων.
- [12] Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων (2011). *Οι θέσεις του Σ.Ε.Σ. για την προώθηση των συστημάτων ευφυών μεταφορών στην Ελλάδα*. Αθήνα: Σ.Ε.Σ. < <http://www.ses.gr/ο-syllogos/theseisses.html>> (Τελευταία πρόσβαση 8 Απριλίου 2017).

[13] Τσανακτσίδης, Δ. & Τσίτσουλας, Δ. (2003). *Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών*. Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

[14] Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών & Δικτύων. (2012). *ITS action plan: Το Σχέδιο Δράσης για τις Ευφυείς Μεταφορές στην Ελλάδα*. Αθήνα: Υ.Α.Α.Υ.Μ.Δ.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

[15] Abdulhai, B. & Kattan, L. (2003). Reinforcement learning: Introduction to theory and potential for transportation applications. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30(6), pp. 981 – 991. <https://doi.org/10.1139/I03-014>

[16] Ackaah, W. & Bogenberger, K. (2016). Advanced evaluation methods for variable speed limit systems. *Elsevier Science Direct: Transportation Research*, 15, pp. 652 – 663. doi: 10.1016/j.trpro.2016.06.055

[17] Allaby, P., Hellenga, B. & Bullock, M. (2007). Variable speed limits: safety and operational impacts of a candidate control strategy for freeway applications. *IEEE Xplore digital library*, 8(4), pp. 671 – 680. doi: 10.1109/TITS.2007.908562

[18] Caccia, S. (2013). *Torino Think Up Intelligent Transportation Systems (ITS) Solutions*. <<https://www.slideshare.net/StefanoCaccia/torino-thinkup-intelligent-transportation-sy>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)

[19] Cocozza, M. (2013). *5T intelligent transport systems design and management*. <http://www.ict-emissions.eu/wp-content/uploads/2013/05/Cocozza-Turin-Case-Study_09052013.pdf> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)

[20] Djahel, S., Doolan, R., Muntean, G.M. & Murphy, J. (2014). A Communications-oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches. *IEEE Xplore digital library*, 17(1), pp. 125 – 151. doi: 10.1109/COMST.2014.2339817

[21] Dudek, C., Trout, N., Durkop, B. & Ullman, G. (2001). *Improving dynamic message sign operations*. Texas Transportation Institute.

[22] D’Cruz, J. (2012). *Intelligent transportation System*. <<https://www.slideshare.net/jonnyblue8/intelligent-transportation-system-13179118>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)

[23] Esteve, M., Palau, C.E., Martinez – Nohales, J. & Molina, B. (2007). A video streaming application for urban traffic management. *Elsevier Science Direct: Journal of Network and Computer Applications (JNCA)*, 30(2), pp. 479 – 498. doi:10.1016/j.jnca.2006.06.001

- [24] Figueiredo, L., Jesus, I., Machado, J.A.T., Ferreira, J.R. & Martins de Carvalho, J.L. (2001). Towards the Development of Intelligent Transportation Systems. *IEEE Xplore digital library*, Paper ID Number 81. pp. 1 – 6. doi: 10.1109/ITSC.2001.948835
- [25] Fmuser (11/03/2014) <<http://el.fmuser.net/content/?850.html>>
- [26] Gentile, P. & Mauro, V. (n.d.). *Mobility telematics application in Turin: the project 5t*. <<http://archive.rec.org/REC/Programs/Telematics/CAPE/goodpractice/trnsprt/pdf/torinoen.pdf>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)
- [27] Grumert, E. & Tapani, A. (2012). Impacts of a cooperative variable speed limit system. *Elsevier Science Direct: Social and Behavioral Sciences*, 43, pp. 595 – 606. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.04.133
- [28] Guarav, H.T. (2015). *Intelligent transportation system: unit II*. <<https://www.slideshare.net/gauravhtandon1/intelligent-transportation-system-56391402>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)
- [29] Kansotia, A. (2013). *Intelligent transportation systems*. <<https://www.slideshare.net/AKANSOTIA/intelligent-transport-systems-29115225>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)
- [30] Kapileswar, N. & Gerhard, P. H. (2016). A Survey on urban traffic management system using wireless sensor networks. *Sensors Open Access Journal*, 16(2), pp. 157 – 182. doi:10.3390/s16020157
- [31] Khedo, K. K., Perseedoss, R. & Mungur, A. (2010). A wireless sensor network air pollution monitoring system. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 2(2), pp. 31 – 45. doi:10.5121/ijwmn.2010.2203
- [32] Krystof, M., Stanislaw, I. & Kinga, K. (2014). Influence of Intelligent Transportation Systems on reduction of the environmental negative impact of urban freight transport based on Szczecin example. *Elsevier Science Direct: Social and Behavioral Sciences*, Vol. 151, pp. 215 – 229.
- [33] Kusakabe, T., Sharyo, T. & Asakura, Y. (2012). Effects of traffic incident information on drivers' route choice behaviour in urban expressway network. *Elsevier Science Direct: Social and Behavioral Sciences*, 54, pp. 179 – 188. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.737
- [34] Miller, J. (2008). Vehicle to Vehicle to Infrastructure (V2V2I) intelligent transportation system architecture. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 715 – 720. doi:10.1109/IVS.2008.4621301

- [35] Neha, R. A. (2015). *Intelligent transportation system*. <<https://www.slideshare.net/lali224/intelligent-transportation-system-47166382>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)
- [36] Nelson, J.D., Blundell, S., Pettitt, P. & Thomson, S. (2001). *Intelligent transport systems solutions in transitional countries: The case of Korea*. *Transport Reviews* 2001, 21(1), pp. 51 – 74.
- [37] Papageorgiou, M., Kosmatopoulos, E. & Papamichail, I. (2008). Effects of variable speed limits on motorway traffic flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2047, pp. 37 – 48. doi: 10.3141/2047-05
- [38] Qureshi, K.N. & Abdullah, A.H. (2013). A Survey on Intelligent Transportation Systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 15(5), pp. 629 – 642. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.15.5.11215
- [39] Sakurai, C.A., Marte, C.L., Yoshika, L.R. & Fontana, C.F. (2014). Integrating intelligent transportation systems devices using power line communication. *International Journal of Energy (IJE)*, vol. 8, pp. 36 – 42.
- [40] Seung, H. L., Dong, S. O., Jun, J. Y., Chan, H.C. & Seok, C. Y. (2014). *2013 Modularization of Korea's Development Experience: Establishment of Intelligent Transport Systems (ITS)*. Republic of Korea: Ministry of Strategy and Finance (MOSF).
- [41] Sungham, L. (2012). Intelligent transport systems in Korea. *International Journal of Engineering and Industries (IJEI)*, 3(4), pp. 58 – 64. doi: 10.4156/IJEI.vol3.issue4.7
- [42] Umrao, P. K. (2009). *Intelligent transportation system*. <<https://www.slideshare.net/guest6d72ec/intelligent-transportation-system>> (Τελευταία πρόσβαση 29 Απριλίου 2017)
- [43] Vahid, H. & Sayed, T. (2003). Using the Canadian ITS architecture for evaluating the safety benefits of intelligent transportation systems. *Canadian Journal Of Civil Engineering*, 30(6), pp. 970 – 980. <https://doi.org/10.1139/l03-032>
- [44] Walton, J. R., Barrett, M. L. & Crabtree, J. D. (2001). *Management and effective use of changeable message signs (Final Report)*. Kentucky Transportation Center.
- [45] Wikipedia.
- [46] Wisconsin Department of Transportation. (2000). *Intelligent transportation systems (ITS) design manual - chapter 6: Variable message signs*. U.S.A.: W.D.T.

[47] Xavier, P.M. & Nedunchezian, R. (2014). A comparative study on road traffic management systems. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*. 3(15), pp. 108 – 112.

