

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

9.1 Εισαγωγή

Η κατακόρυφη αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων που λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια σε όλα τα οδικά δίκτυα παγκοσμίως έχει επιβάλλει νέες απαιτήσεις στο χώρο της διαχείρισης των εν λειτουργία οδικών έργων. Η φιλοσοφία της διεύρυνσης της οδικής υποδομής ως λύση στο πρόβλημα έδειξε γρήγορα τη δυσκαμψία της, οπότε ως γόνιμη στρατηγική αντιμετώπισης έχει χριστεί πλέον η φιλοσοφία της διαχείρισης της κυκλοφορίας. Για να πραγματοποιηθεί, όμως, η διαχείριση αυτή, ασφαλώς απαιτείται πρώτα η απόκτηση των σχετικών δεδομένων της κυκλοφορίας, μέσα από την ίδια την οδική υποδομή. Παράλληλα, οι απαιτήσεις ασφάλειας που προβάλλουν οι σύγχρονοι αυτοκινητόδρομοι επιβάλλουν ταχύτερη ανίχνευση και αντιμετώπιση των πάσης φύσεως προβληματικών καταστάσεων στην κυκλοφορία, που φτάνουν ως την άμεση επιτήρηση σε πραγματικό χρόνο.

Οι συνθήκες αυτές έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός ακόμη πεδίου εξοπλισμού των οδών, αυτό του εξοπλισμού παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Μέχρι τώρα στο πεδίο αυτό περιλαμβάνονταν μόνο οι ανιχνευτές για τους σκοπούς της φωτεινής σηματοδότησης, καθώς και κάμερες κλειστού τηλεοπτικού κυκλώματος σε επικίνδυνα σημεία, όπως σήραγγες ή γέφυρες. Η σύγχρονη παρακολούθηση αξιοποιεί τόσο τις υπάρχουσες, όσο και νέες τεχνολογίες για τους σκοπούς της, δηλαδή τη *μέτρηση πάσης φύσεως κυκλοφοριακών δεδομένων* και την *επιτήρηση της κυκλοφορίας*.

9.2 Τύποι συστημάτων παρακολούθησης

Ο εξοπλισμός των συστημάτων παρακολούθησης της κυκλοφορίας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στους παρακάτω τύπους:

- **Μαγνητικοί ανιχνευτές:** Είναι παγκοσμίως ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος τύπος, με κύρια εφαρμογή τους σηματοδοτούμενους κόμβους. Χρησιμοποιούνται για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων.
- **Αισθητήρες ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα:** Είναι συσκευές που τοποθετούνται επάνω από το οδόστρωμα, εφαρμόζοντας διάφορες τεχνολογίες όπως μικροκύματα, λέιζερ ή υπέρυθρες ακτινοβολίες. Χρησιμοποιούνται και αυτοί για μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων.
- **Κλειστά αναλογικά κυκλώματα τηλεόρασης:** Η γνωστή πρακτική όπου αναλογικές κάμερες αποστέλλουν την εικόνα σε οθόνες του κέντρου διαχείρισης, για άμεση παρακολούθηση από το προσωπικό.
- **Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας:** Η πιο σύγχρονη τεχνική, όπου ψηφιακές κάμερες αποστέλλουν την εικόνα σε υπολογιστικά συστήματα τόσο για

εξαγωγή κυκλοφοριακών δεδομένων, όσο και για διαπίστωση ειδικών συμβάντων, σε κάθε περίπτωση μετά από ηλεκτρονική επεξεργασία της εικόνας.

Στο παρόν Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι παραπάνω τύποι συστημάτων.

9.3 Μαγνητικοί ανιχνευτές

Οι σπουδαιότεροι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι οι ανιχνευτές βρόχου. Η εφαρμογή των ανιχνευτών αυτών ήταν πολύ συνηθισμένη σε σηματοδοτούμενους κόμβους για τις ανάγκες της επενέργειας, αλλά πλέον έχει επεκταθεί και στο πεδίο της παρακολούθησης της κυκλοφορίας, και ειδικότερα για την απόκτηση κυκλοφοριακών δεδομένων.

Οι εν λόγω ανιχνευτές είναι συσκευές που αποτελούνται από ένα βρόχο καλωδίου, τοποθετημένου κάτω από την οδική επιφάνεια, ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ένα όχημα που διέρχεται επάνω από το καλώδιο λειτουργεί ως πυρήνας στο πηνίο, μεταβάλλοντας τη χωρητικότητά του, και με αυτό τον τρόπο πιστοποιεί την διέλευση του.



Εικόνα 9.1: Ζεύγη μαγνητικών ανιχνευτών βρόχου.

Στοιχεία που είναι δυνατόν να μετρηθούν με τη βοήθεια των ανιχνευτών βρόχου είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος, η κατανομή κατά λωρίδα, η πυκνότητα των οχημάτων και οι χρονικοί διαχωρισμοί. Επίσης, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 9.1**, τοποθετώντας τους βρόχους σε ζεύγη κατά μήκος της λωρίδας είναι δυνατή και η μέτρηση της ταχύτητας, όπως και του μήκους κάθε οχήματος, επιτρέποντας την κατηγοριοποίηση της κυκλοφορίας κατά τύπο οχημάτων.

Επιπλέον, προχωρημένες τεχνικές διαχείρισης των εν λόγω συστημάτων ανίχνευσης χρησιμοποιούν την προαναφερθείσα ικανότητα μέτρησης του μήκους για ταυτοποίηση της διέλευσης του ίδιου οχήματος σε επόμενα σημεία, επιτρέποντας έτσι την εξαγωγή συμπερασμάτων για τους χρόνους διαδρομής και τις μέσες ταχύτητες κίνησης στην οδό. Το ποσοστό σφάλματος στην αναγνώριση των οχημάτων με αυτή τη μέθοδο δεν ξεπερνάει το 5%. Παρομοίως, η ταυτοποίηση της διέλευσης ενός οχήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια του μαγνητικού «αποτυπώματος» που αφήνει κάθε ξεχωριστό όχημα κατά τη διέλευσή του από κάθε βρόχο. Με τη διασπορά σημείων ανίχνευσης σε ένα οδικό δίκτυο ή στις εισόδους και εξόδους αυτοκινητοδρόμων είναι δυνατή η εξαγωγή δεδομένων σχετικά με την πρόελευση και προορισμό των μετακινήσεων.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μαγνητικών ανιχνευτών βρόχου ως συστήματα παρακολούθησης είναι η απλότητα και το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, όπως και η δεδομένη εμπειρία από την πολύχρονη χρήση τους. Επίσης, δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα, ενώ η λειτουργία τους δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Μειονέκτημά τους είναι η ανάγκη επέμβασης επάνω στην οδό, τόσο για την εγκατάσταση, όσο και για τη συντήρησή τους.

9.4 Συσκευές ανίχνευσης έξω από το οδόστρωμα

Ως εναλλακτική λύση στους μαγνητικούς ανιχνευτές βρόχου στο πεδίο της απόκτησης κυκλοφοριακών δεδομένων, έχουν επινοηθεί και χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι συσκευών ανίχνευσης, τοποθετούμενοι έξω από το οδόστρωμα. Το χαρακτηριστικό όλων αυτών των συσκευών είναι η παρακολούθηση επάνω ή δίπλα από την οδό, με τοποθέτηση σε δικές τους ή υπάρχουσες διατάξεις στήριξης. Κατά συνέπεια, δεν απαιτείται η παρενόχληση της κυκλοφορίας κατά την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των διατάξεων αυτών.

Μερικές από τις διατάξεις που μπορούν να συναντηθούν είναι:

- **Ανιχνευτές μικροκυμάτων:** Κατά τη λειτουργία τους εκπέμπουν μικροκύματα και μετρούν τη μεταβολή στη συχνότητα του ανακλώμενου επάνω στην επιφάνεια παρακολούθησης σήματος. Η μεταβολή αυτή είναι ανάλογη με την ταχύτητα των οχημάτων και μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο, η μέτρηση είναι δυνατή μόνο σε περίπτωση ελαφράς κυκλοφορίας. Σε πυκνή, αργή ή στάσιμη κυκλοφορία η λειτουργία είναι προβληματική έως αδύνατη.
- **Ανιχνευτές υπερήχων:** Υπολογίζουν την απόσταση από τα οχήματα, με τη βοήθεια υπερήχων που ανακλώνται επάνω σε αυτά και στο οδόστρωμα. Η λειτουργία τους παρεμποδίζεται από παράσιτα πηγών θορύβου.
- **Ενεργητικοί ανιχνευτές υπερέθρων:** Εκπέμπουν μία σειρά από αόρατες υπέρυθρες ακτίνες και αναλύουν τις αντανακλάσεις από τις λείες επιφάνειες των οχημάτων. Μπορούν να μετρήσουν κυκλοφοριακούς φόρτους και ταχύτητες οχημάτων.
- **Παθητικοί ανιχνευτές υπερέθρων:** Υπολογίζουν τις μεταβολές στη θερμική ακτινοβολία που προκαλούνται σε ένα συγκεκριμένο πεδίο λήψης. Οι



Εικόνα 9.2: Παθητικός ανιχνευτής υπερέθρων.

ανιχνευτές αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν υπό οποιεσδήποτε συνθήκες κυκλοφορίας, απαιτούν πολύ λίγη ενέργεια και το κόστος τους είναι εξαιρετικά ανταγωνιστικό, ωστόσο πάσχουν στην ακρίβεια υπολογισμού της ταχύτητας.

- **Ανιχνευτές λέιζερ:** Χρησιμοποιούν ακτινοβολία τύπου λέιζερ για να υπολογίσουν την απόσταση από τα οχήματα, ενώ είναι ικανοί να προσδιορίσουν και το περίγραμμά τους. Υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια φόρτους, ταχύτητα και ταξινόμηση κατά τύπο οχήματος, αλλά το κόστος τους καθιστά απαγορευτική τη μαζική τους χρήση.

Κάθε τύπος από τους προαναφερθέντες παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και διάφορες δυνατότητες ανίχνευσης συγκεκριμένων στοιχείων κυκλοφορίας, ενώ σημαντική παράμετρος στη λειτουργία τους είναι και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Για τη διεύρυνση των δυνατοτήτων ανίχνευσης μπορούν να συνδυαστούν επιμέρους τεχνολογίες, όπως παθητικοί ανιχνευτές υπερύθρων μαζί με υπέρηχους ή μικροκύματα. Πάντως, από τους προαναφερθέντες τύπους ο μόνος που διαθέτει την ικανότητα αναγνώρισης οχημάτων, οπότε μπορεί και να εφαρμοστεί για επεναυτοποίηση, σε αναλογία με τους ανιχνευτές βρόχου, είναι οι ανιχνευτές με λέιζερ, το κόστος των οποίων, όμως, είναι πού υψηλό. Κατά συνέπεια, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι ανιχνευτές βρόχου μάλλον θα παραμείνουν για αρκετό καιρό ακόμη οι δημοφιλέστεροι, με τους ανιχνευτές εκτός οδοστρώματος να αποτελούν απλώς εναλλακτική λύση όπου δεν είναι δυνατή η εφαρμογή τους.

9.5 Κλειστά αναλογικά κυκλώματα τηλεόρασης

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. 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.

Ασφαλώς η μέθοδος αυτή παρακολούθησης, τουλάχιστον άμεσα, 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 σπράγγων, 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, όπως φαίνεται στις **Εικόνες 9.3 έως 9.5**.



Εικόνα 9.3: Άποψη υπό συνήθεις συνθήκες ορατότητας.



Εικόνα 9.4: Νυχτερινή άποψη με κάμερα βραχέων υπερύθρων.



Εικόνα 9.5: Νυχτερινή άποψη με κάμερα μακρών υπερύθρων.

9.6 Παρακολούθηση με ψηφιακή επεξεργασία εικόνας

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**.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος φαίνεται στην **Εικόνα 9.6**. 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.



Εικόνα 9.6: Εικόνα λειτουργίας συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας. Διακρίνονται οι γραμμές ανίχνευσης.

Συνοπτικά, 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 μέσων ταχυτήτων και χρόνων διαδρομής, όπως και δεδομένων προέλευσης και προορισμού, σε αναλογία με τα όσα εκτέθηκαν σχετικά με τους μαγνητικούς βρόχους στην Παράγραφο 9.3. Το πλεονέκτημα είναι ότι με τη βοήθεια του λογισμικού όλα αυτά τα στοιχεία μπορούν να παρουσιαστούν σε διάφορες μορφές, καθώς και να

αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν για εξαγωγή διαχρονικών στοιχείων, εντελώς αυτόματα.



Εικόνα 9.7: Παρουσίαση στοιχείων κυκλοφορίας.

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



Εικόνα 9.8: Ανίχνευση περιστατικού.

περιστατικού ενημερώνεται το προσωπικό του κέντρου, το οποίο έχει βέβαια τη δυνατότητα να επιβεβαιωθεί και ιδίως όμμασι 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, **Εικόνα 9.9**.



Εικόνα 9.9: Ανίχνευση σταματημένου οχήματος σε σήραγγα.

Τέλος, 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 επενεργούμενης σηματοδότησης.



Εικόνα 9.10: Ανίχνευση αναμένοντων οχημάτων σε σηματοδότη.

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.



Εικόνα 9.11: Τύποι συσκευών λήψης εικόνας για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας.

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.

9.7 Παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης οχημάτων

Πέρα από τις προαναφερθείσες, μία ακόμη μέθοδος που εφαρμόζεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου και χρίζει αναφοράς είναι και η παρακολούθηση με τη βοήθεια καρτών ανταπόκρισης στο εσωτερικό των οχημάτων. 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.



Εικόνα 9.12: Λειτουργία συστήματος παρακολούθησης με κάρτες ανταπόκρισης οχημάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Wright P., “Highway Engineering”**, John Willey, New York 1996
2. **Natzschka H., “Strassenbau, Entwurf und Bautechnik”**, B.G. Teubner, Stuttgart 1997
3. **American Association of State Highway Officials, “A Policy On Geometric Design Of Rural Highways”**, 1970
4. **Νικηφοριάδης Α., «Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων σε Οδούς-Πεδίο εφαρμογής και κριτήρια επιλογής»**, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
6. **“Richtlinien für passive Schutzrichtungen an Straßen”**, Ausgabe 1989
7. **Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., «Σχεδιασμός Των Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική»**, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
8. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, “Manual On Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - Millenium Edition”**, December 2000
9. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Σχέδιο του νέου Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας»**, Αθήνα 2001
10. **Connecticut Department of Transportation, Bureau of Engineering and Highway Operations, Division of Traffic Engineering, “Manual of Traffic Control Signal Design”**, 2001
11. **State of California, Business, Transportation and Housing Agency, Department of Transportation, “Traffic Manual”**, July 1996
12. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Διαγραμμίσεις Οδοστρωμάτων»**, Δεκέμβριος 1975
13. **“Richtlinien für die Markierung von Straßen, RMS-1”**
14. **Μουρατίδης Α., «Διαχείριση Οδικών Έργων»**, Θεσσαλονίκη 1994
15. **Harlow A., The NZ Roadmarkers Federation Inc, “Roadmarking Performance Criteria ‘Meeting the needs of drivers’”**, 2000
16. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Πινακίδες Σημάνσεως Οδών»**, Ιανουάριος 1974
17. **«Αντανακλάσεις»**, Περιοδική έκδοση 3Μ, Φύλλο 2/97, Μάιος-Ιούνιος 1997
18. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, «Προσωρινή Προδιαγραφή Ανακλαστήρων Οδοστρώματος (Μάτια Γάτας)»**, Ιανουάριος 1988
19. **Νικηφοριάδης Α., «Βελτίωση της οδικής ασφάλειας κατά τη νύχτα με τη βοήθεια ανάγλυφων διαγραμμίσεων οδών»**, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Θεσσαλονίκη, 28-29 Μαρτίου 1994
20. **Κόκκινος Β., «Σχεδιασμός οδικής υποδομής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Ανάλυση κόστους-ωφελειών στην περίπτωση του οδικού φωτισμού»**,

- Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2001
21. Μπαλόγλου Κ., «Συσχετισμός οδικής ασφάλειας και οδικού φωτισμού στην αστική περιοχή Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2000
 22. Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering, “Roadway Lighting Design Manual”, June 2001
 23. Τσώχος Γ., «Περιβαλλοντική Οδοποιία», University Studio Press, 1997
 24. Kotzen B., English C., “Environmental noise barriers: A guide to their acoustic and visual design”, E&FN SPON, 1999
 25. Watts G. R., “Traffic Noise Barriers”, TRL Annual Review, 1995
 26. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, «Προσωρινή Προδιαγραφή Οριοδεικτών Από Πολυμερές Υλικό», Ιούνιος 1988
 27. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Αυτοκινήτων», Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 2001
 28. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, “Improving Traffic Signal Operations”, November 1995
 29. Main Roads Western Australia, “Guide to the Design of Emergency Telephones”, Document No. 67-08-6, January 2002
 30. Walton J., Barrett M., Crabtree J., “Management and Effective Use of Changeable Message Signs (Final Report)”, Kentucky Transportation Center, June 2001
 31. Wisconsin Department of Transportation, “Intelligent Transportation Systems (ITS) Design Manual - Chapter 6: Variable Message Signs”, December 2000
 32. Dudek et al., “Improving Dynamic Message Sign Operations”, Texas Transportation Institute, February 2001
 33. Oregon Department of Transportation, Highway Division, Traffic Management Section, “Guidelines for the Use of Portable Variable Message Signs on State Highways”, March 2002
 34. Finnish National Road Administration, “The Traffic Management Policy of Variable Message Signs for Weather-Controlled Road”, June 1995
 35. National Technical University of Athens, Department of Transportation Planning and Engineering, “Road Work Zone Safety Practical Handbook, Annex I to Final Report for Publication”, November 1998
 36. Virginia Department of Transportation, “Virginia Work Area Protection Manual”, January 2003
 37. Oregon Department of Transportation, “Traffic Control on State Highways for Short Term Work Zones”, 1998 Revised Edition
 38. Pflugfelder R. P., “Visual Traffic Surveillance Using Real-time Tracking”, Technical University of Wien, January 2002
 39. Collins A. et al., “Dynamic Dimming: The Future of Motorway Lighting?”, The Lighting Journal, September/October 2002
 40. Minsk L. D., “Snow and ice control manual for transportation facilities”, McGraw-Hill, 1998
 41. Lund J., “Pavement Snow Melting”, Oregon Institute of Technology, 2001
 42. Yehia S., Tuan C., “Bridge Deck Deicing”, 1998 Transportation Conference Proceedings