

# Ευφυής Καταγραφή Συγκοινωνιακού Φορτίου και Κίνησης σε Οδική Διασταύρωση με Τεχνικές Επεξεργασίας Εικόνας και Video

Κωνσταντίνος Κόκκινος  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής  
ΤΕΙ Θεσσαλίας  
Λάρισα, Ελλάδα  
k\_kokkinos@teilar.gr

**Abstract**— Η αποτελεσματική παρακολούθηση και διαχείριση της κυκλοφορίας στα οδικά συστήματα συμβάλλει σημαντικά στη διευθέτηση των συγκοινωνιακών προβλημάτων και στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση που προκαλείται από την έλλειψη δυναμικότητας και αντοχής του δικτύου σε «κυκλοφοριακές εκρήξεις» στην ουσία επιβάλλει περιορισμούς στην ανάπτυξη μιας πόλης. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, αναπτύσσουμε αλγόριθμους καταγραφής και αναγνώρισης οχημάτων με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C#. Το προτεινόμενο σύστημα δέχεται ως είσοδο μια εικόνα ή ένα βίντεο (είτε από αρχείο είτε από ζωντανή μετάδοση) και έχει την δυνατότητα να μετράει και να αναγνωρίζει τα οχήματα στην εικόνα αλλά και, υπό προϋποθέσεις, να αναγνωρίζει τους αριθμούς κυκλοφορίας που εμφανίζονται. Παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και δείγματα των αποτελεσμάτων υλοποίησης.

**Keywords**—*traffic analysis, OCR, licence plate recognition, vehicle detection*

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σημερινή εποχή, η αντιμετώπιση προβλημάτων κυκλοφοριακής συμφόρησης έχει ως πρώτη επιλογή την αύξηση της ικανότητας και της αποδοτικότητας των οδικών δικτύων στα πλαίσια των υφιστάμενων συνθηκών κυκλοφορίας. Εάν οι οδηγοί μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας στο συνολικό οδικό δίκτυο μιας πόλης, θα μπορούσαν να επιλέξουν με καλύτερο τρόπο μια διαδρομή, με σκοπό την ευκολότερη μετακίνησή τους. Αυτό με την σειρά του σημαίνει και εξίσωση του κυκλοφοριακού όγκου κατά μήκος όλου του δικτύου το οποίο μπορεί να εξισώσει το φορτίο των οδικών δικτύων. Τα συστήματα παρακολούθησης της κυκλοφορίας μέσω βίντεο δημιουργούνται λοιπόν για να παρέχουν πληροφορίες των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας οπουδήποτε και κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες χρονικές ή καιρικές. Εκείνο που επιτυγχάνεται είναι η απόκτηση πληροφοριών για την κίνηση η οποία είναι πολύ σημαντική για τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του οδικού δικτύου να ανταπεξέλθει σε κυκλοφοριακές εκρήξεις.

Ταυτόχρονα, η διαδικασία αυτόματης αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον κατά την τελευταία δεκαετία, διότι έχει επέλθει μεγάλη βελτίωση των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών και επίσης μεγάλη βελτίωση στην υπολογιστική ισχύ των πληροφοριακών συστημάτων. Τέτοιες διαδικασίες ωφελούν επίσης και σε άλλες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα οι αναγνώριση χαρακτήρων σε τραπεζικές επιταγές, πέρα από τις προφανείς δραστηριότητες της τροχαίας που έχουν σχέση με την επιβολή των κανόνων κυκλοφορίας (έλεγχος ταχύτητας οχήματος, είσπραξη διοδίων με αυτόματο τρόπο, διαχείριση χώρων στάθμευσης κ.λπ.).

Το κείμενό μας χωρίζεται σε δύο μέρη, το κάθε ένα από τα οποία ασχολείται με τις χωριστές δράσεις του λογισμικού που αναπτύξαμε. Στο πρώτο μέρος περιγράφεται ο αλγόριθμος καταγραφής των οχημάτων από ένα video feed ενώ στο δεύτερο ο αλγόριθμος ανάλυσης της εικόνας για την αναγνώριση του αριθμού κυκλοφορίας.

## II. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Σε γενικές γραμμές, τα κύρια χαρακτηριστικά για την περιγραφή της κατάστασης της κυκλοφορίας συμπεριλαμβάνουν το ποσοστό κατοχής του δικτύου από οχήματα και την ταχύτητα του κάθε οχήματος. Για να μπορέσουμε να αποκτήσουμε αυτή την πληροφορία σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα monitoring μέσω video, το κύριο μέλημα μας είναι να μπορέσουμε να αφαιρέσουμε από τα frames του video όλο το background (δηλαδή οτιδήποτε δεν έχει σχέση με την απεικόνιση των οχημάτων και του οδοστρώματος) και να κρατήσουμε μόνο τα τμήματα των frames που έχουν ενδιαφέρον για μας. Στην ακολουθία των frames για παράδειγμα, μετά την εξαγωγή του background, μελετώντας τις μετατοπίσεις των οχημάτων μπορούμε με βάση τα χαρακτηριστικά λήψης του video να βρούμε την ταχύτητά τους. Ο υπολογισμός λοιπόν διαφόρων παραμέτρων κίνησης μπορεί να επιτευχθεί εφόσον γίνει η αφαίρεση του background κίνησης.

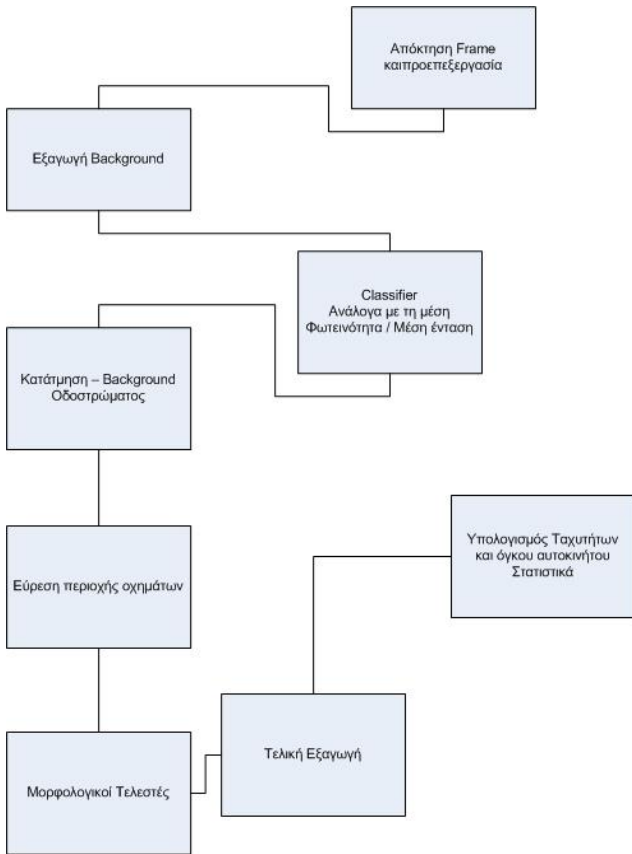


Fig. 1. Διαγραμματική επισκόπηση των λογικών ενοτήτων του συστήματος καταγραφής οχημάτων

### A. Αλγόριθμος Υλοποίησης

Η πρώτη βασική ομάδα από λειτουργίες είναι αυτή της μοντελοποίησης του background μετά την εισαγωγή της ακολουθίας των frames του video και η αφαίρεσή του. Σκοπός μας είναι να το συγκρίνουμε με τα επόμενα frames έτσι ώστε να καταλήξουμε στην οριστικοποίησή του. Αυτό γίνεται λαμβάνοντας τον μέσο όρο των pixel του αρχικού frame, το οποίο πρώτα μετατρέπουμε σε grayscale έτσι ώστε να ομαλοποιούνται οι χρωματικές διαφοροποιήσεις.

Στην συνέχεια, για κάθε ένα από τα επόμενα frames ελέγχονται οι διαφορές του κάθε pixel από το background frame. Ο έλεγχος εδώ γίνεται κυριολεκτικά pixel προς pixel και για κάθε pixel που είναι «αρκετά» διαφορετικό, του δίνουμε μια ακραία τιμή δημιουργώντας έτσι μια νέα εικόνα με λευκό φόντο (τιμή pixel = 0) και με μαύρα τα αντικείμενα (τιμή pixel = 255). Η έννοια του αρκετά ορίζεται ως «διαφορά» τουλάχιστον 15 από την τιμή του pixel με το αντίστοιχο pixel στο background frame που δημιουργήσαμε νωρίτερα. Τελικά προκύπτει μια λευκή εικόνα με μαύρες φιγούρες εκεί που υπάρχουν τα blobs (τα αντικείμενα δηλαδή) που εντοπίστηκαν. Αυτό μας επιτρέπει να έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα των αντικειμένων που υπάρχουν στο κάθε frame.

Λόγω των διαφορών των επιπέδων φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας χρειαζόμαστε να ολοκληρώσουμε το σύστημα με κάποια διαδικασία ταξινόμησης των σκηνών

ανάλογα με τα δεδομένα φωτεινότητας (classification functionality). Η ιδέα είναι να δημιουργήσουμε τρεις κατηγορίες για τρία επίπεδα φωτεινότητας της σκηνής υπό επισκόπηση. Καθώς η ένταση του φόντου αλλάζει στα οδοστρώματα με την αλλαγή της φωτεινότητας, αυτό μπορεί να είναι ένα κριτήριο που θα χρησιμοποιηθεί για τον classifier.

### B. Εύρεση της Μέσης Έντασης του Background

Έστω ότι για κάποιο frame  $f$  το background είναι το  $f_B$  ενώ μετά την αφαίρεση του background το υπόλοιπο της εικόνας είναι το  $f_D$ . Τότε μπορούμε να συμβολίσουμε την μέση ένταση του  $f_D$  σαν  $\overline{f_D}$ . Μετά την αφαίρεση του background είναι προφανές ότι  $f_D = f - f_B$ . Δίνουμε τους παρακάτω συμβολισμούς για να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο μας και να παρουσιάσουμε με μια ολοκληρωμένη μαθηματική σχέση την εύρεση της μέσης έντασης  $\overline{f_D}$ :

- $N$  = ο αριθμός των pixel στην περιοχή παρατήρησης
- $N_C$  = ο αριθμός των pixel που αντιστοιχούν σε ένα όχημα στην περιοχή παρατήρησης
- $\overline{f_C}$  = η μέση ένταση της περιοχής του οχήματος στην περιοχή παρατήρησης.
- $\overline{f_R}$  = η μέση ένταση της περιοχής του οδοστρώματος στην περιοχή παρατήρησης

Τότε με βάση τα παραπάνω η μέση ένταση της συνολικής περιοχής μετά της αφαίρεση του background θα ισούται με

$$\begin{aligned} \overline{f_D} &= \frac{1}{N} [(N - N_C) \cdot \overline{f_R} + N_C \overline{f_C}] \\ &= \frac{1}{N} [N \overline{f_R} + N_C (\overline{f_C} - \overline{f_R})] \\ &= \overline{f_R} + \frac{N_C}{N} (\overline{f_C} - \overline{f_R}) \end{aligned} \quad (1)$$

Αν υποθέσουμε ότι  $W$  και  $H$  είναι αντίστοιχα το πλάτος και το ύψος του κάθε frame σε αριθμό pixels, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση ένταση της περιοχής του οδοστρώματος στην περιοχή παρατήρησης από τη σχέση:

$$\overline{f_R} = \frac{1}{WH} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H |f(i, j) - f_B(i, j)| \quad (2)$$

Έστω ότι  $N_R$  είναι ο αριθμός των pixel στο frame που αντιστοιχούν στο οδόστρωμα, τότε για την περιοχή του οδοστρώματος μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή ότι  $f_B(i, j) \approx f(i, j)$  στο σύνολο αυτών των pixel με σχεδόν μηδαμινή διαφορά έντασης ή ίση πολύ μικρό ακέραιο, έστω  $e$ .

$$\overline{f_R} = \frac{1}{WH} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H |f(i, j) - f_B(i, j)| < e \quad (3)$$

Υπολογίζοντας λοιπόν το  $f_B(i, j)$  εύκολα πλέον μπορούμε να βρούμε και την μέση ένταση του οδοστρώματος.

Σε ότι τέλος έχει σχέση με τον υπολογισμό του ποσοστού του frame που καταλαμβάνει κάθε όχημα (όγκος ή

περίγραμμα κ.λπ.) αυτός μπορεί να βρεθεί σαν ο λόγος του αριθμού των pixels του οχήματος σε σχέση με το συνολικό αριθμό των pixel στο frame. Είναι εύκολο να δειχθεί ότι:

$$\overline{f_d} = \frac{N_c}{N} \overline{f_c} \quad (4)$$

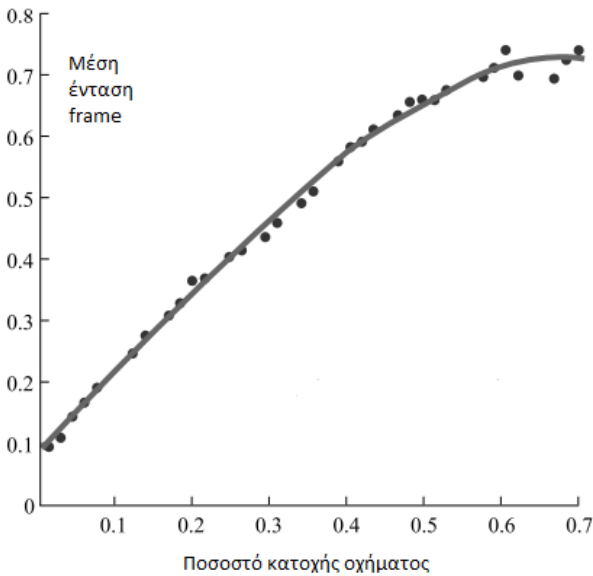


Fig. 2. Μέση ένταση του frame - περίπου ανάλογη με το ποσοστό κάλυψης στο frame από το όχημα.

Σε ότι έχει σχέση με τον υπολογισμό της ταχύτητας του οχήματος αυτή είναι ίδια με την απόσταση των pixel του οχήματος που κινείται στη μονάδα χρόνου. Ενδεχομένως όμως όταν κάνουμε πειράματα, μπορεί να υπάρχει μια στρέβλωση που θα οφείλεται στην κάμερα και ίσως μπορεί να επηρεάσει την τελική αναγνώριση. Λόγω της ποικιλίας των παραμέτρων της κάμερας, η απόσταση του οχήματος θα πρέπει να υπολογίζεται μόνο εφόσον γνωρίζουμε από την αρχή την ταχύτητα δειγματοληψίας σε frames per second (fps).

### C. Περαιτέρω Επεξεργασία του Video

Στο τέλος της επεξεργασίας οι μαυρισμένες περιοχές περνάνε από διαδικασία dilation δηλαδή, δηλαδή τονισμού των περιεχομένων τους. Το dilation στο σύστημά μας είναι αναλογικό, δηλαδή ουσιαστικά τονίζουμε τις μαυρισμένες περιοχές και γίνεται επειδή θέλουμε τα αντικείμενα να είναι τονισμένα στο φόντο αλλά και επειδή είναι επιβεβλημένη η βελτίωση του οπτικού αποτελέσματος. Μετά το dilation των εντοπισμένων αντικειμένων, το πλαίσιο που θα τοποθετηθεί γύρω τους στην τελική εικόνα δεν θα εφάπτεται ακριβώς πάνω στα αντικείμενα αλλά δεν εμφανίζεται με περιθώριο. Η εικόνα που έχει προκύψει από την παραπάνω ανάλυση περνάει από περαιτέρω επεξεργασία έτσι ώστε να τοποθετηθεί κόκκινο πλαίσιο γύρω από το αντικείμενο που εντοπίστηκε. Για να γίνει αυτό, ελέγχονται τα pixel της νέας εικόνας για τιμή 255. Ένα pixel που έχει αυτή την τιμή θεωρείται μέρος του πλαισίου εάν έστω ένα οποιοδήποτε γειτονικό του pixel έχει τιμή 0. Στην περίπτωση αυτή θεωρείται άκρο του αντικειμένου και σε αυτό τοποθετείται κόκκινο χρώμα για τον

σηματισμού πλαισίου. Σημειώνεται εδώ ότι έχει εφαρμοστεί ένα μικρός τετραγωνισμός του πλαισίου γύρω από το αντικείμενο ανά 8 pixel για καλύτερη εμφάνιση του αναγνωρισμένου αντικειμένου. Αυτό δίνει ένα σχετικό «αέρα» στην εικόνα, αφήνοντας ένα κενό χώρο ανάμεσα στα άκρα του αντικειμένου και στο πλαίσιο που σχεδιάζεται γύρω του.

### III. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Το προτεινόμενο σύστημα δέχεται ως είσοδο snapshots ως frames ενός video ή απλές φωτογραφίες αυτοκινήτων στις πιο δημοφιλείς τους κωδικοποιήσεις (jpeg, bmp κ.λπ.). Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε αποτελείται από τρία βασικά τμήματα. Το πρώτο τμήμα βασικά ασχολείται με την ανίχνευση ενός παραλληλογράμμου, από τα υποψήφια παραλληλόγραμμα (segments) στην εικόνα το οποίο θα περιέχει την πινακίδα κυκλοφορίας. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της φωτεινότητας των ακμών του παραλληλογράμμου αυτού. Στο δεύτερο τμήμα του αλγορίθμου ασχολούμαστε με το επιλεγμένο παραλληλόγραμμα από την πρώτη διαδικασία και προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα της θέσης και του προσανατολισμού της πινακίδας. Το παραλληλόγραμμα της πινακίδας στη συνέχεια περιστρέφεται σε οριζόντια συσχέτιση και στοίχιση και ομαλοποιείται. Τέλος στο τελευταίο τμήμα του αλγορίθμου με την ανίχνευση των χαρακτήρων που υπάρχουν μέσα στην πινακίδα καθώς και με την διαδικασία απόρριψης χαρακτήρων που δεν αποτελούν μέρος του αριθμού κυκλοφορίας. Επίσης κάνουμε ομαλοποίηση των χαρακτήρων (normalization) εφόσον αυτοί εντοπιστούν. Το διάβασμα των χαρακτήρων γίνεται με την διαδικασία συσχέτισης τους με προκαθορισμένα πρότυπα χαρακτήρων και αριθμών τα οποία έχουμε ενσωματώσει στην βάση δεδομένων του συστήματος. Η διαδικασία ταιριάσματος (matching) είναι σχετικά απλή και μη χρονοβόρα υπολογιστικά δεδομένου του μικρού συνόλου χαρακτήρων που αφορούν τις πινακίδες κυκλοφορίας μιας μεμονωμένης χώρας. Καθώς όμως το σύστημα εύκολα μπορεί να επεκταθεί και στην αναγνώριση πινακίδων περισσότερων χωρών τότε η υπολογιστική ισχύς του συστήματος μειώνεται καθώς αυξάνεται το υποψήφιο character set και το number set της βάσης. Ο αλγόριθμος δεν ανταποκρίνεται στην αναγνώριση παραλληλογράμμων τόσο καλά στις περιπτώσεις όπου η λήψη φωτογραφιών ή καρέ video γίνεται σε φωτεινά περιβάλλοντα (όπως για παράδειγμα χιόνι) αν και οι υπόλοιπες διαδικασίες matching ανταποκρίνονται με μεγάλα ποσοστά επιτυχίας στην αναγνώριση χαρακτήρων για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σε συστήματα της τροχαίας.

#### A. Ανίχνευση της Φωτεινότητας του Λευκού Χρώματος

Η ανίχνευση της έντασης του λευκού χρώματος χρησιμοποιείται για να βρούμε περιοχές στην εικόνα που έχουν ένα λαμπερό λευκό χρώμα. Η ιδέα πίσω από τη χρήση αυτού του αλγορίθμου είναι ότι η πινακίδα έχει ένα πολύ λευκό χρώμα και επίσης αντανάκλαστικό υπόβαθρο, το οποίο «λευκαίνει» και την περιοχή γύρω από την πινακίδα. Η ανίχνευση του λευκού του χρώματος μειώνει τον κίνδυνο του εντοπισμού των πίσω φώτων του αυτοκινήτου ή και άλλα φωτεινά αντικείμενα, όπως περιοχές με υψηλή ένταση. Ο

χάρτης της έντασης μπορεί είτε να καθοριστεί με βάση κάποιο καθορισμένο κατώφλι, όπου μαρκάρονται όλα τα pixels που έχουν μεγαλύτερη ένταση από το κατώφλι. Ένας άλλος τρόπος καθορισμού του κατωφλίου είναι να θέσουμε ως κατώφλι το μέσο όρο έντασης φωτεινότητας των pixels και κατόπιν να μην συμπεριλάβουμε pixels που έχουν ένταση κάτω του κατωφλίου.

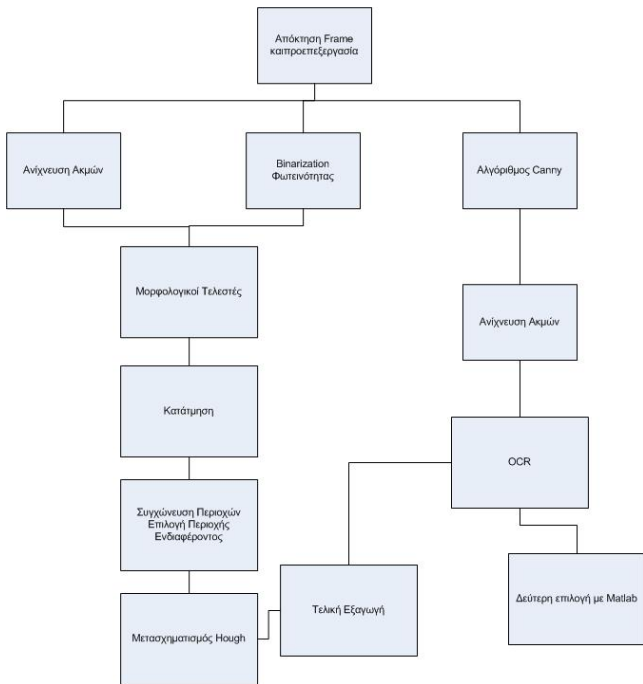


Fig. 3. Λογικό διάγραμμα της αρχιτεκτονικής του συστήματος αναγνώρισης αριθμών κυκλοφορίας

### B. Ανίχνευση των Ακμών Χρώματος (Color Edge Detection)

Το προφίλ φωτεινότητας δεν αρκεί για να προσδιορίσουμε την περιοχή ενδιαφέροντος για τις περαιτέρω λειτουργίες. Ένα άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της πινακίδας είναι ότι περιέχει πολλές ακμές από άσπρο σε μαύρο και το αντίστροφο. Ένας αλγόριθμος ανίχνευσης ακμών βρίσκει τις απότομες αλλαγές στην ένταση της εικόνας, δηλαδή τα άκρα του περιγράμματος στην πινακίδα. Η ανίχνευση ακμών γίνεται με συνέλιξη της εικόνας και τη μάσκα  $h = [0,5 \ 0 \ -0,5]$ . Αυτό σημαίνει ότι ελέγχουμε τα pixel της εικόνας γραμμή-γραμμή, και παίρνουμε την τιμή του προηγούμενου pixel και αφαιρούμε την τιμή του επόμενου pixel. Αν οι τιμές των τριών στρωμάτων χρώματος RGB σηματοδοτήσει μια άκρη, τότε γεμίζουμε το pixel. Η μάσκα που χρησιμοποιείται είναι οριζόντια με αποτέλεσμα έτσι να βρίσκουμε τις κάθετες γραμμές του πλαισίου της πινακίδας.

### C. Μορφολογικοί Τελεστές

Για να απαλλαγούμε από τον θόρυβο και να πάρουμε μόνο τα pixels που αφορούν το περίγραμμα της πινακίδας χρησιμοποιούμε δύο γνωστούς αλγόριθμους: τον αλγόριθμο της διαστολής (dilation algorithm) και τον αλγόριθμο της συστολής (erosion algorithm). Αυτοί οι αλγόριθμοι

ονομάζονται επίσης μορφολογικοί τελεστές. Οι αλγόριθμοι επωφελούνται από το γεγονός ότι στην περιοχή της πινακίδας, τα μαρκαρισμένα από τους παραπάνω μετασχηματισμούς pixels είναι πλησιέστερα μεταξύ τους από ό, τι σε άλλα μέρη της εικόνας. Η σειρά με την οποία θα χρησιμοποιηθούν οι αλγόριθμοι είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι η αντίστροφη σειρά χρήσης θα δώσει ένα εντελώς διαφορετικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία με την οποία εκτελείται πρώτα το dilation και κατόπιν το erosion ονομάζεται διαδικασία κλεισίματος ενώ η αντίστροφη διαδικασία εκτέλεσης των δύο αλγορίθμων ονομάζεται διαδικασία ανοίγματος. Σε αυτή την υλοποίηση, οι μάσκες μεταβάλλονται μεταξύ διαστολής και κατόπιν συστολής, δηλαδή κάνουμε μορφολογικό κλείσιμο. Η διαδικασία διαστολής χρησιμοποιεί μια μάσκα η οποία μπορεί να έχει διαφορετικό μέγεθος και σχήμα για διάφορες εργασίες. Το αποτέλεσμα είναι ότι περιοχές που συνδέονται μόνο με μια λεπτή γραμμή από pixels αποσυνδέονται πλέον, και ότι οι μικρές ομάδες από pixels διαγράφονται ενώ οι περιοχές με μεγάλη πυκνότητα μαρκαρισμένων pixels συρρικνώνονται.

### D. Τμηματοποίηση και Συγχώνευση

Όταν πλέον έχουν υπολογιστεί οι δύο χάρτες (χάρτης φωτεινότητας και χάρτης ακμών) το επόμενο βήμα είναι να συνδυάσουμε τα αποτελέσματα. Ωστόσο, πριν συνδυαστούν οι εικόνες αυτές πρέπει να είναι πιο δομημένες. Ως εκ τούτου, οι εικόνες θα πρέπει να τμηματοποιηθούν, πράγμα που σημαίνει ότι όλα τα πεδία των συνδεδεμένων pixels να ενωθούν σε αριθμημένα τμήματα. Η διαδικασία κατάτμησης ή τμηματοποίησης γίνεται για όλη την δυαδική εικόνα και δημιουργεί ορθογώνια τμήματα περιγραμμάτων που αφορούν όλα τα συνδεδεμένα pixels σε μια περιοχή. Τα τμήματα γραμμών όπως αναφέραμε παραπάνω αριθμούνται και μπορούμε να τα ταξινομήσουμε ανάλογα με το μέγεθος και τη θέση τους.

### E. Μετασχηματισμός Hough

Η πινακίδα στην τελική περιοχή ενδιαφέροντος από το προηγούμενο μέρος έχει μια κλίση και ένα μέγεθος που είναι άγνωστο. Το πρώτο πρόβλημα λοιπόν είναι να βρεθεί η κλίση της πινακίδας έτσι ώστε να μπορούμε να περιστρέψουμε την εικόνα προς την σωστή οριζόντια στοίχιση. Για τον προσδιορισμό της γωνίας προς την οποία η πινακίδα είναι ευθυγραμμισμένη, χρησιμοποιείται όπως αναφέραμε προηγούμενα η διαδικασία του μετασχηματισμού Hough. Ο μετασχηματισμός Hough λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε για κάθε μαύρο pixel στο χάρτη ακμών δημιουργεί μια καμπύλη ημιτόνου στο χώρο Hough ως άμεση χαρτογράφηση από τις συντεταγμένες των pixels. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να βρεθεί η γωνία και οι εξισώσεις των ευθειών των οριζόντιων τμημάτων του περιγράμματος της πινακίδας.



Fig. 4. Επίδραση του μετασχηματισμού Hough σε frames video αυτοκινήτων για την εύρεση πινακίδων

### F. Ανίχνευση Ακμών με τον Αλγόριθμο του Canny

Ο ανιχνευτής ακμών Canny είναι ευαίσθητος στο θόρυβο που συνηθίζεται να υπάρχει στις εικόνες οι οποίες δεν είναι επεξεργασμένες (raw images) και είναι μη-συμπίεσμένες. Για τον λόγο αυτό πρωταρχικά χρησιμοποιούμε ένα Gaussian φίλτρο με το οποίο κάνουμε συνέλιξη με την αρχική εικόνα. Το αποτέλεσμα του convolution είναι μια εικόνα ελάχιστα πιο θολή από την αρχική που όμως δεν επηρεάζεται πλέον από pixels θορύβου. Το παρακάτω σχήμα δείχνει το αποτέλεσμα της εκτέλεσης του αλγόριθμου σε μια δυαδική εικόνα για την εύρεση λεπτών γραμμών.

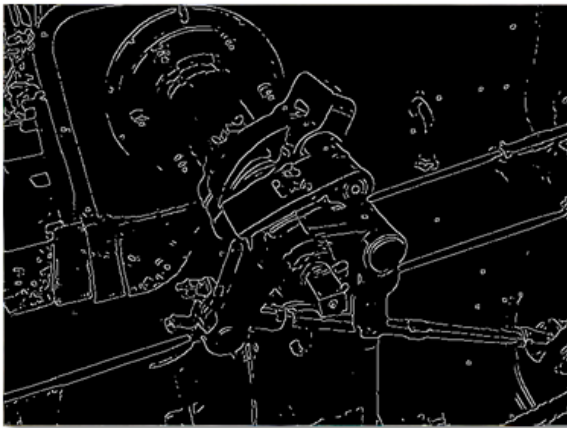


Fig. 5. Εκτέλεση αλγόριθμου Canny για την εύρεση λεπτών ακμών



Fig. 6. Μετατροπή Εικόνας σε Μεμονωμένους Χαρακτήρες

### G. Αναγνώριση Χαρακτήρων (OCR)

Η αναγνώριση χαρακτήρων γίνεται απλά με σύγκριση του κάθε χαρακτήρα της πινακίδας με χαρακτήρες οδηγούς τους οποίους η εφαρμογή διατηρεί σε ειδική θέση στον φάκελό της. Η σύγκριση γίνεται υπολογίζοντας τον συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient) των πινάκων στους οποίους αντιστοιχούν οι δύο εικόνες. Οι εικόνες αυτές είναι το γράμμα το οποίο διαβάστηκε από τον αλγόριθμο μέχρι τώρα και το γράμμα όπως είναι αποθηκευμένο στον ειδικό φάκελο της εφαρμογής με τους πρότυπους χαρακτήρες. Ο υπολογισμός του συντελεστή συσχέτισης  $r$  (μεταξύ π.χ. των πινάκων A, B) γίνεται με την χρήση του παρακάτω τύπου:

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mnn} - \bar{A})(B_{mnn} - \bar{B})}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mnn} - \bar{A})^2)(\sum_m \sum_n (B_{mnn} - \bar{B})^2)}} \quad (5)$$

Ως αναγνωρισθείς χαρακτήρας επιλέγεται αυτός με τον μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μηχανή tesseract, στην οποία θα πρέπει να γίνει αρχικοποίηση μόνο με τους χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται στην κάθε χώρα. Πρόσθετα, μπορεί να εμπλουτιστεί ο φάκελος των υποδειγμάτων των γραμμάτων με διάφορους χαρακτήρες οι οποίοι θα προσομοιάζουν περισσότερο με τους χρησιμοποιούμενους στις Ευρωπαϊκές πινακίδες κυκλοφορίας.

Εδώ είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν θα εφαρμοστεί ένας επιπλέον έλεγχος συμβατότητας της πινακίδας που διαβάστηκε με το γενικό πρότυπο των αριθμών κυκλοφορίας της χώρας όπου θα χρησιμοποιηθεί.

### IV. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Παρακάτω εξηγούμε το περιβάλλον της εφαρμογής που υλοποιήσαμε για την αναγνώριση αυτοκινητών. Το λογισμικό αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Visual Studio.NET και ειδικότερα με την γλώσσα προγραμματισμού C#. Έγινε επίσης χρήση της βιβλιοθήκης OpenCV από την οποία χρησιμοποιήσαμε πολλές λειτουργίες που αφορούν τους μορφολογικούς τελεστές (π.χ. dilation, erosion κ.λπ.).

Δυστυχώς στερούμαστε την μεγάλη συλλογή βιντεοσκοπήσεων διάφορων οδοστρωμάτων και για αυτό το λόγο συλλέξαμε διάφορα videos από το internet. Γνωρίζουμε ότι η υλοποίηση θα αποδώσει καλύτερα αποτελέσματα με συλλογή δειγμάτων από συγκεκριμένη κάμερα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και υπό συνθήκες σαφούς λήψης του οδοστρώματος (λωρίδες κυκλοφορίας) αλλά και σε συνθήκες διαφορετικής φωτεινότητας (μέρα, απόγευμα, νύχτα).

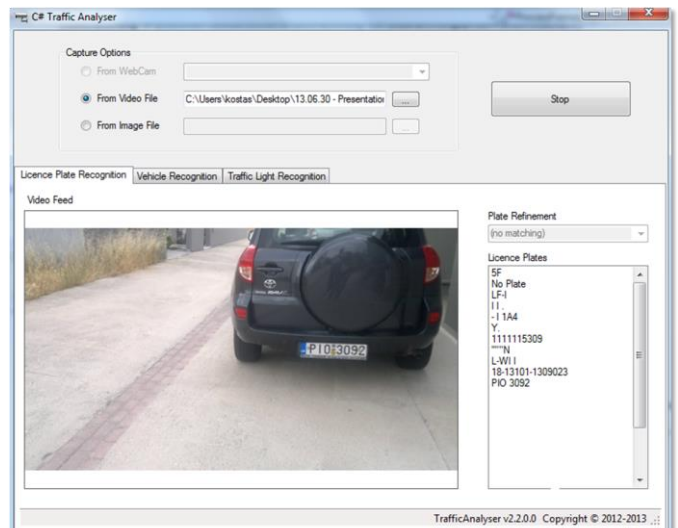


Fig. 7. Αναγνώριση πινακίδων από video κινούμενου παρατηρητή

## V. ACKNOWLEDGMENT

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

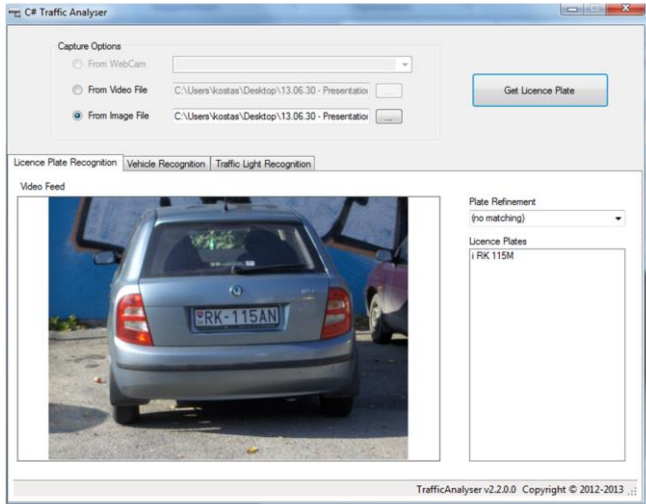


Fig. 8. Αναγνώριση πινακίδων από εικόνα

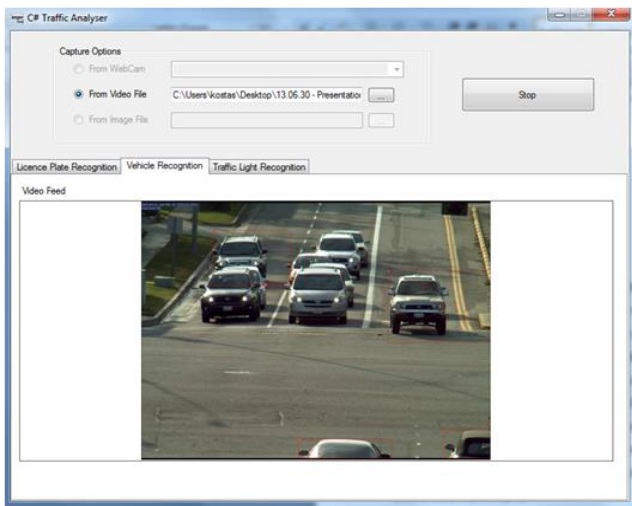


Fig. 9. Εύρεση οχημάτων σε οδόστρωμα

## VI. REFERENCES

- [1] Elgammal A, Duraiswami R, Harwood D, et al. Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance. *Proceedings of the IEEE*. 2002, 90(7): 1151–1163
- [2] Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E. “Digital Image Processing” Prentice Hall, Inc. 2nd Edition. 2008
- [3] GStauffer C, Grimson W. Fearing patterns of activity using real-time tracking. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2000, 22(6): 747–757
- [4] Heikkila M, Pietikainen M. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2006, 28(4): 657–662
- [5] Kyungnam K, Thanarat H, David C, et al. Real-time foreground–background segmentation using codebook model. *Real-Time Imaging*. 2005, 11(3): 172–185
- [6] Schubert, Robin, “License plate recognition on a real-time testbed”, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2005
- [7] Song K, Tai J. Real-time background estimation of traffic imagery using group-based histogram. *Journal of Information Science and Engineering*. 2008, 24: 411–423
- [8] Vargas M, Milla JM, Toral SL, et al. An enhanced background estimation algorithm for vehicle detection in urban traffic scenes. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2010, 59(8): 3694–3709