

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Παραγωγής, Αυτοματισμού και Ρομποτικής»**

«Αναγνώριση αεροσκάφους με μηχανική όραση»

Βιδάκης Δημήτριος

Ηράκλειο
Σεπτέμβριος 2015

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	7
Εισαγωγή	7
1. Εισαγωγή	8
Δομή	9
Κεφάλαιο 2	10
Υπάρχουσες	10
Μέθοδοι	10
2. Υπάρχουσες μέθοδοι.....	11
Οπτική αναγνώριση αεροσκαφών στην περιοχή του αεροδρομίου	14
Aircraft Identification integrated in an Airport Surface Surveillance Video System	14
IST INTERVUSE Project:.....	16
Integrated Radar, Flight plan and digital video data fusion for A-SMGCS.....	16
Aircraft Visual Identification by Neural Networks.....	18
A Real-Time Scene Understanding System for Airport Apron Monitoring	19
Remote Tower Services (RTS)	20
Remote Airport Tower Operation with Augmented Vision Video Panorama HMI	21
Άλλα συστήματα αναγνώρισης αεροσκαφών	22
Airport Surveillance Radar (ASR).....	22
Surface Movement Radar (SMR) (Schwabn and Rost 1985).....	24
Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B).....	26
Συστήματα καταγραφής βίντεο	28
Κεφάλαιο 3	29
Περιγραφή πρότασης.....	29
3. Περιγραφή πρότασης – βασική προσέγγιση	30
Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων.....	32
Background subtraction	34
Κατωφλίωση (thresholding)	37
Γενικά.....	37
Sauvola local thresholding	39
Η μέθοδος των Integral images.....	39
Ο αριθμός νηολογίου	31
Κεφάλαιο 4	42

Εξοπλισμός	42
4. Εξοπλισμός.....	43
Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός	43
Προτεινόμενος εξοπλισμός	73
Κεφάλαιο 5	46
Περιγραφή – Ανάλυση	46
Κώδικα.....	46
5. Περιγραφή και ανάλυση κώδικα	47
1. Εισαγωγή βίντεο.....	47
2. Αρχικοποίηση μεταβλητών	48
3. Ορισμός φόντου	48
4. BGS.....	48
5. Παρουσίαση των μερικών αποτελεσμάτων.....	49
6. Αναγνώριση της μεγαλύτερης περιοχής με συνδεδεμένα στοιχεία (connected pixels region).....	50
7. Αποκοπή της μεγαλύτερης περιοχής.....	51
8. Επεξεργασία του κομμένου τμήματος της εικόνας.....	51
9. Εφαρμογή κατωφλίωσης με αλγόριθμο saunola	52
10. Saunola with integral images.....	52
11. averagefilter.m	53
12. Ανίχνευση θέσης ουράς	54
13. Ορισμός μεγέθους sliding window	54
14. Ανίχνευση λέξεων με το OCR.....	55
15. Επιλογή μοναδικής απάντησης	56
16. Διασταύρωση μοναδικής λύσης με τη βάση δεδομένων	57
Χρόνος ολοκλήρωσης ανάγνωσης αριθμού νηολογίου.....	58
Παραλλαγές κώδικα.....	59
Κεφάλαιο 6	63
Πειράματα – Αποτελέσματα	63
6. Πειράματα – Αποτελέσματα.....	64
Κεφάλαιο 7.....	67
Συμπεράσματα	67
7. Συμπεράσματα.....	68
Κεφάλαιο 8.....	71

Προοπτικές – Προτάσεις	71
8. Προοπτικές - Προτάσεις	72
Κεφάλαιο 9	75
Παραρτήματα	75
9. Παραρτήματα.....	76
A. Βάση δεδομένων νηολογίων αεροσκαφών.....	76
B. Κώδικας MATLAB.....	Error! Bookmark not defined.
<i>apron5bboxesolo.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>sauvola2.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>averagefilter.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>testocrWork7.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>reg.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>findCountry.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>preProcess.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>checkContrast.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>apron5bboxeshis.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>apron5bboxesimadjust.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>apron5bboxesimadjustIm2bw.m</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>choose.m</i>	Error! Bookmark not defined.
C. Προχωρημένες εντολές MATLAB	79
Κεφάλαιο 10	90
Βιβλιογραφία.....	90
10. Βιβλιογραφία	91

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Διάγραμμα συστήματος που προτείνεται από τους Besada, Molina, Garcia, Berlanga, Portillo	15
Εικόνα 2: Διάγραμμα συστήματος INTERVUSE.....	17
Εικόνα 3: Απεικόνιση εικονικών (virtual sensors) αισθητήρων συστήματος INTERVUSE.....	17
Εικόνα 4: Εικόνα ενεργοποιημένων αισθητήρων.....	17
Εικόνα 5: Απεικόνιση project INTERVUSE αεροδρόμιο Manheim	18
Εικόνα 6: Διάγραμμα δικτύου για αναγνώριση αεροσκαφών	19
Εικόνα 7: Η αρχιτεκτονική του συστήματος που εξελίχθηκε από το project: AVITRACK.....	20
Εικόνα 8: Περιβάλλον εργασίας RTS.....	21
Εικόνα 9: Διάγραμμα λειτουργίας πειραματικού απομακρυσμένου πύργου ελέγχου (RTO). 22	
Εικόνα 10: Airport Surveillance Radar.....	23
Εικόνα 11: Απεικόνιση SSR και PSR αεροδρομίου Ηρακλείου	24
Εικόνα 12: Κεραία SMR	25
Εικόνα 13: Απεικόνιση SMR αεροδρομίου Άμστερνταμ	26
Εικόνα 14: Γράφημα λειτουργίας ADS-B.....	27
Εικόνα 15: Απεικόνιση συστήματος ADS-B στο αεροδρόμιο Logan	27
Εικόνα 16: Διαδικασία καταγραφής και επεξεργασίας βίντεο αεροσκαφών.....	30
Εικόνα 17: Τυπική διαδικασία “Background subtraction” με μετ-επεξεργασία για εφαρμογές επιτήρησης	34
Εικόνα 18: Αντιπροσωπευτικές μάσκες προσκηνίου των διαφορετικών τεχνικών.....	36
Εικόνα 19: Ταξινόμηση συνδυασμών κατωφλίωσης (MSLG).....	38
Εικόνα 20: Αρχική εικόνα (842 x 324)	40
Εικόνα 21: Αποτέλεσμα Otsu (t=16msec).....	40
Εικόνα 22: Αποτέλεσμα Sauvola (t=484msec).....	40
Εικόνα 23: Αποτελέσματα νέας μεθόδου (t=47msec)	41
Εικόνα 24: Θέσεις αριθμών νηολογίου σε διαφορετικά αεροσκάφη.....	32
Εικόνα 25: Προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης καμερών στο αεροδρόμιο Ηρακλείου	73
Εικόνα 26: Block Diagram του αλγόριθμου.....	47
Εικόνα 27: Πρώτο frame του βίντεο “aircraft.mp4” ορίζεται ως : “Background”	48
Εικόνα 28: Frame που επιλέχτηκε και στοιχεία του	50
Εικόνα 29: Περιοχή με τα περισσότερα συνδεδεμένα στοιχεία	51
Εικόνα 30: Εφαρμογή adapthisteq.....	51

Εικόνα 31: Εφαρμογή Saunola.....	52
Εικόνα 32: Πιθανά νηολόγια που παρήγαγε το OCR	55
Εικόνα 33: Τελική απάντηση κώδικα	58
Εικόνα 34: Ειδοποίηση λάθους στην ανεύρεση της χώρας προέλευσης.....	58
Εικόνα 35: Χρόνοι εκτέλεσης τμημάτων κώδικα	58
Εικόνα 36: Χρόνοι εκτέλεσης τμημάτων κώδικα χωρίς “imshow”	59
Εικόνα 37: Παράδειγμα νηολογίου με κυρίως λευκό φόντο.....	60
Εικόνα 38: Παράδειγμα νηολογίου με λευκά γράμματα και σκουρόχρωμο φόντο	60
Εικόνα 39: Παράδειγμα νηολογίου με ανοιχτόχρωμα γράμματα και εναλλασσόμενο φόντο	61
Εικόνα 40: Παράδειγμα νηολογίου με λευκό φόντο αλλά σκουρόχρωμη ουρά.....	61
Εικόνα 41: Κρυμμένο νηολόγιο.....	70

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά αισθητήρων.....	12
Πίνακας 2: Πρόσφατες τεχνικές BS.....	36
Πίνακας 3: Αποτελέσματα απόδοσης κώδικα με πραγματικό βίντεο	66

Ευχαριστώ τους

- ❖ Καθηγητή κ. Δημήτριο Κοσμόπουλο
- ❖ Καθηγητή κ. Γεώργιο Παπαδουράκη
- ❖ Καθηγητή κ. Ελευθέριο Δοϊτσίδη
- ❖ γονείς μου, φίλες και φίλους μου για την βοήθεια και συμπαράσταση τους

στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1. Εισαγωγή

Οι πτήσεις των αεροσκαφών παγκοσμίως ανά ημέρα υπολογίζονται σε 102 χιλιάδες κατά μέσο όρο. Το αεροδρόμιο της Άτλαντα είναι αυτό με την μεγαλύτερη κίνηση παγκοσμίως και φτάνει τις 950 χιλιάδες πτήσεις το χρόνο. Είναι προφανές ότι όταν αυτά τα αεροσκάφη είναι στο έδαφος θέλουν αξιόπιστα συστήματα για να καθοδηγηθούν γρήγορα, ομαλά και με ασφάλεια, όπως ακριβώς και όταν είναι στον αέρα.

Ευρεία χρήση σε τομείς παρακολούθησης αεροσκαφών έχουν τα διάφορα συστήματα ραντάρ. Η συνεχής ανάγκη για μείωση του κόστους, αλλά και κάποια μειονεκτήματα των συστημάτων ραντάρ, κάνουν αναγκαία την έρευνα για νέα συστήματα πιο οικονομικά, απλά στην τοποθέτηση χωρίς ανάγκη για επιπλέον εξοπλισμό στα αεροσκάφη για να λειτουργήσουν.

Η χρήση συστημάτων καταγραφής και ανάλυσης βίντεο θα μπορούσε να βοηθήσει να βρεθεί λύση σε αυτό το πρόβλημα. Ήδη, τα τελευταία δυο χρόνια έχουν κάνει την εμφάνιση τους συστήματα Remote Tower για μικρά αεροδρόμια και αντίστοιχα συστήματα backup για μεγαλύτερα. Ένα κομμάτι αυτού του εγχειρήματος θα ήταν, με τη χρήση ενός μικρού δικτύου απλών καμερών βίντεο υψηλής ανάλυσης αλλά πολύ χαμηλού κόστους, να πραγματοποιείται αναγνώριση των αεροσκαφών που είναι στο έδαφος ανεξάρτητα από τα συστήματα που επιτηρούν τον αέρα.

Για να έχουμε αναγνώριση αεροσκαφών στο έδαφος μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ραντάρ εδάφους τα οποία έχουν μόνο τα πολύ μεγάλα αεροδρόμια ανά τον κόσμο και μόνο εκεί που μπορεί να δικαιολογηθεί το αρκετά υψηλό κόστος κτήσης και συντήρησής τους. Στην Ελλάδα έχει για παράδειγμα μόνο το αεροδρόμιο «Ελ. Βενιζέλος».

Για να αναγνωριστεί ένα αεροσκάφος είναι αρκετό να αναγνωστεί ο αριθμός νηολογίου που αναγράφεται σε όλα ανεξαιρέτως τα αεροσκάφη ανά τον κόσμο και είναι μοναδικός προσφέροντας έτσι πολύτιμες πληροφορίες όπως και ο αριθμός κυκλοφορίας ενός αυτοκινήτου.

Εξαιτίας της μοναδικότητας αυτής της συντεταγμένης γραμμής στοιχείων μπορούμε να αναγνωρίσουμε το αεροσκάφος και να συλλέξουμε ταυτόχρονα κάθε άλλου είδους στοιχεία που χρειαζόμαστε σε κάθε περίπτωση.

Στην συγκεκριμένη εργασία γίνεται προσπάθεια αναγνώρισης αεροσκαφών στο έδαφος με μια απλή κάμερα βίντεο, ανάλυσης των βίντεο με κώδικα σε λογισμικό MATLAB και τελικά καταγράφονται τα αποτελέσματα από όπου βγαίνουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Τα

αποτελέσματα από την ανάγνωση των αεροσκαφών σχετίζονται με βάσεις δεδομένων του αεροδρομίου και παράγουν πολύτιμα στοιχεία.

Το σκεπτικό είναι ότι με ένα δίκτυο 3-4 καμερών καταγραφής βίντεο στην περιοχή ενός αεροδρομίου μπορούμε να έχουμε πλήρη κάλυψη της περιοχής που κινούνται τα αεροσκάφη και έτσι να ξέρουμε σε κάθε σημείο του αεροδρομίου ποιο αεροσκάφος κινείται και πότε έγινε αυτό αλλά και με πολύ χαμηλό κόστος.

Δομή

Αρχικά, θα γίνει μια ανάλυση των υπαρχουσών μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος, της συνολικής επίβλεψης των αεροσκαφών και της αναγνώρισης της ταυτότητας τους στο έδαφος. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι βασικές αρχές της οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) και τα βασικά προβλήματα και πλεονεκτήματα της τεχνικής «αφαίρεσης παρασκηνίου» (Background Subtraction / BGS). Έπειτα θα γίνει περιγραφή του προτεινόμενου αλγόριθμου ανίχνευσης και ανάγνωσης αριθμού νηολογίου στα αεροσκάφη. Στη συνέχεια αναλύεται η διαδικασία ανεύρεσης της θέσης του αριθμού νηολογίου αλλά και ο ίδιος ο αριθμός σε ένα δείγμα αεροσκαφών που έχει σχηματίσει μια βάση δεδομένων, κάτι το οποίο θα χρησιμοποιηθεί έπειτα για την εύρεση άλλων στοιχείων του αεροσκάφους. Στη συνέχεια περιγράφονται τα πειράματα που έγιναν με βίντεο από πραγματική κυκλοφορία του Διεθνούς Αεροδρομίου Ηρακλείου «Ν. Καζαντζάκης». Στο τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που βγήκαν από την χρήση του αλγόριθμου αυτού.

Στα παραρτήματα υπάρχει:

- A. Βασικά στοιχεία ταυτότητας από τις περισσότερες χώρες παγκοσμίως.
- B. Προχωρημένες εντολές MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν.

Κεφάλαιο 2

Υπάρχουσες

Μέθοδοι

2. Υπάρχουσες μέθοδοι

Ένα αεροσκάφος έχει πιο πολλές πιθανότητες να εμπλακεί σε ατύχημα όταν αυτό είναι στο έδαφος, στη διάρκεια της τροχοδρόμησης, πριν την απογείωση ή μετά την προσγείωση. Αυτό συμβαίνει γιατί η κυκλοφορία αυτή περιορίζεται από την υποδομή του αεροδρομίου που συχνά είναι υποβαθμισμένη.

Τα συστήματα που παρέχουν καθοδήγηση, παρακολούθηση και έλεγχο σε αεροσκάφη και οχήματα σε αεροδρόμια ονομάζονται **Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS)**. Τυπικά, τα ραντάρ κίνησης επιφανείας (**Surface movement Radars / SMR**), χρησιμοποιούνται σαν κύρια πηγή πληροφορίας σε αυτά τα συστήματα. Όμως τα συστήματα A-SMGCS συνήθως έχουν περιορισμούς στο να καλύψουν όλη την επιφάνεια του αεροδρομίου. Έτσι απαιτούνται συμπληρωματικά συστήματα για να καλύψουν τα κενά, να παρέχουν δηλαδή ακριβείς πληροφορίες κίνησης επιφανείας για αυτές τις προβληματικές περιοχές. Σαν αρχή αυτά τα συστήματα πρέπει να είναι πιο οικονομικά από το κυρίως σύστημα.

Οι κινήσεις στην περιοχή του αεροδρομίου είναι ένας τομέας με μέγιστη επίδραση στην ασφάλεια και στην απόδοση του συστήματος εναέριας κυκλοφορίας. Ένα τέτοιο σύστημα απαιτεί την αξιόπιστη αναγνώριση όλων των αεροσκαφών στην περιοχή του αεροδρομίου, όπως και ακριβή πληροφορία της θέσης τους. Τέτοια συστήματα παρέχουν στους ελεγκτές και άρα και στους πιλότους, εικόνα της θέσης όλης της κυκλοφορίας στο έδαφος ανεξαρτήτως φόρτου εργασίας ή καιρικών συνθηκών ή ώρα της ημέρας, χωρίς να μειώνεται το επίπεδο της ασφάλειας. Γι' αυτό ένα τέτοιο σύστημα, πρέπει να ενσωματώνει τις παρακάτω λειτουργίες:

- **Επιτήρηση (Surveillance):** πρέπει να παρέχει αναγνώριση και ακριβή θέση των αεροσκαφών, οχημάτων και αντικειμένων (επιχειρησιακών και μη) μέσα στην περιοχή του αεροδρομίου. Αυτή η πληροφορία πρέπει να ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης η επιτήρηση πρέπει να μην επηρεάζεται από τον καιρό.
- **Δρομολόγηση (Routing):** πρέπει να διαχειρίζεται διαδρομές της κυκλοφορίας στην επιφάνεια, επιλέγοντας τις βέλτιστες.
- **Έλεγχος (Control):** είναι υπεύθυνο να αποτρέπει, παρακολουθεί, ανιχνεύει και να επιλύει κάθε είδους εμπλοκές
- **Καθοδήγηση (Guidance):** δείχνει στους πιλότους τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσουν.

Οι στόχοι που κινούνται στο αεροδρόμιο είναι αεροσκάφη γενικής και εμπορικής αεροπορίας, οχήματα, όπως βυτιοφόρα αεροπορικού καυσίμου, οχήματα - ιμάντες αποσκευών, λεωφορεία και αυτοκίνητα. Οι πιο σημαντικοί στόχοι είναι τα αεροσκάφη αλλά και η ανίχνευση των άλλων στόχων είναι επίσης σημαντική, όσο μπορούν εν δυνάμει να υποσκελίσουν την ασφάλεια αεροσκαφών.

Ένα από τα στοιχεία - κλειδιά σε κάθε μηχανισμό επιτήρησης είναι οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ανιχνευτούν στόχοι. Δυο είδη αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. **Ενεργοί αισθητήρες:** βασίζονται στην ύπαρξη ενός on-board συστήματος στους στόχους που θέλουμε να ανιχνεύσουμε, παρέχοντας αναγνώριση και μέτρηση θέσης.
2. **Παθητικοί αισθητήρες:** δεν απαιτούν καμιά βοήθεια από το στόχο. Συνήθως δεν παρέχουν πληροφορίες αναγνώρισης.

Οι πιο συνήθως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για επιτήρηση αεροδρομίου είναι οι:

- **Surface Movement Radar (SMR)**
- **Διαφορικό GPS μέσω ψηφιακής σύνδεσης δεδομένων (DGPS)**
- **Multilateration systems (MS) και τέλος,**
- **Cameras**

Στον **Πίνακα 1** παρέχονται πληροφορίες για το αν ο αισθητήρας είναι ενεργητικός ή παθητικός, αν παρέχει αναγνώριση στόχου, τι είδους στόχους ανιχνεύει και με τι μετεωρολογικές συνθήκες. Καθαρές, εννοούμε όχι πολύ πυκνή ομίχλη, βροχή ή χιόνι.

Αισθητήρας	Ενεργητικός	Αναγνώριση	Στόχοι	Μετεωρολογικές συνθήκες
SMR	όχι	όχι	όλους	όλες
DGPS	ναι	ναι	εξοπλισμένους	όλες
MS	ναι	ναι	εξοπλισμένους	όλες
Camera	όχι	όχι	όλους	καθαρές

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά αισθητήρων

Πέρα από τις δυνατότητες κάθε αισθητήρα, αυτό που πρέπει να αναλυθεί είναι ο λόγος κόστους / απόδοσης. Γενικά οι παθητικοί αισθητήρες είναι φθηνότεροι, όσο αναφορά στην εγκατάστασή τους και έχουν και φτηνότερη συντήρηση.

Οι κάμερες ως **παθητικοί αισθητήρες** με τη βοήθεια του υπόλοιπου συστήματος θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν το SMR. Τα κύρια τους χαρακτηριστικά είναι:

1. Είναι οι μόνοι από τους παθητικούς αισθητήρες που μπορούν να παρέχουν αναγνώριση και ανίχνευση ταυτόχρονα. Με αυτή τη μέθοδο γίνεται ανίχνευση της θέσης του αριθμού νηολογίου του αεροσκάφους και διαβάζεται μέσω αλγόριθμου OCR του MATLAB.
2. Λόγω της μεγάλης ανάλυσης της κάμερας, η ανίχνευση σε περιοχές με μεγάλη κίνηση είναι πλέον πιο εφικτή.
3. Γίνεται ταυτόχρονη απόδοση στοιχείων ταυτότητας του αεροσκάφους σε πραγματικό χρόνο μέσω της βάσης δεδομένων
4. Πολύ χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης αλλά και συντήρησης

Τα υπάρχοντα συστήματα A-SMGCS χρησιμοποιούν πανάκριβους αισθητήρες και ανεβάζουν πολύ το κόστος.

Πλεονεκτήματα νέας τεχνολογίας

- Μηδενική ακτινοβολία
- Χαμηλό κόστος
- Παροχή Βίντεο
- Υψηλός ρυθμός ανανέωσης πληροφορίας

Ένα χαμηλού κόστους σύστημα παρακολούθησης της επίγειας κίνησης (SMGCS / Surface movement ground control system) θα μπορούσε να υποβοηθήσει τα υπάρχοντα συστήματα, να τα αντικαταστήσει υπό προϋποθέσεις, όπως επίσης και να τα αναπληρώσει σε περίπτωση βλάβης τους.

Η χρήση συστήματος καταγραφής βίντεο στην περιοχή του αεροδρομίου που καταγράφει την κίνηση των αεροσκαφών στην περιοχή των τροχοδρόμων, που παρουσιάζεται εδώ, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα τέτοιο εναλλακτικό ή συμπληρωματικό σύστημα χαμηλού κόστους. Μέχρι τώρα, κάτι τέτοιο γίνεται κυρίως από τον άνθρωπο χωρίς παρεμβάσεις αυτοματισμών, κάτι που απαιτεί χρόνο, κόστος και κυρίως υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο του ανθρώπινου λάθους.

Βασίζεται σε ένα σύνολο σταθερών μηχανημάτων καταγραφής βίντεο (κάμερες) υψηλής ανάλυσης που έχουν τοποθετηθεί σε κατάλληλες θέσεις, όπου σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό ανιχνεύεται η θέση του αριθμού νηολογίου κάθε αεροσκάφους που κινείται στην περιοχή του αεροδρομίου και αναγνωρίζεται από λογισμικό OCR. Έπειτα αντλούνται πολύτιμες πληροφορίες από βάση δεδομένων για κάθε αεροσκάφος.

Οπτική αναγνώριση αεροσκαφών στην περιοχή του αεροδρομίου

Έχει μελετηθεί και στο παρελθόν η εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας εικόνας στη διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας (Air Traffic Management / ATM) για ανίχνευση και αναγνώριση αεροσκαφών και/ή οχημάτων στην περιοχή ενός αεροδρομίου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι οι παρακάτω.

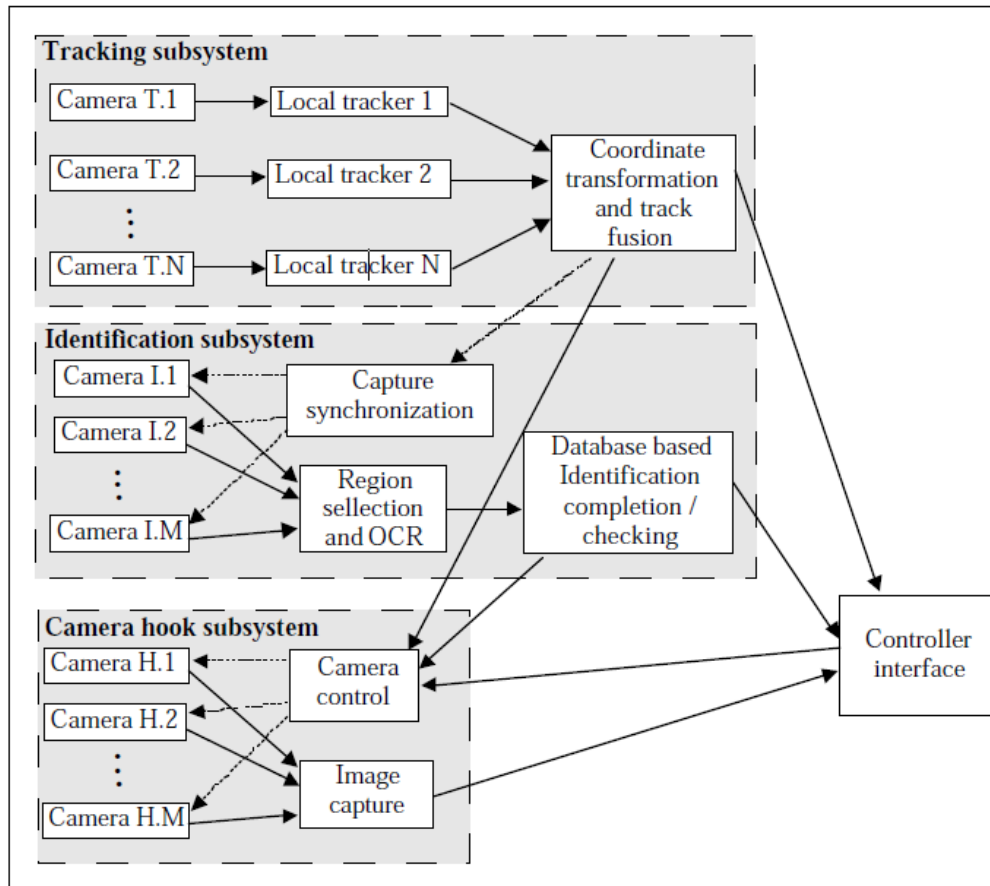
Aircraft Identification integrated in an Airport Surface Surveillance Video System

Οι **Besada, Molina et al** [1] έχουν χρησιμοποιήσει αλγορίθμους βίντεο που βασίζονται σε αναγνώριση του αριθμού νηολογίου με στατιστικά μοντέλα χρησιμοποιώντας εξελικτικές στρατηγικές. Σκοπός της μελέτης τους ήταν να υπάρξει μια καταγραφή των κινήσεων των αεροσκαφών στο δισδιάστατο χάρτη του αεροδρομίου πριν αυτά μπουν σε ελεγχόμενο χώρο. Τελικός στόχος δηλαδή είναι να υπάρχει μια διαδρομή σχηματισμένη για κάθε στόχο που βρίσκεται στο αεροδρόμιο άσχετα με το ποιες ή πόσες κάμερες το βλέπουν. Αυτός ο στόχος μπορεί να είναι, οχήματα που περνούν από περιοχές που υπάρχει πιθανότητα να περάσουν αεροσκάφη, ή αεροσκάφη.

Το προτεινόμενο αυτό σύστημα ανίχνευσης και καταγραφής διαδρομής οχημάτων και αεροσκαφών βασίζεται σε ένα σύστημα (Εικόνα 1) όπου σε κάθε κάμερα αναλογεί ένα σύστημα θέσης και ανίχνευσης που υπολογίζει τις θέσεις σε σχέση με το ανοιγμένο σχέδιο του αεροδρόμιου. Έτσι, με αναγωγές τοποθετείται το αεροσκάφος ή το όχημα στο δισδιάστατο σχέδιο του αεροδρομίου.

Έτσι ένας υπολογιστής σε κάθε κάμερα καταγράφει τις εικόνες και ένας άλλος κάνει τις μετατροπές για τις συντεταγμένες θέσης. Οι κάμερες εδώ πρέπει να βρίσκονται σε όσο το δυνατό πιο ψηλές θέσεις ώστε να έχουν τη μεγίστη κάλυψη.

Για να γίνει αναγνώριση του αεροσκάφους χρησιμοποιήθηκαν κώδικες OCR για να αναγνωριστεί ο αριθμός νηολογίου στην ουρά. Έτσι για αυτό το σκοπό τοποθετήθηκαν κάμερες σε τροχόδρομους και διαδρόμους και σε θέσεις που περνάνε αεροσκάφη.



Εικόνα 1: Διάγραμμα συστήματος που προτείνεται από τους Besada, Molina, Garcia, Berlanga, Portillo

Γίνεται έρευνα για περιοχές με μεγάλη αντίθεση όπου εκεί θα είναι τα γράμματα, (άσπρα σε σκούρο φόντο, ή σκούρα σε ανοιχτό φόντο). Αφού βρεθούν αυτές οι περιοχές γίνεται προσπάθεια για ανάγνωση τους και τυχόν ασυνέχειες συμπληρώνονται από τη βάση δεδομένων του αεροδρομίου, όπου γίνεται σύγκριση με τους πιο πιθανούς υποψήφιους αριθμούς.

Η εφαρμογή της μελέτης αυτής έγινε στο διεθνές αεροδρόμιο Barajas της Μαδρίτης. Το υποσύστημα αυτό προσαρμόστηκε στο σύστημα επιτήρησης βίντεο του αεροδρομίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε είναι σχετικά αξιόπιστος στην εφαρμογή του. Για να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα του χρησιμοποιήθηκε δείγμα 105 αληθινών εικόνων. Αναγνώστηκαν όλοι οι αριθμοί νηολογίου σωστά και διασταυρώθηκαν επιτυχώς με την βάση δεδομένων του αεροδρομίου.

IST INTERVUSE Project: Integrated Radar, Flight plan and digital video data fusion for A-SMGCS

Το πρόγραμμα **INTERVUSE** [2], ξεκίνησε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) και είχε σαν στόχο να εφαρμόσει ένα δίκτυο «έξυπνων» καμερών στο χώρο του αεροδρομίου, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στο χώρο των πόλεων για την κυκλοφορία (Εικόνα 2). Έτσι ανιχνεύει την κυκλοφορία αεροσκαφών και οχημάτων και την ενσωματώνει στην πραγματική εικόνα του χώρου του αεροδρομίου.

Σκοπός ήταν αυτό το δίκτυο να αντικαταστήσει τα πανάκριβα συστήματα (SMGCS – surface movement ground control systems). Το κόστος των τελευταίων οφείλεται κυρίως στους πανάκριβους αισθητήρες που χρησιμοποιούν. Αν λοιπόν αντικατασταθούν με κάμερες το κόστος θα πέσει κατακόρυφα.

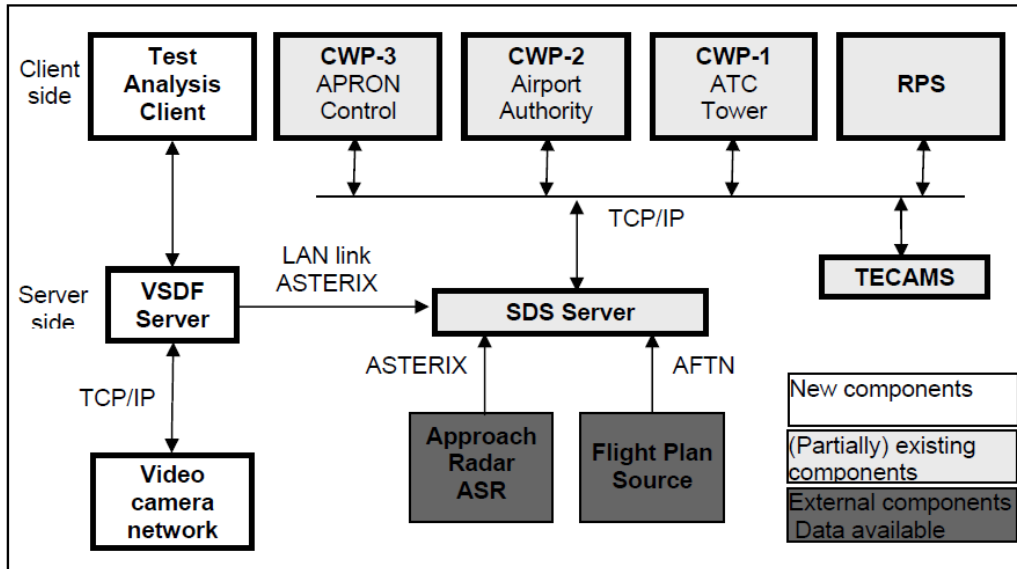
Αυτά τα συστήματα έτσι θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μικρά αεροδρόμια που θα μπορούν να ανταπεξέλθουν το σχετικά μικρό κόστος τους. Επίσης θα μπορούν να συμπληρώσουν τα συμβατικά SMGCS σε τμήματα όπου δεν έχουν κάλυψη και να ανιχνεύσουν κυκλοφορία που δεν φέρει τους παθητικούς αισθητήρες που απαιτούν τα SMGCS.

Η πειραματική εφαρμογή έγινε σε δυο αεροδρόμια. Στο αεροδρόμιο του Mannheim και στο Διεθνές αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης [3].

Τα κύρια πλεονεκτήματα του είναι:

1. Το σύστημα δεν χρειάζεται υψηλός εύρος μετάδοσης δεδομένων μεταξύ της κάμερας και επεξεργαστή μηχανικής όρασης (MVP / Machine Vision Processor)
2. Ο MVP μπορεί να έχει έλεγχο κλειστού βρόγχου των οπτικών της κάμερας όπως φωτεινότητα, κέρδος και ηλεκτρονικό ζουμ.
3. Το σύστημα είναι εύκολα φορητό

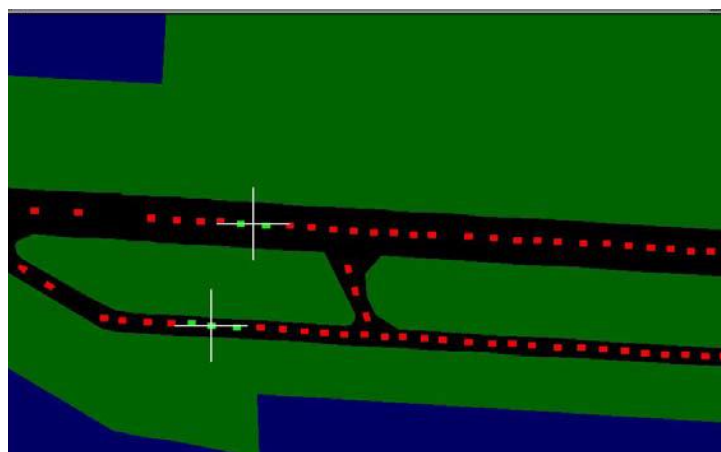
Χρειάζεται όμως τη συνδρομή ραντάρ επιφανείας για να συμπληρώσει τα στοιχεία του, όπως επίσης και στοιχεία από το σχέδιο πτήσης των αεροσκαφών. Με μια διαμόρφωση πολλών εικονικών αισθητήρων (Εικόνα 3), μεταφέρει την πληροφορία των ενεργοποιημένων αισθητήρων σε μια οθόνη (Εικόνα 4) και σε συνδυασμό με στοιχεία από το ραντάρ επιφανείας να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, όπως αυτό στο αεροδρόμιο του Mannheim(Εικόνα 5).



Εικόνα 2: Διάγραμμα συστήματος INTERVUSE



Εικόνα 3: Απεικόνιση εικονικών (virtual sensors) αισθητήρων συστήματος INTERVUSE



Εικόνα 4: Εικόνα ενεργοποιημένων αισθητήρων



Εικόνα 5: Απεικόνιση project INTERVUSE αεροδρόμιο Manheim

Παρατηρήθηκαν προβλήματα όταν:

1. Το αεροσκάφος έμενε για πολύ ώρα σταματημένο, γιατί ενσωματώνονταν με το φόντο
2. Υπήρχαν απότομες αλλαγές στο φωτισμό και τη μειωμένη ορατότητα

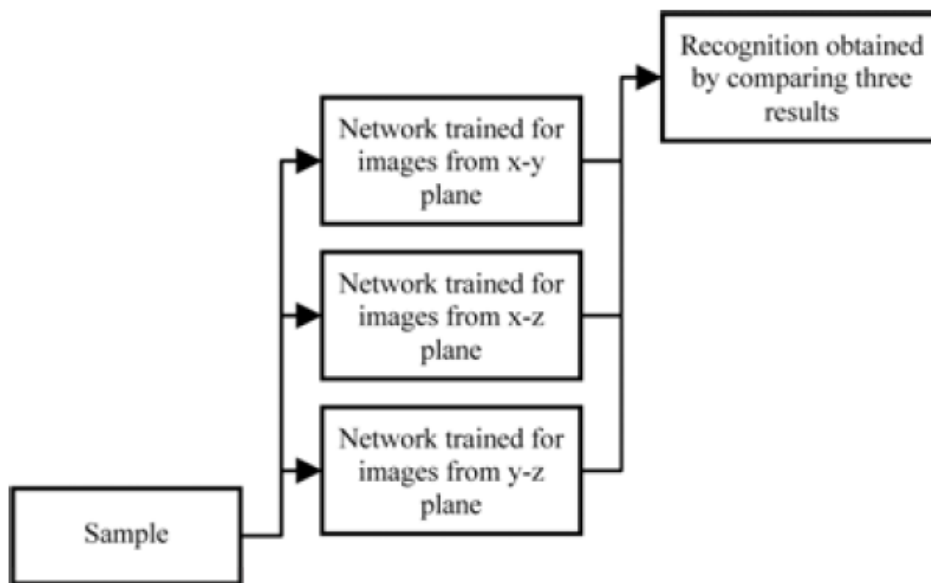
Σαν συμπέρασμα βγήκε ότι μπορεί να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο σύστημα αλλά με πιο εξειδικευμένες κάμερες και όχι αυτές που έχουν σχεδιαστεί για την κυκλοφορία στους δρόμους.

Aircraft Visual Identification by Neural Networks

Οι **Saghafi, Khansari Zadeh και Etminan Bakhsh** [4] εισήγαγαν μια μέθοδο αναγνώρισης της σιλουέτας αεροσκαφών. Χρησιμοποιήθηκαν οπτικές και υπέρυθρες κάμερες οι οποίες κατέγραψαν φωτογραφίες από διαφορετικές αποστάσεις και οπτικές γωνίες. Με τη χρήση νευρωνικού δικτύου πολλών επιπέδων και τη παραγωγή φωτογραφιών από βάση δεδομένων 3D μοντέλων των αεροσκαφών έγινε εφικτό να επιτευχθεί πάνω από 90% επιτυχία αναγνώρισης αεροσκαφών σε πραγματικές συνθήκες. Χρειάστηκαν πλήθος

δεδομένων από διαφορετικά σημεία προβολής, για την διαδικασία εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου. Αυτά τα δεδομένα συλλέχτηκαν από φωτογραφίες γύρω από τα μοντέλα σε τρία επίπεδα (x-y, y-z και x-z (Εικόνα 6)). Κάθε ένα δίκτυο κατηγοριοποιούσε την εικόνα και όταν δυο από τα τρία δίκτυα έδιναν το ίδιο αποτέλεσμα, αυτό ήταν και το τελικό.

Έγινε έτσι κατανοητό ότι, όταν είναι διαθέσιμη μια μεγάλη βάση δεδομένων για εκπαίδευση και όταν έχει γίνει η κατάλληλη προσέγγιση κατηγοριοποίησης, τότε σχετικά απλά διανύσματα χαρακτηριστικών για να γίνει η αναγνώριση. Έτσι μειώνεται σημαντικά η ποσότητα υπολογισμών που πρέπει να γίνουν παραμένοντας όμως τα επίπεδα αναγνώρισης μέσα σε αποδεκτά όρια.

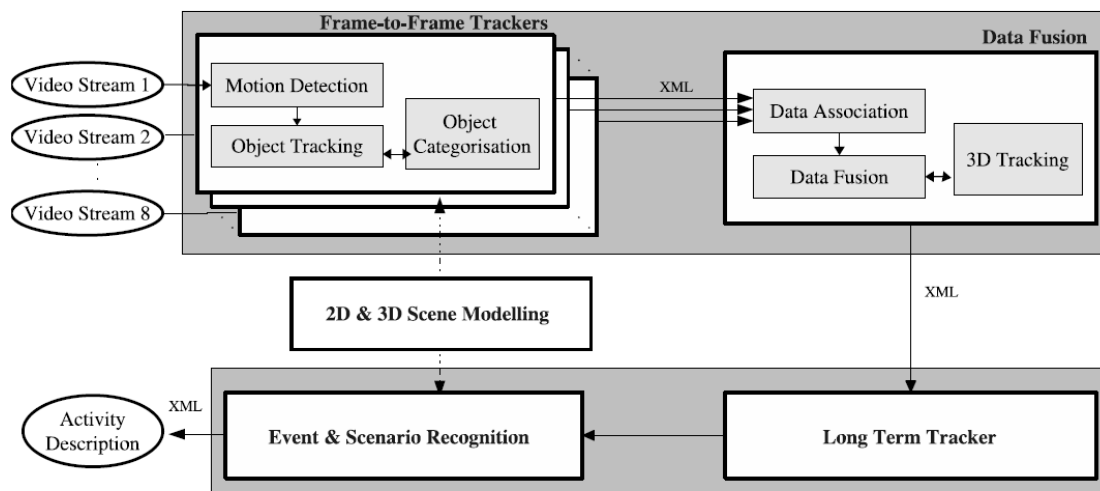


Εικόνα 6: Διάγραμμα δικτύου για αναγνώριση αεροσκαφών

A Real-Time Scene Understanding System for Airport Apron Monitoring

Το 2004 οι **Thirde, Borg και Ferryman** του Computational Vision Group / University of Reading [5], παρουσίασαν ένα σύστημα οπτικής επιτήρησης του χώρου στάθμευσης αεροσκαφών σε αεροδρόμια με ένα δίκτυο καμερών. Το σύστημα που αναπτύχθηκε για αυτό το project είναι ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον με οκτώ κάμερες με αλληλεπικαλυπτόμενες σκηνές καταγραφής. Οι κάμερες καλύπτουν κυρίως το δεξιό κομμάτι του αεροσκάφους, αφού εκεί γίνονται όλες οι διαδικασίες (φόρτωση, εκφόρτωση αποσκευών).

Η αρχιτεκτονική του συστήματος αυτού περιέχει ένα τμήμα ανίχνευσης της σκηνής (scene tracking) και ένα τμήμα κατανόησης της (scene understanding) (Εικόνα 7). Το τμήμα ανίχνευσης της σκηνής είναι υπεύθυνο για την ανίχνευση, καταγραφή και κατηγοριοποίηση των αντικειμένων του χώρου στάθμευσης των αεροσκαφών. Το τμήμα κατανόησης σκηνής είναι υπεύθυνο για να αναγνωρίζει τις δραστηριότητες στο έδαφος. Το σύστημα αυτό παρουσιάστηκε στα πλαίσια του AVITRACK (automated surveillance of airport aprons) project της Ευρωπαϊκής επιτροπής.



Εικόνα 7: Η αρχιτεκτονική του συστήματος που εξελίχθηκε από το project: AVITRACK

Το τμήμα αναγνώρισης γεγονότων και σεναρίων (event and scenario recognition), παίρνει τα αποτελέσματα από την ανίχνευση και αναγνωρίζει γεγονότα και κάνει ανάλυση σκηνής σε υψηλό επίπεδο. Ουσιαστικά μετά από αυτά, το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις διαδικασίες και τις κινήσεις οχημάτων και ανθρώπων γύρω από ένα αεροσκάφος, σε μεγάλες χρονικές περιόδους σε πραγματικό χρόνο.

Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά αλλά με αρκετούς περιορισμούς στην ανίχνευση και αναγνώριση κινούμενων στόχων.

Remote Tower Services (RTS)

Με την εφαρμογή των υπηρεσιών απομακρυσμένου πύργου ελέγχου (remote tower services RTS), ένας ή περισσότεροι πύργοι ελέγχου αεροδρομίου μπορούν να λειτουργήσουν από μια άλλη περιοχή ανεξαρτήτου απόστασης. Το αποτέλεσμα είναι ένα

αεροδρόμιο πιο ευέλικτο σε υπηρεσίες ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας και ώρες λειτουργίας.

Με τη χρήση νέας τεχνολογίας και διαύλους ταχείας μεταφοράς δεδομένων μπορούν να μεταφερθούν στοιχεία από κάμερες και αισθητήρες από ένα αεροδρόμιο σε μια άλλη περιοχή όπου θα λειτουργεί ο απομακρυσμένος πύργος ελέγχου, ακόμα και σε μια αίθουσα και να γίνεται από κει ο έλεγχος με τη βοήθεια οθονών που θα απεικονίζουν το περιβάλλον του παραπάνω αεροδρομίου σε πραγματικό χρόνο (Εικόνα 8).



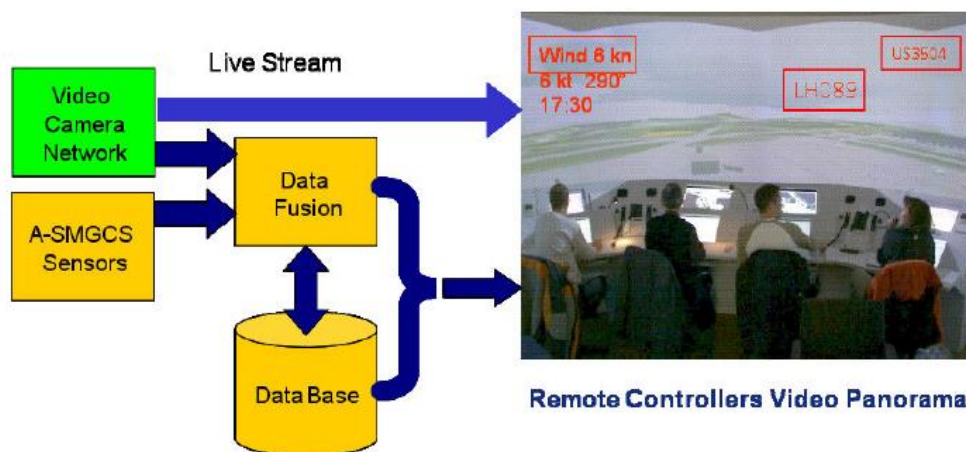
Εικόνα 8: Περιβάλλον εργασίας RTS

Ένα τέτοιο σύστημα μπήκε σε πιλοτική λειτουργία για πρώτη φορά τον Απρίλιο του 2015 στο αεροδρόμιο Örnsköldsvik της Σουηδίας. Οι εταιρείες SAAB και LFV συνεργάστηκαν για την εξέλιξη και παραγωγή αυτού του συστήματος.

Remote Airport Tower Operation with Augmented Vision Video Panorama HMI

Το 2006 ανακοινώθηκαν τα αποτελέσματα του project **Remote Airport Tower Operation Research** (RapTO_r) [6] κατά το οποίο ενσωματώθηκαν σε ένα πανοραμικό σύστημα βίντεο, δυνατότητες απομακρυσμένης διαχείρισης κίνησης επιφανείας μικρών αεροδρομίων ή περιοχής κινήσεων που δεν είναι απευθείας ορατοί από τον πύργο ελέγχου. Γίνεται έτσι διαχείριση της κυκλοφορίας στο έδαφος από μια απομακρυσμένη περιοχή π.χ. ένα πύργο ελέγχου ενός άλλου αεροδρομίου. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το σύστημα καταγραφής βίντεο με pan-tilt zoom camera (PTZ) του αεροδρομίου στο Braunschweig.

Παρέχεται έτσι το πλαίσιο για την ενσωμάτωση πανοραμικής εικόνας βίντεο 180° στα συστήματα SMGCS. Στην Εικόνα 9 φαίνεται το διάγραμμα λειτουργίας του πειραματικού απομακρυσμένου πύργου ελέγχου στο Braunschweig.



Εικόνα 9: Διάγραμμα λειτουργίας πειραματικού απομακρυσμένου πύργου ελέγχου (RTO)

Άλλα συστήματα αναγνώρισης αεροσκαφών

Πέρα όμως από χρήση συστημάτων καταγραφής βίντεο σε συνδυασμό με μηχανική όραση, που στην πλειοψηφία τους είναι σε ερευνητικό στάδιο, υπάρχουν και συστήματα που χρησιμοποιούνται ήδη σε αεροδρόμια. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα επιτήρησης της περιοχής του αεροδρομίου που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα παρακάτω:

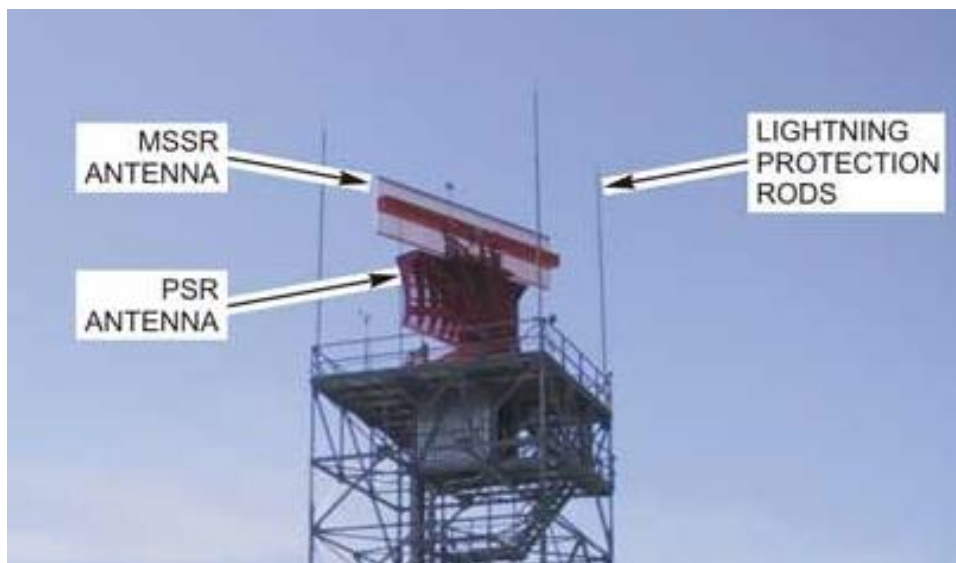
Airport Surveillance Radar (ASR)

Είναι εξειδικευμένα ραντάρ (Εικόνα 10) που έχουν εγκατασταθεί στην περιοχή ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, στην περίπτωση μας, του αεροδρομίου και παρέχουν πληροφορίες κυκλοφορίας αεροσκαφών αλλά και μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Η δουλειά του είναι να ανιχνεύει και να απεικονίζει τη θέση των αεροσκαφών στην περιοχή γύρω από ένα αεροδρόμιο. Είναι συνδυασμός πρωτεύοντος και από το δευτερεύοντος ραντάρ.

Το πρωτεύον ραντάρ (PSR) έχει μεγαλύτερη εμβέλεια (περίπου 200 nm) και λειτουργεί με τη χρήση ενός παλμού υψηλής ισχύος (μερικών KW) με ενέργεια ραδιοσυχνότητας που εκπέμπεται από μια περιστρεφόμενη κεραία, η οποία αν προσκρούσει στην επιφάνεια ενός

αεροσκάφους, ένα μικρό μέρος ανακλάται πίσω στην κεραία. Με τη μέτρηση του χρόνου που έκανε το σήμα βρίσκεται η θέση του αεροσκάφους και το αζιμούθιο του από τη θέση της κεραίας.

Από την άλλη το δευτερεύον ραντάρ (SSR) έχει μικρότερη εμβέλεια (60 nm) και απαιτεί το αεροσκάφος να φέρει ένα ειδικό πομποδέκτη (transponder). Ο σταθμός εδάφους του SSR εκπέμπει παλμούς ραδιοσυχνότητας από μια περιστρεφόμενη κεραία όπως στο PSR, αλλά σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα ισχύος (εκατοντάδες Watt).



Εικόνα 10: Airport Surveillance Radar



Εικόνα 11: Απεικόνιση SSR και PSR αεροδρομίου Ηρακλείου

Όταν ο transponder του αεροσκάφους δεχτεί παλμό από το SSR στέλνει μια απάντηση με στοιχεία ύψους και ταχύτητας σε διαφορετική συχνότητα. Η απόσταση και αζιμούθιο υπολογίζονται όπως στο πρωτεύον. Πολύ συχνά γίνεται χρήση και των δυο συστημάτων ραντάρ και έχουμε την απεικόνιση που φαίνεται στην Εικόνα 11.

Surface Movement Radar (SMR) (Schwabn and Rost 1985)

Είναι συστήματα που χρησιμοποιούνται από ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας για την ανίχνευση και καθοδήγηση αεροσκαφών και άλλων οχημάτων στην επιφάνεια του αεροδρομίου με κύριο γνώμονα την ασφάλεια. Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα επιτήρησης αεροδρομίου αυτή τη στιγμή.

Έχει απαίτηση για πολύ μεγάλη ακρίβεια (7.5μ), υψηλή συχνότητα σάρωσης (1Hz) και μεγάλη ανάλυση ανίχνευσης στόχων (κάτω από 20μ). Έτσι χρησιμοποιεί πομπούς παλμών

μήκους κύματος 40 nsec, στη μπάντα των ακτίνων Χ ή Κu με κεραίες πολύ στενών ακτίνων (περίπου 0.25°) (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Κεραία SMR

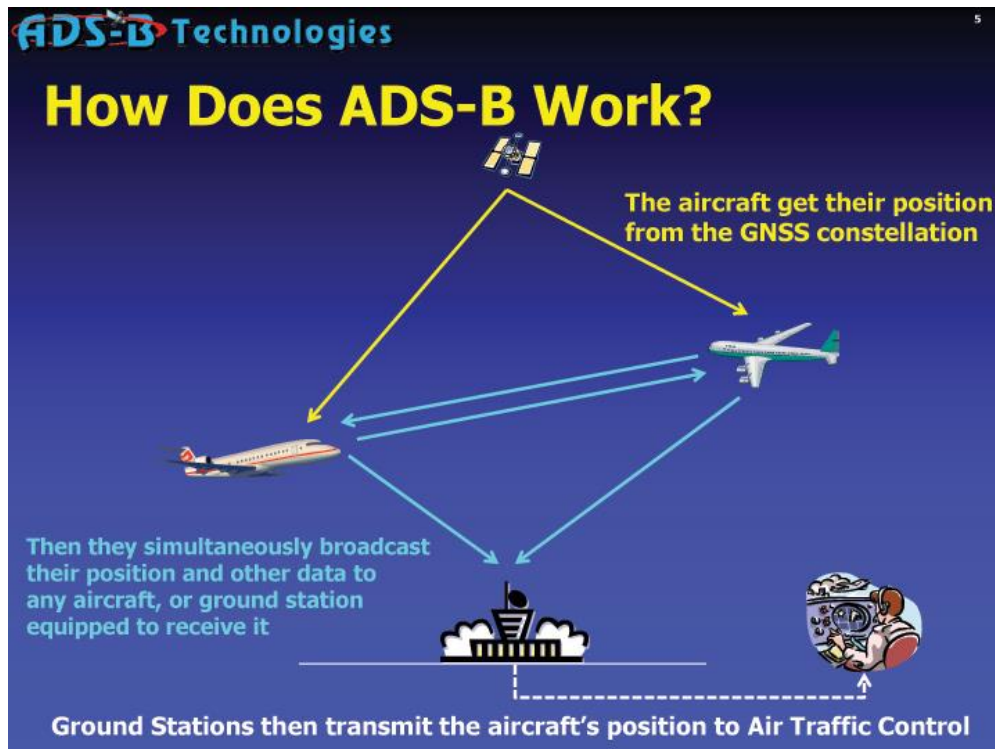
Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 13 όπου σε ένα χάρτη του αεροδρομίου (εδώ στο Schiphol / Amsterdam) προβάλλονται οι κινήσεις των αεροσκαφών συνδυασμένες και με αλλά στοιχεία πτήσης τους.



Εικόνα 13: Απεικόνιση SMR αεροδρομίου Άμστερνταμ

Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)

Το ADS-B συνδυάζει θέση μέσω συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite Systems) και συμβατικές οδούς τηλεπικοινωνίας μεταξύ σταθμών. Τα αεροσκάφη που φέρουν τον ειδικό εξοπλισμό στέλνουν τη θέση τους από το GNSS συνδυασμένη με στοιχεία της πτήσης τους (ύψος, ταχύτητα) σε αλλά αεροσκάφη της περιοχής τους και στον επίγειο σταθμό ADS-B ή στον αντίστοιχο δορυφορικό. (Εικόνα 14) Τα συνδυασμένα πλέον στοιχεία θέσης και χαρακτηριστικών πτήσης μεταφέρονται στην οθόνη του ελεγκτή. (Εικόνα 15)



Εικόνα 14: Γράφημα λειτουργίας ADS-B



Εικόνα 15: Απεικόνιση συστήματος ADS-B στο αεροδρόμιο Logan

Το σύστημα αυτό θεωρείται από τα πιο πολλά υποσχόμενα συστήματα για να αντικαταστήσουν τα ραντάρ επιφανείας (SMR).

Συστήματα καταγραφής βίντεο

Χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετό χρονικό διάστημα για επίβλεψη, επιτήρηση και ασφάλεια σε περιοχές αεροδρομίων με ελάχιστους αυτοματισμούς μέχρι τώρα όμως. Κυρίως γίνεται εκ των υστέρων επεξεργασία των βίντεο ώστε να αναλυθούν περιστατικά με θέματα ασφάλειας και να καταλογιστούν ευθύνες.

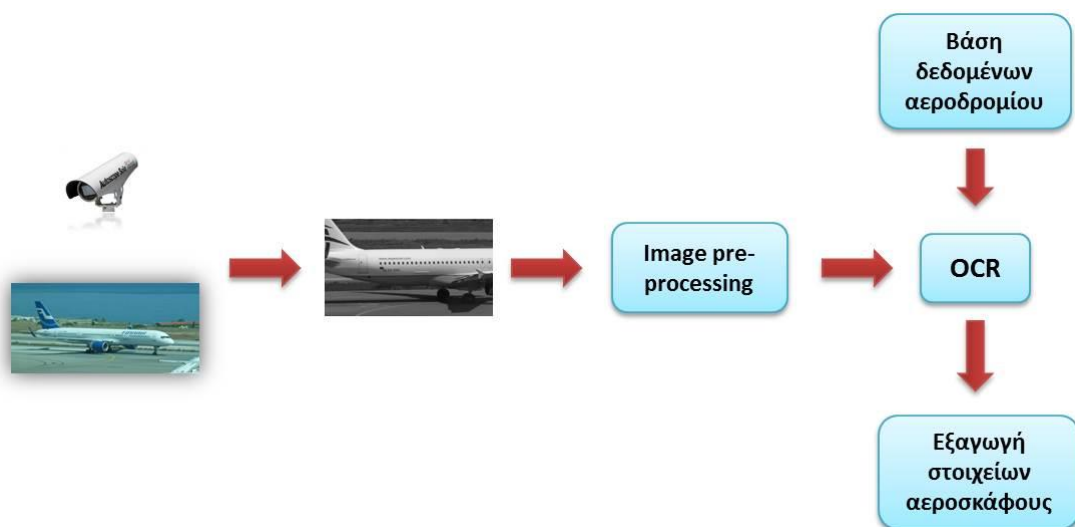
Κεφάλαιο 3

Περιγραφή πρότασης

3. Περιγραφή πρότασης – βασική προσέγγιση

Κάμερες καταγραφής βίντεο έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένα σημεία στο χώρο κίνησης των αεροσκαφών (διάδρομοι και τροχόδρομοι). Όταν ένα αεροσκάφος περνά μπροστά από μια κάμερα, αυτή το καταγράφει. Προκειμένου να γίνει ανάγνωση του αριθμού νηολογίου του αεροσκάφους γίνονται τα παρακάτω βήματα (Εικόνα 16):

1. Καταγράφεται σε βίντεο η κίνηση των αεροσκαφών σε συγκεκριμένο σημείο του αεροδρομίου.
2. Ανιχνεύεται η εικόνα με τη μεγαλύτερη κάλυψη σε αεροσκάφος και επικεντρώνεται η έρευνα ανάγνωσης του χαρακτηριστικού του αεροσκάφους.
3. Γίνεται προ-επεξεργασία της εικόνας μέσω κώδικα στο λογισμικό MATLAB
4. Γίνεται ανάγνωση του αριθμού νηολογίου από τον αλγόριθμο OCR / MATLAB
5. Γίνεται συνδυασμός με βάση δεδομένων στοιχείων του αεροδρομίου.



Εικόνα 16: Διαδικασία καταγραφής και επεξεργασίας βίντεο αεροσκαφών

Αποτέλεσμα αυτών είναι η γνώση και συνεπώς η παρακολούθηση ανά πάσα στιγμή πληθώρας στοιχείων για κάθε αεροσκάφος που περνά μπροστά από κάθε κάμερα που έχει τοποθετηθεί στο αεροδρόμιο, όπως:

- Καταγραφή και απεικόνιση κίνησης στο χώρο κίνησης των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο.

- Βελτιστοποίηση ενημέρωσης όλων των εμπλεκόμενων για κινήσεις αεροσκαφών
- Παρακολούθηση νηολογίου για έλεγχο σε «μαύρες λίστες».
- Παρακολούθηση αεροσκαφών που προσγειώνονται χωρίς άδεια όταν τα αεροδρόμια είναι κλειστά (π.χ. Σητεία).
- Ανίχνευση αεροσκαφών που κάνουν παρατυπίες, όπως «θόρυβο άνω των επιτρεπτών ορίων».
- Ανίχνευση αιτίων σε περίπτωση απαγορευμένης εισόδου σε διάδρομο (runway incursion) αφού θα υπάρχουν ακριβή στοιχεία του υπαίτιου αεροσκάφους.

Ο αριθμός νηολογίου

Ο αριθμός καταγραφής ή νηολόγιο ενός αεροσκάφους διεθνώς γνωστός ως “registration number” η πιο απλά “tail number” είναι μια αλφαριθμητική ακολουθία που χαρακτηρίζει ένα πολιτικό αεροσκάφος, όπως ακριβώς ο αριθμός κυκλοφορίας ενός αυτοκινήτου.

Σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό πολιτικής αεροπορίας (ICAO / International Civil Aviation Organization), όλα τα αεροσκάφη πρέπει να είναι καταγεγραμμένα σε μια εθνική αεροναυτική αρχή και πρέπει να φέρουν απόδειξη αυτής της καταγραφής. Συνήθως αυτό είναι τυπωμένο σε μια άφλεκτη πινακίδα ενσωματωμένη στην άτρακτο του αεροσκάφους για ανίχνευση ταυτότητας του αεροσκάφους σε περίπτωση ατυχήματος.

Ο αριθμός νηολογίου αποτελείται από ένα πρόθεμα και μια κατάληξη. Σε κάθε χώρα έχει καταχωρηθεί από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU/ International Telecommunication Union), ένα πρόθεμα που εισάγεται στο νηολόγιο ώστε να αναγνωρίζεται εύκολα η χώρα καταχώρησης. Ανάλογα τη χώρα καταχώρησης τα προθέματα όπως και οι καταλήξεις μπορεί να είναι αριθμητικές ή αλφαριθμητικές. Ο ICAO έχει καταγράψει στο annex 7 μια ενημερωμένη λίστα των έγκυρων προθεμάτων που χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες χώρες. (Παράρτημα Α).

Όταν αναγράφονται στην άτρακτο, το πρόθεμα και η κατάληξη διαχωρίζονται από μια παύλα (π.χ. SX-ARD). Σε κάποιες χώρες όπως η Νότια Κορέα και η Ιαπωνία, το πρόθεμα και η κατάληξη συνδέονται χωρίς παύλα (π.χ. N345DT).

Σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς αεροναυτιλίας όπως ο FAA (Federal Aviation Authority), η θέση αναγραφής του νηολογίου είναι συγκεκριμένη ανάμεσα στο οριζόντιο σταθεροποιητή και το φτερό (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Θέσεις αριθμών νηολογίου σε διαφορετικά αεροσκάφη

Παρότι κάθε αριθμός νηολογίου είναι μοναδικός, κάποιες χώρες επιτρέπουν αυτός να ξαναχρησιμοποιηθεί όταν το αεροσκάφος πουληθεί καταστραφεί ή αποσυρθεί. Επίσης ένα αεροσκάφος κατά τη διάρκεια της χρήσης του μπορεί να έχει διαφορετικά νηολόγια. Αυτό έχει να κάνει με τις ιδιοκτησιακές αλλαγές ή άλλους μεμονωμένους λόγους.

Στην Ελλάδα υπεύθυνη για την εγγραφή, μεταγραφή και διαγραφή αεροσκαφών και άρα και νηολογίων, είναι η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ). Από εκεί μπορούμε να προσαρμόσουμε τον κώδικα ώστε να γίνεται αναζήτηση και σε άλλες βάσεις δεδομένων όπως,

- Αναλυτικά στοιχεία αεροσκαφών (ιδιοκτήτες, τύπο αεροσκάφους, πιστοποιητικά πλοϊμότητας εν ισχύ)
- Λίστες με αεροσκάφη που έχουν περιορισμούς (απαγόρευση πτήσεων κ.α.)
- Προηγούμενες οφειλές σε αεροδρόμια για χρήση τους κ.α.

Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων

Η Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων (OCR / Optical Character Recognition) ονομάζεται η διαδικασία μετατροπής χειρογράφων ή έντυπων κειμένων σε κείμενο αναγνώσιμο από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων καθιστά εφικτή την εκ νέου επεξεργασία του κειμένου, αποφεύγοντας την δακτυλογράφηση του από την αρχή.

Τα συστήματα Οπτικής Αναγνώρισης Χαρακτήρων απαιτούν βαθμονόμηση για να διαβάσουν μια συγκεκριμένη γραμματοσειρά. Οι πρώτες εκδόσεις ήταν

προγραμματισμένες με εικόνες για κάθε χαρακτήρα και δούλευαν μια γραμματοσειρά την φορά. Τα ευφυή συστήματα με υψηλό δείκτη αναγνώρισης είναι πλέον κοινά.

Η εντολή “ocr” του MATLAB 2014b ενσωματώνει κώδικα με υψηλό ποσοστό επιτυχίας οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων. Μπορεί να:

- Αναγνωρίσει κείμενο μέσα σε εικόνα με ένα ποσοστό βεβαιότητας
- Αναγνωρίσει κείμενο σε περιοχές ενδιαφέροντος (ROI / Regions of interest)
- Παρουσιάσει Bounding Boxes λέξεων και ποσοστά βεβαιότητας
- Βρει και να σημειώσει κείμενο σε μια εικόνα

Η αναγνώριση κειμένου μέσα σε εικόνες είναι χρήσιμη σε πολλές εφαρμογές μηχανικής όρασης όπως έρευνα εικόνων, ανάλυση εγγράφων και πλοήγηση ρομπότ. Η εντολή “ocr” παρέχει έναν εύκολο τρόπο πρόσθεσης λειτουργίας οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών.

Παίρνει σαν είσοδο εικόνα MxNx3 αν είναι έγχρωμη ή MxN αν είναι γκρι ή ακόμα και σε δυαδική μορφή. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία αναγνώρισης μετατρέπει τις εικόνες σε δυαδική μορφή.

Χρησιμοποιεί την τεχνική κατωφλίωσης Otsu για τη μετατροπή. Για βέλτιστα αποτελέσματα πρέπει το μέγεθος των μικρών γραμμάτων να είναι πάνω από 20 pixels ύψος και η μέγιστη κλίση των γραμμάτων να είναι +-10%.

Η εντολή “ocr” επιστρέφει:

- το αναγνωρίσιμο κείμενο
- το ποσοστό βεβαιότητας αναγνώρισης
- τη θέση του κειμένου στην αρχική εικόνα

Η απόδοση αυτής της εντολής μεγιστοποιείται όταν το κείμενο είναι τοποθετημένο σε ένα ομοιόμορφο παρασκήνιο. Όταν το κείμενο είναι σε μη ομοιόμορφο παρασκήνιο χρειάζονται κάποια επιπλέον βήματα προ-επεξεργασίας της εικόνας, ώστε να έχουμε πάλι αποδεκτά αποτελέσματα.

Τέτοια προβλήματα διορθώνονται χρησιμοποιώντας τεχνικές “Correcting Nonuniform Illumination” και “Morphological Reconstruction”. Η πρώτη αφαιρεί τις μεταβολές του παρασκήνιου ώστε να ανιχνευτεί καλύτερα το κείμενο και η δεύτερη αφαιρεί τυχόν τεχνουργήματα που δημιουργούνται ακόμα και μετά τη χρήση της πρώτης τεχνικής.

Για να διευκολύνουμε την ανάγνωση του κειμένου μπορούμε να ενημερώσουμε την εντολή για τι ακριβώς ψάχνει (γράμματα ή αριθμούς) και να έχουμε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.

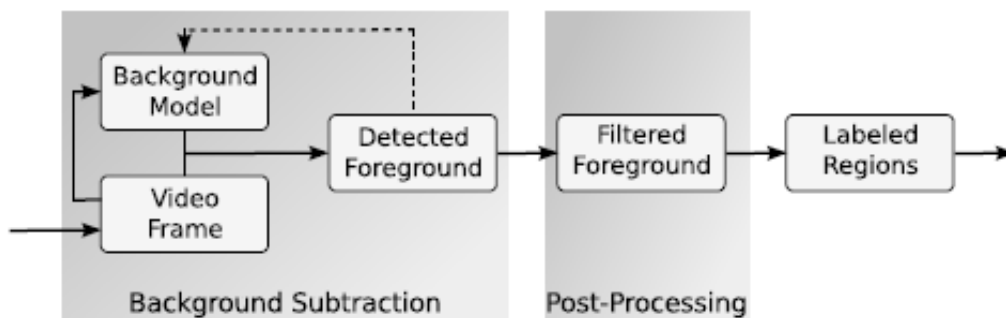
Κάποιες φορές χρειάζεται να ορίσουμε εμείς κάποια περιοχή (ROI) στην οποία θα ψάξει για κείμενο η εντολή ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα.

Αυτή την εντολή θα χρησιμοποιήσουμε και εδώ παρακάτω για την αναγνώριση του αριθμού νηολογίου. Θα κάνουμε επεξεργασία σε μέρος της εικόνας βασιζόμενοι σε στατιστική ανάλυση της θέσης του αριθμού νηολογίου.

Background subtraction

Η επεξεργασία βίντεο ώστε να διαχωριστούν αντικείμενα του προσκηνίου από το παρασκήνιο είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα σε πολλές εφαρμογές μηχανικής όρασης. Η αφαίρεση παρασκήνιου (BS / Background Subtraction) είναι μια συνηθισμένη τεχνική που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί αυτός ο διαχωρισμός. Η δημοτικότητα της τεχνικής BS προέρχεται από την μεγάλη υπολογιστική της απόδοση. Αυτό επιτρέπει σε εφαρμογές όπως διάδραση ανθρώπου – υπολογιστή, επιτήρηση με βίντεο και παρακολούθηση κυκλοφορίας, να επιτύχουν τους στόχους τους.

Βασική αρχή αυτής της τεχνικής είναι η σύγκριση μιας εικόνας προς παρατήρηση σε σχέση με μια εκτιμώμενη εικόνα αν αυτή δεν περιείχε καθόλου αντικείμενα ενδιαφέροντος. Τα σημεία όπου παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των δυο εικόνων υποδεικνύουν την περιοχή των αντικειμένων ενδιαφέροντος μας. Το όνομα “Background Subtraction” (αφαίρεση παρασκήνιου) προέρχεται από την απλή τεχνική της αφαίρεσης της παρατηρούμενης εικόνας από την εκτιμώμενη εικόνα και εφαρμογή κατωφλίου, παράγοντας έτσι τα αντικείμενα ενδιαφέροντος.



Εικόνα 18: Τυπική διαδικασία “Background subtraction” με μετ-επεξεργασία για εφαρμογές επιτήρησης

Η τεχνική BS αποτελεί το πρώτο σημαντικό βήμα σε πολλές εφαρμογές μηχανικής όρασης, περιλαμβάνοντας παρακολούθηση με βίντεο, καταγραφή ανθρώπινης κίνησης και παρακολούθηση κυκλοφορίας. Η απόδοση αυτών των εφαρμογών εξαρτάται από τον αλγόριθμο BS που χρησιμοποιείται καθώς αυτός πρέπει να είναι ανεκτικός ως προς τις αλλαγές φωτεινότητας, μικρές κινήσεις στοιχείων του παρασκήνιου (π.χ. δέντρα που ταλαντώνονται), εισαγωγή αντικειμένων στο παρασκήνιο (πχ. Σταθμευμένο όχημα) και σκιές που προέρχονται από τα κινούμενα αντικείμενα. Η υπολογιστική απόδοση είναι υψηλής προτεραιότητας σε αυτές τις εφαρμογές αφού σκοπό έχουν να τρέχουν σε πραγματικό χρόνο.

Η πιο συνηθής διαδικασία για να γίνει Background Subtraction είναι να κτιστεί ένα ακριβές μοντέλο του παρασκήνιου. Τα κινούμενα αντικείμενα τότε ανιχνεύονται παίρνοντας τη διαφορά μεταξύ του τρέχοντος Frame και αυτού του μοντέλου. Δημιουργείται μια δυαδική διαχωριστική μάσκα (binary segmentation mask) έτσι με την κατηγοριοποίηση κάθε Pixel ως κομμάτι του κινούμενου αντικειμένου αν η απόλυτη τιμή του είναι πάνω από ένα κατώφλι. Οι διαφορετικοί αλγόριθμοι BGS διαφέρουν ως προς το πώς ορίζουν και ενημερώνουν το μοντέλο του παρασκήνιου.

Παρόλη την επιτυχία των αλγόριθμων αφαίρεσης παρασκήνιου είναι ξεκάθαρο ότι χρειάζεται μετ-επεξεργασία (post-processing) ώστε να βελτιωθεί η απόδοση τους. Τα αποτελέσματα αυτής της μετ-επεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να βελτιώσουν άμεσα την διαχωριστική μάσκα και να ανατροφοδοτήσουν τον αλγόριθμο αφαίρεσης παρασκήνιου ώστε να διευκολύνουν την ενημέρωση του μοντέλου του παρασκήνιου. Η συνολική διαδικασία παρουσιάζεται στην **Εικόνα 18**.

Οι αλγόριθμοι αφαίρεσης παρασκήνιου πρέπει να αντιμετωπίσουν αρκετές δοκιμασίες προερχόμενες από τη φύση της επίβλεψης με βίντεο. Κύρια θέματα που αντιμετωπίζουν είναι:

- **Σταδιακές αλλαγές στο φωτισμό:** Είναι θεμιτό το μοντέλο του παρασκήνιου να προσαρμόζεται σε σταδιακές αλλαγές στην εμφάνιση του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα σε εξωτερικά σκηνικά, η ένταση του φωτός αλλάζει με την ώρα της ημέρας.
- **Ξαφνικές αλλαγές στο φωτισμό:** Ξαφνικές μεμονωμένες αλλαγές δεν καλύπτονται από το μοντέλο παρασκήνιου. Συμβαίνουν για παράδειγμα με την ξαφνική αλλαγή του φωτός, επηρεάζοντας σημαντικά την εμφάνιση του παρασκήνιου, προκαλώντας ψευδείς θετικές ανιχνεύσεις.

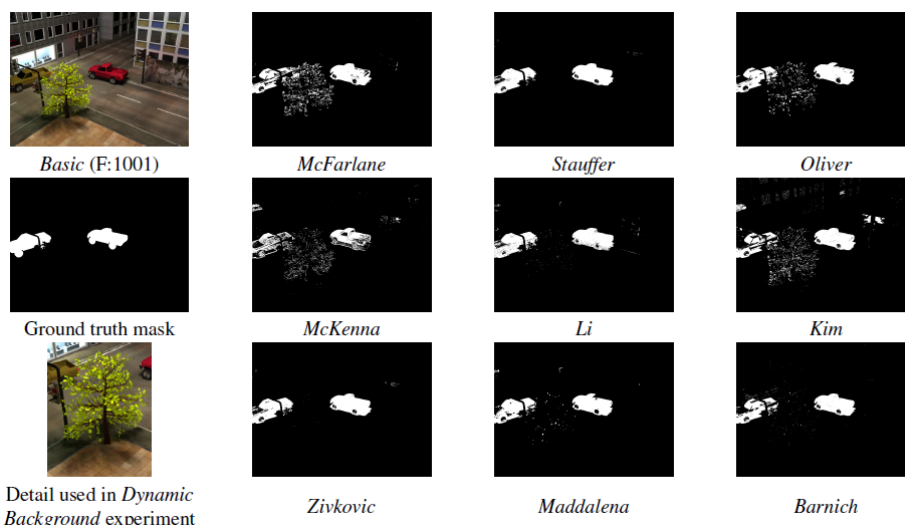
- **Δυναμικό παρασκήνιο:** Κάποια κομμάτια του σκηνικού μπορεί να περιέχουν κίνηση, άλλα πρέπει να θεωρούνται παρασκήνιο. Αυτές μπορεί να είναι περιοδικές ή ακαθόριστες. (π.χ. φωτεινοί σηματοδότες, κυματισμοί δέντρων)
- **Καμουφλάζ:** Εσκεμμένα ή όχι, κάποια αντικείμενα μπορεί να διαφέρουν ελάχιστα από την εμφάνιση του παρασκηνίου, κάνοντας την αναγνώριση δύσκολη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε εφαρμογές επιτήρησης.
- **Σκιές:** Σκιές που δημιουργούνται από αντικείμενα του προσκήνιο συχνά δυσκολεύουν την περαιτέρω επεξεργασία που ακολουθεί την BS. Για παράδειγμα, αλληλεπικαλυπτόμενες σκιές αποκρύπτουν τη διαφοροποίηση τους και δυσκολεύουν το διαχωρισμό.
- **Θόρυβος βίντεο:** Το σήμα βίντεο γενικά περιέχει πολύ θόρυβο. Οι τεχνικές BS για επίβλεψη, πρέπει να μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά διαφορετικά είδη θορύβου.

Method (first author)	Year	Model representation	Features	Model scale	Adaptive	Foreground detection
McFarlane [20]	1995	unimodal (median)	color	pixel	yes	DM
Stauffer [26]	1999	multimodal (Gaussian)	color	pixel	yes	DM
Oliver [22]	2000	linear subspace	pixel correlation (color)	frame	no	DM
McKenna [21]	2000	unimodal (Gaussian)	chromaticity, gradient	pixel	yes	DM
Li ² [18]	2003	non-parametric (discretized)	color, co-occurrence	pixel	yes	FD, DM
Kim [16, 17] ³	2004	multimodal (codeword)	color, luminance	pixel	yes	DM
Zivkovic ⁴ [29]	2006	multimodal (Gaussian)	color	pixel	yes	DM
Maddalena ⁵ [19]	2008	multimodal (mean)	color	pixel ⁷	yes	DM
Barnich ⁶ [1]	2009	non-parametric/non-recursive	color	pixel ⁷	yes	DM

FD: Frame Difference

DM: Difference to model

Πίνακας 2: Πρόσφατες τεχνικές BS



Εικόνα 19: Αντιπροσωπευτικές μάσκες προσκήνιο των διαφορετικών τεχνικών.

Στη **πηγή** [7] συγκρίνονται οι πρόσφατες τεχνικές BS που φαίνονται περιληπτικά στον **Πίνακα 2**. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε παράδειγμα στην **Εικόνα 19**. Καλύτερα αποτελέσματα παρουσιάζουν οι τεχνικές των:

- **Li,**
- **Zivkovic,**
- **Maddalena** και
- **Barnich.**

Στην περίπτωση της αναγνώρισης αριθμού νηολογίου ενός αεροσκάφους, έχουμε να κάνουμε με ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται εδώ για την αναγνώριση παρασκήνιου και προσκήνιου έχει να κάνει με τις ιδιαιτερότητες και τα μέτρα ασφάλειας ενός χώρου όπως αυτό του χώρου κίνησης των αεροσκαφών. Ένα αεροσκάφος όταν κινείται είτε μέσα στο διάδρομο είτε στον τροχόδρομο έχει κάποιες αποστάσεις ασφάλειας από τα άλλα αεροσκάφη. Η χρήση του BS εδώ έχει να κάνει με αναγνώριση του frame με το μεγαλύτερο μέρος του αεροσκάφους μέσα σε αυτό, σίγουρα περιλαμβανόμενης και της ουράς. Τελικά εμείς ορίσαμε σαν μοντέλο (Difference to model) το πρώτο frame κάθε βίντεο όπου δεν έχει εμφανιστεί ακόμα το αεροσκάφος και αφαιρούμε από κει τα επόμενα frames του βίντεο.

Κατωφλίωση (thresholding)

Γενικά

Η δυαδική μετατροπή (binarization) εγγράφων και φωτογραφιών είναι αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης τα τελευταία 25 χρόνια. Η επιλογή κατάλληλου αλγόριθμου για κάθε περίπτωση αποδεδείχθηκε ότι είναι πολύ δύσκολη διαδικασία. Σε αυτά τα χρόνια έχουν παρουσιαστεί αρκετοί αλγόριθμοι με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Γενικά χωρίζονται σε

- καθολικούς (global)
- τοπικούς (local)
- υβριδικούς (hybrid)

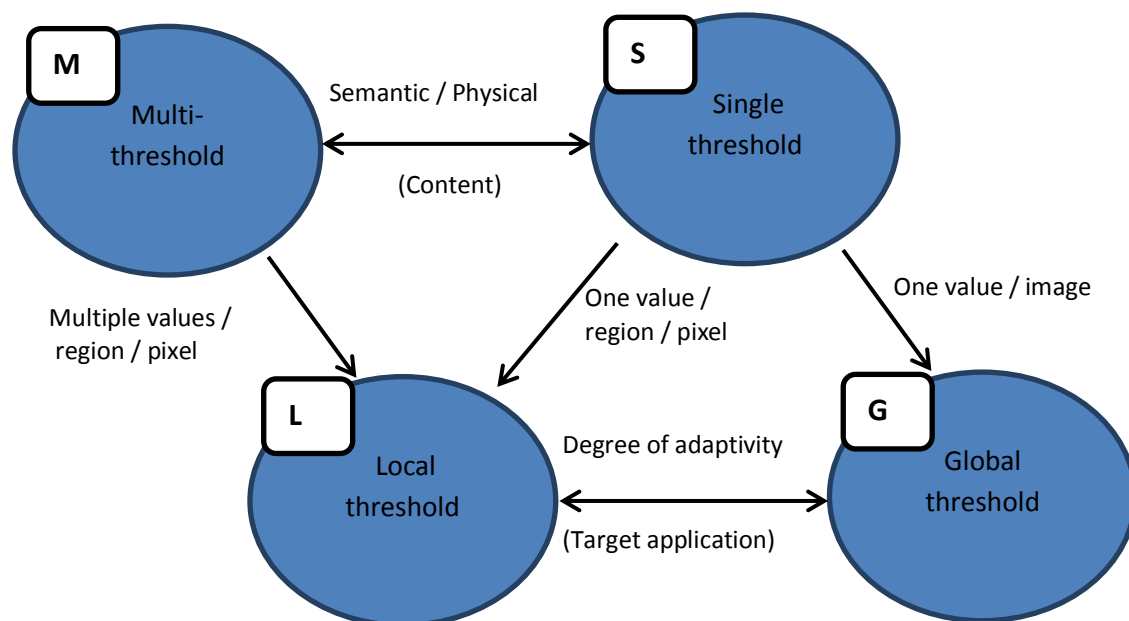
Στους αλγόριθμους καθολικής κατωφλίωσης όπως αυτή του Otsu, επιλέγεται μια τιμή ως κατώφλι και στη συνέχεια όλες οι στάθμες κάτω από αυτό μετατρέπονται σε κείμενο και εκείνες που είναι πάνω από το κατώφλι μετατρέπονται σε υπόβαθρο. Η σωστή επιλογή του κατωφλίου είναι σημαντική τόσο για τον περιορισμό του θορύβου όσο και για την ποιότητα και το πάχος των χαρακτήρων της τελικής εικόνας. Με αυτό τον τρόπο κάθε Pixel κατατάσσεται σε προσκήνιο ή παρασκήνιο ανάλογα με την τιμή του γκρι που του

αντιστοιχεί. Αυτές οι μέθοδοι είναι ταχύτερες και δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα σε συνθήκες όπου ο διαχωρισμός φόντου και κειμένου είναι ξεκάθαρος. Όμως αν υπάρχει ανομοιόμορφος φωτισμός, όπως στην δική μας περίπτωση, οι αλγόριθμοι καθολικής κατωφλίωσης παράγουν αρκετό θόρυβο.

Στις μεθόδους τοπικής κατωφλίωσης αναζητούνται τιμές κατωφλίων ανάλογα με την τοπική πληροφορία της εικόνας. Σε αντίθεση με τις μεθόδους καθολικής κατωφλίωσης που μπορούν να εφαρμοστούν μόνο στις περιπτώσεις όπου υπάρχει σαφής διάκριση των περιοχών του κειμένου από το υπόβαθρο, οι μέθοδοι τοπικής κατωφλίωσης επιτυγχάνουν τη βέλτιστη δυαδική μετατροπή ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν πληρούν αυτές τις προϋποθέσεις. Αυτές οι μέθοδοι όμως συχνά έχουν χαμηλή ταχύτητα, αφού γίνεται υπολογισμός για κάθε ρικελ και της γειτονιάς του.

Οι υβριδικοί αλγόριθμοι όπως ο βελτιωμένος IGT [Kavallieratou 2005] είναι ένας συνδυασμός καθολικής εφαρμογής του σε όλο το έγγραφο και έπειτα τοπική κατωφλιού στα σημεία που χρειάζονται. Αναλυτικότερα

1. εφαρμόζεται ο κλασικός αλγόριθμος σε όλο το έγγραφο υπολογίζοντας ένα καθολικό κατώφλι,
2. ανιχνεύονται τα σημεία με εναπομείναντα θόρυβο,
3. εφαρμόζεται ξανά ο αλγόριθμος σε αυτά τα σημεία υπολογίζοντας ένα τοπικό κατώφλι αυτή τη φορά.



Εικόνα 20: Ταξινόμηση συνδυασμών κατωφλίωσης (MSLG)

Η ταξινόμηση τους στις τεχνικές κατωφλίωσης σύμφωνα την τοπικότητα της επεξεργασίας που χρησιμοποιείται και στα χαρακτηριστικά / περιεχόμενο της εικόνας, φαίνεται στην Εικόνα 20.

Sauvola local thresholding

Γενικά η μέθοδος Sauvola [8] υπολογίζει τοπικό κατώφλι χρησιμοποιώντας τη τοπική μέση τιμή και την τοπική μέση απόκλιση στη γειτνίαση του pixel, αλλά χρησιμοποιώντας μια κάπως πιο πολύπλοκη φόρμουλα από αυτή του Niblack η οποία προϋπήρχε. Σε αυτή τη μέθοδο το κατώφλι υπολογίζεται από τον τύπο:

$$T(x, y) = m(x, y) \cdot [1 + k \cdot \left(\frac{s(x, y)}{R} - 1\right)] \quad (1)$$

Οπού

Ο συντελεστής m μειώνει το κατώφλι σε περιοχές του φόντου,

R (εμβέλεια της τυπικής αποκλισης)=128 για 8bit γκρι εικόνες,

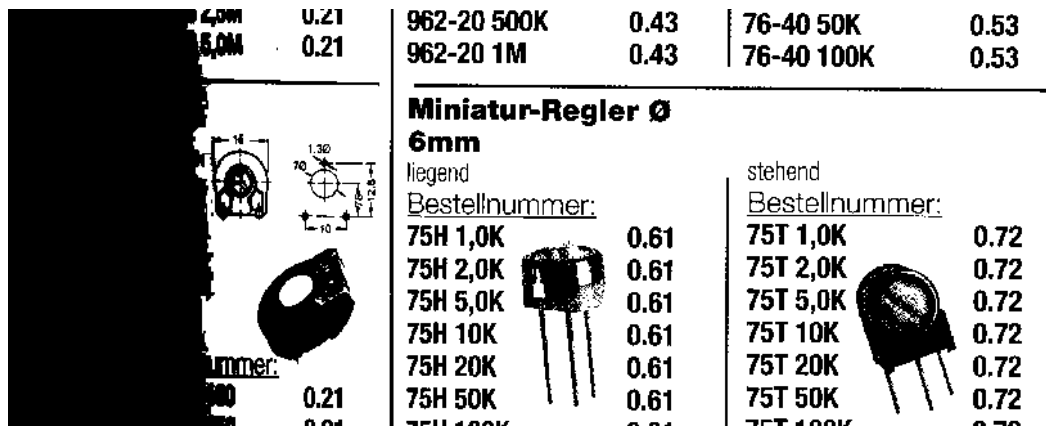
$k=0.5$

Η μέθοδος των Integral images

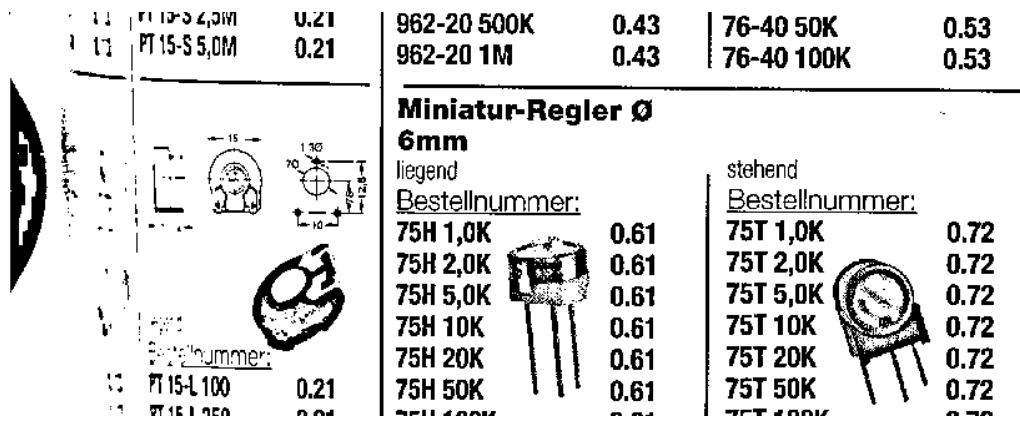
Η μέθοδος των integral images αποτελεί μια βελτιωμένη εκδοχή του αλγόριθμου κατωφλίωσης του Sauvola την οποία εφαρμόζουμε παρακάτω και χρησιμοποιεί υποπίνακες για τον υπολογισμό της συνάρτησης του κατωφλίου. Η μελέτη των Shafait, Keysers και Breuel [9] έβγαλε ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη μέθοδο Sauvola όσο αναφορά στις μεθόδους τοπικού κατωφλίου και για τη μέθοδο Otsu όσο αναφορά στις μεθόδους καθολικού κατωφλίου. Η Otsu υπερτερεί σε ταχύτητα και η Sauvola σε απόλυτα αποτελέσματα. Παρουσίασαν λοιπόν μια μέθοδος που χρησιμοποιεί υποπίνακες και συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δυο αυτών μεθόδων, την ταχύτητα της μεθόδου Otsu και των αποτελεσμάτων της μεθόδου Sauvola. Αποτελέσματα χρήσης των μεθόδων Otsu, Sauvola και της νέας μεθόδου φαίνονται στις Εικόνα 21 Εικόνα 22, Εικόνα 23 και Εικόνα 24 όπου διακρίνεται η καλύτερη ποιότητα της μεθόδου Sauvola (Εικόνα 23), η καλύτερη ταχύτητα της Otsu (Εικόνα 22) και ο συνδυασμός τους στη νέα μέθοδο (Εικόνα 24).



Εικόνα 21: Αρχική εικόνα (842 x 324)



Εικόνα 22: Αποτέλεσμα Otsu (t=16msec)



Εικόνα 23: Αποτέλεσμα Sauvola (t=484msec)

11	PT 15-S 4,0M	0.21	962-20 500K	0.43	76-40 50K	0.53
11	PT 15-S 5,0M	0.21	962-20 1M	0.43	76-40 100K	0.53
Miniatür-Regler Ø 6mm						
			legend <u>Bestellnummer:</u>		stehend <u>Bestellnummer:</u>	
			75H 1,0K	0.61	75T 1,0K	0.72
<u>Bestellnummer:</u>			75H 2,0K	0.61	75T 2,0K	0.72
PT 15-L 100 0.21			75H 5,0K	0.61	75T 5,0K	0.72
PT 15-L 250 0.21			75H 10K	0.61	75T 10K	0.72
			75H 20K	0.61	75T 20K	0.72
			75H 50K	0.61	75T 50K	0.72

Εικόνα 24: Αποτελέσματα νέας μεθόδου ($t=47\text{msec}$)

Στην περίπτωση αναγνώρισης αριθμών νηολογίου πάνω στα αεροσκάφη που έχουμε να μελετήσουμε εδώ, έχουμε να κάνουμε με ανομοιομορφία στο φωτισμό αλλά και στο χρωματισμό αλλά όχι τόσο στις γραμματοσειρές. Οπότε είναι κατανοητό ότι μια απλή μέθοδος καθολικού κατωφλίου δεν θα μας ικανοποιήσει. Επειδή όμως σκοπός είναι να έχουμε και σχετικά άμεσα αποτελέσματα θέλουμε υψηλές ταχύτητες, οπότε και μια μέθοδος τοπικού κατωφλίου δεν θα είναι η βέλτιστη λύση από πλευράς ταχύτητας. Αυτή η μέθοδος των integral images χρησιμοποιείται εδώ.

Κεφάλαιο 4

Εξοπλισμός

4. Εξοπλισμός

Παρακάτω περιγράφεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη εργασία αλλά και αυτός που προτείνεται για την πλήρης αξιολόγηση της πρότασης αυτής.

Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός

Στην καταγραφή των βίντεο των αεροσκαφών χρησιμοποιήθηκαν τρεις κάμερες:

- **Sony DCR – SR35**
- **Sanyo Xacti VPC-CG10**
- **Panasonic TZ20**

Η κάμερα **Sony DCR – SR35** είναι μια βιντεοκάμερα με σκληρό δίσκο. Τα βασικά χαρακτηριστικά της φαίνονται παρακάτω:

- **Ανάλυση Videos:** HD: 1280 x 720 (30 fps/ 9Mbps), SP: 640 x 480 (60 fps/6Mbps), LP: 640 x 480 (30 fps/3Mbps).
- **Φακός:** Carl Zeiss, 40x optical zoom lens Aperture: F=1.8-4.1.
- **Ψηφιακό ζουμ:** 2000 x
- **Ευαισθησία χαμηλού φωτός:** min 6 lux, with Nightshot min 0 lux.
- **Ευαισθησία:** Auto (ISO 50-400), Manual (ISO 50/100/200/400/800/1600, Switching system).
- **Συνδεσιμότητα:** AV output, S video, USB 2.0 (high-speed mode συμβατό).
- **Πηγή ισχύος:** Μπαταρία ιόντων λιθίου.
- **Διαστάσεις:** 76.3 (W) x 76.6 (H) x 112.8 (D) mm.
- **Βάρος:** 350g.

Η βασική έλλειψη της συγκεκριμένης ήταν η έλλειψη hd video, Οπότε δεν ήταν ικανή να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε τέτοια απόσταση. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ένα επιπλέον σκριπτ στην προσπάθεια βελτίωσης της εικόνας (checkContrast.m)

Όμως μπορούσε να καταγράψει συνεχόμενα λόγω του μεγάλου σκληρού δίσκου ακόμα και όταν ήταν συνδεδεμένη σε εξωτερική παροχή ρεύματος.

Η κάμερα **Sanyo Xacti VPC-CG10** έχει κύρια χαρακτηριστικά που φαίνονται παρακάτω:

- **Ανάλυση Videos:** HD-SHQ: 1280 x 720 (30 fps/ 9Mbps), TV-HR: 640 x 480 (60 fps/6Mbps), TV-SHQ: 640 x 480 (30 fps/3Mbps).
- **Φακός:** 5x optical zoom lens Aperture: F=3.5(W)-3.7(T).

- **Ψηφιακό ζουμ:** Shooting: 12x max., Playback 62.5x max. (12M mode, εξαρτάται από την ανάλυση).
- **Ευαισθησία χαμηλού φωτός:** σχεδόν 16 lux (Auto mode, 1/30 sec.), σχεδόν 4 lux (High-sensitivity/ Lamp mode, 1/15 sec.).
- **Ευαισθησία:** Auto (ISO 50-400), Manual (ISO 50/100/200/400/800/1600, Switching system).
- **Συνδεσιμότητα:** AV output Video: Composite video, NTSC/PAL, USB 2.0 (high-speed mode συμβατό).
- **Πηγή ισχύος:** Μπαταρία ιόντων λιθίου (DB-L80 included: 700mAh).
- **Κατανάλωση ρεύματος:** 2.7 watt όταν τραβά video.
- **Διαστάσεις:** 72.0 (W) x 112.8 (H) x 38.0 (D) mm.
- **Βάρος:** 171g.

Η κάμερα αυτή αποδείχθηκε ότι είχε κάποια **μειονεκτήματα** σε σχέση με μια επαγγελματική εξειδικευμένη λύση:

- Έχει περιορισμένο οπτικό ζουμ της τάξης του x5, κάτι που περιορίζει την κοντινή λήψη της περιοχής της ουράς του αεροσκάφους.
- Δεν παρέχει δυνατότητα συνεχούς καταγραφής βίντεο
- Μειωμένη δυνατότητα καταγραφής βίντεο σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού
- Δεν έχει δυνατότητα λειτουργίας χωρίς μπαταρία.
- Δεν έχει αντοχή σε αντίξοες καιρικές συνθήκες (βροχή - υψηλές θερμοκρασίες) για εξωτερική χρήση.
- Δεν έχει δυνατότητα καταγραφής βίντεο με δειγματοληψία μεγαλύτερη από 30 fps σε HD

Αλλά και κάποια **πλεονεκτήματα** που μας διευκόλυναν αρκετά στη συγκεκριμένη χρήση:

- Έχει μικρές διαστάσεις και βάρος
- Δίνει δυνατότητα καταγραφής βίντεο υψηλής ανάλυσης (1280x768)
- Έχει μεγάλη αυτονομία.

Ενώ η **Panasonic TZ20** έχει τα παρακάτω:

- **Ανάλυση Videos:** 1920 x 1080 (60fps), 1280 x 720 60fps, (30 fps), 640 x 480 (30 fps).

- **Φακός:** 12x optical zoom lens Aperture: F=3.5(W)-3.7(T).
- **Ψηφιακό ζουμ:** Shooting: 4x max
- **Ευαισθησία:** Auto (ISO 50-400), Manual (ISO 50/100/200/400/800/1600, Switching system).
- **Συνδεσιμότητα:** HDMI, USB 2.0 (high-speed mode συμβατό).
- **Πηγή ισχύος:** Μπαταρία ιόντων λιθίου
- **Κατανάλωση ρεύματος:** CIPA 260.
- **Διαστάσεις:** 105 (W) x 55 (H) x 33.0 (D) mm.
- **Βάρος:** 219g.

Η Panasonic μας έδωσε πολύ καλύτερη ευκρίνεια και έτσι πήραμε καλύτερα αποτελέσματα στα βίντεο που καταγράφηκαν με αυτήν . Όμως και οι δυο είναι ερασιτεχνικές κάμερες για χόμπι και σίγουρα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν εξειδικευμένες ή επαγγελματικές. Η χρήση μιας τέτοιας κάμερας θα μας έδινε σίγουρα καλύτερα αποτελέσματα.

Κεφάλαιο 5

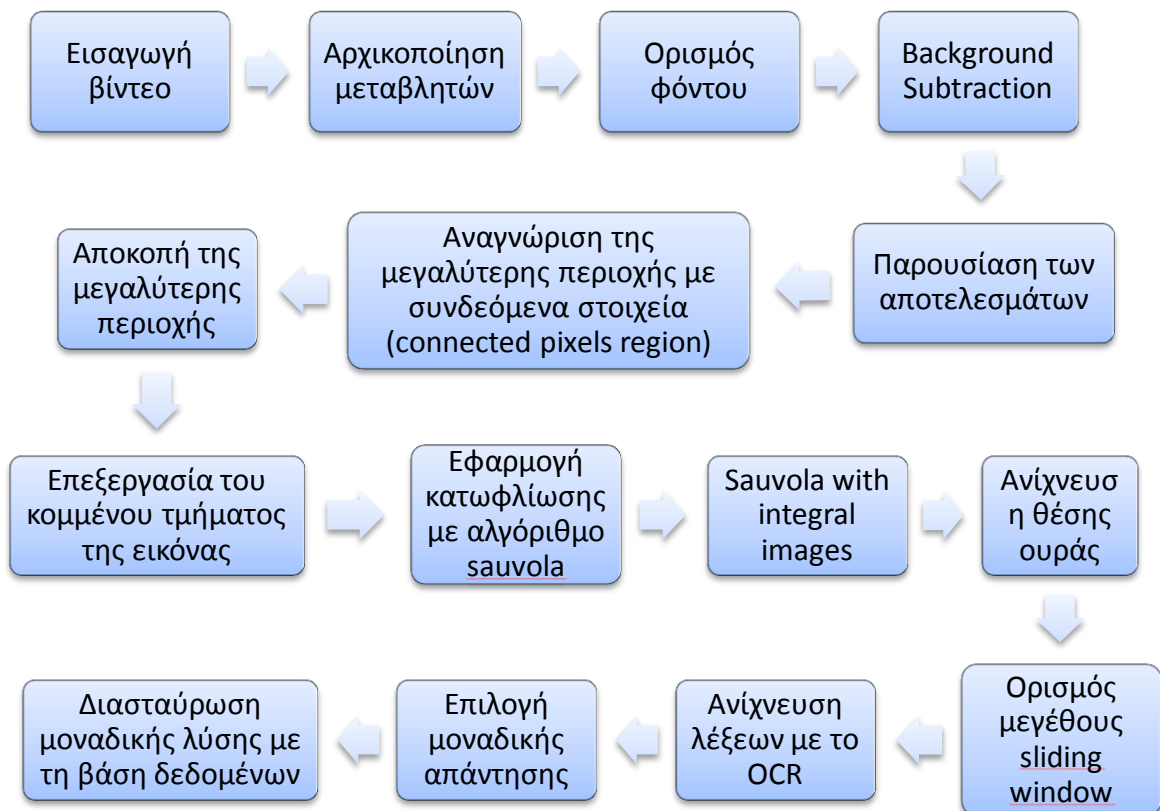
Περιγραφή – Ανάλυση

Κώδικα

5. Περιγραφή και ανάλυση κώδικα

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο κώδικας που δημιουργήθηκε προκειμένου να γίνει αναγνώριση του αριθμού νηολόγιου του αεροσκάφους και να γίνει διασταύρωση με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων του αεροδρομίου και να πάρουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Αυτό γίνεται σε στάδια τα οποία φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 25 :



Εικόνα 25: Block Diagram του αλγόριθμου

1. Εισαγωγή βίντεο

Αρχικά γίνεται εισαγωγή του βίντεο (εδώ: "aircraft.mp4") και γίνεται ανάγνωση των χαρακτηριστικών του

```

% Aircraft Video Input and splitting to frames
vid=VideoReader('aircraft.mp4');
numFrames = vid.NumberOfFrames;
vidHeight = vid.Height;
vidWidth = vid.Width;
vidFrames = read(vid);
n=numFrames;
  
```


2. Αρχικοποίηση μεταβλητών

Εδώ γίνεται αρχικοποίηση των διαφόρων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται παρακάτω. Το `threshold =75` έχει οριστεί με δοκιμές **try and error** μιας και δεν έχει σημασία ακριβώς πόσο θα είναι το κατώφλι εδώ. Ψάχνουμε για κάτι σχετικό και όχι απόλυτο.

```
%Initialization of variables
mov=[];
i=0;
lastDiff.index=0;
lastDiff.diff=0;
bgsum=0;
cols=vid.Width;
lines=vid.Height;
threshold=75;
```

3. Ορισμός φόντου

Σε πρώτη φάση γίνεται εισαγωγή των frames του βίντεο. Έπειτα ορίζεται το πρώτο frame ως το φόντο (Εικόνα 26).

```
% inserting frames
for k = 1 : n
    % first frame as background
    if (k==1)
        tmp = vidFrames(:, :, :, k); % set for k=1 background frame
        bg=rgb2gray(tmp); % gray scale background
        bg=bg(1:lines,1:cols);
        bgsum=sum(bg(:)); % sum of values of all pixels in gray
    scale
end
```



Εικόνα 26: Πρώτο frame του βίντεο “aircraft.mp4” ορίζεται ως : “Background”

4. BGS

Έπειτα αφαιρείται κάθε frame από το πρώτο frame που είναι το φόντο ώστε να βρεθεί αυτό που έχει τη μεγαλύτερη διαφορά από αυτό.

```

if (mod(k,2)==0)

    i=i+1;
    frame = vidFrames(:,:, :,k); % taking frame from frame
sequence
    mov(i).gray=rgb2gray(frame); % gray scale frame
    mov(i).gray=mov(i).gray(1:lines,1:cols);
    mov(i).sum=sum(mov(i).gray(:)); % sum of values of all pixels

    if lastDiff.diff < sum(sum(abs(bg-mov(i).gray)>threshold))

        lastDiff.diff = sum(sum(abs(bg-mov(i).gray)>threshold));
        lastDiff.index = i;
        lastDiff.gray = mov(i).gray;
        lastDiff.sum = mov(i).sum;
        lastDiff.log = abs((bg-mov(i).gray)>threshold);

    end

    subplot(2,1,1)
    imshow(mov(i).gray)
    title({'Frame ', num2str(i), ' Sum of values of pixels ',
num2str(mov(i).sum)})

    subplot(2,1,2)
    imshow(abs(bg-mov(i).gray)>threshold)
%     title(num2str(bgsum-mov(myI).sum))
    title(num2str(sum(sum(abs(bg-mov(i).gray)>threshold))))

    % pause(0.01);
end
end

```

5. Παρουσίαση των μερικών αποτελεσμάτων

Σε αυτό το σκέλος γίνεται παρουσίαση του frame που επιλέχθηκε και έχει τη μεγαλύτερη διαφορά από το φόντο και άρα το μεγαλύτερο ποσοστό λευκών pixel αφού έχει γίνει κατωφλίωση της διαφοράς των συγκεκριμένων frames (Εικόνα 27).

```

frameCoveragePercentage=(lastDiff.diff*100)/(lines*cols);

%%
figure(2)
subplot(2,1,1)
imshow(lastDiff.gray)
title(['Aircraft Tail in frame ', num2str(lastDiff.index), ' Sum of
values of pixels ', num2str(lastDiff.sum)])

```

```
subplot(2,1,2)
imshow(lastDiff.log)
title(['Aircraft Tail in frame ', num2str(lastDiff.index), ' Number
of pixels "on" ', num2str(lastDiff.diff)], [' Frame Coverage
Percentage ', num2str(frameCoveragePercentage), ' %'])
```

Aircraft Tail in frame 131 Sum of values of pixels 43339306



**Aircraft Tail in frame 131 Number of pixels "on" 83266
Frame Coverage Percentage 20.3127 %**



Εικόνα 27: Frame που επιλέχτηκε και στοιχεία του

6. Αναγνώριση της μεγαλύτερης περιοχής με συνδεδεμένα στοιχεία (connected pixels region)

Εδώ βάζουμε ετικέτες σε περιοχές της δυαδικής μορφής της εικόνας στην προσπάθεια μας να βρούμε τη μεγαλύτερη που θα περιέχει το αεροσκάφος.

```
% Label the disconnected foreground regions (using 8 conned
neighborhood)
I=lastDiff.log;
Bgray=lastDiff.gray;

B1=Bgray>graythresh(Bgray)*255; % covert to binary
siz=size(B1); % image dimensions
L = bwconncomp(B1, 8);
numPixels = cellfun(@numel,L.PixelIdxList);
[biggestSize,idx] = max(numPixels);
BW2 = false(size(B1));
BW2(L.PixelIdxList{idx}) = true;
```

```
s = regionprops (BW2, 'BoundingBox');
```

7. Αποκοπή της μεγαλύτερης περιοχής

Εδώ αποκόπτουμε το μεγαλύτερο κομμάτι που περιέχει τουλάχιστον το κατακόρυφο της ουράς τους αεροσκάφους και άρα το νηολόγιο. Έτσι θα περιορίσουμε την περιοχή έρευνας μας και άρα θα μειωθεί ο χρόνος ανίχνευσης με το OCR (**Εικόνα 28**).

```
%this gives us a rectangle s.BoundingBox which we crop in order to
limit our text search area
B = imcrop (Bgray,s.BoundingBox);
[frameHeight, frameWidth]=size (B);
```



Εικόνα 28: Περιοχή με τα περισσότερα συνδεδεμένα στοιχεία

8. Επεξεργασία του κομμένου τμήματος της εικόνας

Επεξεργαζόμαστε με ιστόγραμμα κομμάτι της εικόνας που μας ενδιαφέρει. Εδώ χρησιμοποιούμε την εντολή **adapthisteq** (Εικόνα 29) του MATLAB που μας έβγαλε καλύτερα αποτελέσματα από την **histeq** ή και άλλους αλγόριθμους βελτίωσης της τελικής εικόνας (πχ: **imadjust**). Η εντολή **adapthisteq** λειτουργεί τοπικά σε αντίθεση με την **histeq** που λειτουργεί σε όλη την εικόνα ταυτόχρονα.

```
% Preprocessing the cropped-limited image
Jh=adapthisteq (B);
```

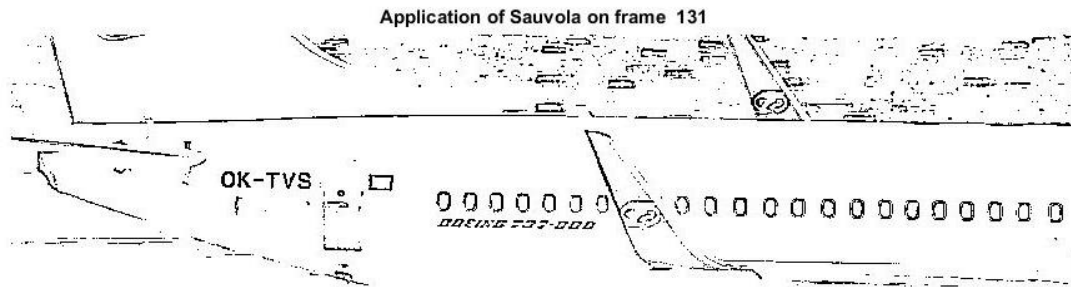


Εικόνα 29: Εφαρμογή adapthisteq

9. Εφαρμογή κατωφλίωσης με αλγόριθμο sauvola

Εδώ εφαρμόζουμε μια παραλλαγή του Sauvola (Εικόνα 30) που θα αναλυθεί παρακάτω.

```
YI=sauvola2(Jh);
figure
imshow(YI)
title(['Application of Sauvola on frame ', num2str(lastDiff.index)])
```



Εικόνα 30: Εφαρμογή Sauvola

10. Sauvola with integral images

Ακολουθεί η function που εξάγει την κατωφλίωση με την παραλλαγή του Sauvola. Πρώτα ορίζουμε τις μεταβλητές μας. Ορίζουμε την περιοχή που θα εφαρμόζεται το κατώφλι σε 3X3 αντί για ολόκληρη την εικόνα. Από την έρευνα που υπάρχει στην πηγή [10] βρέθηκε ότι η βέλτιστη τιμή για το k είναι 0.34.

Χρησιμοποιούμε μια ακόμα συνάρτηση (averagefilter) που εφαρμόζουμε στις γειτονιές 3X3 για να βρούμε τη μέση τιμή και την απόκλιση που θα χρησιμοποιήσουμε στον τύπο του Sauvola (1).

Η function 'averagefilter.m' χρησιμοποιεί το παράθυρο που έχουμε ορίσει ώστε να βρούμε τη μέση τιμή του Pixel που περικλείει το παράθυρο που έχουμε ορίσει.

```
function output=sauvola2(image, varargin)
% Initialization
numvarargs = length(varargin);           % only want 3 optional inputs at
most
optargs = {[3 3] 0.34 'replicate'}; % set defaults
optargs(1:numvarargs) = varargin; % use memorable variable names
[window, k, padding] = optargs{:};

% Convert to double
image = double(image);

% Mean value
mean = averagefilter(image, window, padding);
```

```

% Standard deviation
meanSquare = averagefilter(image.^2, window, padding);
deviation = (meanSquare - mean.^2).^0.5;

% Sauvola
R = max(deviation(:));
threshold = mean.*(1 + k * (deviation / R-1));
output = (image > threshold);
end

```

11. averagefilter.m

```

function image=averagefilter(image, varargin)

numvarargs = length(varargin);

```

Εδώ ορίζουμε τις παραμέτρους για την function averagefilter.

```

optargs = {[3 3] 0}; % set defaults for optional inputs
optargs(1:numvarargs) = varargin;
[window, padding] = optargs{:}; % use memorable variable names
m = window(1);
n = window(2);

```

Παίρνουμε τις διαστάσεις της εικόνας

```

% Initialization.
[rows columns] = size(image); % size of the image

```

Έπειτα προσθέτουμε μαύρα pixels στην αρχή και στο τέλος των γραμμών/στηλών. Αυτό γίνεται για να αποφύγουμε παραμορφώσεις στα άκρα της εικόνας. Εδώ δε μας ενοχλούν τα άκρα οπότε το αφήνουμε 0.

```

% Pad the image.
imageP = padarray(image, [(m+1)/2 (n+1)/2], padding, 'pre');
imagePP = padarray(imageP, [(m-1)/2 (n-1)/2], padding, 'post');

% Always use double because uint8 would be too small.
imageD = double(imagePP);

```

Εδώ προχωράμε στον υπολογισμό του μέσου όρου κάθε παράθυρου 3X3 για τη γειτονιά κάθε pixel και έτσι παίρνουμε μια νέα εικόνα την οποία μετατρέπουμε στο τέλος στην ίδια κλάση που ήταν πριν.

```

% Matrix 't' is the sum of numbers on the left and above the current cell.
t = cumsum(cumsum(imageD), 2);

```

```

% Calculate the mean values from the look up table 't'.
imageI = t(1+m:rows+m, 1+n:columns+n) + t(1:rows, 1:columns) ...
        - t(1+m:rows+m, 1:columns) - t(1:rows, 1+n:columns+n);

% Now each pixel contains sum of the window. But we want the average
value.
imageI = imageI/(m*n);

% Return matrix in the original type class.
image = cast(imageI, class(image));
end

```

12. Ανίχνευση θέσης ουράς

Εδώ συγκρίνουμε το πάνω αριστερά (IL) κομμάτι της εικόνας με το πάνω δεξιά (IR) ώστε να βρούμε σε πιο τέταρτο είναι η ουρά και έτσι να μειώσουμε το χρόνο ανίχνευσης. Από το σύνολο των pixels καταλαβαίνουμε αν είναι αριστερά ή δεξιά δηλαδή αν το αεροσκάφος πηγαίνει δεξιά ή αριστερά αντίστοιχα. Αν είναι πάνω αριστερά τα περισσότερα Pixels, παίρνουμε το αριστερό μισό της εικόνας και ανάλογα για τα δεξιό κομμάτι.

```

IL=I(1:vidHeight/2,1:vidWidth/2);
IR=I(1:vidHeight/2,vidWidth/2+1:vidWidth);

if sum(sum(IL))>sum(sum(IR))
    im=YI(:,1:ceil(frameWidth*2/3)); % taking left half of best match
frame
else
    im=YI(:,ceil(frameWidth/3):frameWidth); % taking right half of
best match frame
end
%%

```

13. Ορισμός μεγέθους sliding window

Το μέγεθος του παραθύρου ανίχνευσης με την εντολή OCR εξαρτάται από την απόσταση της κάμερας και το ζουμ. Έτσι ορίζεται χειροκίνητα αφού ανάλογα τη θέση της κάμερας θα οριστεί άπαξ.

```

% Specifying sliding window size. That's depends on the position of
the
% camera in the apron
win_size = [90,40]; %the window size of detection
X=win_size(1); % no of rows of sliding window
Y=win_size(2); % no of columns of sliding window

[bottomRow, rightCol] = size(im); % [No of rows, No of Columns] of
frame

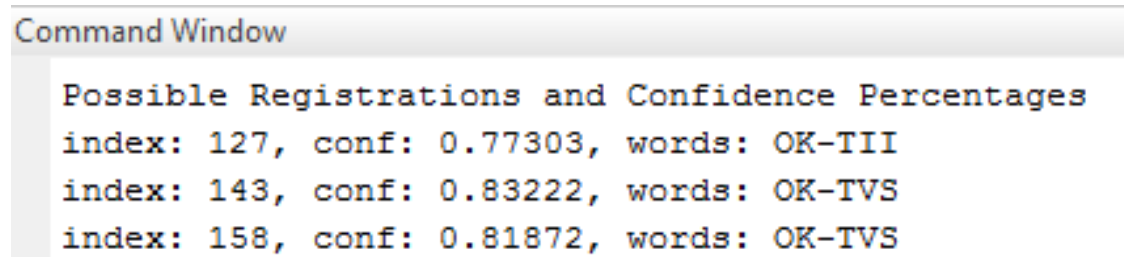
% preallocation
counter=1;

```

```
hit=1;
posRegs=[];
figure
```

14. Ανίχνευση λέξεων με το OCR

Γίνεται επαναληπτική χρήση της εντολής OCR.m του MATLAB ανά στήλη και γραμμή. Το βήμα σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το μέγεθος του sliding window και ορίστηκε με δοκιμές σε $X/4$ και $Y/4$ όπου X και Y οι διαστάσεις του κυλιόμενου παράθυρου. Αφού έχουμε ορίσει κάθε φορά τα τέσσερα άκρα του παράθυρου πάνω στην εικόνα που θα γίνει η ανίχνευση, προχωράμε στην εφαρμογή του OCR Με περιορισμούς όσο αναφορά στα στοιχεία που ψάχνουμε. Εδώ έχουμε ορίσει να ψάχνει μόνο γράμματα της αγγλικής αλφαβήτου και το σημείο: «-» που χρησιμοποιείται στα νηολόγια για να διαχωρίζονται τα γράμματα. Επίσης ορίζουμε να μας αποδώσει τις λέξεις με βαθμό βεβαιότητας πάνω από 70% και να μας τις τοποθετήσει σε ένα array που λέγεται possible_results. Εδώ βρίσκουμε τρεις πιθανές λύσεις (Εικόνα 31)



```
Command Window

Possible Registrations and Confidence Percentages
index: 127, conf: 0.77303, words: OK-TII
index: 143, conf: 0.83222, words: OK-TVS
index: 158, conf: 0.81872, words: OK-TVS
```

Εικόνα 31: Πιθανά νηολόγια που παρήγαγε το OCR

```
% MATLAB / OCR on every window through the part of the image selected
above

% loop on column of image
possible_results = []; % index of recognised ocr-words;
disp('Possible Registrations and Confidence Percentages')
for y = 1:round(Y/4):(bottomRow-Y)

    %loop on row of image
    for x = 1:round(X/4):(rightCol-X)

        farLeftCol = x;
        topUpperRow = y;
        farRightCol = x+X-1;
        downBottomRow = y+Y-1;

        croppedImage {counter} = im(topUpperRow:downBottomRow,
farLeftCol:farRightCol);

        % Limit the characters to AlphaBetic and "-"
```



```

        text{counter}= ocr(double(croppedImage{counter}),
'CharacterSet', '-ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ');
        lines=size(text{counter}.Words,1);
        if lines >0
            for line=1:lines
                if length(strtrim(text{counter}.Words{line}))==6
&& text{counter}.WordConfidences(line)>0.7

                    disp(['index: ',num2str(counter),' conf: ',
num2str(text{counter}.WordConfidences(line)), ' words: ',
text{counter}.Words{line}]);
                    posRegs{hit}= text{counter}.Words{line};
                    possible_results = [possible_results
counter];

                    hit=hit+1;
                end
            end
        end
        % pause (0.01);
        hold on
        imshow(croppedImage{counter});
        title([' x: ',num2str(x),' y: ',num2str(y)]);
        drawnow;
        counter = counter+1;

    end
end
y;
end

```

15. Επιλογή μοναδικής απάντησης

Μετατρέπουμε τις πιθανές απαντήσεις σε στήλη και ψάχνουμε να βρούμε ποια απάντηση εμφανίζεται τις περισσότερες φορές με την εντολή “mode”. Αυτό γίνεται αν έχουμε πάνω από μια επιλογή, πράγμα το οποίο το ελέγχουμε πριν. Αν δεν έχουμε πιθανό νηολόγιο ο κώδικας παράγει ένα μήνυμα μη παραγωγής πιθανού νηολογίου.

```

if numel(posRegs)>1

    % Convert the uniformly structured data to a 2D numeric array
    Anum = vertcat(posRegs{:});
    % Search for the most frequent word of the data which will be the
    % registration since we have no empty cells
    Reg=mode(Anum);
    findCountry
else
    if numel(posRegs)==1
        Reg=posRegs{1,1};

    findCountry
    end
end

if numel(posRegs)==0
    disp('WARNING: Not able to identify Aircraft Registration')
end

```

16. Διασταύρωση μοναδικής λύσης με τη βάση δεδομένων

Εδώ διασταυρώνεται η μοναδική λύση με τον πίνακα excel και αποδίδονται τα στοιχεία που έχουμε διαθέσιμα ανάλογα την εφαρμογή (Εικόνα 32). Εμείς εδώ συγκρίνουμε τα δυο πρώτα στοιχεία του νηολόγιου και βρίσκουμε την χώρα από την οποία προέρχεται το αεροσκάφος. Πέρα από αυτό μπορούμε να αναζητήσουμε και άλλα στοιχεία ανάλογα το μέγεθος της βάσης δεδομένων μας.

Αν τώρα υπάρχει πρόβλημα και δεν μπορεί να αναγνωριστεί η χώρα προέλευσης του αεροσκάφους, ο κώδικας παράγει μια ειδοποίηση (Εικόνα 33).

```
% Finding Country of Origin of aircraft from the excel files
[numdata, txtdata, ~] = xlsread('I:\PTIHIAKI\Ergasia\International
Registrations.xlsx', 'B2:B214'); % get numbers and strings separately
[numdata1, txtdata1, ~] = xlsread('I:\PTIHIAKI\Ergasia\International
Registrations.xlsx', 'A2:A214');
myRow = find(strncmpi(txtdata, Reg, 2));
Orig = txtdata1(myRow);
if numel(Orig)==0
    disp('WARNING: There is a problem with the OCR of the Aircraft
Regitration,')
    disp('          so the origin country of the aircraft is not
available')
end
% Display results

c=2;
while numel(Orig)>1

    myRow = find(strncmpi(txtdata, Reg, c));
    Orig = txtdata1(myRow);
    c=c+1;

end

A='Aircraft Registration and Origin: ';
disp([A, Reg])
disp(Orig)
```

```

Command Window

Possible Registrations and Confidence Percentages
index: 127, conf: 0.77303, words: OK-TII
index: 143, conf: 0.83222, words: OK-TVS
index: 158, conf: 0.81872, words: OK-TVS
Aircraft Registration and Origin: OK-TVS
    'Czech Republic'

fx >>

```

Εικόνα 32: Τελική απάντηση κώδικα

```

Aircraft Registration and Origin: SK-DVD
WARNING: There is a problem with the OCR of the Aircraft Registration,
so the origin country of the aircraft is not available

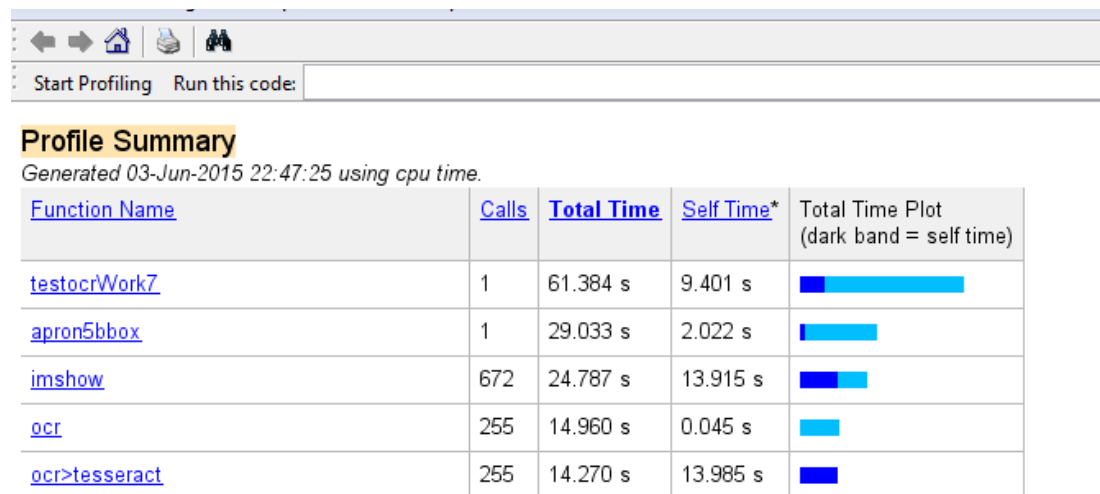
>>

```

Εικόνα 33: Ειδοποίηση λάθους στην ανεύρεση της χώρας προέλευσης

Χρόνος ολοκλήρωσης ανάγνωσης αριθμού νηολογίου

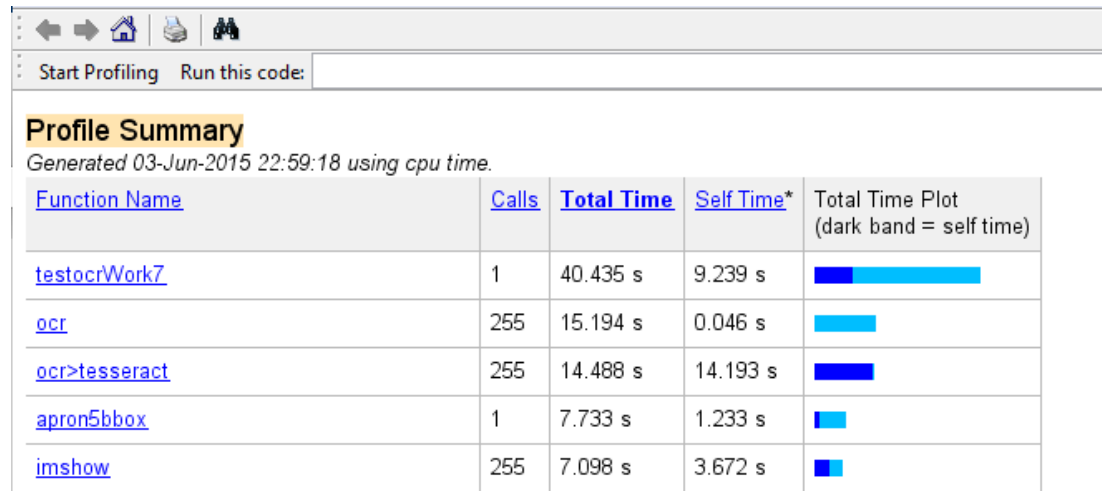
Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η ανάγνωση του αριθμού νηολογίου για ένα αεροσκάφος φαίνεται στην Εικόνα 34, που παράγει το ίδιο το MATLAB και κατανέμει τους χρόνους ανά τμήμα κώδικα.



Function Name	Calls	Total Time	Self Time*	Total Time Plot (dark band = self time)
testocrWork7	1	61.384 s	9.401 s	
apron5bbox	1	29.033 s	2.022 s	
imshow	672	24.787 s	13.915 s	
ocr	255	14.960 s	0.045 s	
ocr>tesseract	255	14.270 s	13.985 s	

Εικόνα 34: Χρόνοι εκτέλεσης τμημάτων κώδικα

Φαίνεται λοιπόν ότι για να ολοκληρωθεί η εκτέλεση του script “testocrWork7” χρειάστηκαν 61 sec , ενώ αν περιορίσουμε τα “imshow” στο ελάχιστο, έχουμε μια βελτίωση του χρόνου κατά 35%



The screenshot shows a profiling tool interface with a 'Profile Summary' section. The summary is generated on 03-Jun-2015 at 22:59:18 using CPU time. Below the summary is a table with the following data:

Function Name	Calls	Total Time	Self Time*	Total Time Plot (dark band = self time)
testocrWork7	1	40.435 s	9.239 s	
ocr	255	15.194 s	0.046 s	
ocr>tesseract	255	14.488 s	14.193 s	
apron5bbox	1	7.733 s	1.233 s	
imshow	255	7.098 s	3.672 s	

Εικόνα 35: Χρόνοι εκτέλεσης τμημάτων κώδικα χωρίς “imshow”

Παραλλαγές κώδικα

Στην πρώτη αυτή απόπειρα δημιουργίας κώδικα αναγνώρισης αριθμού νηολογίου έγιναν πολλές προσπάθειες με διαφορετικές ρυθμίσεις κάθε φορά. Πέρα από το βασικό κώδικα που είναι στο αρχείο “apron5bbox.m”, δημιουργήθηκαν και κάποιες παραλλαγές που τις εφαρμόζουμε ανάλογα με την περίπτωση. Αυτά είναι τα παρακάτω:

- I. ***apron5bboxhis.m***
- II. ***apron5bboximadjust.m***
- III. ***apron5bboximadjustlm2bw.m***
- IV. ***apron5bboxNoSauvola.m***
- V. ***preProcess.m***

Παρατηρήθηκε λοιπόν, ότι ο αριθμός νηολογίου σε σχέση με το χρωματισμό του αεροσκάφους μπορεί να ανήκει σε μια από τις τέσσερις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Κυρίως λευκό φόντο (Εικόνα 36):** Αυτό κάνει σχετικά εύκολη την ανίχνευση του αριθμού νηολογίου και την ανάγνωση του, αρκεί να υπάρχει επαρκής ευκρίνεια

στην εικόνα. Χρησιμοποιείται ο κώδικας *“apron5bboxesolo.m”* ή μια από τις παραλλαγές *I-IV*



Εικόνα 36: Παράδειγμα νηολογίου με κυρίως λευκό φόντο

2. **Σκούρο φόντο με λευκά γράμματα (Εικόνα 37):** Επίσης σχετικά εύκολη ανίχνευση με προϋπόθεση την ευκρίνεια. Χρησιμοποιείται ο κώδικας *“apron5bboxesolo.m”* ή μια από τις παραλλαγές *I-IV*



Εικόνα 37: Παράδειγμα νηολογίου με λευκά γράμματα και σκουρόχρωμο φόντο

3. **Εναλλασσόμενο σκούρο φόντο με ανοιχτόχρωμα γράμματα (Εικόνα 38):** Χρησιμοποιείται η παραλλαγή του κώδικα *“preprocess”*, που χρησιμοποιεί την τεχνική φιλτραρίσματος *“top hat”*.



Εικόνα 38: Παράδειγμα νηολογίου με ανοιχτόχρωμα γράμματα και εναλλασσόμενο φόντο

Προκειμένου να ξεπεράσουμε το πρόβλημα της μεταβολής των χρωμάτων χρησιμοποιούμε την τεχνική “top – hat filtering” η οποία συνήθως βοηθά στην εξομοίωση της μεταβολής φωτισμού.

4. **Λευκό φόντο αλλά σκουρόχρωμη ουρά (Εικόνα 39):** Εδώ υπάρχει δυσκολία ανίχνευσης του ιδανικότερου frame και ίσως χρειάζεται μεταβολή στο κατώφλι “threshold” στον κυρίως κώδικα ή στις παραλλαγές του I-IV.



Εικόνα 39: Παράδειγμα νηολογίου με λευκό φόντο αλλά σκουρόχρωμη ουρά

Προκειμένου να αυτοματοποιηθεί κάπως η επιλογή ποιου κώδικα θα γίνει χρήση κάθε φορά επιλέχτηκε να γίνεται αρχικά χρήση της εντολής “mean2” που υπολογίζει τη μέση

τιμή των κελιών της εικόνας. Με αυτόν τον τρόπο στο κομμάτι που έχει αποκοπεί και περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα του αεροσκάφους γίνεται μέτρηση της μέσης τιμής και αν αυτή είναι πάνω από το “thrImage” που, προς το παρόν, επιλέγεται εμπειρικά, χρησιμοποιείται η μια παραλλαγή ή η άλλη.

Κεφάλαιο 6

Πειράματα – Αποτελέσματα

6. Πειράματα – Αποτελέσματα

Προκειμένου να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα του κώδικα έγινε καταγραφή σε βίντεο από την πραγματική κίνηση του αεροδρομίου Νίκος Καζαντζάκης του Ηρακλείου. Η χρονική περίοδος ήταν από Μάιο μέχρι Αύγουστο του 2015. Η καταγραφή έγινε μέσα από το χώρο του πύργου ελέγχου του αεροδρομίου.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του κώδικα από 51 βίντεο. Παρακάτω επεξηγούνται τα περιεχόμενα αυτού του πίνακα και τι καταγράφεται σε κάθε στήλη:

- i.* **video (mp4):** Το όνομα του αρχείου. Με αυτό το όνομα υπάρχει φάκελος με αρχείο με το βίντεο καθώς και με φωτογραφίες από τα αποτελέσματα που έβγαλε κάθε φορά ο κώδικας (συνοδεύει την εργασία).
- ii.* **sliding window size:** το μέγεθος (στήλες – γραμμές), του κυλιόμενου παράθυρου σε pixels, με το οποίο έγινε η ανάγνωση του αριθμού νηολογίου. Αυτό εξαρτάται από το ζουμ της κάμερας κάθε φορά.
- iii.* **total time:** ο συνολικός χρόνος που κατέγραψε το ίδιο το MATLAB κάθε φορά για τη συνολική διαδικασία ανάλυσης και ανάγνωσης του νηολογίου, καθώς και εξαγωγής της χώρας νηολογίου του κάθε αεροσκάφους.
- iv.* **ims:** ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η παρουσίαση των εικόνων με το imshow σε δευτερόλεπτα.
- v.* **OCR:** ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η διαδικασία αναγνώρισης του νηολογίου με την εντολή OCR του MATLAB.
- vi.* **conf:** το ποσοστό βεβαιότητας (%) για το αποτέλεσμα που έβγαλε ο κώδικας σύμφωνα με την εντολή ocr του Matlab.
- vii.* **reg result:** το αποτέλεσμα νηολογίου που έβγαλε ο κώδικας.
- viii.* **correct reg:** το σωστό νηολόγιο
- ix.* **succ:** ποσοστό επιτυχίας (%) ανάγνωσης του νηολογίου. Υπολογίζεται σαν κλάσμα σωστών γραμμάτων από τα 6 (μαζί με την παύλα) ψηφία του κάθε νηολογίου $((X/6)\%)$.
- x.* **country result:** αποτέλεσμα χώρας νηολογίου σύμφωνα με τον κώδικα
- xi.* **correct country:** σωστή χώρα προέλευσης νηολογίου.
- xii.* **succ:** επιτυχία ή όχι ανίχνευσης σωστής χώρας.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την καταγραφή των βίντεο.

α/α	i. video (mp4)	ii. sliding window size (pixels)		iii. total time (sec)	iv. ims (sec)	v. OCR (sec)	vi. conf (%)	vii. reg result	viii. correct reg	ix. succ (%)	x. country result	xi. correct country	xii. succ (yes/no)
		cols	rows										
1	AEE_2	60	30	95	32	45	73,56	SX-DST	SX-DGT	83,33	Greece	Greece	yes
2	AEE_6	60	30	123	29	22	66,36	SK-DVD	SX-DVQ	66,67	-	Greece	no
3	CFG_6	60	30	86	21	15,5	66,50	D-AJCF	D-AICF	83,33	Germany	Germany	yes
4	CFG_7	60	30	89	23	14	70,00	DUAIUI	D-AICG	50,00	-	Germany	no
5	TFL_1	110	40	187	26	45	84,00	PH-HZG	PH-HZG	100,00	The Netherlands	The Netherlands	yes
6	TVS_4	90	30	139	24	32	79,00	OK-TSJ	OK-TSJ	100,00	Czech Republic	Czech Republic	yes
	TVS_4	90	50	336	68	101	84,00	OK-TSJ	OK-TSJ	100,00	Czech Republic	Czech Republic	yes
7	AFL_2	-	-	30	9,5	0,3	73,00	VP-BUS	VP-BOS	83,33	Bermuda	Bermuda	yes
8	AEE_9	100	40	111	21	25	75,00	SX-DVV	SX-DVV	100,00	Greece	Greece	yes
9	AEE_19	100	40	238	30	57	81,00	SX-DGI	SX-DGI	100,00	Greece	Greece	yes
10	BIE_1	90	40	208	28	51	75,00	F-GVAP	F-GVAP	100,00	France	France	yes
11	BIE_2	200	100	57	16	2,8	81,00	F-GVAD	F-GVAO	83,33	France	France	yes
12	ALS_1	100	50	119	25	37	87,00	EC-LNC	EC-LNC	100,00	Spain	Spain	yes
13	BAL_2	90	40	144	29	47	75,00	VL-BBS	YL-BBS	83,33	-	Latvia	no
14	BBG_1	120	50	99	20	31	70,00	EX-TLE	SX-TZE	66,67	Kyrgyzstan	Greece	no
15	BER_22	150	70	77	18	18	82,50	D-ABFZ	D-ABFZ	100,00	Germany	Germany	yes
16	BIE_8	150	70	55	11	16	76,00	F-HCOA	F-HCOA	100,00	France	France	yes
17	CFG_8	150	70	42	11	7	75,00	D-AICL	D-AICL	100,00	Germany	Germany	yes
18	EXS_4	150	50	116	48	26	65,00	E-ASXE	D-ASXB	66,67	-	Germany	no
19	FPO_6	150	50	71	15	22	80,00	F-GZTC	F-GZTC	100,00	France	France	yes
20	LLC_5	150	50	47	12	7,6	75,00	SP-HAF	SP-HAF	100,00	Poland	Poland	yes
21	LLC_7	100	40	112	25	30	72,00	SP-HAG	SP-HAG	100,00	Poland	Poland	yes
22	LLC_8	100	40	100	21	30	74,00	SP-HAD	SP-HAD	100,00	Poland	Poland	yes
23	MAV_3	150	50	58	12	18	83,00	SX-MAR	SX-MAR	100,00	Greece	Greece	yes
24	SEH_1	150	50	36	8	5	83,00	SX-LDS	SX-LOS	83,33	Greece	Greece	yes
25	SWG_2	150	50	82	15	24	88,00	OK-TVV	OK-TVV	100,00	Czech Republic	Czech Republic	yes
26	TCW_1	80	30	93	20	24	81,00	OD-TCV	OO-TCV	83,33	Lebanon	Austria	no
27	TOM_2	90	30	226	38	75	77,00	G-DBVF	G-OBVF	66,67	United Kingdom	United Kingdom	yes
28	TRA_5	150	50	84	17	23	78,00	PH-HZI	PH-HZI	100,00	The Netherlands	The Netherlands	yes
29	TRA_6	150	50	96	20	27	85,00	F-GZHB	F-GZHB	100,00	France	France	yes
30	TRA_7	150	50	85	16	29	86,00	PH-HZI	PH-HZI	100,00	The Netherlands	The Netherlands	yes
31	TRA_8	150	50	106	20	34	82,00	PH-HZI	PH-HZI	100,00	The Netherlands	The Netherlands	yes
32	TUI_6	80	50	217	43	69	75,00	G-TAII	G-TAWI	83,33	Germany	Germany	yes

33	TUI_7	120	50	146	28	47	69,00	D-AEKI	D-ABKI	83,33	Germany	Germany	yes
34	TUI_10	150	70	142	31	38	63,00	D-ATUQ	D-ATUQ	100,00	Germany	Germany	yes
35	TUI_13	90	50	197	37	64	80,00	D-ATUI	D-ATUI	100,00	Germany	Germany	yes
36	XLF_4	90	50	113	22	35	78,00	F-HAXL	F-HAXL	100,00	France	France	yes
37	AEE_12	100	50	178	35	60	71,00	SX-DEF	SX-DGF	83,33	Greece	Greece	yes
38	AEE_18	100	50	159	31	51	79,00	SX-DVG	SX-DVG	100,00	Greece	Greece	yes
39	AEE_20	90	40	232	44	76	76,00	SX-DVX	SX-DVX	100,00	Greece	Greece	yes
40	AEE_29	70	30	444	90	128	72,00	SX-DES	SX-DGS	83,33	Greece	Greece	yes
41	BER_5	150	50	89	17	28	84,00	HB-IOS	HB-IOS	100,00	Switzerland	Switzerland	yes
42	BER_6	80	40	279	53	89	60,00	HB-XOF	HB-IOP	66,67	Switzerland	Switzerland	yes
43	EDW_6	80	30	265	52	83	83,00	HB-IHZ	HB-IHZ	100,00	Switzerland	Switzerland	yes
44	EZY_5	150	70	74	14	22	83,00	G-EZDL	G-EZOL	83,33	United Kingdom	United Kingdom	yes
45	TOM_3	150	70	97	21	25	68,00	G-TAID	G-TAWD	83,33	United Kingdom	United Kingdom	yes
46	LLC_9	80	40	163	31	55	71,00	SP-HAF	SP-HAF	100,00	Poland	Poland	yes
47	TVS_31	90	50	332	65	102	73,00	OK-YVS	OK-TVS	83,33	Czech Republic	Czech Republic	yes
48	TUI_35	120	50	153	28	54	77,00	D-AMFV	D-AHFV	83,33	Germany	Germany	yes
49	TUI_34	120	50	101	19	35	69,00	D-ABKI	D-ABKI	100,00	Germany	Germany	yes
50	TUI_32	150	50	136	27	43	78,00	D-ANLK	D-AHLK	83,33	Germany	Germany	yes
51	TVS_1	120	50	59	14	16	83,00	OK-TVS	OK-TVS	100,00	Czech Republic	Czech Republic	yes
52	XLF_11	120	50	123	25	37	79,00	F-HAXL	F-HAXL	100,00	France	France	yes

Average Success: 91% - Average Confidence: =77%

Πίνακας 3: Αποτελέσματα απόδοσης κώδικα με πραγματικό βίντεο

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

7. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή έγινε μελέτη αρκετών αρχείων βίντεο από την περιοχή κίνησης των αεροσκαφών του Διεθνούς Αεροδρομίου Ηρακλείου. Στη διάρκεια αυτής της εργασίας αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα και είχαμε κάποιους περιορισμούς. Πήραμε όμως κάποια πολύ χρήσιμα συμπεράσματα για την περαιτέρω εξέλιξη της.

- Βασικός περιορισμός ήταν η θέση που έπρεπε να γίνουν οι λήψεις των βίντεο, που ήταν ο χώρος του πύργου ελέγχου του αεροδρομίου. Λόγω ασφάλειας δεν μπορούσε να τοποθετηθεί κάμερα σε κάποιον από τους πυλώνες φωτισμού, κάτι που θα βελτίωνε κατά πολύ την ποιότητα του βίντεο.
- Οι ίδιες οι κάμερες είχαν ερασιτεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν διευκόλυναν την σωστή λήψη βίντεο.
- Λόγω της ίδιας της θέσης της κάμερας δεν μπορούσαν να γίνουν λήψεις τη νύχτα
- Οι αντηλιακές μεμβράνες των τζαμιών του πύργου ελέγχου μειώνουν πολύ την ευκρίνεια του βίντεο.
- Η εξωτερική λήψη από το μπαλκόνι του πύργου επηρεαζόταν πολύ από τον αέρα και είχαμε κραδασμούς στην κάμερα.
- Κακή γωνία λήψης (εμπόδια)
- Μη νεταρισμένη κάμερα
- Μεγάλη ταχύτητα αεροσκάφους σε σχέση με δειγματοληψία κάμερας. (απογειώσεις – προσγειώσεις)

Με δεδομένους λοιπόν τους παραπάνω περιορισμούς παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Μεγάλη επιρροή στα αποτελέσματα έχουν οι καιρικές συνθήκες. Μειωμένο εξωτερικό φως επηρεάζει άμεσα τα αποτελέσματα και σαν ποιότητα (confidence) αλλά και σαν ποσότητα. (βλ. AEE_7.mp4)
- Το παρασκήνιο (background) δεν είναι ομοιόμορφο. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα αφαίρεσης του παρασκήνιου (background subtraction) χρησιμοποιείται σταθερή κάμερα

- Οι στόχοι (αεροσκάφη) έχουν πολύ διαφορετικά μεγέθη και χρώματα, κάτι που κάνει δύσκολη την εφαρμογή ενός ενιαίου κώδικα. Έτσι χρειάζεται ομαδοποίηση περιπτώσεων και αυτόματη αναγνώριση περίπτωσης κάθε φορά.
- Το σύστημα πρέπει να δουλεύει σε πραγματικό χρόνο με ότι αυτό συνεπάγεται σε κόστος για hardware (κάμερες, υπολογιστές κ).
- Πρόβλημα μπορεί να προκύψει από τη χρήση του συστήματος αυτού με κακό καιρό και κατά τη διάρκεια της νύχτας, κάτι που μπορεί να περιοριστεί με χρήση κάμερας IR.
- Αν η γωνία κίνησης του αεροσκάφους σε σχέση με την κάμερα δεν είναι κάθετη, ο κώδικας δεν βγάζει αξιόπιστα αποτελέσματα. (βλ. AFR_1)
- Όταν μειώνουμε το μέγεθος του κυλιόμενου παράθυρου βελτιώνονταν η ποιότητα (%) αλλά και η βεβαιότητα (conf) ανίχνευσης.
- Όταν είναι κοντά και η σημαία και έχει έντονα χρώματα το παράθυρο θα πρέπει να είναι μικρό σε πλάτος (+- 80pixels) ώστε να την αποσοβεί από το registration.
- Με αλλαγή του k του script του Sauvola αλλάζει αρκετά η συμπεριφορά της συγκεκριμένης συνάρτησης και συνεπώς τα αποτελέσματα μειώνεται η αξιοπιστία τους. Όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία έτσι και δω με διαφορετικά k βρήκαμε χειρότερα αποτελέσματα από ότι με k=0.34. π.χ..

Μετά από την εμπειρία καταγραφής όλου του οπτικού υλικού, βγήκε το συμπέρασμα ότι η θέση που έπρεπε να μπει η κάμερα έπρεπε να πληροί κάποιες προϋποθέσεις:

- Να είναι τέτοια ώστε να μην εμποδίζει την όραση του αριθμού νηολογίου, δηλαδή:
 - Να μην υπάρχουν μόνιμες σκιές
 - Να μην επηρεάζεται από αεροσκάφη σταθμευμένα
 - Να υπάρχει φωτισμός στα αεροσκάφη ώστε έχουμε βέλτιστη απόδοση του OCR
 - Να μην «τυφλώνεται» από τα φώτα των αεροσκαφών όταν πχ αυτά βγαίνουν από το διάδρομο
 - Οι γωνίες να είναι τέτοιες ώστε να μην εμποδίζονται τα πιθανά σημεία του νηολογίου από αλλά τμήματα του αεροσκάφους (Εικόνα 40)



Εικόνα 40: Κρυμμένο νηολόγιο

- Να είναι όσο το δυνατό κάθετα στο αεροσκάφος για να επιτευχτεί η μεγίστη ευκρίνεια.
- Το ζουμ και το κάδρο της κάμερας πρέπει να είναι τέτοια ώστε να καταγράφει το αεροσκάφος μαζί με το κατακόρυφο πτερύγιο της ουράς.
- Η ταχύτητα του αεροσκάφους πρέπει να είναι σχετική με την δειγματοληψία της κάμερας ώστε να είναι εφικτή η καθαρή εικόνα για επεξεργασία. (για 25fps – 40knots)

Στην πράξη και λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς, τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ικανοποιητικά. Καταφέραμε να έχουμε επιτυχία ανίχνευσης χαρακτήρων 77% και ανάγνωσης 91%.

Αυτό σημαίνει ότι υπό οποιοδήποτε συνθήκες κατά τη διάρκεια της ημέρας με τις δυο κάμερες υψηλής ανάλυσης (HD) επετεύχθη μέσος όρος 77% βεβαιότητας ότι αυτό που βρήκαμε είναι ο αριθμός νηολογίου και καταφέραμε να διαβάσουμε τα ψηφία του με τη σωστή σειρά στο 91% των περιπτώσεων.

Κάτι τέτοιο και σύμφωνα με την εκτενή βιβλιογραφία στην οποία έγινε έρευνα δεν έχει επιτευχτεί με τα μέσα που διαθέσαμε, δηλ MATLAB και μια ερασιτεχνική κάμερα. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί μια πολύ καλή αρχή για ένα σύστημα A-SMGCS χαμηλού κόστους και γιατί όχι για ένα σύστημα Remote Tower χαμηλού κόστους αργότερα.

Παρακάτω γίνονται κάποιες πιο συγκεκριμένες προτάσεις για περαιτέρω εξέλιξη.

Κεφάλαιο 8

Προοπτικές – Προτάσεις

8. Προοπτικές - Προτάσεις

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μια πρόταση - λύση σε μια σειρά από προβλήματα που παρουσιάζονται στο χώρο ενός αεροδρομίου, στα περισσότερα των οποίων έχουν δοθεί λύσεις οι οποίες όμως στην πλειοψηφία τους είναι ακριβές και έτσι απαγορευτικές για πολλά μικρά / μεσαία αεροδρόμια.

Στη λύση η οποία δίνεται εδώ έχει γίνει προσπάθεια να κρατηθεί το κόστος στο ελάχιστο και με την βοήθεια σύγχρονου λογισμικού να καλύψει τα συγκεκριμένα προβλήματα.

Εδώ χρησιμοποιήσαμε τρεις διαφορετικές κάμερες καταγραφής βίντεο του εμπορίου και το λογισμικό **Matlab2015a**. Κάποιες από τις πιθανές προοπτικές μελλοντικής εξέλιξης και βελτίωσης αποτελεσμάτων και χρήσεων είναι οι παρακάτω:

- Χρήση συστημάτων καταγραφής βίντεο εξειδικευμένων για παρακολούθηση κινούμενων αντικειμένων με σταθερή όμως βάση.
- Δημιουργία interface με λογισμικό όπως το LabVIEW για εύκολη χρήση από μη εξειδικευμένο σε προγραμματισμό προσωπικό, όπως αυτό του αεροδρομίου.
- Πραγματοποίηση αναγνώρισης νηολογίου σε πραγματικό χρόνο μέσα σε αεροδρόμιο
- Συνδυασμός δυο ή περισσότερων καμερών για πλήρη κάλυψη χώρου κίνησης αεροσκαφών
- Συνδυασμός με δυναμική βάση δεδομένων αεροδρομίου και συστήματα ACDM (Airport Collaborative Decision Making) [11] για επιβεβαίωση αριθμών νηολογίου και βελτιστοποίηση αποτελεσμάτων και χρήση της συγκεκριμένης λύσης, για πλήρη εικόνα της κυκλοφορίας στο χώρο του αεροδρομίου.
- Συνδυασμός με λογισμικό αναγνώρισης αεροσκαφών στον αέρα και ολοκλήρωση του project Remote Tower χαμηλού κόστους για απομακρυσμένο έλεγχο εναέριων κυκλοφορίας αεροδρομίου.
- Χρήση υβριδικού συστήματος ραντάρ εδάφους και βίντεο για βέλτιστα αποτελέσματα παντός καιρού σε μεγάλα αεροδρόμια. Είναι πολύ πιθανό μελλοντικά η λύση σε όλα τα θέματα αναγνώρισης αεροσκαφών στο έδαφος αλλά και στον αέρα να είναι υβριδική, να συνδυάζει δηλαδή τα πλεονεκτήματα των συστημάτων ραντάρ με αυτά των συστημάτων με κάμερες. Ήδη έχουν κάνει δειλά δειλά τα πρώτα τους βήματα σε συστήματα virtual / remote tower.

Προτεινόμενος εξοπλισμός

Μια πρόταση για κάμερα είναι η **Autoscope AIS-IV**, που έχει χρησιμοποιηθεί σε ανάλογες εφαρμογές καταγραφής κυκλοφορίας σε αυτοκινητόδρομους, χώρους στάθμευσης και διασταυρώσεις.

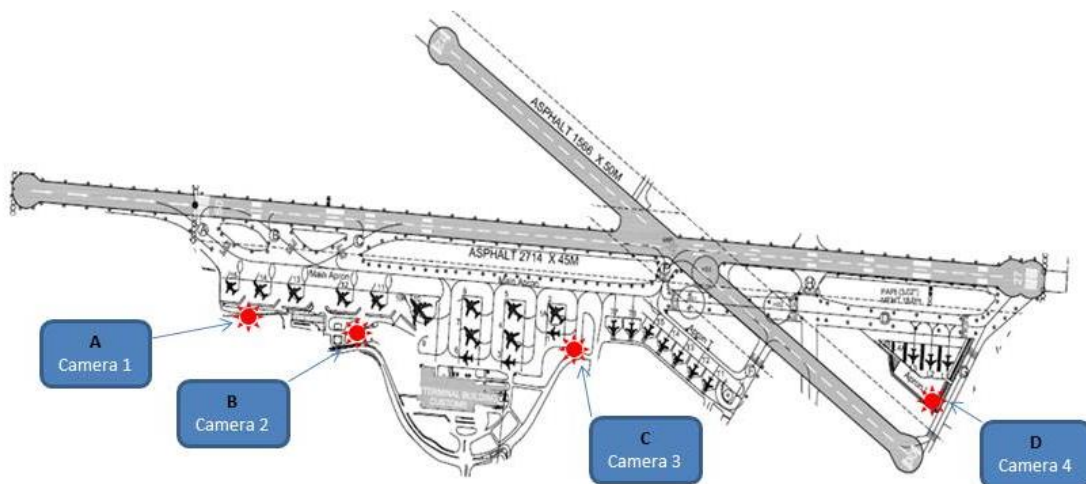
Τα πλεονεκτήματα αυτής της κάμερας είναι:

- Διαθέτει πολύ μεγάλο ζουμ (x22).
- Δεν επηρεάζεται από τα φώτα και τις ανακλάσεις προερχόμενες από αυτά.
- Έχει υψηλή ευαισθησία και πολύ καλή απόδοση σε χαμηλό φωτισμό (2 lux).
- Είναι εξειδικευμένη κάμερα για ανάλογες εφαρμογές.

Η χρήση μιας τέτοιας κάμερας θα βελτίωνε πολύ την ποιότητα του βίντεο και άρα του frame προς επεξεργασία και άρα την απόδοση του OCR.

Με ένα σύστημα τεσσάρων τέτοιων καμερών θα είχαμε πλήρη κάλυψη του χώρου κίνησης των αεροσκαφών και άρα στοιχεία για όλα τα αεροσκάφη άσχετα με το που σταθμεύουν και σε ποιο διάδρομο προσγειώνονται.

Τα σημεία που προτείνονται για την τοποθέτηση τους φαίνονται στην Εικόνα 41. Στις θέσεις A, B και C υπάρχουν ήδη κάμερες παρακολούθησης **Bosch LTC 0610 Series DinionXF**. Άρα με μια πρόσθετη στη θέση D θα μπορούσε να καλυφθεί η απαιτούμενη περιοχή σε πρώτη φάση.



Εικόνα 41: Προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης καμερών στο αεροδρόμιο Ηρακλείου

Πέρα από τις κάμερες χρειάζεται και ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας και απόδοσης αποτελεσμάτων σε γραφείο του αεροδρομίου που θα έχει ψηφιακό σύνδεσμο με τις κάμερες. Εκεί, μεταξύ άλλων, θα «τρέχει» και ο κώδικας.

Κεφάλαιο 9

Παραρτήματα

9. Παραρτήματα

A. Βάση δεδομένων ηολογίων αεροσκαφών

Country	Prefix	Country	Prefix
Afghanistan	YA-	Burundi	9U-
Albania	ZA-	Cambodia	XU-
Algeria	7T-	Cameroon	TJ-
Andorra	C3-	Canada	C-
Angola	D2-	Cape Verde	D4-
Anguilla	VP-A	Cayman Islands	VP-C
Antigua	V2-	Central African Republic	TL-
Antigua	VP-LA	Chad	TT-
Argentina	LV-	Chile	CC-
Armenia	EK-	China [inc. Hong Kong & Taiwan]	B-
Aruba	P4-	Colombia	HK-
Australia	VH-	Comoros	D6-
Austria	OE-	Congo	TN-
Azerbaijan	4K-	Congo	9Q-
Bahamas	C6-	Costa Rica	TI-
Bahrain	A9C-	Croatia	9A-
Bangladesh	S2-	Croatia	9A-
Barbados	8P-	Cuba	CU-
Belarus	EW-	Cyprus	5B-
Belgium	OO-	Czech Republic	OK-
Belize	V3-	Denmark	OY-
Benin	TY-	Djibouti	J2-
Bermuda	VP-B	Dominica	J7-
Bermuda	VQ-B	Dominican Republic	HI-
Bhutan	A5	Dutch Antilles	PJ-
Bolivia	CP-	Ecuador	HC-
Bosnia-Herzegovina	E7-	Egypt	SU-
Botswana	A2-	Eire	EI-
Brazil	PP-	El Salvador	YS-
Brazil	PR-	Equatorial Guinea	3C-
Brazil	PS-	Eritrea	E3-
Brazil	PT-	Estonia	ES-
Brazil	PU-	Ethiopia	ET-
Brunei	V8-	Falkland Islands	VP-F
Bulgaria	LZ-	Fiji	DQ-
Burkina Faso	XT-	Finland	OH-

Country	Prefix	Country	Prefix	Country	Prefix
France	F-	Lebanon	OD-	North Korea	P-
Gabon	TR-	Lesotho	7P-	Norway	LN-
Georgia	4L-	Liberia	A8	Oman	A4O-
Germany	D-	Libya	5A-	Pakistan	AP
Ghana	9G-	Lithuania	LY-	Palau	T8A-
Gibraltar	VP	Luxembourg	LX-	Panama	HP-
Greece	SX	FYROM	Z3-	Papua New Guinea	P2-
Grenada	J3-	Madagascar	5R-	Paraguay	ZP-
Guatemala	TG-	Malawi	7Q-	Peru	OB-
Guernsey	2-	Malaysia	9M-	Poland	SP-
Guinea	3X-	Maldives	8Q-	Portugal	CS-
Guinea-Bissau	J5-	Mali	TZ-	Qatar	A7-
Guyana	8R-	Malta	9H-	Romania	YR-
Haiti	HH-	Marshall Islands	V7-	Russia	RA-
Honduras	HR-	Mauritania	5T-	Rwanda	9XR-
Hungary	HA-	Mauritius	3B-	Saint Lucia	J6-
Iceland	TF-	Mexico	XA-	Saint Vincent	J8-
India	VT-	Mexico	XB-	San Marino	T7-
Indonesia	PK-	Mexico	XC-	Sao Tome	S9-
Iran	EP-	Micronesia	V6-	Saudi Arabia	HZ-
Iraq	YI-	Moldova	ER-	Senegal	6V-
Isle of Man	M-	Monaco	3A-	Serbia	YU-
Israel	4X-	Mongolia	JU-	Seychelles	S7-
Italy	I-	Mongolia	JU-	Sierra Leone	9L-
Ivory Coast	TU-	Montenegro	4O-	Singapore	9V-
Jamaica	6Y-	Montserrat	VP-M	Slovakia	OM-
Japan	JA	Morocco	CN-	Slovenia	S5-
Jersey	J-	Mozambique	C9-	Solomon Islands	H4-
Jordan	JY-	Myanmar	XY-	Somalia	6O-
Kazakhstan	UP-	Namibia	V5-	South Korea	HL
Kenya	5Y-	Nauru	C2	Spain	EC-
Kiribati	T3-	Nepal	9N-	Sri Lanka	4R-
Kuwait	9K-	New Zealand	ZK-	St Kitts & Nevis	V4-
Kyrgyzstan	EX-	Nicaragua	YN-	Sudan	ST-
Laos	RDPL-	Niger	5U-	Surinam	PZ-
Latvia	YL-	Nigeria	5N-	Swaziland	3D-

Country	Prefix
Sweden	SE-
Switzerland	HB-
Syria	YK-
Tajikistan	EY-
Tanzania	5H-
Thailand	HS-
The Gambia	C5-
The Netherlands	PH-
The Philippines	RP-
The Vatican	HV-
Togo	5V-
Tonga	A3-
Trinidad & Tobago	9Y-
Tunisia	TS-
Turkey	TC-
Turkmenistan	EZ-
Turks & Caicos	VQ-T
Tuvalu	T2-
Uganda	5X-
Ukraine	UR-
United Arab Emirates	A6-
United Kingdom	G-
United States	N
Uruguay	CX-
Uzbekistan	UK-
Vanuatu	YJ-
Venezuela	YV-
Vietnam	VN-
Virgin Islands	VP-LV
Western Samoa	5W-
Yemen	7O-
Zambia	9J-
Zimbabwe	Z-

B. Προχωρημένες εντολές MATLAB

imadjust(I) -> maps the intensity values in grayscale image I to new values in J such that 1% of data is saturated at low and high intensities of I.

histeq(I,hgram) -> transforms the intensity image I so that the histogram of the output intensity image J with length(hgram) bins approximately matches hgram. The vector hgram should contain integer counts for equally spaced bins with intensity values in the appropriate range: [0, 1] for images of class double, [0, 255] for images of class uint8, and [0, 65535] for images of class uint16. histeq automatically scales hgram so that sum(hgram) = prod(size(I)).

The histogram of J will better match hgram when length(hgram) is much smaller than the number of discrete levels in I.

adapthisteq(I) -> enhances the contrast of the grayscale image I by transforming the values using contrast-limited adaptive histogram equalization (CLAHE).

CLAHE operates on small regions in the image, called *tiles*, rather than the entire image. Each tile's contrast is enhanced, so that the histogram of the output region approximately matches the histogram specified by the 'Distribution' parameter. The neighboring tiles are then combined using bilinear interpolation to eliminate artificially induced boundaries. The contrast, especially in homogeneous areas, can be limited to avoid amplifying any noise that might be present in the image.

imtophat(IM,SE) -> performs morphological top-hat filtering on the grayscale or binary input image IM. Top-hat filtering computes the morphological opening of the image (using imopen) and then subtracts the result from the original image. "imtophat" uses the structuring element SE, where SE is returned by strel. SE must be a single structuring element object, not an array containing multiple structuring element objects.

Κεφάλαιο 10

Βιβλιογραφία

10.Βιβλιογραφία

- [1] A. Berlanga, J. A. Besada, J. G. Herrero, J. M. Molina, J. I. Portillo και J. R. Casar, «Aircraft identification integrated into an airport surface surveillance video system,» *Machine Vision and Applications*, τόμ. 15, αρ. No. 3, pp. 164-171, July 2004.
- [2] «INTERVUSE,» Intergrated Radar, Flight Plan and Digital Video Data Fusion for SMGCS, 2012. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.iti.gr/intervuse>.
- [3] N. Pavlidou, N. Grammalidis, K. Dimitropoulos, D. Simitopoulos, A. Gilbert, E. Piazza, C. Herrlich, R. Heidger και M. Strintzis, «IST INTERVUSE project: Intergrated radar, flight plan and digital video data fusion for A-SMGCS,» σε *ITS in Europe Congress*, Budapest, 2004.
- [4] F. Saghafi, S. M. Khansari Zadeh και V. Etminan Bakhsh, *Journal of Aerospace Science and Technology*, τόμ. 5, αρ. 3, pp. 123-128, 2008.
- [5] D. Thirde, M. Borg και J. Ferryman, «A Real-Time Scene Understanding System for Airport Apron Monitoring,» ORION Group, INRIA Sophia-Antipolis, France, 2004.
- [6] M. Schmidt, Rudolph, B. Werther και N. Fürstenau, «Remote Airport Tower Operation with Augmented Vision Video Panorama HMI,» σε *2nd Int. Conf. Research in Air Transportation ICRAT 2006*, Belgrade, Serbia, 2006.
- [7] S. Brutzer, B. Hoferlin και G. Heidenman, «Evaluation of Background Subtraction Techniques for Video Surveillance,» *Intelligent Systems Group*, 2011.
- [8] J. Sauvola και M. Pietikainen, «Adaptive document image binarization,» *Pattern Recognition*, αρ. 33, pp. 225-236, 2000.
- [9] F. Shafait, D. Keysers και B. B. Thomas, «Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques Using Integral Images,» 2008.
- [10] S. Faisal, K. Daniel και B. T. B., «Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques Using Integral Images,» 2008.
- [11] eurocontrol, «<http://www.euro-cdm.org/>,» ACDM. [Ηλεκτρονικό].
- [12] A. Berlanga, J. A. Besada, J. G. Herrero, J. M. Molina, J. I. Portillo και J. R. Casar, «Optimizing Statistical Character Recognition Using Evolutionary Strategies to Recognize Aircraft Tail Numbers,» *EURASIP Journal*, pp. 1125-1134, 2004.
- [13] «HCAA,» Hellenic Civil Aviation Authority, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.hcaa.gr>.

- [14] «Wireless Airport Surveillance Platform,» WASP, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.ttiwireless.com>.
- [15] «CORDIS,» Community Research and Development Information Service, [Ηλεκτρονικό]. Available: http://cordis.europa.eu/result/rcn/85934_en.html.
- [16] «ICAO,» INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.icao.int>.
- [17] «MATHWORKS,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.mathworks.com/help/vision>.
- [18] D. H. Parks και S. S. Fels, «Evaluation of Background Subtraction Algorithms with Post-processing,» σε *Advanced Video and Signal Based Surveillance*, Santa Fe, New Mexico, 2008.
- [19] O. Barnich και M. V. Droogenbroeck, «VIBE: A POWERFUL RANDOM TECHNIQUE TO ESTIMATE THE BACKGROUND IN,» University of Liege, Montefiore Institute, INTEL SIG Group, Liege, Belgium, 2009.
- [20] P. Stathis, E. Kavallieratou και N. Papamarkos, «An Evaluation Technique for Binarization Algorithms,» *Journal of Universal Computer Science*, τόμ. 14, αρ. 18, pp. 3011-3030, 2008.
- [21] S. J. και P. M., «Adaptive document image binarization,» *Pattern Recognition*, αρ. 33, pp. 225-236, 2000.
- [22] S. Pavlos, K. Ergina και P. Nikos, «An Evaluation Technique for Binarization Algorithms,» *Journal of Universal Computer Science*, τόμ. 14, αρ. 18, pp. 3011-3030, 2008.