Ατομική Διπλωματική Εργασία

Αυτόματος εντοπισμός φωτοβολταϊκών στοιχείων με χρήση Drone

Παπαχαραλάμπους Ιωάννης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2017

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Αυτόματος εντοπισμός φωτοβολταϊκών στοιχείων με χρήση Drone

Επιβλέπων Καθηγητής

Μάριος Δικαιάκος

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2017

Ευχαριστίες

Με το τέλος αυτής της διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποια άτομα για την συνεχή βοήθεια που μου έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Τμήμα της Πληροφορικής του Πανεπιστήμιου Κύπρου.

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Μάριο Δικαιάκο, για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω μία από τις διπλωματικές του εργασίες και για την συνεχή στήριξη που μου παρείχε κατά την διάρκεια της εργασίας αυτής.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου, Νίκο Μούζουρα, για τις συμβουλές που μου έδωσε σχετικά με το προγραμματιστικό κομμάτι.
Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που με στήριξε και με στηρίζει ακόμα σε ότι και αν κάνω.

Περίληψη

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας σκοπός είναι η δημιουργία ενός προγράμματος το οποίο με δεδομένο μιας εικόνα ενός πάρκου με φωτοβολταϊκά πλαίσια από ψηλά, θα μπορεί να ανιχνεύει τις συντεταγμένες των φωτοβολταϊκών πλαισίων που υπάρχουν μέσα στην εικόνα. Τα θέματα ανίχνευσης επιθυμητών αντικειμένων μέσα σε ψηφιακές εικόνες αποτελεί μια πρόκληση και καλύπτει ένα μεγάλο και ενδιαφέρον κεφάλαιο στον κλάδο της Πληροφορικής, λόγω της δυσκολίας για την σωστή αναγνώριση των αντικειμένων σε διαφορετικές συνθήκες και στην χρήση που έχει στην σημερινή τεχνολογία.

Τα φωτοβολταϊκά σήμερα αποτελούν ένα μεγάλο άλμα στην τεχνολογία και η χρήση τους όλο και μεγαλώνει λόγω της μεγάλης παραγωγής KW ρεύματος που δημιουργούνται απλά από τις ακτίνες του ήλιου. Μεγάλες εταιρίες ασχολούνται με την κατασκευή και την δημιουργία μεγάλων πάρκων με χιλιάδες φωτοβολταϊκά σε κάθε φωτοβολταϊκό πάρκο. Λόγου του μεγάλου αριθμού αυτών των πλαισίων η δημιουργία ψηφιακού χάρτη με τις τοποθεσίες και τα στοιχεία του κάθε πλαισίου είναι δύσκολο και χρονοβόρο πρόβλημα, για αυτό το λόγω ανέλαβα στα πλαίσια αυτού του έργου να αναπτύξω ένα πρόγραμμα που θα εντοπίζει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε μία ψηφιακή εικόνα.

Το λογισμικό αναπτύχθηκε σε περιβάλλον python με επιπρόσθετες τις βιβλιοθήκες OpenCV και OpenCV_Master_Contrib λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν σε προβλήματα επεξεργασίας εικόνας και Computer Vision.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο **1** **Εισαγωγή**……...…… **1**

1.1 Εισαγωγή……1

1.2 Κίνητρα……... 2

1.3 Συνεισφορά…… 2

1.4 Συναφείς εργασίες…….. 3

1.4.1 Sudoku Solver…… 3

1.4.2 BUILDING DETECTION USING BAYESIAN NETWORK…….. 4

1.5 Δομή Εγγράφου…….. 5

Κεφάλαιο **2** **Βασικοί Όροι**……...……. **6**

2.1 Drones…….……6

2.2 Φωτοβολτιαϊκά πλαίσια…….…….……7

2.3 Ψηφιακή Εικόνα……...……..……8

2.3.1 Δυαδικές Ψηφιακές Εικόνες…….…...……...……..9

2.3.2 Grayscale Ψηφιακές Εικόνες……..……9

2.3.3 RGB Χώρος...……..…….……10

2.3.4 HSV Χώρος……...……..……...……. 10

2.4 Image Segmentation……...…….…….……11

2.5 Θόρυβος εικόνας……...…… 12

2.6 Μορφολογική Επεξεργασία……..…….…….……...…...….... 13

2.7 Gamma Correction…….……...… 14

Κεφάλαιο **3** **Μεθοδολογία και Υλοποίηση** …….……...…….……...…..**16**

3.1 Ορισμός προβλήματος……...…..…… 17

3.2 Μεθοδολογία υλοποίησης……..……18

3.3 Αρχική εικόνα……...……..20

3.4 Προεπεξεργασία εικόνας ……..…….……20

3.4.1 Gamma Correction……..…….……22

3.4.2 Εφαρμογή Gaussian Blur…….……23

3.5 Κατάτμηση Εικόνας…….……23

3.5.1 Μορφολογικό φίλτρο ανοίγματος……...…….……28

3.6 Επεξεργασία εικόνας……29
3.6.1 find_contours…… 29
3.7 Ανάλυση δεδομένων …… 30
3.7.1 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων Φάση 1……30
3.7.2 Αφαίρεση διπλότυπων……32
3.7.3 Ταξινόμηση στοιχείων……..32
3.7.4 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων Φάση 2……34
3.7.5 Εντοπισμός μη εντοπισμένων πλαισίων…….. 34
3.8 Διόρθωση κλίσης αρχικής Εικόνας……37

Κεφάλαιο **4** **Πειραματισμός Αξιολόγηση**……..**40**
4.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης…….....40
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων αξιολόγησης……..40

Κεφάλαιο **5** **Συμπεράσματα και Μελλοντική εργασία** ……..**48**
5.1 Συμπεράσματα…… 48
5.2 Μελλοντική Εργασία……... 49

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή……1
1.2 Κίνητρα……..… 2
1.3 Συνεισφορά……..… 2
1.4 Συναφείς εργασίες…… 3
1.4.1 Sudoku Solver…….3
1.4.2 BUILDING DETECTION USING BAYESIAN NETWORK…….……..... 4
1.5 Δομή Εγγράφου……...……5

1.1 Εισαγωγή

Στις μέρες μας η εξέλιξη της τεχνολογία έκανε ένα μεγάλο άλμα σε διάφορους τομείς. Ένας μεγάλος τομέας είναι η αντικατάσταση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και φυσικό αέριο, με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο αέρας, για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Στη Μεσόγειο ένας από τους καλύτερους πόρους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο ήλιος, λόγω του ότι τις περισσότερες μέρες του χρόνου υπάρχει ηλιοφάνεια. Αυτό οδηγεί και στην αύξηση της χρήσης φωτοβολταϊκών πλαισίων για την παραγωγή ρεύματος με αποτέλεσμα να έχουν δημιουργηθεί μεγάλα πάρκα με φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ρεύματος.

Κάθε πλαίσιο πρέπει να είναι σε άριστη κατάσταση για να μπορεί να αποδίδει στο μέγιστο δυνατό. Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα, που εμφανίζεται στα φωτοβολταϊκά, είναι η δημιουργία μαύρων σημείων πάνω στο πλαίσιο όταν οι κρύσταλλοι του φωτοβολταϊκού πλαισίου καταστρέφονται. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται όταν το πλαίσιο έχει βρωμιές σε μικρά σημεία, και με την υψηλή θερμοκρασία του ήλιου θερμαίνεται τα σημεία αυτά και προκύπτει καταστροφή των κρυστάλλων.

Για την σωστή λειτουργία των φωτοβολταϊκών κάθε πλαίσιο πρέπει να ελέγχετε παροδικά για την καθαρότητα του και πρέπει να διατηρείται το ιστορικό κάθε πλαισίου και πληροφορίες όπως ημερομηνία κατασκευής, τελευταία ημερομηνία ελέγχου, προβλήματα πλαισίου και μέσος όρος παραγωγής KW ανά ημέρα.

1.2 Κίνητρα

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι μέσα από την χρήση μίας φωτογραφίας ενός πάρκου, να εισάγει τις συντεταγμένες κάθε πλαισίου έτσι ώστε να μπορεί μετέπειτα να δημιουργηθεί ηλεκτρονικός χάρτης με τα στοιχεία κάθε πλαισίου.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στα πάρκα τοποθετούνται κατά σειρά και εάν υπάρχει πρόβλημα σε ένα πλαίσιο τότε όλη η γραμμή του πλαισίου θα κόβεται και δεν θα μεταφέρεται το ρεύμα μέχρι το τέλος της γραμμής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί δραματικά η παραγωγικότητα του πάρκου. Για να εντοπιστεί το πρόβλημα, θα πρέπει να ελεγχθεί η παραγωγικότητα της γραμμής από τον μετασχηματιστή για την ποσότητα ρεύματος που δημιουργείται.

Μέσα από αυτή την εργασία δόθηκε η ευκαιρία να αναπτύξω τις γνώσεις μου που απέκτησα από τον κλάδο της Πληροφορικής και να βιώσω από πρώτο χέρι τη διαδικασία έρευνας και δημιουργίας ενός αλγόριθμου επεξεργασίας εικόνας για την ανίχνευση φωτοβολταϊκών αντικειμένων μέσα από μία ψηφιακή εικόνα.

1.3 Συνεισφορά

Όπως έχω προαναφέρει ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι εξάγει από μία αεροφωτογραφία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου τις συντεταγμένες κάθε πλαισίου έτσι ώστε να μπορεί μετέπειτα να δημιουργηθεί εύκολα ένας ηλεκτρονικός χάρτης με την δυνατότητα εισαγωγής και ενημέρωσης των στοιχείων κάθε πλαισίου.

Αυτό θα μπορεί να δώσει μια λύση στο πρόβλημα που υπάρχει με τα ελαττωματικά φωτοβολταϊκά πλαίσια, δίνοντας την δυνατότητα σε μεγάλα πάρκα φωτοβολταϊκών πλαισίων να κρατούνται ξεχωριστά τις πληροφορίες για κάθε πλαίσιο. Με τον τρόπο

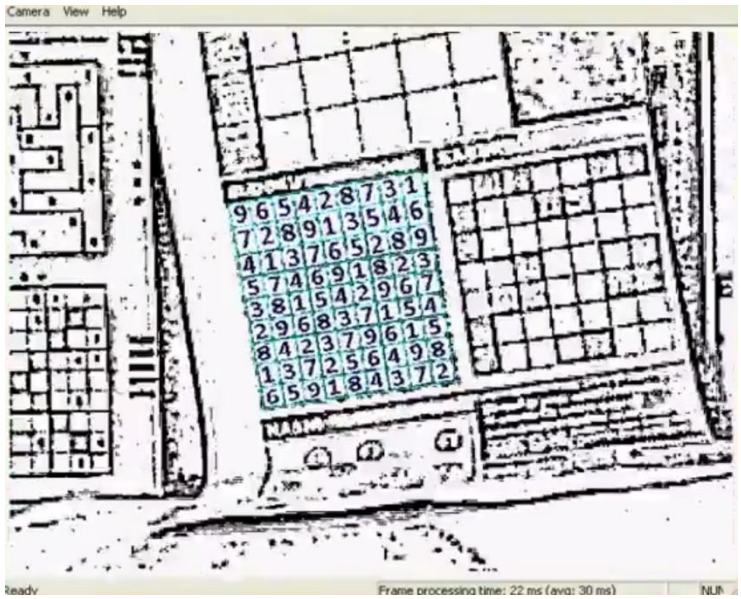
αυτό θα μπορεί να ανιχνευτεί πως κάποιο πλαίσιο δυσλειτουργεί πριν κάνει ζημία στην παραγωγικότητα όλου του πάρκου.

1.4 Συναφείς εργασίες

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την επεξεργασία εικόνας σε ψηφιακές εικόνες για την ανίχνευση αντικειμένων. Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν μερικές συναφής εργασίες που αναπτύχθηκαν με θέμα την επεξεργασία εικόνας στον εντοπισμό επιθυμητών αντικειμένων.

1.4.1 Sudoku Solver

Μία απλή εργασία που έχει να κάνει σχέση με την επεξεργασία εικόνας είναι η λύση του γνωστού παιχνιδιού Sudoku[1]. Η εφαρμογή αυτή υλοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++ όπου χρησιμοποιώντας μία web camera μπορεί να ανιχνεύσει το Sudoku και στην συνέχεια να εφαρμόσει επάνω του, τις μεθόδους επεξεργασίας εικόνας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξάγει την πληροφορία για τα σημεία των αριθμών που είδη υπάρχουν πάνω στο Sudoku και να τις ψηφιοποιήσει. Έχοντας πλέον τον πίνακα του Sudoku σε ψηφιακή μορφή λύνει το παιχνίδι και εμφανίζει τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο στο βίντεο.



Σχήμα 1.1 Αναπαράσταση εντοπισμού και επίλυσης Sudoku μέσο Web camera

1.4.2 BUILDING DETECTION USING BAYESIAN NETWORK

Μία ακόμη συναφή εργασία που έχει γίνει σε σχέση με την επεξεργασία εικόνας είναι η Building detection[2]. Η εργασία αυτή διερευνά τις χρήσεις των Bayesian Networks[2] για την ανίχνευση κτηρίων από ψηφιακές ορθοφωτογραφίες. Αυτή η εργασία διαφέρει από προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει για ανίχνευση κτηρίων με διάφορους τρόπους.

Το σύστημα χρησιμοποιεί τη βελτιστοποίηση της απόδοσης για να δημιουργήσει ένα πλαίσιο πιθανοτήτων με την βοήθεια των Bayesian Networks, όπου θα εκπαιδεύσει το σύστημα στο πως οι άνθρωποι προσδιορίζουν τις γωνίες και συνδυάζουν διαφορετικά δεδομένα, δίνοντας στο σύστημα την δυνατότητα να συνδυάζει τις πιθανότητες για τον προσδιορισμό των σωστών σχημάτων που αντιστοιχούν σε κτήρια.

Γενικά το σύστημα χωρίζεται σε δύο βασικούς αλγόριθμους:

- **Αλγόριθμος 1:**
    - Σπάσιμο της εικόνας σε περιοχές
    - Συγκέντρωση στοιχείων για κάθε περιοχή μέσα στην εικόνα
    - Εισαγωγή στοιχείων στο Bayesian Networks για έλεγχο των πιθανοτήτων αν κάποιο αντικείμενο είναι ένα κτήριο
- **Αλγόριθμος 2:**
    - Συλλογή στοιχείων για αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν κτήρια ή αντιπροσωπεύουν άσχετα αντικείμενα αναγνωρισμένα από ανθρώπους
    - Χρήση στοιχείων για εκπαίδευση του συστήματος στην ανίχνευση ακμών
    - Το σύστημα εκτελεί τα βήματα 1 και 2 από τον αλγόριθμο 1.
    - Συλλογή των χαρακτηριστικών στα στοιχεία
    - Έλεγχος στοιχείων στο Bayesian Networks για συλλογή πιθανοτήτων



Σχήμα 1.2 Αναπαράσταση λειτουργίας του συστήματος BUILDING DETECTION USING BAYESIAN NETWORKS. (Αριστερά) αρχική εικόνα, (μέση) εικόνα μετά το σπάσιμο της σε περιοχές, (δεξιά) εικόνα με εντοπισμένο κτίριο.

1.5 Δομή εγγράφου

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία αναφορά σχετικά με τους βασικούς όρους που θα χρησιμοποιηθούν στα μετέπειτα κεφάλαια όπως επίσης και η αλγοριθμική λειτουργία τους.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η μεθοδολογία υλοποίησης και γίνετε μία περιγραφή των αλγορίθμων και των βημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του προγράμματος ανίχνευσης εικόνας.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά της μεθοδολογίας αξιολόγησης και μετέπειτα η αξιολόγηση με την απεικόνιση των εικόνων που αξιολογήθηκε ο αλγόριθμος πριν και μετά την εφαρμογή του.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής και γίνετε μία αναφορά σε μελλοντικές εργασίες αναφορικά με την επεξεργασίας εικόνας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Κεφάλαιο 2

Βασικοί Όροι

2.1 Drones…… 6
2.2 Φωτοβολτιαϊκά πλαίσια…… 7
2.3 Ψηφιακή Εικόνα……8
2.3.1 Δυαδικές Ψηφιακές Εικόνες……9
2.3.2 Grayscale Ψηφιακές Εικόνες…….. 9
2.3.3 RGB Χώρος…….. 10
2.3.4 HSV Χώρος……. 10
2.4 Image Segmentation……. 11
2.5 Θόρυβος εικόνας……...12
2.6 Μορφολογική Επεξεργασία..……13
2.7 Gamma Correction……14

2.1 Drones

Τα Μη Επανδρωμένα Ιπτάμενα Οχήματα(ΜΕΙΟ)[3] έχουν την μορφή μικρών ελικοπτέρων που κινούνται κυρίως με μπαταρία όπου ο χρήστης τους μπορεί να τα χρησιμοποιήσει όπως εκείνος επιθυμεί και αναλόγως των τεχνικών χαρακτηριστικών τους μπορεί να κάνει διάφορες εργασίες. Σήμερα οι τύποι Drone που είναι διαδεδομένοι είναι τα Drones με σχήμα ελικοπτέρου που φέρουν στο κάτω μέρος τους μια φωτογραφική κάμερα, με την οποία ο χρήστης έχει την δυνατότητα να βγάλει φωτογραφίες ή βίντεο μεγάλης ευκρίνειας.

Τα Drone έχουν πολλές και διαφορετικές χρήσεις κα μπορεί να χρησιμοποιηθούν από ερασιτέχνες ή επαγγελματίες. Όμως η χρήση τους δεν περιορίζεται μονό σε απλές φωτογραφίες αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τήρηση της τάξης από την

αστυνομία ή για μεταφοράς αντικειμένων, σε αυτή την εργασία χρησιμοποιούμε το Drone Phantom 3 advanced με τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Gimbal Stabilized 2.7K Camera
- Camera Takes 12MP Still Photos
- 720p HD App-Based Monitoring
- Gimbal Control Dials on Transmitter
- GPS for Enhanced Stability and Failsafes
- Auto-Takeoff / Auto Return Home
- Vision Sensor for Indoor Flight
- Up to 23 Minutes Flying Time
- Intelligent LiPo Flight Battery
- Mobile Device Holder Included



Σχήμα 2.1 Κοινό Drone της εταιρίας DJI[13]

2.2 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Ο όρος Φωτοβολταϊκά πλαίσια αναφέρεται στην βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων που ενώνονται μαζί και δημιουργούν ένα πλαίσιο σε σχήμα ορθογωνίου ή τετραγώνου[4]. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ανακαλύφθηκαν αρχικά το 1839 από τον Ανρί Μπεκερέλ.

Η λειτουργία τους βασίζεται κυρίως σε ένα μείγμα πυριτίου που όταν διαπερνάται από τις ακτίνες του ήλιου τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, απελευθερώνουν ηλεκτρική ενέργεια

δημιουργώντας έτσι ηλεκτρικό κύκλωμα 12 ή 24 volt (αναλόγως του είδους του κάθε πλαισίου) όπου, με την χρήση μετασχηματιστών η τάση τους μετασχηματίζεται σε 240 volt (αναλόγως με την χώρα). Το ρεύμα που δημιουργείται μπορεί να ενωθεί κατευθείαν με το κύκλωμα της ηλεκτρικής ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για μετέπειτα χρήση του.

Τα είδη των φωτοβολταϊκών πλαισίων χωρίζονται ως εξής:

- **Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου**
    - Μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου
    - Πολυκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου
    - Ταινία πυριτίου

- **Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου**
    - Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός
    - Άμορφο πυρίτιο
    - Τελουριούχο κάδμιο
    - Αρσενικούχο κάδμιο
    - Αρσενικούχο γάλλιο

- **Άλλες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών υλικών**
    - Υβριδικό φωτοβολταϊκό
    - Νάνοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκων στοιχείων

Περίπου το 90% της κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι κατασκευασμένα από πυρίτιο λόγο των υψηλών αποδόσεων και της χαμηλής τιμής του πυριτίου σε σύγκριση με τα άλλα υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων. Στην Κύπρο χρησιμοποιούνται κυρίως τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια τύπου πυριτίου λόγω της χαμηλότερης τιμής τους σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά.

2.3 Ψηφιακή Εικόνα

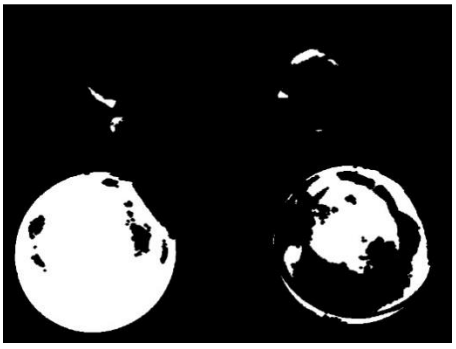
Ψηφιακή εικόνα είναι η μετάβαση από τον αναλογικό κόσμο στον ψηφιακό κόσμο και συνεπάγει τη μετατροπή των αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά[5]. Πιο συγκεκριμένα

κάθε ψηφιακή εικόνα είναι μια αριθμητική αναπαράσταση μιας εικόνας δύο διαστάσεων. Οι ψηφιακές εικόνες αποτελούνται από ένα πίνακα δύο διαστάσεων όπου κάθε στοιχείο ονομάζεται pixel. Τα pixel είναι τα μικρότερα στοιχεία σε μία εικόνα και το κάθε αποτελείται από αριθμητικές τιμές και αναλόγως του τύπου κάθε εικόνας δηλώνουν το χρώμα του κάθε pixel στο συγκεκριμένο σημείο.

Μορφές ψηφιακής εικόνας είναι:

2.3.1 Δυαδικές ψηφιακές εικόνες

Οι δυαδικές εικόνες είναι οι εικόνες με την ποιο απλούστερη μορφή ψηφιακής εικόνας που υπάρχει λόγο του χαμηλού μεγέθους αποθήκευσης που έχει και των μικρότερων αριθμών χρωμάτων που περιέχουν. Κάθε pixel μπορεί να περιέχει μόνο δύο χρώματα όπου για την αναπαράσταση του χρησιμοποιεί τις τιμές 0 όταν το χρώμα είναι μαύρο, και 1 όταν το χρώμα είναι άσπρο.



Σχήμα 2.2 Αναπαράσταση δυαδικής εικόνας σε μία εικόνα με φρούτα.

2.3.2 Grayscale ψηφιακές εικόνες

Είναι η μορφή της εικόνας όπου το κάθε pixel περιέχει τιμές από 0-255 και για την αποθήκευση της τιμής αυτής χρησιμοποιείται 1 Byte που ισοδυναμεί με 8 bit. Αυτή η μορφή μπορεί να αναπαραστήσει 255 αποχρώσεις του γκρίζου όπου το 0 είναι το μαύρο και μεγαλώνοντας η τιμή γίνεται πιο κοντά στο άσπρο (το άσπρο έχει την τιμή 255).



Σχήμα 2.3 Αναπαράσταση GrayScale εικόνας.

2.3.3RGB Χώρος

Η μορφή της εικόνας 3 χρωμάτων ή αλλιώς έγχρωμη εικόνα. Η μορφή αυτή περιέχει 3 κανάλια χρώματος για κάθε pixel, τα οποία είναι το Red (κόκκινο), Green (πράσινο) και Blue (μπλε). Αυτά τα 3 χρώματα μπορούν να πάρουν 256 αποχρώσεις το κάθε ένα ξεχωριστά και με τον συνδυασμό τους μπορούν να δημιουργήσουν 16 εκατομμύρια χρώματα για κάθε pixel. Για την αποθήκευση ενός pixel χρησιμοποιεί 3 Byte ή αλλιώς 24 bit.

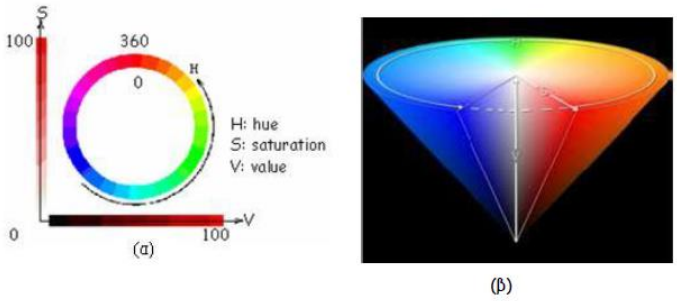


Σχήμα 2.4 Αναπαράσταση RGB εικόνας με τα 3 χρώματα που αποτελείτε κάθε εικόνα αυτής της μορφής.

2.3.4 HSV Χώρος

Πιο γνώριμος προς την ανθρώπινη αντίληψη είναι ο χρωματικός χώρος HSV[6]. Σε αυτή την μορφή το κάθε χρώμα περιγράφεται όχι σαν συνδυασμό κάποιων χρωμάτων (πχ RGB) αλλά με βάση χαρακτηριστικά που είναι πιο γνώριμα στις ανθρώπινες αισθήσεις (τόνο, κορεσμό, φωτεινότητα). Το μοντέλο HSV ανήκει στην κατηγορία τον μη γραμμικών αναπαραστάσεων. Αν επιχειρήσουμε να το

δούμε γραφικά, δηλαδή να απεικονίσουμε τα χρώματα σαν σημεία στον χώρο, θα πρέπει να ορίσουμε ένα σημείο αναφοράς. Το Hue θα μετράει γωνία σε σχέση με το σημείο αυτό, το Saturation την απόσταση, και το Value το ύψος όπως παρουσιάζεται στο πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 2.5 Απεικόνιση του HSV χώρου

Στην καθημερινή ζωή μιλώντας για χρώμα συνήθως αναφερόμαστε στην απόχρωση (Hue) που περιγράφει το χρώμα. Οι τιμές της απόχρωσης αναπαριστώνται πάνω σε ένα κύκλο Σχήμα 2.3.4 (α). Το επόμενο βασικό χαρακτηριστικό του χρώματος είναι η ζωντάνια ή κορεσμός (saturation). Ο κορεσμός περιγράφει την καθαρότητα του χρώματος με σύγκριση το λευκό και έτσι μπορούμε να πάρουμε μια πιο ανοιχτή απόχρωση κάποιου χρώματος. Ο κορεσμός μετριέται σε ποσοστά επί τοις εκατό και οι τιμές του κυμαίνονται σε 0-100, όπου 0 αναφέρετε στο λευκό. Τέλος, έχουμε την τιμή φωτεινότητας (value) που είναι μία σχετική τιμή για την φωτεινότητα ενός χρώματος.

2.4 Image Segmentation

Κατάτμηση [7] εικόνας ονομάζουμε την διαδικασία διαίρεσης μίας εικόνας σε ομοιόμορφες περιοχές οι οποίες ιδανικά αντιστοιχούν σε αντικείμενα η πρόσωπα που υπάρχουν στην εικόνα. Πιο συγκεκριμένα, η κατάτμηση εικόνας μπορεί να κάνει τα επιθυμητά αντικείμενα πιο αντιληπτά ή να αφαιρέσει τα μη επιθυμητά αντικείμενα από

την εικόνα. Η κατάτμηση στις πλείστες περιπτώσεις αποτελεί το πρώτο βήμα του οποίου έπεται ακολουθά η ανάλυση εικόνας.

Το αποτέλεσμα της κατάτμησης είναι ένα σύνολο τμημάτων από όλη την εικόνα όπου κάθε pixel σε μία περιοχή είναι παρόμοιο με ένα από τα pixels των άλλων περιοχών σε σχέση με κάποιο χαρακτηριστικό όπως το χρώμα, η ένταση και η υφή. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την κατάτμηση της εικόνας όπου η κάθε μέθοδος διαφέρει στο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιεί για να αναγνωρίσει την ομοιότητα των αντικειμένων μέσα στην εικόνα.

Κάποιες βασικές μέθοδοι είναι:

- **Color-Based Segmentation:** Βασίζεται στην ομοιότητα των χρωμάτων των αντικειμένων. Αποτελεσματική όταν τα χρώματα των αντικείμενων διαφέρουν από την υπόλοιπη εικόνα.

- **Thresholding Methods:** Βασίζεται στην φωτεινότητα των χρωμάτων μίας Gray scale εικόνας και αναλόγως με κάποιο κατώφλι. Αν η φωτεινότητα σε κάποιο pixel είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι που ορίστηκε, το pixel παίρνει το χρώμα μαύρο, διαφορετικά παίρνει το χρώμα άσπρο. Αποτελεσματική όταν η εικόνα περιέχει μεγάλα γεωμετρικά σχήματα.

- **Canny edge detector:** Αλγόριθμος εντοπισμού ακμών. Εντοπίζει τις ακμές σε μία εικόνα και μαρκάρει τα pixel των ακμών με άσπρο χρώμα και τα pixel που δεν ανήκουν στις ακμές με μαύρο χρώμα. Μπορεί πρακτικά να εφαρμοστεί σε ειδικές περιπτώσεις εικόνων, όπως εικόνες που αποτελούνται από γεωμετρικά σχήματα με αναλυτική μαθηματική περιγραφή, ή από αντικείμενα που συντίθενται από απλά γεωμετρικά σχήματα.

2.5 Θόρυβος εικόνας

Ο όρος θόρυβος στην καθημερινότητα αναφέρεται σε ανεπιθύμητους ήχους που υπάρχουν. Στην επεξεργασία εικόνας αυτός ο όρος αναφέρεται στις ανεπιθύμητες πληροφορίες μέσα στην εικόνα (π.χ. τελείες, περιοχές με αντανάκλαση ηλίου,

θολότητα) που κάνουν την επεξεργασία εικόνας πιο δύσκολη. Για την αποφυγή ή την αφαίρεση των θορύβων μέσα στην εικόνα, αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι όπως η μορφολογική επεξεργασία εικόνας.

2.6 Μορφολογική Επεξεργασία

Η μορφολογική επεξεργασία[9] εικόνας επικεντρώνεται στη γεωμετρική δομή των σχημάτων στην εικόνα, χρησιμοποιεί δομικά στοιχεία (κύκλο, σταυρό, τετράγωνο, ορθογώνιο) για το φιλτράρισμα της εικόνας έτσι ώστε τα μη επιθυμητά αντικείμενα να μικρύνουν σε μέγεθος και τα επιθυμητά αντικείμενα να γίνουν πιο έντονα για την καλύτερη αναγνώριση τους. Επίσης η χρήση αυτής της μεθόδου χρησιμοποιείται για την αφαίρεση θορύβου μέσα σε εικόνες όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω. Η μορφολογική επεξεργασία σε αρχικά στάδια χρησιμοποιείτο μόνο σε δυαδικές εικόνες αλλά μετέπειτα η χρήση της έγινε και σε εικόνες grayscale.

Βασικές λειτουργείες της μορφολογικής επεξεργασίας είναι:

- **Erosion:** Το δομικό στοιχείο περιέχει ένα από το προαναφερθέντα σχήματα όπου σε κάθε pixel του δομικού στοιχείου περιέχει την τιμή 1, για κάθε pixel μέσα στην εικόνα εφαρμόζει το κέντρο του δομικού στοιχείου πάνω σε αυτό και εφαρμόζει τον λογικό τελεστή AND στα pixel μέσα στην εικόνα που επικαλύπτονται από το δομικό στοιχείο. Πιο συγκεκριμένα, αν όλα τα pixel μέσα στην εικόνα που επικαλύπτονται έχουν την τιμή 1, τότε το κεντρικό pixel της εικόνας θα πάρει την τιμή 1. Σε διαφορετική περίπτωση, εάν έστω και ένα pixel περιέχει την τιμή 0 τότε το κεντρικό pixel παίρνει την τιμή 0.

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\}$$

- **Dilation:** Το δομικό στοιχείο περιέχει ένα από το προαναφερθέντα σχήματα, όπου το κάθε pixel του δομικού στοιχείου περιέχει την τιμή 1 και για κάθε pixel μέσα στην εικόνα εφαρμόζει το κέντρο του δομικού στοιχείου πάνω σε αυτό και εφαρμόζει τον λογικό τελεστή OR στα pixel μέσα στην εικόνα που επικαλύπτονται από το δομικό στοιχείο. Πιο συγκεκριμένα, εάν έστω και ένα από τα pixel μέσα στην εικόνα που επικαλύπτονται έχουν την τιμή 1 τότε το

$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \varnothing\}$$

κεντρικό pixel της εικόνας θα πάρει την τιμή 1, αλλιώς αν όλα τα pixel περιέχουν την τιμή 0 τότε το κεντρικό pixel παίρνει την τιμή 0.

- **Open:** Εφαρμόζει πρώτα το erosion και στην συνέχεια το dilation. Αυτό επιτυγχάνει την τόνωση των μεγάλων στοιχείων και την εξάλειψη των μικρών στοιχείων (θορύβου).

- **Close:** Εφαρμόζει πρώτα το dilation και στην συνέχεια το erosion. Αυτό επιτυγχάνει την τόνωση των μικρών στοιχείων και την σμίκρυνση των μεγάλων στοιχείων. Επιπρόσθετα, τα στοιχεία που είναι κοντά σε μία εικόνα ενώνονται αναλόγως με το σχήμα και το μέγεθος του δομικού στοιχείου.

2.7 Gamma Correction

Το Gamma correction[8] είναι η μη γραμμική λειτουργία που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση των τιμών φωτεινότητας μέσα σε μία εικόνα ή βίντεο. Η κωδικοποίηση στο Gamma correction χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίηση της χρήσης των bits, ή για του εύρος ζώνης (bandwidth) στην μεταφορά της εικόνας. Στην επεξεργασία εικόνας το gamma correction χρησιμοποιείται για την διόρθωση της φωτεινότητας των pixel μέσα σε μία εικόνα της μορφής GrayScale ούτως ώστε, εικόνες με διαφορετικές συνθήκες φωτεινότητας να προσεγγίσουν όσον το δυνατό μία επιθυμητή καθορισμένη τιμή φωτεινότητας για πιο εύκολη μετέπειτα επεξεργασία πάνω στην εικόνα.

Η διόρθωση του gamma correction στις απλούστερες περιπτώσεις, ορίζεται από την εξίσωση:

$$V_{\text{out}} = AV_{\text{in}}{}^{\gamma}$$

Όπου η μη αρνητική τιμή εισόδου V_{in} (τιμή φωτεινότητας pixel) αυξάνεται στην δύναμη της τιμής $^{\gamma}$ και πολλαπλασιάζεται με την σταθερά A.



Σχήμα 2.6 Παράδειγμα εφαρμογής Gamma Correction σε μία εικόνα με 2 διαφορετικές τιμές(γ=2,γ=0.5).

Στο Σχήμα 2.6 παρατηρείται πως για τιμές μεγαλύτερες της μονάδας η εικόνα σκουραίνει ενώ μικρότερης της μονάδας η εικόνα γίνεται πιο φωτεινή.

Κεφάλαιο 3

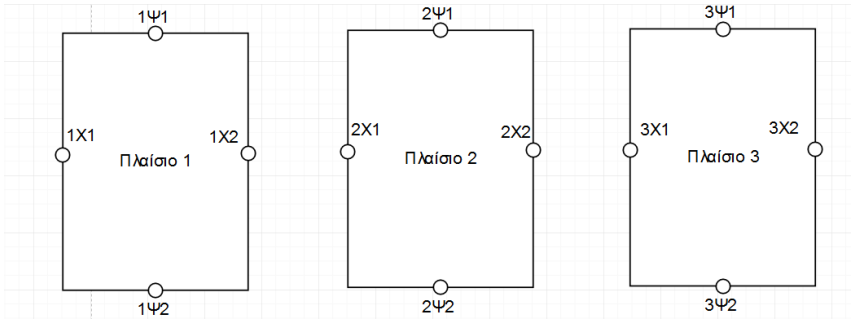
Μεθοδολογία Και Υλοποίηση

3.1 Ορισμός προβλήματος…….17
3.2 Μεθοδολογία υλοποίησης……...18
3.3 Αρχική εικόνα……...19
3.4 Προεπεξεργασία εικόνας …….20
3.4.1 Gamma Correction…….……..…….……...…….…….21
3.4.2 Εφαρμογή Gaussian Blur.…….……...…….…….23
3.5 Κατάτμηση Εικόνας….…….……...……...…….…….24
3.5.1 Μορφολογικό φίλτρο ανοίγματος……...…….……...…….……29
3.6 Επεξεργασία εικόνας….…….……..……..…….……....…...……30
3.6.1 find_contours……..……...…...……..30
3.7 Ανάλυση δεδομένων …….…….…….……31
3.7.1 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων φάση 1……...…….…...….31
3.7.2 Αφαίρεση διπλότυπων…….……...…32
3.7.3 Ταξινόμηση στοιχείων……..…..……....33
3.7.4 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων φάση 2……...…….……...34
3.7.5 Εντοπισμός μη εντοπισμένων πλαισίων……...……35
3.8 Διόρθωση κλίσης αρχικής Εικόνας….……..……38

3.1 Ορισμός προβλήματος

Βασικός στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι ο εντοπισμός των συντεταγμένων του κάθε πλαισίου που υπάρχουν μέσα σε μία εικόνας δίνοντας σαν έξοδο τα σημεία κάθε πλαισίου μέσα στην εικόνα. Δηλαδή, Έστω $Π_1,Π_2,..Π_{N-1},Π_N$ το πλαίσιο 1,2…N-1,N μέσα στην εικόνα αντίστοιχα. Το ζητούμενο είναι να εντοπιστεί για κάθε πλαίσιο Π τα σημεία Nχ1,Nχ2,Nψ1,Nψ2 όπου :

- Ν : το πλαίσιο ΠΝ



Σχήμα 3.1 Αναπαράσταση σημείων [Νχ1,Νχ2,Νψ1,Νψ2] για τα πλαίσια 1,2 και 3

3.2 Μεθοδολογία υλοποίησης

Για την επίλυση του προβλήματος χρειάστηκε να σπάσει το αρχικό πρόβλημα σε μικρά υποπροβλήματα. Για την επεξεργασία εικόνας καθοριστήκαν 5 βασικά βήματα, τα οποία είναι:

1) Διόρθωση κλίσης εικόνας
2) Προεπεξεργασία Εικόνας
3) Κατάτμηση εικόνας
4) Επεξεργασία εικόνας και εξαγωγή δεδομένων
5) Ανάλυση Δεδομένων

Αρχικά το πρόγραμμα παίρνει σαν είσοδο μία εικόνα της μορφής RGB ενός πάρκου φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στην συνεχεία ακολουθεί το βήμα της διόρθωσης εικόνας όπου ανιχνεύοντας την κλίση των γραμμών που σχηματίζονται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, διορθώνει την κλίση έτσι ώστε η τιμή αυτής της κλίσης να μηδενιστεί.

Στο δεύτερο βήμα ακολουθεί η επεξεργασία εικόνας. Σε αυτό το βήμα στόχος είναι, μέσο διάφορων φίλτρων θα αφαιρεθούν μη επιθυμητά αντικείμενα από την εικόνα όπως είναι ο θόρυβος ή η μετατροπή σε διαφορετικές μορφές όπως είναι η GrayScale και η HSV.

Αφού ολοκληρωθεί το δεύτερο βήμα της προεπεξεργασίας εικόνας, ακολουθεί η κατάτμηση εικόνας όπου σε αυτό το βήμα, ανιχνεύονται οι ακμές μέσα στην εικόνα που σχηματίζονται από τις άκρες των πλαισίων. Μετέπειτα, ακολουθεί η εξαγωγή των

πληροφοριών μέσα στην εικόνα όπου σε αυτό το σημείο εντοπίζονται τα πλαίσια μέσα στην εικόνας.

Τέλος, τα δεδομένα αναλύονται για την μοναδικότητα τους και ακολουθούν διάφοροι αλγόριθμοι που υλοποιηθήκαν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας. Η αλγόριθμοι αυτοί σκοπό έχουν να εντοπίσουν φωτοβολταϊκά πλαίσια που δεν εντοπιστήκαν από τα προηγούμενα βήματα.

Στα επόμενα υποκεφάλαια θα γίνει ποιο λεπτομερής αναφορά για τις λειτουργίες των ποιο πάνω βημάτων.

3.3 Αρχική εικόνα

Η αρχική εικόνα είναι μορφής RGB με διαστάσεις 4000px X 3000 p.x. Για την λήψη των φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική του Drone Phantom 3 advance όπου η ευκρίνεια της είναι 12MP(4000px X 3000px).

Αρχική έρευνα ήταν ο εντοπισμός των ιδανικών συνθηκών όπου θα ήταν τραβηγμένες οι φωτογραφίες και θα ήταν ποιο ευδιάκριτα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μέσα στην εικόνα. Για τον λόγω αυτό τραβήχτηκαν διάφορες φωτογραφίες του ίδιου φωτοβολταϊκού πάρκου, όπου διάφεραν σε 4 συνθήκες που ήταν τραβηγμένες. Στο ποιο κάτω πίνακα αναπαριστούνται οι 4 συνθήκες που πρέπει να πληρούν οι αρχικές φωτογραφίες για φωτογραφική με 12MP(3000X4000 px).

Συνθήκες	**Εξήγηση**	**Επιλογή**
Υψόμετρο	το υψόμετρο της φωτογραφίες είναι το ύψος όπου βρίσκεται η φωτογραφική την στιγμή της φωτογράφισης.	Το υψόμετρο πρέπει να είναι το ελάχιστο 2 μέτρα και το μέγιστο να μην ξεπερνάει τα 150 μέτρα. Ψηλότερα από 150 μέτρα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν θα είναι εμφανής και μικρότερο από 2 μέτρα οι

		κρύσταλλοι μέσα στα πλαίσια θα γίνονται ορατοί.
Οριζόντια κλίση	Η κλίση που έχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια οριζοντίως σε σχέση με την φωτογραφία.	Τα πλαίσια να έχουν κλίση -30 μέχρι 30 μοίρες.
Κάθετη κλίση	Η κλίση των πλαισίων εν σχέση την κλίση της φωτογραφίας.	Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι σε σχήμα ορθογωνίου η τετραγώνου (αναλόγως με το σχήμα του πλαισίου) δλδ η φωτογραφική να είναι κάθετη στα πλαίσια.
Φωτεινότητα της εικόνας	Οι ώρες που τραβήχτηκε η φωτογραφία (Πρωί,μεσημέρι ,απόγευμά).	Η φωτογραφίες να είναι βγαλμένες απόγευμα για αποφευχθεί η ισχυρή αντανάκλασης του ήλιου στα πλαίσια.



Σχήμα 3.2 Παράδειγμα αρχικής εικόνας από το φωτοβολταϊκό πάρκο “ΦΑΕΘΩΝ” στο πανεπιστήμιο Κύπρου

3.4 Προεπεξεργασία εικόνας

Το στάδιο της προεπεξεργασίας εικόνας έχει ως στόχο, να κάνει την εικόνα ποιο ομαλή έτσι ώστε να μειωθούν όσον το δυνατό περισσότερο διάφοροι θόρυβοι που ενδέχεται να επηρεάσουν το στάδιο της επεξεργασίας εικόνας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, για την προεπεκεργασία της εικόνας έγιναν χρήση οι αλγόριθμοι Gamma correction, μετατροπή RGB σε GrayScale και Gaussian Blur.

3.4.1 Gamma Correction

Λόγο της διαφορετικής κλίμακας φωτεινότητας που υπάρχει στις εικόνες από διαφορετικές συνθήκες φωτεινότητας, έγινε μία έρευνα που στόχο είχε να φέρει την φωτεινότητα διαφορετικών εικόνων σε μία ομοιόμορφη τιμή. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον αλγόριθμο να επιτύχει στην επεξεργασία εικόνων που διαφέρουν μεταξύ τους με την ίδια σειρά βημάτων.

Βάση πειραματισμού με αλγόριθμους που έγιναν, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα αυτό βρέθηκε να είναι ο αλγόριθμος Gamma Correction. Ο αλγόριθμος αυτός διορθώνει την αντίθεση που υπάρχει στα χρώματα μέσα στην εικόνα. Για την μεγιστοποίηση της επιτυχούς χρήσης του αλγορίθμου έγινε η χρήση του σε 3 διαφορετικές τιμές στην αρχική εικόνα (γ=0.4,γ=0.8,γ=1.2). Η χρήση του γ όπως έχει προαναφερθεί (βλέπε 2.7) καθορίζει την κωδικοποίηση της τιμής του pixel στο σημείο εφαρμογής του και δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση.

$$V_{\text{out}} = AV_{\text{in}}^{\gamma}$$

Οι τιμές που επιδέχθηκαν για την τιμή γ εξασφαλίζει πως θα κωδικοποιηθούν 3 εικόνες με μεγάλες διαφορές στις αντιθέσεις των φωτεινοτήτων στην αρχική εικόνα. Μεγαλώνοντας το γ δημιουργεί μικρότερες σκιάσεις. (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3 Παράδειγμα εφαρμογής φίλτρου Gamma Correction στην αρχική εικόνα σε 3 διαφορετικές τιμές απόχρωσης(gamma=0.4,gamma=0.8,gamma=1.4)

Το επόμενο βήμα που ακολούθησε είναι η μετατροπή των τριών εικόνων που δημιουργηθήκαν από το Gamma Correction σε GrayScale μορφή. Η μετατροπή σε GrayScale μορφή είναι ένα απαραίτητο βήμα για την μετέπειτα μετατροπή μίας εικόνας σε Binary μορφή. Για τον μετασχηματισμό των εικόνων σε GrayScale μορφή υπάρχουν διάφορες μέθοδοι όπως είναι το σπάσιμο της εικόνας RGB στα 3 βασικά της χρώματα (μπλε. κόκκινο, πράσινο) και η μετατροπή του ενός καναλιού σε GrayScale μόνο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχτηκε ο μετασχηματισμός να γίνει από τα 3 κανάλια μαζί, λόγω μεγαλύτερης αντίθεσης φωτεινότητας.

Οι GrayScale εικόνες που προκύπτουν φαίνονται στα ποιο κάτω σχήματα.



Σχήμα 3.4 Μετατροπή RGB εικόνας με gamma=0.4 σε GrayScale



Σχήμα 3.5 Μετατροπή RGB εικόνας με gamma=0.8 σε GrayScale



Σχήμα 3.6 Μετατροπή RGB εικόνας με gamma=1.2 σε GrayScale

Από τα σχήματα 3.4, 3.5 και 3.6 φαίνεται πως η ποιο καθαρή εικόνα με την καλύτερη αντίθεση, είναι η εικόνα με τιμή γ= 0.4.

3.4.2 Εφαρμογή Gaussian Blur

Για την επίτευξή της εύρεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων χρειάζεται να μειωθεί η πληροφορία στις περιοχές που δεν έχουν να κάνουν με τα πλαίσια. Όπως φαίνεται στις πιο πάνω εικόνες τα άκρα της εικόνας φέρουν πληροφορίες από αντικείμενα (στην περίπτωση αυτή δέντρα και περίφραγμα πάρκου) που καθιστούν την αναγνώριση των πλαισίων πιο δύσκολη. Για τον λόγο αυτό στις πιο πάνω εικόνες εφαρμόζεται η μέθοδος Gaussian Blur[10] για κάθε μία ξεχωριστά, όπως φαίνεται στο σχήμα(3.4).

Για την εφαρμογή του φίλτρου Gaussian Blur έγιναν διάφορες δοκιμές στο μέγεθος του δομικού του στοιχείου που παίρνει σαν είσοδο, καθώς επίσης και στο μέγεθος του. Στόχος ήταν η εύρεση του καλύτερου δομικού στοιχείου όπου θα αφαιρούσε στο μέγιστο δυνατό την πληροφορία από τα μη επιθυμητά αντικείμενα μέσα στην εικόνα, αλλά η πληροφορία των ακμών στα άκρα του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου δεν θα αφαιρεθεί. Μετά από έλεγχο διάφορων τιμών και σχημάτων στο δομικό στοιχείο, καταλήξαμε στο σχήμα τετραγώνου με διαστάσεις 3X3px.

3.5 Κατάτμηση εικόνας

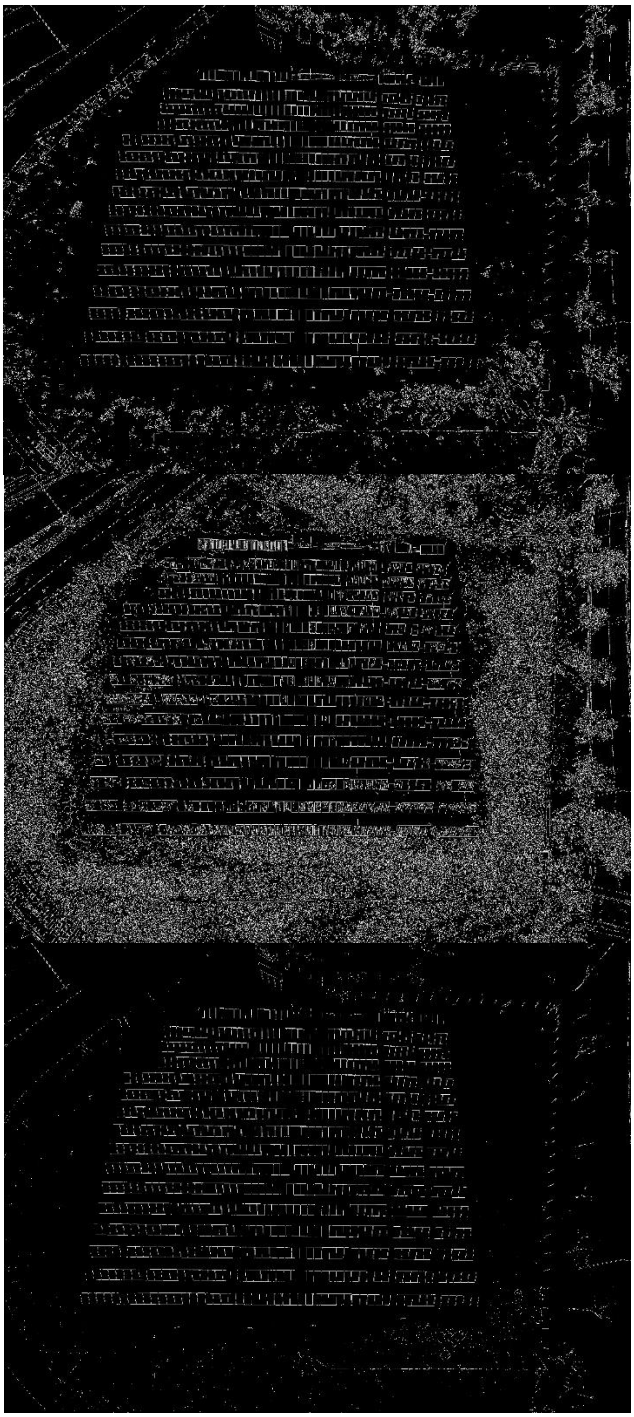
Στο στάδιο κατάτμησης εικόνας η εικόνα χωρίζεται σε περιοχές, όπου γίνετε η μία συσχέτιση των διαφόρων περιοχών ως προς κάποιο κοινό στοιχείο. Στόχος αυτού του βήματος στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι ο εντοπισμός ακμών μέσα στην εικόνα όπου αντιπροσωπεύουν τις άκρες κάθε πλαισίου.

Για την κατάτμηση εικόνας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Canny edges, η οποία ανιχνεύει της ακμές που υπάρχουν μέσα στην εικόνα. Για την κατάτμηση της εικόνας χρησιμοποιείται το δομικό στοιχείο σε σχήμα σταυρού. Το κάθε pixel μέσα στην εικόνα που ανήκει σε σημείο ακμής, παίρνει την τιμή 255 (άσπρο) αλλιώς παίρνει την τιμή 0 (μαύρο).

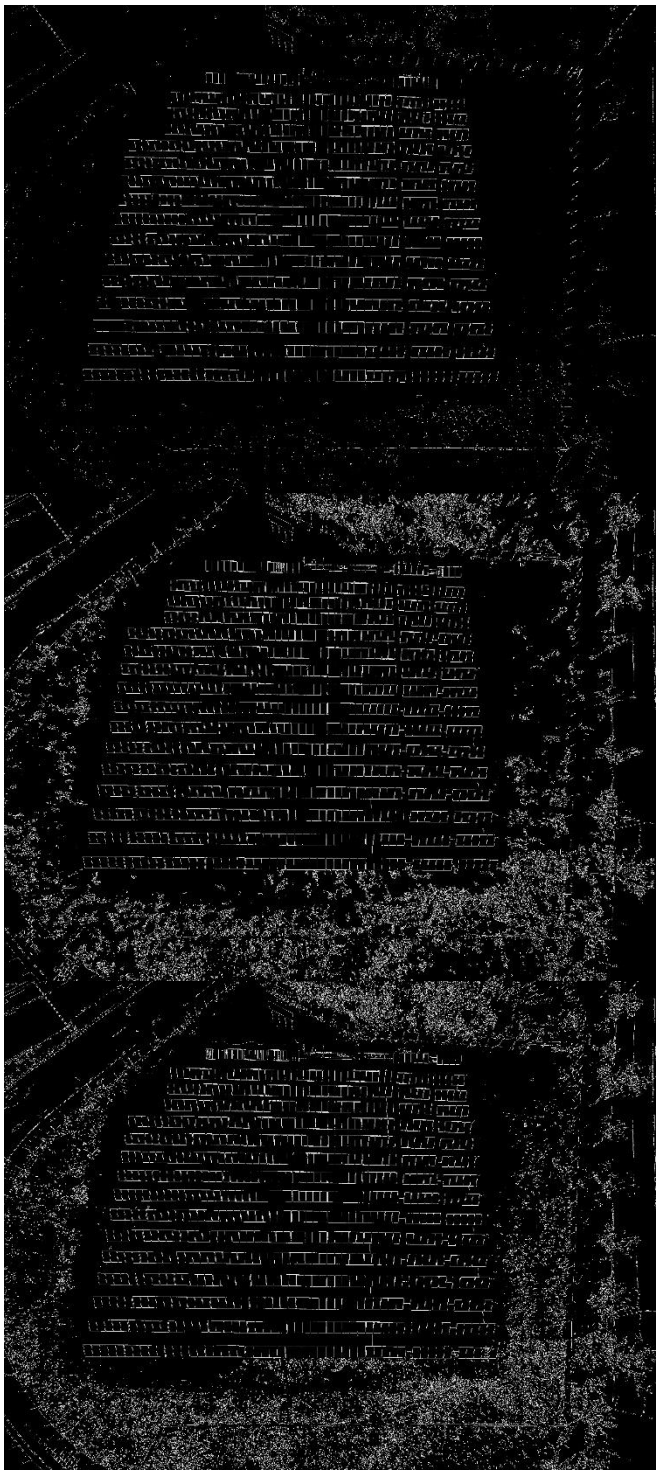
Για την μεγιστοποίηση των δεδομένων που θα μπορούν να εξαχθούν από τις εικόνες, κρίθηκε σκόπιμο η χρήση του αλγορίθμου σε κάθε εικόνα με 3 διαφορετικές τιμές στο μέγεθος του δομικού της στοιχείου:

- Low: η τιμή αυτή υπολογίζεται βάση της χαμηλότερης τιμής pixel στην GrayScale εικόνα.
- Mid: η τιμή αυτή υπολογίζεται βάση της ψηλότερης τιμής pixel στην GrayScale εικόνα.
- Auto: η τιμή αυτή υπολογίζεται από τον μέσο όρο των τιμών pixel στην GrayScale εικόνα.

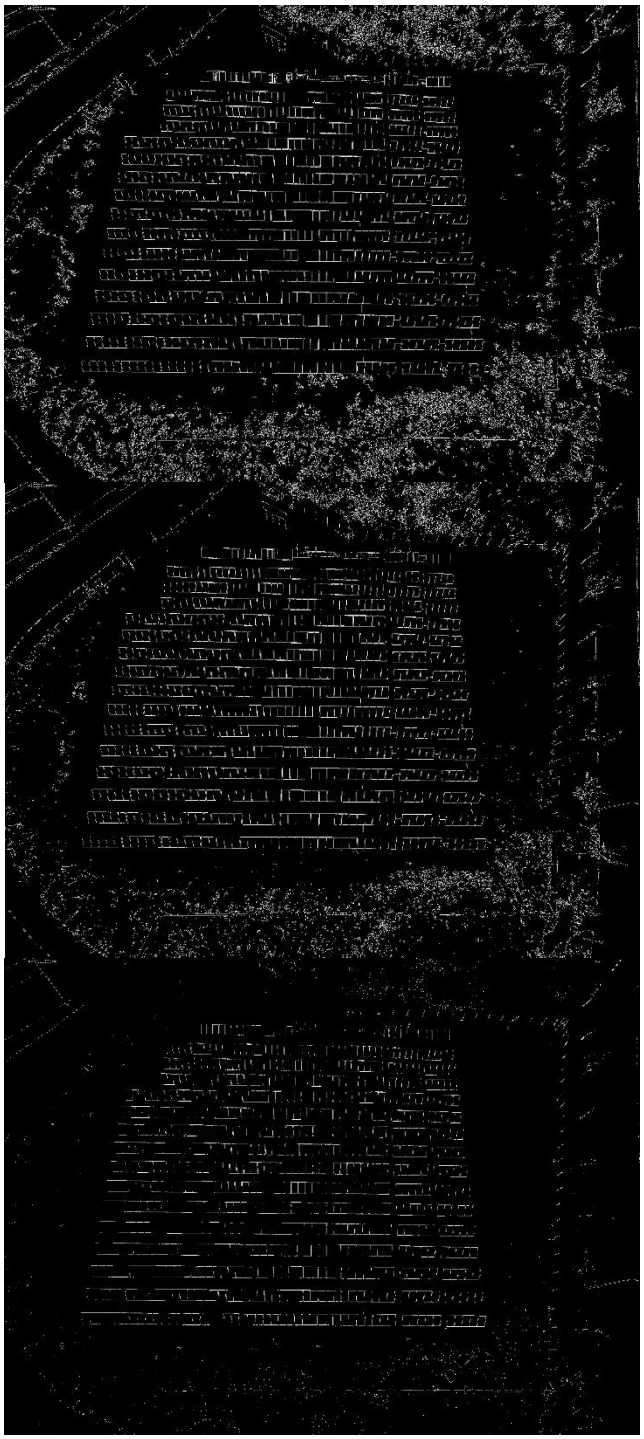
Η μέθοδος των τριών τιμών στην κάθε εικόνα ξεχωριστά, εξασφαλίζει την μέγιστη εύρεση πλαισίων για κάθε εικόνα, αφού οι 9 εικόνες που παράγονται καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών τιμών φωτεινότητας που είναι τραβηγμένες οι εικόνες. Στα σχήματα 3.7, 3.8, 3.9 παρουσιάζεται η εφαρμογή του αλγορίθμου Canny Edges στις 3 εικόνες από το Gamma Correction.



Σχήμα 3.7 Αναπαράσταση των τριών binary εικόνων που προκύπτουν από την εφαρμογή της συνάρτησης CannyEdges με τιμές low,mid και auto στην GrayScale εικόνα με φίλτρο Gamma correction με γ= 0.4.



Σχήμα 3.8 Αναπαράσταση των τριών binary εικόνων που προκύπτουν από την εφαρμογή της συνάρτησης CannyEdges με τιμές low,mid και auto στην GrayScale εικόνα με φίλτρο Gamma correction με γ= 0.8.

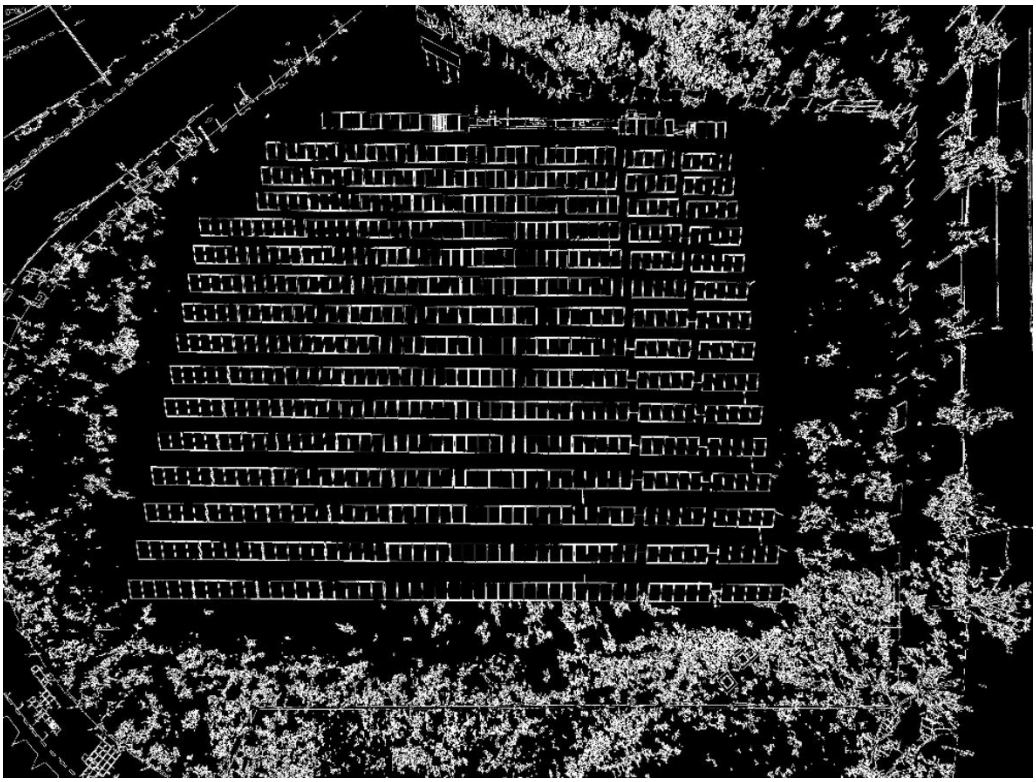


Σχήμα 3.9 Αναπαράσταση των τριών binary εικόνων που προκύπτουν από την εφαρμογή της συνάρτησης CannyEdges με τιμές low,mid και auto στην GrayScale εικόνα με φίλτρο Gamma correction με γ= 1.2.

Στα σχήματα 3.7, 3.8, 3.9 πιο πάνω, παρατηρείται πως στις 3 περιπτώσεις διαφορετικών τιμών στο Gamma Correction, οι εικόνες με τις καλύτερες εμφανείς ακμές διαφέρουν στην κάθε εικόνα αναλόγως των τιμών φωτεινότητα τους. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχει καλύτερη τιμή στο μορφολογικό σχήμα του αλγορίθμου Canny Edges που να δίνει βέλτιστα αποτελέσματα για όλες τις περιπτώσεις.

3.5.1 Μορφολογικό φίλτρο ανοίγματος

Στις εικόνες που εφαρμόστηκε επάνω τους ο αλγόριθμος εντοπισμού ακμών Canny Edges, παρατηρούμε πως οι ακμές δεν είναι έντονες με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα στον μετέπειτα εντοπισμό των πλαισίων μέσα στην εικόνα. Για να γίνουν οι γραμμές ποίο έντονες και να ενωθούν πιθανές ακμές που σχηματίζουν ένα πλαίσιο, μέσα στις 9 εικόνες κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί το φίλτρο μορφολογικού ανοίγματος Dilate με δομικό στοιχείο 3X3.



Σχήμα 3.10 Παράδειγμα εικόνας canny_wide όπου εφαρμόστηκε η μορφολογική επεξεργασία ανοίγματος Dilate. Η ακμές μέσα στην εικόνα τονίστηκαν και έγιναν ποιο εμφανείς.

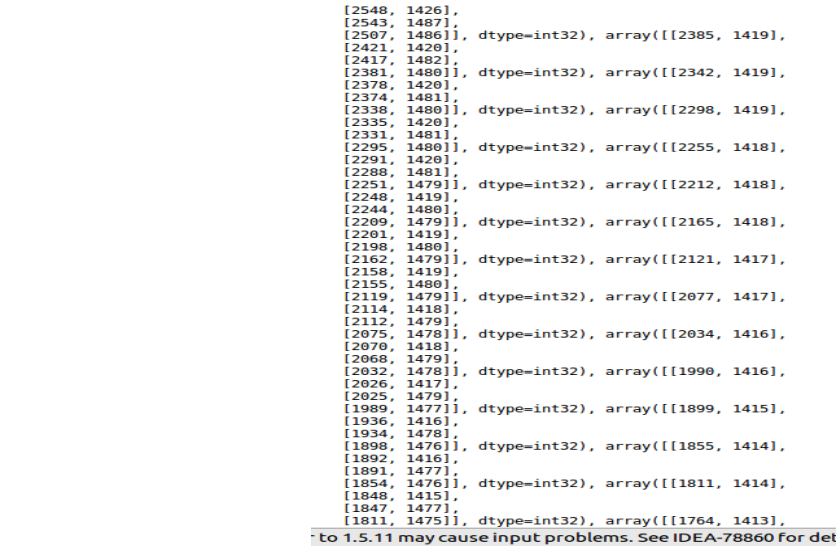
3.6 Επεξεργασία εικόνας

Αφού μέσω της προεπεξεργασίας εικόνας η εικόνα έφθασε σε ένα επιθυμητό αποτέλεσμα μειώνοντας την πληροφορία στα μη επιθυμητά αντικείμενα και τονίζοντας της ακμές της, το επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία εικόνας. Σκοπός της επεξεργασίας εικόνας είναι η εξαγωγή επιθυμητών πληροφοριών μέσα από την εικόνα όπου στην περίπτωση της εργασίας μας είναι ο εντοπισμός ορθογωνίων.

3.6.1 Find_contours

Μέχρι τώρα στα προηγούμενα υποκεφάλαια επιτεύχθηκε η τόνωση και ο εντοπισμός των ακμών μέσα στην εικόνα. Το επόμενο βήμα είναι η μαθηματική ανίχνευση των συντεταγμένων των ορθογωνίων (πλαισίων) μέσα στην εικόνα στους 2 άξονες X και Y.

Για τον εντοπισμό των πλαισίων εφαρμόζεται η μέθοδος find_contours()[12] πάνω στις 9 εικόνες που δημιουργηθήκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια. Ο αλγόριθμος find_contours εντοπίζει τα ορθογώνια σε μία δυαδική εικόνα και επιστρέφει τις τοποθεσίες των τεσσάρων ακρών, του κάθε ορθογωνίου που εντοπίστηκε σε μορφή λίστας.



Σχήμα 3.11 Αναπαράσταση μορφής συντεταγμένων για τα πλαίσια που εντοπίστηκαν από τον αλγόριθμο find_contours.



Σχήμα 3.12 Αναπαράσταση εντοπισμένων πλαισίων από την εφαρμογή του αλγόριθμου find_contours.

Στο σχήμα 3.12 παρατηρούμε πως ο αλγόριθμος find_contours εντοπίζει τα πλαίσια από την δεξιά μεριά με ποσοστό εντοπισμού κοντά στο 70%. Επίσης παρατηρούμε πως ο αλγόριθμος εντόπισε πλαίσια περισσότερες από 1 φορές και σε κάποια σημεία εντόπισε ορθογώνια που σχηματίζονται από περισσότερα από 1 πλαίσια.

3.7 Ανάλυση των δεδομένων

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο αναλύθηκαν τα βήματα στην επεξεργασία εικόνας με τις συντεταγμένες των φωτοβολταϊκών να αποθηκεύονται σε μία λίστα. Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα αναλυθεί η ανάλυση των δεδομένων αυτών, για την αφαίρεση των πλαισίων που εντοπιστήκαν περισσότερο από μια φορές, επίσης θα αναλυθούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιηθήκαν για τον εντοπισμό των υπόλοιπων πλαισίων μέσα στην εικόνα που δεν εντοπιστήκαν από τον αλγόριθμο find_contours.

3.7.1 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων φάση 1

Όπως έχουμε προαναφέρει μερικές συντεταγμένες των πλαισίων που εντοπίστηκαν, αναπαριστούν ορθογώνια που σχηματίζονται από περισσότερα από ένα πλαίσια. Για την επίλυση αυτού το προβλήματος υλοποιήθηκε ένας αλγόριθμος που εντοπίζει τα πλαίσια που έχουν πλάτος μεγαλύτερο από τον μέσο όρο του πλάτους των εντοπισμένων πλαισίων και τα αφαιρεί.

Πιο συγκεκριμένα έστω η λίστα List της μορφής [[χ1,χ2,y1,y2], [χ1,χ2,y1,y2]…]. Το κάθε πλαίσιο αναπαριστάται από [χ1,χ2,y1,y2] όπου, χ1,χ2 τα σημεία των 2 ακρών του στον άξονα των X και y1,y2 τα σημεία των ακρών του στον άξονα των Y για το κάθε πλαίσιο. Η μεταβλητή dimension δηλώνει τον μέσο όρο του πλάτος των πλαισίων μέσα στην λίστα list.

Το ζητούμενο είναι να αφαιρεθούν τα node από την λίστα list όπου:

- i[1]-i[0]) > dimension*1.5 // μεγαλύτερα από ενάμιση φορά του μέσου όρου θεωρείτε πως είναι συνδυασμός από περισσότερων από 1 πλαίσια
- (i[1]-i[0]) < dimension*0.5 // μικρότερα από το μισό του μέσου όρου θεωρείτε πως δεν είναι εντοπισμένα πλαίσια

Ψευδοκώδικάς λύσης:

```
Για κάθε node i στην λίστα list:                    // εντοπισμός width
        dimension =  dimension + (i[1]-i[0]); // i[1]-i[0] = πλάτος πλαισίου
dimension = int (dimension / length(list));
Για κάθε node i στην λίστα list:
        if (i[1]-i[0]) > dimension*1.5          // Πολύ μεγαλύτερα από τον μέσο όρο
           list.pop(i);
        else if((i[1]-i[0]) < dimension*0.5)    //Πολύ μικρά πλαίσια
           list.pop(i);
```

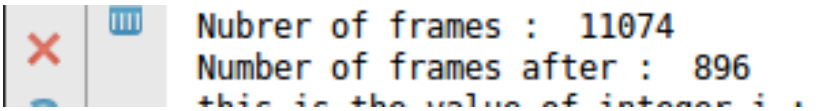
3.7.2 Αφαίρεση διπλότυπων

Αφού αφαιρέθηκαν τα μεγάλα πλαίσια από τον αλγόριθμο αφαίρεσης μεγάλων πλαισίων, το επόμενο βήμα της ανάλυσης των δεδομένων είναι ο εντοπισμός διπλοτύπων.

Ψευδοκώδικας αλγορίθμου :

```
Για κάθε στοιχείο i στην λίστα list{
                    Για κάθε στοιχείο j στην λίστα list{
                        Αν(list[i] συμπίπτει με list[j] στον άξονα Χ){
                          Αν(list[i] συμπίπτει με list[j] στον άξονα Ψ){
                                list.pop[i];
                           }
                        }
                    }
 }
```

Τέλος, μετά την εφαρμογή του ποιο πάνω αλγόριθμου, όπως παρατηρούμε στο πιο κάτω σχήμα (βλέπε εικόνα σχήμα 3.13), ο αριθμός των ορθογώνιων μειώθηκε.



Σχήμα 3.13 Αναπαράσταση αριθμού πλαισίων πριν και μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου εντοπισμού διπλοτύπων. Η τιμή 11074 αντιστοιχεί στα πλαίσια που εντοπίστηκαν από τον αλγόριθμο find_contours() και η τιμή 896 μετά από την αφαίρεση των διπλότυπων.

3.7.3 Ταξινόμηση στοιχείων

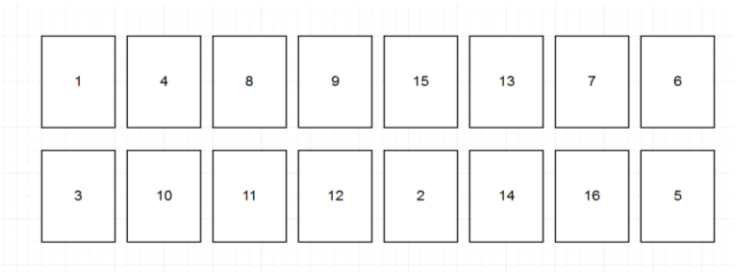
Για τον μετέπειτα εντοπισμό των μη εντοπισμένων πλαισίων πρέπει τα στοιχεία να είναι ταξινομημένα και στους 2 άξονες. Δηλαδή πρέπει να εντοπιστούν τα πλαίσια που ανήκουν στην ίδια σειρά (άξονα Χ) και να αποθηκευτούν σε μία άλλη λίστα για την μετέπειτα επεξεργασία τους. Για τον εντοπισμό των πλαισίων στην ίδια γραμμή ακολουθεί ο πιο κάτω ψευδοκώδικας,

Ψευδοκώδικας εντοπισμός πλαισίων στον ίδιο άξονα Χ:

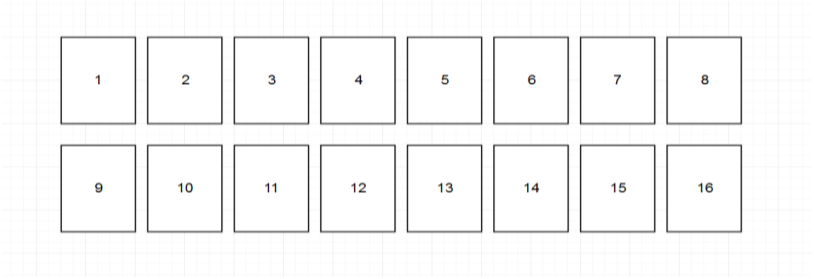
```
min_y=0;
While(list is not empty):
        Για κάθε node i στην λιστα list: //εντοπισμός πρώτου πλαισίου στον Y
           if(min_Y > i[2]):              //άξονα
                min_y = i[2];
        pos = min_y = y                   // η μέση τιμή του ύψους του πλαισίου
        Για κάθε node i στην λιστα list:
           if(pos>= i[2] and pos < i[3]):
                temp.append[i];
                list.pop(i);
           sort(temp);                    // ταξινόμηση λιστας temp στον χ άξονα
        sorted.append(temp);
```

Επεξήγηση ψευδοκώδικα :

Σε κάθε επανάληψη του εξωτερικού βρόχου while εντοπίζεται η μικρότερη τιμή από τα node μέσα στην λίστα. Έπειτα, υπολογίζεται η συντεταγμένη της μέσης του ύψους του πλαισίου (node) στην μεταβλητή pos, και για κάθε node που οι συντεταγμένες του ύψους του συμπίπτουν με την τιμή του pos γίνονται pop από την list και append στην temp. Τέλος, η λίστα list που περιέχει τα πλαίσια που είναι στην ίδια γραμμή ταξινομούνται κατά αύξουσα σειρά και αποθηκεύονται στην τελική λίστα sorted.



Σχήμα 3.14 Απεικόνιση σειράς πλαισίων πριν την ταξινόμηση



Σχήμα 3.15 Απεικόνιση σειράς πλαισίων μετά την ταξινόμηση

3.7.4 Αφαίρεση μεγάλων πλαισίων φάση 2

Μετά από την ταξινόμηση των πλαισίων στους 2 άξονες, παρατηρήθηκε πως μερικά ορθογώνια που σχηματίζονται από περισσότερο από ένα πλαίσια δεν αφαιρούνται από τον αλγόριθμο αφαίρεσης μεγάλων πλαισίων. Ο λόγος είναι πως σε φωτογραφίες μεγάλων πάρκων, τα πλαίσια αν και στην πραγματικότητα είναι του ίδιου μεγέθους στην φωτογραφία παρουσιάζουν το φαινόμενο του fish eyes, δηλαδή τα πλαίσια που είναι στις ποίο μακρινές γραμμές φαίνονται ποιο μικρά ενώ τα πλαίσια που είναι ποιο κοντά στην φωτογραφική μεγαλύτερα λόγο απόστασης. Για τον λόγο αυτό, για τον εντοπισμό αυτών των πλαισίων εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος αφαίρεσης μεγάλων πλαισίων (βλέπε 3.7.1) ακόμη μία φορά αλλά σε κάθε γραμμή ξεχωριστά όπου για κάθε γραμμή εντοπίζεται ο μέσος όρος του πλάτους των πλαισίων της.

3.7.5 Εντοπισμός μη εντοπισμένων πλαισίων

Έως το σημείο αυτό επιτεύχθηκε ο εντοπισμός των πλαισίων και η επεξεργασία τους για την αφαίρεση των διπλότυπων. Τελευταίο βήμα είναι ο εντοπισμός των πλαισίων τα οποία δεν εντοπίστηκαν από την μέθοδο find_contours ().

Για τον εντοπισμό αυτών των πλαισίων υλοποιηθήκαν 2 αλγόριθμοι οι οποίοι κάνουν γραμμική σάρωση αναδρομικά των pixel για τον εντοπισμό τυχόν γραμμών που ενώνουν ένα εντοπισμένο πλαίσιο με κάποιο άλλο που δεν εντοπίστηκε. Για την ένωση των ακμών μέσα στην εικόνα κρίθηκε αναγκαίο να δημιουργηθεί μία νέα εικόνα της οποίας θα εφαρμοστεί επάνω της η μορφολογική επεξεργασία dilate με πίνακα 5X5. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κάνει τα κοντινά πλαίσια να ενωθούν και να δημιουργηθεί μία γραμμή σε κάθε σειρά πλαισίων η οποία θα ενώνει τα κάτω άκρα τους.

Αλγόριθμος εντοπισμού μη εντοπισμένων πλαισίων :

Έστω η εικόνα I σε δυαδική μορφή και η λίστα list με μορφή [[x1,x2,y1,y2], [x1,x2,y1,y2] …].

Ψεδοκώδικας εντοπισμού συνεχόμενης γραμμής στα δεξιά

```
Rec_right(x,y,length){

If (x==length){
      return true;                    // αν η γραμμή είναι συνεχής έως το σημείο length
}
 if(I[x+1][y]==1){
       rec_right(x,y,length);         // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης δεξιά
 }
Else if(I[x+1][y+1]==1){
      rec_right(x+1,y+1,length);      // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης πάνω δεξιά
}
Else if(I[x+1][y-1]==1){
      rec_right(x+1,y+1,length);      // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης κάνω δεξιά
}
}
```

Ψεδοκώδικας εντοπισμού συνεχόμενης γραμμής στα αριστερά

```
Rec_left(x,y,length){

   If (x==length  και  x>=0){
       return true;                   // αν η γραμμή είναι συνεχής έως το σημείο length
   }
    if(I[x-1][y]==1){
        rec_ left (x-1,y,length);     // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης αριστερά
    }
```

```
   Else if(I[x-1][y+1]==1){
       rec_ left (x-1,y+1,length);        // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης πάνω αριστερά
   }
   Else if(I[x-1][y-1]==1){
      rec_ left (x-1,y+1,length);         // κίνηση αναδρομικής συνάρτησης κάνω αριστερά
   }
}
```

Ψεδοκώδικας εντοπισμού πλαισίων σε μία γραμμή

```
Για κάθε i στοιχείο στην λίστα  list
      while ((list[i].χ2 + length) < list[i+1].χ1 and rec_right(list[i].x2,list[i].y2) == True){
           Δημιούργησε καινούργιο;
           Υπολόγισε τις συντεταγμένες του καινούργιου πλαισίου;
           Πρόσθεσε το node στην λίστα list στην θέση i;
        } // Αν υπάρχει γραμμή από το σημείο χ2 στο χ2+length και δεν είναι το επόμενο στην λίστα
} // τέλος while
while ((list[0].χ2 - length) < 0 and rec_left(list[0].x2,list[0].y2) == True){
           Δημιούργησε καινούργιο;
           Υπολόγισε τις συντεταγμένες του καινούργιου πλαισίου;
           Πρόσθεσε το node στην λίστα list στην θέση i;
}// αν αριστερά του πρώτο στοιχείου στην εικόνα υπάρχει ακμή
```

Επεξήγηση ψευδοκώδικα:

Αρχικά τα πλαίσια χωρίζονται σε διαφορετικές λίστες αναλόγως με την σειρά που ανήκουν. Έπειτα για κάθε λίστα γίνετε η εφαρμογή του αλγορίθμου εντοπισμού πλαισίων. Στον αλγόριθμο αυτό γίνεται έλεγχος αν το πλαίσιο i έχει συνεχή γραμμή από το κάτω δεξιά του άκρο, έως το σημείο που αποτελείται από το άκρο + πλάτος του

πλαισίου i,αν ναι και δεν υπάρχει πλαίσιο στην λίστα με αυτό το σημείο τότε βρέθηκε ένα καινούργιο φωτοβολταϊκό πλαίσιο και το προσθέτει στην λιστα.

Οι αλγόριθμοι rec_left και rec_right σαρώνουν αναδρομικά τα pixel από το δοθέντα σημείο(x,y), ελέγχοντας αν υπάρχει λευκή τιμή στο επόμενο pixel μέχρι να φτάσουν στο σημείο που καθορίστηκε. Αν υπάρχει γραμμή από το σημείο(x,y) στο σημείο length επιστρέφουν true, αλλιώς false.



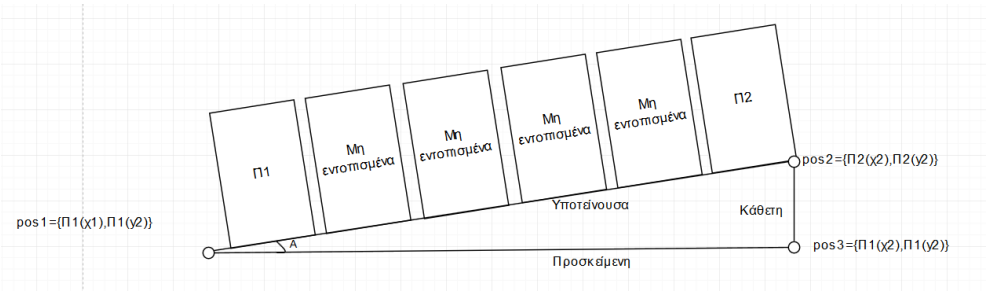
Σχήμα 3.16 Απεικόνιση τελικής φωτογραφίας με τα εντοπισμένα πλαίσια, μετά από αναδρομικούς αλγόριθμους. Τα σημαδεμένα πλαίσια αντιστοιχούν στα φωτοβολταϊκά πλαίσια τα όποια ανιχνευτήκαν.

3.8 Διόρθωση κλίσης αρχικής εικόνας

Για την μείωση των λαθών συνθηκών στην αρχική εικόνα από την φωτογράφιση (βλέπε 3.2.1), υλοποιήθηκε ένας αλγόριθμος διόρθωσης κλίσης στην αρχική εικόνα πριν από την προεπεξεργασία της εικόνας. Ο αλγόριθμος αυτός εντοπίζει την κλίση των γραμμών των πλαισίων κάνοντας χρήση της βασικές αρχές της τριγωνομετρίας, διορθώνοντας την κλίση της αρχικής εικόνας έτσι ώστε η κλίση των γραμμών να είναι 0^o.

Ο αλγόριθμος παίρνει τις συνταγμένες 2 πλαισίων Π1 = [x1,x2,y1,y2] και Π2 = [x1,x2,y1,y2] και ακολούθως δημιουργεί 2 σημεία pos1 και pos2 όπου, το pos1 περιέχει

τις συντεταγμένες x2,y1 του Π1 (κάτω αριστερά γωνία του πρώτου πλαισίου) και pos2 περιέχει της συντεταγμένες x2,y2 του Π2 (κάτω δεξιά γωνία του δεύτερου πλαισίου). Για την απολογισμό της γωνίας στο τρίγωνο χρειάζονται 3 σημεία , για αυτό δημιουργείτε ένα τρίτο σημείο pos3 με τις συντεταγμένες (pos1(x1),pos2(x2)).



Σχήμα 3.17 Αναπαράσταση δημιουργίας τριγώνου
από τα 3 σημεία pos1,pos2 και pos3

Στο επόμενο βήμα ο αλγόριθμός υπολογίζει τις αποστάσεις της κάθε πλευράς (υποτείνουσας, προσκείμενης, κάθετης) με την μαθηματική εξίσωση απόστασης 2 σημείων :

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Έπειτα υπολογίζει την γωνία Α στο σημείο που τέμνονται η υποτείνουσα και η προσκείμενη με την ποιο κάτω εξίσωση.

$$\alpha = \arccos \frac{\langle \mathbf{a}, \mathbf{b} \rangle}{\sqrt{\langle \mathbf{a}, \mathbf{a} \rangle \langle \mathbf{b}, \mathbf{b} \rangle}}$$

Τέλος κάνει rotate την εικόνα με την αρνητική τιμή της γωνίας που εντοπίστηκε, έτσι η κλίση της εικόνας φθάνει στην κλίση 0^o. Στο ποιο κάτω σχήμα αναπαρίσταται η εφαρμογή του αλγορίθμου.



Σχήμα 3.18 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγόριθμου Διόρθωση κλίσης αρχικής εικόνας. Στα αριστερά απεικονίζεται η αρχική εικόνα και στα δεξιά η εικόνα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου.

Κεφάλαιο 4

Πειραματισμός –Αξιολόγηση

4.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης…….....40
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων αξιολόγησης……..……40

4.1 Μεθοδολογία Αξιολόγησης

Μετά την υλοποίηση του αλγορίθμου επεξεργασίας εικόνας, ακολούθησε η αξιολόγηση του αλγόριθμου για το ποσοστό επιτυχίας στην αναγνώριση φωτοβολταϊκών πλαισίων μέσα στην εικόνα. Στην επεξεργασία εικόνας το ποσοστό επιτυχίας μετριέται με την ικανότητα του αλγορίθμου να εντοπίζει αντικείμενα, σε σύγκριση με το ποσοστό επιτυχίας εντοπισμού με το ανθρώπινο μάτι. Ποίο συγκεκριμένα αν το μάτι εντοπίζει Ν επιθυμητά στοιχεία μέσα στην εικόνα, το 100% επιτυχίας ενός προγράμματος εντοπισμού θα είναι ο εντοπισμός Ν επιθυμητών στοιχείων, αντίστοιχα ο 0% θα είναι ο εντοπισμός Ν στοιχείων. Προσπαθώντας να δώσουμε μία μαθηματική εξίσωση εντοπισμού ποσοστού προκύπτει η εξίσωση $\mathbf{(N_M/N_A)*100}$ όπου, N_M είναι ο αριθμός των επιθυμητών στοιχείων που εντοπίζει το μάτι και N_A ο αριθμός που εντοπίζει ο αλγόριθμος.

Για την εύρεση του ποσοστού επιτυχίας συλλέχτηκαν πολλαπλές εικόνες φωτοβολταϊκών πλαισίων από διαφορετικό υψόμετρο, ώρες ημέρας (πρωί, μεσημέρι ,απόγευμα) και από διαφορετικά πάρκα φωτοβολταϊκών. Στην κάθε μία φωτογραφία ξεχωριστά, μετρούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που εντοπίζονται με το ανθρώπινο μάτι. Στην συνέχεια γίνεται μέτρηση των εντοπισμένων πλαισίων πολύκρυσταλλικού τύπου, από τον αλγόριθμο που υλοποιήθηκε.

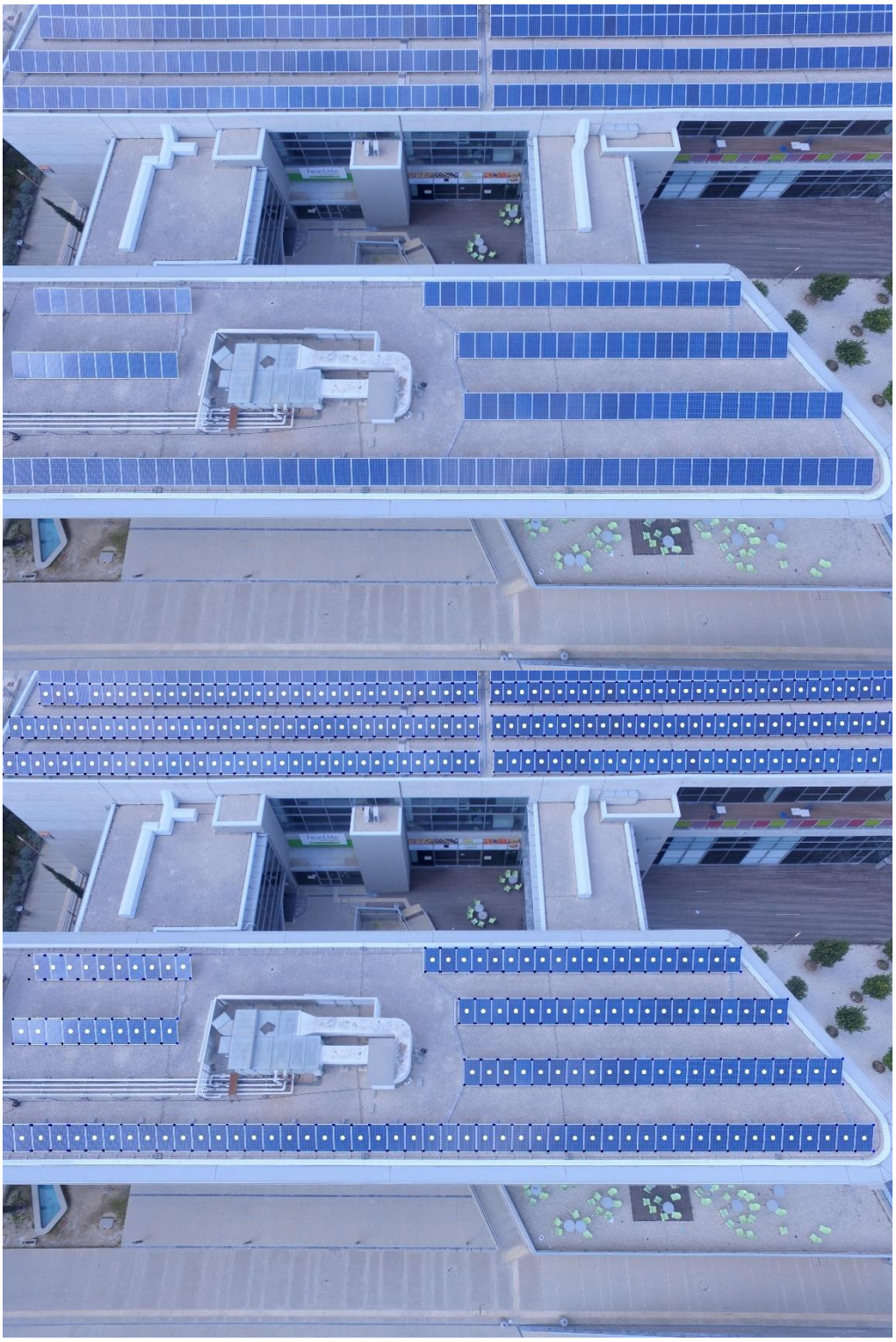
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων αξιολόγησης



Σχήμα 4.1 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγορίθμου από τα εστιατόρια στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.



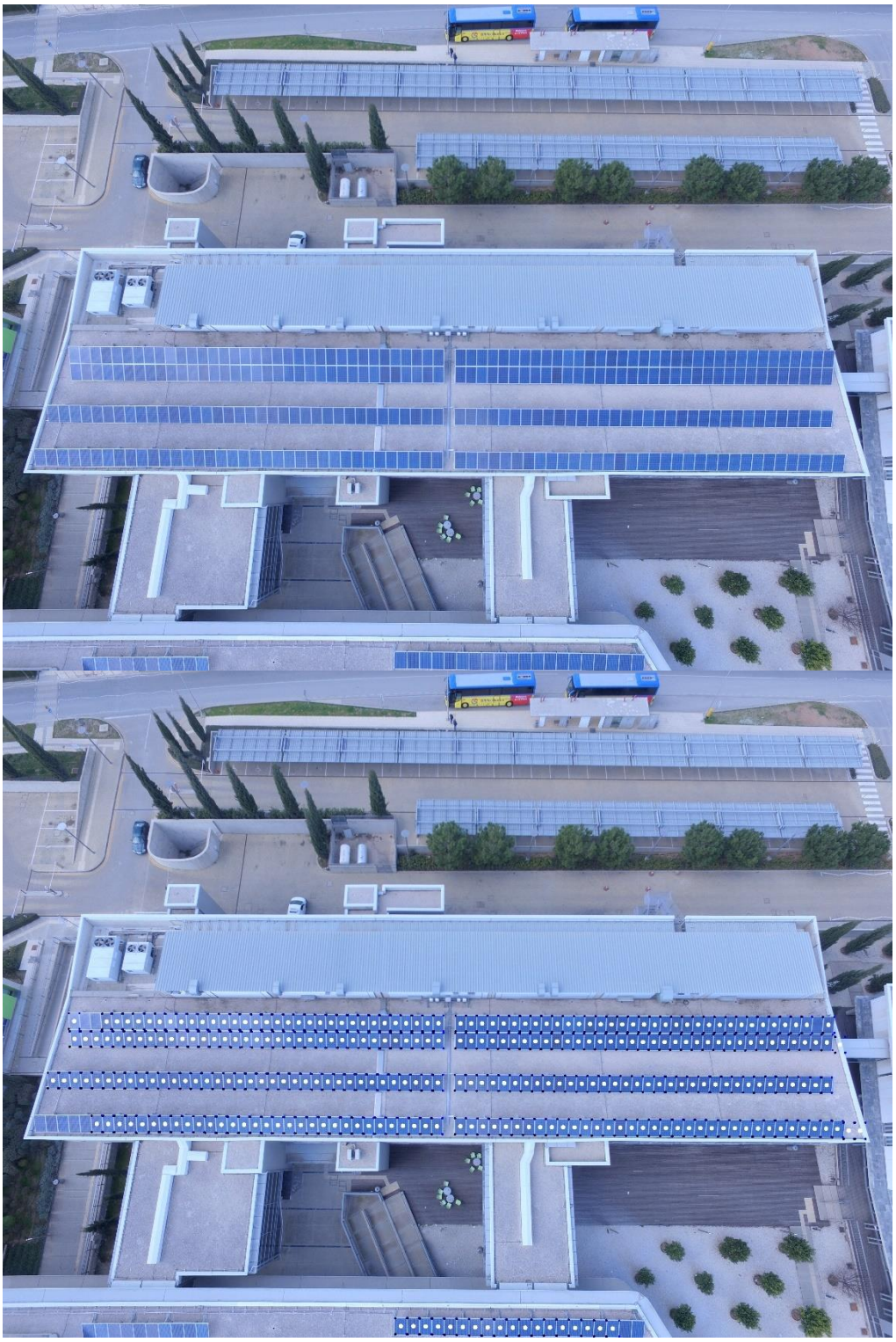
Σχήμα 4.2 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγορίθμου από το πάρκο Φως στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.



Σχήμα 4.3 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγορίθμου από το πάρκο Φως στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.



Σχήμα 4.4 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγορίθμου από ταράτσα υπεραγοράς στο χωρίο Αρεδιού.

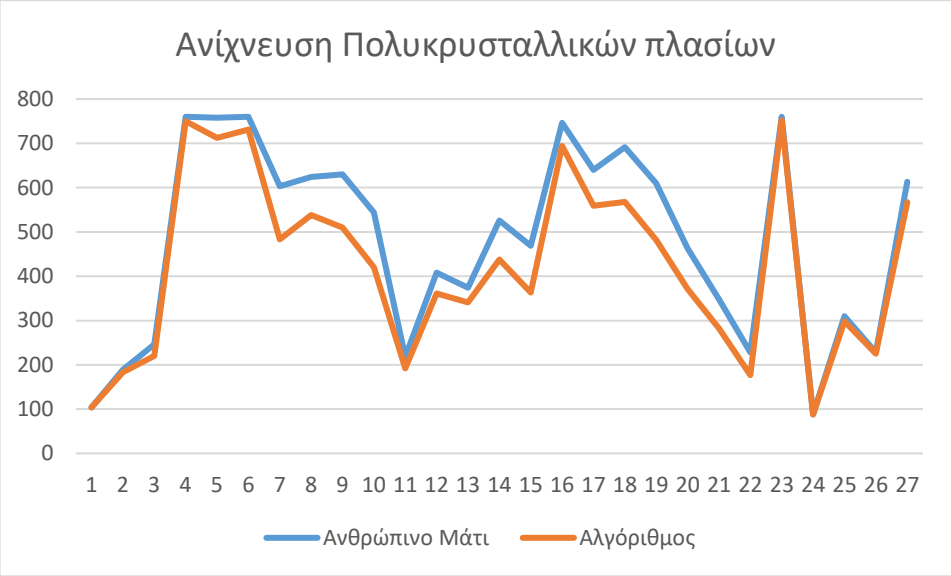


Σχήμα 4.5 Αναπαράσταση εφαρμογής αλγορίθμου από τα εστιατόρια στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Η αξιολόγηση του τελικού αλγορίθμου έγινε πάνω σε 27 εικόνες από 3 διαφορετικές τοποθεσίες. Οι τοποθεσίες περιείχαν φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού τύπου. Τα ποσοστά εντοπισμού φαίνονται στον ποιο κάτω πίνακα:

Αριθμός Φωτογραφίας	Αριθμός εντοπισμένων πλαισίων από ανθρώπινο μάτι	Αριθμός εντοπισμένων πλαισίων από αλγόριθμο	Ποσοστό επιτυχίας %
1	104	104	100.00%
2	189	183	96.83%
3	246	220	89.43%
4	760	750	98.68%
5	758	712	93.93%
6	760	731	96.18%
7	603	483	80.10%
8	624	538	86.22%
9	630	510	80.95%
10	544	420	77.21%
11	218	192	88.07%
12	408	361	88.48%
13	374	341	91.18%
14	526	438	83.27%
15	469	363	77.40%
16	746	694	93.03%
17	640	559	87.34%
18	691	568	82.20%
19	610	482	79.02%
20	463	371	80.13%
21	348	282	81.03%
22	228	177	77.63%
23	760	752	98.95%
24	88	88	100.00%

25	310	298	96.13%
26	228	225	98.68%
27	613	567	92.50%
Σύνολο	12938	11409	88.69%



Σχήμα 4.6 Γραφική παράσταση εντοπισμού φωτοβολταϊκών πλαισίων πολύκρυσταλλικού τύπου.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και Μελλοντική εργασία

5.1 Συμπεράσματα……...……48
5.2 Μελλοντική Εργασία….……49

5.1 Συμπεράσματα

Στην σημερινή κοινωνία η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας μας οδήγησε στην εύρεση τεχνολογιών που μπόρεσαν να αλλάξουν την ζωή μας ριζικά. Πολλές από αυτές τις τεχνολογίες και στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, μας δίνουν την δυνατότητα να βαδίζουμε μαζί με την τεχνολογία και ταυτοχρόνως, να μπορούμε να βελτιώσουμε την μεγάλη ρύπανση της ατμόσφαιρας όπου χειροτερεύει με το πέρασμα του χρόνου.

Ο αλγόριθμος που έχει υλοποιηθεί στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, μπορεί να ωθήσει μεγάλες εταιρίες εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων στην ψηφιακή χαρτογράφηση των πάρκων των οποίων συντηρούν, καθώς επίσης στην εισαγωγή πληροφοριών για το κάθε πλαίσιο ξεχωριστά, πράγμα που δεν γίνετε στις μέρες μας αλλά αντί αυτού ελέγχεται μόνο ο μετασχηματιστής για την απόδοση του όπως έχω προαναφέρει (βλέπε 1.2), αυτό θα μπορέσει να βελτιώσει την κατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, δίνοντας τους περισσότερη ζωή και μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας τους.

Μέσα από αυτή την εργασία είχα την ευκαιρία να επεκτείνω της προγραμματιστικές μου γνώσεις και συγκεκριμένα της γνώσεις μου στην γλώσσα προγραμματισμού

Python,επίσης είχα την ευκαιρία να μελετήσω την επιστήμη της επεξεργασίας εικόνας και το Computer Vision πράγμα, που θα με βοηθήσει στην μετέπειτα ζωή μου στην δημιουργία έξυπνων λογισμικών.

5.2 Μελλοντική εργασία

Μέσα από την επεξεργασία εικόνας σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που μας προσφέρουν τα Drones μπορούμε να δώσουμε πολλές λύσεις σε διάφορα προβλήματα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Μία μετέπειτα εργασία που σχετίζεται με τα φοτοβολταϊκά πάρκα, είναι η δημιουργία ενός συστήματος που θα παίρνει τις συντεταγμένες των φοτοβολταϊκών πλαισίων που παράγονται από τον αλγόριθμο αυτής της διπλωματικής εργασίας και θα δημιουργεί αυτόματα ένα ψηφιακό χάρτη όπου στο κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο που εντοπίστηκε θα δύνεται η δυνατότητα μέσα μίας διεπιφάνειας να εισάγει, επεξεργαστή η διαβάσει δεδομένα στο συγκεκριμένο σημείο της συντεταγμένης. Αυτό θα μπορούσε με απλά μία φωτογράφιση η μετατροπή έτυμου χάρτη για εισαγωγή πληροφοριών που αφορούν τα πλαίσια.

Μία ακόμη μετέπειτα που συσχετίζει την επεξεργασία εικόνας με τα drones είναι ο εντοπισμός προβληματικών πλαισίων, μέσο του drone. Ποιο συγκεκριμένα το drone μετά από ένα πέταγμα πάνω από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, θα μπορεί να ανίχνευση ποια πλαίσια έχουν ακαθαρσίες στην επιφάνεια τους. Αυτό θα μπορέσει να δώσει μία λύση σε μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα όπου ο οπτικός έλεγχος είναι δύσκολος.

Μία παρόμοια μετέπειτα εργασία που θα μπορεί να γίνει είναι η χρήση θερμικής φωτογραφικής σε drones. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παρουσιάζουν συμπτώματα υπερθέρμανσης σε μικρά σημεία όπου αν δεν ανιχνευτούν εγκαίρως, μπορούν να καταστρέψουν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Το μεγάλο πρόβλημα στην ανίχνευση αυτών των σημείων είναι πως δεν φαίνονται με το γυμνό ανθρώπινο μάτι αλλά, μόνο με την χρήση θερμικής φωτογραφικής μηχανής. Για αυτό τον λόγο η δημιουργία ενός προγράμματος εντοπισμού θερμών σημείων με την χρήση ενός drone, θα μπορούσε να

δώσει μία γρήγορη και εύκολη λύση στην πρόωρη αναγνώριση των θερμών σημείων στα φωτοβολταϊκά πλασία.

Τέλος, η χρήση βοηθητικών συσκευών υπολογισμού όπως είναι το Raspberry και το Arduino και ενσωμάτωση τους σε Drones θα μπορεί να δώσει σε πραγματικό χρόνο αποτελέσματα, για των εντοπισμό προβληματικών φωτοβολταϊκών πλαισίων

Βιβλιογραφία

[1] Sudokh Solver , https://www.codeproject.com/Articles/238114/Realtime-Webcam-Sudoku-Solver

[2] A. STASSOPOULOU, T. CAELLI , "BUILDING DETECTION USING BAYESIAN NETWORKS"

[3] "Drones", https://dronesworld.gr/ti-einai-ta-drones-polykoptera/ ,November 21 ,2016

[4] HELI SYSTEMS , http://www.selasenergy.gr/fv_systems.php

[5] Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image

[6] Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV

[7] "Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και. Ψηφιακών Συστημάτων. *Πανεπιστήμιο* Πειραιώς" , www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP10.pdf

[8] Adrian Rosebrock (October 5,2015), http://www.pyimagesearch.com/2015/10/05/opencv-gamma-correction/

[9] OpenCV Open Source Computer Vision, http://docs.opencv.org/trunk/d9/d61/tutorial_py_morphological_ops.html

[10] OpenCV Smoothing Image, http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/gausian_median_blur_bilateral_filter/gausian_median_blur_bilateral_filter.html

[11] OpnCv Canny Edge Detector,
http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html

[12] OpenCV Documentation
,http://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/structural_analysis_and_shape_descriptors.html?highlight=findcontours

[13] DJI PHANTOM 3 ADVANCED
https://www.dji.com/phantom-3-adv