



Ε.Γ.Μ.Ε.

Εταιρία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



Συνεδριακό κέντρο ΤΕΙ Λάρισας
18-20 Οκτωβρίου 2007

VEOLIA

Ενότητα 3:

Αγροτικές Κατασκευές

(205)

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Βέντζας Δ., Παναγιωτίδη Αικ.

ΤΕΙ Λάρισας, Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, 411 10 Λάρισα,
ventzas@teilar.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία παρουσιάζει τα συστηματικά βήματα σχεδίασης ενός συστήματος επεξεργασίας εικόνας για διαχείριση του καλλιεργητικού περιβάλλοντος σε θερμοκήπια. Μελετά την δυνατότητα καταγραφής με εικόνα των παραμέτρων του καλλιεργητικού περιβάλλοντος και την συναγωγή συμπερασμάτων, σε χειροκίνητο και αυτόματο τρόπο λειτουργίας. Το σύστημα σκοπό έχει να ολοκληρωθεί σαν αυτόματο (μη παρακολουθούμενο από χειριστή) (Unattended Autonomous Surveillance, UAS), χρησιμοποιώντας ένα ευφυές σύστημα παρακολούθησης θερμοκηπίων (Intelligent Greenhouse Monitoring System, IGMS) βασισμένο σε τεχνολογία email, SMS (short message service) και streaming video ή MMS.

IMAGE PROCESSING TECHNIQUES IN GREENHOUSES FOR AGRICULTURAL ENVIRONMENT MANAGEMENT

Ventzas D., Panagiotidi Ek.

TEI of Larissa, School of Technological Applications, Dept. of Computer Science and
Telecommunications, 41 110 Larissa.

ABSTRACT

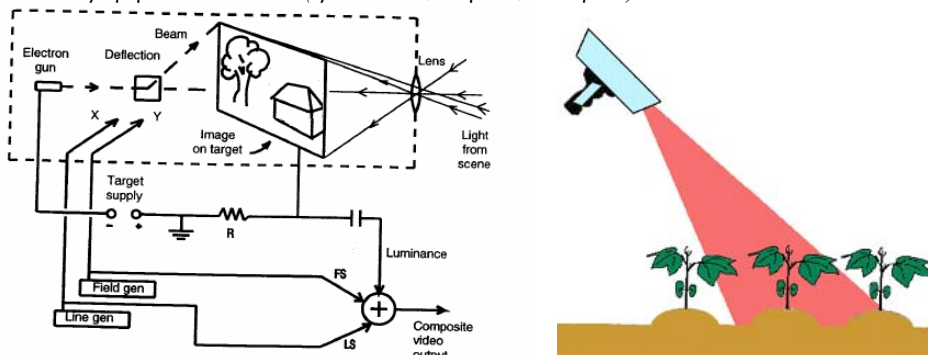
The paper presents the systematic steps to design an Image Processing software system for greenhouse agricultural environment management. By monitoring general and specific environment scenes we can parameterize the agricultural environment in a greenhouse. Decision making reliability is enhanced by expert system knowledge acquisition and comparison in automatic and manual video monitoring systems. The system is intended to be integrated into an automatic Unattended Autonomous Surveillance (UAS), by using an Intelligent Greenhouse Monitoring System (IGMS) based on email, SMS (short message service) and streaming video or MMS technology.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συστηματική σχεδίαση ενός συστήματος για διαχείριση του καλλιεργητικού περιβάλλοντος σε θερμοκήπια με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας σκοπό έχει να ολοκληρωθεί σαν αυτόματο (μη παρακολουθούμενο από χειριστή) (Unattended Autonomous Surveillance, UAS), χρησιμοποιώντας ένα ευφρές σύστημα παρακολούθησης θερμοκηπίων (Intelligent Greenhouse Monitoring System, IGMS) βασισμένο σε τεχνολογία email, SMS (short message service) και streaming video ή MMS [1], βλ. σχ. 1.. Έτσι προτείνεται:

1. Χρήση κάμερας για συνεχή, κατά διαστήματα ή οδηγούμενη από γεγονότα (event driven) [3]:

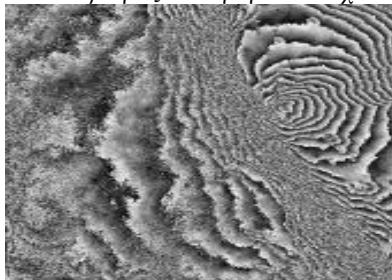
παρακολούθηση θερμοκηπίου (ανάπτυξη φυτών, κ.λ.π.)
έλεγχο καιρικών συνθηκών (χαλάζι
συγχρονισμό δραστηριοτήτων
ασφάλεια σε
εισβολή παρτίσων και κλοπής
καταστροφή δομής, πυροπροστασία
επιδρομή καταναλωτών (τροκτικών, πτηνών, εντόμων) κ.λ.π.



Σχήμα 1. Σύστημα παρακολούθησης επιτήρησης θερμοκηπίων

ανίχνευση / αναγνώριση σε ασθενείς φυτών και αποχρωματισμό / κακό σχηματισμό φύλλων

έλεγχο επαρκούς άρδευσης, λίπανσης, καταπολέμησης ζιζανίων και ασθενειών
ανίχνευση ωρίμανσης καρπού για συγκομιδή
φωτισμό και ενεργητική παρακολούθηση φωτοσύνθεσης
επαρκή αξιοποίηση νέων τεχνικών (π.χ. ράντισμα με μη τοξικά υγρά)



Τηλεπισκόπηση σε 3D εικόνα
εδάφους



Τμηματοποίηση (segmentation) εικόνας
θερμοκηπίου

Σχήμα 2. Τεχνικές επεξεργασίας σήματος

2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ σε ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

Η βασικότερη εφαρμογή της Πληροφορικής Τεχνολογίας Επεξεργασίας Εικόνας και Σημάτων στη Γεωργία είναι η Τηλεπισκόπηση αγρών (όρια, καλλιέργειες, εδάφη, κ.λ.π.) ακόμη και με ειδικές τεχνικές, π.χ. 3D τηλεπισκόπησης εικόνας εδάφους με χρήση της τεχνικής διαφοράς φάσης συμβολομετρίας και SAR [9]. Ωστόσο εδώ χρησιμοποιούνται απλές εικόνες και video frames από το περιβάλλον θερμοκηπίων με σκοπό την απομόνωση ιδιοτήτων μετρήσεων του καλλιεργητικού περιβάλλοντος των θερμοκηπίων, π.χ. με τεχνικές τμηματοποίησης (segmentation) της εικόνας που δίνει την ιστορία ανάπτυξης των φυτών και την κάλυψη του θερμοκηπίου και του εδάφους [4] βλ. σχ. 2. Περισσότερες εφαρμογές παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.

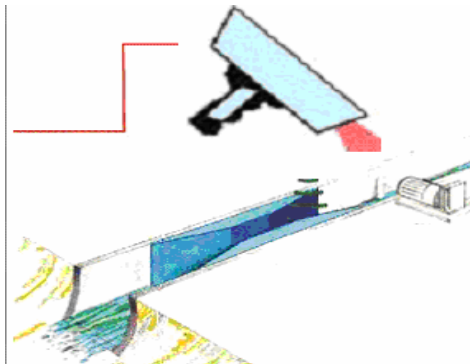
3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ

Στη διαχείριση θερμοκηπίων χρησιμοποιούμε τεχνικές επεξεργασίας εικόνας, βλ. σχ. 3, 4 (παρακολούθηση ανάπτυξης και άρδευσης φυτών):

1. ανάκτηση εικόνας και video
2. συνέλιξη και αλληλοσυσχέτιση
3. αναλυτικούς μετασχηματισμούς
4. γεωμετρικούς μετασχηματισμούς
5. μορφολογικούς μετασχηματισμούς
6. αριθμητικούς και σημειακούς μετασχηματισμούς, κ.λ.π.



Σχ. 3. Παρακολούθηση ανάπτυξης φυτών



Σχ. 4. Παρακολούθηση ανοικτού καναλιού άρδευσης

Στη διαχείριση περιβάλλοντος θερμοκηπίων χρησιμοποιούμε αναλυτικές (ιστόγραμμα, ταξινόμηση, απεικόνιση pixel τιμών, χαρακτηρισμό αντικειμένων και κλάσεων, τυποποίηση συνδεδεμένων στοιχείων (*connected components labelling*), ομαδοποίηση pixels σε περιοχές), αριθμητικές, σημειακές (οριακή σύγκριση (*thresholding*), προσαρμοστική σύγκριση, εξισορρόπηση ιστογράμματος, αντίθεση εικόνας, λογαριθμικοί / εκθετικοί τελεστές, κ.λ.π.), γεωμετρικές (*scaling*, περιστροφή, ανάκλαση, μετατόπιση, παραμορφώσεις, κ.λ.π.), μορφολογικές (άπλωμα, διάβρωση, άνοιγμα, κλείσιμο, μετασχηματισμό *hit & miss*, λέπτυνση, πάχυνση, σκελετοποίηση (*skeletonization*), ανίχνευση χείλους, άλλοι μετασχηματισμοί), κ.λ.π. λειτουργικές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας [16].



Σχήμα 5. Ταυτοποίηση φύλλων, φυτών, οργανισμών, εντόμων, ασθενειών, κ.λ.π.

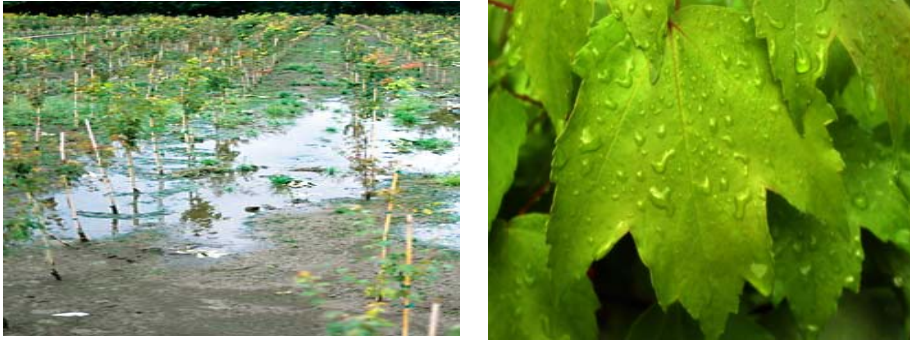
4. ΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Αφύλακτα συστήματα παρακολούθησης (Unattended Autonomous Surveillance (UAS)) ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των αγροτών για ασφάλεια και αξιοπιστία εργασίας. Ένα ευφύες σύστημα καταγραφής θερμοκηπίων (Intelligent Greenhouse Monitoring System (IGMS)) χρησιμοποιεί και τεχνολογία MMS. Εικόνες και περιεχόμενα video συλλέγονται με προσαρμοστικές οπτικές cameras και μετά από συνεχή επεξεργασία εικόνας ανταποκρίνονται σε απρόσμενη μεταβολή κατάστασης (π.χ. εισβολή παρειακτού στο θερμοκήπιο ή καταστροφικά καιρικά φαινόμενα, κ.λ.π.), το σύστημα επικοινωνεί και ειδοποιεί τον αγρότη, αναμεταδίδοντας και εικόνες μέσω SMS, streaming video, MMS ή email [2], [8], [11]. Επίσης είναι δυνατή η παρακολούθηση:

- ηλιακού ή τεχνητού φωτισμού, άρα και έμμεσα της φωτοσύνθεσης
- βιολογικών οργανισμών (παραγωγών (φυτών), καταναλωτών (ζώων και εντόμων) και αποσυνθετητών (μικροοργανισμών και εντόμων)

Η τεχνική επεξεργασίας σήματος, εικόνας και video χρησιμοποιείται στον προσδιορισμό / διαχωρισμό φυτών και καλλιεργειών στην ταυτοποίηση φύλλων, βλ. σχ. 5, φυτών, οργανισμών, εντόμων και τρωκτικών, ασθενειών, εξάπλωσης ασθενειών, συνθηκών και ακεραιότητας φύλλων σε εικόνες εμφανών μερών





Σχήματα 6. Προβλήματα εικόνων σε άρδευση θερμοκηπίων

Η παράλληλη και σύνθετη χρήση της άρδευσης για λίπασμα, πότισμα, εντομοκτονία (με εντομοκτόνα ή με μη τοξικά διαλύματα) και η γενικότερη διαχείριση σε διαφορετικές ώρες της ημέρας εξοικονομούν νερό, ενέργεια και αποτελέσματα και καθιστούν την διαχείριση νερού μέσα στο θερμοκήπιο μία σύνθετη και πολύπλοκη διεργασία που ελέγχεται με απλές συμβατικές μεθόδους [4, 5], βλ. σχ. 6. Η παρακολούθηση του εδάφους, η υγρασία των φύλλων και τα συμβάντα της βροχής και της άρδευσης (με ή χωρίς λίπασμα και εντομοκτόνα) είναι δυνατή υπό σταθερές συνθήκες φωτισμού.



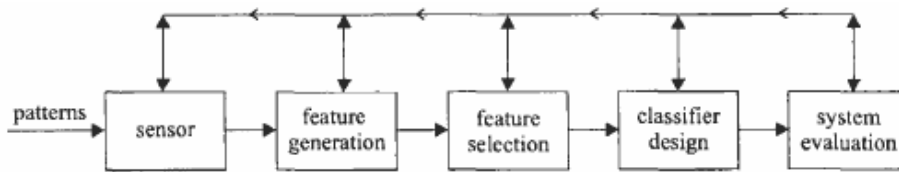
Σχήμα 7. RGB εικόνες για ανίχνευση χρόνου συγκομιδής και ωρίμανσης καρπών

Οι ρίζες των φυτών και η κάλυψη με χώμα μειώνει την εξάτμιση του νερού. Η δομή (ύφανση, texture) του εδάφους, ο αερισμός του κάτω μέρους του φυτού (αραίωμα), η διαπερατότητα, η διάβρωση και η ικανότητα κατακράτησης νερού είναι δυνατόν να μελετηθούν με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας. Είναι σαφής η δυσκολία αυτόματης ανάκτησης εικόνας εδάφους σε πολλά θερμοκήπια.

Οι μεταβλητές κατάστασης (state variables) ενός θερμοκηπίου που θα πρέπει να «μετρηθούν» [10] από μία camera με παρατήρηση των εικόνων είναι: εσωτερική / εξωτερική θερμοκρασία, υγρασία, δροσισμός, επάρκεια άρδευσης, ταχύτητα αέρα, αερισμός, ηλιακή ακτινοβολία, ανάπτυξη φυτών, έντομα και παράσιτα, καλύμματα φυτών, ενδιάμεσες φυτεύσεις, απώλειες, διάβρωση, ευτροφισμός, λιπάσματα, συστατικά (αδύνατη να μετρηθεί, αλλά μπορεί να παρακολουθηθεί με κάμερα), κλπ.

Ανίχνευση χρόνου συγκομιδής και ωρίμανσης καρπών σε RGB εικόνες, οδηγεί σε μείωση κόστους και φθορών [6], , βλ. σχ. 7. Τα βασικά βήματα στη σχεδίαση ενός συστήματος ταξινόμησης ωρίμανσης καρπών είναι, , βλ. σχ. 8:

Εικόνα → χαρακτηριστικό (χρώμα, κ.λ.π.) → σχεδίαση ταξινομητή (classifier) → εκτίμηση



Σχήμα 8. Αναγνώριση / ταξινόμηση χαρακτηριστικών εικόνων



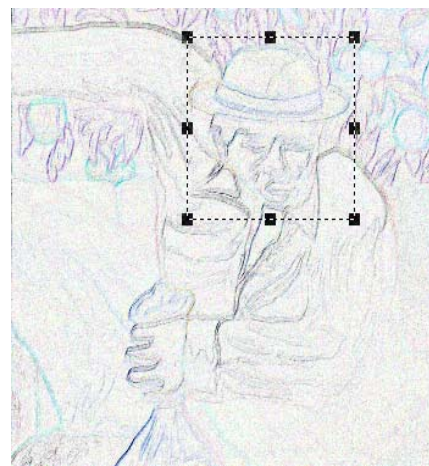
Επίθεση πτηνών ή και εντόμων - Η προσέγγιση κοπαδιού καταναλωτών παρουσιάζει διαφορετικά προβλήματα στις τεχνικές επεξεργασίας σήματος σε σύγκριση με ανίχνευση μεμονωμένων καταναλωτών



Κατεστραμμένα φυτά από καταναλωτές - Χειροκίνητη εκπαίδευση software, μπορεί να αποφασίσει για την φθορά των φυτών και την έκταση φθοράς



Καταστροφές δομής θερμοκηπίου – έλεγχος ακεραιότητας



Ανίχνευση και συναγερμός παραβίασης θερμοκηπίου [2], [11]

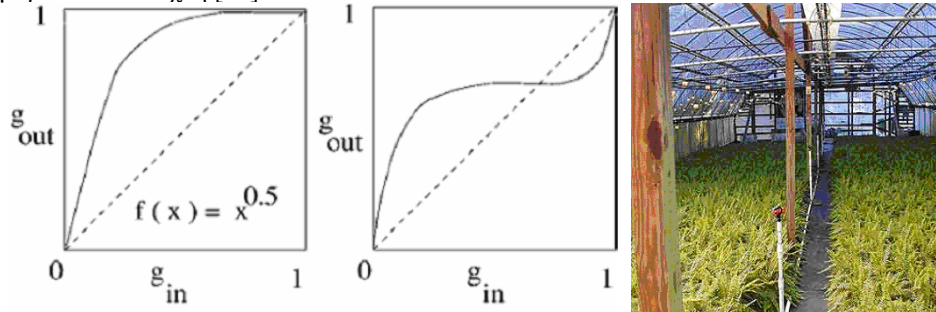
Σχήμα 9. Προβλήματα επεξεργασίας εικόνας και ανάδειξης χαρακτηριστικών σε θερμοκήπιο

Για την ανίχνευση και **συναγερμό** παραβίασης του θερμοκηπίου (intruder alarm) χρησιμοποιούνται τεχνικές αφαίρεσης διαδοχικών frames video [2], [11] και συνέλιξης μάσκας ανθρώπινης φιγούρας ή προσώπου με παράλληλη χειροκίνητη λειτουργία του συστήματος (επιτήρηση από φύλακα). Η επιτυχία αυτόματου συναγερμού μπορεί να φτάσει το 94% [7]. Παρόμοιες τεχνικές χρησιμοποιούνται για ανίχνευση μικρών και μεγάλων καταστροφών δομής θερμοκηπίου και για έλεγχο ακεραιότητας, βλ. σχ. 9.

5. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Όταν οι αρχικές εικόνες είναι σκοτεινές, η διόρθωση-γ με $f(x)=x^{0.5}$ αναδεικνύει τα σκοτεινά περισσότερο από τα φωτεινά pixels και διακρίνονται πιο καθαρά τα διάφορα αντικείμενα (φυτά, καρποί, έντομα, κ.λ.π.) της εικόνας, βλ. σχ. 10, με τεχνικές μαλακών ή σκληρών ορίων (thresholding), βλ. σχ. 11.

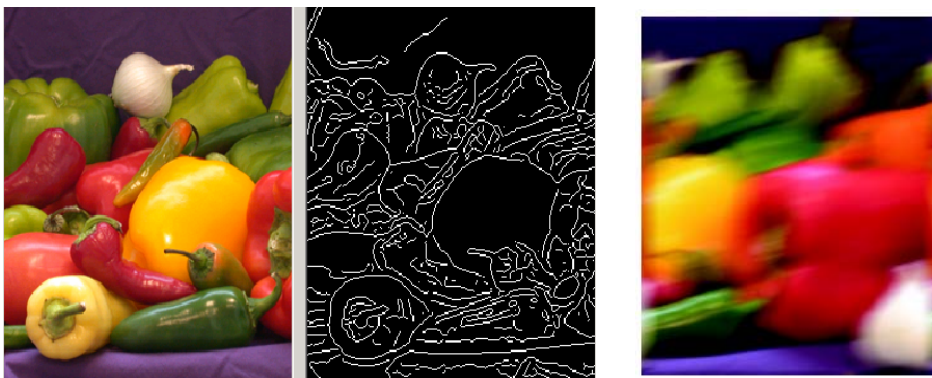
Μία άλλη τεχνική ανάδειξης εικόνας είναι οι υφάνσεις (textures) αποτελούνται από οργανωμένα (textons), επηρεάζεται δε από τον φωτισμό, την ανακλαστικότητα των επιφανειών, κ.λ.π. Στην τμηματοποίηση εγχρώμων εικόνων ορισμένα χρώματα μεγεθύνουν τα ίχνη [15].

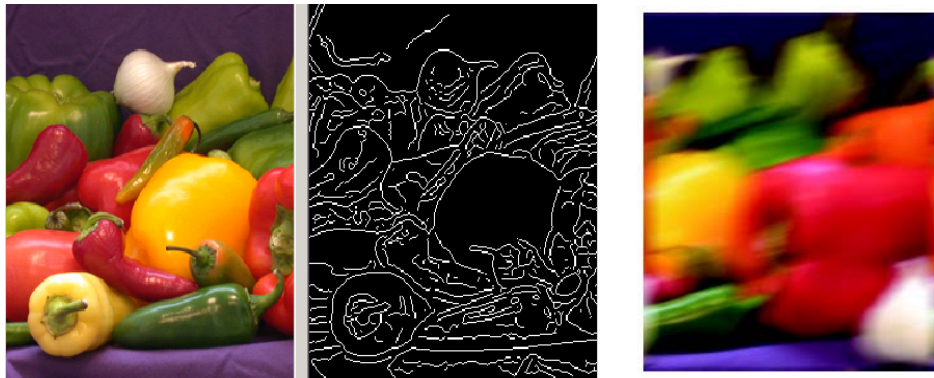


Σχήμα 10. Προβλήματα φωτισμού -βάθους σε περιβάλλον θερμοκηπίου

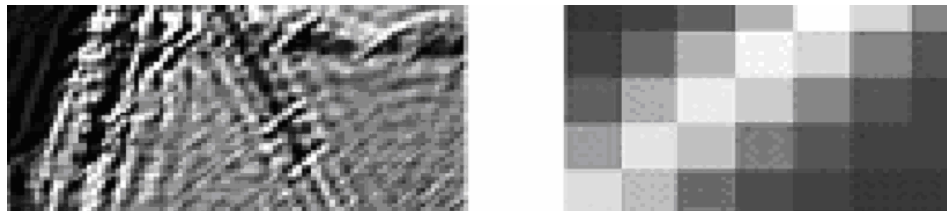
Η ασάφεια (blur) και η υποβάθμιση (degradation) της εικόνας, προκαλούνται από:

- κίνηση κατά την σύλληψη (image capture)
- μεγάλη ή μικρή έκθεση του φιλμ (exposure time, χρόνος διαφράγματος)
- μη εστιασμένα (out-of-focus) οπτικά
- χρήση ευρυγώνιων φακών
- ατμοσφαιρικές παρεμβολές
- διάχυση φωτός, κ.λ.π.





Ανίχνευση ακμών (edge detection)
 Σχήμα 11. Κλασσικά προβλήματα ενίσχυσης εικόνας σε περιβάλλον θερμοκηπίου



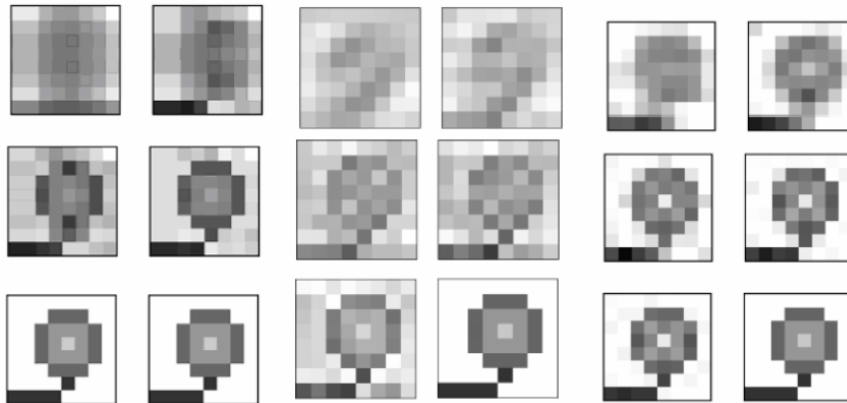
Restored Image
 Restored PSF
 Σχήμα 12. Προβλήματα ασαφούς εικόνας και αποσαφήνισης της

Το μοντέλο αποσαφήνισης (deblurring) μίας ασαφούς εικόνας περιγράφεται μαθηματικά σαν: $\mathbf{g} = \mathbf{Hf} + \mathbf{n}$, όπου \mathbf{g} = η ασαφής εικόνα \mathbf{f} = η αρχική σωστή εικόνα, \mathbf{H} = ο τελεστής παραμόρφωσης (distortion operator), που ονομάζεται και σημειακή συνάρτηση απλώματος (point spread function, PSF). Η συνάρτηση αυτή συνελίσσεται με την εικόνα και παράγει την παραμορφωμένη εικόνα, βλ. σχ. 12. \mathbf{n} = ο πρόσθετος θόρυβος διάβρωσης της εικόνας.

Η αποσαφήνιση ασαφών εικόνων γίνεται με επαναληπτικές παραμετρικές τεχνικές και φίλτρα (deconvolution), απομάκρυνση του θορύβου (artifacts) και αναδεικνύοντας παλαιά και κρυμμένα χαρακτηριστικά της αρχικής εικόνας, προϋποθέτει κάποια ελάχιστη γνώση των χαρακτηριστικών συχνότητας της εικόνας και του πρόσθετου θορύβου. Χωρίς θόρυβο αρκεί κάποιο αντίστροφο φίλτρο. Η αποσαφήνιση γίνεται χρησιμοποιώντας μία PSF συνάρτηση για θόλωση / αποσαφήνιση της εικόνας. Η ακριβής γνώση της PSF συνάρτησης βοηθά στην αποσαφήνιση της εικόνας με την χρήση συνέλιξης, δηλ.:

- μείωση της επίδρασης της ενίσχυσης θορύβου (από camera ή από background)
- βελτίωση της μη ομοιόμορφης ποιότητας εικόνας (λάθος pixels, επίπεδο πεδίο κ.λ.π.)
- βελτίωση διακριτικής ικανότητας αποκατασταθείσης εικόνας

Χρησιμοποιούνται φίλτρα (damping) για να μειωθεί ο θόρυβος υψηλών συχνοτήτων (*ringing*) κατά την αποκατάσταση (restoration) της εικόνας [15].



Σχήμα 13. Ιδιο-εικόνες (eigen images) κατάλληλες για ανίχνευση χαρακτηριστικών φυτών

6. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ένα θερμοκήπιο παρουσιάζει πολυπλοκότητα και ποικιλία εικόνων και η αυτοματοποίηση των αναγκών παρακολούθησης με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας απαιτεί αξιοπιστία αποτελεσμάτων [5], [6], [7]. Η εκπαίδευση ενός τέτοιου συστήματος είναι τελικά πολύ δύσκολη και η δική μας αρχική προσέγγιση είναι ο παραλληλισμός του αυτόματου με το χειροκίνητο σύστημα επιτήρησης [12], [13], [14]. Η εκπαίδευση μπορεί να συνεχισθεί επί αόριστον με αυτό-εκπαίδευση ενός Έμπειρου συστήματος. Εστιάζουμε περισσότερο σε καταστάσεις όπου το σύστημα επιτήρησης μπορεί να καταρρεύσει με αντιφατικές ερμηνείες, δράσεις και αποτελέσματα.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δημοσίευση καταγράφει τις καλλιεργητικές παραμέτρους ενός θερμοκηπίου και προσπαθεί να τις μετρήσει, διακριβώσει και ελέγξει με τεχνικές επεξεργασίας σήματος και εικόνας. Τα παραπάνω διερευνώνται, μελετώνται και προγραμματίζονται στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Μεταπτυχιακού προγράμματος και του Εργαστηρίου Επεξεργασίας Σήματος και Εικόνας του ΤΕΙ Λάρισας, του Τμήματος Τεχνολογίας Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών και της ενασχόλησης των Μεταπτυχιακών φοιτητών μας με εφαρμοσμένη Επεξεργασία Εικόνας σε εικόνες και video πλαίσια (frames) και προβλήματα από γεωργικά περιβάλλοντα. Η εργασία συμπεριλαμβάνει συναγεμικούς καταστάσεων, παρακολούθηση καιρού και συνθηκών φωτισμού, άρδευσης, διαχείρισης λιπασμάτων, ανάπτυξης και ωρίμανσης φυτών, κ.λ.π. [10]. Έχουν μελετηθεί off-line αλγόριθμοι ανίχνευσης των παραπάνω προβλημάτων και μελετάται τεχνολογία για την on-line υλοποίησή τους. Η εργασία αυτή επιβεβαιώνει την δυνατότητα παρακολούθησης των διεργασιών και δραστηριοτήτων σε ένα θερμοκήπιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Argus Controls, Irrigation and Fertilization Controls, *Argus System*, 1998
2. Dracos, G, Motion Detection Algorithms, Semester MSc Assignment, MSc in Computer Science, ATEI Larissa – Staffordshire University, Larissa, 2006
3. Gavish Software & Equipment, *Advanced Greenhouse Control Systems*, 1998
4. Hashimoto, Y, Nonami, H, *The Computerized Greenhouse: Automatic Control Application in Plant Production*, Academic Press, March 1993

5. Kapsalis A.V., Gravanis F.T. & Gowen S.R. (2002). Nematode entomopathogenic symbiotic bacteria acting as biological agents against tomato seedlings fungal pathogens. *Proceedings of the BCPC Conference - Pests & Diseases 2002*. Vol. 2: 749 – 752, Brighton, U.K.
6. Katsoulas, N., Kittas, C., Dimokas, G., Lykas, Ch., 2006. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Biosystems Engineering*, 93(2): 237-244.
7. Kittas C., Boulard T., Papadakis G. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings. Sensitivity to temperature and wind effects. *Transactions of the ASAE*, 1997, Vol 40, No 2, 415-425.
8. Kokkinos, K, Mastorodimos, G, A New Compression Algorithm for Image Processing, Larissa, paper to appear, 2007
9. Κουμαρίδης Δημήτριος, *Η επεξεργασία σήματος στα ραντάρ συνθετικής απεικόνισης - εφαρμογές*, Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Λάρισας, ΣΤΕΦ, Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Λάρισα 2004
10. Sigrimis, N, Fillipopoulos C, Optimal Greenhouse Controller, *AMSE Conference Proceedings*, Athens 1984
11. Spanou Irene, *Face recognition system*, Semester MSc Assignment, MSc in Computer Science, ΑΤΕΙ Larissa – Staffordshire University, Larissa, 2006
12. Yokogawa Hokushin Electric Co, Skyfarm, 1987, *YEW*, Tokyo, Japan
13. Ventzas D. E, *Control Systems I, II, III*, Lecture Notes, TEI Lamia, Dpt. Electronics Eng, Lamia, Greece, 1995
14. Ventzas D. E, MC68HC11 microcontroller control of a greenhouse environment as a time delay system, *IFAC 1998: Workshop on Applications of Automatic Control and Ergonomics on Agriculture*, 1998, Athens
15. Ventzas, D, *Signal Processing*, Lecture Notes, TEI Larissa, 2005
16. Ventzas, D, *Image Processing*. Lecture Notes for MSc in Computer Science,, TEI Larissa, 2007.