



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Περιβάλλοντος

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΡΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ & ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ
ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Στεφανάκης Δημήτρης

Επιβλέπων Καθηγητής: Μάργαρης Νίκος

Μάρτιος 2012

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΡΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ & ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ
ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Πρόταση Διδακτορικής Διατριβής

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Περιβάλλοντος

Στεφανάκης Δημήτρης

Μάιος 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	10
3.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	11
3.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....	15
3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ	16
3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	22
4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	22
Α. Προσομοίωση δυναμικής εξαμισοδιαπνοής -Συσώρευσης ξηρής ουσίας ..	22
Β. Δημιουργία Μοντέλου επιφάνειας με την Γεωστατιστική μέθοδο Kriging....	23
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	34
5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	34
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ MAVlink	3

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Φωτοσυνθετικός μηχανισμός (C3/C4), ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, m ² / kg) συντελεστής δεισδυτικότητας για ορατό φάσμα (KE), σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης (RMorg, kg kg ⁻¹ d ⁻¹), και συντελεστής μετατροπής ξηρής ουσίας, EC (kg kg ⁻¹), για αριθμό καλλιεργειών.....	19
Πίνακας 2 Ενδεικτικές τιμές βασικής θερμοκρασίας για ανάπτυξη (TO, σε οC), και άθροισμα θερμομονάδων (TSUM σε οC-d) για πλήρη ανάπτυξη διαφόρων καλλιεργειών.(πηγή Danalatos, 2004)	20
Πίνακας 3 Παράδειγμα υπολογισμού του δυναμικού ρυθμού αύξησης στη Λάρισα (BΓΠ=39ο30') υποθέτοντας συνολική απώλεια αναπνοής ίση με 40%.....	22

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1 Ψηφιδωτή επιφάνεια ισοϋψών σε μορφή πλέγματος.	15
Εικόνα 2 Παράδειγμα υπολογισμού του δυναμικού ρυθμού αύξησης στη Λάρισα υποθέτοντας συνολική απώλεια αναπνοής ίση με 40% με χωρική αποτύπωση.....	23
Εικόνα 3 Η αυτοσυσχέτιση ως συνάρτηση της συσχέτισης και της απόστασης κατά Kriging.....	24
Εικόνα 4 Παράδειγμα προσαρμογής μοντέλου ημιβαριογράμματος	26
Εικόνα 5 Υπολογισμός Μοντέλου Επιφανείας Θερμοκρασίας με την μέθοδο Kriging	27
Εικόνα 6 Δορυφορική εικόνα 5-BAND, Landsat TM5 λήψης 21/6/2009 με μέγεθος εικονοστοιχείου 30m.....	29
Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα 4-BAND, SPOT, λήψης 15/6/2009 με μέγεθος εικονοστοιχείου 1m.....	30
Εικόνα 8 Αποτελέσματα υπολογισμού δείκτη βλάστησης NDVI από τις μπάντες TM4-TM3 του δέκτη Landsat TM5 (μέγεθος εικονοστοιχείου 30μ)	30
Εικόνα 9 Ορθομωσικό απο φωτοληψίες 30/6/2011 με 3-BAND δέκτη sony CCD 3/4 και αλληλεπίθεση κοντινού υπέρυθρου φάσματος TM-4 με τη μέθοδο PAN-Sharp image (μέγεθος εικονοστοιχείου 0,23μ. /υψος πτήσης 200μ) προβολή καναλιών RGB 4-3-2.....	31
Εικόνα 10 Αποτελέσματα υπολογισμού δείκτη βλάστησης NDVI από τις μπάντες TM4-TM3 του Ορθομωσικού (μέγεθος εικονοστοιχείου 0,25μ)	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ολοκλήρωση των αγορών και η αύξηση του ανταγωνισμού στη γεωργία τα τελευταία χρόνια, έχουν οδηγήσει στην ανάγκη για δραστική μείωση του κόστους στη γεωργική παραγωγή, ενώ τα οξυμένα προβλήματα του περιβάλλοντος έχουν κάνει επιτακτική τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση των επιβλαβών εισροών στον αγρό. Παράλληλα, η Πληροφορική έχει δημιουργήσει δύο νέα δυναμικά εργαλεία, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και τα Έμπειρα Συστήματα. Η Διαστημική Επιστήμη έκανε πραγματικότητα τα Παγκόσμια Συστήματα Εντοπισμού Θέσης και τη δορυφορική Τηλεπισκόπηση, ενώ η Γεωργική Μηχανική επεξεργάζεται Αισθητήρες μέτρησης εδαφοκαλλιεργητικών παραμέτρων και Αυτόνομες γεωργικές μηχανές

Σκοπός του συγκεκριμένου εγχειρήματος, είναι η δημιουργία μιας ενιαίας ψηφιακής πλατφόρμας που θα παρέχει πληθώρα πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο και με χαμηλό κόστος (σε σύγκριση με τις υπάρχουσες μεθόδους) για την υπό μελέτη περιοχή.

Το κύριο εργαλείο για την εξαγωγή και παραγωγή πληροφορίας είναι ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος που φέρει αισθητήρες και κάμερες και πετά πάνω από την υπό μελέτη περιοχή, μεταδίδοντας σε πραγματικό χρόνο, τα δεδομένα που έχει προγραμματιστεί να συλλέγει. Τα δεδομένα που συλλέγονται είναι, δεδομένα βλάστησης- κάλυψης γης, γεωγραφικής θέσης, μετεωρολογικά δεδομένα, γεωμορφολογικά και κτηματολογικά δεδομένα, αεροφωτογραφίες και ορθοφωτοχάρτες καθώς και παράγωγα ποιοτικά δεδομένα που αφορούν είδος κάλυψης, παραγωγή βιομάζας και άλλες παραμέτρους που έχουν εισαχθεί στην πλατφόρμα μέσω υπολογιστικών ρουτινών.

Η πλατφόρμα έχει πλήθος εφαρμογών και χρησιμοποιείται ως εργαλείο σε πολλούς τομείς, με κυριότερους τους τομείς της γεωργίας ακριβείας, γεωγραφίας, γεωμορφολογίας, τοπογραφίας, αστικής γεωγραφίας, διαχείρισης περιβάλλοντος και της τηλεπισκόπησης.

Η πλατφόρμα στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής, έχει σχεδιαστεί και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί με γνώμονα την γεωργία ακριβείας. Το αεροσκάφος συλλέγει πληροφορίες πετώντας πάνω από την καλλιεργήσιμη έκταση και εξάγει σε πραγματικό χρόνο μέσω των υπολογιστικών ρουτινών, πληροφορίες για τον όγκο της σοδειάς, για τα στρεσαρισμένα φυτά, για την έλλειψη ή επάρκεια λίπανσης & νερού.

Οι αισθητήρες με τους οποίους είναι εξοπλισμένο το αεροσκάφος μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα για:

- Δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων επιφανειών (είτε φυσικών επιφανειών, είτε αστικών τοπίων)
- Ανάστροφη αναζήτηση κατάλληλων περιοχών για γεωργική εκμετάλλευση, από web based εφαρμογή με βάση το γένος και είδος του φυτού, σε πανελλήνια γεωβάση
- Άμεση συσχέτιση της καταγραφόμενης και της παραγόμενης πληροφορίας με το Εθνικό Κτηματολόγιο, τους Δασικούς χάρτες και τις διεθνείς συμβάσεις που αφορούν το περιβάλλον
- Δημιουργία φωτομωσαϊκού και ορθοφωτοχάρτη (αεροφωτογραφίες απαλλαγμένες από την στρέβλωση της φωτογραφικής μηχανής και του αναγλύφου)
- Καταγραφή υπάρχουσας κατάστασης σε αστικό και φυσικό περιβάλλον
- Προσομοίωση δυναμικών βλάστησης και υπολογισμός βιομάζας μέσω λογισμικού ανοιχτού κώδικα GIS, όχι μόνο για γεωργικούς σκοπούς αλλά και για ερευνητικούς.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα αναλύσουμε την βιβλιογραφία που θα στηρίζει την αναζήτηση και τις πηγές πάνω στις οποίες θα στηριχθεί η πρόταση. Επίσης, θα δούμε την υπάρχουσα κατάσταση στην γεωργία ακριβείας και τις τεχνικές ανάλυσης, καθώς και μια ιστορική αναδρομή στην χρήση και την συνεισφορά των προτύπων - μοντέλων στην γεωργία και την οικολογία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, θα αναλύσουμε τα υπάρχοντα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην ολοκληρωμένη γεωργική διαχείριση, τη χρήση τους, καθώς και τον τρόπο με τον οποία θα προσεγγίσουμε την ανάπτυξη, μετάφραση και ενσωμάτωση τους στα συστήματα GIS.

Επίσης, θα αναλύσουμε τις δυνατότητες μιας αυτόνομης τηλεπισκοπικής πλατφόρμας να παράγει δεδομένα αμφίδρομα συμβατά με το σύστημα μας. Τέλος, θα εφαρμόσουμε το σύστημα μας σε πειράματα αγρού όπου θα ακολουθήσει η επαλήθευση και ανάπτυξη κώδικα ανατροφοδότησης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα αποτελέσματα που υπάρχουν έως τώρα από τα υπάρχοντα μοντέλα για επιλεγμένες περιοχές μελέτης. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα από την μετάφραση του στα ΓΣΠ και όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται για να εξάγουμε τις τιμές των αγνώστων που μας ζητούνται από την εκάστοτε εξίσωση, όπως

χάρτες της Γ.Υ.Σ., ορθογεωαναφερόμενα υπόβαθρα(wms), Κλιματικά δεδομένα, στοιχεία παραγωγής αγρού κ.α.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα από τις υπάρχουσες μεθόδους με την μοντελοποίηση τους σε σύστημα ΓΣΠ καθώς και θα συγκρίνουμε την ποιότητα παράγωγων προϊόντων τηλεπισκόπισης από διάφορες πλατφόρμες.

Στο τελευταίο κεφάλαιο θα παρατηρήσουμε την πορεία της μέχρι τώρα εργασίας, την εφικτότητα των στόχων που θέσαμε καθώς και το χρονοδιάγραμμα που απαιτείται για να ολοκληρωθούν οι εργασίες των ανωτέρω κεφαλαίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τη στήριξη της γεωργίας ακριβείας (Pinter et al., 2003). Σε αμπελώνες, η τηλεπισκόπηση έχει συνδεθεί με την ποιότητα των παραγόμενων φρούτων και οίνου, αλλά μπορεί διαφορετικά να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει αποτελεσματικά την διαχείριση και παρακολούθηση της φυλλοστοιβάδας (Johnson et al., 2001, 2003). Επιπλέον, η γεωργία θεωρείται ως ένας τομέας Υποδομής Ζωτικής Σημασίας στο πλαίσιο της Εθνικής Στρατηγικής για την Ευρωπαϊκή Ένωση σε θέματα Εσωτερικής Ασφάλειας, έτσι πιθανώς, προβλέπεται αύξηση της ζήτησης τόσο για επιχειρήσεις τηλεπισκόπησης αλλά και της in-situ παρακολούθησης σε υψηλής αξίας καλλιέργειες (Φ.Μ.Κ, βιομάζα, ελιά) με προσιτό κόστος (Herwitz et al., 2004).

Η ανάπτυξη των φυτών μπορεί να μελετηθεί σε ένα ευρύ φάσμα λεπτομέρειας από το μοριακό επίπεδο έως το επίπεδο οικολογίας. Κατά τη μελέτη σε επίπεδο φυσιολογίας, ο σχηματισμός νέων ιστών καθορίζεται από τη δράση φυτο-ορμονών, βιοχημικών διεργασιών και τον τρόπο μεταφοράς ουσιών μέσα στα φυτικά όργανα. Κατά την ανάλυση σε αγρονομικό επίπεδο οι διεργασίες αυτές λαμβάνονται ως βάση και προχωρούμε στη μελέτη της διαμόρφωσης της παραγωγής ως συνάρτηση παραγόντων διαχείρισης, όπως η άρδευση, η θρέψη, η αμειψισπορά και η κατεργασία του εδάφους. Αποτελεί μάλιστα στόχο για τη γεωργία και τη γεωργική οικολογία η εξήγηση των αποτελεσμάτων της αγρονομικής έρευνας σχετικά με τους παράγοντες αυτούς σε επίπεδο φυσιολογίας. Η μεθοδολογία κατασκευής προτύπων (μοντέλων), βοηθά σε μεγάλο βαθμό στο συσχετισμό των υποθέσεων εργασίας σχετικά με τις διεργασίες αυτές, και παρέχει τη δυνατότητα ποσοτικής θεώρησης των μεταβλητών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Τα μοντέλα είναι αναγκαστικά απλοποιημένες εκφράσεις πιο πολύπλοκων συστημάτων και μέρους της πραγματικότητας (De Wit, 1968, 1993), και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αντιπροσωπεύσουν όλο το εύρος του πραγματικού συστήματος. Επομένως τα βιολογικά μοντέλα και τα μοντέλα ανάπτυξης καλλιεργειών δεν μπορούν να επιτύχουν σε περιπτώσεις άλλες από αυτές για τις οποίες σχεδιάστηκαν. Ο σκοπός κατασκευής ενός μοντέλου, είναι η κατά το δυνατό απλοποίηση και η μελέτη ενός συγκεκριμένου μέρους της πραγματικότητας που χρειαζόμαστε για ένα συγκεκριμένο θέμα που μελετάμε (Van Laar, 1994). Τα παραπάνω μοντέλα άρχισαν να γίνονται γνωστά και να βοηθούν στην

επίλυση και κατανόηση των φαινομένων της φυσιολογίας με την εμφάνιση των H/Y, εδώ και 30 έτη (Duncan et al., 1967; Goudriaan, 1977)

Ωστόσο στην προσομοίωση αύξησης και ανάπτυξης καλλιεργειών, επικεντρώνονται στο ιεραρχικό επίπεδο του δυναμικού παραγωγής (de Wit & Penning de Vries, 1982; Driessen & Konijn, 1992), κατά το οποίο το νερό και τα θρεπτικά συστατικά είναι διαθέσιμα στην καλλιέργεια, και δεν χρειάζεται να αναλυθούν οι εδαφικές διεργασίες και η ανάπτυξη του ριζοστρώματος. Επίσης δεν λαμβάνονται υπόψη τυχόν μειώσεις του δυναμικού παραγωγής από ζιζάνια και εχθρούς. Έτσι στο πρώτο αυτό ιεραρχικό επίπεδο του δυναμικού παραγωγής, η αύξηση της καλλιέργειας εξαρτάται μόνο από τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, όπως η αφομοίωση, η ανάπτυξη της καλλιέργειας, η αναπνοή και ο καταμερισμός της ξηρής ουσίας στα διαφορετικά φυτικά όργανα. Προχωρώντας σε χαμηλότερο ιεραρχικό επίπεδο με τους σύγχρονους υπολογιστές μας έγινε δυνατό με υπο-μοντέλα να προσεγγίσουμε το δυναμικό παραγωγής που εξαρτάται επιπρόσθετα και από τη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών (Danalatos et al., 2004).

Σε κάθε περίπτωση τα υφιστάμενα μοντέλα και διαδικασίες παρακολούθησης, εστιάζουν τα αποτελέσματα τους στο ακριβές σημείο της περιοχής μελέτης, δίνοντας μας ποσοτική θεώρηση των μεταβλητών που παρακολουθούμε μεν, χωρίς χωρική αποτύπωση δε, που είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την γεωργία και το περιβάλλον.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), σε συνδυασμό με την Τηλεπισκόπηση μας δίνουν την δυνατότητα να αξιοποιήσουμε την πληθώρα των μοντέλων (Almhab et al., 2008) και για πρώτη φορά να αντιστρέψουμε την έκβαση των αποτελεσμάτων, από σημειακό επίπεδο (focal) σε τοπικό επίπεδο (local) (Χίαοpeng et al., 2011) καθιστώντας έτσι, εφικτή την αμφίδρομη χρήση τους και εμφανίζοντας τα στο χώρο αλλά και το χρόνο. Η ταχύτητα στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων οφείλεται στο αυτοματισμό τροφοδότησης του συστήματος (GIS & μοντέλων), από την αυτόνομη τηλεπισκοπική πλατφόρμα που βασίζεται σε Arduino (Hideki et al., 2008) και τροφοδοτεί συνεχόμενα με τα απαραίτητα δεδομένα «καλυμπραροντας» ταυτόχρονα το μοντέλο με την μέθοδο της μάθησης (machine learning)(Gashler, 2011).

Ο Georges Matheron του Centre de Geostatistique στην πόλη Fointainebleau της Γαλλίας στην πραγματεία του για τη «Θεωρία των Χωρικών Μεταβλητών» έδωσε την ονομασία «Kriging» προς τιμή του Νοτιο-Αφρικανού μηχανικού μεταλλείων Daniel Gerhardus

Krige, ο οποίος χρησιμοποίησε αυτή τη μεθοδολογία τη δεκαετία του 1950 για τον υπολογισμό αποθεμάτων στα μεταλλεία της Νοτίου Αφρικής. Από όλες τις μεθόδους χωρικής παρεμβολής το Kriging βασίζεται σε καλές θεωρητικές βάσεις και παρέχει ένα πειστικό τρόπο υπολογισμού των τιμών παρεμβολής και θεωρείται ότι είναι ο Βέλτιστος Γραμμικός Αμερόληπτος Εκτιμητής (Best Linear Unbiased Estimator) (www.geosciences.mines-paristech.fr). Η βασική ιδέα είναι να ανακαλύψουμε πρώτα τα χαρακτηριστικά της χωρικής κατανομής και μετά να εφαρμόσουμε αυτές τις ιδιότητες στον υπολογισμό των υπόλοιπων τιμών της επιφάνειας. Η σχετικά ακριβής πρόβλεψη των τιμών είναι η σημαντικότερη ιδιότητα και λειτουργεί στο Kriging με ένα διαφορετικό στατιστικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους παρεμβολής. Έτσι, η μέθοδος αυτή θεωρεί ότι η απόσταση και η διεύθυνση μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας αντανakλά μία χωρική συσχέτιση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει τη μεταβολή στην επιφάνεια. Εφαρμόζει μία μαθηματική συνάρτηση σε ένα ορισμένο αριθμό σημείων, ή όλων των σημείων εντός μίας ακτίνας ανίχνευσης, για να υπολογίσει την τιμή σε κάθε θέση στην περίπτωση μας θα εφαρμοσθεί στον εντοπισμό και υπολογισμό των τιμών των κλιματικών παραμέτρων που απαιτούνται ως άγνωστοι από τα μοντέλα προσομοίωσης.

Η διαδικασία του Kriging αποτελείται από πολλά βήματα, που εντάσσονται στη Γεωστατιστική Δομική Ανάλυση των δεδομένων. Καταρχάς περιλαμβάνει μία στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Στη συνέχεια προσαρμόζει ένα μοντέλο βαριογράμματος, δημιουργεί την επιφάνεια και προαιρετικά εξερευνά μία επιφάνεια μεταβολών. Η Γεωστατιστική χρησιμοποιείται κυρίως στις Γεωεπιστήμες, στον υπολογισμό των αποθεμάτων των μεταλλευμάτων, όπως ήδη αναφέρθηκε, αλλά και στην εφαρμοσμένη γεωχημική έρευνα (υδρογεωχημεία, εδαφογεωχημεία, λιθογεωχημεία κ.ά.), καθώς και σε άλλες επιστήμες όπου απαιτείται επεξεργασία χωρομεταβλητών, π.χ., Γεωγραφία, Κλιματολογία κ.ά. (Ανδρουλακάκης Ν., et al, 2010).

Εκτός από την παραγωγή μίας προβλέψιμης επιφάνειας, έχει τη δυνατότητα να δώσει εκτιμήσεις του σφάλματος πρόβλεψης των τιμών της υπό μελέτης μεταβλητής σε κάθε θέση δειγματοληψίας. Έτσι έχουμε πληροφόρηση για τη σχετική ακρίβεια των προβλέψεων.

Έχοντας υπόψη τα ανωτέρω στην παρούσα διατριβή θα μελετηθεί η δημιουργία μιας αυτόνομης εναέριας πλατφόρμας τηλεπισκόπισης, για την παραγωγή χαρτών δεικτών βλάστησης & προσδιορισμό δυναμικών παράγωγης με χωρική αποτύπωση.

Τέλος, θα γίνει η προσπάθεια να μεταφρασθεί η υπάρχουσα βιβλιογραφία για την χρήση και δημιουργία προτύπων-μοντέλων σε γλώσσα μηχανής GIS και έπειτα να μελετηθεί η αυτονομία της εναέριας πλατφόρμας στην ελληνική γεωργική ύπαιθρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα της παρούσα διατριβής χωρίζεται ουσιαστικά σε 4 στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναλύεται η μετατροπή των μαθηματικών μοντέλων σε υπολογιστικές ρουτίνες Γ.Σ.Π. Στο δεύτερο στάδιο, διακρίνουμε ποια είναι τα απαραίτητα τηλεπισκοπικά δεδομένα που πρέπει να συλλέγει η εναέρια πλατφόρμα. Στο τρίτο στάδιο θα δούμε αναλυτικά τα μέρη που αποτελείται η εναέρια πλατφόρμα και την ανάπτυξη λογισμικού που απαιτείται για την πλήρη αυτονόμηση της και σύνδεση της με τα συστήματα Γ.Σ.Π. Στο τελευταίο στάδιο θα αναπτυχθεί η πειραματική διαδικασία με την οποία θα επαληθεύσουμε τα αποτελέσματα που παράγει ολοκληρωμένα το σύστημα μας, με μετρήσεις πεδίου και έπειτα την αξιολόγηση τους.

3.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Το πρώτο στάδιο του πειράματος είναι η μετατροπή των κυριότερων μοντέλων-προτύπων υπολογισμού σε γλώσσα μηχανής python, κατανοητή για την επίλυση τους από τα ΓΣΠ. Τα μοντέλα που θα μεταφραστούν είναι τα εξής:

A. Δυναμικής εξατμισοδιαπνοής

$$L^*E = 1 / [(\Delta + \gamma) * ((1/h_u) + (1/C_s)) / (1/h_u)] * [\Delta * R_N + h_u (e_d - e_a)] \quad (1)$$

Όπου,

LE είναι η απώλεια ενέργειας για την εξάτμιση του νερού ($J m^{-2}d^{-1}$).

Δ είναι η κλίση της καμπύλης της κορεσμένης πίεσης υδρατμών μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας αέρα και του σημείου δρόσου.

γ είναι η ψυχομετρική σταθερά με τιμή ίση περίπου με 0,66.

h_u είναι ο συντελεστής διάχυσης της θερμότητας ($J m^{-2}d^{-1}C^{-1}$)

C_s είναι η αγωγιμότητα υδρατμών ($J m^{-2}d^{-1}C^{-1}$)

R_N είναι η καθαρή ολική ακτινοβολία ($J m^{-2}d^{-1}$)

e_d και e_a είναι η πίεση υδρατμών στην ατμόσφαιρα και σε συγκεκριμένο ύψος από αυτήν, αντίστοιχα (mbar)

B. Συσσώρευσης ξηρής ουσίας

$$DWI = EC * (FGASS - MRR * TLDW), \quad (2)$$

Όπου,

DWI είναι ο ρυθμός αύξησης ξηρής μάζας της καλλιέργειας ($kg ha^{-1}$),

EC είναι ο συντελεστής μετατροπής των υδατανθράκων σε δομική ξηρή ουσία (μέσος όρος φυτού) ($kg kg^{-1}$),

FGASS είναι ο συνολικός ρυθμός αφομοίωσης της καλλιέργειας εκφραζόμενη σε υδατάνθρακες ($kg ha^{-1} d^{-1}$),

MRR είναι ο σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης (σύνολο για όλα τα φυτικά όργανα) ($kg ha^{-1} d^{-1}$),

TLDW είναι το συνολικό ξηρό βάρος των (ζώντων) συστατικών της καλλιέργειας ($kg ha^{-1}$).

Για τα αρχικά στάδια ανάπτυξης όπου δεν λαμβάνει χώρα ξήρανση φυτικών ιστών, η εξίσωση της κατάστασης της συνολικής βιομάζας σε κάθε χρονικό διάστημα υπολογισμών δίνεται από τον τύπο:

$$TLDW_{(t)} = TLDW_{(t-1)} + DWI * DELT, \quad \text{όπου} \quad (2.1)$$

DELT είναι το χρονικό διάστημα των υπολογισμών (d). Οι δείκτες στις παρενθέσεις δείχνουν τις παλιές και νέες υπολογισμένες τιμές.

Γ. Σχετικού σταδίου ανάπτυξης (relative development stage, DVS)

$$DVS = TACT / TSUM \quad (3)$$

$$TACT = TACT + (TA - TO) \quad (3.1)$$

$$\text{IF } TACT / TSUM(1) < 1 \text{ THEN } DVS = 0.5 * TACT / TSUM(1) \quad (3.2)$$

$$\text{IF } TACT / TSUM(1) \geq 1 \text{ THEN } DVS = 0.5 + 0.5 * (TACT - TSUM(1)) / TSUM(2) \quad (3.2)$$

όπου

TSUM(1) και TSUM(2) είναι αντίστοιχα τα αθροίσματα θερμομονάδων στα διαστήματα φύτρωμα-ανθοφορία, και ανθοφορία – ωρίμανση ($^{\circ}\text{C-d}$).

TACT είναι το άθροισμα θερμομονάδων μέχρι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή ($^{\circ}\text{C-d}$).

TSUM είναι θερμική μονάδα της συγκεκριμένης καλλιέργειας – ποικιλίας ($^{\circ}\text{C-d}$).

Δ. Καταμερισμού παραγώγων αφομοίωσης – απόδοσης

$$\text{DWI}(\text{org}) = \text{EC}(\text{org}) * (\text{FGASS} * \text{FR}(\text{org}) - \text{MRR}(\text{org}) * \text{S}(\text{org})), \quad (4)$$

όπου

DWI(org) είναι ο ρυθμός αύξησης ξηρής μάζας του φυτικού οργάνου της καλλιέργειας (kg ha^{-1}),

EC(org) είναι ο συντελεστής μετατροπής των υδατανθράκων σε δομική ξηρή ουσία του φυτικού οργάνου (kg kg^{-1}),

FGASS είναι ο συνολικός ρυθμός αφομοίωσης της καλλιέργειας εκφραζόμενη σε υδατάνθρακες ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$),

MRR(org) είναι ο σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης του φυτικού οργάνου της καλλιέργειας ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$),

S(org) είναι το ξηρό βάρος του φυτικού οργάνου της καλλιέργειας (kg ha^{-1}).

Ε. Δημιουργία επιφάνειας με την μέθοδο Ordinary Kriging

Μία επιφάνεια στο γεωγραφικό χώρο είναι ένα συνεχές πεδίο από τιμές, οι οποίες διαφέρουν ως προς τη χωρική τους θέση (τοποθεσία) και καλούνται χωρομεταβλητές, αφού οι τιμές τους μεταβάλλονται στο γεωγραφικό χώρο. Για παράδειγμα, σημεία μία περιοχής στην επιφάνεια της γης μπορεί να διαφέρουν στο υψόμετρο, στη θερμοκρασία εδάφους, ή στη συγκέντρωση κάποιου χημικού στοιχείου ή ένωσης. Οποιοσδήποτε από αυτές τις χωρικές τιμές, ή

χωρομεταβλητές, μπορεί να παρουσιασθούν σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα (X,Y,Z) , όπου X και Y είναι αντίστοιχα η ανατολική και η βόρεια συντεταγμένη και Z είναι η τιμή της υπό μελέτης χωρομεταβλητής. Επειδή μία φυσική επιφάνεια περιέχει ένα τεράστιο αριθμό σημείων, είναι αδύνατο να μετρήσει κάποιος τις τιμές Z σε κάθε σημείο. Γι' αυτό γίνονται πραγματικές μετρήσεις σε ένα αντιπροσωπευτικό και ταυτόχρονα ικανοποιητικό αριθμό θέσεων, οι οποίες περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της τρισδιάστατης επιφάνειας. Τα μοντέλα επιφανειών μας επιτρέπουν να αποθηκεύσουμε πληροφορίες για μία επιφάνεια σε ένα ΓΣΠ. Ένα μοντέλο επιφάνειας, προσεγγίζει μία επιφάνεια, παίρνοντας ένα δείγμα τιμών από διάφορα σημεία και στη συνέχεια με παρεμβολή υπολογίζει τις τιμές μεταξύ των σημείων αυτών.

Ένα ΓΣΠ χρησιμοποιεί δύο ειδών μοντέλα επιφανειών:

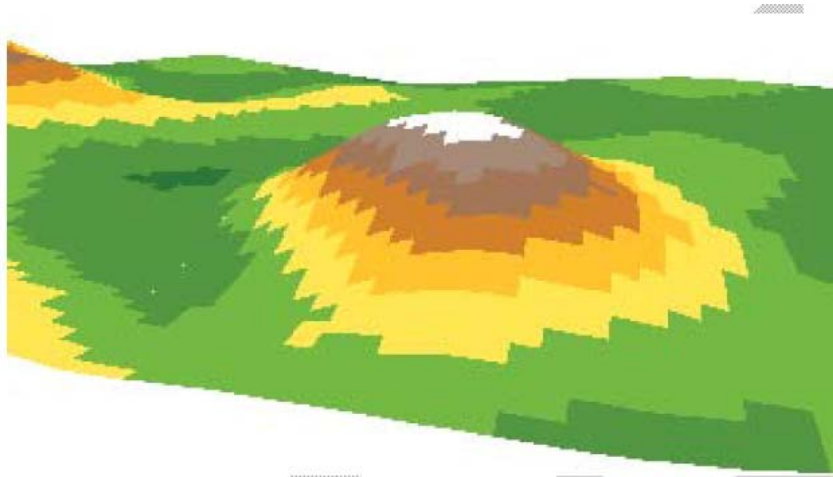
Ψηφιδωτά (rasters) και Τριγωνικά (TINs).

Τα ψηφιδωτά αναπαριστούν μία επιφάνεια με ένα κανονικό πλέγμα (grid) θέσεων με δείγματα, όπου υπάρχουν πραγματικές τιμές της υπό μελέτης χωρομεταβλητής και θέσεις με ενδιάμεσες υπολογισμένες τιμές με κάποια μέθοδο παρεμβολής.

Τα τριγωνικά μοντέλα αναπαριστούν μία επιφάνεια με μία ομάδα ακανόνιστων θέσεων με τιμές, οι οποίες συνδέονται για να σχηματίσουν ένα δίκτυο τριγώνων με τις τιμές Z αποθηκευμένες στους κόμβους του τριγώνου.

Οι ψηφιδωτές επιφάνειες αποθηκεύονται σε μορφή πλέγματος. Κάθε πλέγμα αποτελείται από ένα ορθογώνιο πίνακα από ομοιόμορφα κατανομημένα στον χώρο φατνία (pixels) ίδιου μεγέθους στα οποία αποθηκεύονται οι τιμές Z . Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του φατνίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η χωρική ακρίβεια του ψηφιδωτού.

Δεν μπορούμε να αναπαραστήσουμε μεμονωμένα χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως η κορυφογραμμή της εικόνας 1 με μεγαλύτερη ακρίβεια χωρίς την χρησιμοποίηση των φατνίων ψηφιδωτών επιφανειών



Εικόνα 1 Ψηφιδωτή επιφάνεια ισοϋψών σε μορφή πλέγματος.

Τα ψηφιδωτά χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση εικόνων και θεματικών δικτύων δεδομένων και υπολογίζονται με την παρακάτω σχέση:

$$z^*(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(s_i) \quad (5)$$

Όπου

$Z^*(s_0)$ είναι η προβλεπόμενη τιμή

$Z(s_i)$ είναι οι τιμές των πραγματικών δεδομένων

λ_i είναι ο συντελεστής βάρους Kriging

3.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Στο δεύτερο στάδιο του πειράματος θα μετατρέψουμε τα τηλεπισκοπικά δεδομένα που συλλέγονται από την εναέρια πλατφόρμα σε δείκτες βλάστησης (indices) με τους οποίους θα ποσοτικοποιήσουμε την οπτική πληροφορία και θα συσχετίσουμε τα αποτελέσματα με τα ανωτέρω μαθηματικά μοντέλα.

Επίσης τα δεδομένα που συλλέγονται από τους λοιπούς αισθητήρες του αεροσκάφους θα τροποποιηθούν σε πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας (MavLink) για την τροφοδότηση των ΓΣΠ με απαραίτητα δεδομένα όπως: βαρομετρική πίεση, θερμοκρασία αέρος, ύψος πτήσης, κλίση κάμερας, διαφοράς πίεσης υδρατμών, μαγνητικού βορρά, ταχύτητα αέρος και εδάφους, σχετικής υγρασίας και τηλεμετρίας.

Τα δεδομένα τηλεπισκόπησης θα προσομοιωθούν για τις απαιτήσεις του πειράματος με δεδομένα από :

- Δορυφορικές εικόνες Landsat TM5
- Ορθογεωαναφερόμενα υπόβαθρα της Κτηματολόγιο Α.Ε.
- Τοπογραφικά διαγράμματα Γ.Υ.Σ, κλίμακας 1:5000
- Δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών (EMY)

3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Το κατασκευαστικό και σχεδιαστικό μέρος της εναέριας πλατφόρμας δεν θα αναλυθούν σε βάθος στην παρούσα εργασία. Ωστόσο θα δοθούν αναλυτικά τα στοιχεία κατασκευής, υλικών, τηλεμετρίας για να γίνουν κατανοητές οι δυνατότητες του σκάφους, να μπορεί να επαναληφθεί το πείραμα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε αναλυτικά τον εξοπλισμό τον οποίο αποτελεί την πλατφόρμα καθώς και την γλώσσα μηχανής που είναι απαραίτητη για το κάθε τμήμα ώστε να γίνει συγγραφή του αντίστοιχου κώδικα και να έχουμε ένα ολοκληρωμένο υλικό-λογισμικό. Επίσης σε αυτό το σημείο θα πρέπει να βαθμονομήσουμε τον αισθητήρα της ψηφιακής κάμερας καταγραφής ώστε το φάσμα φωτός που καταγράφει η κάθε μπάντα- κανάλι χρώματος αντιστοιχεί στις μπάντες TM₁₋₅ των αισθητήρων landsat TM5 και να έχουμε άμεσα συγκρίσιμα αποτελέσματα με την βιβλιογραφία.

Ενδεικτικά τα στοιχεία που αποτελούν την πλατφόρμα έως σήμερα είναι τα εξής:

Εξοπλισμός:

A. Αυτόματος πιλότος

- Επεξεργαστές Arm32, Atmel 32, AtMEGA 2560
- Διπλό Regulator 3.3V. για αναλογικούς αισθητήρες
- Ρελέ διακόπτη για κάμερες ή ωφέλιμα φορτία
- 12-bit ADC για την καλύτερη ανάλυση Gyro / Acceleration / ταχύτητας αέρος.
- Built-in Data Logger 128MB με επέκταση καρτών 4GB (το μαύρο κουτί).
- Γυροσκόπιο InvenSense με αντίσταση δόνησης (Τριών αξόνων).
- Αναλογικό ADX330 επιταχυνσιόμετρο (Τριών αξόνων).

- Αισθητήρας ταχύτητας του αέρα.
- Αισθητήρας Απόλυτης πίεσης Bosch και θερμοκρασίας για ακριβές υψόμετρο
- Έλεγχος και σταθεροποίηση συστήματος βάσης κάμερας (Δύο Αξόνων)
- GPS uBlox 5 chip-set με Saratel helix antenna ταχύτητας 10Hz για απρόσκοπτη επικοινωνία ακόμη και στις πιο δύσβατες περιοχές

B. Καταγραφή

- Κινούμενη Κάμερα ανάλυσης (4000X3000 Pixel) 14mp- 5,43εκ/pixel επι του εδάφους (100μ Πτήσης)

με καταγραφή 5 καναλιών (R, G, B , NIR, MIR) στα 0.63 - 0.69, 0.52 - 0.60, 0.45 - 0.52, 0.76 - 0.90 & 1.55 - 1.75 μικρόμετρα αντίστοιχα για καταγραφή βλάστησης και φασματικής υπογραφής δομικών υλικών και δυνατότητα άμεσης εξαγωγής δεικτών βλάστησης.

- 2 σταθερές A/M κάμερες ανάλυσης (1240*760 Pixel) 1mp για εξαγωγή DEM με επικάλυψη 50% προς κάθε κατεύθυνση
- Σταθερή έγχρωμη κάμερα ανάλυσης (640X480 Pixel) 0,3 mp εμπρόσθια κάμερα για καταγραφή πτήσης και εντοπισμό στόχου
- Αισθητήρας σχετικής υγρασίας, θερμοκρασίας, ηλιοφάνειας
- Αισθητήρας LIDAR (Light Detection And Ranging) Hokuyo URG-04LX-UG01 ανάλυσης ±30mm.
- Αισθητήρας Optical flow ADNS3080, για οδομετρία και αποφυγή εμποδίων

Γ. Επικοινωνία

- Πλήρης έλεγχος, τηλεμετρία και παραμετροποίηση πτήσης με ασύρματη επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο εμβέλειας έως 5000μ σε δασικό ή αστικό περιβάλλον με πρωτόκολλο mavlink (zigbee modems).
- Απευθείας αναλογική μετάδοση εικόνας και ήχου από την εμπρόσθια κάμερα με ασύρματη εκπομπή και λήψη στα 5.8ghz.

Δ. Σταθμός Εδάφους - Ground Control Station

- Σύστημα εδάφους εξοπλισμένο με υλικό εξοπλισμό:
- Αναλογικό Δέκτη και μετατροπέα A/V στα 5.8GHz
- Ψηφιακό πομποδέκτη μεταγωγής 56Kbps zigbee- xbee 900mhz pro module
- Φορητό υπολογιστή-Υπολογιστή Tablet
- Ψηφιακό πομπό ελέγχου 14^{ov} καναλιών FASST στα 2.4GHz
- Αδιάβροχη θήκη

Πλήρη ανάλυση των μηνυμάτων MAVlink, για την πλειοψηφία του παραπάνω εξοπλισμού ως έχει μεταφραστεί έως τώρα, παρατίθεται στο παράρτημα Α.

3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ

Το τελευταίο στάδιο του πειράματος θα αφιερωθεί στην επαλήθευση των αποτελεσμάτων που παράγονται από το σύστημα μας και παράλληλα θα γίνονται πτήσεις δοκιμής-καταγραφής καλλιεργειών. Αυτό το μέρος θα πραγματοποιηθεί και για τις δύο κύριες καλλιεργητικές περιόδους της Ελλάδας (χειμερινή, εαρινή) για διάφορα ήδη καλλιέργειας που έχουμε αποτελέσματα μοντέλων από την διεθνή και εγχώρια βιβλιογραφία καθώς και γνωστές απαιτήσεις (βλ. πίνακα 1,2).

Η συνεχής επαλήθευση των παραγόμενων δεδομένων με τις πραγματικές μετρήσεις θα μας δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για την εφικτότητα, βιωσιμότητα και ακρίβεια του συστήματος, καθώς επίσης θα συμβάλει στην συγγραφή του κώδικα waffle- machine learning σε γλώσσα προγραμματισμού c++ και έπειτα σε Arduino based, ώστε να δώσουμε την δυνατότητα στο σύστημα μας να αυτοκαλιμπράρετε στις εκάστοτε συνθήκες.

Πίνακας 1 Φωτοσυνθετικός μηχανισμός (C3/C4), ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, m² / kg) συντελεστής διεισδυτικότητας για ορατό φάσμα (KE), σχετικός ρυθμός αναπνοής διατήρησης (RMorg, kg kg⁻¹d⁻¹), και συντελεστής μετατροπής ξηρής ουσίας, EC (kg kg⁻¹), για αριθμό καλλιεργειών

Καλλιέργεια	C3 / C4	SLA (εύρος)	KE	RM (org)*				EC (org)*			
				RML	RMR	RMS	RMSO	ECL	ECR	ECS	ECSO
αραχίδα	C3	18	0.6	0.030	0.010	0.01 5	0.012	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.50
βαμβάκι	C3	16-24	0.6	0.010	0.010	0.01 5	0.010	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.61
γλυκοπατάτα	C3	14-20	0.4 5	0.028	0.025	0.02 0	0.005	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.80
δόλιχος	C3	32-40	0.5	0.030	0.010	0.01 5	0.011	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.81
ηλίανθος	C3	25-30	0.8	0.015	0.010	0.00 75	0.023	0.5 9	0.7 1	0.7 3	0.71
καλαμπόκι	C4	12-32	0.6	0.013	0.010	0.01 0	0.010	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.72
καπνός	C3	10-31	0.5	0.015	0.010	0.01 5	--	0.7 2	0.7 2	0.6 9	--
κριθάρι	C3	18-27	0.4 4	0.015	0.010	0.01 5	0.007	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.74
κεχρί	C4	18-23	0.5	0.020	0.007	0.01 0	0.007	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.74
μιτζέλι	C3	20-28	0.5	0.030	0.010	0.01 5	0.010	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.78
πατάτα	C3	25-32	0.5	0.010	0.010	0.01 5	0.007	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.85
ρεβίθι	C3	15-20	0.5	0.030	0.010	0.01 5	0.009	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.77
Ρύζι	C3	18-27	0.4	0.015	0.010	0.01 5	0.003 5	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.74
Σιτάρι	C3	16-24	0.5	0.017	0.010	0.01 5	0.010	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.79
σόγια	C3	15-23	0.4	0.015	0.010	0.01 5	0.017	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.68
σόργο	C4	11-21	0.5	0.015	0.010	0.01 0	0.010	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.74
σουσάμι	C3	21-30	0.5	0.015	0.010	0.01 5	0.012	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.62
φακή	C3	32-37	0.5	0.015	0.010	0.01 5	0.013	0.7 2	0.7 2	0.6 9	0.71

* org = L (φύλλα), R (ρίζα), S (βλαστός), SO =όργανα καρποφορίας. (Πηγή: Driessen & Konijn, 1992)

Πίνακας 2 Ενδεικτικές τιμές βασικής θερμοκρασίας για ανάπτυξη (ΤΟ, σε οC), και άθροισμα θερμομονάδων (TSUM σε οC-d) για πλήρη ανάπτυξη διαφόρων καλλιεργειών.(πηγή Danalatos, 2004)

Καλλιέργεια	ΤΟ	TSUM		Καλλιέργεια	ΤΟ	TSUM
αραχίδα	10	1350		μπιζέλι	4-11	1350
βαμβάκι	10-15	1450-1800		πατάτα	0	2000
γλυκοπατάτα	10	2000		ρεβίθι	4- 7	1280
δόλιχος	8	1350		ρύζι	0-10	1600-2080
ηλίανθος	5	1700		σίτος	0-8	2100
καλαμπόκι	10	1550-1750		σόγια	5-10	1750
καπνός	0-10	1450		σόργο	7-10	1600
κεχρί	10	1380		σουσάμι	10	1380
κριθάρι	2	2100-2700		φακή	0	2350

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση των μοντέλων που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3 καθώς και αποτελέσματα από τις αντίστοιχες μεταφράσεις του σε σύστημα GIS. Επίσης θα δούμε συγκριτικά αποτελέσματα Τηλεπισκόπισης χρησιμοποιώντας υπόβαθρα δορυφορικών εικόνων από εμπορικούς δέκτες (Lansat TM5, Spot) και ορθομωσικών που συλλέχτηκαν από την πλατφόρμα μας.

4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

A. Προσομοίωση δυναμικής εξατμισοδιαπνοής -Συσώρευσης ξηρής ουσίας

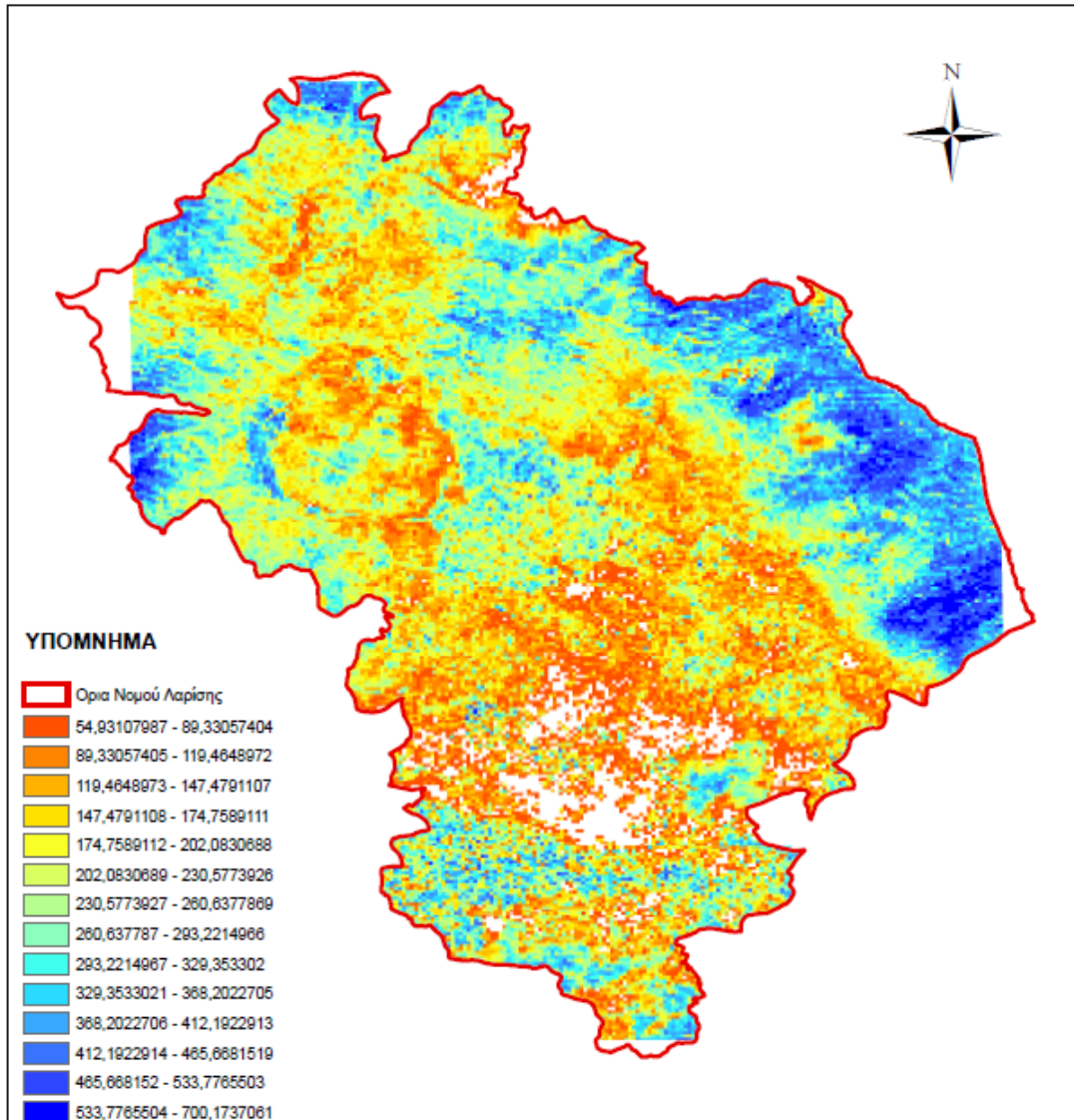
Τα μοντέλα προσομοίωσης δυναμικών παραγωγής και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής εξετάστηκαν εκτενώς κατά την διάρκεια του ΠΜΣ Γεωργία και Περιβάλλον, υπό τον καθ. Δαναλάτο Νικόλαο, τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την περιοχή της Λάρισας για καλλιέργειες μεγάλης έκτασης (βαμβάκι, καλαμπόκι, σόργο κλπ) (βλ. πίνακα 3) και έχουν επαληθευθεί από μετρήσεις αγρού (Danalatos, 2003).

Αντίστοιχα έπειτα από συνεργασία με το τμήμα Προχωρημένου τμήματος ΓΣΠ του ΕΜΠ το μεταφρασμένο μοντέλο Δυναμικών παραγωγής μας έδωσε αντίστοιχα επιβεβαιωμένες τιμές για γνωστές περιοχές καλλιέργειας, αλλά επίσης πρόβλεψε τα δυναμικά παραγωγής για τις υπόλοιπες περιοχές ολόκληρου του Νομού, προσθέτοντας στην εξίσωση του υπολογισμού της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το ανάγλυφο του εδάφους και στον υπολογισμό θέσης την ύπαρξη καλλιεργήσιμων εκτάσεων (εικόνα 2)

Πίνακας 3 Παράδειγμα υπολογισμού του δυναμικού ρυθμού αύξησης στη Λάρισα (ΒΓΠ=39ο30') υποθέτοντας συνολική απόλεια αναπνοής ίση με 40%.

Μήνας	n/N	FCL	FOV	FGC	FGASS	DWI
Μάιος	0.611	843	354	652	445	266
Ιούνιος	0.656	892	388	712	485	291
Ιούλιος	0.744	873	368	744	507	304
Αύγουστος	0.760	788	329	678	462	277

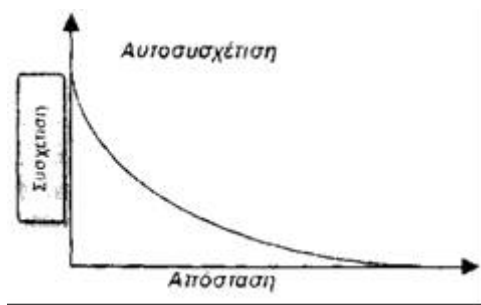
- n είναι ο πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή της μελέτης
N είναι ο μέγιστος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή της μελέτης
FCL είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO₂ σε πλήρως ανέφελη ημέρα (kg ha⁻¹ d⁻¹)
FOV είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO₂ σε πλήρως νεφοσκεπή ημέρα (kg ha⁻¹ d⁻¹)
FGC είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης CO₂ κατά τη συγκεκριμένη ημέρα (kg ha⁻¹ d⁻¹)
FGASS είναι ο ρυθμός ολικής αφομοίωσης (CH₂O)_n σε kg ha⁻¹d⁻¹ (=FGC*30/44)
DWI είναι ο δυναμικός ρυθμός αύξησης σε kg ha⁻¹ d⁻¹ (=0.60*FGASS)



Εικόνα 2 Παράδειγμα υπολογισμού του δυναμικού ρυθμού αύξησης στη Λάρισα υποθέτοντας συνολική απώλεια αναπνοής ίση με 40% με χωρική αποτύπωση

Β. Δημιουργία Μοντέλου επιφάνειας με την Γεωστατιστική μέθοδο Kriging

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι βασίζονται σε στατιστικά μοντέλα, τα οποία περιλαμβάνουν αυτοσυσχέτιση. Η συσχέτιση (correlation) είναι η τάση δύο μεταβλητών να συσχετίζονται μεταξύ τους. Στην εικόνα 3 φαίνεται η αυτοσυσχέτιση ως συνάρτηση της συσχέτισης και της απόστασης. Παρατηρείστε ότι όσο η απόσταση μεταξύ των μετρήσεων είναι μικρή η αυτόσυσχέτιση των μετρήσεων είναι μεγάλη, ενώ αντίθετα όσο μεγαλώνει η απόσταση μεταξύ τους η αυτοσυσχέτιση μειώνεται.



Εικόνα 3 Η αυτοσυσχέτιση ως συνάρτηση της συσχέτισης και της απόστασης κατά Kriging

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι, εκτός του ότι προβλέπουν τις τιμές για τη δημιουργία μίας επιφάνειας, έχουν επιπλέον τη δυνατότητα να παρέχουν στοιχεία για την ακρίβεια της πρόβλεψης.

Οι μέθοδοι αυτές είναι συνυφασμένες με τη μέθοδο Kriging και τις παραλλαγές της. Η μέθοδος Kriging έχει ομοιότητα με την αιτιοκρατική μέθοδο IDW στο γεγονός ότι δίνει βάρη και αυτή στις μετρήσεις των σημείων δειγματοληψίας, από τις οποίες θα προβλεφθεί μία τιμή. Εντούτοις τα βάρη δεν βασίζονται μόνο στην απόσταση των σημείων, αλλά και από τη συσχέτιση μεταξύ τους. Επειδή, οι γεωστατιστικές μέθοδοι εξάγουν τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη τιμών από πραγματικές μετρήσεις, θεωρούνται ότι είναι οι πλέον ακριβείς μέθοδοι παρεμβολής. Οι γεωστατιστικές μέθοδοι προϋποθέτουν όμως να υπάρχει ένας ικανοποιητικός αριθμός πρωτογενών πληροφοριών για τον υπολογισμό των απαιτούμενων γεωστατιστικών παραμέτρων, που απαιτούνται για την πρόβλεψη τιμών με το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Για να δημιουργηθεί μία επιφάνεια με, το Kriging, θα πρέπει να κάνετε μία σειρά βημάτων, τα οποία περιγράφονται ως «δομική γεωστατική ανάλυση των δεδομένων».

Η γεωστατιστική αναπτύχθηκε αρχικά στη μεταλλευτική έρευνα και στη συνέχεια επεκτάθηκε σχεδόν σε όλο το φάσμα των γεωεπιστημών. Εκτός της εφαρμογής της γεωστατιστικής στον υπολογισμό των αποθεμάτων, χρησιμοποιείται και στην εκτίμηση των τιμών παρεμβολής για τη γεωγραφική απεικόνιση των συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων στην εφαρμοσμένη γεωχημική έρευνα πετρώματος, εδάφους, ιζήματος ρέματος, επιφανειακού και υπόγειου νερού και λοιπών περιβαλλοντικών μετρήσεων. Εφ' όσον υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός δειγμάτων, που να καλύπτει την περιοχή μελέτης, η παρεμβολή των τιμών, μέσω της γεωστατιστικής, θεωρείται ότι είναι ο βέλτιστος τρόπος γεωγραφικής απεικόνισης των δεδομένων αυτών.

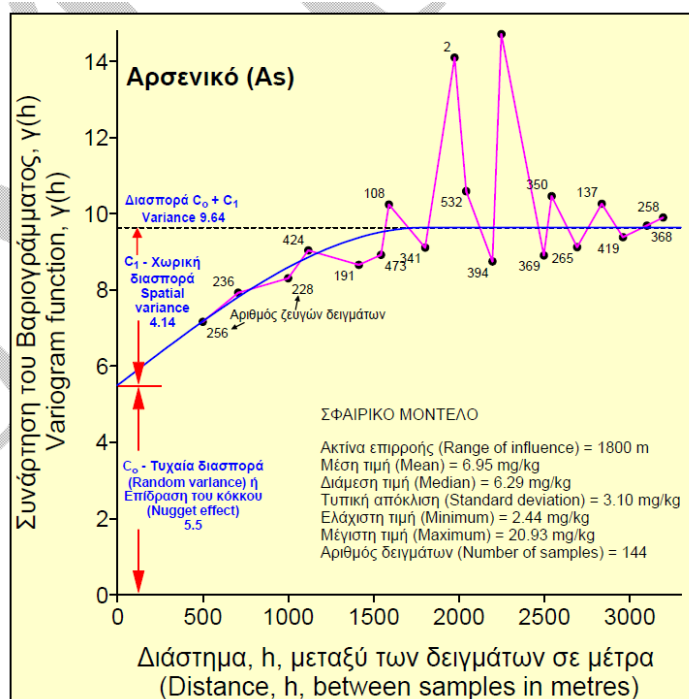
Το βασικό εργαλείο της γεωστατιστικής είναι το βαριόγραμμα ή ημιβαριόγραμμα, το οποίο βασίζεται στον χαρακτηρισμό της μεταβολής της συνδιασποράς (covariance) των τιμών των συγκεντρώσεων μίας μεταβλητής ανά ζεύγη των θέσεων δειγματοληψίας, με σταδιακή αύξηση της μεταξύ τους απόστασης, δηλ. ο άξονας-Y αντιπροσωπεύει τη συνδιασπορά και ο άξονας-X την απόσταση μεταξύ ΤΟV δειγμάτων. Τα γεωχημικά δεδομένα συνήθως ακολουθούν το σφαιρικό πρότυπο (βλέπε παρακάτω). Ένα από τα χαρακτηριστικά των βαριογραμμάτων των γεωχημικών δεδομένων είναι ότι η διασπορά μπορεί να μην είναι μηδέν στη μηδενική απόσταση, γεγονός που οφείλεται στα συνιστώμενα τυχαία σφάλματα των μετρήσεων, όπως δειγματοληψίας, προπαρασκευής και ανάλυσης των δειγμάτων, δηλ. αναφέρεται στις τυχαίες συνιστώσες των μετρήσεων της αβεβαιότητας. Η απόσταση αυτή της τομής στον άξονα-Y της καμπύλης του βαριογράμματος καλείται «επίδραση του κόκκου» (nugget effect) ή «διασπορά του κόκκου» (nugget variance).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η κατασκευή αξιόπιστου βαριογράμματος απαιτεί τη συλλογή ενός μεγάλου σχετικά αριθμού δειγμάτων, τα οποία να καλύπτουν ικανοποιητικά όλο το χώρο της υπό μελέτης περιοχής. Αυτός ο βασικός όρος δημιουργεί ουσιαστικό πρόβλημα στην έρευνα μικρής έκτασης περιοχών της τάξεως του ενός εκταρίου (10.000 m²). Ωστόσο, η γεωστατική μέθοδος Kriging δύναται να χρησιμοποιηθεί, εφόσον συλλεχθεί ένας ικανοποιητικός αριθμός δειγμάτων, ούτος ώστε να γίνει μία αξιόπιστη γεωστατιστική δομική ανάλυση χρησιμοποιώντας βαριογράμματα σε διαφορετικές διευθύνσεις. Η αξιοπιστία των εξαχθέντων γεωστατιστικών παραμέτρων πρέπει να επιβεβαιωθεί με σημειακό Kriging (Point Kriging). Το σημειακό Kriging είναι μία γεωστατιστική διαδικασία όπου οι πραγματικές τιμές των σημείων αφαιρούνται διαδοχικά και εκτιμώνται από τις γειτονικές τιμές, χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους που εξήχθησαν από το βαριόγραμμα. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά μεταξύ της υπολογισθείσας τιμής με τη μέθοδο Kriging της πραγματικής τιμής, δηλ., η υπολογισθείσα τιμή να πλησιάζει την πραγματική.

Η μέθοδος Kriging μπορεί συνεπώς να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό, όχι μόνο των συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων σε ενδιάμεσες θέσεις μέσα στην περιοχή έρευνας, αλλά επίσης και του τυπικού σφάλματος εκτίμησης Kriging, το οποίο είναι μία εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεων. Έτσι, το τυπικό σφάλμα εκτίμησης Kriging μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αβεβαιότητας της κάθε υπολογισμένης τιμής Kriging, η οποία δημιουργείται με σημειακό ή μπλοκ Kriging.

Η μέθοδος παρεμβολής Kriging, όπως και όλες οι άλλες μέθοδοι, στηρίζεται στη βασική αρχή, ότι τα κοντινότερα σημεία μοιάζουν πολύ περισσότερο από αυτά που είναι μακρύτερα. Το εμπειρικό ημιβαριόγραμμα εξακριβώνει ακριβώς αυτή τη σχέση. Τα ζεύγη των σημείων τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση θα πρέπει να έχουν μικρότερη διαφορά στις τιμές τους, από ότι αυτά που βρίσκονται μακριά. Αυτή η σχέση φαίνεται στο ημιβαριόγραμμα.

Προσαρμογή μοντέλου στο ημιβαριόγραμμα Αυτή επιτυγχάνεται με την προσαρμογή μία γραμμής η οποία προσαρμόζεται καλλίτερα μεταξύ των σημείων του εμπειρικού ημιβαριογράμματος (βλέπε εικόνα 4).

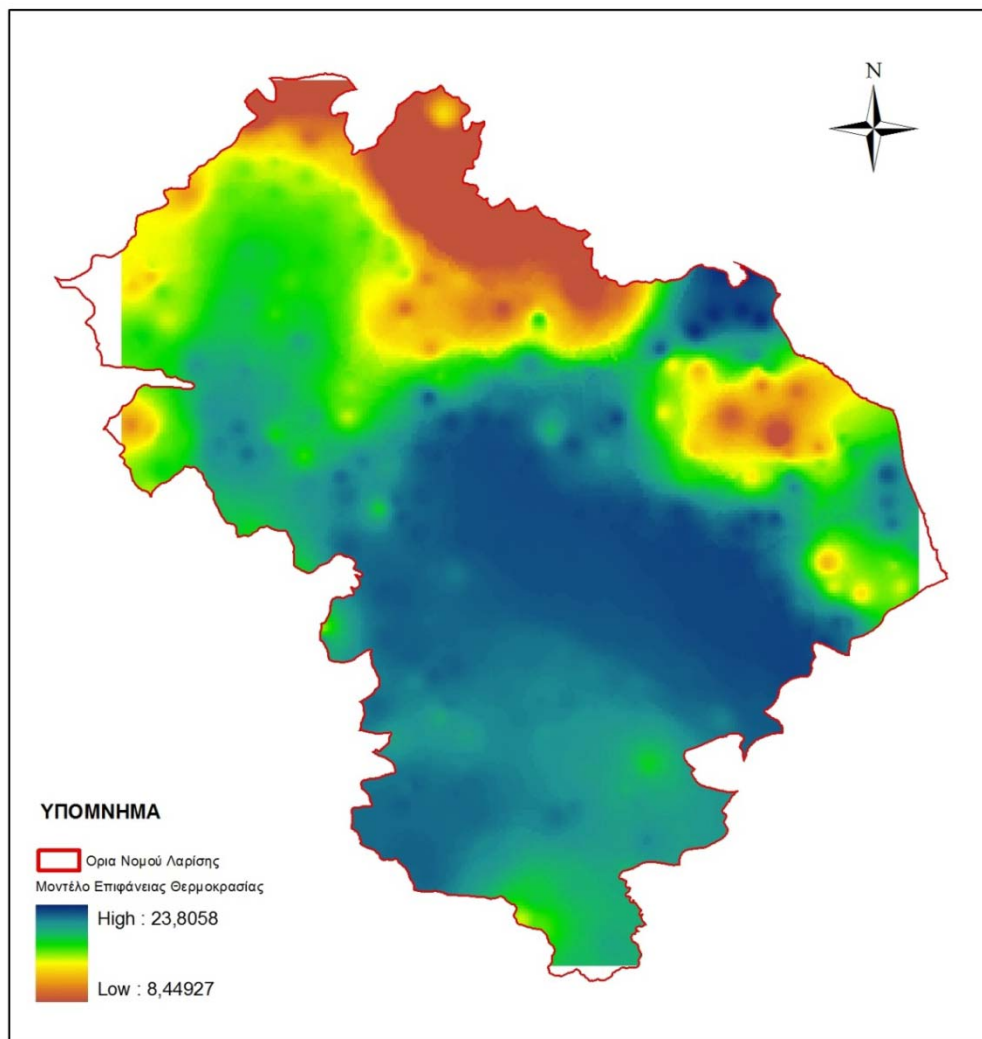


Εικόνα 4 Παράδειγμα προσαρμογής μοντέλου ημιβαριογράμματος

Η γραμμή αυτή θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η διαφορά της απόστασης κάθε σημείου από την ευθεία εις το τετράγωνο, να είναι η χαμηλότερη δυνατή. Η γραμμή αυτή θεωρείται ως ένα μοντέλο το οποίο ποσοτικοποιεί τη χωρική αυτοσυσχέτιση των δεδομένων μας. Στο παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η αυτόματη μοντελοποίηση του ημιβαριογράμματος, δεδομένου ότι η προσαρμογή χειρονακτικά είναι μία χρονοβόρος και επίπονη διαδικασία και η οποία απαιτεί εμπειρία. Επισημαίνεται, όμως, ότι οι έμπειροι γεωστατιστικοί προσαρμόζουν, ακόμη και σήμερα, την καμπύλη του ημιβαριογράμματος χειρονακτικά. Η μοντελοποίηση λαμβάνει σοβαρά υπόψη τα πιο σημαντικά τμήματα του ημιβαριογράμματος, που είναι στην αρχή και η καμπύλη πρέπει

να προσαρμοστεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια μέσω σημείων με μεγάλο αριθμό ζευγών δειγμάτων. Αν και η προσαρμογή της καμπύλης γίνεται υποκειμενικά, ο έμπειρος γεωστατιστικολόγος έχει τη δυνατότητα να κάνει πολύ καλή μοντελοποίηση.

Για τον υπολογισμό των μοντέλων της παρούσας διατριβής απαραίτητα πρέπει να μετατρέψουμε τα κλιματικά δεδομένα σε μοντέλα επιφάνειας με την μέθοδο που παρουσιάστηκε. Στην εικόνα 4 βλέπετε τα αποτελέσματα του μοντέλου Δημιουργίας επιφανειών για την μεταβλητή της θερμοκρασίας με την Μέθοδο Kriging, με τους δύο Μετεωρολογικούς Σταθμούς στο Νομό Λαρίσης.



Εικόνα 5 Υπολογισμός Μοντέλου Επιφάνειας Θερμοκρασίας με την μέθοδο Kriging

Για την διόρθωση της θερμοκρασίας κατά την αλλαγή υψόμετρου χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$T_i = T_0 + 1 + (H_0 - H_1) \times 0,006 \quad (6)$$

Όπου

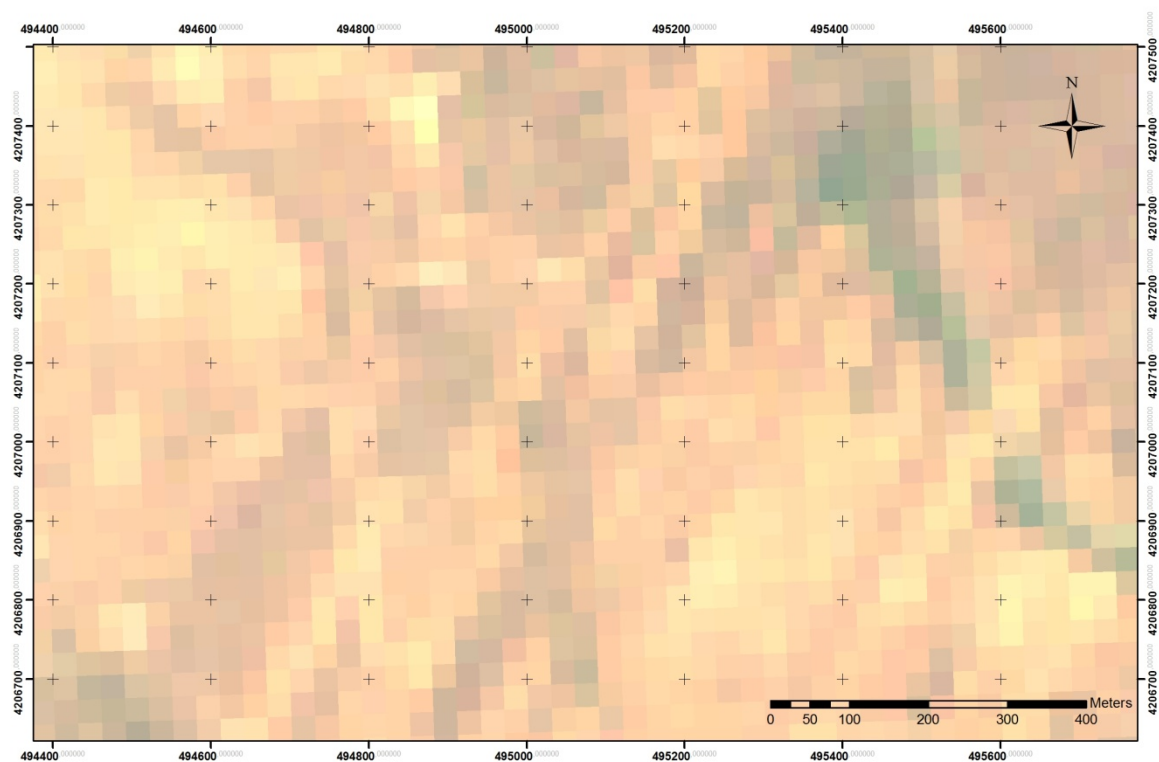
T_i είναι η θερμοκρασία του τυχαίου σημείου

T_0 είναι η θερμοκρασία του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού

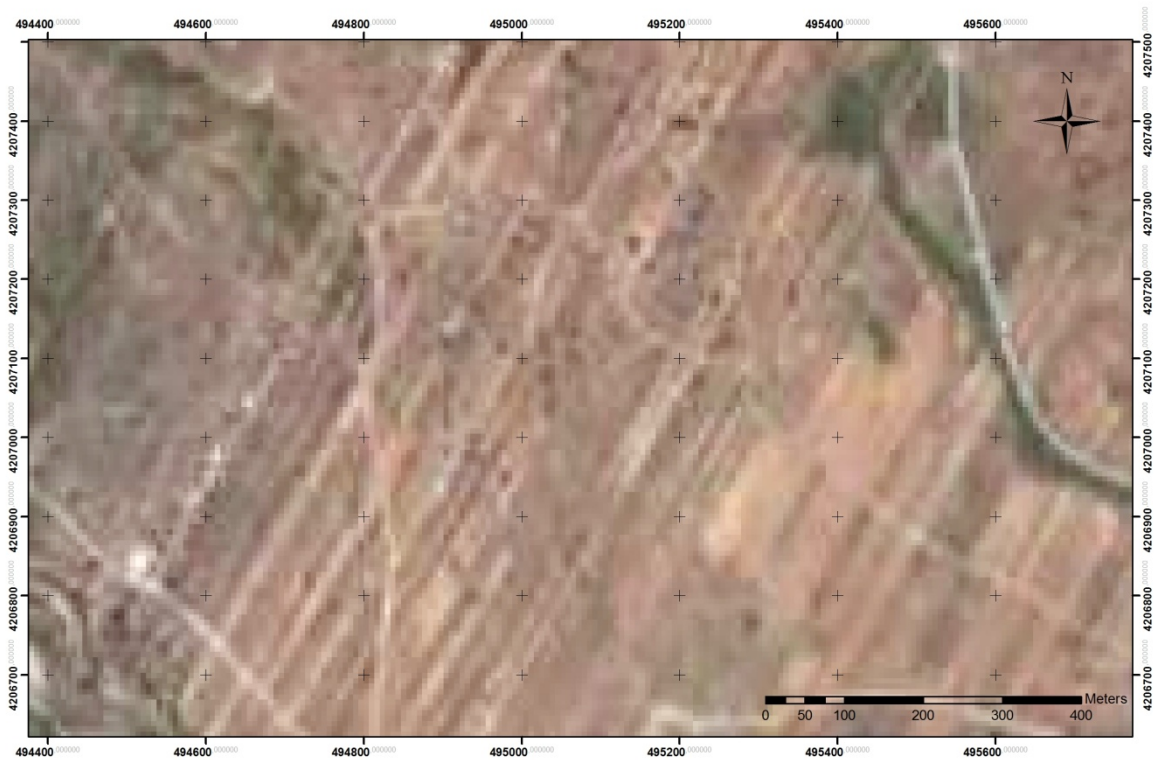
H_0 είναι το υψόμετρο του τυχαίου σημείου

H_1 είναι το υψόμετρο του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού

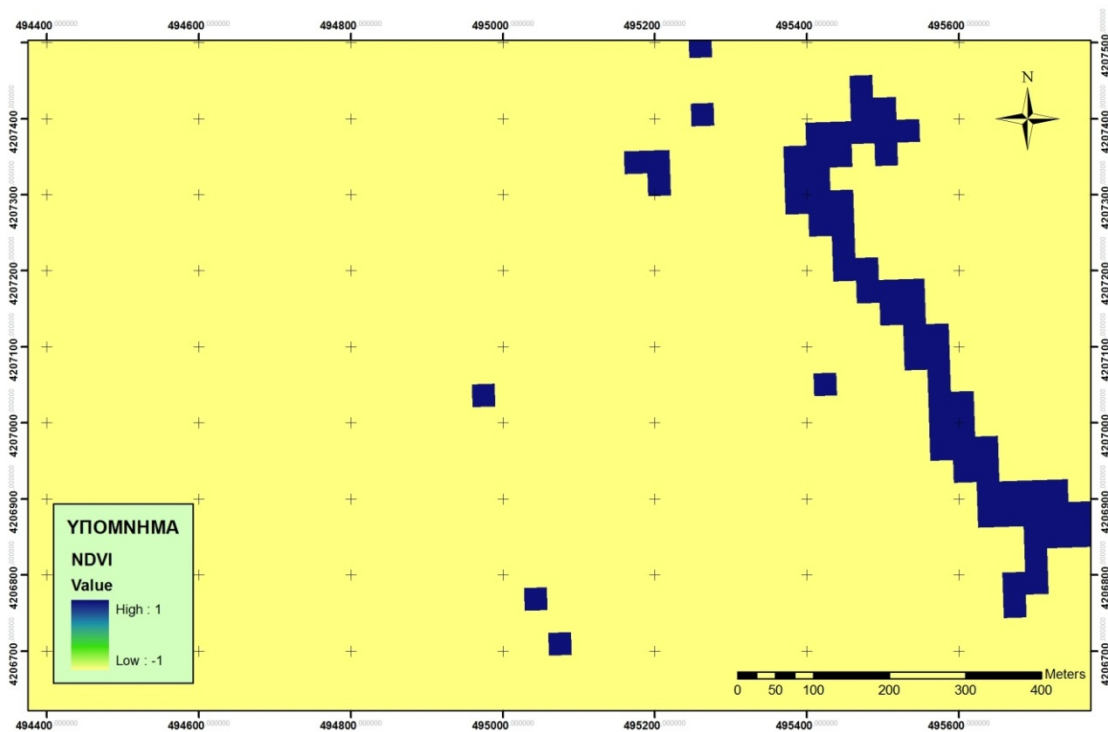
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ



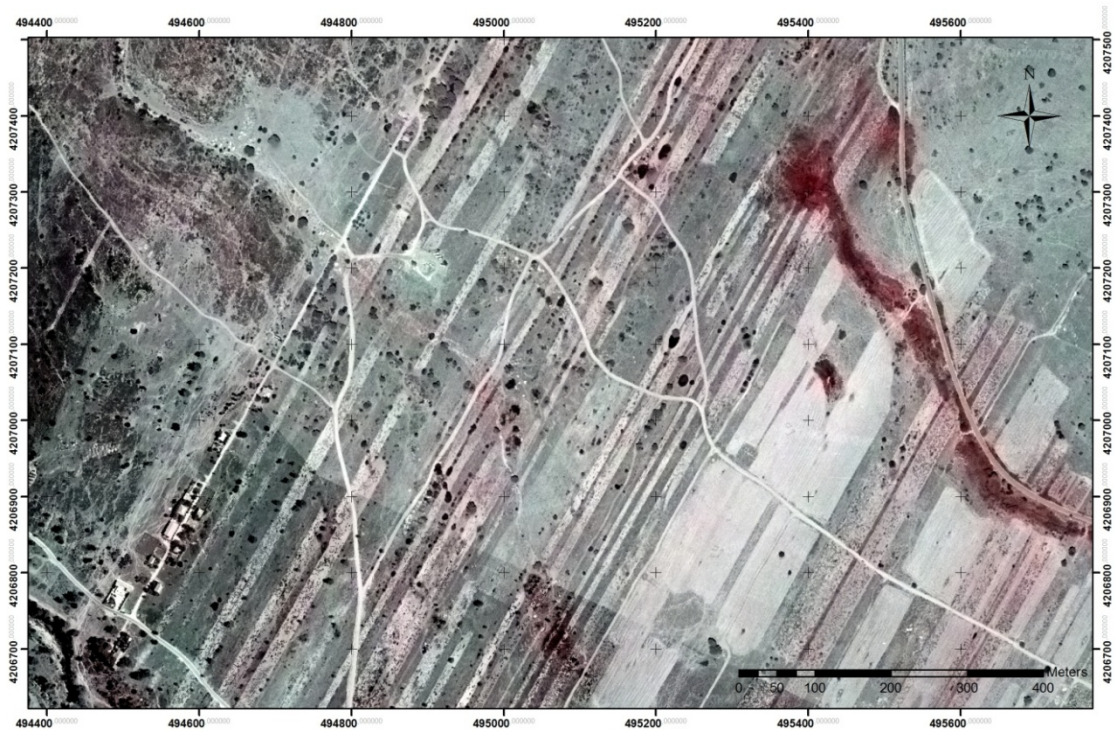
Εικόνα 6 Δορυφορική εικόνα 5-BAND, Landsat TM5 λήψης 21/6/2009 με μέγεθος εικονοστοιχείου 30m



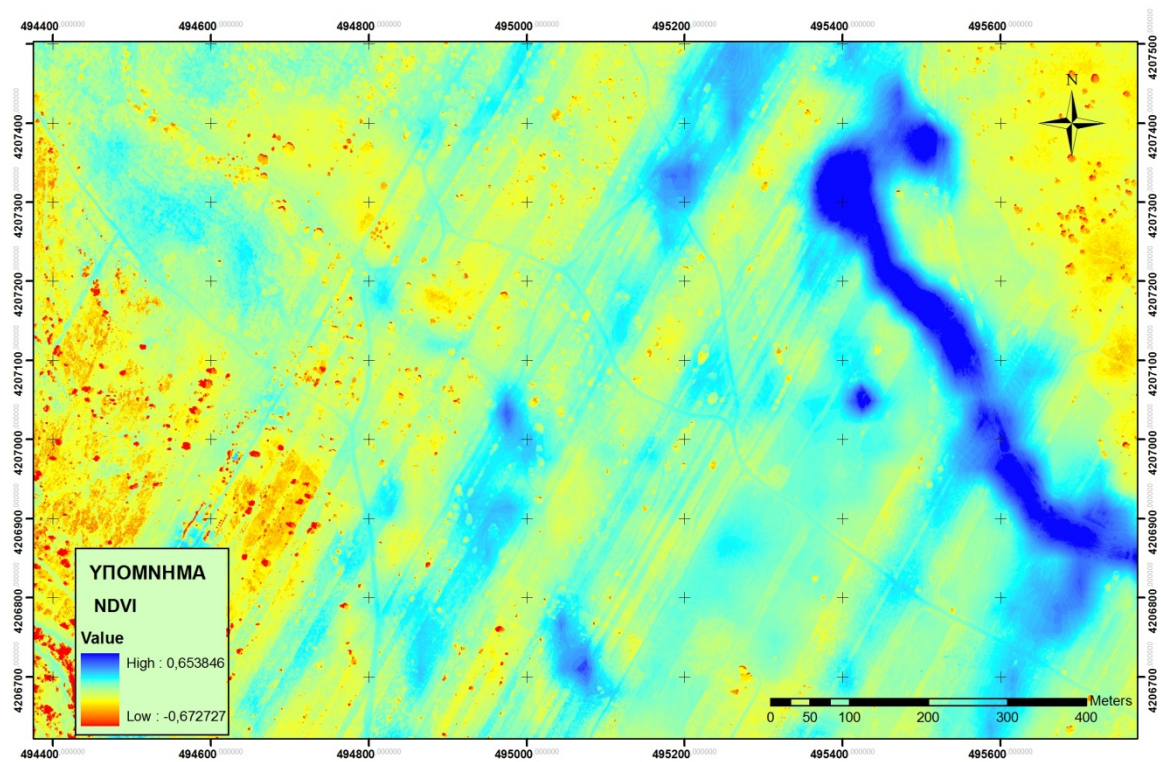
Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα 4-BAND, SPOT, λήψης 15/6/2009 με μέγεθος εικονοστοιχείου 1m



Εικόνα 8 Αποτελέσματα υπολογισμού δείκτη βλάστησης NDVI από τις μπάντες TM4-TM3 του δέκτη Landsat TM5 (μέγεθος εικονοστοιχείου 30μ)



Εικόνα 9 Ορθομωσαικό απο φωτοληψίες 30/6/2011 με 3-BAND δέκτη sony CCD 3/4 και αλληλεπίθεση κοντινού υπέρυθρου φάσματος TM-4 με τη μέθοδο PAN-Sharpned image (μέγεθος εικονοστοιχείου 0,23μ. /υψος πτήσης 200μ) προβολή καναλιών RGB 4-3-2



Εικόνα 10 Αποτελέσματα υπολογισμού δείκτη βλάστησης NDVI από τις μάντες TM4-TM3 του Ορθοφωσικού (μέγεθος εικονοστοιχείου 0,25μ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από τα συνοπτικά αποτελέσματα του πίνακα 2 και της εικόνας 3 βλέπουμε ότι η αντίστοιχη μετάφραση του μοντέλου σε σύστημα Γ.Σ.Π. υπερτερεί σημαντικά, αφού:

- Υπολογίζει με ακρίβεια την προσπίπτουσα και λανθάνουσα ακτινοβολία με μέγεθος εικονοστοιχείου την απαιτούμενη εξαγόμενη κλίμακα, καθώς και υπολογίζοντας της κλίσεις του εδάφους της μελετώμενης περιοχής.
- Αποτυπώνει χωρικά τα εξαγόμενα αποτελέσματα π.χ. σε μορφή χάρτη, φυτευτικού συνδέσμου, φατνία καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων κλπ. Καθιστώντας ευκολότερη την ερμηνεία τους.
- Ο προσδιορισμός των τιμών των κλιματικών δεδομένων δεν έγινε με την χρήση στατιστικής, ούτε τροφοδότησαν αυτούσια το μοντέλο μας, σε αντίθεση με την υφιστάμενη μέθοδο, τα κλιματικά δεδομένα προσδιορίστηκαν ξεχωριστά για κάθε φατνίο με τη μέθοδο Kriking, ελαχιστοποιώντας την απόκλιση.
- Απέδωσε τα αποτελέσματα από σημειακό επίπεδο σε μοντέλο επιφανείας καθιστώντας ικανό να υπολογισθούν πολύ περισσότερες των μια περιοχών τη φορά.
- Όπως παρατηρούμε στην εικόνα 3, Το σύστημα μας εξαίρεσε από τον παραγόμενο χάρτη τις μη καλλιεργούμενες εκτάσεις, αποκόποντας από τα αποτελέσματα όλες τις περιοχές με μηδενικό δείκτη βλάστησης. Έτσι καθιστά δυνατή την πολυκριτηριακή ανάλυση των αποτελεσμάτων σε αντίστροφη αναζήτηση κατάλληλης περιοχής καλλιέργειας.

5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο 4.2, παραθέτουμε δύο παραδείγματα δεκτών (Landsat 5, Spot) (εικόνες 6,7 αντίστοιχα), Τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για μελέτες περιβάλλοντος και Γεωργίας ακριβείας. Και οι δύο δέκτες δύναται να καταγράφουν την αντανάκλαση του ορατού φάσματος και του κοντινού υπέρυθρου φωτός, με ραδιομετρική ικανότητα τα 8bit και χωρική ανάλυση 30μ και 1μ/φατνίο αντίστοιχα.

Υπολογίζοντας τον δείκτη βλάστησης NDVI, από τα κανάλια του κόκκινου και του κοντινού υπέρυθρου, βλέπουμε ότι στην εικόνα 8 για τιμές -1 έως 1 μας γίνεται ορατή η έντονη βλάστηση της συστάδας πλατύφυλλων στα Ανατολικά της περιοχής, εξ αιτίας της χαμηλής χωρικής ανάλυσης.

Αντίθετα στην εικόνα 9 βλέπουμε το ορθογεωαναφερμένο μωσαϊκό που παράχθηκε από το μη επανδρωμένο αεροσκάφος. Η ανάλυση έπειτα από την ορθοαναγωγή δεν ξεπέρασε τα 0,25μ/ φατνίο με σημεία να έχουν καταγραφθεί με 0,05μ/φατνίο. Η υψηλή χωρική ανάλυση σε συνδυασμό με την υψηλή ραδιομετρική ικανότητα μας έδωσαν την δυνατότητα να έχουμε ακριβή αποτύπωση της βλάστησης της περιοχής μελέτης, όπως φαίνεται από τον αντίστοιχο υπολογισμό του NDVI στην εικόνα 10.

Στα αποτελέσματα πρέπει να προσθέσουμε:

- Την χαμηλή επαναληψιμότητα και διαθεσιμότητα των δορυφορικών εικόνων
- Το υψηλό κόστος κτήσης
- Την όχληση από τη νεφοσκεπή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πρωτογενή δεδομένα και τα προϊόντα που παράγονται απευθύνονται και χρησιμοποιούνται στους τομείς της πρωτογενούς παραγωγής (γεωργία, δασοπονία), των υπηρεσιών (σύνθετα ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας, κτηματογράφησης, καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών) και έρευνας (διαχείριση περιβάλλοντος, έλεγχος χλωρίδας και πανίδας), Αν και είναι προϊόν υψηλής τεχνολογίας, λόγω των πολλαπλών χρήσεων και της ευελιξίας ως πλατφόρμας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο σε πολλούς τομείς με ελάχιστες αλλαγές και χαμηλό κόστος.

Στον αγροτικό τομέα η ανάγκη για καταγραφή και πιστοποίηση της παραγωγής γίνεται όλο και πιο αναγκαία βάσει των επιταγών του FAO για τους στόχους της εκατονταετίας καθώς και της ευρωπαϊκής (και συνακολούθως της εθνικής) νομοθεσίας για την παραγωγή Επαρκών, Υγιεινών και Ασφαλών τροφίμων.

Με την συνεχή καταγραφή και μοντελοποίηση, δίνεται η δυνατότητα να αντιστρέψουμε την υπερλίπανση προς όφελος των υφιστάμενων καλλιεργειών τόσο σε ποιοτική αναβάθμιση των προϊόντων (αμπελουργία) όσο και σε ποσοτική (ΦΜΚ). Έτσι θα παρέχεται η δυνατότητα σε αγρότες να αξιοποιήσουν κάθε διαθέσιμο πόρο και να επανέλθουν στην ενεργό παραγωγή χωρίς την ανάγκη επιδοτήσεων και με αποτελέσματα σύμφωνα με τα τελευταία πρότυπα πιστοποίησης.

Τα δεδομένα που παράγει η πλατφόρμα μπορούν να αποτελέσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης, που για να τα αποκτήσει κάποιος στην αγορά αυτή τη στιγμή πρέπει να συνεργαστεί με 3-4 διαφορετικούς επιστήμονες-επαγγελματίες. Έτσι π.χ. ένας καλλιεργητής μπορεί να έχει σε ένα μόνο προϊόν, report ή χάρτη για τις ανάγκες της λίπανσης κάθε φυτού, για την πρόοδο και την προσδοκώμενη ποιότητα της παραγωγής, προτάσεις για την επίτευξη πιστοποιημένης παραγωγής και ποιότητας στα πλαίσια της GAP, τοπογραφικό διάγραμμα με συντεταγμένες συμβατές με το Εθνικό Κτηματολόγιο και άλλες δημόσιες υπηρεσίες.

Όλο και συχνότερα βιώνουμε την ανάγκη για μικρότερο κόστος παραγόμενης πληροφορίας. Το κόστος πτήσης είναι μηδαμινό και το μόνο που απαιτεί είναι την φυσική παρουσία του αεροσκάφους, σε αντίθεση με την αεροφωτογράφιση από επανδρωμένο αεροσκάφος που κοστίζει 1800 ευρώ/ ώρα πτήσης. Συγκριτικά δε με τις δορυφορικές

εικόνες, η παραγόμενη εικόνα είναι πολύ υψηλότερης ανάλυσης (π.χ. οι Landsat TM έχουν χωρική ανάλυση 30-120μ. και κοστίζουν 100 δολάρια), δεν υπάρχει ο φόβος της νεφοκάλυψης και μπορεί να επαναληφθεί οποιαδήποτε στιγμή (οι δορυφόροι έχουν συγκεκριμένες ημερομηνίες κάλυψης κάθε περιοχής, π.χ. ο Landsat TM καλύπτει την ίδια περιοχή κάθε 15 μέρες με 4 μήνες καθυστέρηση)

Χρησιμοποίηση λογισμικού ανοιχτού κώδικα. Η αποφυγή ακριβού λογισμικού σε όλα τα βήματα της καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων (αεροσκάφος, σταθμός εδάφους, post-processing) ρίχνει σημαντικά τα λειτουργικά κόστη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Almhab, A., Busu, I., 2008, “Estimation of Evapotranspiration with Modified SEBAL Model Using Landsat-TM and NOAA-AVHRR Images in Arid Mountains Area”, Modeling & Simulation, 2008. AICMS 08. Second Asia International Conference, 350 – 355
- 2 C.T. de Wit, 1968, “Plant Production” Kluwer Academic, Netherlands
- 3 Danalatos N.G. , Archontoulis S.V, 2004, “Potential growth and biomass productivity of kenaf (hibiscus cannabinus l.) under central greek conditions: ii. the influence of variety, sowing time and plant density, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy
- 4 Duncan J. Acheson, 1967, “Quality Control and Industrial Statistics.”, Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois
- 5 Goudriaan J., Van Laar, 1994, “Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises”, Kluwer Academic, Netherlands
- 6 Goudriaan J., 1977, “Crop micrometeorology: a simulation study. Simulation Monograph, Pudoc, Wageningen
- 7 Hideki Yoshimoto, Kazuhiro Jo, Koichi Hori, 2008, “Design of installation with interactive UAVs”, CE '08 Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology
- 8 Herwitz S.R., et al, 2004, “Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support”, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 44, Issue 1, 49–61
- 9 Johnson L.F., et al, 2001, “In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance.” Agronomy journal. vol. 93 (1), 131-138.
- 10 Johnson L.F., et al, 2003, “Collection of Ultra High Spatial and Spectral Resolution Image Data over California Vineyards with a Small UAV”, Proceedings, Int’l Symposium on Remote Sensing of Environment 2003
- 11 Paul J Pinter, et al, 2003, “Remote Sensing for Crop Management”, Photogrammetric Engineering Remote Sensing, vol. 69, issue 6, 647-664
- 12 Wit. C.T. De, F.W.T Penning de Vries, 1982, “l’analyse des systems de production primaire” In: F.W.T Penning de Vries, s.m.a. Djiteye, La productivite des paturayes suheliens. Pudoc, Wageningen
- 13 P. M. Driessen, N. T. Konijn, 1992, “Land-use systems analysis”, Wageningen Agricultural University, Wageningen
- 14 Xiaopeng Li, Jiabao Zhang, Jintao Liu, Jianli Liu, Anning Zhu, Fei Lv, Congzhi Zhang, 2011, “A modified checkbook irrigation method based on GIS-coupled model for regional irrigation scheduling”, IRRIGATION SCIENCE, Vol. 29, 2, 115-126
- 15 Νίκος Ανδρουλακάκης, Ηλίας Κοντάκος, Κωστής Κουτσόπουλος, 2010, Εισαγωγή στην Γεωστατιστική, Προχωρημένο τμήμα ΓΣΠ, Εγχειρίδιο Σεμιναρίου, τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων ΕΜΠ, Αθήνα
- 16 <http://www.geosciences.mines-paristech.fr/en/organization/presentation-of-the-group-2/georges-matheron>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ MAVlink

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ MAVlink

EEPROM variable name	Min	Max	Default	Multiplier	Enabled (0 = no, 1 = yes)	Comment
MAH			1			
CURRENT_ENABLE			1			
AOA			1			
MAG_ENABLE			1			
HDNG2RLL_P	0	5	0.7	1	1	NAV_ROLL_P - Navigation control gains. Tuning values for the navigation control PID loops. The P term is the primary tuning value. This determines how the control deflection varies in proportion to the required correction.
HDNG2RLL_I	0	1	0.01	1	1	NAV_ROLL_I - Navigation control gains. Tuning values for the navigation control PID loops. The I term is used to control drift.
HDNG2RLL_D	0	1	0.02	1	1	NAV_ROLL_D - Navigation control gains. Tuning values for the navigation control PID loops. The D term is used to control overshoot. Avoid adjusting this term if you are not familiar with tuning PID loops.
HDNG2RLL_IMAX	0	3000	500	100	1	NAV_ROLL_INT_MAX_CENTIDEGREE - In Degrees - Maximum control offset due to the integral. This prevents the control output from being overdriven due to a persistent offset (e.g. native flight AoA). If you find this value is insufficient consider adjusting the AOA parameter.
RLL2SRV_P	0	5	0.4	1	1	SERVO_ROLL_P - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The P term is the primary tuning value. This determines how the control deflection varies in proportion to the required correction.
RLL2SRV_I	0	1	0	1	1	SERVO_ROLL_I - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The I term is used to help control surfaces settle. This value should normally be kept low.
RLL2SRV_D	0	1	0	1	1	SERVO_ROLL_D - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The D term is used to control overshoot. Avoid using or adjusting this term if you are not familiar with tuning PID loops. It should normally be zero for most aircraft.
RLL2SRV_IMAX	0	3000	500	100	1	SERVO_ROLL_INT_MAX_CENTIDEGREE -

						In Degrees - Maximum control offset due to the integral. This prevents the control output from being overdriven due to a persistent offset (e.g. crosstracking). Default is 5 degrees.
PTCH2SRV_P	0	5	0.6	1	1	SERVO_PITCH_P - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The P term is the primary tuning value. This determines how the control deflection varies in proportion to the required correction.
PTCH2SRV_I	0	1	0	1	1	SERVO_PITCH_I - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The I term is used to help control surfaces settle. This value should normally be kept low.
PTCH2SRV_D	0	1	0	1	1	SERVO_PITCH_D - Attitude control gains - Tuning values for the attitude control PID loops. The D term is used to control overshoot. Avoid using or adjusting this term if you are not familiar with tuning PID loops. It should normally be zero for most aircraft.
PTCH2SRV_IMAX	0	3000	500	100	1	SERVO_PITCH_INT_MAX_CENTIDEGREE - In Degrees - Maximum control offset due to the integral. This prevents the control output from being overdriven due to a persistent offset (e.g. crosstracking). Default is 5 degrees.
ARSPD2PTCH_P	0	5	0.65	1	1	NAV_PITCH_ASP_P - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain airspeed.
ARSPD2PTCH_I	0	1	0	1	1	NAV_PITCH_ASP_I - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain airspeed.
ARSPD2PTCH_D	0	1	0	1	1	NAV_PITCH_ASP_D - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain airspeed.
ARSPD2PTCH_IMA	0	3000	500	100	1	NAV_PITCH_ASP_INT_MAX_CMSEC - In Degrees - Maximum pitch offset due to the integral. This limits the control output from being overdriven due to a persistent offset (eg. inability to maintain the programmed airspeed).
YW2SRV_P	0	5	0	1	1	SERVO_YAW_P - P, I and D terms for the YAW control. Note units of this control loop are unusual. PID input is in m/s ²
YW2SRV_I	0	1	0	1	1	SERVO_YAW_I - P, I and D terms for the YAW control. Note units of this control loop are unusual. PID input is in m/s ²
YW2SRV_D	0	1	0	1	1	SERVO_YAW_D - P, I and D terms for the YAW control. Note units of this control loop are unusual. PID input is in m/s ²
YW2SRV_IMAX	0	3000	0	100	1	SERVO_YAW_INT_MAX - Maximum control offset due to the integral. This prevents the control output from being overdriven due to a persistent offset (e.g. crosstracking).
ENRGY2THR_P	0	5	0.5	1	1	THROTTLE_TE_P - P, I and D terms for throttle adjustments made to control altitude.

ENRGY2THR_I	0	1	0	1	1	THROTTLE_TE_I - P, I and D terms for throttle adjustments made to control altitude.
ENRGY2THR_D	0	1	0	1	1	THROTTLE_TE_D - P, I and D terms for throttle adjustments made to control altitude.
ENRGY2THR_IMAX	0	100	20	1	1	THROTTLE_TE_INT_MAX - In Percent - Maximum throttle input due to the integral term. This limits the throttle from being overdriven due to a persistent offset (e.g. inability to maintain the programmed altitude).
ALT2PTCH_P	0	5	0.65	1	1	NAV_PITCH_ALT_P - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain altitude.
ALT2PTCH_I	0	1	0	1	1	NAV_PITCH_ALT_I - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain altitude.
ALT2PTCH_D	0	1	0	1	1	NAV_PITCH_ALT_D - P, I and D terms for pitch adjustments made to maintain altitude.
ALT2PTCH_IMAX	0	3000	500	100	1	NAV_PITCH_ALT_INT_MAX_CM - In Meters - Maximum pitch offset due to the integral. This limits the control output from being overdriven due to a persistent offset (eg. inability to maintain the programmed altitude).
KFF_PTCHCOMP	-3	3	0.2	0.01	1	PITCH_COMP - In Percent - Adds pitch input to compensate for the loss of lift due to roll control.
KFF_RDDRMIX	-3	3	0.5	0.01	1	RUDDER_MIX - Roll to yaw mixing. This allows for co-ordinated turns.
KFF_PTCH2THR	-3	3	0	1	1	P_TO_T - Pitch to throttle feed-forward gain.
KFF_THR2PTCH	-3	3	0	1	1	T_TO_P - Throttle to pitch feed-forward gain.
XTRK_GAIN_SC	0	100	100	100	1	XTRACK_GAIN_SCALED - Default value is 1.0 degrees per metre. Values lower than 0.001 will disable crosstrack compensation.
ALT_MIX	0	1	1	0.01	1	ALTITUDE_MIX - In Percent - Configures the blend between GPS and pressure altitude. 0 = GPS altitude, 1 = Press alt, 0.5 = half and half, etc.
ARSPD_RATIO	0	5	1.9936	1	1	AIRSPEED_RATIO - Adjust AIRSPEED_RATIO in small increments to calibrate the airspeed sensor relative to your GPS. The calculation and default value are optimized for speeds around 12 m/s
WP_RADIUS	0	200	30	1	1	WP_RADIUS_DEFAULT - When the user performs a factory reset on the APM, sets the waypoint radius (the radius from a target waypoint within which the APM will consider itself to have arrived at the waypoint) to this value in meters. This is mainly intended to allow users to start using the APM without programming a mission first.

WP_LOITER_RAD	0	200	60	1	1	LOITER_RADIUS_DEFAULT - When the user performs a factory reset on the APM, sets the loiter radius (the distance the APM will attempt to maintain from a waypoint while loitering) to this value in meters. This is mainly intended to allow users to start using the APM without programming a mission first.
ARSPD_FBW_MIN	5	50	6	1	1	AIRSPEED_FBW_MIN - In m/s - Airspeed corresponding to minimum and maximum throttle in Fly By Wire B mode.
ARSPD_FBW_MAX	5	50	22	1	1	AIRSPEED_FBW_MAX - In m/s - Airspeed corresponding to minimum and maximum throttle in Fly By Wire B mode. AIRSPEED_FBW_MAX also sets the maximum airspeed that the cruise airspeed can be "nudged" to in AUTO mode when ENABLE_STICK_MIXING is set. In AUTO the cruise airspeed can be increased between AIRSPEED_CRUISE and AIRSPEED_FBW_MAX by positioning the throttle stick in the top 1/2 of its range. Throttle stick in the bottom 1/2 provide regular AUTO control.
THR_MIN	0	100	0	1	1	THROTTLE_MIN - The minimum throttle setting to which the autopilot will reduce the throttle while descending. The default is zero, which is suitable for aircraft with a steady power-off glide. Increase this value if your aircraft needs throttle to maintain a stable descent in level flight.
THR_MAX	0	100	75	1	1	THROTTLE_MAX - The maximum throttle setting the autopilot will apply. The default is 75%. Reduce this value if your aircraft is overpowered or has complex flight characteristics at high throttle settings.
THR_FAILSAFE	0	0	1			THROTTLE_FAILSAFE - The throttle failsafe allows you to configure a software failsafe activated by a setting on the throttle input channel (channel 3). This can be used to achieve a failsafe override on loss of radio control without having to sacrifice one of your FLIGHT_MODE settings as the throttle failsafe overrides the switch-selected mode. Throttle failsafe is enabled by setting THROTTLE_FAILSAFE to 1.
THR_FS_ACTION	0	2	1	1		THROTTLE_FAILSAFE_ACTION - The FAILSAFE_ACTION setting determines what APM will do when throttle failsafe mode is entered while flying in AUTO mode. This is important in order to avoid accidental failsafe behaviour when flying waypoints that take the aircraft temporarily out of radio range. If FAILSAFE_ACTION is 1 when failsafe is entered in AUTO or LOITER modes the aircraft will head for home in RTL mode. If the throttle channel moves back up it will return to AUTO or LOITER mode. The default behavior is to ignore throttle failsafe in AUTO and LOITER modes.
TRIM_THROTTLE	0	90	45	1	1	THROTTLE_CRUISE - In Percent - The approximate throttle setting to achieve AIRSPEED_CRUISE in level flight. The default

						is 45% which is reasonable for a modestly powered aircraft.
TRIM_AUTO	0	1	1	1	1	AUTO_TRIM - ArduPilot Mega can update its trim settings by looking at the radio inputs when switching out of MANUAL mode. This allows you to manually trim your aircraft before switching to an assisted mode but it also means that you should avoid switching out of MANUAL while you have any control stick deflection.
FLTMODE_CH	5	8	8	1	1	FLIGHT_MODE_CHANNEL - Flight modes assigned to the control channel, and the input channel that is read for the control mode. Use a servo tester or the ArduPilotMega_demo test program to check your switch settings. ATTENTION: Some ArduPilot Mega boards have radio channels marked 0-7 and others have them marked the standard 1-8. The FLIGHT_MODE_CHANNEL option uses channel numbers 1-8 (and defaults to 8). If you only have a three-position switch or just want three modes set your switch to produce 1165, 1425, and 1815 microseconds and configure FLIGHT_MODE 1 & 2, 3 & 4 and 5 & 6 to be the same. This is the default. If you have FLIGHT_MODE_CHANNEL set to 8 (the default) and your control channel connected to input channel 8, the hardware failsafe mode will activate for any control input over 1750ms.
FLIGHT_MODE_1	0	14	11	1		FLIGHT_MODE_1 - The following standard flight modes are available: MANUAL = Full manual control via the hardware multiplexer. STABILIZE = Tries to maintain level flight but can be overridden with radio control inputs. FLY_BY_WIRE_A = Autopilot style control via user input with manual throttle. FLY_BY_WIRE_B = Autopilot style control via user input, aispd controlled with throttle. RTL = Returns to the Home location and then LOITERS at a safe altitude. AUTO = Autonomous flight based on programmed waypoints.
FLIGHT_MODE_2	0	14	11	1		FLIGHT_MODE_2
FLIGHT_MODE_3	0	14	5	1		FLIGHT_MODE_3
FLIGHT_MODE_4	0	14	5	1		FLIGHT_MODE_4
FLIGHT_MODE_5	0	14	0	1		FLIGHT_MODE_5
FLIGHT_MODE_6	0	14	0	1		FLIGHT_MODE_6
RC1_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_RC1_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC1_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_RC1_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the

						upper limit
RC1_TRIM	900	2100	1200	1	1	PWM_RC1_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC2_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_RC2_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC2_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_RC2_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC2_TRIM	900	2100	1200	1	1	PWM_RC2_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC3_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_RC3_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC3_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_RC3_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC3_TRIM	900	2100	1500	1	1	PWM_RC3_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC4_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_RC4_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC4_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_RC4_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC4_TRIM	900	2100	1200	1	1	PWM_RC4_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC5_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_CH5_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the

						lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC5_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_CH5_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC5_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_CH5_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC5_TRIM	900	2100	1500	1	1	PWM_CH5_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC6_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_CH6_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC6_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_CH6_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC6_TRIM	900	2100	1500	1	1	PWM_CH6_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC7_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_CH7_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC7_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_CH7_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC7_TRIM	900	2100	1500	1	1	PWM_CH7_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC8_MIN	900	2100	1500	1	1	PWM_CH8_MIN - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC8_MAX	900	2100	1500	1	1	PWM_CH8_MAX - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width

						modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
RC8_TRIM	900	2100	1500	1	1	PWM_CH8_TRIM - Radio Settings - all radio settings represent the period of the pulse width modulated signal. Typically 1000 ms is the lower limit, 1500 is neutral, and 2000 is the upper limit
IMU_OFFSET_0	0	0	0			IMU_OFFSET_0 - IMU Calibration
IMU_OFFSET_1	0	0	0			IMU_OFFSET_1 - IMU Calibration
IMU_OFFSET_2	0	0	0			IMU_OFFSET_2 - IMU Calibration
IMU_OFFSET_3	0	0	0			IMU_OFFSET_3 - IMU Calibration
IMU_OFFSET_4	0	0	0			IMU_OFFSET_4 - IMU Calibration
IMU_OFFSET_5	0	0	0			IMU_OFFSET_5 - IMU Calibration
YAW_MODE			0			YAW_MODE
WP_MODE			0			WP_MODE
WP_TOTAL	0	255		0		WP_TOTAL
WP_INDEX	0	255		0		WP_INDEX
CONFIG			1			CONFIG_OPTIONS
SWITCH_ENABLE	0	1	1	1	1	REVERS_SWITCH_ENABLE - 0 = Off, 1 = On, Enables/Disables physical reverse switches on APM board
FIRMWARE_VER			0			FIRMWARE_VER
LOG_BITMASK	0	65535	334	1	1	LOG_BITMASK
TRIM_ELEVON	900	2100	1500	1	1	TRIM_ELEVON
THR_FS_VALUE	850	1000	950	1	1	THROTTLE_FS_VALUE - If the throttle failsafe is enabled, THROTTLE_FS_VALUE sets the channel value below which the failsafe engages. The default is 975ms, which is a very low throttle setting. Most transmitters will let you trim the manual throttle position up so that you cannot engage the failsafe with a regular stick movement. Configure your receiver's failsafe setting for the throttle channel to the absolute minimum, and use the ArduPilotMega_demo program to check that you cannot reach that value with the throttle control. Leave a margin of at least 50 microseconds between the lowest throttle setting and THROTTLE_FS_VALUE.
TRIM_ARSPD_CM	500	5000	1200	100	1	AIRSPPEED_CRUISE_CM - The speed in metres

						per second to maintain during cruise. The default is 10m/s, which is a conservative value suitable for relatively small, light aircraft.
GND_TEMP	-10	50	28	1	1	GND_TEMP - Ground Temperature
AP_OFFSET			0			AP_OFFSET
TRIM_PITCH_CD			0			TRIM_PITCH_CD
ALT_HOLD_RTL	0	20000	10000	100	1	ALT_HOLD_HOME_CM - When the user performs a factory reset on the APM. Sets the flag for whether the current altitude or ALT_HOLD_HOME altitude should be used for Return To Launch. Also sets the value of USE_CURRENT_ALT in meters. This is mainly intended to allow users to start using the APM without programming a mission first.
XTRK_ANGLE_CD	0	6000	3000	100	1	XTRACK_ENTRY_ANGLE_CENTIDEGREE - Maximum angle used to correct for track following.
ROLL_SRV_MAX	0	100	4500	100	0	ROLL_SERVO_MAX_CENTIDEGREE
PITCH_SRV_MAX	0	100	4500	100	0	PITCH_SERVO_MAX_CENTIDEGREE
RUDER_SRV_MAX	0	100	4500	100	0	RUDDER_SERVO_MAX_CENTIDEGREE
LIM_ROLL_CD	0	6000	4500	100	1	HEAD_MAX_CENTIDEGREE - The maximum commanded bank angle in either direction. The default is 45 degrees. Decrease this value if your aircraft is not stable or has difficulty maintaining altitude in a steep bank.
LIM_PITCH_MAX	0	6000	1500	100	1	PITCH_MAX_CENTIDEGREE - The maximum commanded pitch up angle. The default is 15 degrees. Care should be taken not to set this value too large, as the aircraft may stall
LIM_PITCH_MIN	-6000	0	-2500	100	1	PITCH_MIN_CENTIDEGREE - The maximum commanded pitch down angle. Note that this value must be negative. The default is -25 degrees. Care should be taken not to set this value too large as it may result in overspeeding the aircraft.
GND_ALT_CM	0	500000	0	100	1	GND_ALT_CM
GND_ABS_PRESS			0			GND_ABS_PRESS
COMPASS_DEC	-1.57075	1.57075	0	1		COMPASS_DEC - Compass Declination
SR0_EXT_STAT	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable GPS_STATUS, CONTROL_STATUS, AUX_STATUS
SR0_EXTRA1	0	50	10	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable MSG_ATTITUDE

SR0_EXTRA2	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable MSG_VFR_HUD
SR0_EXTRA3	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Not currently used
SR0_POSITION	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable LOCAL_POSITION, GLOBAL_POSITION/GLOBAL_POSITION_I NT messages
SR0_RAW_CTRL	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable ATTITUDE_CONTROLLER_OUTPUT, POSITION_CONTROLLER_OUTPUT, NAV_CONTROLLER_OUTPUT
SR0_RAW_SENS	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable IMU_RAW, GPS_RAW, GPS_STATUS packets
SR0_RC_CHAN	0	50	3	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 0 - Enable RC_CHANNELS_SCALED, RC_CHANNELS_RAW, SERVO_OUTPUT_RAW
SR3_EXT_STAT	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable GPS_STATUS, CONTROL_STATUS, AUX_STATUS
SR3_EXTRA1	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable MSG_ATTITUDE
SR3_EXTRA2	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable MSG_VFR_HUD
SR3_EXTRA3	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Not currently used
SR3_POSITION	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable LOCAL_POSITION, GLOBAL_POSITION/GLOBAL_POSITION_I NT messages
SR3_RAW_CTRL	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable ATTITUDE_CONTROLLER_OUTPUT, POSITION_CONTROLLER_OUTPUT, NAV_CONTROLLER_OUTPUT
SR3_RAW_SENS	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable IMU_RAW, GPS_RAW, GPS_STATUS packets
SR3_RC_CHAN	0	50	0	1	1	TELEMETRY_ENABLE Port 3 - Enable RC_CHANNELS_SCALED, RC_CHANNELS_RAW, SERVO_OUTPUT_RAW
MAG_ENABLE	0	1	0	1	1	MAG_ENABLE - 0 = Off, 1 = On, Magnetometer Enable
ARSPD_ENABLE	0	1	0	1	1	AIRSPEED_ENABLE - 0 = Off, 1 = On,

						Airspeed Sensor Enable
BATT_CAPACITY	0	10000	1760	1	1	BATTERY_MAH - Battery capacity in mAh
BATT_MONITOR	0	4	0	1	1	BATTERY_MONITOR - The value should be set to 0 to disable battery monitoring, 1 to measure cell voltages for a 3 cell lipo, 2 to measure cell voltages for a 4 cell lipo, 3 to measure the total battery voltage (only) on input 1, or 4 to measure total battery voltage on input 1 and current on input 2.
FS_GCS_ENABL	0	1	0	1	1	FS_GCS_ENABLE - 0 = Off, 1 = On, If the GCS heartbeat is lost for 20 seconds, the plane will Return to Launch
FS_LONG_ACTN	0	1	0	1	1	FS_LONG_ACTION - 0 = Off, 1 = On, If heartbeat is lost for 20 srconds, the plane will Return to Launch
FS_SHORT_ACTN	0	1	0	1	1	FS_SHORT_ACTION - 0 = Off, 1 = On, If heartbeat is lost for 1.5 seconds, the plane will circle until heartbeat is found again or 20 seconds has passed
SYSID_MYGCS	0	255	255	1	1	SYSID_MYGCS - The system ID of the GCS
SYSID_THISMAV	0	255	1	1	1	SYSID_THISMAV - The system ID of the MAVlink vehicle
AOA			0			
ACR_PIT_D			1			Αναμένεται
ACR_PIT_I			1			Αναμένεται
ACR_PIT_IMAX			1			Αναμένεται
ACR_PIT_P			1			Αναμένεται
ACR_RLL_D			1			Αναμένεται
ACR_RLL_I			1			Αναμένεται
ACR_RLL_IMAX			1			Αναμένεται
ACR_RLL_P			1			Αναμένεται
ACR_YAW_D			1			Αναμένεται
ACR_YAW_I			1			Αναμένεται
ACR_YAW_IMAX			1			Αναμένεται
ACR_YAW_P			1			Αναμένεται
ESC			1			ESC_CALIBRATE_MODE

FRAME			1			FRAME_ORIENTATION
LOITER_RADIUS			1			Αναμένεται
NAV_LAT_D			1			Αναμένεται
NAV_LAT_I			1			Αναμένεται
NAV_LAT_IMAX			1			Αναμένεται
NAV_LAT_P			1			Αναμένεται
NAV_LON_D			1			Αναμένεται
NAV_LON_I			1			Αναμένεται
NAV_LON_IMAX			1			Αναμένεται
NAV_LON_P			1			Αναμένεται
NAV_WP_D			1			Αναμένεται
NAV_WP_I			1			Αναμένεται
NAV_WP_IMAX			1			Αναμένεται
NAV_WP_P			1			Αναμένεται
PITCH_MAX			1			Αναμένεται
SONAR_ENABLE	0	1	0	1	1	SONAR_ENABLE - 0 = Off, 1 = On, Sonar Enable
STB_PIT_D			1			Αναμένεται
STB_PIT_I			1			Αναμένεται
STB_PIT_IMAX			1			Αναμένεται
STB_PIT_P			1			Αναμένεται
STB_RLL_D			1			Αναμένεται
STB_RLL_I			1			Αναμένεται
STB_RLL_IMAX			1			Αναμένεται
STB_RLL_P			1			Αναμένεται
STB_YAW_D			1			Αναμένεται
STB_YAW_I			1			Αναμένεται

STB_YAW_IMAX			1			Αναμένεται
STB_YAW_P			1			Αναμένεται
THR_BAR_D			1			Αναμένεται
THR_BAR_I			1			Αναμένεται
THR_BAR_IMAX			1			Αναμένεται
THR_BAR_P			1			Αναμένεται
THR_SON_D			1			Αναμένεται
THR_SON_I			1			Αναμένεται
THR_SON_IMAX			1			Αναμένεται
THR_SON_P			1			Αναμένεται
WP_MODE			1			Αναμένεται
WP_MUST_INDEX			1			Αναμένεται
XTRACK_ANGLE			1			Αναμένεται
XTRK_GAIN			1			Αναμένεται
ARSPD_OFFSET			0			Αναμένεται
ELEVON_CH1_REV	0	1	0	1	1	ELEVON_CHANNEL1_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
ELEVON_CH2_REV	0	1	0	1	1	ELEVON_CHANNEL2_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
ELEVON_MIXING	0	1	0	1	1	ELEVON_MIXING - 0 = Disabled, 1 = Enabled
ELEVON_REVERSE	0	1	0	1	1	ELEVON_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
INVERTEDFLT_CH	0	8	0	1	1	INVERTED_FLIGHT_CHANNEL - Channel to select inverted flight mode, 0 = Disabled
RC1_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL1_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC2_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL2_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches

RC3_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL3_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC4_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL4_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC5_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL5_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC6_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL6_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC7_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL7_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
RC8_REV	0	1	1	1	1	RC_CHANNEL8_REVERSE - Channel Reversing (Future use on APM board 2.0) - Does not override dip switches
SYSID_SW_MREV			0			Αναμένεται
SYSID_SW_TYPE			0			Αναμένεται
THR_SLEWRATE	0	100	0	1	1	THROTTLE_SLEW_RATE - 0 = Disabled, otherwise it limits throttle movement rate. Units are % per second. This is a test feature and may go away.
FLTMODE1	0	20	1	1		FLIGHT_MODE_1 - Mode switch setting 1 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 - Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL
FLTMODE2	0	20	1	1		FLIGHT_MODE_2 - Mode switch setting 2 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 - Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL
FLTMODE3	0	20	1	1		FLIGHT_MODE_3 - Mode switch setting 3 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 - Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL
FLTMODE4	0	20	1	1		FLIGHT_MODE_4 - Mode switch setting 4 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 - Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL

FLTMODE5	0	20	1	1	FLIGHT_MODE_5 - Mode switch setting 5 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 = Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL
FLTMODE6	0	20	1	1	FLIGHT_MODE_6 - Mode switch setting 6 - APM: 0 = Manual, 2 = Stabilize, 5 = Fly-By-Wire-A, 6 = Fly-By-Wire-B, 7 = Fly-By-Wire-C, 10 = Auto - Mission, 11 = RTL, 12 = Loiter, 13 = Take-off, 14 = Land, 15= Guided; ACM2: 0 = Stabilize, 2 = Acro, 3 = Simple, 4 = Auto, 5 = Guided, 6 = Loiter, 7 = RTL