



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΕΡΓΟ ΑΠΘ: ΘΑΛΗΣ 85492



Χαρτογράφηση βλάστησης και εκτίμηση βιομάζας με σύγχρονες μεθόδους Τηλεπισκόπησης στο πλαίσιο της σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή και του Πρωτοκόλλου του Κιότο

## Παραδοτέο 4.α

*Τίτλος Τεχνικής Έκθεσης:*

**Χαρτογράφηση πυκνότητας βλάστησης  
με την ανάλυση αεροφωτογραφιών  
(χρήση υποβάθρου ορθοφωτογραφιών Κτηματολογίου)**



Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2014

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ**

Δρ. Ιωάννης Γήτας, Αναπλ. Καθηγητής Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος  
Α.Π.Θ.

Τηλ: 2310992699

E-mail: [igitas@for.auth.gr](mailto:igitas@for.auth.gr)

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ**

Δρ. Μαρία Τσακίρη-Στρατή, Καθηγήτρια Τμήματος Αγρονόμων & Τοπογράφων  
Μηχανικών, Α.Π.Θ.

**ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Δρ. Μαρία Τσακίρη-Στρατή

Δρ. Ιωάννης Γήτας

Δρ. Βασιλεία Καραθανάση

Δρ. Δημήτριος Καϊμάρης

Δρ. Χαράλαμπος Γεωργιάδης

Δρ. Χρήστος Καρυδάς

Δρ. Γεωργία Δοξάνη

Υποψ. Δρ. Παναγιώτα Στουρνάρα

Υποψ. Δρ. Σοφία Σιάχαλου

## 1. Εισαγωγή

Αεροφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν πρώτη φορά το 1870 για στρατιωτικούς σκοπούς και για τη σύνταξη τοπογραφικών χαρτών. Ακόμα και σήμερα αποτελούν ένα από τα απαραίτητα μέσα έρευνας για την χαρτογράφηση της κάλυψης γης, προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες για το είδος των εδαφών, τη μορφολογία του ανάγλυφου, το είδος και την πυκνότητα της βλάστησης κ.α.

Οι αεροφωτογραφίες διακρίνονται σε κατακόρυφες και σε κεκλιμένες. Στις κατακόρυφες ο άξονας λήψης (η γραμμή που συνδέει το σημείο λήψης με το κύριο σημείο της φωτογραφίας) είναι κατακόρυφος, ενώ στις κεκλιμένες σχηματίζει γωνία με την κατακόρυφο. Στις κατακόρυφες αεροφωτογραφίες, η μορφολογία της περιοχής δεν διακρίνεται εύκολα με γυμνό μάτι. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών με την οποία επιτυγχάνεται η αντίληψη της τρίτης διάστασης των αντικείμενων και η θέση τους στο χώρο. Στις κεκλιμένες αεροφωτογραφίες, η μορφολογία της περιοχής φαίνεται όπως τη βλέπει ένας παρατηρητής που βρίσκεται στο έδαφος. Η ανάλυση της κεκλιμένης αεροφωτογραφίας είναι πιο φυσική στον άνθρωπο ο οποίος έχει κυρίως πλάγια αντίληψη της επιφάνειας της γης.

Οι αεροφωτογραφίες μπορεί να είναι είτε ασπρόμαυρες (black and white ή panchromatic στη διεθνή βιβλιογραφία) ή έγχρωμες περιέχοντας φασματική πληροφορία στο ορατό, τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, γνωστό ως RGB (red-green-blue). Στην ασπρόμαυρη φωτογραφία όλα τα χρώματα είναι τόνοι του γκρι. Έτσι πολλές φορές είναι δύσκολο το ανθρώπινο μάτι να διακρίνει αντικείμενα τα οποία αποδίδονται με δύο πολύ κοντινούς τόνους του γκρι όπως για παράδειγμα τα διάφορα είδη κωνοφόρων δένδρων μέσα στο ίδιο δάσος. Σε αντίθεση, στις έγχρωμες αεροφωτογραφίες τα αντικείμενα έχουν το ίδιο χρώμα με αυτό της πραγματικότητας, κάνοντας πιο εύκολη την αναγνώριση τους.

Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η λήψη αεροφωτογραφιών οι οποίες περιέχουν, πέρα από την περιοχή του ορατού, πληροφορία και στο κοντινό υπέρυθρο κανάλι (Near Infrared (NIR) band) του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι αεροφωτογραφίες αυτές, οι οποίες είναι διεθνώς γνωστές ως έγχρωμες υπέρυθρες colour infrared (CIR) αεροφωτογραφίες, έχουν πλεονέκτημα ως προς τη χαρτογράφηση και διαχωρισμό διάφορων ειδών βλάστησης λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας της βλάστησης στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα του φάσματος.

Στο πλαίσιο της χαρτογράφησης πυκνότητας της βλάστησης, οι μεθοδολογίες που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία βασίζονται στη μοντελοποίηση διαφόρων χαρακτηριστικών κάλυψης της περιοχής, όπως ο αριθμός των κορμών και το μέγεθος της κόμης. Οι Gong et al. (2002) εισάγουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο ερμηνείας δέντρων, μία ημιαυτόματη μέθοδο για μετρήσεις δέντρων από υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες. Δίνουν έμφαση στην εξαγωγή τρισδιάστατης γεωμετρικής πληροφορίας όπως το ύψος των δέντρων, το βάθος ή το ύψος κόμης, την ακτίνα κόμης και το ανάγλυφο της επιφάνειας. Οι Massada et al. (2006) παρουσιάζουν φωτογραμμετρικές μεθόδους για μέτρηση του ύψους των δέντρων και της διαμέτρου της κόμης με τη χρήση αεροφωτογραφιών της περιοχής του δάσους Yatir. Οι Lockhart et al. (2005) μελετούν τη σχέση μεταξύ της ακτίνας της κόμης των δέντρων με τη σθηθιαία διάμετρο. Επίσης η σχέση της σθηθιαίας διαμέτρου και του ύψους των δέντρων με τη διάμετρο της κόμης διερευνάται από τους Asner et al. (2002), οι οποίοι καταλήγουν στην υψηλή συσχέτιση των παραπάνω παραμέτρων.

Στην παρούσα μελέτη, ως μέτρο πυκνότητας επιλέχθηκε η εκτίμηση του αριθμού δέντρων δασικής έκτασης. Η δε ανάλυση διενεργήθηκε με την αποκλειστική χρήση των αεροφωτογραφιών της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ. Η επιλογή αυτή προκρίθηκε λόγω του γεγονότος ότι η εκτίμηση του αριθμού των δέντρων στην περιοχή μελέτης είναι αναγκαία για τον μετέπειτα υπολογισμό της βιομάζας μέσω αλλομετρικών εξισώσεων.

## 2. Περιοχή μελέτης

Η συνολική περιοχή μελέτης του ερευνητικού προγράμματος βρίσκεται στην κεντρική Χαλκιδική και αποτελείται από δύο ορθογώνιες παραλληλόγραμμες εκτάσεις: α) ένα μεγάλο ορθογώνιο, έκτασης 112,807 km<sup>2</sup>, που ορίζεται από τις συντεταγμένες (23,4306° A, 40,2697° B) και (23,5883° A, 40,4817° B) και εκτείνεται από τις δασικές περιοχές της Αρναίας έως τα παράλια της Γερακινής, β) ένα μικρό ορθογώνιο, έκτασης 21,846 km<sup>2</sup>, που ορίζεται από τις συντεταγμένες (23,6235° A, 40,2330° B) και (23,6911° A, 40,27717° B), περιλαμβάνοντας μία έκταση δυτικά του οικισμού του Αγίου Νικολάου έως τα παράλια δυτικά της Νικήτης (Εικόνα 1).

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για την εκτίμηση της πυκνότητας βλάστησης βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του μεγάλου ορθογωνίου και περιλαμβάνει το Πανεπιστημιακό Δάσος του Ταξιάρχη (Εικόνες 2-3). Κατά την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το τελευταίο διαχειριστικό σχέδιο του Δάσους Ταξιάρχη για τα είδη της βλάστησης (Εικόνα 2) σε συνδυασμό με τις εικόνες της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ (Εικόνα 3), που διαθέτουν τρεις διαύλους στην μπλε, πράσινη και κόκκινη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η πολύ μεγάλη τους χωρική ανάλυση (0.5m) αποτελεί πολύ σημαντικό πλεονέκτημα για την άντληση πληροφορίας γενικότερα, αλλά και ειδικότερα για τον σκοπό της παρούσας έρευνας.

Τα είδη βλάστησης της περιοχής μελέτης ανήκουν και στις δύο γενικότερες κατηγορίες των κωνοφόρων και των πλατύφυλλων. Βάσει των στοιχείων της γεωβάσης του Δασαρχείου περιλαμβάνονται τα είδη της Οξυάς (*Fagus*), τραχείας Πεύκης (*Pinus brutia*), μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*), θαλάσσιας Πεύκης (*Pinus maritima*), δρυός (*Quercus confertae*) και αείφυλλων πλατύφυλλων.

Η έρευνα διεξήχθη στο επίπεδο της δειγματοληπτικής επιφάνειας (ΔΕ), το οποίο αποτελεί το πιο αναλυτικό και λεπτομερές που υπάρχει αυτή τη στιγμή. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την τελευταία

Διαχειριστική μελέτη του 2013 (Εικόνα 2), η οποία εκπονήθηκε από το Δασαρχείο του Πανεπιστημιακού δάσους του Ταξιάρχη και αφορούν: (1) στον αριθμό των δέντρων στις δειγματοληπτικές επιφάνειες, (2) στις θέσεις και στα όρια των δειγματοληπτικών επιφανειών, (3) στα είδη των δέντρων.

### 3. Μέθοδος

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τον εντοπισμό των τοπικών μεγίστων και την προσμέτρησή τους στην περιοχή της κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας με την χρήση φωτοερμηνείας. Μετά από προκαταρκτικά τεστ που εφαρμόστηκαν στις αεροφωτογραφίες, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν ο κόκκινος και ο πράσινος διάυλος των αεροφωτογραφιών και να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Επειδή η λήψη των αεροφωτογραφιών ήταν κατακόρυφη, διευκόλυνε τον εντοπισμό τους με τη χρήση των τοπικών μεγίστων. Επιλέχθηκε να γίνει εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής, σε διαφορετικά είδη δέντρων, με στόχο την μετέπειτα σύγκριση των αποτελεσμάτων. Έτσι, στη συνέχεια επιλέχθηκαν δειγματοληπτικές επιφάνειες από τα είδη της Μαύρης Πεύκης, της Τραχείας Πεύκης, της οξιάς και της δρυός. Μ' αυτόν τον τρόπο υπήρχαν δύο είδη κωνοφόρων (Μαύρη και Τραχεία Πεύκη) και δύο είδη πλατύφυλλων (οξιά και δρυς). Προτιμήθηκαν περισσότερο οι “αμιγείς” σε είδος έναντι των “μεικτών” δειγματοληπτικών επιφανειών, ώστε να μπορούν να εξαχθούν τα συμπεράσματα. Χρησιμοποιήθηκαν λιγότερες μεικτές, εκ των οποίων σε κάποιες υπήρχε κυριαρχία ενός είδους.

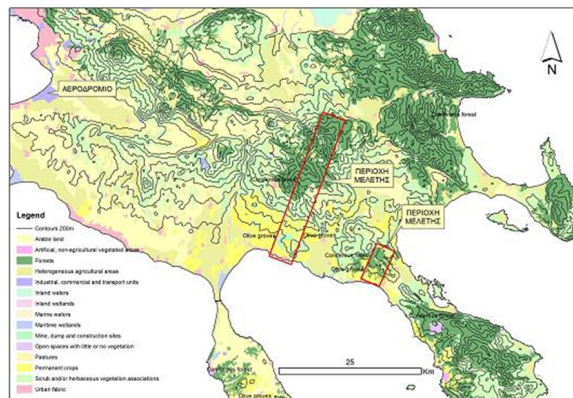
### 4. Αποτελέσματα

Ο αριθμός των δειγματοληπτικών επιφανειών εξαρτήθηκε από την έκταση του κάθε είδους στην περιοχή μελέτης, καθώς για τα είδη με μεγαλύτερη έκταση υπήρχαν περισσότερες δειγματοληπτικές επιφάνειες διαθέσιμες. Για το είδος της δρυός αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ είναι ένα είδος που καταλαμβάνει μεγάλη έκταση στο δάσος του Ταξιάρχη, επειδή προφανώς κατά τη λήψη των εικόνων τα δέντρα είχαν χάσει το

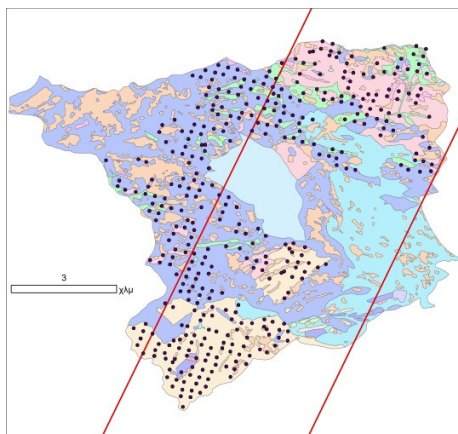


φύλλωμά τους, η πληροφορία δεν ήταν ανάλογη. Υπήρχαν μικρά κομμάτια δρυός διαθέσιμα, κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα των αεροφωτογραφιών. Για την οξιά ισχύει κάτι αντίστοιχο σε μικρότερο βαθμό.

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρατίθενται στον Πίνακα 1. Παρατηρείται, ότι η εκτίμηση του αριθμού των δέντρων είναι εφικτή και πολλές φορές προσεγγίζει το πραγματικό αριθμό δέντρων της ΔΕ, όπως μετρήθηκε στο πεδίο. Παρατηρείται, ότι τα αποτελέσματα από τη χρήση του κόκκινου διαύλου ήταν, σε γενικές γραμμές, καλύτερα από αυτά του πράσινου διαύλου.



**Εικόνα 1.** Η συνολική περιοχή μελέτης του προγράμματος (Σημειώνεται με τα κόκκινα πλαίσια).



**Εικόνα 2.** Στοιχεία του Διαχειριστικού Σχεδίου από το Πανεπιστημιακό Δάσος του Ταξiάρχη.



**Εικόνα 3.** Οι αεροφωτογραφίες της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ.

**Πίνακας 1.** ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΝΤΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΤΗΣ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ. Παρατίθεται ο κωδικός της ΔΕ (Δειγματοληπτικής Επιφάνειας), όπως είναι καταγεγραμμένος στη Διαχειριστική μελέτη του 2013. Επίσης, το είδος των δέντρων της ΔΕ, ο αριθμός των δέντρων από τη Διαχειριστική μελέτη, ο αριθμός των δέντρων που προέκυψε με τη χρήση του κόκκινου διαύλου και του πράσινου διαύλου.

| ΔΕ  | ΕΙΔΟΣ ΔΕΝΤΡΩΝ                | ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ | ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΔΙΑΥΛΟΣ | ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΔΙΑΥΛΟΣ |
|-----|------------------------------|---------------|------------------|------------------|
| 21  | Τραχεία Πεύκη                | 37            | 29               | 27               |
| 22  | Τραχεία Πεύκη                | 26            | 21               | 22               |
| 34  | Τραχεία Πεύκη                | 49            | 33               | 26               |
| 47  | Τραχεία Πεύκη                | 33            | 34               | 27               |
| 46  | Τραχεία Πεύκη                | 35            | 29               | 28               |
| 40  | Τραχεία Πεύκη                | 33            | 32               | 31               |
| 41  | Τραχεία Πεύκη                | 42            | 26               | 24               |
| 66  | Τραχεία Πεύκη                | 28            | 32               | 36               |
| 53  | Τραχεία Πεύκη                | 28            | 23               | 26               |
| 704 | Μαύρη Πεύκη                  | 31            | 33               | 32               |
| 740 | Μαύρη Πεύκη                  | 23            | 25               | 25               |
| 753 | Μαύρη Πεύκη                  | 39            | 26               | 24               |
| 791 | Οξιά                         | 41            | 41               | 33               |
| 774 | Οξιά                         | 41            | 33               | 31               |
| 775 | Οξιά                         | 34            | 33               | 30               |
| 789 | Οξιά                         | 37            | 32               | 26               |
| 761 | Δρυς, Μαύρη Πεύκη            | 20            | 32               | 27               |
| 33  | Τραχεία Πεύκη (κυρίως), Δρυς | 36            | 28               | 26               |
| 746 | Δρυς, Οξιά, Μαύρη Πεύκη      | 24            | 26               | 21               |
| 788 | Οξιά (κυρίως), Μαύρη Πεύκη   | 72            | 25               | 31               |

## Βιβλιογραφία

Asner G.P., M. Palace, M. Keller R. Pereira, J.N.M. Silva and J.C. Zweede, 2002. Estimating Canopy Structure in an Amazon Forest from Laser Range Finder and IKONOS Satellite Observations. Journal of BIOTROPICA 34(4):483-492.



Gong P. Y. Sheng and G.S. Biging, 2002. 3D Model-Based Tree Measurement from High-Resolution Aerial Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 68, No. 11, pp. 1203-1212.

Lockhart B.R., R.C. Weih, JR and K.M. Smith, 2005. Crown Radius and Diameter at Breast Height Relationships for Six Bottomland Hardwood Species. Journal of the Arkansas Academy of Science, Vol. 59.

Massada A.B., Y. Carmel, G.E. Tzur, J.M. Grunzweig and D. Yakir, 2006. Assessment of temporal changes in aboveground forest tree biomass using aerial photographs and allometric equations. Canadian Journal For. Re. 36: 2585-2594.