



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 3.β

**Ψηφιακός χάρτης κατηγοριών και ειδών βλάστησης βάση ανάλυσης  
πολυφασματικών εικόνων (στερεοζεύγους δορυφορικών εικόνων GeoEye)**

ΕΚΘΕΣΗ



Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 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)

## ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ

Δρ. Ιωάννης Γήτας

## ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δρ. Ιωάννης Γήτας

Δρ. Μαρία Τσακίρη-Στρατή

Δρ. Χαράλαμπος Γεωργιάδης

Δρ. Χρήστος Πικριδάς

Δρ. Χρήστος Καρυδάς

Υποψ. Δρ. Αικατερίνη Στάμου

Υποψ. Δρ. Παναγιώτα Στουρνάρα

## 1. Εισαγωγή

Η γνώση της έκτασης των ειδών μέσα στο δάσος είναι απαραίτητη προκειμένου να προχωρήσουμε σε εκτιμήσεις βιομάζας για τις εθνικές αναφορές της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC) και το Πρωτόκολλο του Κιότο (<https://unfccc.int/2860.php>).

Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα σε δορυφορικά δεδομένα από πολλαπλές πηγές επιτρέπει, είτε την ανάπτυξη μοντέλων άμεσης εκτίμησης της βιομάζας από την φασματική πληροφορία ή την υφή, είτε στη χαρτογράφηση διαφόρων παραμέτρων, που αποτελούν εισερχόμενες τιμές σε προϋπάρχοντα πρότυπα (μοντέλα) βιομάζας. Μεταξύ των παραμέτρων που απαιτούνται στην τελευταία περίπτωση είναι και η έκταση των δασικών ειδών, τα οποία μαζί με το ύψος, την ηλικία, το μέγεθος της κόμης, ή την πυκνότητα της βλάστησης του δένδρου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκτιμήσεις βιομάζας.

Πολλοί τύποι δεδομένων εικόνας έχουν χρησιμοποιηθεί για διαφορετικά περιβάλλοντα. Ενδεικτικά, εικόνες IKONOS έχουν χρησιμοποιηθεί από τους Van Coille et al. , (2007), Awad et al. (2009), Mathieu et al. (2007), και Platt and Rapoza (2008), ενώ εικόνες QuickBird έχουν χρησιμοποιηθεί από τους Carleer and Wolff (2006), Mallinis και Stow et al. (2007).

### 1.1 Λεπτομερής βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η λήψη των πολυφασματικών δεδομένων πραγματοποιείται από ψηφιακό δέκτη που μετρά την ανακλώμενη ακτινοβολία από διαφορετικά αντικείμενα / φαινόμενα / συμβάντα σε πολλούς διαφορετικούς διαύλους (διαφορετικά εύρη μήκους κύματος) συγχρόνως. Για παράδειγμα, μία ομάδα από ανιχνευτές μπορεί να μετρά την ανακλώμενη ορατή ερυθρή ακτινοβολία, ενώ μία άλλη ομάδα την ορατή πράσινη και μία τρίτη την εγγύς υπέρυθη. Δύο διαφορετικές διατάξεις ανιχνευτών μπορούν να μετράνε ανακλώμενη ακτινοβολία ακόμα και στο ίδιο μήκος κύματος. Οι τιμές ανακλώμενης ακτινοβολίας σε διαφορετικά μήκη κύματος συνδυάζονται για να δημιουργηθούν οι έγχρωμες εικόνες. Οι πολυφασματικές εικόνες έχουν συνήθως από τρεις έως

εφτά διαύλους. Η χρήση κάθε διαύλου για την αναγνώριση και χαρτογράφηση της κάλυψης γης παρουσιάζεται στον Πίνακα 1-1.

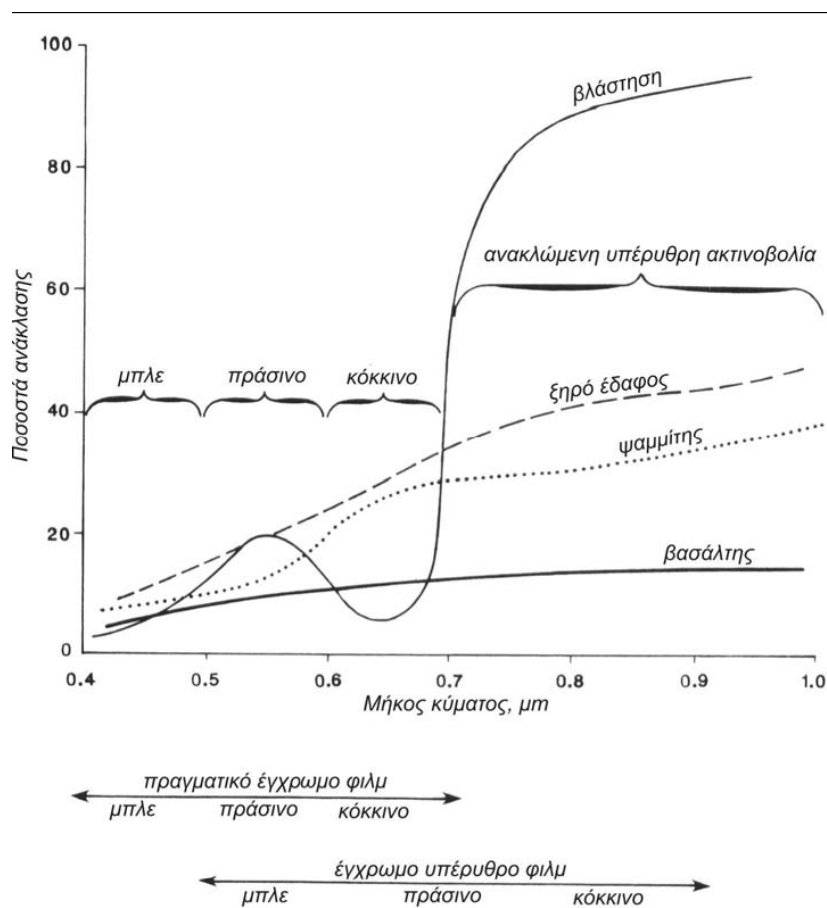
Πίνακας 1-1. Η συμβολή κάθε διαύλου για την αναγνώριση των διάφορων ειδών κάλυψης γης

ΚΑΝΑΛΙΑ/ ΜΠΑΝΤΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Ορατό Πράσινο	Αντιστοιχεί στην πράσινη αντανάκλαση της υγιούς βλάστησης. Χρήσιμο για την ανίχνευση ανθρώπινων κατασκευών
Ορατό Κόκκινο	Πολύ σημαντικό για την διάκριση μεταξύ πολλών ειδών φυτών Χρήσιμο και για την ανίχνευση ανθρώπινων κατασκευών
Ορατό Μπλε	Χρήσιμο για την χαρτογράφηση υδάτων Χρήσιμο για την ανίχνευση ανθρώπινων κατασκευών
Κοντινό Υπέρυθρο	Ιδιαίτερα ευαίσθητο στο συνολικό ποσό της υπάρχουσας φυτικής βιομάζας Πολύ χρήσιμο για την αναγνώριση καλλιεργειών
Μέσο Υπέρυθρο	Ευαίσθητο στην ποσότητα νερού στα φυτά
Θερμικό Υπέρυθρο	Χρήσιμο για τον εντοπισμό ασθενειών σε βλάστηση κ καλλιέργειες αλλά και για τον εντοπισμό γεωθερμικής δραστηριότητας

Με τη χρήση πολυφασματικών δεδομένων, η βλάστηση μπορεί να διακριθεί από τις υπόλοιπες κατηγορίες κάλυψης γης λόγω των παρακάτω χαρακτηριστικών της (Σχήμα 1-1):

- αξιοσημείωτη απορρόφηση της ορατής κόκκινης και ορατής μπλε ακτινοβολίας
- αξιοσημείωτη ανάκλαση στην ορατή πράσινη και
- αυξημένη ανάκλαση στην κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία

Με στόχο την στήριξη της επιχειρησιακής παρακολούθησης της βιομάζας από τις αρμόδιες αρχές στην Ελλάδα, το έργο "telekyoto" (διάρκεια: 2012-2015 ) αξιολογεί διάφορους τύπους δεδομένων και μεθοδολογιών τηλεπισκόπησης για το Δάσος Ταξιάρχη και την ευρύτερη περιοχή. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η χαρτογράφηση των δασικών ειδών βλάστησης με πολύ υψηλή ανάλυση (VHR) πολυφασματικοί (MS) δορυφορικών δεδομένων.



Σχήμα 1-1. Το ποσοστό της ανάκλαση της βλάστησης κατά το μήκος κύματος της ακτινοβολίας

Υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα ανάμεσα στα διάφορα είδη βλάστησης ως προς το σχήμα των φυτών, μέγεθος και σχήμα των φύλλων, περιεκτικότητας σε νερό, πυκνότητα βλάστησης κ.ά. Για το λόγο αυτό, για τη χαρτογράφηση της βλάστησης χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι δείκτες βλάστησης οι οποίοι συνδυάζουν κατάλληλα τις τιμές ανακλαστικότητας του φυτού στο ερυθρό και στο κοντινό υπέρυθρο ώστε το αποτέλεσμα να συσχετίζεται ισχυρά με τη φυτοκάλυψη. Στη

διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφοροι δείκτες βλάστησης. Ο πιο διαδεδομένος είναι ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών, γνωστός ως NDVI (Ricotta et al., 1999; Loris and Damiano, 2006; Wardlow et al., 2008; Stow et al., 2008, κλπ.).

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η χρήση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων για τη χαρτογράφηση της βλάστησης είναι ευρέως διαδεδομένη. Οι διάφοροι πολυφασματικού τύπου δέκτες, η χωρική τους ανάλυση και η χαρτογραφική τους κλίμακα, καταγράφονται στον Πίνακα 1-2.

Πίνακας 1-2. Χωρική ανάλυση και χαρτογραφική κλίμακα διαφόρων πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων (τροποποιημένος από Αστάρα κ.ά., 2005)

ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΑΣ	ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ
Χαμηλή (< 250m)	SPOT- Vegetation NOAA	<1:1,000,000
Μέση (80m - 180m)	LANDSAT MSS IRS-1C/D-WiFS ASTER	1:200,000- 1:1,000,000
Υψηλή (5m - 30m)	LANDSAT TM & ETM SPOT-XS IRS-1C/D-LISS ERS ENVISAT ASTER	1:50,000-1:200.000
Πολύ υψηλή (< 4m)	IKONOS QUICKBIRD Komsat 2	1:5,000- 1:25,000

Πολλές εφαρμογές στη δασοπονία και στη γεωργία βρίσκουμε κυρίως με χρήση απεικονίσεων Landsat (Hudak et al., 2002; Anderson et al., 2003; Brown de Colston et al., 2003; Anderson et al., 2004; Maselli et al., 2005; Kuemmerle et al., 2006; Hagner and Reese, 2007; Lucas et al., 2007; Kozak et al., 2008; Pekkarinen et al., 2009, κλπ.) αλλά και με χρήση απεικονίσεων SPOT και SPOT VEGETATION (Conchedda et al., 2008; Houborg and Boegh, 2008; Vancutsem et al., 2009). Επίσης, η χαρτογράφηση της βλάστησης έχει γίνει και με απεικονίσεις πολύ υψηλής ακρίβειας όπως IKONOS (Chubey et al., 2006; Radoux and Defourny, 2007 και άλλοι) και Quickbird (Leboeuf et

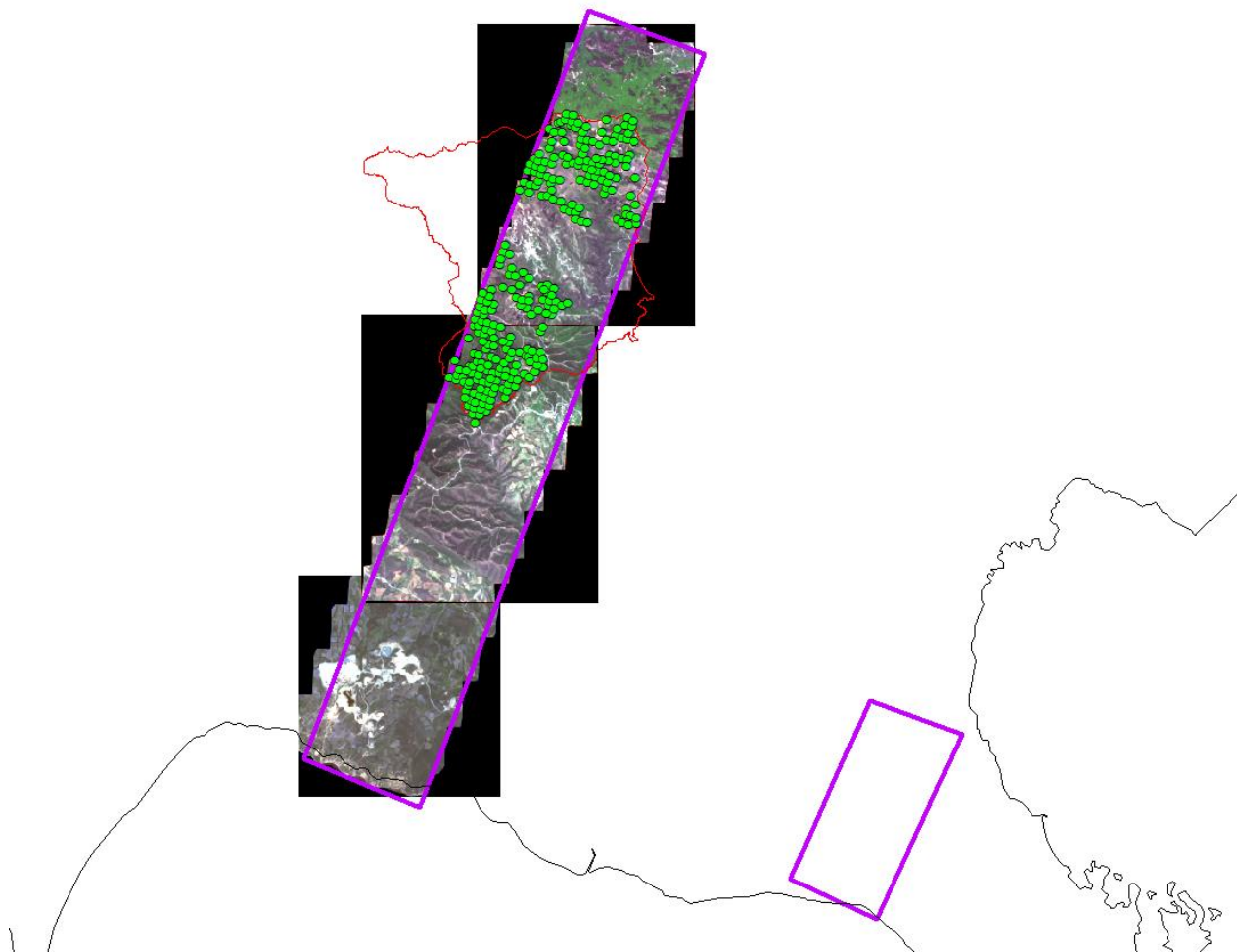
al,2007; Mallinis et al.,2008 και άλλοι). Άλλα είδη πολυφασματικών απεικονίσεων για τη χαρτογράφηση της βλάστησης έχουν χρησιμοποιηθεί μεταξύ άλλων από τους Zhang et al. (2004), Kumar Joshi et al. (2007), Lasaponara and Lanorte (2007) και Madugundu et al. (2008).

## 2. Περιοχή μελέτης και δεδομένα

Το Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη, στη Χαλκιδική καλύπτει μια έκταση 58 τ.χλμ, στη βάση του Χολομώντα, σε υψόμετρο 319 έως 1165 μέτρα (40°23'-40°28' N και 23°28'-23°34' E). Το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνουν συστάδες δρυός, οξιάς, ελάτης και αιιθαλών θάμνων, ενώ ένα μεγάλο μέρος καλύπτεται από μικτές επιφάνειες.

Τρεις δορυφορικές εικόνες GeoEye (GE) ελήφθησαν στις 27-4-2013, με μέγεθος εικονοστοιχείου 0,41 μ. στο παγχρωματικό και 1,65 μ. στο πολυφασματικό. Ένα 5-μ ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DSM) προήλθε από το στερεοζεύγος, επιτυγχάνοντας κατακόρυφη ακρίβεια 1,5 μ. σφάλματος RMS. Στη συνέχεια, το DSM χρησιμοποιήθηκε για την ορθογραφική διόρθωση της εικόνας. Τέλος, η πολυφασματική και παγχρωματική εικόνα συγχωνεύθηκαν με εφαρμογή της τεχνικής High-Pass Filter fusion. Η εικόνες GE είναι σήμερα μία από τις λιγότερο διερευνημένες εικόνες παγκοσμίως, είτε κατά την προεπεξεργασία, είτε κατά τη φάση της ανάλυσης. Η περιοχή του πευκοδάσους της Νικήτης (Σιθωνία) δεν καλύπτεται από τις εικόνες GeoEye, δεδομένου ότι το είδος βρίσκεται σε αφθονία στο δάσος του Ταξιάρχη.

Ένα σύνολο 163 δειγματοληπτικών επιφανειών (Δ.Ε.) ακτίνας 10-μ (άρα κυκλικές επιφάνειες 314 τ.μ. η καθεμιά), που χρησιμοποιούνται ως κόμβοι ενός μόνιμου δικτύου παρατηρήσεων- και ένας διανυσματικός χάρτης ομοιογενών ειδών (πολύγωνα), που περιέχονται στο διαχειριστικό σχέδιο του 2013, διατέθηκαν από το Δασαρχείο Ταξιάρχη. Οι πρώτες χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εκπαίδευσης για τον ταξινομητή της εικόνας, ενώ ο δεύτερος ως δεδομένα για την εκτίμηση της ακρίβειας του χάρτη ειδών που παρήχθη (Εικ. 1).



Εικόνα 1. Οι εικόνες GeoEye και οι δειγματοληπτικές επιφάνειες του Δασαρχείου.

### 3. Μεθοδολογία και αποτελέσματα

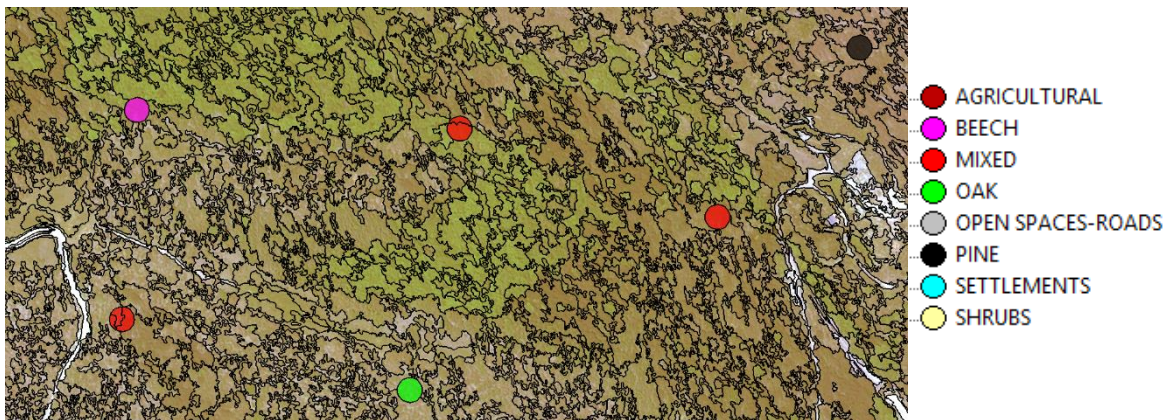
Μία περιοχή 28 τ.χλμ. από το δάσος, η οποία περιέχει όλα τα οικοσυστήματα και χρήσεις γης του δάσους, επιλέχθηκε ως η περιοχή μελέτης της παρούσας έρευνας με σκοπό την ημι-αυτόματη χارτογράφηση των κυρίαρχων ειδών.

Η εικόνα GE αναλύθηκε με τη μέθοδο της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης. Αρχικά, η τεχνική FNEA εφαρμόστηκε για τον τεμαχισμό της εικόνας. Ο παράγοντας κλίμακας (scale factor) καθορίστηκε σε 100, ενώ σχέση φάσματος/σχήματος σε 9:1, μέσω μιας δοκιμαστικής διαδικασίας (Baatz et al. 2004). Ο διανυσματικός χάρτης των δειγματοληπτικών επιφανειών



χρησιμοποιήθηκε ως θεματική πληροφορία για την κατάτμηση, προκειμένου να βοηθήσει στην επιλογή των δειγμάτων με τη μορφή αντικειμένων. Ο τεμαχισμός δημιούργησε 62.829 αντικείμενα με μέσο μέγεθος 674 τ.μ.

Είκοσι επτά Δ.Ε. οξιάς, 13 Δ.Ε. πεύκου, 44 Δ.Ε. πλατύφυλλης βελανιδιάς και 79 μικτά Δ.Ε. επελέγησαν ως δεδομένα εκπαίδευσης (Εικ. 2). Τα αντικείμενα των αιιθαλών θάμνων και των μη δασικών κλάσεων (π. χ. οικισμοί, ανοικτοί χώροι, δρόμοι, και γεωργικές εκτάσεις) επιλέχθηκαν με οπτική φωτοερμηνεία.



Εικόνα 2. Τμήμα της τεμαχισμένης εικόνας GeoEye μαζί με ορισμένες από τις δειγματοληπτικές περιοχές ακτίνας 10-μέτρων.

Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος Nearest Neighbour (NN) εφαρμόστηκε σε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις ταξινόμησης της εικόνας: μία χωρίς το μεικτό δείγμα Δ.Ε. (T-1) και μία μαζί τους (T-2). Τα βέλτιστα στοιχεία εκείνα εισόδου στον NN, επελέγησαν μέσα από τη λειτουργία feature space optimization. Για την T-1, τα καλύτερα στοιχεία ήταν: Max. diff., Mean Layer 4, Std Layer 3, Std Layer 4, HSI Saturation, Brightness, Std Layer 2, Mean Layer 2, Std Layer 1. Η βέλτιστη απόσταση βρέθηκε 0,32. Για την T-2 τα καλύτερα στοιχεία ήταν: Mean Layer 4, HSI Saturation, Std Layer 4, Std Layer 3, Max. diff., Brightness, Std Layer 2, Mean Layer 2, Std Layer 1, HSI Hue. Η βέλτιστη απόσταση βρέθηκε 0,14. Οι Ferreira et al. (2012) έλεγξαν ένα ευρύτερο φάσμα στοιχείων που προήλθαν από pansharpened GeoEye εικόνα για ταξινόμηση χρήσεων γης και πέτυχαν συνολική ακρίβεια 81%. Η επιφάνεια, που προκύπτει από την τομή των ταξινομημένων με τις επιφάνειες αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ως ένα μέτρο θεματικής ακρίβειας. Για την T-1, η

συνολική ακρίβεια βρέθηκε να είναι 49 %, με όλες τις κατηγορίες κάτω από 78% (Πίνακας 1). Για την T-2, η συνολική ακρίβεια βρέθηκε να είναι 53 %, με όλες τις κατηγορίες κάτω από το 80 %. (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Μήτρα σφαλμάτων (σε τ.μ.) και συνολικές ακρίβειες για την περίπτωση T-1 (χωρίς μικτές κλάσεις).

Classified/Reference	Beech	Pine	Oak	Agricultural	Shrubs	Producer's accuracy
Beech	692,162	33,512	360,069	371,800	326,346	39%
Pine	46,767	327,331	397,736	318,438	164,467	26%
Oak	398,175	120,577	2,490,329	1,862,337	861,171	43%
Agricultural	19,620	1,550	179,205	944,482	60,322	78%
Shrubs	73,583	94,598	657,113	680,482	2,195,376	59%
User's accuracy	56%	57%	61%	23%	61%	49%

Πίνακας 2. Μήτρα σφαλμάτων (σε τ.μ.) και συνολικές ακρίβειες για την περίπτωση T-2 (με μικτές κλάσεις).

Classified/Reference	Beech	Pine	Oak	Agricultural	Shrubs	Producer's accuracy
Beech	438,100	18,388	221,855	177,298	163,198	43%
Pine	22,398	140,905	184,984	142,089	52,939	26%
Oak	220,282	65,527	1,497,877	1,255,562	518,913	42%
Agricultural	14,817	1,290	165,181	922,899	52,788	80%
Shrubs	23,062	21,553	360,628	506,230	1,640,236	64%
User's accuracy	61%	57%	62%	31%	68%	53%

Η μέτρια ακρίβεια της T-1 θα μπορούσε να αποδοθεί στον αποκλεισμό των μικτών Δ.Ε., η οποία ανάγκασε τις μεικτές επιφάνειες να ταξινομηθούν εσφαλμένα ως καθαρές κλάσεις. Η μέτρια ακρίβεια της T-2 θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι μεικτές τάξεις έπρεπε να

εκπροσωπηθούν από μία μόνο ετικέτα. Χρησιμοποιώντας ένα μικρότερο δείγμα εκπαίδευσης, οι Mallinis et al. (2008) εφάρμοσαν αντικειμενοστρεφή ταξινόμηση με NN αλγόριθμο (μεταξύ άλλων πιο περίπλοκων τεχνικών) σε μια εικόνα QuickBird του Δάσους του Ταξιάρχη, επιτυγχάνοντας συνολική ακρίβεια 52 %.

#### 4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα έρευνα, δύο εφαρμογές βασισμένες σε αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας-μία χωρίς και μία με τις διαθέσιμες μικτές Δ.Ε.- εφαρμόστηκαν εικόνα pansharpened GeoEye από το δάσος Ταξιάρχη, στη Χαλκιδική. Καμία από τις επεξεργασίες που έγιναν δεν έδωσε ικανοποιητικές ακρίβειες. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη φύση των θεματικών πολυγώνων που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα αναφοράς για την εκτίμηση της ακρίβειας. Αυτά τα πολύγωνα δημιουργούνται από εμπειρογνώμονες που προσλαμβάνονται από το Δασαρχείο, μέσω παρέκτασης της πληροφορίας από τις Δ.Ε. σε μεγάλες επιφάνειες που θεωρούνται ως "ομογενείς". Επιπλέον, αυτά τα πολύγωνα έχουν αυστηρά όρια, αν και στην πραγματικότητα υπάρχουν μεταβατικές ζώνες μεταξύ των καθαρών ειδών σε αυτό το δάσος. Η εναλλακτική λύση της χρήσης ενός μέρους μόνο των υπάρχοντων Δ.Ε. ως δεδομένα εκπαίδευσης, θα οδηγούσε σε μια ανεπαρκή δεδομένα τόσο για την εκπαίδευση όσο και για την εκτίμηση της ακρίβειας και συνεπώς σε στατιστικώς αναξιόπιστα αποτελέσματα. Στο μέλλον, οι πληροφορίες αναφοράς πρέπει να βελτιωθούν μέσω της συμπλήρωσής του με επιφάνειες μικτών ειδών. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να επιβεβαιώσουμε την εγκυρότητα και την ακρίβεια των δεδομένων αναφοράς του Δασαρχείου, πριν τη δοκιμή περισσότερο προηγμένων τεχνικών ταξινόμησης εικόνας.

#### Αναφορές

- Awad, M.M., Chehdi, K., Nasri, A. 2009, Multicomponent image segmentation: a comparative analysis between a hybrid genetic algorithm and self-organizing maps, International Journal of Remote Sensing, Volume 30, Issue 3: 595-610.
- Baatz M, Benz U, Deghani S, Heynen S, Holtje A, Hofmann P, Ingenfelder I, Mimler M, Sohlbach M, Weber M, Wilhauck G, 2004, Ecognition User's Guide, v.4.0. Definiens, AG, Munich, Germany.

- Carleer, A. P., Wolff, E. 2006, Urban land cover multi-level region-based classification of VHR data by selecting relevant features, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 27, Issue 6: 1035-1051.
- Ferreira, M.V., Marques, M.L., Riedel, P.S., Polizel, S.P., Bentz, C.M. 2012, Land cover mapping using object-based image analysis to a monitoring of a pipeline, *Proceedings of the 4th GEOBIA*, May 7-9, - Rio de Janeiro - Brazil. p.146.
- Ivits, E., Koch, B., Blaschke, T., Jochum, M., Adler, P. 2005, Landscape structure assessment with image greyvalues and object-based classification at three spatial resolutions, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 26, Issue 14: 2975-2993.
- Mallinis, G., Koutsias, N., Tsakiri-Strati, M. Karteris, M. 2008, Object-based classification using Quickbird imagery for delineating forest vegetation polygons in a Mediterranean test site, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Volume 63: 237-250.
- Mathieu, R., Freeman, C., Aryal, J. 2007, Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery, *Landscape & Urban Planning*, Volume 81: 179-192.
- Platt, R.V. and Rapoza, L. 2008, An Evaluation of an Object-Oriented Paradigm for Land Use/Land Cover Classification, *The Prof. Geographer*, Volume 60, Issue 1: 87-100.
- Stow, D., Lopez, A., Lippitt, C., Hinton, S., Weeks, J. 2007, Object-based classification of residential land use within Accra, Ghana based on QuickBird satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 28, Issue 22: 5167-5173.
- Van Coillie F.M.B., Verbeke, L.P.C., De Wulf, R.R. 2007, Feature selection by genetic algorithms in object-based classification of IKONOS imagery for forest mapping in Flanders, Belgium, *Remote Sensing of Environment* Volume 110: 476-487.

#### *Ηλεκτρονικές πηγές*

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC):  
<https://unfccc.int/2860.php>; last accessed: 31-3-2014

Satellite Imaging Corporation: <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeye-1.html>; last accessed: 31-3-2014

#### **Ειδική Βιβλιογραφία Παραγράφου 1.1 Λεπτομερής βιβλιογραφική ανασκόπηση**

- Αστάρας, Θ., Δ. Οικονομίδης, et al. (2005). "Η συμβολή των δορυφορικών πολυφασματικών εικόνων στη Γεωμορφολογία από τη δεκαετία του 70 (δορυφόροι Landsat ) μέχρι σήμερα (δορυφόροι IKONOS, QuickBird ). Παραδείγματα από την Ελλάδα." Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας XXXVIII: 157-170.
- Anderson, G.L., J.D. Hanson, and R.H. Haas. (1993). Evaluating Landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands. Remote Sensing Environment 45: 165-175.
- Anderson, M. C., C. M. U. Neale, et al. (2004). "Upscaling ground observations of vegetation water content, canopy height, and leaf area index during SMEX02 using aircraft and Landsat imagery." Remote Sensing of Environment 92(4): 447-464.
- Brown de Colstoun, E. C., M. H. Story, et al. (2003). "National Park vegetation mapping using multitemporal Landsat 7 data and a decision tree classifier." Remote Sensing of Environment 85(3): 316-327.
- Chubey, M. S., S. E. Franklin, et al. (2006). "Object-based Analysis of Ikonos-2 Imagery for Extraction of Forest Inventory Parameters." Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 72: 383-394.
- Conchedda, G., L. Durieux, et al. (2008). "An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems." ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 63: 578-589.
- Hagner, O. and H. Reese (2007). "A method for calibrated maximum likelihood classification of forest types." Remote Sensing of Environment 110: 438-444.
- Houborg, R. and E. Boegh (2008). "Mapping leaf chlorophyll and leaf area index using inverse and forward canopy reflectance modeling and SPOT reflectance data." Remote Sensing of Environment 112(1): 186-202.
- Hudak, A. T., M. A. Lefsky, et al. (2002). "Integration of lidar and Landsat ETM+ data for estimating and mapping forest canopy height." Remote Sensing of Environment 82(2-3): 397-416.
- Maselli, F., G. Chirici, et al. (2005). "Estimation of Mediterranean forest attributes by the application of k-NN procedures to multitemporal Landsat ETM+ images." International Journal of Remote Sensing 26: 3781-3796.
- Pekkarinen A., R. L., Strobl P. (2009). "Pan-European forest/non-forest mapping with Landsat ETM+ and CORINE Land Cover 2000 data." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64: 171-183.
- Radoux, J. and P. Defourny (2007). "A quantitative assessment of boundaries in automated forest stand delineation using very high resolution imagery", Remote Sensing of Environment 110: 468-475.

- Ricotta, C., G. Avena, et al. (1999). "Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54(5-6): 325-331.
- Stow, D., Y. Hamada, et al. (2008). "Monitoring shrubland habitat changes through object-based change identification with airborne multispectral imagery." *Remote Sensing of Environment* 112(3): 1051-1061.
- Vancutsem, C., J. F. Pekel, et al. (2009). "Mapping and characterizing the vegetation types of the Democratic Republic of Congo using SPOT VEGETATION time series." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 11(1): 62-76.
- Wardlow, B. D. and S. L. Egbert (2008). "Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains." *Remote Sensing of Environment* 112(3): 1096-1116.
- Zhang, Q., G. Pavlic, et al. (2004). "Deriving stand age distribution in boreal forests using SPOT VEGETATION and NOAA AVHRR imagery." *Remote Sensing of Environment* 91(3-4): 405-418.