

Συνδυασμός δορυφορικών εικόνων IKONOS υψηλής χωρικής ανάλυσης και ΓΣΠ στην εκτίμηση του αριθμού των δένδρων του παραποτάμιου δάσους της λίμνης Κερκίνης

Ιωάννης Τσολακίδης*

Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ, MSc, Υπεύθυνος GIS,
Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης

Μιχάλης Δαβής

Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ, Υπεύθυνος Παρακολούθησης,
Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης

Νικόλαος Κατσέλας

Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ, MSc, Σύμβουλος Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος,
Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης

*Τηλ.: 2327028004, Φαξ: 2327028005, E-mail: tsolakidis@kerkini.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η χρήση δορυφόρων υψηλής χωρικής και φασματικής ανάλυσης, όπως ο IKONOS, στη διαχείριση δασικών οικοσυστημάτων, γίνεται όλο και εντονότερη τα τελευταία χρόνια. Ο λόγος οφείλεται στο εύρος πληροφοριών που προκύπτουν μέσα από την αλγοριθμική επεξεργασία των υψηλής ανάλυσης δορυφορικών εικόνων. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η συμβολή των εικόνων του δορυφόρου IKONOS στη μελέτη διαχείρισης του παραποτάμιου δάσους της λίμνης Κερκίνης. Αρχικά στα πλαίσια της εργασίας επιχειρείται μια προσπάθεια εκτίμησης του αριθμού των κορμών των δένδρων, με τη χρήση της σκιάς τους και εργαλείων όπως τον αλγόριθμο μη-επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA, της επιβλεπόμενης ταξινόμησης της μεγίστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood), καθώς και εργαλείων χωρικής ανάλυσης. Στη συνέχεια ακολουθεί η επαλήθευση των αποτελεσμάτων βάση αεροφωτογραφιών της περιοχής και επίγειων σημείων ελέγχου.

Λέξεις Κλειδιά: Δασικό οικοσύστημα, IKONOS, ταξινόμηση, χωρική ανάλυση

ABSTRACT: During the past years the use of high resolution satellites, such as IKONOS, in forest ecosystem management has become state of the art, due to the high resolution of spatial and multi-spectral data they provide. The reason is due to the breadth of information generated through algorithmic processing of high spatial resolution satellite images. The main purpose of this paper is to investigate the use of IKONOS satellite imagery for the estimation of the number of trees in lake Kerkini. The first part of the article attempts an estimate of the number of trunks of trees, with the use of their shadow and tools such as the ISODATA and maximum likelihood classification algorithms and spatial analysis. The next step is the verification of the results, from aerial photographs of the area and ground control points.

Keywords: Forest ecosystems, IKONOS, classification, spatial analysis

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή μελέτης αφορά μία έκταση περίπου 2500 εκταρίων και εντοπίζεται στο εσωτερικό δέλτα του ποταμού Στρυμόνα στη λίμνη Κερκίνη, στο βορειοδυτικό τμήμα του Νομού Σερρών (βλ. Εικόνα 1-2). Πρόκειται για μια οικολογικά ευαίσθητη περιοχή στον πυρήνα του Εθνικού Πάρκου Λίμνης Κερκίνης. Στην περιοχή του δέλτα υφίσταται παραποτάμιο δάσος, με διάφορα είδη δένδρων όπως ιτιές (*Salix alba*), αρμυρίκια (*Tamarix pendrata*), θαμνώδεις ακακίες (*Amorpha fruticosa*) κ.ά.



Εικόνα 1 - Η ευρύτερη περιοχή και η περιοχή μελέτης βορειοδυτικά του Ν. Σερρών



Εικόνα 2 - Πλάγια αεροφωτογραφία μιας γενικότερης άποψης του παραποτάμιου δάσους (Πηγή: Ζήσης Μανδηλιώτης, Αερολέσχη Σερρών, 2009)

Η έκταση του παραποτάμιου δάσους κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών συνεχώς μειώνεται, ενώ απαρχή αυτού του γεγονότος αποτέλεσε η απότομη αύξηση της στάθμης της λίμνης, απόρροια της ανύψωσης των αναχωμάτων κατά το έτος 1982.

Πολλές είναι οι απειλές που οδηγούν στην ολοένα και μεγαλύτερη μείωση της έκτασης του, όπως ο ταχύς ρυθμός μεταβολής της στάθμης της λίμνης, η υπερβόσκηση, η λαθροϋλοτομία κ.α. Η οικολογική αξία του παραποτάμιου δάσους είναι πολύ μεγάλη, αφού αποτελεί σημαντικότατο ενδιαίτημα, πολλών ειδών πουλιών όπως κορμοράνοι, λαγγόνες, ερωδιοί κ.ά.

Η χρήση δορυφορικών μεθόδων μελέτης και ερμηνείας τέτοιων οικοσυστημάτων, είναι ευρεία, δεδομένου του αριθμού και του είδους των δορυφόρων που υφίστανται. Εικόνες υψηλής διακριτότητας και φασματικής ανάλυσης, χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετά χρόνια στη μελέτη δασικών οικοσυστημάτων, ενώ τα τελευταία έτη έχει προστεθεί και η τεχνολογία Laser. Οι σύγχρονες τεχνικές σε συνδυασμό με τις «παραδοσιακές», όπως η φωτοερμηνεία αεροφωτογραφιών, χρησιμοποιούνται ευρέως σε διαχειριστικές μελέτες. Μέσα από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων μπορούν να εξαχθούν ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες, καθώς και δείκτες μελέτης της κατάστασης της βλάστησης σε μια περιοχή, όπως ο δείκτης NDVI [8].

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διάκριση των δένδρων του παραποτάμιου οικοσυστήματος με τη χρήση εικόνων IKONOS, σε συνδυασμό με αεροφωτογραφίες και επιτόπιο έλεγχο.

II. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Συνθετική δορυφορική εικόνα IKONOS (Pan Sharpened). Για την περιοχή μελέτης έγινε προμήθεια (Space Consulting S.A.) ορθοανηγμένων δεδομένων από τον δορυφόρο IKONOS ημερομηνίας 30/09/2008. Συγκεκριμένα μία παγχρωματική (Pan) εικόνα ανάλυσης 1μ και μία πολυφασματική (MS) ανάλυσης 4μ και τεσσάρων διαύλων, στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Στη συνέχεια έγινε σύνθεση των δύο εικόνων με τη μέθοδο των κυρίων συνιστωσών και προέκυψε η τελική εικόνα, η οποία χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή των μεθόδων ταξινόμησης για την εξαγωγή της τάξης 'σκιά' και την χρήση της στην εκτίμηση του αριθμού των δένδρων.

Ψηφιακές αεροφωτογραφίες υψηλής ανάλυσης της περιοχής. Οι αεροφωτογραφίες παρήχθησαν με επικάλυψη από ύψος περίπου 800μ και με μηχανή Canon Eos 7D. Η πτήση πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2011, με συνεργασία του Φορέα

Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης, της Αερολέσχης Σερρών και της ΔΕΚΕ - Γραφείο Υδραυλικών Έργων Σερρών. Οι αεροφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο ακρίβειας της ταξινομημένης εικόνας και τη συλλογή πρόσθετων πληροφοριών.

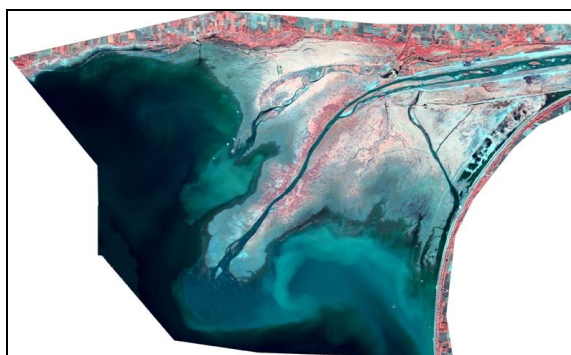
Δείγμα 28 επιτόπιων σημείων ελέγχου σχετικά με τον αριθμό των δένδρων που αναγνωρίστηκαν στις εικόνες, μετά τη διαδικασία της ταξινόμησης. Τα δειγματοληπτικά σημεία συλλέχθηκαν με gps χειρός, στις 05/10/2011, τυχαία, σε περιοχές υψηλής πυκνωσης του δάσους.

Διανυσματικά δεδομένα σε μορφή shapefile των ορίων του παραποτάμιου δάσους. Τα όρια προέκυψαν μέσω ψηφιοποίησης επάνω στη τελική συνθετική εικόνα IKONOS (PanSharpened).

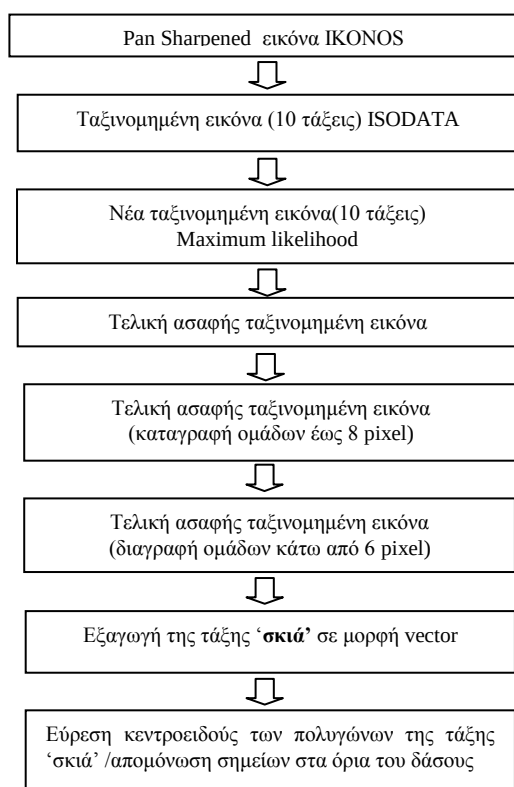
Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τις παραπάνω εργασίες ήταν το ERDAS IMAGINE V.11 (δοκιμαστική έκδοση 30 ημερών-GEOSYSTEMS-HELLAS A.E.) και το ArcGIS 9.3.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια της εργασίας παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής (βλ. Σχήμα 1). Στην ανάλυση αυτή τα δεδομένα IKONOS ήταν ραδιομετρικά διορθωμένα, ενώ η διόρθωσή τους λόγω ανάγλυφου, είχε επίσης ολοκληρωθεί. Στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία συνδυασμού της πολυφασματικής (MS) και της παγχρωματικής (Pan) εικόνας και προέκυψε η τελική συνθετική εικόνα με μέγεθος ψηφίδας 1μ (βλ. Εικόνα 3). Η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν ο μετασχηματισμός στις κύριες συνιστώσες. Οι εργασίες αυτές είχαν ήδη γίνει από τον προμηθευτή των δεδομένων (Space Consulting S.A.).

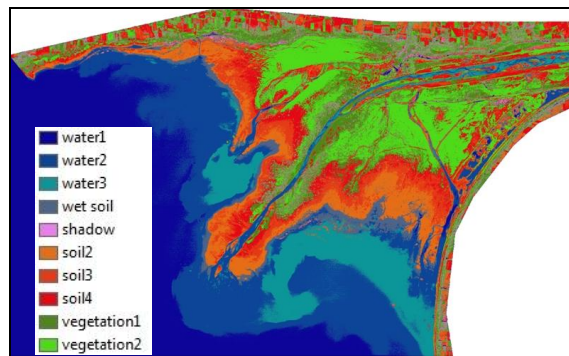


Εικόνα 3 - Η Τελική συνθετική εικόνα (PanSharpened) (R=4, G=2, B=1)



Σχήμα 1 - Διάγραμμα ροής της εργασίας

Αρχικά στη νέα συνθετική εικόνα, η οποία προέκυψε μέσω του μετασχηματισμού στις κύριες συνιστώσες, εφαρμόστηκε μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση με τη μέθοδο ISODATA (βλ. Εικόνα 4) [5]-[6]. Ο αριθμός των τάξεων (10) επιλέχθηκε βάση της φασματικής ερμηνείας της δορυφορικής εικόνας, σε συνδυασμό με τη γνώση της περιοχής για τις υφιστάμενες ομαδοποιήσεις φυσικών χαρακτηριστικών (βλάστηση, εδάφη κτλ). Ειδικότερα προέκυψαν τρεις τάξεις που περιέγραφαν το υγρό στοιχείο (water 1, water 2, water 3), η διαβάθμιση των οποίων οφείλονταν στη μετακίνηση ιζήματος (sediment plumes), μία τάξη κορεσμένου με νερό εδάφους (wet soil), τρεις τάξεις εδάφους διαφορετικής υγρασίας (soil 2, soil 3, soil 4), μία τάξη σκιάς (shadow) και δύο τάξεις βλάστησης (vegetation 1, vegetation 2). Η επιλογή της μεθόδου του αλγορίθμου ISODATA προτιμήθηκε λόγω της ετερογένειας που παρουσιάζει η κάλυψη εδάφους σε ένα τέτοιο υδροτοπικό σύστημα. Τα δείγματα που προέκυψαν μέσω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας, από τη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση της συνθετικής εικόνας (PanSharpened), χρησιμοποιήθηκαν ως δείγματα εκπαίδευσης, στη νέα ταξινόμηση με τη μέθοδο της Μεγίστης Πιθανοφάνειας [2]. Στον αλγόριθμο της Μεγίστης Πιθανοφάνειας η πιθανότητα ταξινόμησης μιας ψηφίδας σε μια κατηγορία καθορίζεται από την συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κανονικής κατανομής, η οποία αναπαρίσταται από το μέσο διάνυσμα και τον πίνακα συμμεταβλητότητας των τάξεων [2]-[1].



Εικόνα 4 - Ταξινομημένη εικόνα με τη μέθοδο ISODATA (10 τάξεις)

Η νέα ταξινομημένη εικόνα που προέκυψε (βλ. Εικόνα 8), αρχικά ελέγχθηκε οπτικά ως προς την ακρίβειά της και διαπιστώθηκε ότι μεμονωμένες ψηφίδες έχουν ταξινομηθεί λάθος. Για το λόγο αυτό εφαρμόστηκε μια διαδικασία βελτίωσης της ταξινόμησης των λάθος ταξινομημένων ψηφίδων, μέσω του εργαλείου της ασαφούς ταξινόμησης (βλ. Εικόνα 9) [2]. Η ασαφής ταξινόμηση επιτρέπει σε κάθε ψηφίδα να ταξινομηθεί σε πολλαπλές τάξεις [9]-[10]. Η συνάρτηση της ασαφούς ταξινόμησης στο λογισμικό ERDAS IMAGINE, παράγει μια εικόνα πολλών επιπέδων όπου στο πρώτο επίπεδο αναπαρίσταται η καλύτερη ταξινόμηση για κάθε ψηφίδα και στα επόμενα επίπεδα, οι επόμενες καλύτερες ταξινομήσεις για την ίδια ψηφίδα. Η ασαφής συνάρτηση συνέλιξης, υπολογίζει τον ολικό αντίστροφο πίνακα βάρους, για όλες τις τάξεις, σε ένα κινούμενο παραθύρο ψηφίδων, τοποθετώντας τη κεντρική ψηφίδα στη τάξη με τη μεγαλύτερη αντίστροφη απόσταση βάρους, από το σύνολο όλων των ασαφών ταξινομημένων επιπέδων [3]. Η συνολική απόσταση βάρους για μια τάξη k ($T[k]$), υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$T[k] = \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^s \sum_{l=0}^n \frac{w_{ij}}{D_{ijl}[k]}$$

Όπου

i =δείκτης της γραμμής του παραθύρου

j =δείκτης της στήλης του παραθύρου

s =μέγεθος του παραθύρου (3,5 ή 7)

l =δείκτης επιπέδου για το ασαφές σύνολο

n =αριθμός των ασαφών διαύλων που χρησιμοποιήθηκαν

W =πίνακας βάρους του παραθύρου

k =τιμή της τάξης

$D[k]$ =τιμή του αρχείου απόστασης για τη τάξη k

$T[k]$ =συνολική απόσταση βάρους του παραθύρου για την τάξη k

Από τη νέα ταξινομημένη εικόνα ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη εφαρμογή παρουσίασε η τάξη 'σκιά', δεδομένου ότι οι εν λόγω ψηφίδες προέρχονται από τις σκιές που δημιουργούν οι κόμεις των δένδρων του παραποτάμιου δάσους [7]-[4]. Κατά συνέπεια έγινε προσπάθεια να αναζητηθεί εκείνος ο αριθμός ομάδων των ταξινομημένων ψηφίδων της τάξης 'σκιά' που να αντιστοιχούν πράγματι σε δένδρα. Από την ερμηνεία των αεροφωτογραφιών, προέκυψε ότι σε κάποιες των περιπτώσεων, οι μικρές ομάδες ψηφίδων (έως 6) της τάξης 'σκιά', προέρχονταν είτε από λάθος ταξινόμηση, είτε από τη σκιά πεσμένων

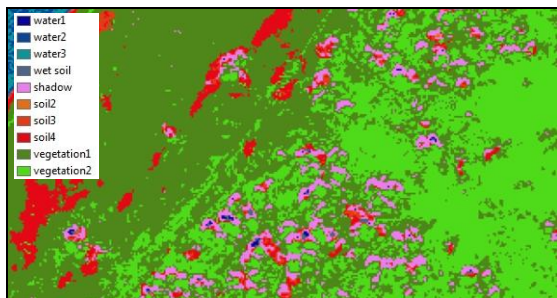
κορμών ή θάμνων (βλ. Εικόνα 6). Για το λόγο αυτό έγινε ορισμός και μέτρηση ομάδων έως και οκτώ ψηφίδες και τελικώς αποκόπηκαν οι ομάδες ψηφίδων που αποτελούνταν κάτω από έξι, ως ακατάλληλες (βλ. Εικόνα 10). Οι υπόλοιπες ομάδες ψηφίδων, άνω των έξι, χρησιμοποιήθηκαν στη περαιτέρω διαδικασία.



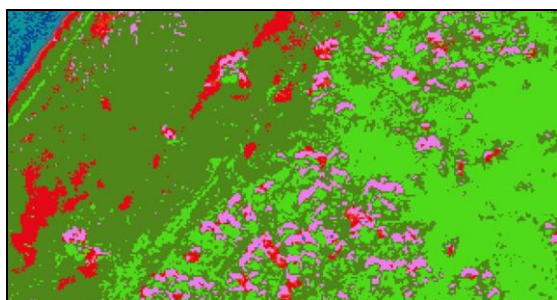
Εικόνα 5 - Αεροφωτογραφία της περιοχής του παραποτάμιου δάσους. (Πηγή: Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης, Αερολέσχη Σεργών, ΔΕΚΕ-Γραφείο Υδραυλικών Έργων Σεργών, 2011)



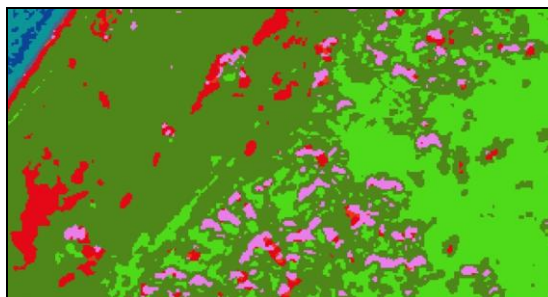
Εικόνα 6 - Τμήμα της αρχικής (PanSharpened) εικόνας IKONOS (R=4, G=2, B=1)



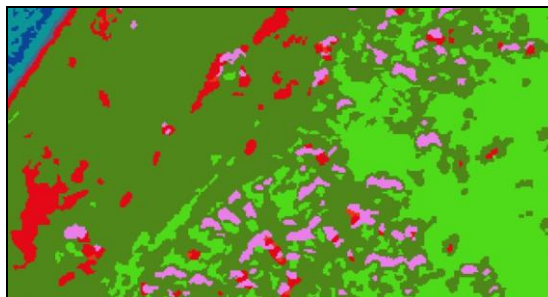
Εικόνα 7 - Ταξινομημένη εικόνα με τη μέθοδο ISODATA (10 τάξεις)



Εικόνα 8 - Ταξινομημένη εικόνα με τη μέθοδο της Μεγίστης Πιθανοφάνειας (MLC) (10 τάξεις)



Εικόνα 9 - Ασαφής ταξινομημένη εικόνα



Εικόνα 10 - Ασαφής ταξινομημένη εικόνα με διαγραφή ομάδων ψηφίδων κάτω των έξι

Για τον έλεγχο της ακρίβειας της τελικής ταξινομημένης εικόνας (βλ. Εικόνα 10), χρησιμοποιήθηκαν 250 σημεία ελέγχου, τα οποία εξακριβώθηκαν από αεροφωτογραφίες της περιοχής. Η δειγματοληψία των σημείων, έγινε με τυχαία κατανομή ίσων σε πλήθος σημείων για κάθε τάξη (25 σημεία για κάθε τάξη). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης της ταξινόμησης παρουσιάζονται στους πίνακες 1-2-3.

Πίνακας 1α - Πίνακας σφάλματος της ταξινόμησης

	water 1	water 2	water 3	wet soil	shadow	soil 2	soil 3
Classified Data							
water 1	24	0	0	0	0	0	1
water 2	2	21	1	1	0	0	0
water 3	0	4	20	1	0	0	0
wet soil	0	7	4	14	0	0	0
Shadow	0	0	0	3	20	2	0
soil 2	0	0	0	0	0	23	2
soil 3	0	0	0	0	0	4	20
soil 4	0	0	0	0	1	0	7
veg 1	0	0	0	0	0	0	0
veg 2	0	0	0	0	0	0	0
Column Total	26	32	25	19	21	29	30

Πίνακας 1β – Συνέχεια του πίνακα σφάλματος της ταξινόμησης

Classified Data	Soil 4	veg 1	veg 2	Row Total
water 1	0	0	0	25
water 2	0	0	0	25
water 3	0	0	0	25
wet soil	0	0	0	25
shadow	0	0	0	25
soil 2	0	0	0	25
soil 3	1	0	0	25
soil 4	17	0	0	25
veg 1	0	25	0	25
veg 2	0	0	25	25
Column Total	18	25	25	250

Μέσα από τη παραπάνω διαδικασία παρατηρήθηκε βελτίωση της ταξινόμησης των μεμονωμένων ψηφιδών από την αρχική μη επιβλεπόμενη, μέχρι τη τελική επιβλεπόμενη. Σημειώνεται ότι ο αλγόριθμος ISODATA, ο αλγόριθμος Μεγίστης Πιθανοφάνειας καθώς και η διαδικασία ασαφούς επαναταξινόμησης, εφαρμόστηκαν στο λογισμικό ERDAS IMAGINE V.11.

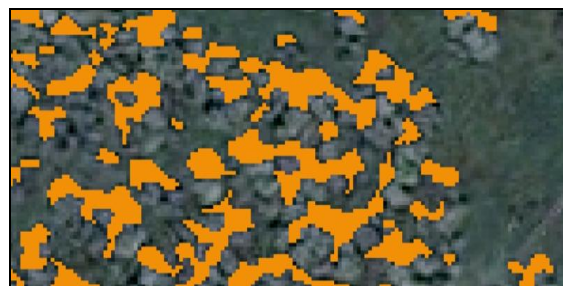
Επόμενο βήμα εφόσον προέκυψε η τελική ταξινομημένη εικόνα, ήταν η μετατροπή της από ψηφιδωτή μορφή σε διανυσματική. Στη συνέχεια έγινε εξαγωγή των πολυγώνων της τάξης 'σκιά', υπολογισμός του κεντροειδούς τους και απόδοσή τους ως σημειακό επίπεδο (βλ. Εικόνα 11-12-13-14). Η μετατροπή σε διανυσματική μορφή έγινε στο λογισμικό ERDAS IMAGINE V.11, ενώ η δημιουργία του σημειακού επιπέδου του κεντροειδούς των πολυγώνων της τάξης 'σκιά' υλοποιήθηκε στο λογισμικό ArcGIS 9.3.

Πίνακας 2 – Πίνακας συνολικής ακρίβειας της ταξινόμησης

Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
water 1	26	25	24	92.31%	96.00%
water 2	32	25	21	65.63%	84.00%
water 3	25	25	20	80.00%	80.00%
wet soil	19	25	14	73.68%	56.00%
shadow	21	25	20	95.24%	80.00%
soil 2	29	25	23	79.31%	92.00%
soil 3	30	25	20	66.67%	80.00%
soil 4	18	25	17	94.44%	68.00%
veg 1	25	25	25	100.00%	100.00%
veg 2	25	25	25	100.00%	100.00%
Totals	250	250	209		
Overall Classification Accuracy=83.60%					



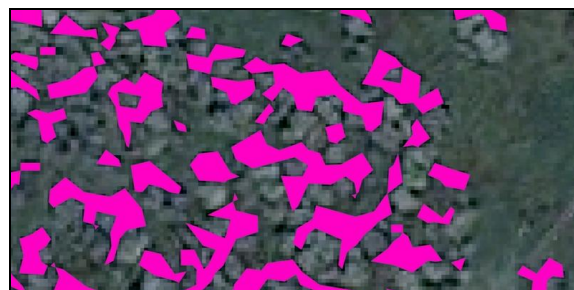
Εικόνα 11 – Αρχική (PanSharpened) εικόνα (R=3,G=2,B=1)



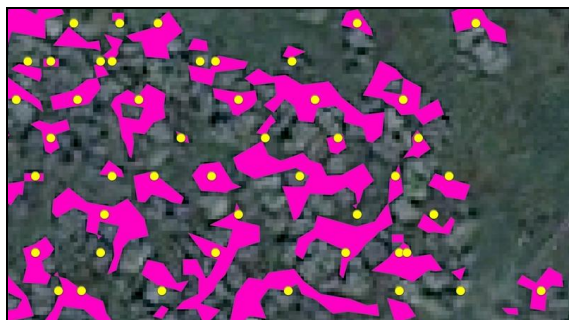
Εικόνα 12 – Αρχική (PanSharpened) εικόνα (R=3,G=2,B=1) με την τάξη 'σκιά' σε ψηφιδωτή μορφή

Πίνακας 3 – Πίνακας στατιστικών του συντελεστή (K[^])

KAPPA (K [^]) STATISTICS	
Overall Kappa Statistics = 0.8178	
Conditional Kappa for each Category	
Class Name	Kappa
water 1	0.9554
water 2	0.8165
water 3	0.7778
wet soil	0.5238
shadow	0.7817
soil 2	0.9095
soil 3	0.7727
soil 4	0.6552
veg 1	1
veg 2	1



Εικόνα 13 – Αρχική (PanSharpened) εικόνα (R=3,G=2,B=1) με την τάξη 'σκιά' σε διανυσματική μορφή

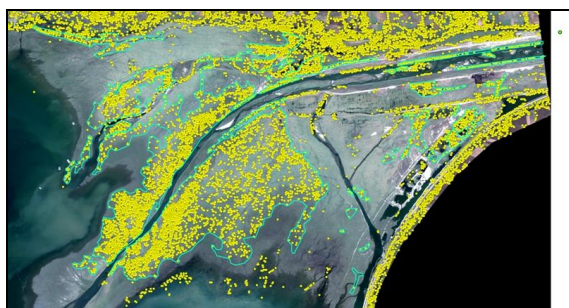


Εικόνα 14 – Αρχική (PanSharpened) εικόνα (R=3,G=2,B=1) με την τάξη 'σκιά' σε διανυσματική μορφή και απόδοση των κεντροειδών των πολυγώνων σαν σημειακό επίπεδο.

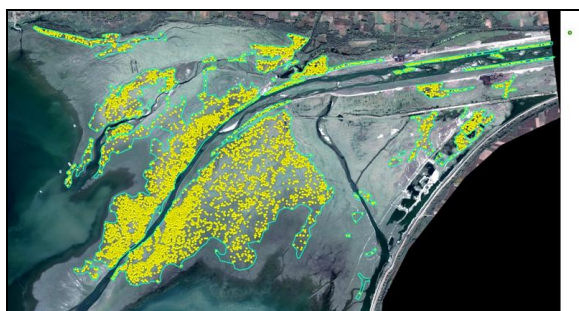
Στη συνέχεια ακολούθησε η απομόνωση των σημείων των δένδρων του παραποτάμιου δάσους, τα οποία προέκυψαν από τα πολύγωνα της σκιάς τους. Για το λόγο αυτό ήταν απαραίτητη η εύρεση των ορίων του δάσους. Η χάραξη των ορίων του δάσους και η δημιουργία του διανυσματικού αρχείου των ορίων έγινε με ψηφιοποίηση επάνω στην αρχική εικόνα (βλ. Εικόνα 15). Συνδυάζοντας τα δύο αρχεία, δηλαδή των ορίων του δάσους και του συνολικού αριθμού σημείων των δένδρων, ήταν δυνατή η εξαγωγή μονάχα των σημείων που αντιστοιχούσαν στα όρια του παραποτάμιου δάσους (βλ. Εικόνα 16-17).



Εικόνα 15 – Ψηφιοποίηση των ορίων του παραποτάμιου δάσους επάνω στην συνθετική δορυφορική εικόνα (R=3,G=2,B=1)



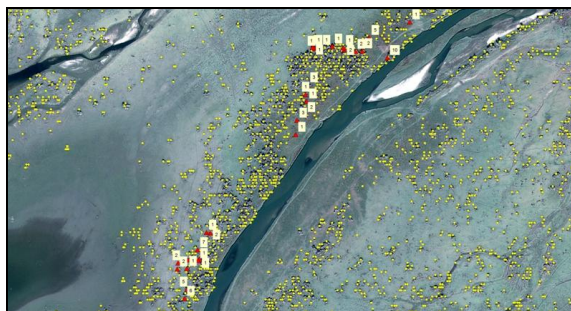
Εικόνα 16 – Τα σημεία κεντροειδούς των πολυγώνων της τάξης 'σκιά' και τα όρια του παραποτάμιου δάσους.



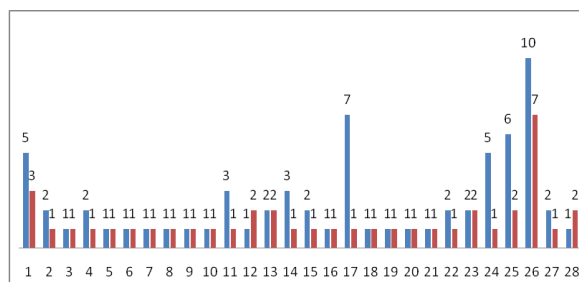
Εικόνα 17 – Εξαγωγή των σημείων εντός των ορίων του παραποτάμιου δάσους.

Το σύνολο των σημείων που εξάχθηκαν αγγίζει τα 7560 σημεία, τα οποία αναφέρονται στο κεντροειδές των πολυγώνων της σκιάς των δένδρων.

Τέλος χρησιμοποιήθηκαν 28 δειγματοληπτικά σημεία ελέγχου για την ταύτιση των αποτελεσμάτων των σημείων που εξάχθηκαν αυτόματα και της υφιστάμενης κατάστασης (βλ. Εικόνα 18-19).



Εικόνα 18 – Θέσεις των 28 δειγματοληπτικών σημείων



Εικόνα 19 – Σύγκριση αριθμού δένδρων επίτοπιου ελέγχου (μπλε) και ταξινομήσης (κόκκινο)

Από το σύνολο των 28 σημείων ταύτιση υπήρξε στα 12 σημεία, ενώ στα υπόλοιπα μικρές αποκλίσεις.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον έλεγχο των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι στις περιοχές όπου η πυκνότητα των δένδρων είναι μεγάλη, η μέθοδος απέδωσε λιγότερο σωστά αποτελέσματα, λόγω του ότι η σκιά που δημιουργήθηκε από γειτονικά δένδρα, λήφθηκε ως ένα πολύγωνο στο οποίο αποδόθηκε ένα σημείο (βλ. Εικόνα 14). Σε περιοχές όπου υπήρχε μικρότερη πυκνότητα, ένα δένδρο απέδωσε μία σκιά, η οποία ταξινομήθηκε σωστά και αντιστοιχήθηκε με ένα σημείο. Γίνεται φανερό, ότι η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται πρωτίστως από την ακρίβεια στη ταξινόμηση της τάξης 'σκιά', κάτι που εύκολα υλοποιείται, λόγω της φασματικής διαφοράς της τάξης αυτής με τις υπόλοιπες. Ωστόσο σε περιοχές που παρουσιάζουν φασματική ετερογένεια, μπορούν να υπάρξουν λανθασμένες ταξινομήσεις ψηφίδων. Για τη βελτίωση της ταξινόμησης, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι όπως φίλτρα συνέλιξης κ.α. Συμπερασματικά, πρόκειται για μια γρήγορη εκτίμηση του αριθμού των δένδρων, η οποία μπορεί να βελτιωθεί, με τη χρήση και άλλων παραμέτρων, όπως δεδομένα από σαρωτές laser, τα οποία θα

οδηγήσουν σε περαιτέρω κατάτμηση των μεγάλων πολυγώνων της σκιάς γειτονικών δένδρων.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στη παραπάνω εργασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε επιχειρησιακό επίπεδο, συμβάλλοντας σε μελέτες διαχείρισης / προστασίας περιοχών με παρόμοιες συνθήκες βλάστησης, όπου υφίστανται Φορείς Διαχείρισης.

Σημειώνεται τέλος ότι η Λειτουργία του Φορέα Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης, εντάσσεται στο Επιχειρησιακό πρόγραμμα Μακεδονίας – Θράκης 2007-2013, στον άξονα προτεραιότητας: Αειφόρος Ανάπτυξη και Ποιότητα Ζωής στην ΠΚΜ, που συγχρηματοδοτείται κατά 80% από το ΕΤΠΑ και κατά 20% από Εθνικούς Πόρους, με την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας ως Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή.

V. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Bussios, N., Tsolakidis, Y., Tsakiri-Strati, M., Georgoula, O., "Integrated Hight Resolution Satellite Image, GPS and Cartographic Data in Urban Studies. Municipality of Thessaloniki", ISPRS Youth Forum, Istabul, June 2004, pp. 215-220.
- [2] Chan, J. C., K. Chan, and A.G. Yeh, "Detecting the Nature of Change in an Urban Environment: A comparison of Machine Learning Algorithms", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67(2) pp. 213-225.
- [3] ERDAS, Inc. 2010. ERDAS Field Guide <http://www.erdas.com/Resources/ERDASFieldGuide.aspx>, Accessed April 1, 2011.
- [4] Greenberga, A. J., Dobrowskib, Z. S., Ustinb, L. S., "Shadow Allometry: Estimating Tree Structural Parameters Using Hyperspatial Image Analysis", Remote Sensing of Environment, 2005 (97) pp. 15 – 25.
- [5] Lennartz, P. S., Congalton, G.R., "Classifying and Mapping Forest Cover Types Using Ikonos Imagery in the Northeastern United States", ASPRS Annual Conference Proceedings, Denver, Colorado, May 2004.
- [6] Carle, M.V., Sasser, C., Wang, L., and Twilley, R., " Mapping Deltaic Wetland Vegetation at the Species-Level Using WorldView-2 Multispectral Imagery", Louisiana State University, Baton Rouge, LA.
- [7] Ruiliang, P., "Mapping Forest Tree Species Using IKONOS Imagery: Preliminary Results", Environmental Monitoring Assess, 2011, 172 pp. 199-214.
- [8] Soudani, K., François, C., Guerric le, M., Dantec, L.V., Dufrêne, E., "Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ Data for Leaf Area Index Estimation in Temperate Coniferous and Deciduous Forest Stands", Remote Sensing of Environment, 102 (2006) pp. 161-175
- [9] Wang, F., "Fuzzy Supervised Classification of Remotely Sensing Imagers" Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 1990, pp. 194-201
- [10] Zhang, J. and G. M. Foody, "A Fuzzy Classification of Sub-Urban Land Cover From Remotely Sensed Imagery", International Journal of Remote Sensing, 1998, 19 pp. 2721-2738.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Τσολακίδης Γ. Ιωάννης

Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Κερκίνης
Κερκίνη, 620 55 ΚΑΤΩ ΠΟΡΟΪΑ

Τηλ: 2327028004 - Fax: 2327028005

e-mail: tsolakidis@kerkini.gr

Χωρογραφίες/ Τόμος 2/ Αρ2/ 2011 – σελ 55-61

