

**Διαχρονική παρακολούθηση των αλλαγών των χρήσεων γης με τη χρήση
Τηλεπισκοπικών δεδομένων περιμετρικά της Λίμνης Κορώνειας στην περιοχή
Θεσσαλονίκης**

Α. Αϊναλή¹, Ι. Γήτας², Θ. Καταγής³, Α. Πολυχρονάκη⁴

¹Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακό Τμήμα Γεωπληροφορικής, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου, Αθήνα, e-mail: kainali30@gmail.com

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, 541 24 Θεσσαλονίκη, e-mail: igitas@for.auth.gr, ^{3,4}Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, 541 24 Θεσσαλονίκη, e-mail: thkatag@for.auth.gr, anpolych@for.auth.gr.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντική τεχνολογία που χρησιμοποιείται σήμερα στη διαχείριση του περιβάλλοντος. Το φυσικό περιβάλλον, που συγκαταλέγεται στους ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, δέχεται τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις. Η διαχρονική παρακολούθηση των επιδράσεων αυτών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον καθορισμό των μελλοντικών δράσεων. Αυτή η μελέτη, προσπαθεί να παρουσιάσει τις διαχρονικές αλλαγές των χρήσεων γης χρησιμοποιώντας τα δορυφορικά στοιχεία της τηλεπισκόπησης που συλλέχθηκαν σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η διαδικασία της ανίχνευσης των διαχρονικών αλλαγών απέδωσε διαφορετικά αποτελέσματα για τις επιμέρους κατηγορίες της φυσικής βλάστησης μεταξύ της περιόδου 1989 και 2007. Η έρευνα αφορά την περιοχή περιμετρικά του υδάτινου περιβάλλοντος της Λίμνης Κορώνειας Ν. Θεσσαλονίκης, σε έκταση η οποία χαρακτηρίζεται ως υδροβιότοπος ειδικής προστασίας σύμφωνα με τη συνθήκη RAMSAR. Για την υλοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis (PCA)). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση των τρεχουσών τεχνολογιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών παραμέτρων βελτιώνοντας τη γνώση μας σχετικά με τις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά, την κατάσταση, τις τάσεις και τις αλλαγές των φυσικών οικοσυστημάτων.

Λέξεις κλειδιά: Επεξεργασία εικόνας, Τηλεπισκόπηση, Τηλεπισκοπικά δεδομένα, Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών, χρήσεις γης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χάρτες, το κατ' εξοχήν μέσο με το οποίο αποτυπώθηκε η ανθρώπινη περιπέτεια πάνω στον πλανήτη, αποκρυπτογραφούν την εξέλιξη του πολιτισμού, τις αλλαγές που έζησαν οι ανθρώπινες κοινωνίες στη διάρκεια των αιώνων. Πρόκειται για ένα αντικείμενο έρευνας, αλλά και ένα αντικείμενο τέχνης που μπορεί να αποκτήσει τεράστια συλλεκτική αξία (Κυριαζόπουλος, 2000). Οι θεματικοί χάρτες αποτυπώνουν πληροφορίες και έννοιες του γεωγραφικού χώρου μέσω διαγραμμάτων (Καρτέρης, 1992). Η Τηλεπισκόπηση δίνει τη δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, προκειμένου να αντλήσουν χρήσιμες πληροφορίες για το αντικείμενο (Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994).

Το φυσικό περιβάλλον, εξαιτίας των επιρροών που επιδρούν στον κύκλο ζωής του, είτε αυτές είναι φυσικές είτε ανθρώπινες επιρροές, όπως κλιματική αλλαγή και τεχνικά έργα, είναι φυσιολογικό να υφίσταται μεταβολές με διάφορα επίπεδα έντασης. Η διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών μπορεί να οδηγήσει στα πραγματικά αίτια με στόχο τη λήψη των κατάλληλων μέτρων προστασίας.

Η αποτύπωση της παρακολούθησης των διαχρονικών αλλαγών των χρήσεων γης, προϋποθέτει μία σειρά από παραμέτρους οι οποίες δε μπορούν να καλυφθούν μόνο με τις επίγειες μεθόδους παρατήρησης του τοπίου (Mas, J-F. 1999). Η χρήση σύγχρονων μεθόδων παρατήρησης, όπως είναι η τηλεπισκόπηση δίνει τη δυνατότητα να εστιάσουμε στην ανάπτυξη και την εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών για τη μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων και φαινομένων (Collins, J. and C. Woodcock. 1996). Ως παραδείγματα εφαρμογών σε περιβαλλοντικές μελέτες αναφέρονται, η καταγραφή αλλαγών σε δασικές περιοχές (Collins and Woodcock 1996, Mas 1999), η παρακολούθηση των παράκτιων μεταβολών στο Νομό Μαγνησίας (Περάκης κ.ά. 1997), η καταγραφή μεταβολών βλάστησης στο Νομό Πέλλας (Gitas et al. 2009), η καταγραφή πλημμυρών, δασικών πυρκαγιών και αποψίλωσης (Kuntz and Karteris 1993), η αναγνώριση και μεταβολή βιοτόπων προστατευμένων περιοχών (Μελιάδης κ.ά. 2004, Πλατής κ.ά. 2004), η απογραφή λιβαδιών (Πλατής κ.ά. 2001) και οι διαχρονικές μεταβολές χρήσεων γης λεκανών απορροής (Χουβαρδάς κ.ά. 2006, Αϊναλής κ.α. 2006, Αϊναλής κ.ά. 2007, Πλατής κ.ά. 2009). Οι αλλαγές σε αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να μετρηθούν κατά τη διάρκεια του χρόνου έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν την ανίχνευση (τυχαίων) αλλαγών.

Οι διαχρονικές αλλαγές που προκαλούνται σε μια περιοχή παρουσιάζονται με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και την επεξεργασία τους από τις σύγχρονες μεθόδους της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η Τηλεπισκόπηση σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών προσφέρουν τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων (Καρτέρης, 2004).

Οι περισσότερο διαδεδομένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης για τη συλλογή πληροφοριών της γήινης επιφάνειας είναι η μέθοδος της δορυφορικής τεχνολογίας, η χρήση των αεροφωτογραφιών, τα δεδομένα που λαμβάνονται από επίγειες μετρήσεις, καθώς και όσα αναφέρονται σε θεματικούς χάρτες, όπως τοπογραφικούς, εδαφολογικούς και γεωλογικούς χάρτες. Η πιο σύγχρονη και συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος τηλεπισκόπησης είναι η μέθοδος της δορυφορικής τεχνολογίας. Σημαντικό ρόλο συμμετοχής στη συλλογή δορυφορικών εικόνων παίζουν οι παράγοντες που έχουν σχέση με τον χρόνο λήψης των δορυφορικών δεδομένων, τη διακριτική και φασματική ικανότητα των δορυφόρων, το είδος της καταγραφόμενης βλάστησης, την πυκνότητα, την ηλικία, την υγεία των συστάδων, καθώς και παράγοντες που έχουν σχέση με τη βλάστηση και την επιφάνεια του εδάφους. Η ανάγκη διαχείρισης του περιβάλλοντος, καθώς και η ανάγκη της παρακολούθησης των αλλαγών που θα συμβούν στο μέλλον, μέσω των διαχειριστικών πρακτικών του ανθρώπου, οδήγησε το επιστημονικό ενδιαφέρον στη μελέτη των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα και στη συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων με σκοπό τη χωρική μοντελοποίηση των διεργασιών αυτών. Η διαχείριση αυτή σε προβληματικές περιοχές που έχουν υποστεί έντονα τις παρεμβάσεις του ανθρώπου, αποκτά ιδιαίτερη σημασία, κυρίως όταν τα οικοσυστήματα αυτά είναι υδάτινα και υπόκεινται σε ειδικό καθεστώς προστασίας, όπως η λίμνη Κορώνεια του Νομού Θεσσαλονίκης (Συνθήκη Ramsar, 1971).

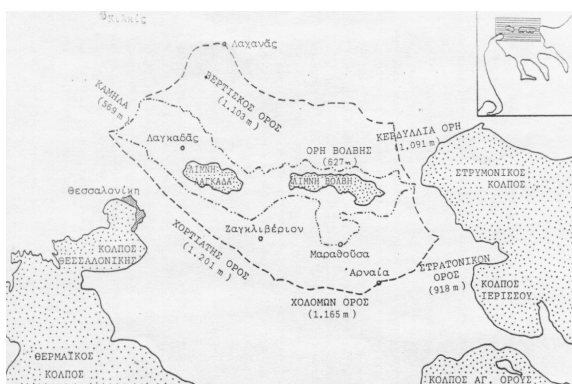
Σκοπός της εργασίας είναι η διαχρονική καταγραφή των μεταβολών των χρήσεων γης που καλύπτουν την περιοχή εντός και περιμετρικά του υδάτινου στοιχείου της λίμνης Κορώνειας του νομού Θεσσαλονίκης με τη χρήση των δορυφορικών εικόνων και

στηριζόμενοι στη μέθοδο της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis (PCA)).

Η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών (Principal Components Analysis) είναι μια μέθοδος η οποία έχει σκοπό να δημιουργήσει γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών έτσι ώστε οι γραμμικοί αυτοί συνδυασμοί να είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους αλλά συγχρόνως να περιέχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών (Ντζούφρας, 2001). Η μέθοδος της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis) είναι ουσιαστικά η απλούστερη και ευκολότερη μέθοδος για να ερμηνεύσει τα αληθινά ιδιοδιανύσματα ή χαρακτηριστικά διανύσματα (eigenvector) βασισμένη στην ανάλυση πολλών μεταβλητών.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή που εξετάζουμε βρίσκεται κοντά στην πόλη της Θεσσαλονίκης, σε απόσταση 12 χιλιομέτρων, στη λίμνη Κορώνεια (Λαγκαδά) σε ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα γης, διαχωρίζοντας τη χερσόνησο της Χαλκιδικής από τον κορμό της Μακεδονίας (Εικόνα 1). Είναι λίμνη - υπόλειμμα της παλιάς Μυγδονίας λίμνης και η ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκονται ονομάζεται λεκάνη της Μυγδονίας.



Εικόνα 1:Χάρτης προσανατολισμού ευρύτερης περιοχής λίμνης Κορώνειας

Picture 1: Orientation map in region of Lake Koronia.

Η περιοχή αποτελεί ένα σπάνιο σύμπλεγμα οικοσυστημάτων με λίμνες (Κορώνεια και Βόλβη), ποτάμια, παρόχθια δάση (παραλίμνιο δάσος Απολλωνίας, δάσος Ρεντίνας), καλαμώνες, υγρολίβαδα, θαμνώνες και γεωργικές εκτάσεις που συγκροτούν έναν σημαντικό υγρότοπο και προστατεύονται ως «Υγρότοποι Διεθνούς Σημασίας» ιδιαίτερα ως «Βιότοποι Υδροβίων Πουλιών» σύμφωνα με την Διεθνή Σύμβαση του Ramsar (την οποία η Ελλάδα έχει επικυρώσει ως μέλος, με το Ν.Δ. 191/20. 11. 74, ΦΕΚ 350α/74) καθώς και την Κοινοτική Οδηγία 79/409. Ο Δήμος του Νομού Θεσσαλονίκης που καλύπτει διοικητικά την λίμνη Κορώνεια είναι αυτός του Λαγκαδά. Η περιοχή δομείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο έντονα ρωγματομένο, που τεκτονικά εντάσσεται στη Σερβομακεδονική μάζα, με εξαίρεση το δυτικό τμήμα της λεκάνης (υπολεκάνη Λαγκαδά) που αποτελεί το όριο μεταξύ Σερβομακεδονικής μάζας και ζώνης Αξιού (Karavokyris et al. 1998). Επίσης, σημαντική έκταση της περιοχής ανήκει στη Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης – *Quercetalia prubescensis* (Λοφώδης υποορεινή περιοχή) (Αθανασιάδης 1986). Κυρίαρχο είδος είναι το πουρνάρι σχηματίζοντας εκτεταμένους πρινώνες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την υλοποίηση της εργασίας, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι δορυφορικές εικόνες που λήφθηκαν σε δύο χρονικές στιγμές: το 1989 και το 2007. Δορυφορικές εικόνες Landsat 4-5 MSS με χρόνο λήψης την 23η Ιουνίου 1989 και Landsat 7 με χρόνο λήψης την 19η Ιουλίου 2007.

Η εργασία ολοκληρώθηκε στα παρακάτω στάδια: α) πρώτα έγινε η Προεπεξεργασία των δεδομένων κατά την οποία έγινε η Γεωμετρική Διόρθωση των δύο εικόνων και η Οριοθέτηση των εικόνων περιμετρικά της λίμνης και β) ακολούθησε η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis (PCA)). Το πρώτο στάδιο εξυπηρετεί στην εύρεση της ακριβούς γεωγραφικής θέσης των pixels, διότι εξαιτίας διαφόρων αιτιών, όπως είναι η κίνηση της γης, η κίνηση του δορυφόρου, οι αποκλίσεις της ατράκτου, οι υψομετρικές διαφορές, τα δορυφορικά δεδομένα

παρουσιάζουν συστηματικά και τυχαία σφάλματα, τα οποία επηρεάζουν τη θέση των pixels και παραμορφώνουν την εικόνα. Στο δεύτερο στάδιο, από τα αποτελέσματα της αυτόματης ταξινόμησης των δορυφορικών εικόνων χωριστά, ανιχνεύθηκαν οι διαχρονικές αλλαγές που προκλήθηκαν στην περιοχή τη χρονική περίοδο 1989 με 2007. Για την πραγματοποίηση της ταξινόμησης έπειτα από μια οπτική παρατήρηση των εικόνων χωριστά επιλέχθηκαν οι κατηγορίες ταξινόμησης, οι οποίες συντέλεσαν στην σύγκριση ανάμεσα στις δύο εικόνες για να παρουσιάσουν τις διαχρονικές αλλαγές της περιοχής έρευνας. Οι κοινές κατηγορίες που επιλέχθηκαν στις δύο εικόνες είναι η λίμνη, οι εκτάσεις με περιορισμένη υψηλή φυσική βλάστηση, οι γεωργικές καλλιέργειες, τα αείφυλλα πλατύφυλλα και η τεχνητή επιφάνεια, ενώ στην εικόνα του 2007 παρατηρήθηκαν και οι καμένες εκτάσεις, ο δρόμος και ο βάλτος. Η επιλογή των κατηγοριών έγινε σύμφωνα με τη είδους παρατήρηση επιθυμούμε να πραγματοποιήσουμε. Η έρευνα της περιοχής στηρίζεται κυρίως στη λίμνη Κορώνεια, στις αλλαγές της, αλλά και στο πως επηρεάστηκαν οι εκτάσεις περιμετρικά της λίμνης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες και ιδιαίτερα μετά το 1980, η περιοχή έρευνας υπέστη σημαντικά έντονες παρεμβάσεις με συνέπεια την αλλαγή των χαρακτηριστικών της. Οι διακυμάνσεις των χαρακτηριστικών της λίμνης υπήρξαν έντονες και καταστροφικές για την περιοχή αλλά και για το φυσικό περιβάλλον γύρω από τη λίμνη. Οι μεταβολές του φυσικού περιβάλλοντος και η αλόγιστη χρήση της λίμνης από τους κατοίκους της περιοχής (αγρότες, κτηνοτρόφους, αλιείς, κλπ.) υπήρξαν αρκετά δυνατά στοιχεία για να επιφέρουν αυτά τα αποτελέσματα.

Η ανάγκη παρακολούθησης των διαχρονικών μεταβολών στην περιοχή έρευνας, οδήγησε στη χρήση μεθόδου Τηλεπισκόπησης με την ανάλυση πολυφασματικών εικόνων. Δηλαδή, εικόνες, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από ψηφιακά δεδομένα σε διάφορα μήκη κύματος, συχνά εμφανίζονται παρόμοιες και εμπεριέχουν την ίδια πληροφορία. Ο μετασχηματισμός σε κύριες συνιστώσες έχει αναπτυχθεί ώστε να εξαλείψει ή να ελαττώσει τέτοιου είδους πλεονάσματα στα πολυφασματικά δεδομένα (Αργιαλάς 1998).

Σύμφωνα με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών αναδείχθηκαν τα αποτελέσματα, τα οποία μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τις μεταβολές των χρήσεων γης. Ακολουθώντας μια προεργασία ενοποίησης των εικόνων (με χρήση και των 7 φασματικών καναλιών που έχει η κάθε εικόνα, δηλαδή στο σύνολο 14) και χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αυτόματης ανάλυσης καταλήγουμε στα παρακάτω αποτελέσματα.

Ο Πίνακας 1 δείχνει τα ιδιοδιανύσματα των κύριων συνιστωσών. Τα αποτελέσματα αυτά μας παρουσιάζουν ένα σύνολο ιδιοτιμών, από τις οποίες αντλούμε την πληροφορία για τις μεταβολές που προκλήθηκαν στην περιοχή έρευνας. Η κάθετη στήλη αντιπροσωπεύει την κάθε κύρια συνιστώσα, οι τιμές της οποίας αντιστοιχούν σε ένα φασματικό κανάλι της οριζόντιας γραμμής. Η σύγκριση των διαχρονικών αλλαγών βασίστηκε στις μεγαλύτερες τιμές των διανυσμάτων σε κάθε συνιστώσα. Δηλαδή, στην πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) θετικά συμβάλει το κανάλι 5 με ιδιοτιμή 0,531 από την πρώτη εικόνα και το πέμπτο αντίστοιχα κανάλι της δεύτερης με ιδιοτιμή 0,576, ενώ αρνητικά το κανάλι 1 στην πρώτη με ιδιοτιμή 0,066 και στη δεύτερη το κανάλι 6 με ιδιοτιμή 0,075. Παρατηρούμε ότι η πρώτη κύρια συνιστώσα έχει μεγαλύτερη διακύμανση ή δυναμικό εύρος από τις άλλες παίρνοντας τις απόλυτες τιμές τους, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η συνιστώσα τόσο οι τιμές διακύμανσης των δεδομένων είναι μικρότερες. Αυτό συμβαίνει διότι η τεχνική οδηγείται σε μια ελάττωση των διαστάσεων του διανυσματικού χώρου προτύπων, δηλαδή των χρησιμοποιούμενων καναλιών (Αργιαλάς 1998).

Έπειτα από την οπτική παρακολούθηση των εικόνων παρατηρούνται οι αλλαγές σε κάθε συνιστώσα. Η κύρια συνιστώσα 1 δείχνει ιδιαίτερα τις περιοχές με περιορισμένη υψηλή φυσική βλάστηση, αστική περιοχή και γυμνές εκτάσεις, δηλαδή εμφανίζει τις περιοχές που έχουν υποστεί παύση της καλλιέργειας με πιθανότερη αιτία αυτή των ανθρωπογενών επεμβάσεων και της υπερβόσκησης, ενώ μεγάλη ευκρίνεια εντοπίζεται στο ανάγλυφο κυρίως στις περιοχές που δεν υπάρχει σημαντική βλάστηση. Η κύρια συνιστώσα 2 παρουσιάζει περισσότερο έντονα από την πρώτη τις διαφορές που υπάρχουν στη βλάστηση και παρουσιάζει καλή διάκριση του αναγλύφου. Η τρίτη κύρια

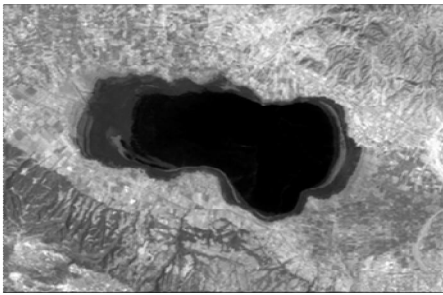
συνιστώσα μας δίνει πληροφορίες για τις διαφορές που υπάρχουν κυρίως στα πλατύφυλλα, δηλαδή στη βλάστηση με έντονη χλωροφύλλη. Αυτό συμβαίνει διότι στα πρώτα 7 κανάλια, το κανάλι 3 έχει τη μικρότερη τιμή και το 4 τη μεγαλύτερη, ενώ στις επόμενες 7 το τρίτο κανάλι έχει τη μεγαλύτερη τιμή και το τέταρτο τη μικρότερη. Χαρακτηριστικά, όπως η βλάστηση, εμφανίζονται με πιο άσπρους τόνους, λόγω της σχετικά μικρής ανακλαστικότητας στο κόκκινο κανάλι (κανάλι 3), και υψηλές ανακλαστικότητες στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι (κανάλι 4). Το διάνυσμα 4 δηλώνει τις διαφορές που υπάρχουν στο νερό. Η κύρια διαχρονική αλλαγή που παρατηρείται στην κύρια συνιστώσα 5 είναι διαφορές που υπάρχουν στη βλάστηση και την αστική περιοχή. Οι κύριες συνιστώσες 6, 7 και 8 έχουν πολύ μικρό ποσοστό διακύμανσης των δεδομένων και δεν μπορούμε να διακρίνουμε κάποιες διαφορές, οπότε χάνεται η οπτική τους ευκρίνεια και τείνουν να απεικονίζουν εντονότερα το θόρυβο του συστήματος.

Πίνακας 1: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύριων συνιστωσών όπου σε κάθε φασματικό κανάλι (οριζόντια γραμμή) αντιστοιχεί μια ιδιοτιμή σύμφωνα με την οποία διαπιστώνουμε τι μας δείχνει η κάθε κύρια συνιστώσα (κάθετη στήλη).

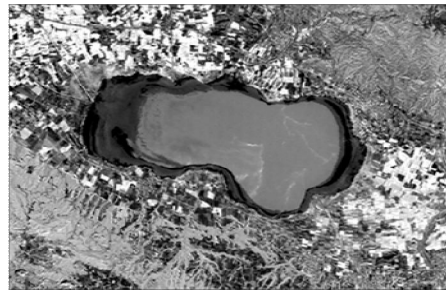
Table 1: The results of Principal Component Analysis in each band (horizontal line) correspond to a value which shows us the results of each principal component (vertical column).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0661032	-0,1577455	0,0765036	-0,0805140	0,2861780	0,2572969	-0,0075781	-0,0550116
2	0,0934402	-0,2117607	0,0882079	-0,0764229	0,4389363	0,3769041	0,0582506	-0,4147649
3	0,1569167	-0,2973827	0,1131765	-0,1570072	0,3107479	0,3332620	0,0561174	0,2299079
4	0,2314726	0,2070908	-0,5531926	0,6685255	0,2702754	0,1908679	0,1313718	0,1113421
5	0,5316256	-0,5409488	-0,2269553	0,1136249	-0,2922281	-0,2937534	-0,1507554	-0,2877871
6	0,1059031	-0,1021125	0,0160273	-0,0971016	-0,2242729	0,0024093	0,9042037	0,0842454
7	0,2724027	-0,3700876	0,0193032	-0,1064997	0,0161983	0,0024752	-0,1182026	0,5081549
8	0,0699876	0,0146607	0,2089305	0,0938660	0,3791390	-0,4663836	0,0897842	-0,3751101
9	0,0433152	0,01112434	0,1351588	0,0529957	0,2299146	-0,2791163	0,0291476	-0,0520420
10	0,1425463	0,0559805	0,2932328	0,1607138	0,2998600	-0,3751732	0,1541716	0,3818624
11	0,2990447	0,3497333	-0,4845478	-0,6535693	0,2473320	-0,1996094	0,0187182	0,0185692
12	0,5760504	0,4372215	0,3183942	-0,0249769	-0,2399382	0,2637748	-0,1011046	-0,0787552
13	0,0757127	0,0442534	0,0693767	0,0115602	-0,1205484	0,1102290	0,2675007	-0,3294429
14	0,2942183	0,2000592	0,3556931	0,1306111	-0,0082159	0,0140903	-0,0839611	0,0850547

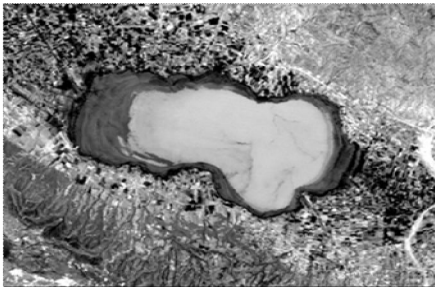
Με την εφαρμογή της μεθόδου Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών οδηγούμαστε στις παρακάτω εικόνες, οι οποίες αποτελούν τις κύριες συνιστώσες της διακύμανσης των δεδομένων:



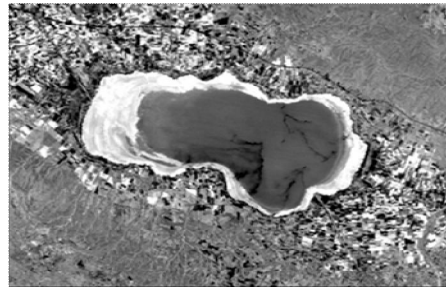
α. Principal Component 1(PC1).



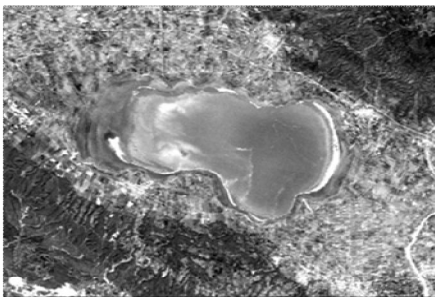
β. Principal Component 2 (PC2).



γ. Principal Component 3 (PC3).



δ. Principal Component 4 (PC4).



ε. Principal Component 5 (PC5).



στ. Principal Component 6(PC6).



ζ. Principal Component 7 (PC7).



η. Principal Component 8 (PC8).

Εικόνα 1: Οι Κύριες Συνιστώσες της διακύμανσης των δεδομένων. Όπου **α** είναι η κύρια συνιστώσα 1, **β** η κύρια συνιστώσα 2, **γ** η κύρια συνιστώσα 3, **δ** η κύρια συνιστώσα 4, **ε** η κύρια συνιστώσα 5, **στ** η κύρια συνιστώσα 6, **ζ** η κύρια συνιστώσα 7 και **η** η κύρια συνιστώσα 8 (Σε συνδυασμό με Πίνακα 1).

Figure 1: The Principals Component of the variance of the data. At **α** there is principal component 1, **β** there is principal component 2, **γ** there is principal component 3, **δ** there is principal component 4, **ε** there is principal component 5, **στ** there is principal component 6, **ζ** there is principal component 7, **η** there is principal component 8. (Combination with Table 1).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η χρήση της Τηλεπισκόπησης προσφέρει τη δυνατότητα της παρακολούθησης των διαχρονικών αλλαγών στις χρήσεις γης.
- Η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis (PCA)), παρέχει ποιοτικά αποτελέσματα για τον εντοπισμό των διαχρονικών αλλαγών των χρήσεων γης σε μια περιοχή.
- Ο μετασχηματισμός των πολυφασματικών εικόνων σε κύριες συνιστώσες εφαρμόστηκε ως μια τεχνική ενίσχυσης πριν από την Φωτοερμηνεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασιάδης, Ν.Η.1986. Δασική Φυτοκοινωνιολογία, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- Αϊναλής, Α., Ι. Μελιάδης, Π. Πλατής και Κ. Τσιουβάρας. 2006. Ταξινόμηση και διαχρονική παρακολούθηση των βοσκόμενων δασικών εκτάσεων στη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Μπογδάνα Ν. Θεσσαλονίκης. Στο: Β.Π. Παπαναστάσης και Ζ.Μ. Παρίση (Εκδότες), *Λιβαδοπονία ξηροθερμικών περιοχών*. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Ηράκλειο, 1-3 Νοεμβρίου 2006. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Δημ. Νο 13, σελ., 221-226.
- Αϊναλής, Α., Π. Πλατής, Ι. Μελιάδης, Σ.Χ. Παπαδοπούλου, Π. Σκλάβου και Κ. Τσιουβάρας. 2007. Διαχρονική παρακολούθηση μεταβολής της λιβαδικής βλάστησης στην υπολεκάνη Νέας Απολλωνίας της επαρχίας Λαγκαδά και είδη εντόμων γεωργικού ενδιαφέροντος που απαντώνται στην περιοχή. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Καστοριά 7-10 Οκτωβρίου 2007. Τόμος II, σελ. 402-410.
- Αργιαλάς Δ., 1998. Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα.
- Collins, J. and C. Woodcock. 1996. Explicit Consideration of Multiple Landscape Scales While Selecting Spatial Resolutions. Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences: Second International Symposium, USDA-Forest Service, Ft. Collins, CO.
- Gitas, I., M. Meliadis, T. Katagis, A. Polychronaki and I. Meliadis. 2009. *Monitoring land use/cover change with the use of object based image analysis and LANDSAT imagery*. 3rd EARSeL Workshop of Remote Sensing of Land Use & Land Cover Bonn, 25-27 November 2009.
- Karavokyris et al., Knight Piesold, Anelixi, Agrisystems, 1998. Περιβαλλοντική αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας-τελική έκθεση-μετάφραση από το αγγλικό πρωτότυπο, Ταμείο Συνοχής, Αθήνα.
- Καρτέρης Μ.Α., 1992. Χαρτογράφηση Δασικών Εκτάσεων. Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης.
- Καρτέρης Μ.Α., 2004. Τηλεπισκόπηση περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογία και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχείρισης και Τηλεπισκόπησης.
- Καρτέρης Μ.Α., 2004. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογία και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχείρισης και Τηλεπισκόπησης.
- Kuntz, S. and M. Karteris. 1993. Fire risk modeling based on satellite remote sensing and GIS, p. 165-177. In: "Satellite technology and GIS for Mediterranean forest mapping and fire management", International Workshop. Thessaloniki Greece, 4-6 November 1993 European Commission.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994. Remote sensing and image interpretation. Third Edition. John Willey and Sons Inc. 750 p.
- Mas, J-F. 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 20(1):139-152.
- Μελιάδης, Ι., Κ. Ραδόγλου και Σ. Καζαντζίδης. 2004. Παρακολούθηση των αλλαγών βιοτόπων στη περιοχή Ειδικής Προστασίας Όρη Αντιχάσια – Μετέωρα με τη χρήση ψηφιακών διαχρονικών δορυφορικών εικόνων. ΕΘ.ΙΑ.Γ.Ε. – Ι.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 61 (αυτοτελείς εκδόσεις).
- Ντζούφρας Ι., 2001. Στοιχεία Πολυμεταβλητής Ανάλυσης Δεδομένων, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Περάκης, Κ., Η. Μπεριάτος και Ι. Γκέσκου. 1997. "Μελέτη των χρονικών μεταβολών χαρακτηριστικών των παράκτιων περιοχών του νομού Μαγνησίας την τελευταία

- εικοσαετία βασισμένη σε χάρτες και δορυφορικές εικόνες”, σελ 103-111. 4^ο Εθνικό Συνέδριο Χαρτογραφίας, Χαρτογραφία και Χάρτες στην Ανάδειξη και την Προστασία του Περιβάλλοντος.
- Πλατής, Π.Δ., Θ.Γ. Παπαχρήστου και Β.Π. Παπαναστάσης. 2001. Δυνατότητες αξιοποίησης του προγράμματος απογραφής βοσκοτόπων στη διαχείριση των λιβαδιών της Περιφέρειας Ηπείρου, σελ. 43-49. Η Λιβαδοπονία στο κατώφλι του 21^{ου} αιώνα (Θ. Παπαχρήστου και Ο. Ντίνη-Παπαναστάση, εκδότες). Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Ιωάννινα, 4-6 Οκτωβρίου 2000. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία. Δημ. Νο 9.
- Πλατής, Π., Ι. Μελιάδης, Θ. Παπαχρήστου, Δ. Τρακόλης, Σ. Καζαντζίδης, Κ. Μαντζανάς, Α. Μάκρας, Α. Δημαλέξης και Σ. Μπουρδάκης. 2004. Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών βιοτόπων στα όρη Ακαρνανικά με τη χρήση δορυφορικών εικόνων για αειφορική διαχείριση και προστασία. Τελική Έκθεση (Τεύχος Α) Προγράμματος “Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη”. Ε.Τ.ΕΡ.Π.Σ. –Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.- Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών. Θεσσαλονίκη, σελ. 58 (αυτοτελής έκδοση).
- Πλατής Π., Α.Β. Αϊναλής, Ι. Μελιάδης και Κ. Τσιουβάρας. 2009. Διαχρονική παρακολούθηση των βοσκόμενων δασικών εκτάσεων στη λεκάνη απορροής Βαμβακιάς Νομού Θεσσαλονίκης. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τόμος II, σελ. 167-176.
- Συνθήκη Ramsar, 1971. Υγροβιότοποι Διεθνούς Σημασίας. Για την Ελλάδα Ν.Δ. 191/74
- Χουβαρδάς, Δ., Ι. Ισπικούδης και Β. Παπαναστάσης, 2006. Ανάλυση των διαχρονικών αλλαγών του τοπίου της λεκάνης Κολχικού της λίμνης Κορώνειας με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), σελ. 253-261. Λιβάδια των πεδινών και ημιορεινών περιοχών: Μοχλός ανάπτυξης της υπαίθρου (Π. Πλατής, Α. Σφουγγάρης, Θ. Παπαχρήστου και Α. Τσιόντσης, εκδότες). Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου, Βόλος, 10-12 Νοεμβρίου 2004. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία. Δημ. Νο 12.

Multitemporal monitoring of changes in land use with remote sensing data around Lake Koronia in Thessaloniki region

A. Ainali¹, I. Gitas², T. Katagis³, A. Polychronaki⁴

¹National Technical University of Athens, MSc Geoinformatics, of Rural and Surveying Engineering, Zografou Campus, Iroon Polytechniou 9, 15780 Zografou, Athens, e-mail: kainali30@gmail.com, ²Aristotle University of Thessaloniki, Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, 541 24 Thessaloniki, e-mail: igitas@for.auth.gr, ^{3,4}Aristotle University of Thessaloniki, Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, 541 24 Thessaloniki, e-mail: thkatag@for.auth.gr, anpolych@for.auth.gr.

ABSTRACT

The remote sensing is an important technology used today in the management of the environment. Natural ecosystems, which are among the renewable natural resources, accept the environmental and socio-economic effects. The temporal monitoring of these effects offers significant advantages in controlling future actions. This study established the temporal changes of land covering with the use of satellite remote sensing data collected from two different times. The process of detecting time changes yielded different results for different categories of natural vegetation between the period 1989 and 2007. The investigation concerns the region around the aquatic environment of Lake Koronia of Thessaloniki prefecture, an area which is designated as wetland of special protection under the Treaty RAMSAR. For the implementation of the survey the method of Principal Components Analysis (PCA) was used. The results showed that the use of current technologies could be used for the formulation of environmental parameters improving our knowledge about the properties, characteristics, the status, trends and changes in natural ecosystems.

Key words: Image processing, Remote Sensing, Remote Sensing data, Principal Component Analysis, land cover.