

## ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Κωτσόπουλος Κ.<sup>1</sup>, Αργιαλάς Δ.<sup>1</sup>, Κασσιός Κ.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης,

<sup>2</sup>Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας και Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ζωγράφου 15780

### Περίληψη

Στην περιβαλλοντική ανάλυση τοπίου έχουν δημιουργηθεί εμπειρικοί δείκτες ερμηνείας τοπίου, οι οποίοι αξιολογούνται ποιοτικά από τους έμπειρους μέσω επίγειων φωτογραφιών. Η συγκεκριμένη έρευνα μελέτησε τις ψηφιακές τεχνικές ανάλυσης εικόνας με τις οποίες, θα μπορούσαν να αναγνωριστούν τα φυσικά αντικείμενα ενός εξωτερικού περιβάλλοντος από ψηφιακές επίγειες φωτογραφίες και μέσα από τα φυσικά αντικείμενα, να εξαχθούν αυτόματα περιβαλλοντικοί δείκτες. Για την εφαρμογή των τεχνικών ανάλυσης εικόνας επιλέχθηκε η αντικειμενοστραφής ανάλυση και προγραμματίστηκε μέσα στο λογισμικό eCognition. Οι τιμές των περιβαλλοντικών δεικτών που εξήχθησαν σε συγκεκριμένες φωτογραφίες από την έρευνα έχουν μεγάλη ταυτοποίηση με τις τιμές που έδωσαν σε αυτές οι έμπειροι.

### OBJECT ORIENTED ANALYSIS OF DIGITAL PHOTOGRAPHS FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF LANDSCAPE CHARACTERISTICS

Kotsopoulos K.<sup>1</sup>, Argialas D.<sup>1</sup>, Cassios K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Remote Sensing Laboratory

<sup>2</sup>Laboratory of Physical Geography and Environmental Impact, School of Rural and Surveying Engineering, National Technical University of Athens, Zografou 15780

### Abstract

In the environmental image analysis of Landscape, empirical indicators have been developed. These indicators are being evaluated qualitatively by experts from ground photos. This research studied the digital image analysis techniques and specifically those which could be used to recognize the natural objects of the environment from digital photos and through the classified natural objects to automatically extract environmental indicators. For the application of the digital image analysis techniques, an object oriented image analysis methodology was developed and was programmed in eCognition. The values of the environmental indicators which were quantified in the present research, they have matched the values provided by landscape evaluation experts.

**Λέξεις κλειδιά:** Ανάλυση τοπίου, δείκτες αξιολόγησης τοπίου, φωτοερμηνεία, επίγειες φωτογραφίες, eCognition.

**Key words:** Image interpretation, landscape indicators, ground photos, eCognition.

### 1. Εισαγωγή - Ανασκόπηση Πεδίου

Το τοπίο σαν όρος εστιάζεται πάνω στις οπτικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Περιέχει δηλαδή όλα τα χαρακτηριστικά, ανθρωπογενή, φυσικά, βιολογικά τα οποία έχουν οπτική οντότητα (Κασσιός 1989)). Η ποιότητα του τοπίου μπορούμε να ισχυριστούμε ότι εξάγεται από την άθροιση οικολογικών, πολιτισμικών και ψυχολογικών παραγόντων.

Το τοπίο οφείλουμε να το αναγνωρίσουμε σαν ένα φυσικό πόρο και επομένως σαν μία μεταβλητή που πρέπει να εξεταστεί σε αποφάσεις που σχετίζονται με την διαχείριση της γης. (Dearden 1985). Όταν κάποιος αξιοποιεί τοπία οφείλει να χρησιμοποιεί μία διεπιστημονική προσέγγιση και να επικοινωνεί με άλλους αξιολογητές (Appleton 1975).

Για την αξιολόγηση της ποιότητας του τοπίου είναι αναγκαία η δημιουργία κάποιων μοντέλων αξιολόγησης. Μέσα στα μοντέλα αυτά αξιολόγησης δημιουργούνται κάποιοι περιβαλλοντικοί δείκτες που σκοπεύουν να προσδώσουν μία αριθμητική διαβάθμιση στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τοπίου. Μία δομημένη συστηματική διαδικασία από αποτίμηση τοπίου, ταξινόμηση, ανάλυση και αξιολόγηση, θα προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο μέσα στο οποίο απόψεις πάνω στην διαχείριση των χρήσεων γης μπορούν να συζητηθούν (Cooper and Murray 1992). Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην ανάπτυξη μεθόδων ποσοτικών εκτιμήσεων για επεμβάσεις στο τοπίο είναι η μέτρηση της συνεισφοράς συγκεκριμένων στοιχείων του τοπίου σε σχέση με το όλο τοπίο (Buhoff and Riesenmann 1979).

Ένα τμήμα του τοπίου, το αστικό πράσινο, έχει διερευνηθεί μέσα από την χρήση αντικειμενοστραφούς ανάλυσης δεδομένων Ikonos (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002). Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης έρευνας καταδεικνύεται πως ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός του αστικού πρασίνου μπορεί να επιτευχθεί με μεγάλη ακρίβεια, εξαιτίας του ότι η ταξινόμηση δεν γίνεται σε επίπεδο εικονοστοιχείου, αλλά χρησιμοποιούνται χωρικά μαζί με τα φασματικά χαρακτηριστικά ώστε να επιφέρει μία θεματική και όχι μόνο φασματική ταξινόμηση.

Αρχικός στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η αυτόματη ποσοτικοποίηση συγκεκριμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του τοπίου μέσα από μία επίγεια ψηφιακή φωτογραφία και στην συνέχεια μέσα από τις τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών να οδηγήσει στην κατηγοριοποίηση του τοπίου. Εξαιτίας του ότι η επιλογή των αναγκαίων ποιοτικών χαρακτηριστικών του τοπίου για την κατηγοριοποίηση του τοπίου δέχεται επιμέρους διερευνήσεις, επιλέχθηκαν δέκα βασικοί δείκτες που καλύπτουν ένα ικανοποιητικό φάσμα χαρακτηριστικών του τοπίου. Η ποσοτικοποίηση των δέκα ποιοτικών δεικτών του τοπίου παρουσίασε πολλές δυσκολίες. Από τους δέκα περιβαλλοντικούς δείκτες έγινε με ικανοποιητικά αποτελέσματα η ποσοτικοποίηση σε πέντε από αυτούς, συν των περιβαλλοντικών δεικτών της εποχής, που μπορεί εύκολα να εξαχθεί μέσα από την ημερομηνία, που πάρθηκε η φωτογραφία. Οι πέντε δείκτες που ποσοτικοποιήθηκαν με επιτυχία ήταν οι δείκτες: **‘Φυσικότητα Τοπίου’**, **‘Σχετική Θέση Παρατήρησης’**, **‘Έδαφοκάλυψη με Βλάστηση’**, **‘Είδος Βλάστησης’** και **‘Παρουσία Νερού’**. Αναλυτικά οι πέντε δείκτες, εκ των δέκα, που ποσοτικοποιήθηκαν με επιτυχία περιγράφονται παρακάτω (Mougiakakou et al. 2005).

Ο **δείκτης φυσικότητας τοπίου N(2.1)** αναφέρεται στην διάκριση μεταξύ αστικού και φυσικού τοπίου. Ανάλογα με την παρουσία ή όχι ανθρωπογενών στοιχείων ο δείκτης παίρνει τιμές από 1 έως 3. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- **Αστικό Τοπίο - N=1:** Την τιμή N=1 παίρνει ένα τοπίο άμα υπάρχουν μόνο ανθρωπογενή στοιχεία, δηλαδή καθόλου φυσικά στοιχεία. Τέτοιες περιπτώσεις έχουμε συνήθως όταν το τοπίο περιέχει μόνο κτίρια, δρόμους κ.ά.
- **Μικτό Τοπίο - N=2:** Την τιμή N=2 παίρνει ένα τοπίο άμα υπάρχουν και ανθρωπογενή στοιχεία, αλλά και φυσικά στοιχεία. Τέτοιες περιπτώσεις έχουμε όταν μέσα στο φυσικό τοπίο υπάρχουν πυρήνες από ανθρωπογενή στοιχεία, όπως για παράδειγμα ένα χωριό πάνω σε μία βουνοπλαγιά.
- **Φυσικό Τοπίο - N=3:** Την τιμή N=3 παίρνει ένα τοπίο όταν υπάρχουν μόνο φυσικά στοιχεία, δηλαδή καθόλου ανθρωπογενή στοιχεία. Τέτοιες περιπτώσεις έχουμε συνήθως όταν το τοπίο περιέχει δάση, χέρσες περιοχές, θάλασσα κ.ά.

Ο **δείκτης θέσης παρατήρησης** που προσδιορίζει την σχετική υψομετρική θέση που έχει

ο παρατηρητής ως προς τα αντικείμενα που παρατηρεί. Ο δείκτης αυτός είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης, εξαιτίας του ότι από την θέση παρατήρησης μπορούμε να αντιληφθούμε το μέγεθος των αντικειμένων παρατήρησης. Οι τιμές που σχεδιάστηκε να παίρνει ο δείκτης είναι από 1 έως 3 και αναλύονται παρακάτω.

- **Κατώτερη Θέση Παρατήρησης - P=3:** Ο παρατηρητής βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από τα αντικείμενα παρατήρησης.
- **Ίση Θέση Παρατήρησης - P=2:** Ο παρατηρητής βρίσκεται σε περίπου το ίδιο ύψος με τα αντικείμενα παρατήρησης.
- **Ανώτερη Θέση Παρατήρησης - P=1:** Ο παρατηρητής βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από τα αντικείμενα παρατήρησης.

Ο **δείκτης Εδαφοκάλυψης με Βλάστηση FC(2.6)** αποτελεί μία ποσοτική εκτίμηση της εδαφοκάλυψης με βλάστηση στο απεικονιζόμενο τοπίο, και παίρνει τιμές από 1 έως 3.

- **Λίγη Βλάστηση - FC=1:** Γυμνό έδαφος με καθόλου ή λίγη βλάστηση.
- **Μέτρια Βλάστηση - FC=2:** Το ήμισυ περίπου του απεικονιζόμενου τοπίου καλύπτεται με βλάστηση.
- **Πολλή Βλάστηση - FC=3 :** Όλο ή σχεδόν όλο το απεικονιζόμενο τοπίο καλύπτεται με πυκνή βλάστηση.

Ο **δείκτης Είδους Βλάστησης F(2.7)** ταξινομεί τα είδη της βλάστησης που εμφανίζονται στο απεικονιζόμενο τοπίο με βάση το καθ' ύψος μεγεθός τους. Ο συγκεκριμένος δείκτης παίρνει τιμές από 1 έως 3, που αναφέρονται στην συνέχεια.

- Ποώδης-Θαμνώδης - F=1
- Μικτή κατηγορία - F=2
- Δενδρώδης - F=3

Ο **δείκτης Παρουσίας Νερού W(2.9)** που αναφέρεται στην ποσοτική εκτίμηση της παρουσίας ή της κάλυψης του απεικονιζόμενου τοπίου με νερό. Ο δείκτης σχεδιάστηκε να παίρνει τιμές από 1 έως 4, όπως παρουσιάζεται στην συνέχεια.

- **Καθόλου κάλυψη με ύδατα - W=1 :** Δεν απεικονίζονται καθόλου ύδατα.
- **Λίγη κάλυψη με ύδατα - W=2 :** Η ύπαρξη υδάτων είναι περιορισμένη και δεν κυριαρχεί στο απεικονιζόμενο τοπίο.
- **Μέτρια κάλυψη με ύδατα - W=3:** Η ύπαρξη υδάτων είναι αρκετά εκτενής και μπορεί να καταλαμβάνει έως και το μισό θεματικό περιεχόμενο του απεικονιζόμενου τοπίου.
- **Μεγάλη κάλυψη με ύδατα - W=4 :** Η ύπαρξη υδάτων αποτελεί το κυρίως θέμα του απεικονιζόμενου τοπίου.

Η ποσοτικοποίηση των παραπάνω δεικτών επιτεύχθηκε με την χρήση της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης ανάλυσης εικόνας που προσφέρει το λογισμικό eCognition. Οι βασικές μονάδες επεξεργασίας της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας είναι τα αντικείμενα της εικόνας οπότε η ταξινόμηση εκτελείται στα αντικείμενα της εικόνας. Μέσα από την αντικειμενοστραφή προσέγγιση και ύστερα από μια σειρά διαδικασιών ανάλυσης - ταξινόμησης οδηγήμαστε στην δημιουργία αντικειμένων του πραγματικού κόσμου. Το λογισμικό αυτό έχει την δυνατότητα να παράγει αντικείμενα μίας εικόνας σε οποιαδήποτε κλίμακα, οπότε επιτρέπει την παραγωγή περισσότερων του ενός επιπέδων αντικειμένων και

την σύνδεση αυτών των επιπέδων με έναν ιεραρχικό τρόπο ο οποίος επιτρέπει την απεικόνιση των πληροφοριών της εικόνας σε πολλές κλίμακες ταυτόχρονα (Definiens 2003). Η διαδικασία, με την οποία υλοποιείται η ταξινόμηση στο eCognition, βασίζεται στην ασαφή λογική. Η ασαφής λογική υποστηρίζει μία εννοιακή και διαφανή προσαρμογή και διαχείριση ακόμη πιο πολύπλοκων συνόλων κανόνων. Το πλαίσιο για τη βάση γνώσης της ταξινόμησης είναι η ιεραρχία των τάξεων, που περιέχει όλες τις τάξεις που θα χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση και τα χαρακτηριστικά των τάξεων.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε εφαρμόστηκε σε έναν αριθμό φωτογραφιών τοπίου. Οι φωτογραφίες αυτές επιλέχθηκαν επειδή είχαν αξιολογηθεί μέσα από ένα ερευνητικό πρόγραμμα σύμφωνα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους στο Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας και Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Ε.Μ.Π., άρα η αξιολόγησή τους παρέχει την δυνατότητα άμεσης σύγκρισης με τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής.

## 2. Μεθοδολογία και υλοποίηση

Όπως έχει προαναφερθεί σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η ποσοτικοποίηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών εικόνων τοπίου. Η ποσοτικοποίηση αυτή επιτεύχθηκε μέσα από την ανάλυση τόσο της ποσότητας των αντικειμένων, όσο και της κατ' είδος διάκρισης των αντικειμένων της εικόνας. Τα αντικείμενα της εικόνας ήταν αποτέλεσμα μίας σειράς από διαδικασίες κατάτμησης και στην συνέχεια ταξινομήσεων. Η ανάλυση των εικόνων τοπίου στην προτεινόμενη μεθοδολογία περιέλαβε πέντε επίπεδα κατάτμησης και ταξινόμησης.

### 2.1 Κατατμήσεις

Η στρατηγική που σχεδιάστηκε για τη σειρά με την οποία τα πέντε επίπεδα της κατάτμησης παρήχθησαν, προέκυψε από την μέθοδο που προσεγγίζονται οι ταξινομήσεις στην συνέχεια.

Το **5 επίπεδο (level 5)** σχεδιάστηκε ώστε να δημιουργηθεί μία κατάτμηση σε πολύ μεγάλη κλίμακα, επειδή στην ουσία δεν ενδιαφέρει η ίδια η κατάτμηση καθαυτή όσο η ταξινόμηση του ενός αυτού κομματιού με βάση στοιχεία ταξινομήσεων των άλλων επιπέδων, ώστε να αποδοθούν οι περιβαλλοντικοί δείκτες στην εξεταζόμενη εικόνα.

Στο **4 τέταρτο (level 4)** αναλυτικό επίπεδο, τα τμήματα, τα οποία ήταν επιθυμητό να κατατμηθεί η εικόνα, ταξινομήθηκαν με σκοπό την διάκριση ουρανού και γης. Η τιμή της κλίμακας θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε η επιδιωκόμενη κατάτμηση να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλα αντικείμενα αντιπροσωπευτικά της γης και του ουρανού.

Στο **τρίτο (level 3)** αναλυτικό επίπεδο, έχοντας εντοπίσει από το τέταρτο επίπεδο την έκταση της εικόνας που καλύπτεται από γη, γίνεται πιο εύκολη η διάκριση των κατατμήσεων του υγρού στοιχείου με την στέρεα γη (δεν συγχέεται το γαλάζιο του ουρανού με το γαλάζιο του υγρού στοιχείου) με την χρήση μικρότερης τιμής κλίμακας από το επίπεδο 4.

Στο **δεύτερο (level 2)** αναλυτικό επίπεδο, τα τμήματα στα οποία είναι επιθυμητό να κατατμηθεί θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η εικόνα να ταξινομηθεί με σκοπό την διάκριση των αντικειμένων της στέρας γης. Δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτογενή αντικείμενα του τρίτου επιπέδου που αντιστοιχούν στην στέρεα γη και κάνοντας κατάτμηση αυτών σε πολύ μικρή κλίμακα με κυρίαρχο κριτήριο το φασματικό κριτήριο δημιουργούνται πρωτογενή αντικείμενα που εκμεταλλεύονται τις φασματικές διαφορές μεταξύ των ειδών της βλάστησης και των ανθρωπογενών χαρακτηριστικών.

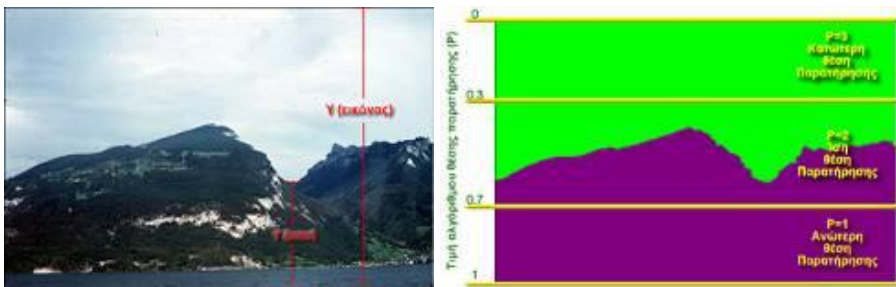
Στο **πρώτο (level 1)** αναλυτικό επίπεδο, η κατάτμηση θα υλοποιηθεί σε πολύ μικρή κλίμακα. Η συγκεκριμένη κατάτμηση είναι βοηθητική με σκοπό την χρήση της σε ταξινόμηση που σχετίζεται με τα είδη βλάστησης και είναι αναγκαία η ύπαρξη πολύ μικρών κατατμήσεων.

## 2.2 Ταξινόμησης

Για τη διαδικασία της ταξινόμησης προηγήθηκε μια προεργασία κατά την οποία σχεδιάστηκε θεωρητικά η προσέγγιση που ακολουθήθηκε για να παραχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η στρατηγική που σχεδιάστηκε για τη σειρά με την οποία θα ταξινομούνταν τα πέντε επίπεδα της κατάτμησης, ακολουθεί και τη σειρά με την οποία δημιουργήθηκαν τα επίπεδα, επειδή σκοπός ήταν σε κάθε επίπεδο να ταξινομηθεί όλη η πληροφορία που μπορεί να οριστεί με σαφήνεια στο συγκεκριμένο επίπεδο και στη συνέχεια η πληροφορία αυτή να μεταφέρεται και σε όλα τα υπόλοιπα επίπεδα. Τα επίπεδα ταξινομήθηκαν με τη σειρά 4-3-2-5, όπως ακριβώς δημιουργήθηκαν.

Στις ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος ταξινόμησης πλησιέστερης γειτνίασης, καθώς και προσαρμοσμένα χαρακτηριστικά που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες των ταξινόμησης. Η τελική επιλογή των δειγμάτων κατά τις ταξινόμησης πλησιέστερης γειτνίασης, ήταν αποτέλεσμα μίας διαδικασίας αλληπάλλων δοκιμών, που πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια φωτοερμηνείας, επιλογής δειγμάτων και σύγκρισης των χαρακτηριστικών τους.

Η ταξινόμηση στο **4 επίπεδο (level 4)** δημιουργήθηκε ώστε να γίνει εφικτή η διάκριση μεταξύ ουρανού και των υπόλοιπων στοιχείων της εικόνας. Για την ταξινόμηση αυτή δημιουργήθηκαν δυο γενικές κατηγορίες, η κατηγορία 'Υπόλοιπο του ουρανού'(Rest of Sky) και η κατηγορία 'Ουρανός' (Sky). Η διάκριση των δυο αυτών κατηγοριών ήταν σχετικά εύκολη αφού τα δείγματα εκπαίδευσης ήταν πολύ μεγάλα και μετά την επιλογή τους καλυπτόταν σχεδόν ολόκληρη η εικόνα. Στην συνέχεια κάτω από την κατηγορία 'Ουρανός' (Sky 4), όσα αντικείμενα ταξινομήθηκαν στην κατηγορία αυτή, ταξινομούνται σε τρεις υποκατηγορίες ανάλογα με την απόσταση του χαμηλότερου τμήματός τους από το κάτω μέρος της εικόνας. Οι τρεις υποκατηγορίες αντιστοιχούν σε τρεις ισοπαχείς οριζόντιες ζώνες (Εικόνα 1) που χωρίζουν την εικόνα σε υψηλή ζώνη (Ανώτερη Θέση Παρατήρησης - P=1) , μεσαία ζώνη (Ίση Θέση Παρατήρησης - P=2) και χαμηλή ζώνη (Κατώτερη Θέση Παρατήρησης - P=3).



Εικόνα 1. Ζώνες Δείκτη Θέσης Παρατήρησης

Η ταξινόμηση στο **3 επίπεδο (level 3)** δημιουργήθηκε ώστε να γίνει εφικτή η διάκριση μεταξύ στέρεου εδάφους (Ground 3) και θάλασσας (Sea 3), ενώ διατηρείται το κομμάτι του ουρανού, σύμφωνα με την ταξινόμηση του ουρανού, που προηγήθηκε στο επίπεδο Level 4 και των υπόλοιπων στοιχείων της εικόνας. Για την διάκριση της στέρεας γης με το υγρό στοιχείο κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία δύο υποκατηγοριών ταξινόμησης στην κατηγορία της θάλασσας (Sea 3), η υποκατηγορία βαθιά θάλασσα (Dark Sea) και η υποκατηγορία ρηχή θάλασσα (Light Sea).

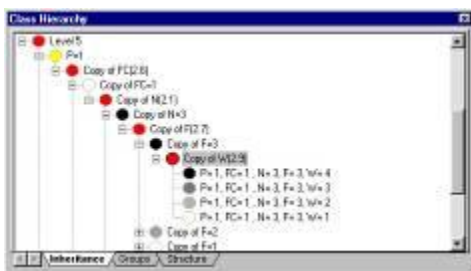
Σκοπός της ταξινόμησης στο **2 επίπεδο (level 2)** είναι ο διαχωρισμός των στοιχείων της κατηγορίας του στέρεου εδάφους (Ground 2) (κατηγορία η οποία κληρονομείται αυτούσια στο επίπεδο 2), δηλαδή της βλάστησης (Flora), του χέρσου και των ανθρώπινων επεμβάσεων (Human Environment). Στο συγκεκριμένο επίπεδο κατάτμησης υπήρχαν πολλά αντικείμενα

που ήταν σχετικά μικρά και συμπαγή με αποτέλεσμα να ήταν αναγκαία η δημιουργία πολλών υποκατηγοριών, που θα βελτιώναν την ακρίβεια της ταξινόμησης. Καταρχήν δημιουργήθηκαν δύο βασικές κατηγορίες που διαχώριζαν τα αντικείμενα που ήταν αποτέλεσμα ανθρώπινων επεμβάσεων και όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα. Για την προαναφερόμενη διάκριση ορίστηκαν δείγματα εκπαίδευσης που αφορούσαν τις ανθρώπινες επεμβάσεις και θεωρήθηκε ότι όλα τα υπόλοιπα ανήκαν αυτόματα στην άλλη κατηγορία. Η άλλη κατηγορία όμως περιείχε αντικείμενα τα οποία ήταν χέρσα αλλά και αντικείμενα τα οποία αποτελούσαν την βλάστηση. Για την διάκριση αυτή δημιουργήθηκαν δύο υποκατηγορίες στην κατηγορία 'υπόλοιπα αντικείμενα', μία για τα χέρσα και μία για την βλάστηση. Για τα χέρσα ορίστηκαν δείγματα εκπαίδευσης, ενώ για την βλάστηση, λόγω ότι ήταν αναγκαία η διάκρισή της, σε υψηλή και χαμηλή βλάστηση για την εξαγωγή του δείκτη βλάστησης ορίστηκαν δύο νέες υποκατηγορίες της υποκατηγορίας βλάστησης. Οι νέες υποκατηγορίες της βλάστησης ήταν η κατηγορία υψηλής βλάστησης (Trees) και η κατηγορία χαμηλής βλάστησης (Ground cover) για τις οποίες ορίστηκαν τα ανάλογα δείγματα εκπαίδευσης.

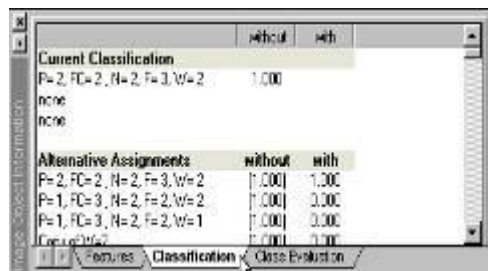
Τέλος η ταξινόμηση στο **5 επίπεδο (level 5)** βασίστηκε σε προσαρμοσμένα χαρακτηριστικά που δημιουργήθηκαν με βάση δεδομένα από τα προαναφερόμενα επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα στην συγκεκριμένη κλάση επιπέδου ολοκληρώθηκε η διαδικασία απόδοσης τιμών στις περιβαλλοντικές μεταβλητές που μελετήθηκαν. Δημιουργήθηκαν οι αλγόριθμοι για τους δείκτες:

- **Εδαφοκάλυψη με βλάστηση (FC):** Από το επίπεδο 2 εισάγεται η πληροφορία που σχετίζεται με την έκταση που καλύπτει η βλάστηση στο ανάλογο προσαρμοσμένο χαρακτηριστικό.
- **Φυσικότητα τοπίου (N):** Από το επίπεδο 2 εισάγεται η πληροφορία που σχετίζεται με την έκταση που καλύπτει το ανθρωπογενές περιβάλλον στο ανάλογο προσαρμοσμένο χαρακτηριστικό.
- **Είδος βλάστησης (F):** Από το επίπεδο 2 εισάγεται η πληροφορία που σχετίζεται με την έκταση της ποώδης-θαμνώδης βλάστησης (χαμηλή βλάστηση) και των δέντρων (υψηλή βλάστηση) στο ανάλογο προσαρμοσμένο χαρακτηριστικό.
- **Παρουσία Νερού (W):** Από το επίπεδο 2 εισάγεται η πληροφορία που σχετίζεται με την έκταση του υγρού στοιχείου στο ανάλογο προσαρμοσμένο χαρακτηριστικό.
- **Σχετική Θέση Παρατήρησης (P):** Από το επίπεδο 4 εισάγεται η πληροφορία που σχετίζεται με το σε ποια ζώνη ανήκει το χαμηλότερο κομμάτι του ουρανού στο ανάλογο προσαρμοσμένο χαρακτηριστικό.

Δηλαδή μέσα από το επίπεδο 5 ο χρήστης μετά την ταξινόμηση γνωρίζει συγκεντρωτικά τις τιμές των υπό μελέτη δεικτών (Εικόνες 2 και 3), αφού για κάθε συνδυασμό τιμών των παραπάνω προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών το επίπεδο 5 ταξινομείται διαφορετικά.



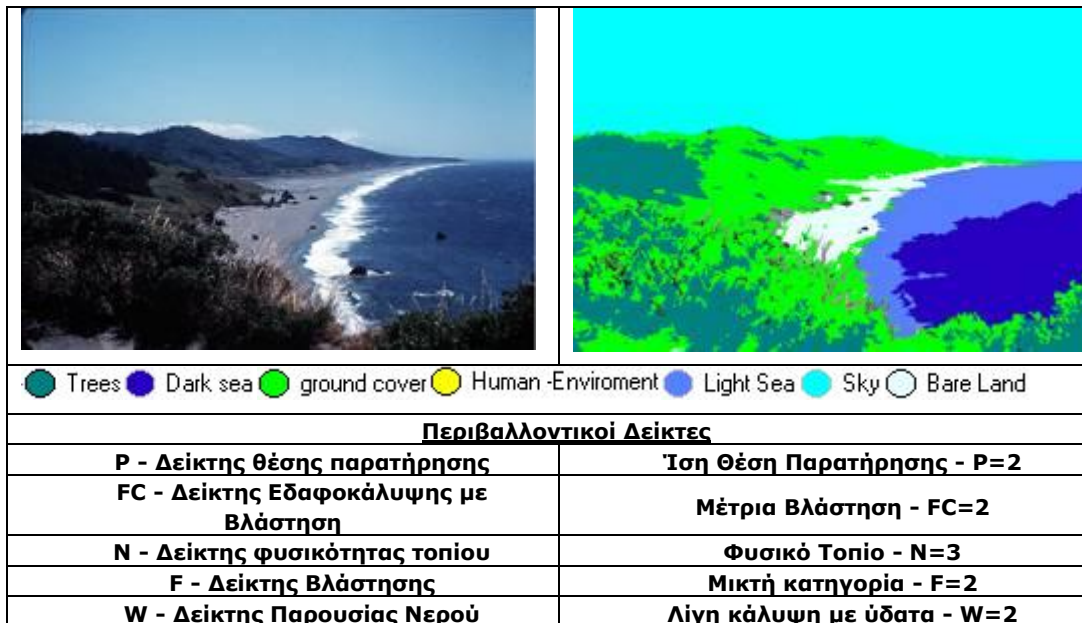
Εικόνα 2. Ταξινόμηση επιπέδου 5



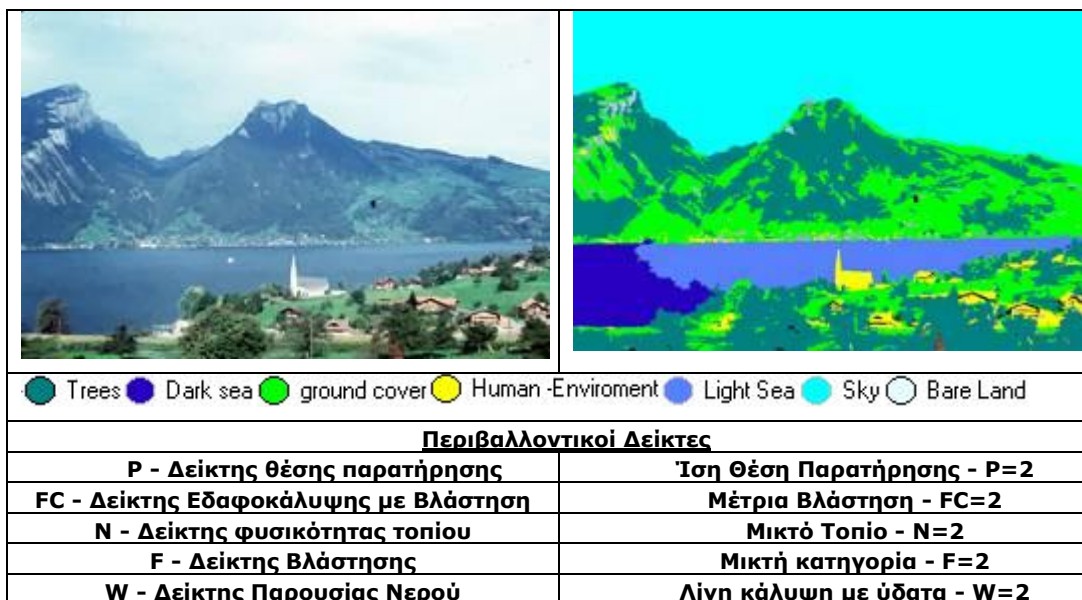
Εικόνα 3. Εμφάνιση Τιμών Περιβαλλοντικών Δεικτών μέσα από το eCognition.



Στην συνέχεια παρουσιάζεται η εφαρμογή της παρούσας προσέγγισης σε δύο φωτογραφίες τοπίου όπου φαίνεται τόσο η αρχική και ταξινομημένη εικόνα, όσο και οι τιμές των ταξινομημένων δεικτών (Εικόνες 4 και 5).



Εικόνα 4. Αρχική και ταξινομημένη φωτογραφία τοπίου. ( K1-5 )



Εικόνα 5. Αρχική και ταξινομημένη φωτογραφία τοπίου. ( K23-13 )

### 3. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε φωτογραφίες τοπίου από το ερευνητικό πρόγραμμα «Όργανο Μέτρησης Κατηγορίας Τοπίου» που ξεκίνησε το Σεπτέμβριο του 2000. Συγκρίνοντας τις τιμές των δεικτών που εξήχθησαν από την εφαρμογή της παρούσας προσέγγισης με τις τιμές του ερευνητικού στις δύο παραπάνω φωτογραφίες μπορούμε να προβούμε σε μία συγκριτική αξιολόγηση στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

<b>Εικόνες</b>	<b>Πηγή τιμών</b>	<b>P</b>	<b>FC</b>	<b>N</b>	<b>F</b>	<b>W</b>
K1_5	Τιμές έμπειρων	1	2	3	2	3
	Τιμές παρούσας προσέγγισης	2	2	3	2	2
K23_13	Τιμές έμπειρων	1	2	2	2	3
	Τιμές παρούσας προσέγγισης	2	2	2	2	2

#### Υπόμνημα Δεικτών – Τιμών Δεικτών

N - Δείκτης φυσικότητας τοπίου <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Αστικό Τοπίο - N=1</b></li> <li>• <b>Μικτό Τοπίο - N=2</b></li> <li>• <b>Φυσικό Τοπίο - N=3</b></li> </ul>	P - Δείκτης θέσης παρατήρησης <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Κατώτερη Θέση Παρατήρησης - P=3</b></li> <li>• <b>Ίση Θέση Παρατήρησης - P=2</b></li> <li>• <b>Ανώτερη Θέση Παρατήρησης - P=1</b></li> </ul>
FC - Δείκτης Εδαφοκάλυψης με Βλάστηση <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Λίγη Βλάστηση - FC=1</b></li> <li>• <b>Μέτρια Βλάστηση - FC=2</b></li> <li>• <b>Πολλή Βλάστηση - FC=3</b></li> </ul>	F - Δείκτης Βλάστησης <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ποώδης-Θαμνώδης - F=1</b></li> <li>• <b>Μικτή κατηγορία - F=2</b></li> <li>• <b>Δενδρώδης - F=3</b></li> </ul>
W - Δείκτης Παρουσίας Νερού <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Καθόλου κάλυψη με ύδατα - W=1</b></li> <li>• <b>Λίγη κάλυψη με ύδατα - W=2</b></li> <li>• <b>Μέτρια κάλυψη με ύδατα - W=3</b></li> <li>• <b>Μεγάλη κάλυψη με ύδατα - W=4</b></li> </ul>	

Παρατηρώντας τον πίνακα 1 διαπιστώνουμε ότι διαφοροποίηση στις τιμές των δεικτών υφίσταται στον Δείκτη Θέσης Παρατήρησης και στον Δείκτη Παρουσίας Νερού.

Ο αλγόριθμος του Δείκτη Θέσης Παρατήρησης θεώρησε στις δύο φωτογραφίες ότι ο παρατηρητής βρίσκεται σε ίση θέση παρατήρησης, ενώ οι έμπειροι εκτίμησαν ότι ο παρατηρητής βρίσκεται σε ανώτερη θέση παρατήρησης. Αυτό οφείλεται στο ότι σαν κριτήριο για την εύρεση της θέσης παρατήρησης χρησιμοποιήθηκε η θέση του ορίζοντα. Στις δύο παραπάνω φωτογραφίες πολλά από τα στοιχεία του τοπίου που βρίσκονται στην κοντινή ζώνη βρίσκονται σε κατώτερο επίπεδο από το επίπεδο παρατήρησης ενώ υπάρχουν στον μακρινό ορίζοντα αντικείμενα που είναι μεν αχνά αλλά είναι στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο παρατήρησης. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο έμπειρος θεώρησε ότι ο παρατηρητής βρίσκεται σε ανώτερη θέση παρατήρησης, ενώ ο αλγόριθμος που εντόπισε τον ορίζοντα στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο παρατήρησης θεώρησε ότι ο παρατηρητής βρισκόταν σε ίση θέση παρατήρησης.

Ο αλγόριθμός του Δείκτη Παρουσίας όσο και οι έμπειροι προσέγγισαν την ποσοτική εκτίμηση της κάλυψης του απεικονιζόμενου τοπίου με νερό με εγγύς τρόπο. Στις



συγκεκριμένες φωτογραφίες δεν υπάρχει ταύτιση των τιμών, οι έμπειροι έδωσαν την τιμή  $W=3$  (Μέτρια κάλυψη με ύδατα), ενώ ο αλγόριθμος έδωσε την τιμή  $W=2$  (Λίγη κάλυψη με ύδατα). Στις φωτογραφίες αυτές η τιμή του αλγόριθμου, με την οποία έγινε η ταξινόμηση, ανήκε μεν στο εύρος τιμών που δίνουν την τιμή  $W=2$ , αλλά πλησίαζε πολύ, αριθμητικά, προς το εύρος των τιμών που δίνουν την τιμή  $W=3$ . Οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι διαφορές στις τιμές εμπείρων και παρούσας προσέγγισης στον συγκεκριμένο δείκτη οφείλονται στο ότι ορισμένες φωτογραφίες βρίσκονται ανάμεσα στις τιμές  $W=2$  και  $W=3$ .

#### 4. Συμπεράσματα και προοπτικές

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως αποτέλεσμα, όπως προαναφέρθηκε, να ποσοτικοποιηθούν ικανοποιητικά έξι από τους δέκα περιβαλλοντικούς δείκτες που είναι αναγκαίοι για το χαρακτηρισμό κατηγορίας τοπίου. Στους δείκτες που δεν ποσοτικοποιήθηκαν, έγιναν ερευνητικές προσπάθειες με σκοπό την ποσοτικοποίησή τους, άλλα παρουσιάζοντουσαν ιδιαίτερες δυσκολίες, εξαιτίας του ότι οι επίγειες εικόνες παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις συνθήκες φωτισμού εξαιτίας των φαινομένων του καιρού, της ώρας της ημέρας και των εποχών.

Επιπρόσθετα η εφαρμογή που δημιουργήθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παρακολούθηση της επίδρασης των ανθρώπινων επεμβάσεων σε ένα τοπίο. Έχοντας αξιολογήσει ένα τοπίο πριν την ανθρώπινη επέμβαση με την εφαρμογή και στην συνέχεια αξιολογώντας το μετά, μελετάμε τις αλλαγές στους δείκτες και διαπιστώνουμε πού το τοπίο υπέστη ζημιές. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να προτείνουμε συγκεκριμένες διορθωτικές επεμβάσεις στην αισθητική του τοπίου, για παράδειγμα, αν έχει μειωθεί ο δείκτης εδαφοκάλυψης της βλάστησης, προτείνουμε την αύξηση της έκτασης της βλάστησης στο τοπίο. Μάλιστα μέσα από την φωτογραφία, στο προαναφερόμενο παράδειγμα και γενικότερα, μπορούμε να προτείνουμε και την έκταση της διορθωτικής επέμβασης.

Στους έξι περιβαλλοντικούς δείκτες που ποσοτικοποιήθηκαν υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης της ακρίβειας των τιμών τους μέσα από τα δεδομένα που θα μας πρόσφερε η ίδια φωτογραφία, έχοντας ένα ακόμη κανάλι το εγγύς υπέρυθρο (near-infrared (NIR)).

Οι **δείκτες ορατότητας** και **ανάγλυφο** θα μπορούσαν να ποσοτικοποιηθούν αν μαζί με την φωτογράφιση μπορούσαν να υπολογισθούν κάποιες αποστάσεις από την θέση φωτογράφισης σε ορισμένα χαρακτηριστικά σημεία της εικόνας.

Η δημιουργία ενός εμπειρικού συστήματος που θα μεταφέρει την εμπειρία των ειδικών παρουσιάζει πολλές δυσκολίες, εξαιτίας της απειρίας των συνδυασμών των διάφορων οπτικών χαρακτηριστικών. Έχει δημιουργηθεί μία μήτρα αισθητικής τοπίου η οποία αποδίδει την βασική λογική αξιολόγησης και ταξινόμησης τοπίου, η οποία όμως δεν αποτελεί πανάκεια και περιέχει πολλές γενικεύσεις. Η συγκεκριμένη μήτρα θα μπορούσε να μεταφερθεί σε ένα έμπειρο σύστημα, με σκοπό μία πρώτη προσέγγιση και στην συνέχεια με την εξέταση περισσότερων χαρακτηριστικών, το συγκεκριμένο έμπειρο σύστημα να βελτιώνεται και να καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα από οπτικά χαρακτηριστικά.

#### Βιβλιογραφία

Δερζέκος Π. και Αργιαλάς Δ., 2002: Διερεύνηση της Χρήσης Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Δεδομένων Ιkonos για τη Μελέτη του Αστικού Πράσινου. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ΕΜΠ Αθήνα 28 Φεβρουαρίου και 1 Μαρτίου 2002, CD-ROM πρακτικών συνεδρίου, 15σελ..

Κασσιός Κ., 1989: Φυσικά Διαθέσιμα. Διδακτικές Σημειώσεις ΤΑΤΜ. Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 73 σελ.

Appleton, J., 1975: Landscape evaluation: the theoretical vacuum. Transactions of the

Institute of British Geographers, 66, 120-123.

Buhyoff G.J. and Riesenmann M.F., 1979: Experimental manipulation of dimensionality in landscape preference judgements: a quantitative validation. *Leisure Sciences*, 2, 221-238.

Cooper A. and Murray R., 1992: A structured method of landscape assessment and countryside management. *Applied Geography*, 12, 319-338.

Dearden, P., 1985: Philosophy, theory, and method in landscape evaluation. *Canadian Geographer*, 29, 263-265.

Definiens, 2003: eCognition User Guide, Munchen, <http://www.definiens.com>.

Mougiakakou S.G., Tsouchlaraki A.L., Cassios C., Nikita K.S., Matsopoulos G.K., Uzunoglu N.K., 2005 "SCAPEVIEWER: Preliminary results of a landscape perception classification system based on neural network technology", *Ecological Engineering*, 2005, Vol. 24, No. 1/2, 5-15.