

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΜΙΓΟΥΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ  
(ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΟΥΔΗ ΑΤΤΙΚΗΣ)  
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΨΗΛΗΣ  
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.**

Τζώτσος Ά., Αργιאלάς Δ.

*Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών,  
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης*

### Περίληψη

Υπάρχει η ανάγκη αυτοματοποίησης της διαδικασίας χαρτογράφησης της χρήσης γης αμιγούς αστικής περιοχής από δορυφορικές εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας έτσι ώστε να γίνει η διαδικασία της φωτοερμηνείας πιο αντικειμενική και ταυτόχρονα πιο αποδοτική από πλευράς χρόνου. Ο στόχος της παρούσας δράσης ήταν η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας για την ταξινόμηση χρήσεων γης πυκνής αστικής περιοχής με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων IKONOS και υπομετρικών δεδομένων υψηλής ακρίβειας. Η μεθοδολογία που πραγματοποιήθηκε περιελάμβανε πολλές διαδικασίες κατάτμησης εικόνας. Τα δύο σετ δεδομένων κατάτμήθηκαν χωριστά καθώς και σε συνδυασμό μεταξύ τους. Χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες κατάτμησης τόσο από μεγάλες κλίμακες προς τις μικρές (top-down) όσο και από τις μικρές κλίμακες στις μεγάλες (bottom-up). Όλα τα αποτελέσματα των κατατμήσεων αξιολογήθηκαν και τα καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν στην επόμενη φάση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης: Στην ασαφή ταξινόμηση. Στην πρώτη φάση ταξινόμησης, χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά τα δεδομένα IKONOS. Η δεύτερη φάση ταξινόμησης επέκτεινε την πρώτη βάση γνώσης, με νέους κανόνες που αφορούσαν τη χρήση των υπομετρικών δεδομένων, καθώς και τη χρήση των αποτελεσμάτων κατάτμησης τους, για την βελτίωση του διαχωρισμού μεταξύ ορισμένων κατηγοριών. Τελικά στην τρίτη φάση υλοποιήθηκε μια βάση γνώσης με τεχνική μάσκα, με χρήση συναρτήσεων συμμετοχής και τη χρήση Εγγύτερου Γείτονα σε μεμονωμένες περιπτώσεις στο λεπτότερο επίπεδο γενικότητας των ορισμένων κατηγοριών. Αυτή η τελευταία διαδικασία κρίθηκε ως η πιο αποτελεσματική ως προς τη διαχωριστικότητα των σημασιολογικών αντικειμένων και των λιγότερων λαθών ταξινόμησης.

Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας, έδειξε πως, όταν πρόκειται για απεικονίσεις πυκνής και αμιγούς αστικής περιοχής, η ταξινόμηση των δορυφορικών δεδομένων IKONOS βελτιώνεται δραστικά με τη χρήση υπομετρικών δεδομένων υψηλής ακρίβειας και διακριτικής ικανότητας, εφόσον αυτά ληφθούν κατάλληλα υπόψη σε μια αντικειμενοστραφή ταξινόμηση. Το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας, είναι ικανοποιητικό και υπόσχεται περαιτέρω βελτιώσεις στο μέλλον με πιο σύνθετες και εμπλουτισμένες βάσεις γνώσης για την ταξινόμηση χρήσεων γης σε αστικές περιοχές.

**OBJECT-ORIENTED IMAGE ANALYSIS OF AN URBAN AREA USING VERY  
HIGH RESOLUTION REMOTE SENSING DATA. CASE STUDY:  
GOUDI, ATHENS, GREECE**

Tzotsos A., Argialas D.

*National Technical University of Athens, School of Rural and Surveying Engineering,  
Remote Sensing Laboratory*

## Abstract

There is a need to automate urban land use mapping from remotely sensed images such as IKONOS and QUICKBIRD so that to make the interpretation process more objective while delivering the information in a timely manner. The objective of this study was the development of an object oriented image analysis approach for land cover classification through IKONOS satellite and LIDAR airborne data in a dense urban area. The digital data used, included an IKONOS image for Goudi, Athens, Greece and a LIDAR Digital Surface Model (DSM) with 1m resolution. The implementation of the object oriented knowledge base was made in eCognition.

The developed methodology included several segmentations. The two datasets were segmented separately and in combinations. For selecting optimal segmentation parameters, a trial and error approach was used, and many combinations of scale and homogeneity parameters were evaluated. Both bottom-up and top-down techniques were tested. The best results of all segmentations were evaluated at the next step of object-oriented image analysis: the fuzzy classification. The first classification using the IKONOS image employed the nearest neighbor classifier and some refinements were made with class related features and fuzzy membership functions in order to demonstrate the difficulty of separating the asphalt roofs from roads without the DSM information. The second classification, expanded the previous knowledge base, with rules applied on the LIDAR DSM segmentation results so that to improve the separation between certain classes. The third classification developed a more complex knowledge base employing the redefinition of classes with proper membership functions. Finally, the fourth classification was based in a masking technique and it was implemented mostly with membership functions and some nearest neighbor classification refinements at the finest level of abstraction. This last attempt was the most successful in the sense of better object separation and less classification errors.

The result of this research showed that when dealing with dense urban scenes, the IKONOS classification results improve drastically with the presence of altitude information properly taking into account within the object oriented classification approach. The most difficult feature to detect throughout the process was the road network, and many tests were conducted to improve the result. The results of the study are promising and leave space for more complex future implementations for the urban classification problem.

**Λέξεις κλειδιά:** κατάτμηση εικόνας, ασαφής ταξινόμηση, LIDAR, IKONOS.

**Key words:** image segmentation, fuzzy classification, LIDAR, IKONOS.

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Ανασκόπηση επιστημονικού πεδίου

Ο αμιγής αστικός χώρος, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τον Φωτοερμηνευτή – Τοπογράφο Μηχανικό λόγω της πολυπλοκότητας και ανομοιογένειας που τον διακρίνει. Ο φωτοερμηνευτής όμως, έχει στα χέρια του ένα πολύ ευέλικτο εργαλείο να επιβλέψει και να αποτυπώσει την κατάσταση που υπάρχει στον αστικό χώρο, την τηλεπισκοπική απεικόνιση.

### 1.2 Λογισμικό

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της ταξινόμησης του αστικού χώρου με συνδυασμό δεδομένων IKONOS και DEM ήταν το eCognition. Κύρια χαρακτηριστικά του λογισμικού αυτού είναι:

(α) Ο αλγόριθμος κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (multiresolution segmentation).

(β) Η αντικειμενοστραφής αναπαράσταση της γνώσης με τη χρήση βάσεων γνώσης με τη μορφή ιεραρχιών.

(γ) Ο ασαφής ορισμός των κατηγοριών με βάση χαρακτηριστικά χρώματος, σχήματος, γειτνίασης υψής κ.α..

(δ) Η ασαφής ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων της κατάτμησης στις κατάλληλες κατηγορίες-τάξεις.

### 1.3 Στόχοι της έρευνας

Οι βασικοί στόχοι αυτής της έρευνας ήταν:

(α) Η διερεύνηση της χρήσης και της αποτελεσματικότητας των τεχνικών αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας για την περιοχή του αμιγούς αστικού χώρου,

(β) η εφαρμογή διαφόρων τεχνικών κατάτμησης και ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων που συνοδεύουν την σχετικά νέα αυτή τεχνολογία,

(γ) η διερεύνηση των νέων δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει στην μέχρι τώρα χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, η προσθήκη της υψομετρικής πληροφορίας υψηλής ακρίβειας

## 2. Ψηφιακά δεδομένα – Φωτοερμηνεία

Για την διεκπεραίωση των στόχων της έρευνας, ήταν διαθέσιμα ψηφιακά δεδομένα δυο ειδών για το Δήμο Γουδιού:

(α) μια ψηφιακή δορυφορική εικόνα IKONOS διακριτικής ικανότητας 1m στο παγχρωματικό κανάλι και 4m στα ορατά κανάλια και στο εγγύς υπέρυθρο.

(β) Ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας από αερομεταφερόμενο σαρωτή Lidar. Τα δεδομένα είχαν διακριτική ικανότητα 1m και αφορούσαν περιοχή 40 οικοδομικών περίπου τετραγώνων.

Η πρώτη διαδικασία που διεκπεραιώθηκε μετά την παραλαβή των ψηφιακών δεδομένων, ήταν η φωτοερμηνεία τους και ο διαχωρισμός των κατηγοριών οι οποίες ήταν διακριτές και θα αποτελούσαν στόχο αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στη συνέχεια της εργασίας (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Φωτοερμηνεία της εικόνας IKONOS και διαχωρισμός βασικών κατηγοριών προς ταξινόμηση.

### 3. Μεθοδολογία

#### 3.1 Κατάτμηση δεδομένων

Επιλέχθηκε μια στρατηγική δοκιμών (trial and error) για τον προσδιορισμό της πιο σωστής και χρήσιμης κατάτμησης. Πραγματοποιήθηκε κατάτμηση σε 4 επίπεδα ανάλυσης.

##### 3.1.1 Κατάτμηση επιπέδου 4

Για την κατάτμηση του τέταρτου επιπέδου, χρησιμοποιήθηκε συντελεστής κλίμακας ίσος με 25. Σκοπός ήταν το μέγεθος των πρωτογενών αντικειμένων να αντικατοπτρίζει το συμπαγές των κτηρίων. Γι' αυτό το λόγο το κριτήριο σχήματος αυξήθηκε στο 0.5 και το κριτήριο συμπαγούς σχήματος χρησιμοποιήθηκε με πολύ ισχυρό βάρος (0.7).

##### 3.1.2 Κατάτμηση επιπέδου 1

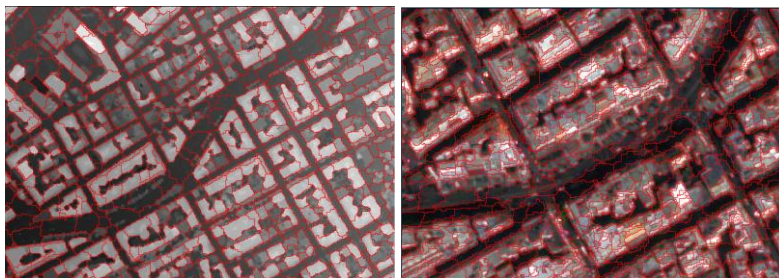
Μετά την δημιουργία μέσω του αλγορίθμου κατάτμησης του επιπέδου 4 με τη χρήση αποκλειστικά των υψομετρικών δεδομένων, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα IKONOS και LIDAR σε συνδυασμό για την κατάτμηση των επιπέδων 1,2 και 3.

Το πρώτο και λεπτότερο επίπεδο κατάτμησης δημιουργήθηκε με αρχικό σκοπό να λειτουργήσει ως επίπεδο υψής. Επίσης, λόγω λεπτότητας είναι πολύ βολικό στον εντοπισμό με ακρίβεια του αστικού πρασίνου (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002).

##### 3.1.3 Κατάτμηση επιπέδου 2

Το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης είχε σαν σκοπό να είναι το επίπεδο της λεπτομερέστερης ταξινόμησης ακριβώς επειδή θα ήταν το επίπεδο στο οποίο θα μπορούσαν να απεικονιστούν αντικείμενα όλων των κατηγοριών. Όλες οι λεπτομέρειες των σημασιολογικών αντικειμένων θα έπρεπε να έχουν τη δυνατότητα να φανούν σε μια πετυχημένη ταξινόμηση.

Για την κατάτμηση του δεύτερου επιπέδου, χρησιμοποιήθηκε συντελεστής κλίμακας ίσος με 20. Το κριτήριο τόνου χρησιμοποιήθηκε στο 0.7 και το κριτήριο ομαλότητας σε βάρος 0.3. Λόγω μικρού συντελεστή κλίμακας και βάρους του κριτηρίου τόνου η εικόνα κατατμήθηκε σε στοιχειώδεις (primitive) επιφάνειες που είναι ικανοποιητικά διαχωρίσιμες και από την εικόνα (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας κατάτμησης του επιπέδου 4 (αριστερά) και του επιπέδου 2 (δεξιά)

##### 3.1.4 Κατάτμηση επιπέδου 3

Στο επόμενο επίπεδο κατάτμησης, λόγω σημαντικής αύξησης στο μέγεθος των αντικειμένων, στόχος ήταν ο προσδιορισμός πετυχημένων ορίων κατάτμησης για λιγότερες κατηγορίες που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερα αντικείμενα. Χρησιμοποιήθηκε, ιδιαίτερα για τον καλύτερο προσδιορισμό των ορίων των κτηρίων περισσότερο το κριτήριο σχήματος των αντικειμένων (0.5).

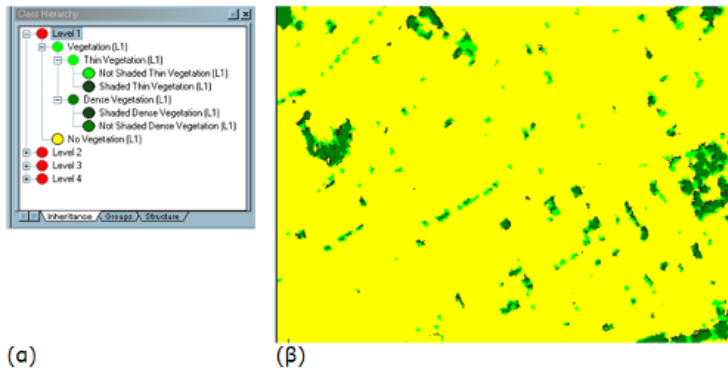
### 3.2 Ταξινόμηση

Μετά τη διαδικασία της κατάτμησης, ακολούθησε η διαδικασία ταξινόμησης των αντίστοιχων επιπέδων στις κατηγορίες που μπορούν να αναπαρασταθούν στην ανάλυση κάθε επιπέδου.

#### 3.2.1 Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου

Στόχος της ταξινόμησης αυτού του επιπέδου, ήταν ο προσδιορισμός και εντοπισμός του αστικού πρασίνου. Ταυτόχρονα, έγινε προσπάθεια για το διαχωρισμό της βλάστησης σε σκιασμένη και μη σκιασμένη.

Οι κατηγορίες που ορίστηκαν κατά τη συμπλήρωση της βάσης γνώσης του επιπέδου 1 ήταν: Οι γενικές κατηγορίες Vegetation (Βλάστηση) και not Vegetation (Μη βλάστηση). Ο διαχωρισμός σε αυτές τις δυο κατηγορίες έγινε με βάση ένα δείκτη βλάστησης, τον MSAVI. Τέλος, οι δύο κατηγορίες Dense και Thin Vegetation, χωρίστηκαν αντίστοιχα σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αν τα αντικείμενα που ανήκουν σε αυτές είναι σκιασμένα ή όχι (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. (α) Η ιεραρχία κληροδότησης του επιπέδου 1, (β) η ταξινόμηση πρώτου επιπέδου

#### 3.2.2 Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου

Για την ταξινόμηση του επιπέδου 4, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω κατηγορίες: Κτήρια (Buildings) και Λοιπά αντικείμενα (Others). Οι δυο κατηγορίες διαχωρίστηκαν με την ιδιότητα Mean difference to neighbors (Σχήμα 4).

#### 3.2.3 Ταξινόμηση δεύτερου επιπέδου

Το δεύτερο επίπεδο, είχε ως αρχικό σκοπό την ταξινόμηση όλων των κατηγοριών που είχαν προκύψει από τη φωτοερμηνεία της εικόνας IKONOS. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για την ταξινόμηση του δεύτερου επιπέδου, αφορούσε μια στρατηγική κάλυψης κατηγοριών με μάσκες. Η λογική που ακολουθείται είναι: Ξεκινώντας από μια ενιαία κατηγορία που συμβολίζει όλη την εικόνα (αφηρημένη κατηγορία / abstract class), αρχίζει ο διαχωρισμός κάθε κατηγορίας του προηγούμενου επιπέδου σε ακριβώς δύο νέες κατηγορίες που αφορούν δυο αντίθετα χαρακτηριστικά.

Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα ως εξής:

Αρχικά η εικόνα θεωρήθηκε ως μια κατηγορία (Level2). Η αόριστη αυτή κατηγορία που περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα χωρίστηκε σε

Σκιές (Shades) και



Μη σκιές (not Shades)

Στη συνέχεια η κατηγορία Shades (και αντίστοιχα η κατηγορία not Shades) χωρίζεται σε

Shaded vegetation (αντίστοιχα Vegetation) και

Shaded not Vegetation (αντίστοιχα not Vegetation)

Ακολούθως η κατηγορία not Vegetation χωρίζεται σε 3 κατηγορίες:

**High Objects:** Περιοχές που έχουν κατηγορία Buildings από πάνω τους (ιδιότητα existence of super object) και παρουσιάζονται ψηλότερες από τις γειτονικές (ιδιότητα mean difference DEM value to neighbors)

**Low Objects:** Περιοχές που έχουν κατηγορία Others από πάνω τους στο επίπεδο 4 (ιδιότητα existence of) και παρουσιάζονται χαμηλότερες από τις γειτονικές (ιδιότητα mean difference DEM value to neighbors)

**Other from DEM:** Συμπληρωματική κατηγορία στις άλλες δυο

Στο Σχήμα 5 εξηγείται διεξοδικά πώς προκύπτει το πού ανήκει ένα αντικείμενο με βάση την υψομετρική του πληροφορία. Με τον ίδιο τρόπο δενδριτικής δομής, ορίστηκαν και οι υπόλοιπες κατηγορίες της βάσης γνώσης και παρουσιάζονται αναλυτικά στο Σχήμα 6 μαζί με τις πιο χαρακτηριστικές ιδιότητές τους.

Μετά τη συμπλήρωση της ιεραρχίας σε τέσσερα συνολικά επίπεδα δενδριτικής δομής, πραγματοποιήθηκε ασαφής ταξινόμηση στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης της εικόνας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 7.



(α)



(β)

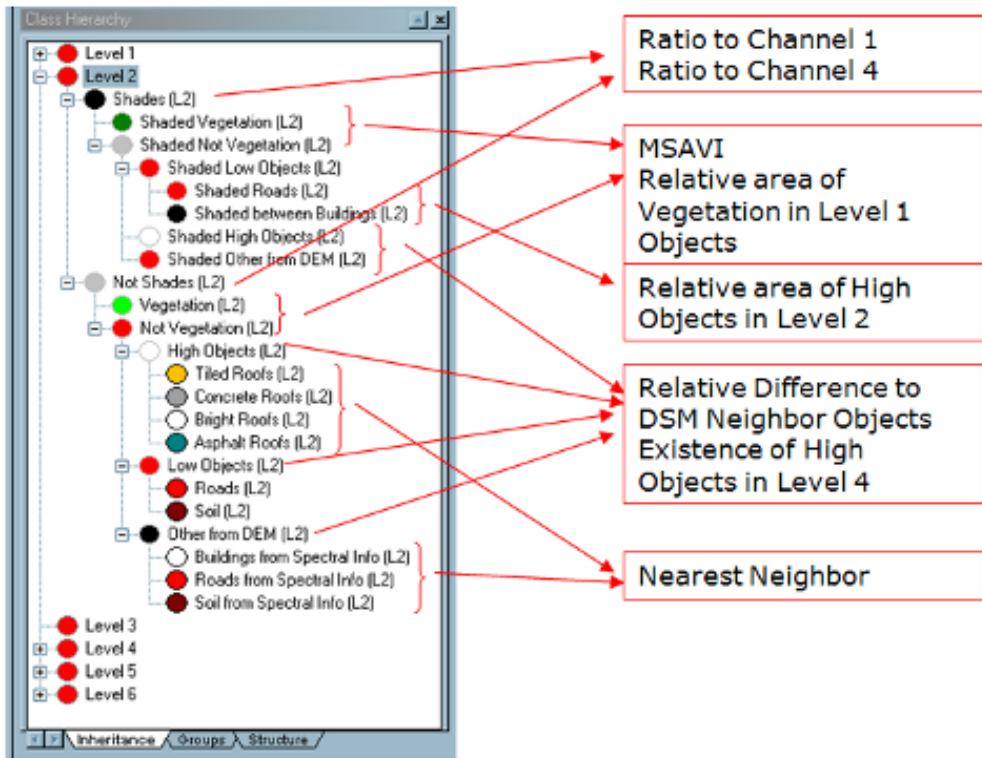
Σχήμα 5. (α) Η απεικόνιση του feature view του eCognition για το χαρακτηριστικό Mean difference to neighbors για το DSM στο επίπεδο 2. Με μπλε απεικονίζονται τα αντικείμενα που έχουν θετική τιμή στο χαρακτηριστικό (β) Η ταξινόμηση του επιπέδου 4 σε αντικείμενα Κτηρίων- Buildings (άσπρο χρώμα) και Υπόλοιπα-Others (μαύρο χρώμα).

Η ταξινόμηση γίνεται με τις 3 παρακάτω περιπτώσεις:

Όποιο αντικείμενο βρίσκεται ταυτόχρονα στα μπλε αριστερά και στα άσπρα δεξιά θεωρείται High Object (αντίστοιχα Shaded High Object).

Όποιο αντικείμενο βρίσκεται ταυτόχρονα στα γκρι αριστερά και στα μαύρα δεξιά θεωρείται Low Object (αντίστοιχα Shaded Low Objects)

Τα αντικείμενα που εμφανίζονται σε συνδυασμό μπλε αριστερά-μαύρου δεξιά ή γκρι αριστερά-άσπρου δεξιά θεωρούνται Other (αντίστοιχα Shaded Other)



Σχήμα 6. Η δενδριτική μορφή της βάσης γνώσης όπως εμφανίζεται στο περιβάλλον του eCognition μαζί με ορισμένα σχόλια που αφορούν τις ιδιότητες που οδήγησαν στον ικανοποιητικό διαχωρισμό των κατηγοριών



Σχήμα 7. Η ταξινόμηση του επιπέδου 2α και η ιεραρχία κληροδότησης του δευτέρου επιπέδου

#### 4. Αξιολόγηση και συζήτηση αποτελεσμάτων

Μετά το πέρας των διαδικασιών ταξινόμησης, το επόμενο βήμα που ακολούθησε ήταν η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ώστε να γίνει αντιληπτό αν και πόσο επιτυχή ήταν τα αποτελέσματα.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορούσε την ποιοτική σύγκριση και σχολιασμό των αποτελεσμάτων από την πλευρά του φωτοερμηνευτή και κατ' επέκταση του ανθρώπινου ματιού που σαφώς και εξακολουθεί να είναι η τελειότερη φωτοερμηνευτική μηχανή μέχρι και σήμερα. Η αντικειμενικοποίηση της αξιολόγησης, έγινε προσπάθεια να υλοποιηθεί μέσα από ένα δεύτερο στατιστικό στάδιο. Με βάση αποτελέσματα φωτοερμηνείας πάνω στην αρχική εικόνα IKONOS και από δεδομένα επίγειου ελέγχου, δημιουργήθηκε μια μάσκα δεδομένων ελέγχου (TTA Mask) με την οποία πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος και προέκυψε ο πίνακας σύγχυσης του Σχήματος 8. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά και η ακρίβεια τους ήταν της τάξης του 87%.

User \ Referenc...	Sh...	Ve...	Hig...	Ro...	Soil...	Sum
<b>Confusion M...</b>						
Shades (L2)	5134	0	0	460	0	5594
Vegetation (L2)	0	3048	0	0	196	3234
High Objects (L2)	0	0	13136	0	131	13267
Roads (L2)	0	0	0	3386	0	3386
Soil (L2)	0	0	591	102	498	1181
unclassified	0	0	1031	1033	0	2064
Sum	5134	3048	14758	4581	805	
<b>Accuracy</b>						
Producer	1	1	0.89	0.68	0.606	
User	0.918	0.942	0.99	1	0.413	
Hidden	0.957	0.97	0.937	0.909	0.491	
Short	0.918	0.942	0.882	0.68	0.326	
KIA Per Class	1	1	0.796	0.637	0.589	
<b>Totals</b>						
Overall Accu...	0.877					
KIA	0.823					

Σχήμα 8. Πίνακας συσχέτισης των ομαδοποιημένων κατηγοριών της ταξινόμησης του δεύτερου επιπέδου

Παρατηρείται ότι η σταθερότητα της ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου, είχε τη μεγαλύτερη στατιστική επιτυχία σε σχέση με τις υπόλοιπες ταξινομήσεις (οι οποίες όμως περιείχαν περισσότερες κατηγορίες και πιο πολύπλοκες ιδιότητες). Και σε αυτή την εφαρμογή αποδείχθηκε η μεγάλη σημασία του δείκτη MSAVI και του εγγύς υπέρυθρου καναλιού του δορυφόρου IKONOS για τον εντοπισμό και την μέτρηση του πρασίνου στον αστικό χώρο. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι ο δορυφόρος καταγράφει υψηλές τιμές στο υπέρυθρο κανάλι ακόμα και στις σκιασμένες περιοχές και δίνει έτσι τη δυνατότητα για ανίχνευση ορισμένης ποσότητας αστικού πρασίνου ακόμα και σε λιγότερο φωτεινά σημεία της εικόνας.



## 5. Συμπεράσματα και προοπτικές

Η εφαρμογή αντικειμενοστραφών τεχνικών κρίνεται απαραίτητη ως εργαλείο αντικειμενικοποίησης και αυτοματοποίησης διαδικασιών αναγνώρισης σημασιολογικών αντικειμένων, κατηγοριών χρήσης γης και καταγραφής με γρήγορο και ακριβή τρόπο της πραγματικότητας.

Όσον αφορά, τις διάφορες τεχνικές σχεδιασμού βάσεων γνώσης και ταξινόμησης, φάνηκε πως πιο αποτελεσματικές είναι οι λύσεις στις οποίες γίνεται προσπάθεια να ανεξαρτητοποιούνται οι θεματικές κατηγορίες μεταξύ τους κατά το δυνατό περισσότερο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με δένδριτικές δομές βάσεων γνώσης. Σημαντικό επίσης είναι το να μπορεί μια βάση να παραμένει λιτή και ευέλικτη με τη χρήση καθαρών κανόνων και λίγων αποτελεσματικών ιδιοτήτων για το διαχωρισμό των κατηγοριών. Επίσης και οι ευρετικοί κανόνες παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι μιας επιτυχούς και αποτελεσματικής βάσης γνώσης.

## Ευχαριστίες

Το έργο αυτό συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο (75%) και από Εθνικούς πόρους (25%) – Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΕΠΕΑΕΚ) και ειδικότερα από το πρόγραμμα ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ.

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν την NAMA Geoinformatics για τα δεδομένα του σαρωτή LIDAR και πιο συγκεκριμένα τον κ. Νίκο Σπανίδη για την ευγενική του προσφορά.

## Βιβλιογραφία

Argialas Demetre, Derzekos Panos, 2002. Mapping Urban Green from IKONOS Data by an Object-Oriented Knowledge-base and Fuzzy Logic. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology II, Manfred Ehlers, Editor, Proceedings of SPIE Vol. 4886 (2003)

Barr S., M. Barnsley 2000. Reducing structural clutter in land cover classifications of high spatial resolution remotely-sensed images for urban land use mapping. Computers & Geosciences **26** (2000) 433±449.

DEFININENS AG, 2000. eCognition User Guide. <http://www.definiens.com>

Hofmann P., 2001. Detecting Informal Settlements From Ikonos Image Data Using Methods Of Object Oriented Image Analysis – An Example From Cape Town (South Africa). JÜRGENS, Carsten (2001) (Editor): Remote Sensing of Urban Areas. Regensburg. ISBN 3-88246-222-1.

Hofman P. , 2001. Detecting informal settlements from Ikonos image data using methods of object oriented image analysis.

Moller-Jensen, Lasse 1990. Knowledge-based classification of an urban area using texture and context information in Landsat-TM imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 56, pp. 899-904. 1990.