

**ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΑΠΟ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΙΚΟΝΟΣ  
ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗ ΒΑΣΗ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ <sup>1</sup>**

**ΑΡΓΙΑΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ<sup>2</sup> , ΔΕΡΖΕΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ<sup>2</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα εργασία αφορά στη μελέτη του αστικού πρασίνου με χρήση αντικειμενοστραφούς ανάλυσης δεδομένων Τηλεπισκόπησης Ikonos στο λογισμικό eCognition. Η ανάλυσή της εικόνας Ikonos περιέλαβε δυο επίπεδα κατάταξης και ταξινομήθηκαν. Στο πρώτο, επίπεδο τα τμήματα στα οποία κατατιμήθηκε η εικόνα ταξινομήθηκαν με βάση έναν δείκτη βλάστησης σε περιοχές με πυκνή, αραιή ή χωρίς καθόλου βλάστηση. Στο δεύτερο επίπεδο η εικόνα ταξινομήθηκε σε μεγαλύτερες περιοχές που προσομοίαζαν οικοδομικά τετράγωνα, ανάλογα με το ποσοστό που καταλάμβανε η βλάστηση σε κάθε μία από αυτές, με αποτέλεσμα ένα θεματικό χάρτη πυκνότητας αστικού πρασίνου.

**ABSTRACT**

The present paper is concerned with the study of urban green by means of object-oriented image analysis of Ikonos data. Urban green is recognized as an important functional element of the city, which affects directly the standard of living. Up to now, the efforts to study urban green by means of Remote Sensing were limited by the low resolution of the remote sensing data and the methods of processing that focused on the spectral features of individual pixels.

In the present paper high-resolution Ikonos data were processed with the newly developed by DEFiNiENS Imaging object-oriented image analysis software eCognition. The analysis included two levels of segmentation and classification. On the first, analytical level, objects to which the image was segmented were subsequently classified according to a vegetation index (Scaled MSAVI) to areas with dense, thin or no vegetation. On the second level the image was classified in larger areas that simulated building blocks according to the relative area of vegetation, in order to create a thematic map of urban green density. The execution process was automated with the use of a protocol, which was implemented in all three images and maintained steady process conditions.

The present paper aimed at the use of object-oriented image analysis techniques for the study of urban green. More specifically, the potential for detecting urban green and quantitatively assessing it was explored. The evaluation of the results indicated that detection and quantitative assessment of urban green was achieved with high accuracy. The present paper shows that object-oriented image analysis has significant advantages in comparison to the available up to now methods for studying urban green. The use of additional data (DEM, hyperspectral, GIS) will allow a more detail study of the urban green from high resolution data by means of object-oriented image analysis.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Τηλεπισκόπηση, Βάση Γνώσης, Χρήσεις Γής, eCognition

**KEYWORDS:** Remote Sensing, knowledge base, land use, eCognition

---

1: MAPPING URBAN GREEN FROM IKONOS DATA BY AN OBJECT-ORIENTED KNOWLEDGE BASE AND FUZZY LOGIC.

2: D. P. Argialas, P. G. Derzekos, National Technical University of Athens, Department of Rural & Surveying Engineering, Laboratory of Remote Sensing, Zografou Campus, 157 80, Greece. Tel: 0030-10-772-2595, e-mail: argialas@central.ntua.gr

## **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το αστικό πράσινο έχει ιδιαίτερη σημασία για το Λεκανοπέδιο Αττικής, αφού η άναρχη αστικοποίηση έχει οδηγήσει στην έντονη υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ η Αθήνα αντιμετωπίζει και την πρόκληση των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004. Στις περισσότερες προσπάθειες για τη μελέτη του αστικού πρασίνου την προηγούμενη δεκαετία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα Landsat TM. Ωστόσο, η χαμηλή χωρική διακριτική ικανότητα (Δ. Ικ.) των δεδομένων αυτών δε διευκολύνει τη μελέτη του πολύπλοκου σε υφή και κατηγορίες εδαφοκάλυψης αστικού χώρου, όπως αναγνωρίζεται από τους ερευνητές (Moller-Jensen, 1990). Η νέα γενιά τηλεπισκοπικών δεδομένων με χωρική Δ.Ικ. 1 m -όπως αυτά της παρούσας εργασίας- αναμένεται να βοηθήσει, ώστε το παραπάνω πρόβλημα να παρακαμφθεί. Ωστόσο, οι χρησιμοποιούμενοι ως τώρα αλγόριθμοι ταξινόμησης δεν μπορούν να διαχειριστούν ικανοποιητικά την πολυπλοκότητα των νέων δεδομένων. Μία λύση στα προβλήματα αυτά προτείνει η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων, που ενσωματώνει το νεοεμφανιζόμενο λογισμικό eCognition (DEFiNIENS 2000).

## **2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ**

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στο λογισμικό αντικειμενοστραφούς ανάλυσης eCognition (DEFiNIENS 2000). Η γενική ιδέα στην οποία βασίζεται το λογισμικό είναι ότι σημαντικές εννοιολογικές πληροφορίες, απαραίτητες για να ερμηνευτεί μία εικόνα, δεν αναπαρίστανται από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά από νοηματικά αντικείμενα/τμήματα της εικόνας και τις αλληλοσυσχετίσεις τους (DEFiNIENS, 2000). Με βάση την παρατήρηση αυτή, πρώτο στάδιο ανάλυσης της εικόνας με το eCognition αποτελεί η κατάτμησή της σε ομοιογενή τμήματα, μέσω μίας τεχνικής συγχώνευσης περιοχών. Ο χρήστης υποδεικνύει έμμεσα στον αλγόριθμο το μέγεθος που θα έχουν τα τελικά τμήματα, τη φασματική ομοιογένεια που θα παρουσιάζουν, καθώς και το πόσο συμπαγή και λεία θα είναι ως σχήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Η ταξινόμηση των τμημάτων αυτών μπορεί να γίνει όχι μόνο με βάση τα φασματικά τους χαρακτηριστικά, αλλά και με ένα πλήθος άλλων κριτηρίων, όπως είναι το σχήμα, οι συσχετίσεις με άλλες κατηγορίες στο ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο κατάτμησης, νέα χαρακτηριστικά που ο χρήστης δημιουργεί από το συνδυασμό των υπαρχόντων στο λογισμικό, κ.α. Δίνεται, συνεπώς, η δυνατότητα στο χρήστη να προχωρήσει στη δημιουργία μίας βάσης γνώσης με λεπτομερέστερες και πιο πολύπλοκες περιγραφές για εννοιολογικές (θεματικές) πλέον κατηγορίες εδαφοκάλυψης. Η εισαγωγή, δε, της βάσης γνώσης στο λογισμικό για τον ορισμό των κατηγοριών γίνεται με διαφανή τρόπο, μέσω της ασαφούς λογικής, που προσαρμόζεται καλύτερα στη φυσική πραγματικότητα από την ταξινόμηση με απόλυτα όρια. Τέλος, οι κατηγορίες που δημιουργούνται μπορούν να οργανωθούν σε ευρύτερες εννοιολογικές (θεματικές) ομάδες, που αφορούν στο χώρο ή στην εδαφοκάλυψη, μέσω αντικειμενοστραφούς αναπαράστασης. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης και ταξινόμησης. Ένα επίπεδο μπορεί να ταξινομηθεί λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση ενός ανώτερου ή κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου, δηλαδή με πιο λεπτή ή χοντρή κατάτμηση αντίστοιχα, επιτρέποντας τη διαμόρφωση "σχέσεων μέρους όλου".

## **3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ**

### **3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η ευρύτερη περιοχή των Νέων Λιοσίων, στο βορειοδυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου Αττικής. Για την περιοχή αυτή ήταν διαθέσιμη μία εικόνα πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας του δορυφόρου Ikonos (© Copyright Space Imaging Europe 2000, <http://www.si-eu.com>). Η εικόνα αυτή είχε έκταση 61,5 km<sup>2</sup> και κατεγράφη περίπου στις 9.00' π.μ. της 23<sup>ης</sup> Μαρτίου 2000. Αποτελείται από πέντε κανάλια, ένα παγχρωματικό και τέσσερα φασματικά. Η χωρική Δ. Ικ. είναι 1 m για το παγχρωματικό κανάλι και 4 m για τα φασματικά. Η μεγάλη χωρική Δ. Ικ. των δεδομένων διευκολύνει τη φωτοερμηνεία και επιτρέπει την αναγνώριση πολλών κατηγοριών εδαφοκάλυψης. Από τη διαθέσιμη εικόνα επιλέχτηκαν τρία μικρότερα χαρακτηριστικά τμήματά της με μέγεθος 1024\*1024 εικονοστοιχεία,

που απεικονίζουν πυκνό αστικό ιστό, αστικό ιστό στα όρια με γειτονικό ορεινό όγκο και αραιοκατοικημένη περιοχή και ονομάστηκαν αντίστοιχα "urban1", "fringe1" και "mixed1".

### 3.2 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Οι παράμετροι που καθορίζονται στην κατάτμηση των εικόνων είναι το βάρος με το οποίο θα συμμετέχει κάθε κανάλι, τα βάρη που θα δοθούν στα κριτήρια κατάτμησης (φασματικό και σχήματος) και η παράμετρος κλίμακας.

Για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων κατάτμησης (φασματικό και σχήματος), μετά από τους συνδυασμούς που δοκιμάστηκαν, τα βέλτιστα αποτελέσματα απέδωσε ο συνδυασμός: φασματικό κριτήριο 0,7 και κριτήριο σχήματος 0,3. Το τελευταίο, μοιράστηκε με ίσο βάρος (0,5) στις δύο συνιστώσες του που αφορούν στο συμπαγές του σχήματος και το λείο της οριογραμμής. Για την παράμετρο κλίμακας επιλέχτηκε μία σχετικά μικρή τιμή (10), ώστε τα τμήματα που προκύπτουν να είναι σχετικά μικρού μεγέθους.

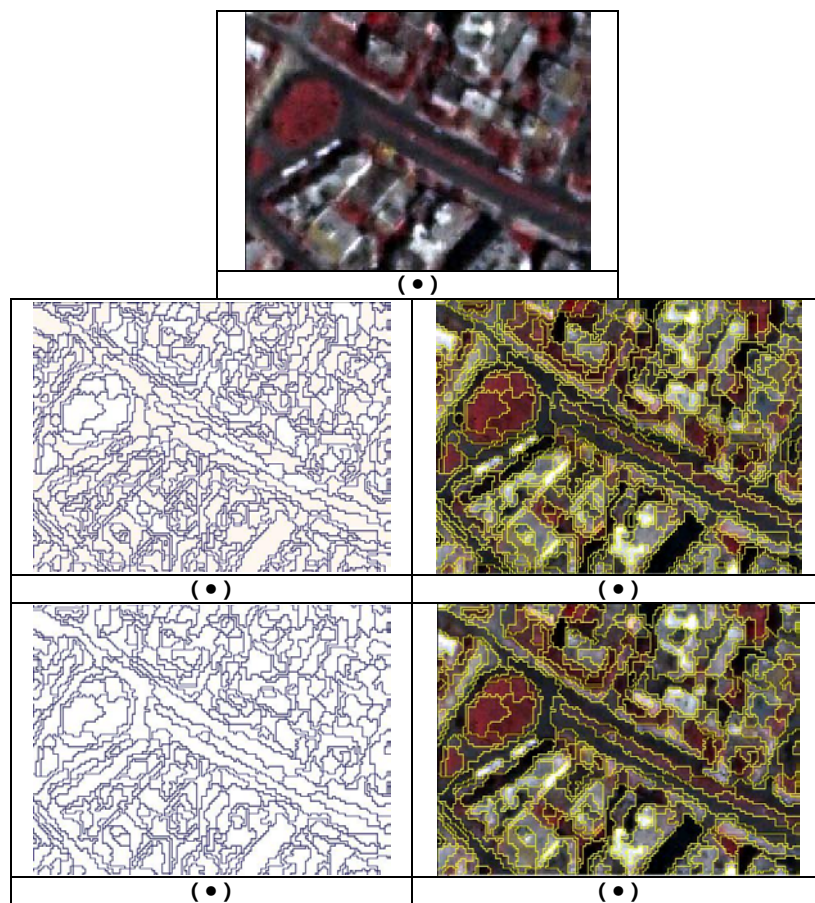
Τα σχετικά μικρά και συμπαγή τμήματα που προέκυψαν από την παραπάνω ταξινόμηση διευκόλυναν τον εντοπισμό των συγκεντρώσεων αστικού πρασίνου. Ωστόσο, η ομοιότητα των τμημάτων δεν επέτρεπε τη διάκρισή τους ως προς το σχήμα, που – όπως θα δειχτεί στη συνέχεια – παρέχει ένα μέσο διαχωρισμού φασματικά συγγενών τμημάτων που αντιστοιχούν σε οροφές κτιρίων και τμημάτων που αντιστοιχούν σε δρόμους, ιδίως αυτούς με σχετικά φθαρμένη ασφαλτόστρωση. Συνεπώς, έγινε εμφανές ότι ήταν σκόπιμο να δημιουργηθεί ένα δεύτερο επίπεδο κατάτμησης ώστε, με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων, να δοθεί η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και ένα δεύτερο κριτήριο κατά την ταξινόμηση, το σχήμα των τμημάτων, για το διαχωρισμό τους. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι που υιοθετήθηκαν για το δεύτερο επίπεδο ήταν: τιμή παραμέτρου κλίμακας 15, βάρος φασματικού κριτηρίου 0,7 και βάρος κριτηρίου σχήματος 0,3, που μοιράζεται κατά 0,9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0,1 στο συμπαγές των τμημάτων. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των δύο τελικών συνδυασμών παραμέτρων για ένα κομμάτι της εικόνας "urban1", που εμφανίζεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432.

### 3.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Το πρώτο επίπεδο κατάτμησης ταξινομήθηκε ως προς ένα δείκτη βλάστησης και πιο συγκεκριμένα το δείκτη MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002). Από τη φωτοερμηνεία των εικόνων και την απεικόνιση των τιμών του χαρακτηριστικού "Scaled MSAVI", προέκυψε ο διαχωρισμός των κατηγοριών:

- "Dense vegetation". Ορίζεται με τη βοήθεια ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S, με διάστημα τιμών από 128 έως 134.
- "Thin or mixed vegetation". Ορίζεται με τη βοήθεια ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής τραπεζοειδούς μορφής, με διάστημα τιμών από 120 έως 133.
- "Not vegetation (Level 1)". Ορίζεται συμπληρωματικά ως προς τις άλλες δύο κατηγορίες: "Not Dense vegetation and (min) Not Thin or mixed vegetation".

Επίσης, οι τρεις αυτές κατηγορίες ορίζονται ως υποκατηγορίες μίας γενικότερης ("Level 1"), που αφορά στο επίπεδο που θα εφαρμόζονται. Τέλος, οι δύο κατηγορίες βλάστησης ομαδοποιήθηκαν σε μία εννοιολογική κατηγορία ("Total vegetation in Level 1") που αφορά στη συνολική βλάστηση στο πρώτο επίπεδο. (Σχήμα Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.).

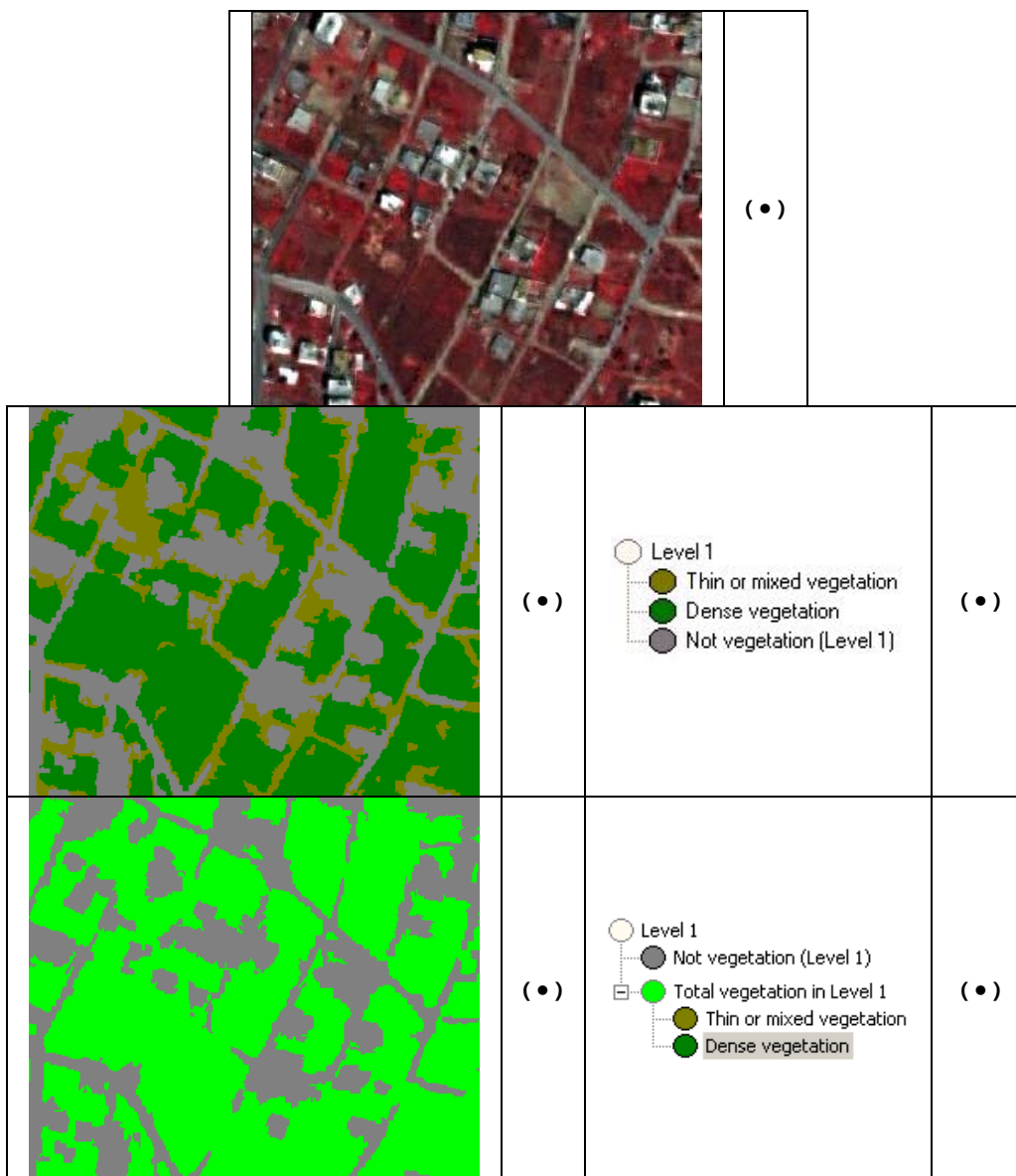


**Σχήμα** Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. (α) Ένα κομμάτι της εικόνας "urban1" σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 όπου η βλάστηση σημαίνεται με κόκκινο χρώμα, (β) και (δ) τα τμήματα που προκύπτουν από τις δύο κατατιμήσεις, (γ) και (ε) οι διαφανείς "συνθέσεις" των (β) και (δ) με την αρχική εικόνα, για αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των κατατιμήσεων.

**Figure 1.** (α) The original image in RGB color composite 4-3-2 where the vegetation appears in red, (β) and (δ) the derived segments from the two segmentations, (γ) and (ε) transparent overlay of (β) and (δ) with the original image so that to evaluate the results of segmentation procedure.

### 3.4 Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Το πρώτο βήμα της ταξινόμησης του δεύτερου επιπέδου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της εγγύτερης γειννιάσης ως προς τις μέσες φασματικές τιμές στα τέσσερα κανάλια και ορίστηκαν δείγματα για τις κύριες φασματικές ή/και εννοιολογικές κατηγορίες που εντοπίζονται: βλάστηση ("Vegetation"), χώμα ("Soil"), σκιά ("Shade"), ασφαλτικά υλικά ("Asphalt-like materials"), κατασκευές από μπετό ("Concrete") και στέγες από κεραμίδι ("Tile building roof"). Το αποτέλεσμα για ένα κομμάτι της εικόνας "fringel" παρουσιάζεται στο Σχήμα Σφάλμα! **Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.β.**

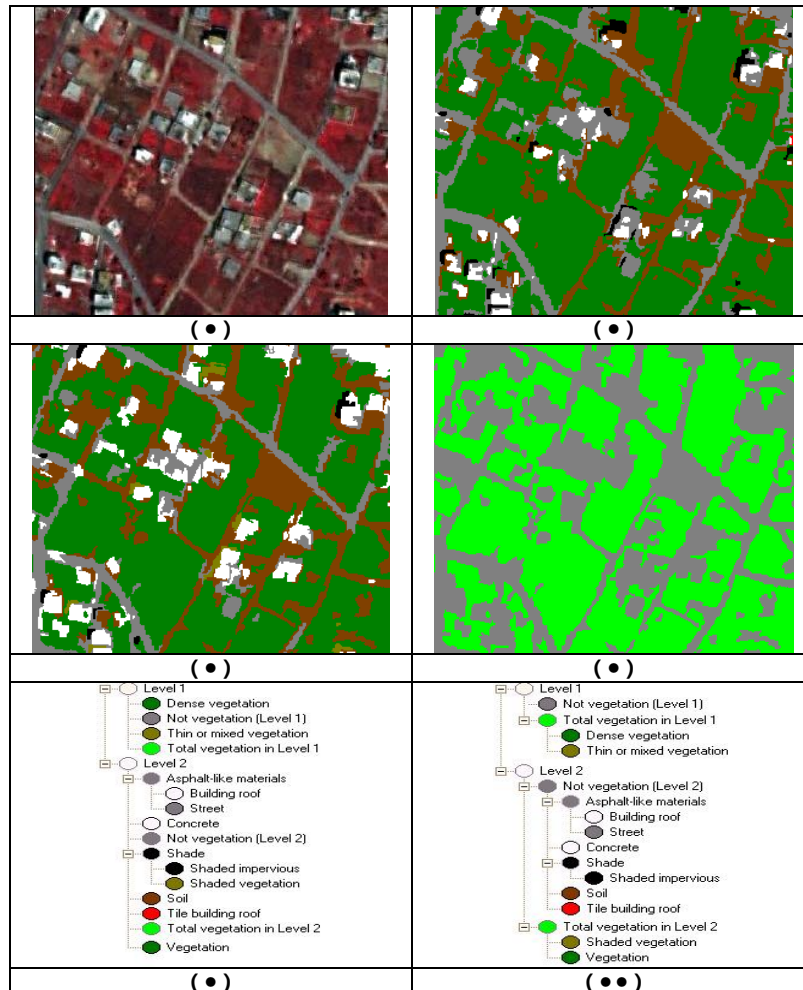


**Σχήμα** Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.. (α) Ένα κομμάτι της εικόνας "fringel" σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432, (β) η ταξινόμησή του στις τρεις κατηγορίες, (γ) το υπόμνημά της, (δ) η ταξινόμηση που παρουσιάζει τη συνολική βλάστηση, και (ε) το υπόμνημά της.

**Figure 2.** (a) A part of the image "fringel" in color composite RGB: 432, (β) its classification in three categories, (γ) its legend, (δ) classification showing total vegetation and (ε) its legend.

Το δεύτερο βήμα της ταξινόμησης του δεύτερου επιπέδου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση γεωμετρικών χαρακτηριστικών του σχήματος. Για παράδειγμα η γενική κατηγορία "Asphalt-like materials" διαχωρίστηκε σε δρόμους και οροφές κτιρίων με βάση την *ασυμμετρία* και την *πυκνότητα*. Η *ασυμμετρία*  $k$  αποτελεί μέτρο για το επίμηκες ενός σχήματος, ενώ η *πυκνότητα*  $d$  για το συμπαγές του (DEFiNIENS, 2000). Δύο υποκατηγορίες, που αφορούν σε στέγες κτιρίων ("Building roof") και δρόμους ("Street") ορίστηκαν ως υποκατηγορίες (τάξεις-γόννοι) της κατηγορίας "Asphalt-like materials". Η υποκατηγορία "Street" ορίστηκε με τη βοήθεια ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής: μορφής S με διάστημα τιμών από 0,9 έως 1 για την ασυμμετρία, μορφής Z με διάστημα τιμών 11,5-12,5 για την τυπική απόκλιση στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι και μορφής Z με διάστημα τιμών 12-13 για την τυπική απόκλιση στο κόκκινο κανάλι. Αντίστοιχα, η υποκατηγορία "Building roof" ορίστηκε αφενός ως συμπληρωματική της "Street" και αφετέρου με τη βοήθεια συνάρτησης συμμετοχής τραπεζοειδούς μορφής για την πυκνότητα και διάστημα τιμών 1,6-5.

Επιπλέον, η κατηγορία "Shade" διαχωρίστηκε περαιτέρω σε σκιασμένη βλάστηση "Shaded vegetation" και σε σκιασμένα αδιαπέραστα κατασκευαστικά υλικά (π.χ. δρόμοι ή πεζοδρόμια) "Shaded impervious" (Σχήμα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.γ). Το πρώτο βήμα της ταξινόμησης στο δεύτερο επίπεδο, το δεύτερο βήμα με χωρισμένες πλέον τις κατηγορίες "Shade" και "Asphalt-like materials" και η ομαδοποίηση των κατηγοριών παρουσιάζονται για ένα κομμάτι της εικόνας "mixed1" στο Σχήμα Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής..



**Σχήμα** Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.. (α) Ένα τμήμα της εικόνας "mixed" σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432, (β) το πρώτο βήμα ταξινόμησης, (γ) η τελική ταξινόμηση, (δ) η ταξινόμηση που παρουσιάζει τη συνολική βλάστηση, (ε) η ιεραρχία τάξεων και (στ) η ιεραρχία ομαδοποίησης.

**Figure 3.** (a) A part of the image "mixed1" in color composite RGB: 432, (β) the first step of classification, (γ) the final classification (δ) the classification that shows the total vegetation, (ε) the legend for the final classification and (στ) the legend for the classification of the total vegetation in (δ).

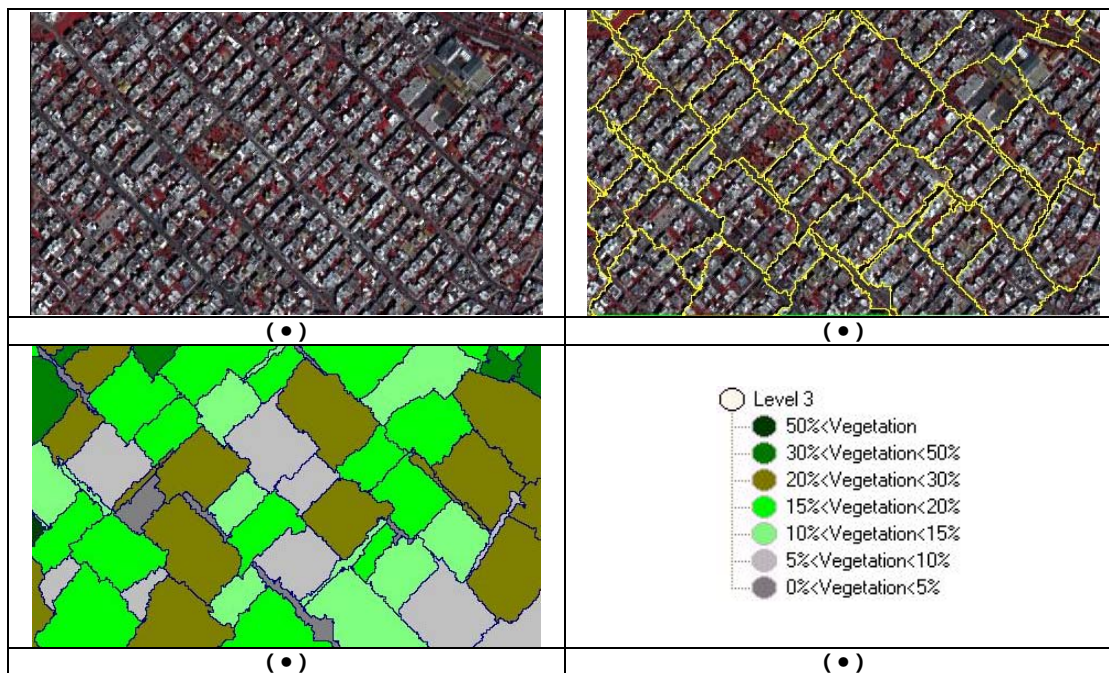
### 3.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΘΕΜΑΤΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ

Για να εξυπηρετηθεί η μελέτη του αστικού πρασίνου, είναι χρήσιμο να υπάρχει μία συνολική άποψη για την παρουσία του στην περιοχή που εξετάζεται. Η ανάγκη αυτή μπορεί να εξυπηρετηθεί με τη δημιουργία ενός θεματικού χάρτη πυκνότητας αστικού πρασίνου. Έτσι, τα δύο πρώτα επίπεδα συνδυάστηκαν όσον αφορά στη βλάστηση. Από το πρώτο επίπεδο η κατηγορία "Total vegetation in Level 1" ελήφθη, δηλαδή προβλήθηκε, στο δεύτερο επίπεδο στη θέση της κατηγορίας "Total vegetation



in Level 2". Επιπλέον, οι εικόνες κατατμήθηκαν εκ νέου σε περιοχές που προσομοιάζουν οικοδομικά τετράγωνα, με παραμέτρους κατάτμησης: παράμετρος κλίμακας 90, φασματικό κριτήριο 0,1 και κριτήριο σχήματος 0,9, που μοιράζεται εξίσου (0,5) στις δύο συνιστώσες του που αφορούν στο λείο της οριογραμμής και το συμπαγές του σχήματος. Το αποτέλεσμα της νέας κατάτμησης για ένα τμήμα της εικόνας "urban1" παρουσιάζεται στο Σχήμα Σφάλμα! **Άγνωστη παράμετρος αλλαγής**.β.

Για να ταξινομηθούν οι περιοχές που προέκυψαν από την κατάτμηση του τρίτου επιπέδου ως προς τη συνολική βλάστηση (πυκνή ή αραιή από το πρώτο επίπεδο, σκιασμένη ή μη από το δεύτερο), οι συνολικές κατηγορίες της βλάστησης "Total vegetation in Level 1" και "Total vegetation in Level 2" ομαδοποιούνται σε μία νέα κατηγορία "Total vegetation in Levels 1 and 2". Επιτά κατηγορίες ορίστηκαν με κριτήριο το ποσοστό (%) έκτασης που καταλαμβάνουν τμήματα ταξινομημένα ως βλάστηση (Relative area of "Total vegetation in Levels 1 and 2"), με τη βοήθεια ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής τραπεζοειδούς μορφής. Οι κατηγορίες αυτές δίνουν μεγαλύτερο βάρος στις χαμηλές πυκνότητες πρασίνου, που χαρακτηρίζουν τον αστικό χώρο και ονομάστηκαν "Vegetation<5%", "5%<Vegetation<10%", "10%<Vegetation<15%", "15%<Vegetation<20%", "20%<Vegetation<30%", "30%<Vegetation<50%" και "50%<Vegetation". Στο Σχήμα Σφάλμα! **Άγνωστη παράμετρος αλλαγής**, παρουσιάζονται (α) ένα κομμάτι της εικόνας "urban1" σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432, (β) η κατάτμησης του με τις νέες παραμέτρους, (γ) η ταξινόμησή του ανάλογα με τη βλάστηση και (δ) το υπόμνημά της.



**Σχήμα** Σφάλμα! **Άγνωστη παράμετρος αλλαγής**.: (α) Ένα τμήμα της εικόνας "urban1" σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432, (β) η νέα κατάτμησης του (τα όρια των νέων τμημάτων σημαίνονται με κίτρινο χρώμα), (γ) η ταξινόμησή του ανάλογα με τη βλάστηση και (δ) το υπόμνημά της.

**Figure 4:** (α) A part of the image "urban1" in color composite RGB: 432, (β) its new segmentation (the borders of the new segments appear yellow), (γ) the classification according to the relative area of vegetation and (δ) the legend.

#### 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η αξιολόγηση των ταξινομήσεων έγινε με διάφορους τρόπους συμπεριλαμβανομένων και των δεδομένων εκπαίδευσης που συλλέχτηκαν με φωτοερμηνεία της εικόνας. Όσον αφορά στην ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου της εικόνας η ακρίβεια υπολογίστηκε ως εξής: 100% για περιοχές με πυκνή, 90% για περιοχές αραιής, και 100% για περιοχές

χωρίς καθόλου βλάστηση. Όσον αφορά στην ταξινόμηση του δευτέρου επιπέδου της εικόνας η ακρίβεια υπολογίστηκε ως εξής βλάστηση (100%), σκιασμένη βλάστηση (80%), δρόμοι (100%), σκιασμένα αδιαπέραστα κατασκευαστικά υλικά (100%), χόμα (80%), σκιά (100%), κατασκευές από μπετό (100%), στέγες κτιρίων (<50%) και στέγες από κεραμίδι (<50%).

## **5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

Τα συμπεράσματα από την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και γενικότερα των τεχνικών που ενσωματώνει το λογισμικό eCognition στη μελέτη του αστικού πρασίνου καταδεικνύουν επιμέρους σημεία επιτυχούς εφαρμογής, αλλά και περιορισμούς. Οι αναλύσεις των αποτελεσμάτων συγκλίνουν στο ότι η ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου, για το οποίο ακολουθήθηκε μία αναλυτική προσέγγιση, ήταν επιτυχής. Συνεπώς, αν αντικείμενο μίας εργασίας είναι ο εντοπισμός των συγκεντρώσεων αστικού πρασίνου, ο ποσοτικός προσδιορισμός της έκτασης που καταλαμβάνουν ή ο υπολογισμός της πυκνότητάς τους (π.χ. για τη δημιουργία θεματικών χαρτών, όπως στην παρούσα εργασία), ανάλυση των διαθέσιμων εικόνων παρόμοια της παρούσας εργασίας εγγυάται αποτελέσματα υψηλής ακριβείας.

Ωστόσο, η ανάλυση που περιγράφηκε γνώρισε περιορισμούς ως προς τον περαιτέρω προσδιορισμό αυτών των συγκεντρώσεων αστικού πρασίνου στο συνθετικό, δεύτερο επίπεδο ταξινόμησης. Ο διαχωρισμός των συγκεντρώσεων αστικού πρασίνου σε δημόσιες ή ιδιωτικές προϋποθέτει την κατάταξή τους σε επιμέρους κατηγορίες (π.χ. πρασιές, νησίδες, ακάλυπτους χώρους κ.α.), οι οποίες με τη σειρά τους απαιτούν μία γενικότερη, υψηλής ακριβείας κατάταξη του ευρύτερου αστικού χώρου η οποία δε θα είναι δυνατό να επιτευχθεί χωρίς τη συνδρομή άλλων δεδομένων (π.χ. ΣΠΓ – GIS, DEM). Συνολικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η αντικειμενοστραφής ανάλυση πλεονεκτεί έναντι των διαθέσιμων έως τώρα μεθόδων ανάλυσης εικόνας σε πολλά σημεία, χωρίς να αποτελεί πανάκεια. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των δυνατοτήτων της.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε θερμά την εταιρία Space Imaging Europe για τα δεδομένα που μας διέθεσε (ιδιαίτερα την κ. Βαρελά).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1]Argialas, D., and Harlow C., 1990. Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No 6, pp. 871-886.
- [2]Baatz, M. and Schape A., 2000. Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag: 12-23.
- [3]DEFINIENS, 2000 and 2001, eCognition User Guide, Munchen.
- [4]Δερζέκος Π., και Αργιαλάς Δ., 2002. Διερεύνηση της χρήσης αντικειμενοστραφούς ανάλυσης δεδομένων IKONOS για τη μελέτη του αστικού πρασίνου. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Αθήνα, Φεβρουάριος 2002.
- [5]Hofmann, P., 2001. Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. GeoBIT/GIS 6, pp 28-33.
- [6]Moller-Jensen L., 1990. Knowledge Based Classification of an Urban Area Using Texture and Context Information in Landast-TM Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 56, No 6, pp 899-904.