

**Προσδιορισμός των προς αναδάσωση εκτάσεων στον Εθνικό Δρυμό Σουνίου με τη χρήση μοντέλων, Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και δορυφορικών εικόνων IKONOS**

**Παύλος Χριστακόπουλος<sup>1</sup>, Ιωάννης Χατζόπουλος<sup>1</sup>, Δημήτριος Παρώνης<sup>2</sup>,  
Απόστολος Άνδρου<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου,  
81100 Μυτιλήνη, e-mail: [phrista@env.aegean.gr](mailto:phrista@env.aegean.gr)

<sup>2</sup> Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών &  
Τηλεπισκόπησης, Βασ. Παύλου & Μεταξά, 15236 Παλαιά Πεντέλη  
e-mail: [paronis@space.noa.gr](mailto:paronis@space.noa.gr)

<sup>3</sup> Διεύθυνση Αναδασώσεων Περιφέρειας Αττικής, Αγ. Λαύρας 66, 1141 Αθήνα  
e-mail: [danadas@otenet.gr](mailto:danadas@otenet.gr)

**Περίληψη**

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου προσδιορισμού των προς αναδάσωση εκτάσεων, σε μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα που κήκαν από πολλαπλές πυρκαγιές στον Εθνικό Δρυμό Σουνίου. Για την ανάπτυξη του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο λογισμικό επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων. Βασικά στοιχεία εισόδου στο συγκεκριμένο μοντέλο αποτέλεσαν οι ψηφιοποιημένοι εδαφολογικοί χάρτες, η ταξινομημένη σε 5 κλάσεις κάλυψης πολυφασματική εικόνα υψηλής ανάλυσης IKONOS της περιοχής μελέτης και διανυσματικά αρχεία των πυρκαγιών και των εκτάσεων που έχουν ήδη αναδασωθεί. Για το προσδιορισμό των προς αναδάσωση εκτάσεων ελήφθησαν υπόψη κριτήρια αναφορικά με την ποιότητα του εδάφους για την ανάπτυξη δασών, το βραχύδες του εδάφους και την κάλυψη βλάστησης. Όσον αφορά την κάλυψη, ως επιδεικτικές αναδάσωσης θεωρήθηκαν επιφάνειες γυμνές βλάστησης ή καλυπτόμενες με φρύγανα. Το αποτέλεσμα είναι ο χάρτης με τις προς αναδάσωση εκτάσεις με βάση τα κριτήρια που ετέθησαν.

**Λέξεις κλειδιά:** Μεσογειακά οικοσυστήματα, αναδασωτές εκτάσεις, δασικές πυρκαγιές, μοντέλα, ΓΣΠ, δορυφορικές εικόνες IKONOS

**Determination of the reforestable areas in the National Park of Sounio using models, Geographical Information Systems and Satellite images IKONOS**

**Paul Christakopoulos<sup>1</sup>, Ioannis Xatzopoulos<sup>1</sup>, Dimitrios Paronis<sup>2</sup>, Apostolos Androu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Environmental Studies, Aegean University, Lofos Panepistimiou, 81100 Mytilene, e-mail: [phrista@env.aegean.gr](mailto:phrista@env.aegean.gr)

<sup>2</sup> National Observatory of Athens, Institute for Space Applications & Remote Sensing, Vas. Pavlou & Metaxa, 15236 Palea Pendeli  
e-mail: [paronis@space.noa.gr](mailto:paronis@space.noa.gr)

<sup>3</sup> Reforestation Department on Attica Region, Ag. Lavras 66, 11141 Athens  
e-mail: [danadas@otenet.gr](mailto:danadas@otenet.gr)

## Summary

The present work assessed the possibility for deriving a model for the determination of the reforestable areas in Mediterranean-type ecosystems recurrently burnt by fires in the National Park of Sounio (Greece). Model development was based on proper satellite image processing software. The data set that was used as input to the specific model comprised digital terrain maps, classification maps derived from a high resolution multispectral IKONOS image and shapefiles delineating the extent of both the fires and the previously reforested areas in the region of interest. Suitable criteria related to ground quality factors, vegetation cover and the presence of rocky-type terrain were taken into account for constructing the final reforestation map

**Key words:** Mediterranean ecosystems, reforestable areas, forest fires, models, GIS, satellite images IKONOS

## Εισαγωγή

Η αποκατάσταση των καμένων μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων με αναδάσωσης, είναι πρακτική ευρέως χρησιμοποιούμενη στη χώρα μας και σε άλλες Μεσογειακές χώρες. Η διαχειριστική αυτή πρακτική συνδέεται άμεσα με την ενδεδειγμένη γνώση της μεταπυρικής εξέλιξης των οικοσυστημάτων αυτών.

Ένα από τα κύρια προβλήματα που αφορούν την εφαρμογή της διαχειριστικής πρακτικής των αναδασώσεων, είναι η διακρίβωση της θέσης που κατέχουν οι φυτοκοινωνίες των αείφυλλων πλατύφυλλων (μακί) και τα φυσικά πευκοδάση στην μεσογειακή ζώνη στη πορεία προς τα καταληκτικά στάδια (climax). Στο θέμα αυτό υπάρχουν δύο απόψεις. Η πρώτη (Horvat et al 1974) θεωρεί ότι τα αείφυλλα πλατύφυλλα κατέχουν χαμηλότερη θέση από τα μεσογειακά πευκοδάση στο σχήμα θετικής διαδοχής. Η δεύτερη άποψη (Tomaselli 1977), θεωρεί ότι τόσο τα αείφυλλα πλατύφυλλα, όσο και τα μεσογειακά πευκοδάση κατέχουν το ίδιο στάδιο (Paraclimax). Αναφορικά με τις φυτοκοινωνίες των φρυγάνων, αυτές γενικά θεωρούνται ως το τελευταίο στάδιο υποβάθμισης ενός δασικού οικοσυστήματος (Κωνσταντινίδης και Γκατζογιάννης 2001).

Η καθιέρωση κανόνων, αναφορικά με τα ποσοστά καλύψεων της γης αλλά και τις μορφές της μεταπυρικής βλάστησης των μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων, που χρήζουν αναδάσωσης για να εξελιχθούν προς ανώτερα στάδια της εμπροσθοδρομικής εξέλιξης, κρίνεται πολύ σημαντική στην αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων.

Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, των μεθόδων Τηλεπισκόπησης και της μοντελοποίησης είναι ευρεία τα τελευταία χρόνια στη περιβαλλοντική διαχείριση (Gauthier 1996, Fortherigham and Wegener 2000, Mladenoff 2001, Χατζόπουλος 2002, Κουτσόπουλος και Ανδρουλακάκης 2003). Ιδιαίτερα η τεχνική της επιβλεπόμενης ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων (Χατζόπουλος 1998, Μερτίκας 1999), όπως είναι οι εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης IKONOS, μπορεί να μας δώσει ακριβή πληροφορία για τη σύνθεση της μεταπυρικής βλάστησης σε δεδομένη χρονική στιγμή, με γρήγορο και αντικειμενικό τρόπο. Η πληροφόρηση αυτή είναι ακόμη πιο σημαντική στη περίπτωση πολύ μεγάλων καμένων εκτάσεων με έντονο ανάγλυφο. Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αναφορές σχετικά με την ύπαρξη μοντέλων και τη χρήση ΓΣΠ και μεθόδων Τηλεπισκόπησης για την επιλογή των προς αναδάσωση εκτάσεων.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, γίνεται αφ ενός μεν η πρόταση κανόνων επιλογής των προς αναδάσωση εκτάσεων με βάση εμπειρική γνώση ειδικών (experts opinion), αφ ετέρου δε η καθιέρωση ενός μοντέλου επιλογής των προς αναδάσωση εκτάσεων, μετά από επεισόδια πυρκαγιών σε μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα. Για την ανάπτυξη του μοντέλου λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Οι κανόνες επιλογής που προτείνονται.
- Ο προσδιορισμός των βλαστητικών μορφών της μεταπυρικής εξέλιξης με τη χρήση μεθόδων Τηλεπισκόπησης.
- Ο προσδιορισμός των εδαφών που μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη και εξέλιξη αναδασώσεων, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.
- Ο προσδιορισμός εκτάσεων που πρέπει να εξαιρεθούν της αναδάσωσης για διάφορους λόγους.

Το αποτέλεσμα είναι ένας θεματικός χάρτης με τις προς αναδάσωση εκτάσεις.

#### **Υλικά και μέθοδοι**

Η έρευνα έγινε στην περιοχή του Εθνικού Δρυμού Σουνίου, όπου έλαβαν χώρα πολλές και επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές κατά τα έτη 1985, 1993 και 2000.

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Εδαφολογικός χάρτης και χάρτης γαιοικανότητας περιοχής Λαυρίου κλίμακας 1:50.000 του Υπ. Γεωργίας.
- Χάρτης με τα όρια της πυρκαγιάς του έτους 2000, κλίμακας 1:5.000, από την μελέτη αναδάσωσης του Σουνίου (Χριστακόπουλος 2001).
- Ορθοφωτοχάρτες της περιοχής Σουνίου, έτους 1998, με προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87, του Υπ. Γεωργίας
- Δορυφορική εικόνα IKONOS με ημερομηνία λήψης 19-11-2004 (Row/path 183/34), με 4 κανάλια, διακριτικής ικανότητας 4 μ.

Για τις ανάγκες της έρευνας έγινε λήψη επιφανειών στο πεδίο. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν οι 2 επιφάνειες που αναδασώθηκαν το έτος 2003 και είχαν καεί το έτος 2000, 25 επιφάνειες για τον προσδιορισμό των φασματικών υπογραφών της ταξινόμησης της IKONOS με συγκεκριμένη βλαστητική μορφή (training sites), 25 επιφάνειες ελέγχου της ταξινόμησης με, επίσης, συγκεκριμένη βλαστητική μορφή και, τέλος, 43 επιφάνειες επαλήθευσης (validation sites) του προτεινόμενου μοντέλου επιλογής των προς αναδάσωση εκτάσεων.

#### **α. Πρόταση κανόνων επιλογής των προς αναδάσωση εκτάσεων**

Για την πρόταση των κανόνων επιλογής χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική γνώση ειδικών (experts opinion) σε θέματα αναδασώσεων. Η σύνοψη της γνώμης τους έχει ως εξής:

- Δεν πρέπει να αναδασώνονται βραχώδεις περιοχές εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις.
- Ο χρόνος αναμονής μετά από πυρκαγιά πρέπει να είναι 3-5 έτη.
- Η αναδάσωση πρέπει να γίνεται σε γυμνές ή φρυγανικές εκτάσεις ή σε διάκενα τέτοιων εκτάσεων. Οι θάμνοι αειφύλλων πλατυφύλλων που έχουν

αναβλαστήσει, πρέπει να θεωρούνται ως αυτόνομα φυτά και να αφήνονται στη φυσική τους εξέλιξη, καθόσον ένα οικοσύστημα από αειφυλλα πλατύφυλλα, μπορεί να εκπληρώσει τους περισσότερους από οικολογικούς σκοπούς που αναμένουμε από ένα δασικό οικοσύστημα.

- Δεν πρέπει να αναδασώνονται εδάφη με ισχυρούς περιορισμούς για την ανάπτυξη δασών.

### **β. Καθορισμός των εδαφών που είναι επιδεικτικά αναδασώσεων**

Κατ αρχήν έγινε ψηφιοποίηση των εδαφολογικών χαρτών της περιοχής καθώς επίσης και της περιοχής μελέτης. Τα προκύψαντα διανυσματικά αρχεία γεωαναφέρθηκαν στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 με βάση τους ορθοφωτοχάρτες της περιοχής. Με ανάλυση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (τομή), προέκυψε το διανυσματικό αρχείο των εδαφολογικών κλάσεων της περιοχής μελέτης, που περιλαμβάνει 11 εδαφολογικές κλάσεις. Στη συνέχεια, σε κάθε εδαφολογική κλάση δόθηκε ένα ID, ανάλογα με τη δυνατότητά της να υποστηρίζει την ανάπτυξη δασών και αναδασώσεων. Έτσι οι εδαφολογικές κλάσεις που εμφανίζονται στη περιοχή μελέτης, περιλαμβάνουν στα όρια τους εκτάσεις που ανήκουν σε 4 κλάσεις δυναμικότητας για την ανάπτυξη δασών και αναδασώσεων (ύστερα από σύγκριση του εδαφολογικού χάρτη με τον χάρτη γαιοϊκανότητας). Οι κλάσεις αυτές είναι οι εξής, όσον αφορά τους περιορισμούς για την ανάπτυξη δασών και αναδασώσεων:

- Κλάση 2: γαίες με ελαφρούς περιορισμούς.
- Κλάση 3: γαίες με μέτριους περιορισμούς.
- Κλάση 4: γαίες με έντονους περιορισμούς.
- Κλάση 5: γαίες με ισχυρούς περιορισμούς.

Στις εδαφολογικές κλάσεις που καλύπτονται σε ποσοστό 80-100% με τις κλάσεις δυναμικότητας για την ανάπτυξη δασών και αναδασώσεων 2-4, δίδουμε ID=100. Αντίστοιχα για κάλυψη 40%-80% δίδουμε ID=200, και, τέλος, για κάλυψη < 40 % δίδουμε ID=300.

Θεωρούμε τις κλάσεις με ID 100 & 200 ως επιδεικτικές αναδασώσεων και αντίστοιχα τις κλάσεις με ID=300 ως ανεπίδεκτες αναδασώσεων.

### **γ. Επιβλεπόμενη ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας IKONOS**

Η δορυφορική εικόνα IKONOS διορθώθηκε γεωμετρικά και ραδιομετρικά και γεωαναφέρθηκε στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87, με βάση τους ορθοφωτοχάρτες της περιοχής και αποκόπηκε στα όρια της περιοχής μελέτης (masking). Στη συνέχεια έγινε η επιβλεπόμενη ταξινόμηση της εικόνας αυτής.

Για την διενέργεια της ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν οι ανωτέρω περιοχές εκπαίδευσης (training sites). Η ταξινόμηση της βλάστησης έγινε στις εξής κατηγορίες:

- Δάση χαλεπίου πεύκης
- Θαμνότοποι
- Φρυγανότοποι
- Ακάλυπτες εκτάσεις
- Βραχώδεις εκτάσεις

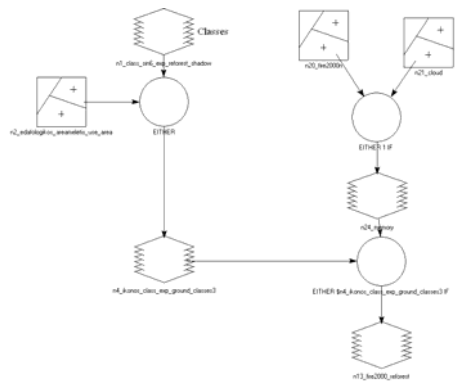
Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης έγινε ως εξής: Με τη χρήση του modeler του ERDAS, υπολογίστηκε το ποσοστό επιτυχίας της ταξινόμησης σε κάθε επιφάνεια ελέγχου. Τα επί μέρους ποσοστά επιτυχίας πολλαπλασιάστηκαν με την συνολική έκταση της κάθε μορφής κάλυψης, όπως αυτή προκύπτει από τη συνολική εικόνα ταξινόμησης, αθροίστηκαν και διαιρέθηκαν με τη συνολική επιφάνεια της περιοχής μελέτης. Έτσι προέκυψε η συνολική ακρίβεια ταξινόμησης.

#### δ. Καθορισμός ορίων πυρκαγιάς και ορίων εκτάσεων που αναδασώθηκαν

Ο χάρτης με την πυρκαγιά του έτους 2000 γεωαναφέρθηκε, ως ανωτέρω και με ψηφιοποίηση προέκυψε το αντίστοιχο διανυσματικό αρχείο της πυρκαγιάς του 2000. Ο προσδιορισμός αναδασωμένων επιφανειών έγινε με τη χρήση GPS υψηλής ακρίβειας και, το οποίο δίδει απ ευθείας τα διανυσματικά αρχεία των εκτάσεων στο σύστημα ΕΓΣΑ 87.

#### ε. Ανάπτυξη μοντέλου επιλογής των προς αναδάσωση εκτάσεων

Με βάση τους κανόνες επιλογής που καθιερώθηκαν, αναπτύχθηκε με τη χρήση του modeler του ERDAS, το μοντέλο του σχήματος 1.



**Σχήμα 1: Σχηματικό διάγραμμα μοντέλου προσδιορισμού των προς αναδάσωση εκτάσεων**

**Figure 1: Schematic diagram of the model proposed for the determination of the reforestation areas**

Το μοντέλο αυτό έχει 4 εισόδους (inputs) τις εξής:

- Τον εδαφολογικό χάρτη μετά την επεξεργασία που αναφέρθηκε στην παρ. (β) της μεθοδολογίας.
- Την ταξινομημένη δορυφορική εικόνα με τις 5 κλάσεις ταξινόμησης.
- Το διανυσματικό αρχείο της πυρκαγιάς του έτους 2000.
- Το διανυσματικό αρχείο των εκτάσεων που έχουν αναδασωθεί.

Η έξοδος του μοντέλου (output) είναι ο θεματικός χάρτης με τις προς αναδάσωση εκτάσεις, που προκύπτει από την εξής λογική:

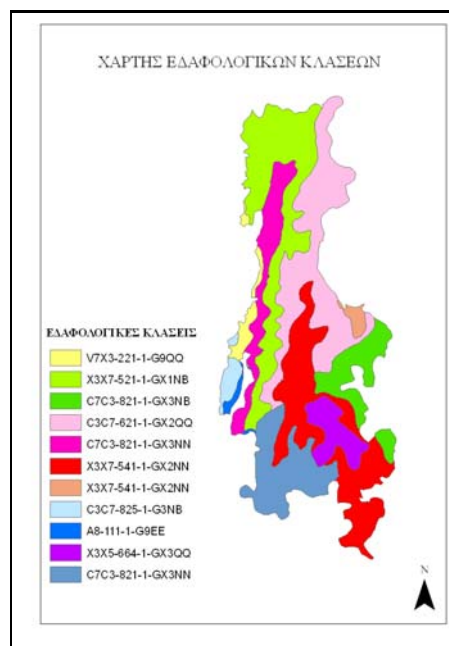
« Οι προς αναδάσωση εκτάσεις αναφέρονται στα όρια της πυρκαγιάς του έτους 2000, περιλαμβάνουν τις εδαφολογικές κλάσεις με ID=100 & 200, περιλαμβάνουν τις κλάσεις ταξινόμησης ακάλυπτα & φρύγανα και δεν περιλαμβάνουν τις εκτάσεις που αναδασώθηκαν το έτος 2003»

Η επαλήθευση (validation) του αποτελέσματος, έγινε με τη χρησιμοποίηση των επιφανειών επαλήθευσης του μοντέλου ως εξής:

Με τη χρήση του modeler του ERDAS, υπολογίσθηκε το ποσοστό των pixels σε κάθε επιφάνεια ελέγχου, που αντιπροσωπεύουν τις περιοχές φρύγανα-ακάλυπτα-βραχώδη. Τα ποσοστά κάλυψης που προσδιορίστηκαν ηλεκτρονικά, συσχετίστηκαν με τα ποσοστά παρατήρησης (φρύγανα-γυμνά-βραχώδη) των επιφανειών επαλήθευσης στο πεδίο και με γραμμική παλινδρόμηση και υπολογίσθηκε ο συντελεστής συσχέτισης  $R^2$ .

#### **Αποτελέσματα**

Με την αποκοπή του εδαφολογικού χάρτη στα όρια της περιοχής μελέτης, προέκυψε ο χάρτης των εδαφολογικών κλάσεων της περιοχής μελέτης:



**Εικόνα 1: Εδαφολογικές κλάσεις περιοχής μελέτης**  
**Picture 1: Terrain classes of the study area**

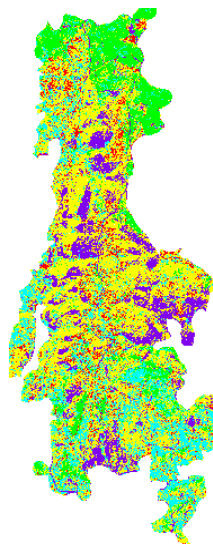
Σε κάθε εδαφολογική κλάση δόθηκαν τα χαρακτηριστικά των κλάσεων γαιών καταλληλότητας για την ανάπτυξη δασών και αναδασώσεων ύστερα από σύγκριση του εδαφολογικού χάρτη και του χάρτη γαιοικανότητας. Προέκυψε έτσι ο ακόλουθος πίνακας 1:

Α/Α	ΕΔΑΦ. ΚΛΑΣΗ	ΕΚΤ. (ΣΤΡ.)	ΚΛΑΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΑΣΩΝ-ΑΝΑΔΑΣΩΣΕΩΝ (%)					
			ID	ΚΛ. 2	ΚΛ. 3	ΚΛ. 4	ΚΛ. 5	ΚΛ. 2-4
1	V7X3-221-1-G9QQ	323	100	40	40	20	0	100
2	X3X7-521-1-GX1NB	3.018	100	0	50	40	10	90
3	C7C3-821-1-GX3NB	1.112	300	0	20	10	70	30
4	C3C7-621-1-GX2QQ	3.169	200	10	30	20	40	60
5	C7C3-821-1-GX3NN	1.172	200	0	20	30	50	50
6	X3X7-541-1-GX2NN	2.972	100	10	20	50	20	80
7	X3X7-541-1-GX2NN	165	100	10	20	50	20	80
8	C3C7-825-1-G3NB	255	300	0	20	10	70	30
9	A8-111-1-G9EE	100	100	0	80	10	10	90
10	X3X5-664-1-GX3QQ	742	200	20	20	30	30	50
11	C7C3-821-1-GX3NN	1.638	200	0	20	30	50	50

**Πίνακας 1: Εδαφολογικές κλάσεις-κλάσεις καταλληλότητας για ανάπτυξη δασών-αναδασώσεων**

**Table 1: Terrain-suitability classes for the forest and reforestation growth**

Το αποτέλεσμα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης της δορυφορικής εικόνας IKONOS φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 2:

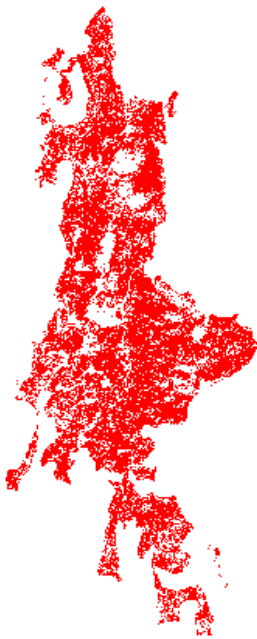


ΜΟΡΦΗ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Χαλέπιος πεύκη	2.041
Θαμνότοποι	2.872
Φρύγανα	6.742
Γυμνά	980
Βραχώδη	2.052
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>14.687</b>

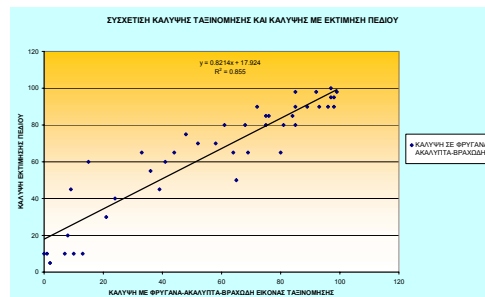
**Εικόνα 2: Αποτέλεσμα επιβλεπόμενης ταξινόμησης της IKONOS**  
**Picture 2: IKONOS supervised classification result**

Για την ακρίβεια των φασματικών υπογραφών κατασκευάστηκε ο πίνακας λάθους. Η ακρίβεια κυμάνθηκε σε πολύ υψηλά επίπεδα, της τάξης του 95 % περίπου. Ο έλεγχος (validation) του αποτελέσματος της ταξινόμησης, με τον τρόπο που αναφέρθηκε, έδωσε ακρίβεια της τάξης του 88,12 %.

Με την εφαρμογή του μοντέλου, όπως αναφέρθηκε στη μεθοδολογία, προέκυψε ο θεματικός χάρτης της εικ. 3, με τις προς αναδάσωση εκτάσεις να εμφανίζονται με χρώμα, ενώ οι μη αναδασωτέες χωρίς χρώμα. Η επαλήθευση του προτεινόμενου μοντέλου με τον τρόπο που αναπτύχθηκε στη μεθοδολογία, έδωσε συντελεστής συσχέτισης  $R^2=0,86$ , όπως φαίνεται στο σχ. 2:



**Εικόνα. 3:** Χάρτης με τις προς αναδάσωση εκτάσεις στο Σούνιο  
**Picture 3:** Map with the reforestable areas in Sounio



**Σχήμα 2:** Συσχέτιση κάλυψης ταξινόμησης και κάλυψης με εκτίμηση πεδίου

**Figure 2:** Correlation between the percentage of coverage obtained by the classification and field measurements



Ο υψηλός συντελεστής συσχέτισης, αποτελεί ισχυρή επαλήθευση της μεθόδου που αναπτύχθηκε.

### **Συζήτηση-Συμπεράσματα**

Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου στον Εθνικό Δρυμό Σουνίου, είχε σαν αποτέλεσμα τον προσδιορισμό των προς αναδάσωση εκτάσεων σε 4.700 στρέμματα. Από την μελέτη αποκατάστασης της καμένης έκτασης Εθνικού Δρυμού Σουνίου έτους 2000 (Χριστακόπουλος 2001), που συντάχθηκε από την αρμόδια υπηρεσία, προκύπτει ότι η καθαρή προς αναδάσωση επιφάνεια ανέρχεται 4.135 στρέμματα (ή 3.647 στρέμματα μετά την αφαίρεση των δύο επιφανειών που έχουν αναδασωθεί), υπάρχει δηλ. μια απόκλιση της τάξης του 28 %. Βέβαια, ο προσδιορισμός των διαφόρων μορφών κάλυψης που αναφέρονται στη μελέτη της υπηρεσίας, έγινε με οπτική εκτίμηση και η πιθανότητα ενός ποσοστού λάθους είναι προφανής. Παρατηρώντας, όμως, το μέγεθος των βραχωδών εκτάσεων, που προέκυψε από την ταξινόμηση (2.000 στρέμματα περίπου) και συγκρίνοντας αυτό με το σύνολο των βραχωδών τμημάτων που αναφέρονται στη μελέτη (4.567 στρέμματα), παρατηρούμε ότι υπάρχει μια ισχυρή απόκλιση μεταξύ των δύο εκτιμήσεων και η υπερεκτίμηση των προς αναδάσωση εκτάσεων με την προτεινόμενη μέθοδο οφείλεται στην υποεκτίμηση των βραχωδών τμημάτων. Η περαιτέρω έρευνα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τον ακριβή προσδιορισμό των βραχωδών εκτάσεων, που είναι γενικά ανεπίδεκτες αναδασώσεων.

Ο προσδιορισμός των εδαφολογικών κλάσεων, που είναι κατάλληλες για τη διενέργεια αναδασώσεων, δίδει μια επί πλέον δυνατότητα στους χρήστες της προτεινόμενης μεθόδου, καθόσον μπορεί να καθορισθεί με ευκολία ο βαθμός επέμβασης σε εδαφολογικές κλάσεις που γενικά χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό δυσκολίας για την ανάπτυξη αναδασώσεων. Το ότι στις προς αναδάσωση εκτάσεις, περιλαμβάνονται και οι εδαφολογικές κλάσεις με έντονους περιορισμούς, δεν δημιουργεί ιδιαίτερο πρόβλημα, καθόσον ένα μεγάλο μέρος αυτών, που συνήθως είναι και βραχώδες, αφαιρείται με την αφαίρεση των βραχωδών τμημάτων από την εικόνα ταξινόμησης.

Οι δυνατότητες που δίδουν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μπορεί να συμβάλλουν στην επέκταση της προτεινόμενης μεθόδου, για τον υπολογισμό και άλλων θεματικών χαρτών, χρήσιμων στους διαχειριστές της αποκατάστασης καμένων εκτάσεων, όπως χάρτες κλίσεων της περιοχής, βάσει των οποίων μπορούν να προταθούν διαφορετικοί τρόποι διάνιξης των λάκκων φύτευσης (χειρωνακτικά, με μηχανήματα κλπ), ή χάρτες φυτεύσεων ανάλογα με το υψόμετρο, τις εδαφικές συνθήκες και άλλους παράγοντες, που έχουν σχέση με την επιλογή των ειδών για αναδασώσεις.

Η καθιέρωση ενός συστήματος εκτίμησης της επιτυχίας των αναδασώσεων, αποτελεί βασικό στοιχείο κάθε προγράμματος αποκατάστασης (Σπανός κ.α. 2000, Γκανάτσας και Τσιτσώνη 2003) Η προτεινόμενη μέθοδος, μπορεί να εφαρμοσθεί και σε ήδη αναδασωμένες εκτάσεις, για τη αξιολόγηση της εξέλιξης της κάλυψης των εκτάσεων αυτών. Εφαρμόζοντας το μοντέλο που αναπτύχθηκε ανωτέρω, στην περιοχή που αναδασώθηκε τα έτη 1993-1998 μετά την πυρκαγιά του έτους 1993, προκύπτει μια προς αναδάσωση επιφάνεια (γυμνά-φρύγανα) 190 στρεμμάτων ή 34 % της συνολικής επιφάνειας που είχε αναδασωθεί αρχικά (566 στρέμματα).

Τέλος, η προτεινόμενη μέθοδος, ενδείκνυται κυρίως για τον προσδιορισμό των προς αναδάσωση εκτάσεων μετά από πολύ μεγάλες πυρκαγιές, που είναι πολύ συχνές, τόσο στη χώρα μας, όσο και σε άλλες μεσογειακές χώρες. Η γρήγορη και χωρίς μεγάλο κόστος πληροφόρηση, ιδιαίτερα μετά τη σημαντική μείωση των τιμών των δορυφορικών εικόνων, αναφορικά με την έκταση και τη χωρική κατανομή των προς αναδάσωση εκτάσεων, αποτελεί μια πολύ χρήσιμη πληροφορία στην πολιτική και διαχείριση των καμένων εκτάσεων, για την εκπόνηση των προγραμμάτων αποκατάστασης, των μελετών αποκατάστασης, την εξασφάλιση χρηματοδοτήσεων κλπ.

### **Βιβλιογραφία**

- Γκανάτσας, Π., Τσιτσώνη, Θ. (2003), Μέθοδοι εκτίμησης της επιτυχίας των αναδασώσεων, Πρακτικά επιστημονικής ημερίδας με θέμα: Επιλογή φυτικών ειδών για δασώσεις, αναδασώσεις και βελτιώσεις αστικού και φυσικού τοπίου, ΤΕΙ Καβάλας, παράρτημα Δράμας, τμήμα Δασοπονίας, Δράμα, σελ. 55-68.
- Gauthier S. (1996), Forest dynamics modeling under natural fire cycles: A tool to define natural mosaic diversity for forest management, *Environmental Monitoring and Assessment* 39: 417-434.
- Horvat, I., Giavac, V., Ellenberg, H. (1974), *Vegetation Sudosteuropas*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- Κουτσόπουλος, Κ., Ανδρουλακάκης, Ν. (2003), Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS, εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Κωνσταντινίδης, Π., Γκατζογιάννης, Σ. (2001), Επιλογή δασικών ειδών για αναδασώσεις σε πυρόπληκτες περιοχές, ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών.
- Μερτίκας, Σ. (1999), Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- Mladenoff D. (2004), Landis and forest landscape models, *Ecological Modelling* 180: 7-19
- Σπανός, Ι., Χατζηφιλιππίδης, Γ., Ζάγκας, Θ., Χατζηστάθης, Α., Πινακίδης, Ι., Αθανασιάδης, Β., Στεργιόπουλος, Ι. (2000), Πορεία εγκατάστασης των αναδασώσεων των καμένων εκτάσεων του Περιαστικού Δάσους Πάρκου Θεσσαλονίκης: πρώτα αποτελέσματα, δύο έτη μετά τη μεγάλη πυρκαγιά. *Δασική έρευνα* 13: σελ. 11-25.
- Tomaselli, R. (1977), Degradation of the Mediterranean maquis. In *Mediterranean forests and maquis: ecology, conservation and management*. MAB technical notes, 2. UNESCO, Paris, pp 33-72.
- Fortheringham A. S., Wegener M. (2000), *Spatial Models and GIS*, Taylor & Francis, London
- Χατζόπουλος, Ι. (1998), Φωτογραμμετρία και Τηλεπισκόπηση στο Περιβάλλον, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Χατζόπουλος, Ι. (2002), Χαρτογραφία και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Χριστακόπουλος, Π. (2001), Μελέτη αποκατάστασης καμένης έκτασης Εθνικού Δρυμού Σουνίου έτους 2000, Περιφέρεια Αττικής, Διεύθυνση αναδασώσεων.