

Σύγχρονες τεχνολογίες τηλεπισκόπησης για την  
ανίχνευση, καταγραφή, παρακολούθηση,  
αποτίμηση πυρκαγιών και προστασία των  
πληγέντων περιοχών.

Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης,  
Τομέας Τοπογραφίας, Σχολή Αγρονόμων  
Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

Δ. Αργιαλάς, Α. Τζώτσος, Χ. Ιωσηφίδης

# Εισαγωγή

- Η **Τηλεπισκόπηση** είναι η επιστήμη της απόκτησης ποιοτικής και μετρητικής πληροφορίας ενός φαινομένου ή ενός αντικειμένου από απόσταση, χωρίς δηλαδή φυσική επαφή με το υπό μελέτη φαινόμενο ή αντικείμενο.

# Εισαγωγή

- Η Τηλεπισκόπηση ερευνά μέσω παρατήρησης με μοναδικό τρόπο τα φυσικά φαινόμενα της γης όπως:
  - τον καιρό,
  - την ατμόσφαιρα,
  - τους ωκεανούς,
  - τη βλάστηση,
  - τη γεωλογία των εδαφών,
  - τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον,
  - τη ρύπανση των πόλεων
  - το αστικό περιβάλλον,
  - την γεωργία,
  - τις φυσικές καταστροφές
    - πυρκαγιές,
    - πλημμύρες,
    - σεισμούς,
    - κατολισθήσεις,
    - ξηρασία,
    - καταιγίδες,
    - ανεμοστρόβιλους,
    - παγετώνες

# Εισαγωγή

- Στον Ελληνικό χώρο, η συμβολή της Τηλεπισκόπησης κρίνεται πολύ σημαντική τα τελευταία χρόνια με τα συχνά καταστροφικά φαινόμενα πυρκαγιών και γι αυτό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι σε επίπεδο **διαχείρισης κρίσεων** και **λήψης αποφάσεων**.



# Εισαγωγή

- Στα πλαίσια της ομάδας εργασίας για την προστασία του Υμηττού, πραγματοποιήθηκε από την ομάδα εργασίας μια μελέτη σχετικά με την χρήση καινοτόμων τεχνολογιών τηλεπισκόπησης για το πρόβλημα των πυρκαγιών.

# Συμβολή στο πρόβλημα των πυρκαγιών

- Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει με τις μεθόδους, τα δεδομένα και τα εργαλεία της σε όλα τα στάδια του φαινομένου:
  - Πρόβλεψη – Επικινδυνότητα τοπίου
  - Ανίχνευση πυρκαγιάς
  - Παρακολούθηση πυρκαγιάς
  - Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

# Περιεχόμενα

- Πρόβλεψη
- Ανίχνευση πυρκαγιάς
- Παρακολούθηση πυρκαγιάς
- Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

# Πρόβλεψη

- Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην πρόβλεψη εκδήλωσης πυρκαγιάς και στην **αναγνώριση περιοχών υψηλής επικινδυνότητας**.
- Εφαρμογές τηλεπισκόπησης που αφορούν την **υγρασία εδάφους**, την **αναγνώριση βλάστησης** και την **χαρτογράφηση των καλύψεων/χρήσεων γης**, μπορούν να διαμορφώσουν ένα σημαντικό υπόβαθρο πληροφορίας για τη λήψη αποφάσεων και την **επισήμανση περιοχών** στις οποίες μπορεί να εμφανιστεί το φαινόμενο.

# Πρόβλεψη

- Δεδομένα:
  - Μετεωρολογικά δεδομένα (ένταση ανέμων, μέτρηση υγρασίας, ηλιοφάνεια) μπορούν να ολοκληρωθούν με δορυφορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα και με τη χρήση ειδικών μοντέλων να δημιουργήσουν **χάρτες επικινδυνότητας**
  - Δορυφορικά δεδομένα Landsat TM (5 και 7) καθώς και δεδομένα ASTER. Κοινό τους χαρακτηριστικό η **αυξημένη φασματική διακριτική ικανότητα** για τη διάκριση ειδών βλάστησης και καλύψεων γης.

# Πρόβλεψη

- Μέθοδοι:
  - Επιβλεπόμενες και μη επιβλεπόμενες ταξινομήσεις για την **αναγνώριση φασματικών κατηγοριών** και κατηγοριών κάλυψης γης
  - Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας για την **αυτόματη αναγνώριση και οριοθέτηση ειδών βλάστησης** στην φυσική γήινη επιφάνεια
  - Φωτοερμηνεία για την **παραγωγή χαρτογραφικού υποβάθρου** (δασικοί δρόμοι, οδικό δίκτυο κ.α.) που σε περιπτώσεις κρίσης είναι απαραίτητο για τον συντονισμό και διαχείριση των επίγειων δυνάμεων.

# Ταξινόμηση κάλυψης γης



1	nero1	blue	Set color...
2	nero2	blue	Set color...
3	konofoora	0,64,0	Set color...
4	mikto_dasos	0,113,0	Set color...
5	dasodeis_thamnodeis	0,174,0	Set color...
6	ardeuomeni_boskotopoi_mikti	128,255,128	Set color...
7	thamnoi_sklirofiliki	128,128,64	Set color...
8	thamnodeis_boskotopoi_araih	193,193,0	Set color...
9	sklirofilliki_kalliergeies	209,243,75	Set color...
10	kalliergeies	128,255,255	Set color...
11	xersa_gymnes_kalliergeies	179,89,0	Set color...
12	ampelia_kalliergeies	255,128,0	Set color...
13	elies_kalliergeies_ampelia	128,128,192	Set color...
14	astiko_xersa	magenta	Set color...

- Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση εικόνας Landsat TM



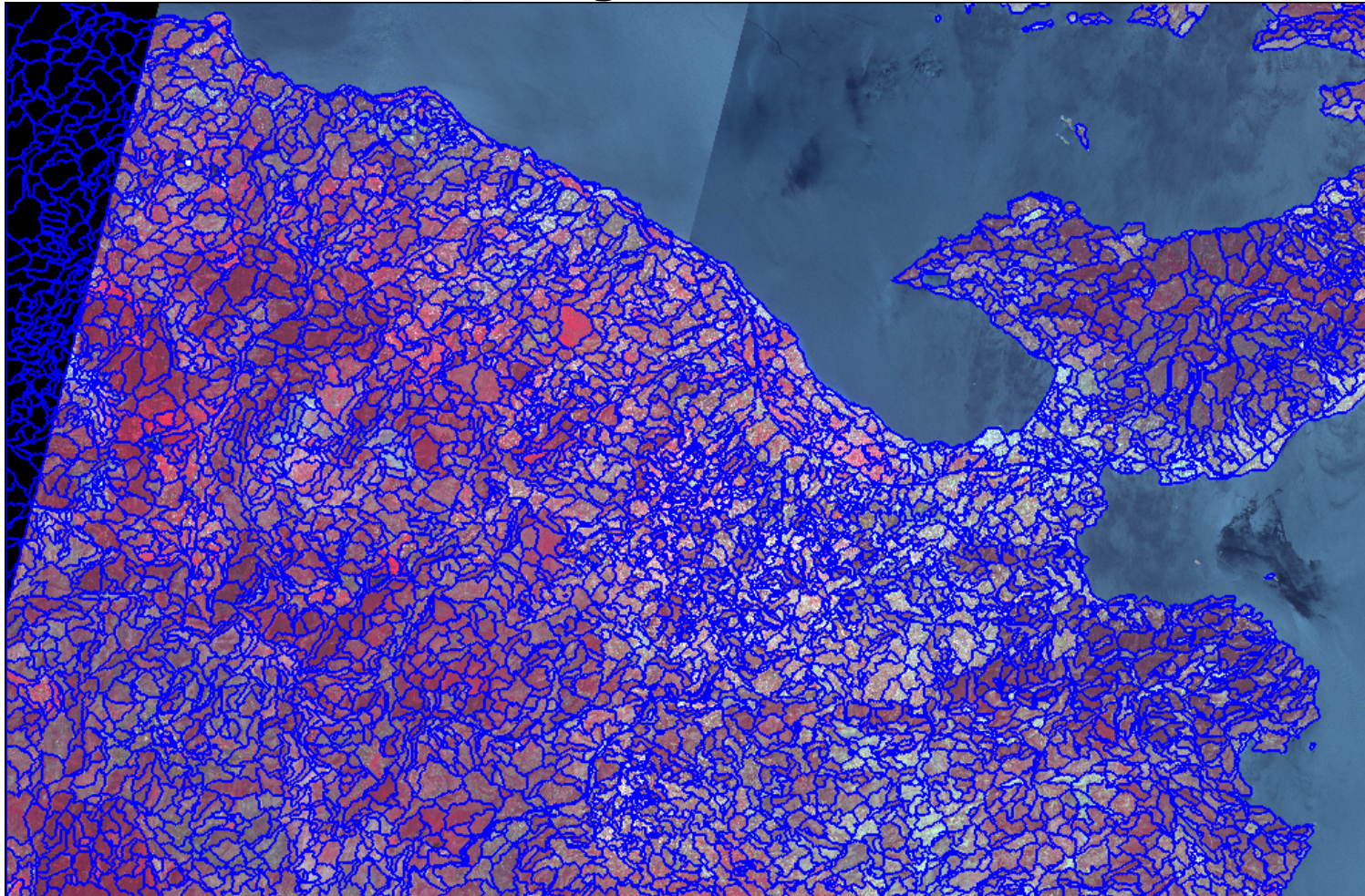
# Προσδιορισμός ειδών βλάστησης



Αρχική εικόνα ASTER με γεωμετρική ανάλυση 15 m και 14 φασματικά κανάλια (ψευδέγχρωμο σύνθετο RGB-321)



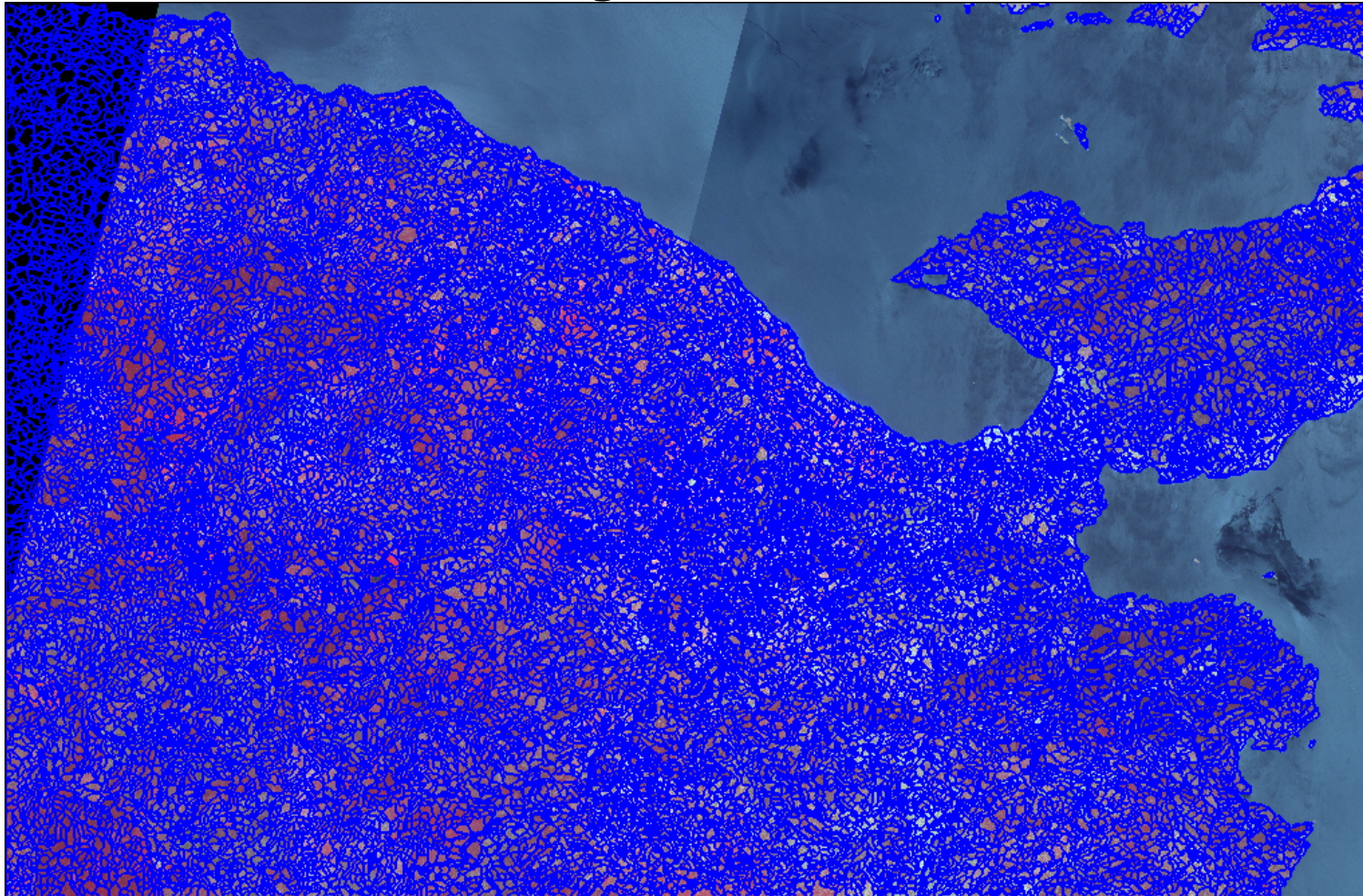
# Προσδιορισμός ειδών βλάστησης



Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας –  
Κατάτμηση των δεδομένων – **Δημιουργία  
ομοιογενών πολυγώνων**



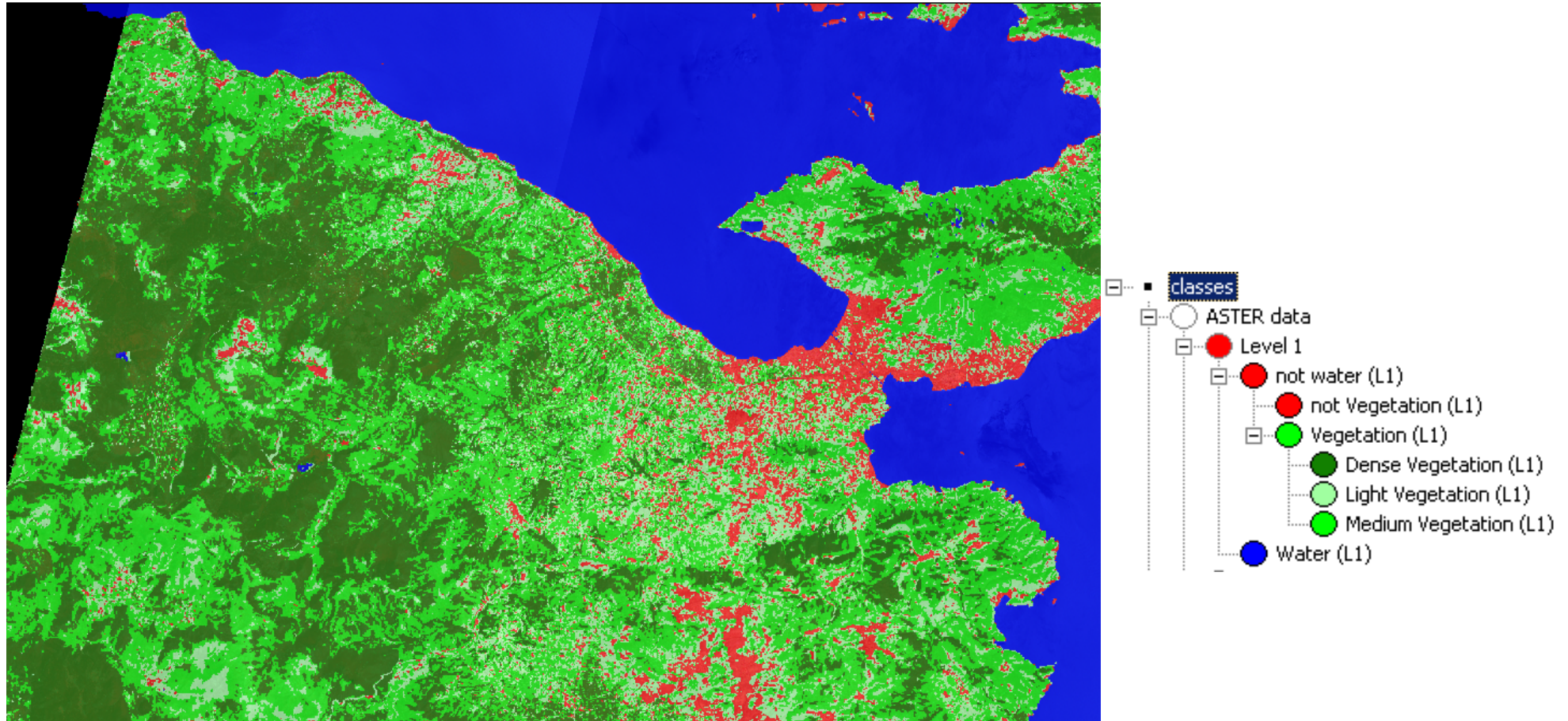
# Προσδιορισμός ειδών βλάστησης



Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας –  
**Κατάτμηση** των δεδομένων σε **πολλαπλές**  
**κλίμακες** ανάλυσης



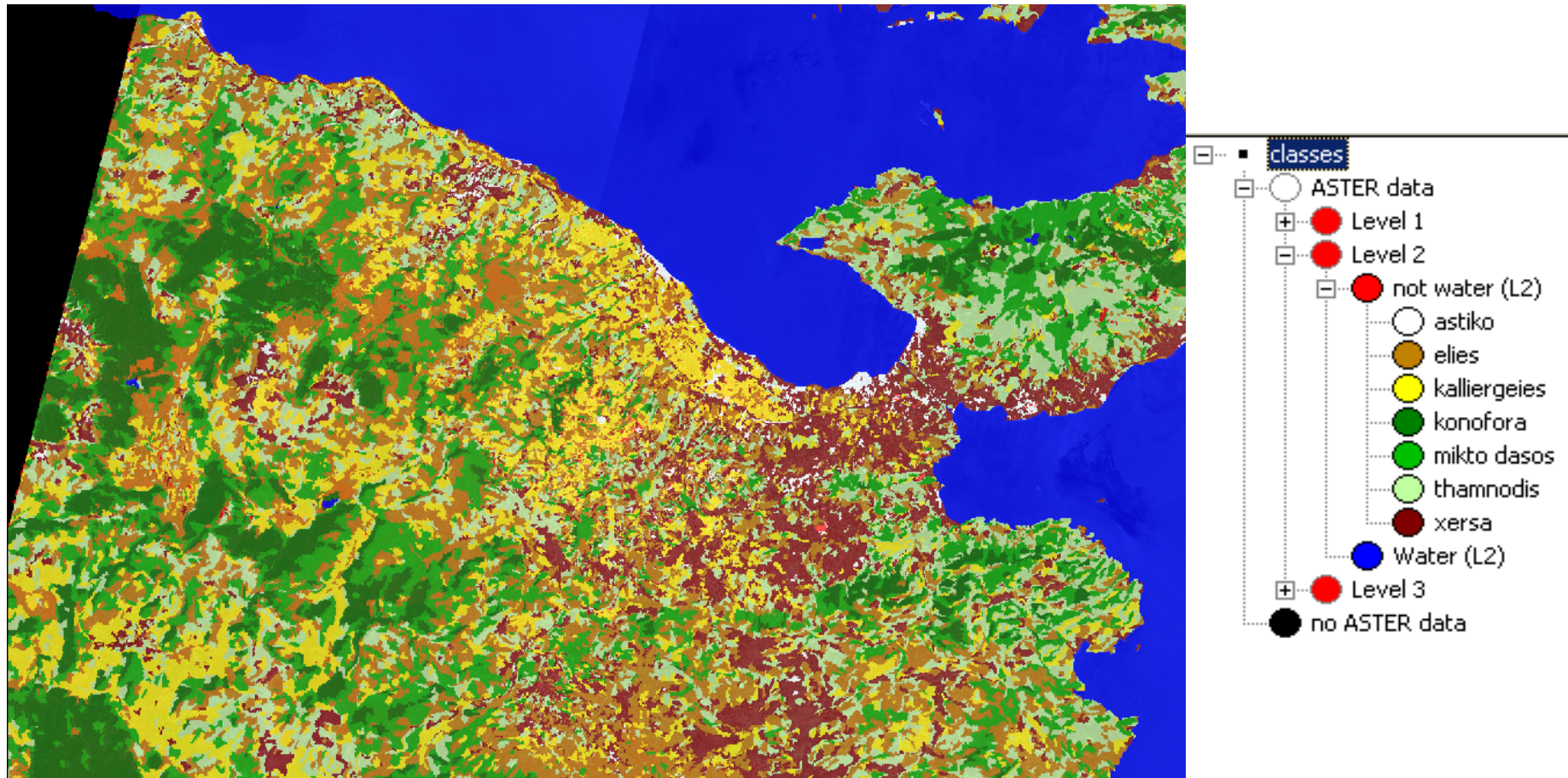
# Προσδιορισμός ειδών βλάστησης



Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση εικόνας –  
Ταξινόμηση αντικειμένων πρώτου επιπέδου  
ανάλογα με την **πυκνότητα βλάστησης**



# Προσδιορισμός ειδών βλάστησης



Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση εικόνας –  
Ταξινόμηση αντικειμένων δευτέρου επιπέδου  
ανάλογα με το **είδος βλάστησης**

# Περιεχόμενα

- Πρόβλεψη
- Ανίχνευση πυρκαγιάς
- Παρακολούθηση πυρκαγιάς
- Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

# Ανίχνευση πυρκαγιάς

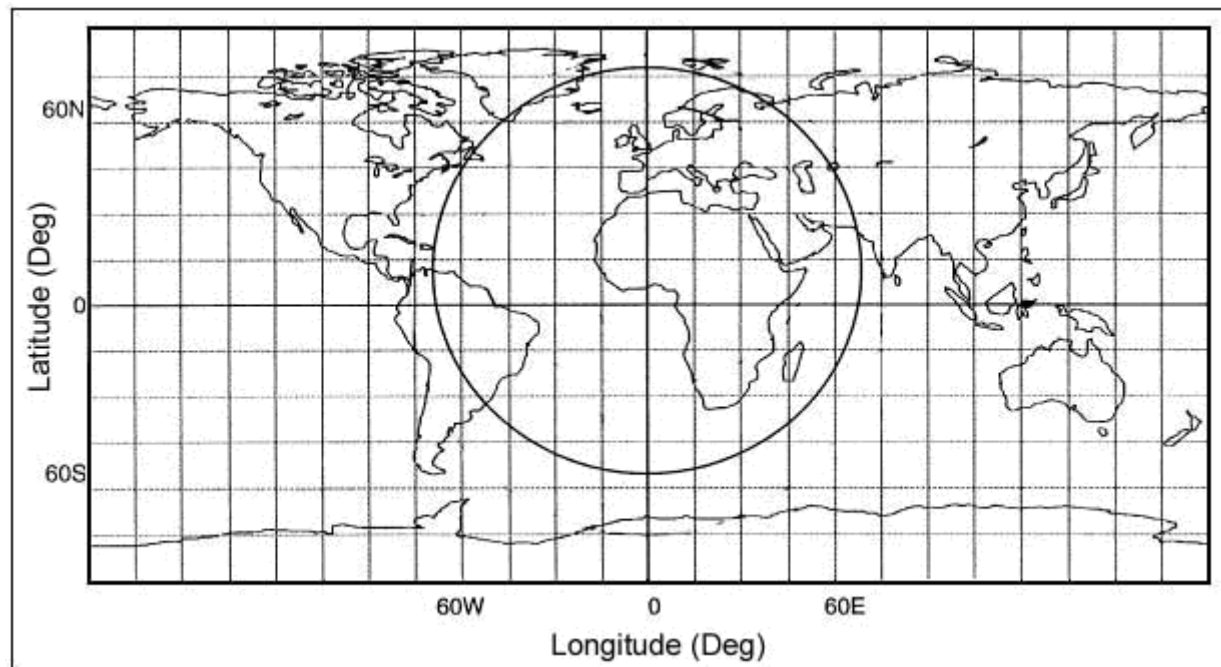
- Η Τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει στην ανίχνευση του φαινομένου της πυρκαγιάς με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων **υψηλής χρονικής ανάλυσης**.
- Συγκεκριμένα ο τηλεπισκοπικός δέκτης Seviri του μετεωρολογικού συστήματος δορυφόρων MeteoSAT, πραγματοποιεί λήψη εικόνων σε 12 κανάλια του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με χρονική **συχνότητα 15 λεπτών**. Η γεωμετρική ανάλυση του δέκτη κυμαίνεται από 1 έως 3 χλμ.

# Τηλεπισκοπικός δέκτης Seviri

- Το πρόγραμμα δορυφόρων Meteosat αφορά γεωστατικούς μετεωρολογικούς δορυφόρους της εταιρίας Eumetsat.
- Βρίσκεται ήδη στην δεύτερη φάση με τον δορυφόρο MSG-1 ο οποίος μετονομάστηκε σε Meteosat-8 και λειτουργεί από τις 29 Ιανουαρίου 2004.
- Διαθέτει τον δέκτη SEVIRI και τον δέκτη GERB.
- Από τις 21 Δεκεμβρίου 2005 ο δορυφόρος MSG-2 (Meteosat-9) βρίσκεται σε λειτουργία διαθέτοντας τον ίδιο εξοπλισμό με τον MSG-1.

# Τηλεπισκοπικός δέκτης Seviri

- Ο δέκτης SEVIRI έχει την δυνατότητα καταγραφής της φυσικής γήινης επιφάνειας με έμφαση την Ευρώπη και την Βόρεια Αφρική.





# Τηλεπισκοπικός δέκτης Seviri

Πρόκειται για ένα πολυφασματικό ραδιόμετρο το οποίο καταγράφει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα ακόλουθα κανάλια:

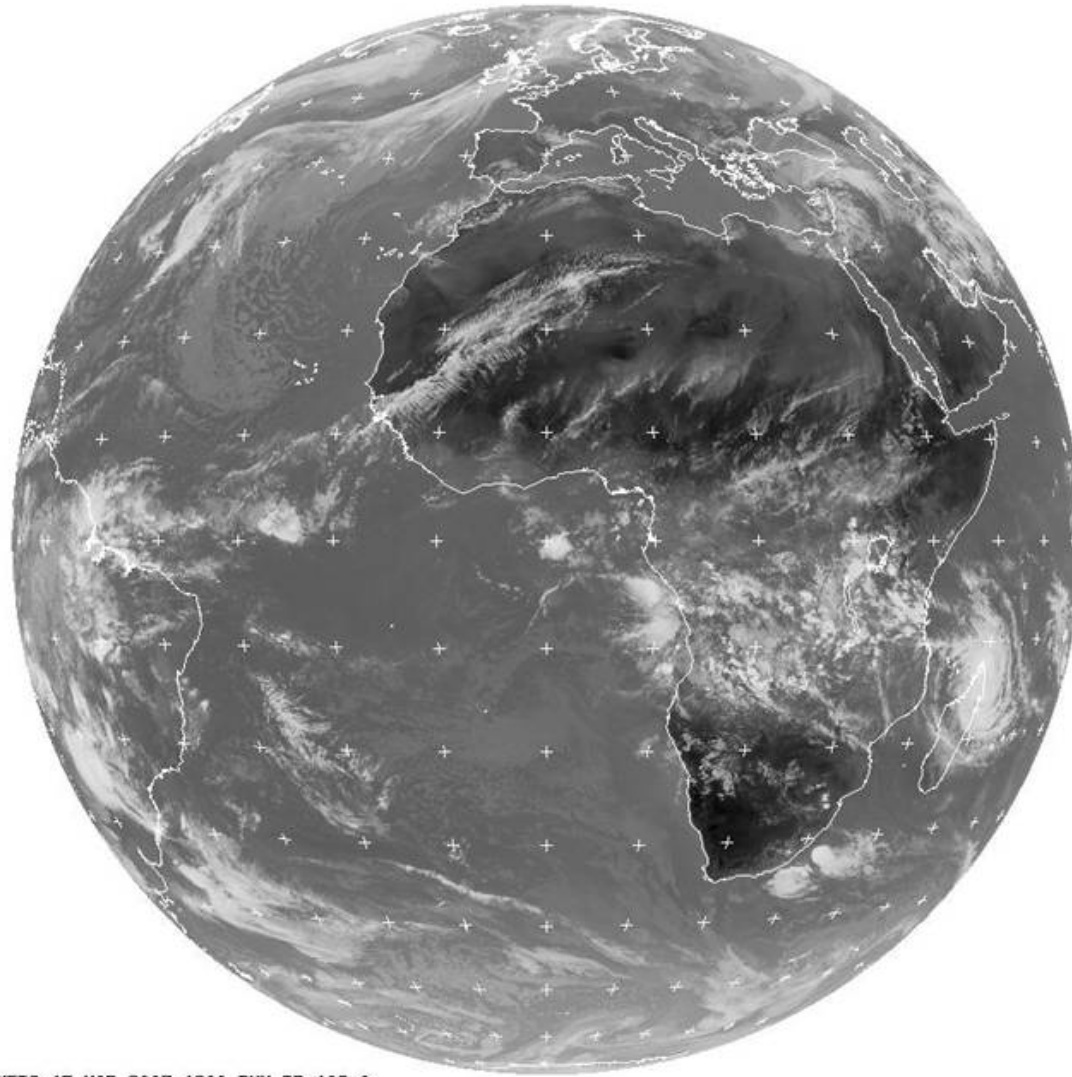
- 1.Ορατό κανάλι στα 0.6 $\mu\text{m}$  (VIS 0.6)
- 2.Ορατό κανάλι στα 0.8 $\mu\text{m}$  (VIS 0.8)
- 3.Εγγύς υπέρυθρο στα 1.6 $\mu\text{m}$  (IR 1.6)
- 4.Εγγύς υπέρυθρο στα 3.9 $\mu\text{m}$  (IR 3.9)
- 5.Κανάλι απορρόφησης υδρατμών στα 6.2 $\mu\text{m}$  (WV 6.2)
- 6.Κανάλι απορρόφησης υδρατμών στα 7.3 $\mu\text{m}$  (WV 7.3)
- 7.Υπέρυθρο κανάλι στα 8.7 $\mu\text{m}$  (IR 8.7)
- 8.Κανάλι όζοντος στα 9.7 $\mu\text{m}$  (IR 9.7)
- 9.Υπέρυθρο κανάλι στα 10.8 $\mu\text{m}$ (IR 10.8)
- 10.Υπέρυθρο κανάλι στα 12.0 $\mu\text{m}$ (IR 12.0)
- 11.Κανάλι διοξειδίου του άνθρακα στα 13.4 $\mu\text{m}$  (IR 13.4) και
- 12. Πανχρωματικό κανάλι στο ορατό τμήμα του Η/Μ φάσματος (HRV)

# Τηλεπισκοπικός δέκτης Seviri

Η γεωμετρική διακριτική ικανότητα από το ύψος των 35800 χιλιομέτρων στο ναδύρ είναι για τον πανχρωματικό αισθητήρα 1 χιλιόμετρο ενώ για τα υπόλοιπα 11 φασματικά κανάλια 3 χιλιόμετρα.

- High Rate SEVIRI: Αποστολή δεδομένων κάθε **15 λεπτά της ώρας** σε συνεχή βάση (24 ώρες ημερησίως, 365 μέρες τον χρόνο)
- Meteosat Rapid Scanning: Αποστολή δεδομένων κάθε **5 λεπτά της ώρας** σε συνεχή βάση (εκτός περιόδων συντήρησης)
- Μη απωλεστική συμπίεση εικόνων με την μέθοδο των κυματομορφών (Wavelet Transform). Η αποσυμπίεση των δεδομένων γίνεται κατόπιν ειδικής άδειας και κλειδιού τα οποία χορηγούνται από την Eumetsat.
- Διάθεση των δεδομένων **σε πραγματικό χρόνο** από την Eumetcast.

# Τηλεπισκοπική απεικόνιση Seviri



MET8 15 MAR 2007 1200 BNM IR\_108 0

# Ανίχνευση πυρκαγιάς

- Για την ανίχνευση της πυρκαγιάς από τα δεδομένα Seviri, χρησιμοποιείται αλγόριθμος θερμικών καναλιών IR03.9 και IR10.8
- Τυπικές θερμοκρασίες δασικών πυρκαγιών 500-1000 Kelvin
- Εκπομπή ακτινοβολίας με βάση τον νόμο του Wien στα 4 $\mu$ m (IR03.9)
- Ατμοσφαιρική / περιβάλλουσα ακτινοβολία 290K στα 11 $\mu$ m (IR10.8)

# Ανίχνευση πυρκαγιάς

- Ανίχνευση πυρκαγιών 500 στρεμμάτων.
- Η έκταση είναι εξαρτώμενη από την πυκνότητα και καύσιμη ύλη της φωτιάς
- Δυνατότητα προσαρμογής του αλγόριθμου σε τοπικές συνθήκες (περιφερειακής κλίμακας)
- Υπό διερεύνηση βρίσκεται η επαύξηση της ευαισθησίας ανίχνευσης:
  - Σε μικρότερη έκταση (100στρ)
  - Για ταχύτερη ειδοποίηση
  - Με μικρή αύξηση των εσφαλμένων ειδοποιήσεων

# Πλεονεκτήματα

- Συνεχής λειτουργία χωρίς ανθρώπινη επίβλεψη
- Μηνιαία συντήρηση συστήματος
- Απαιτήσεις συστήματος: παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και δορυφορική λήψη τηλεοπτικού δορυφόρου
- Χαμηλού κόστους προμήθειας <50.000 €
- Χαμηλού κόστους εξοπλισμός και συντήρηση

# Μειονεκτήματα

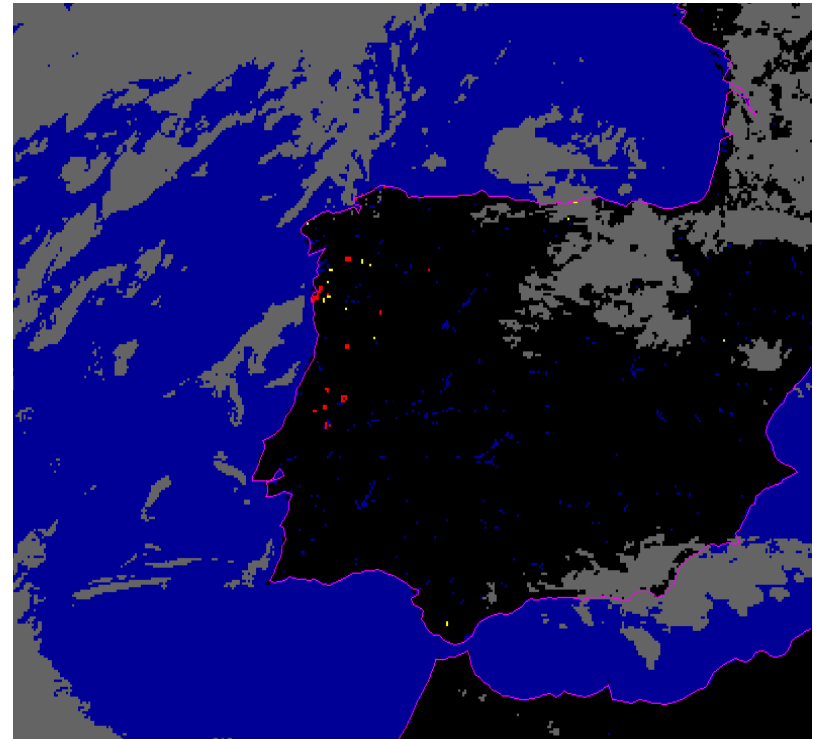
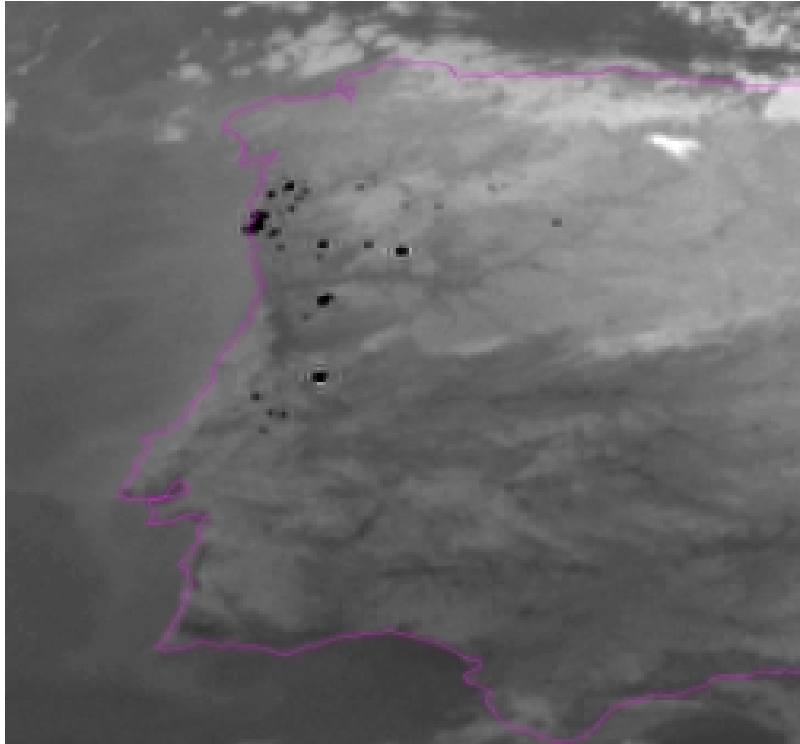
- Περίοδος ανίχνευσης 5 ή 15 λεπτά της ώρας
- Ελάχιστο μέγεθος πυρκαγιάς 100-500 στρ.
- Εντοπισμός σε ακτίνα 3 χιλιομέτρων
- Πιθανές εσφαλμένες ανιχνεύσεις εξαιτίας:
  - Αραιής νέφωσης
  - Υγρασίας
  - Συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub>
  - Απότομων θερμοκρασιακών μεταβολών

# Απαιτήσεις συστήματος

- Άδεια λήψης και αποκωδικοποίησης δεδομένων από την Eumetsat
- Η/Υ:
  - Ισχυρός επεξεργαστής 3Ghz
  - Μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα 2TB
  - Δορυφορικό σύστημα λήψης
- Λογισμικό λήψης και αποκωδικοποίησης από την Eumetsat
- Λογισμικό ανίχνευσης πυρκαγιάς



# Παράδειγμα εντοπισμού σε Πορτογαλία - Ισπανία



21 Αυγ. 2005

12:00 UTC

# Περιεχόμενα

- Πρόβλεψη
- Ανίχνευση πυρκαγιάς
- Παρακολούθηση πυρκαγιάς
- Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

# Παρακολούθηση πυρκαγιάς

- Στα πλαίσια της παρακολούθησης του φαινομένου της πυρκαγιάς, η Τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει με δεδομένα από 2 δορυφορικούς δέκτες.
- Δεδομένα ανά **15 λεπτά της ώρας** από τον δέκτη **Seviri** με γεωμετρική ανάλυση 1-3 χιλιομέτρων ανά εικονοστοιχείο.
- Δεδομένα **MODIS 2 φορές την ημέρα**.

# Δεδομένα MODIS

- Δεδομένα 2 φορές την μέρα από τους δέκτες MODIS των δορυφόρων Aqua και Terra της NASA.
- Γεωμετρική ανάλυση 250m και 500m ανα εικονοστοιχείο.
- Φασματική ανάλυση 36 καναλιών
- Τα δεδομένα αυτά είναι ελεύθερα στο κοινό μέσω της ιστοσελίδας <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>

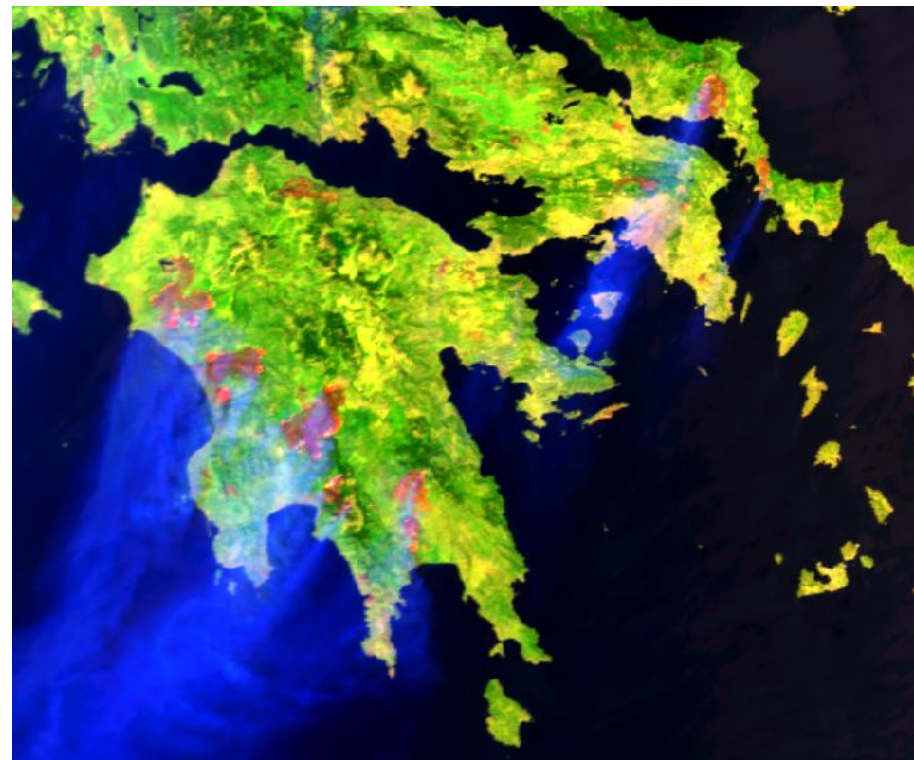
# Δεδομένα MODIS



Φυσικό (RGB-143) και ψευδέγχρωμο (RGB-214) σύνθετο MODIS για την ελληνική επικράτεια.



# Παρακολούθηση πυρκαγιάς

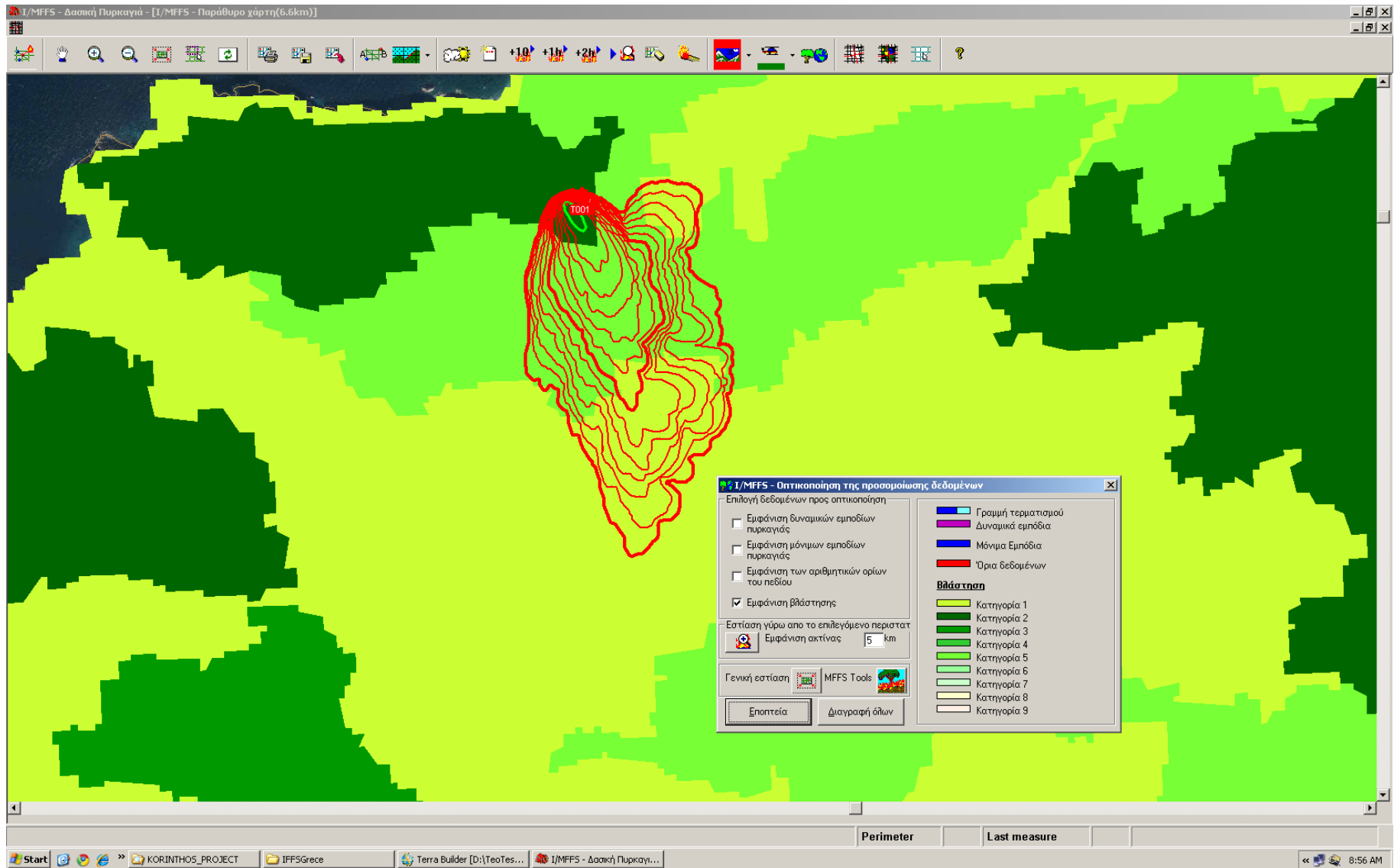


Οι φωτιές του 2007 από τον δέκτη MODIS. Με τη χρήση των υπέρυθρων καναλιών είναι δυνατή η παρακολούθηση μέσα από τον καπνό. Αριστερά έγχρωμο σύνθετο (RGB-143) και δεξιά υπέρυθρο σύνθετο (RGB-721)

# Παρακολούθηση πυρκαγιάς

- Σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα των ταξινομήσεων της βλάστησης από τηλεπισκοπικά δεδομένα, μπορεί να υλοποιηθεί και σύστημα πρόβλεψης της κίνησης της πυρκαγιάς σε συνάρτηση με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή ενδιαφέροντος.
- Η προσομοίωση αυτή μπορεί να γίνει σε ειδικά λογισμικά GIS

# Παρακολούθηση πυρκαγιάς



Το λογισμικό Intergraph FireTactic προσφέρει για παράδειγμα δυνατότητα πρόβλεψης κίνησης της φωτιάς



# Περιεχόμενα

- Πρόβλεψη
- Ανίχνευση πυρκαγιάς
- Παρακολούθηση πυρκαγιάς
- Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

- Μετά το πέρας της πυρκαγιάς, η Τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα **άμεσο** και ανεκτίμητο εργαλείο για την **χαρτογράφηση** και την **εκτίμηση των καμμένων εκτάσεων**.
- Μέσω των δορυφορικών δεκτών MODIS επιτυγχάνεται **άμεση χαρτογράφηση** σε 24 έως 48 ώρες.
- Σε ευρύτερο χρονικό ορίζοντα, χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων πραγματοποιείται:
  - με δεδομένα ASTER, Landsat TM σε επίπεδο **περιφέρειας** και
  - IKONOS/QuickBird/WorldView2 σε επίπεδο **δήμου**.

# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

- Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια **αυτοματοποιημένη διαδικασία** χαρτογράφησης καμμένων εκτάσεων με τη χρήση της **αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας**.
- Αρχικά πραγματοποιείται λήψη, γεωμετρική διόρθωση και εισαγωγή των εικόνων (πριν και μετά την πυρκαγιά) στο σύστημα.
- Ακολουθούν τα στάδια της κατάτμησης των εικόνων και της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης της βλάστησης (πριν και μετά) με χρήση **δεικτών βλάστησης** (NDVI, MSAVI).

# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων

- Πραγματοποιείται ένα βήμα **ανίχνευσης μεταβολών** με βάση αντικείμενα και
- **Ανιχνεύονται και οριοθετούνται οι καμένες εκτάσεις.**
- Υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής πληροφορίας **ποσοστού καταστροφής** με βάση τους δείκτες βλάστησης πριν και μετά για κάθε πολύγωνο της εικόνας.

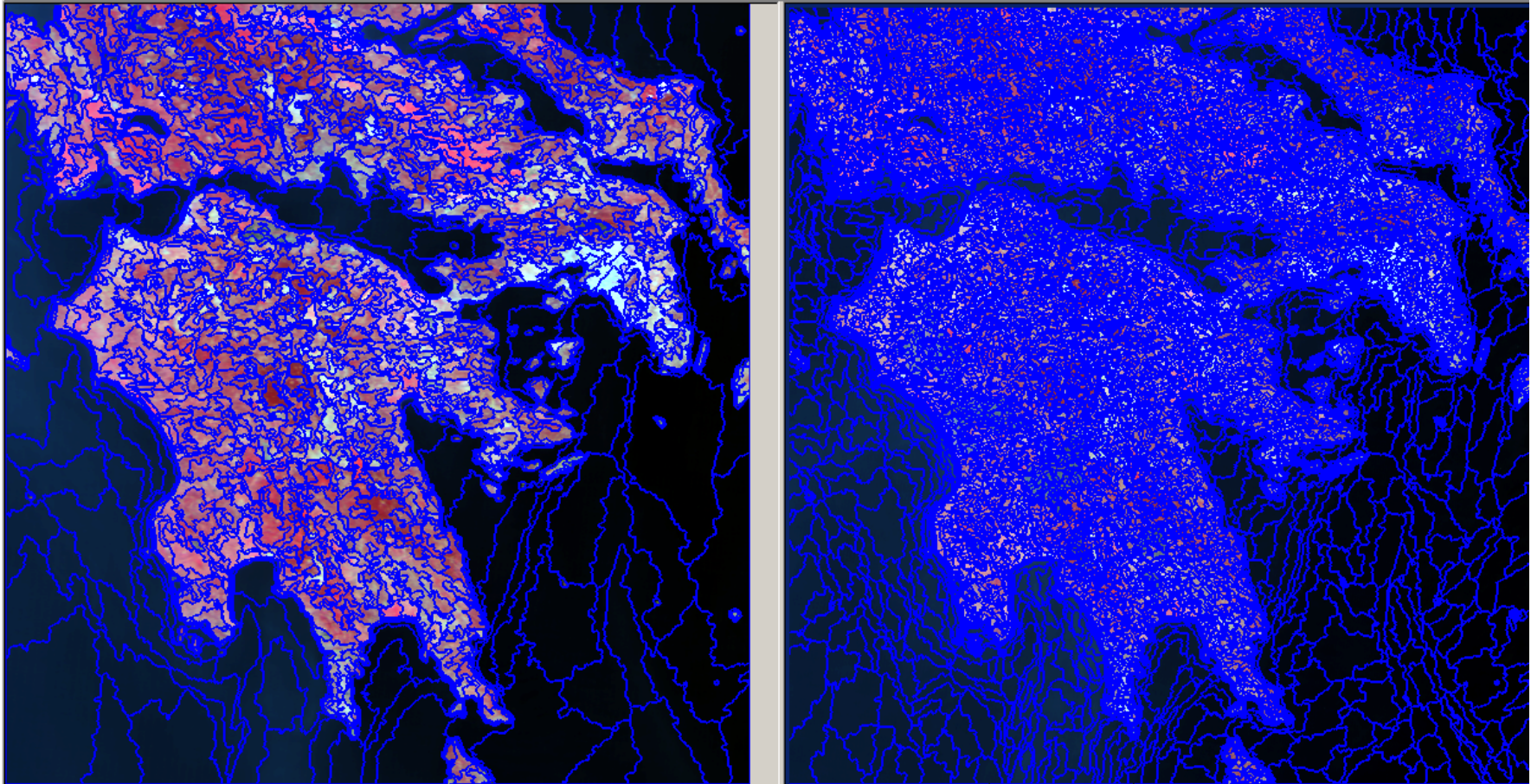
# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Εικόνες MODIS πριν και μετά την πυρκαγιά  
(RGB-124)

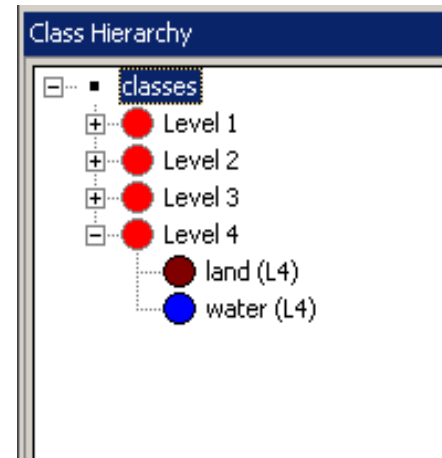
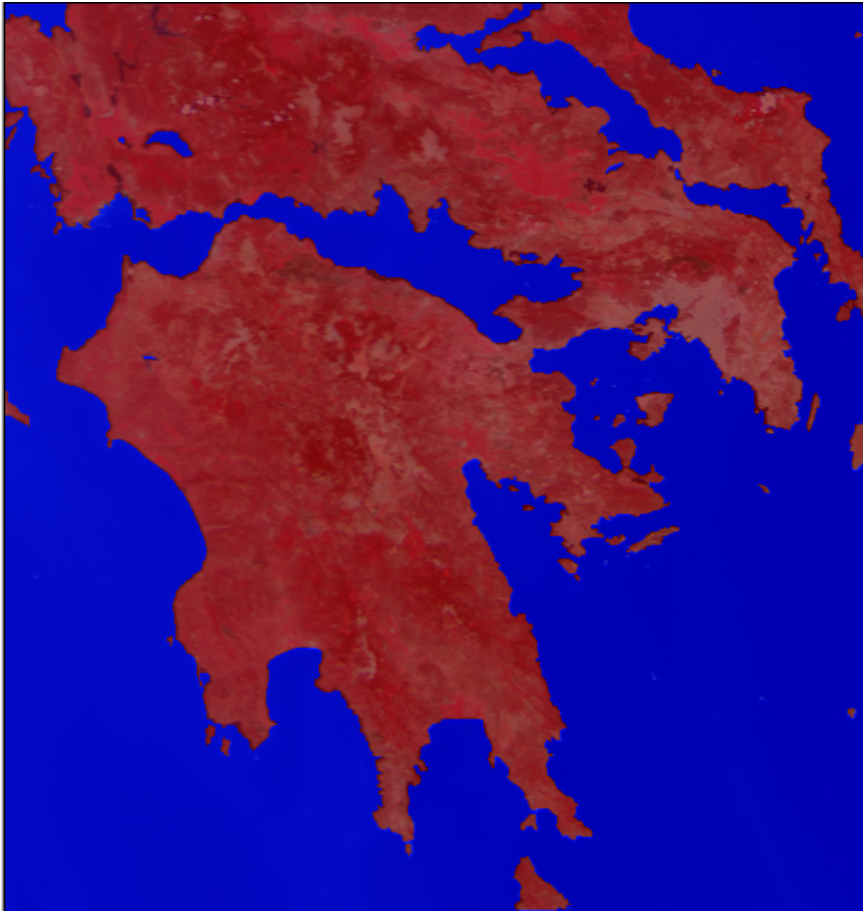


# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Κατάτμηση εικόνων σε πολλαπλά επίπεδα  
(αντικείμενα διαφόρων μεγεθών)

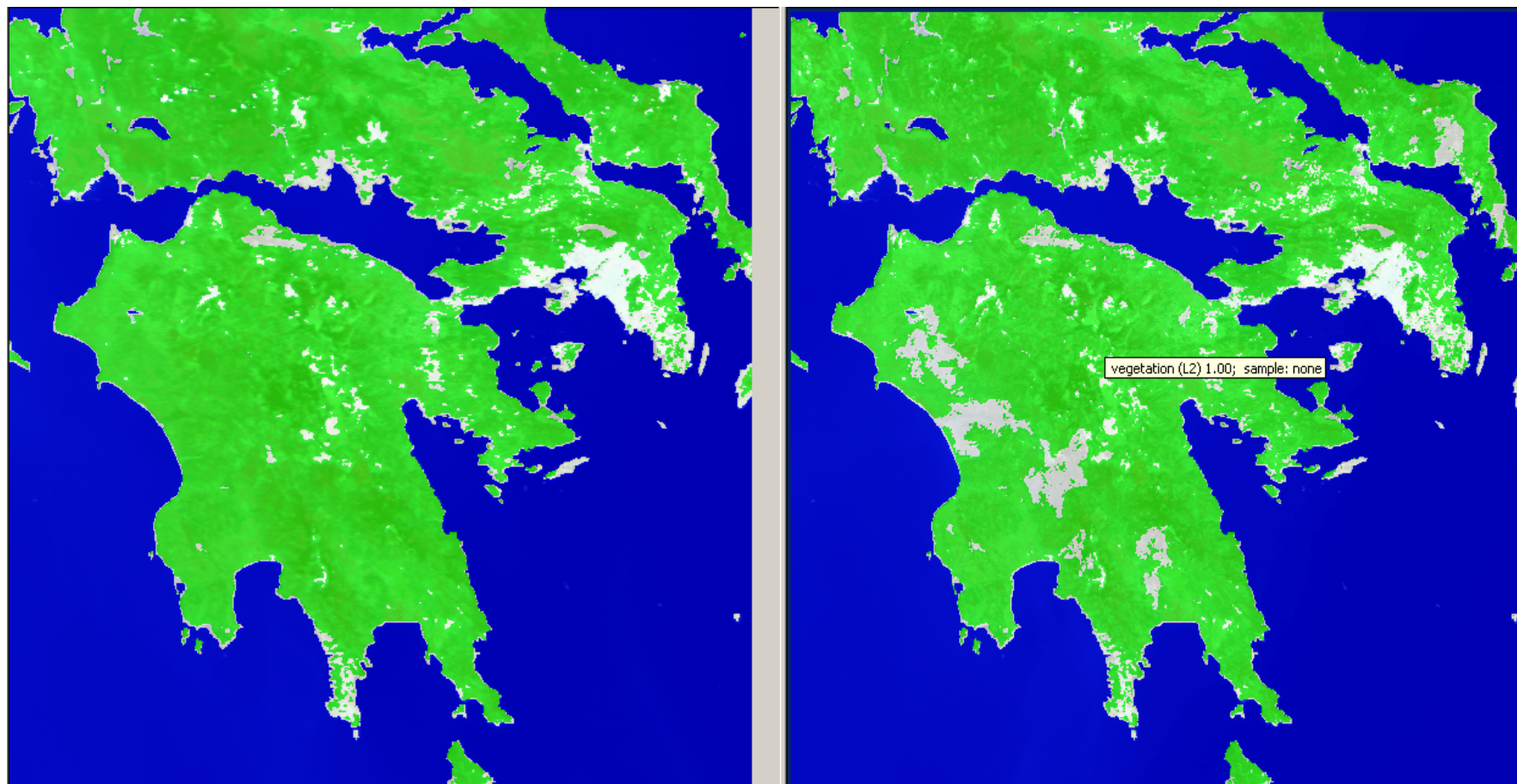
# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Αρχική αναγνώριση του νερού από την στεριά



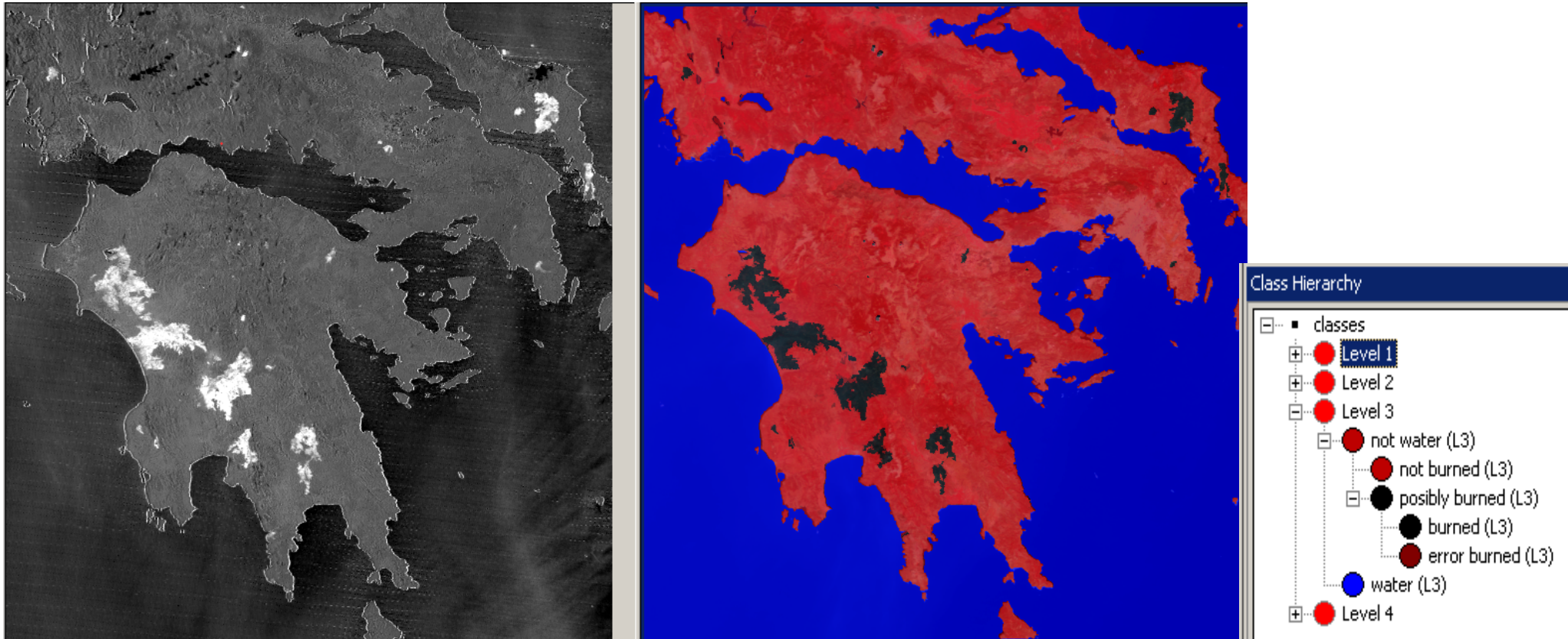
# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Ταξινόμηση της βλάστησης (πράσινο χρώμα) πριν και μετά με την χρήση δεικτών βλάστησης (NDVI, MSAVI)

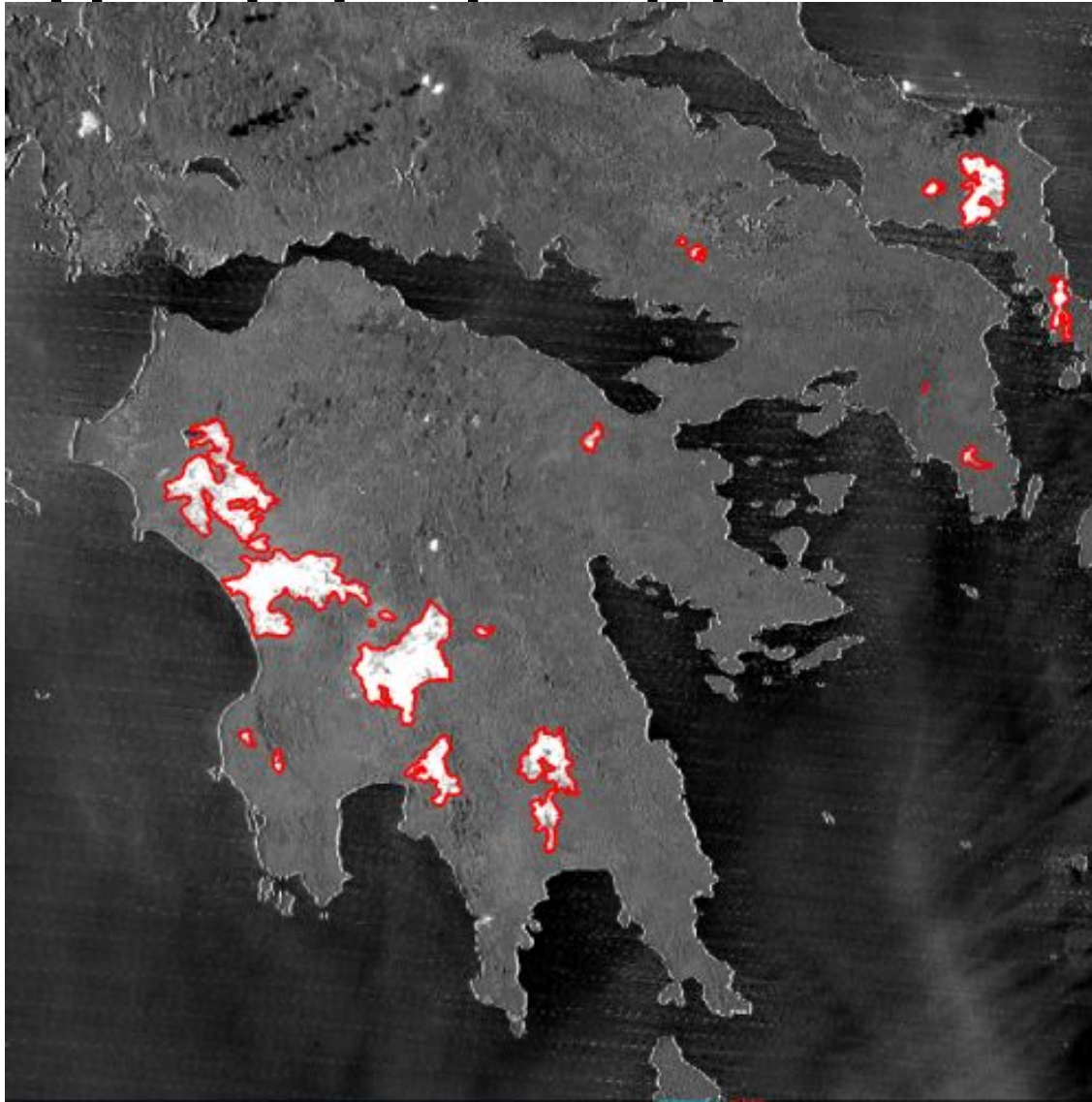


# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Εφαρμογή τεχνικών ανίχνευσης μεταβολών (αριστερά) και τελική αναγνώριση των καμμένων εκτάσεων (δεξιά)

# Χαρτογράφηση καμμένων εκτάσεων



Τελική οριοθέτηση καμμένων εκτάσεων και εξαγωγή αποτελεσμάτων σε διανυσματική μορφή

# Πρόταση μελέτης

- Από την ομάδα εργασίας, προτείνεται η υλοποίηση ενός συστήματος που αποτελείται από 4 μέρη:
  - το υποσύστημα προσδιορισμού βλάστησης και αρχικών χρήσεων /καλύψεων γης,
  - το υποσύστημα αυτόματης αναγνώρισης πυρκαγιών από δορυφορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα Seviri,
  - το υποσύστημα αποτίμησης καμμένων εκτάσεων με τη χρήση δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων MODIS.
  - Το υποσύστημα διαδικτυακού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (web-GIS)

# Πρόταση μελέτης

- Για την προστασία των καμμένων περιοχών προτείνεται ένα σύστημα για φωτοερμηνεία και αναγνώριση μέσω δορυφορικών δεδομένων (μεγάλης γεωμετρικής ανάλυσης – με μέγεθος εικονοστοιχείου της τάξης του 1m).
- Σε ερευνητικό επίπεδο προτείνεται η διερεύνηση μεθόδων αυτόματης παρακολούθησης της αυθαίρετης δόμησης από δορυφορικά δεδομένα με σύγχρονες μεθόδους ψηφιακής τηλεπισκόπησης, υπολογιστικής όρασης και τεχνητής νοημοσύνης.

# Πρόταση μελέτης

- Τέλος, για την διαρκή παρακολούθηση, την οργάνωση των γεωγραφικών πληροφοριών και την ενημέρωση του κοινού, προτείνεται η υλοποίηση μιας διαδικτυακής γεωπύλης (geoportals).
- Πιλοτικά, υλοποιήθηκε μια σειρά τέτοιων εφαρμογών στα πλαίσια του έργου και είναι διαθέσιμες στις παρακάτω διευθύνσεις:
  - <http://147.102.106.36/fires/>
  - <http://147.102.106.36/ymitos/>



# Πιλοτική εφαρμογή Web GIS

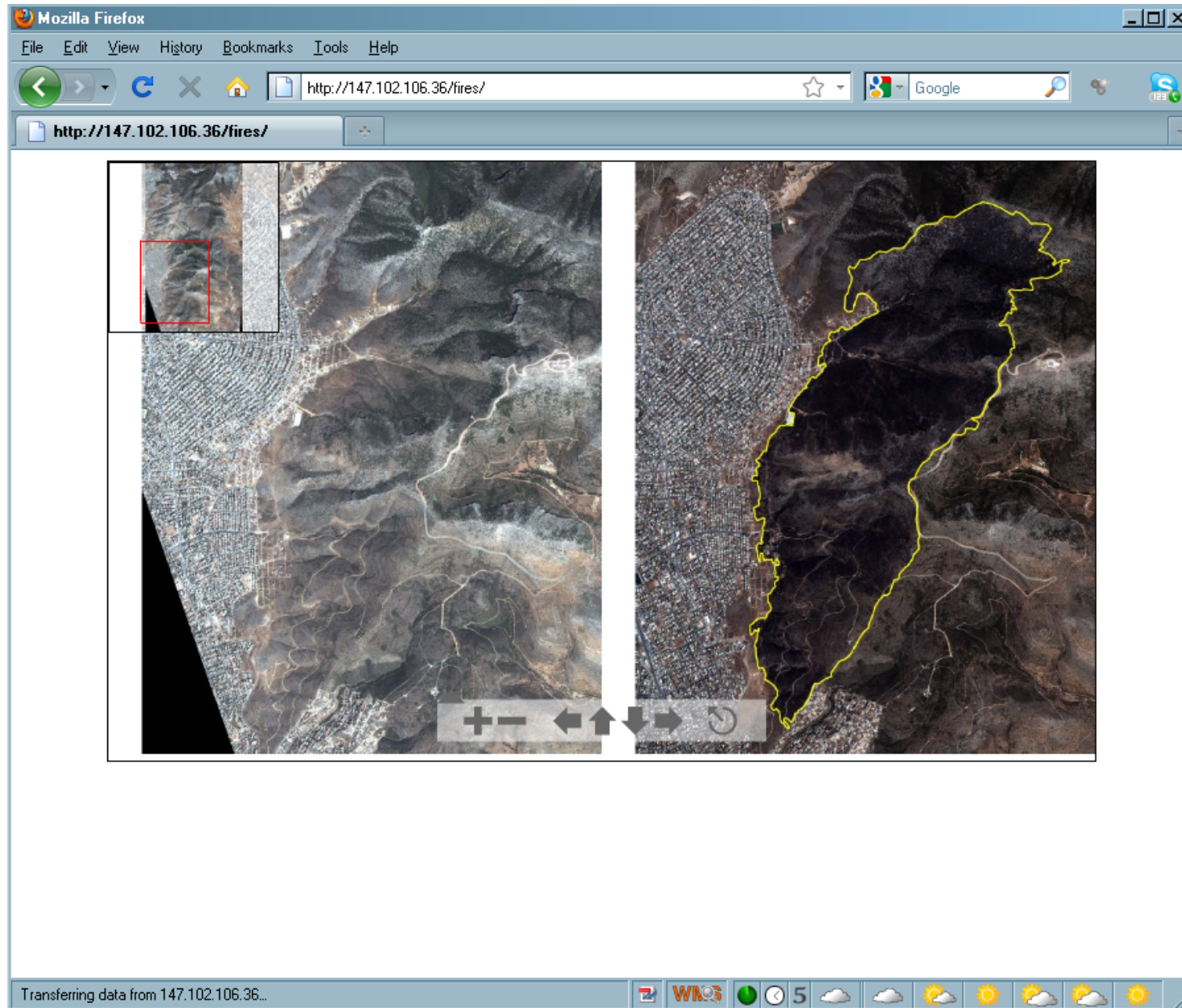
The screenshot displays a web browser window titled "GeoMedia WebMap Publisher - Mozilla Firefox". The address bar contains the URL "http://147.102.106.36/ymitos/framesetup.asp". The browser's menu bar includes "File", "Edit", "View", "History", "Bookmarks", "Tools", and "Help".

The application interface features a toolbar with various map navigation and editing tools. Below the toolbar, there are several panels:

- Maps:** Shows a tree view with "DefaultTheme" and "MapWindow1".
- Legend:** Contains a "Display Order" list with the following items:
  - attbl\_egsa
  - attiki\_c20\_all
  - attrd\_egsa
  - road
  - A
  - B1
- Overview Map:** Provides a smaller-scale view of the main map area.

The main map area displays a detailed map with a red boundary and a scale of 1:239008. The status bar at the bottom shows "Done" and system icons.

# Πιλοτική εφαρμογή Web GIS



# Πρόταση μελέτης

- Για τα υποσυστήματα απαιτείται εξοπλισμός σε υλικό (hardware) και λογισμικό (software).
- Το εργαστήριο Τηλεπισκόπησης έχει ήδη πραγματοποιήσει την υλοποίηση μερικών πιλοτικών εφαρμογών στα πλαίσια του έργου προστασίας του Υμηττού
- Η πλήρης λειτουργία των προτεινόμενων συστημάτων είναι συνάρτηση της επιπλέον χρηματοδότησης από φορείς για έρευνα.