

**Εφαρμογή δορυφορικών παρατηρήσεων
στην παρακολούθηση δασικών πυρκαϊών σε δύσβατες ορεινές περιοχές**

Ν. Ι. Σηφάκης, Ερευνητής ΕΑΑ,

Δ. Παρώνης, Φυσικός ΕΑΑ

Χ. Κοντοές, Ερευνητής ΕΑΑ,

Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Περίληψη

Οι πυρκαϊές στη Νότιο Ευρώπη είναι η κυριότερη απειλή για τις δασώδεις ορεινές περιοχές αφού επηρεάζουν όχι μόνον τη χλωρίδα αλλά και την πανίδα ενός οικοσυστήματος. Οι δορυφορικές παρατηρήσεις της Γης έχουν ήδη καταδειχθεί ως το οικονομικότερο μέσο γρήγορης καταγραφής των επιπτώσεων της φωτιάς, δηλαδή της συνοπτικής χαρτογράφησης της καμένης γης σε εκτεταμένες περιοχές. Στην παρούσα εργασία, εκτός από την εκ των υστέρων καταγραφή των επιπτώσεων, χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα και για την παρακολούθηση φαινομένων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Έτσι, στην εισήγηση αυτή παρουσιάζονται καταρχήν τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών παρατηρήσεων και στη συνέχεια οι τεχνικές εντοπισμού σε σχεδόν πραγματικό χρόνο θυσάνων καπνού και των εστιών της πυρκαϊάς. Τα δορυφορικά δεδομένα στα οποία εφαρμόστηκαν οι τεχνικές αυτές είναι εικόνες NOAA-AVHRR, των οποίων η συστηματική καταγραφή πραγματοποιείται από το σταθμό λήψης του ΙΔΕΤ-ΕΑΑ στην Πεντέλη. Οι πληροφορίες που προέκυψαν από την πιλοτική εφαρμογή διαβιβάστηκαν στο Κέντρο Επιχειρήσεων Πολιτικής Προστασίας του Υπουργείου Εσωτερικών για τον αποτελεσματικότερο συντονισμό των δράσεων κατά την κατάσβεση των δασικών πυρκαϊών στον Ελλαδικό χώρο το καλοκαίρι 2000, και ειδικότερα για την καθοδήγηση των μέσων κατάσβεσης σε δύσβατες ορεινές περιοχές (π.χ. Ταΰγετος 15-16/6/00). Καταδείχτηκε ότι οι δορυφορικές παρατηρήσεις παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας ενός εννιαίου συστήματος διαχείρισης έκτακτων καταστάσεων αντιμετώπισης πυρκαϊάς καθώς και αποκατάστασης των επιπτώσεων της στο δασικό/ορεινό περιβάλλον. Επιπλέον, επειδή στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες οι επίσημες καταγραφές πυρκαϊών άρχισαν σχετικά πρόσφατα, τα αρχειοθετημένα δορυφορικά δεδομένα αποτελούν τη μοναδική πηγή πληροφοριών για αναδρομικές μελέτες.

Application of Earth observation in monitoring forest fires in impassable mountainous areas

N.I. Sifakis, Researcher

D. Paronis, Technical Staff

H. Kontoes, Researcher

Institute for Space Applications and Remote Sensing, National Observatory of Athens

Abstract

Fire is the main threat for forests in Southern Europe since it directly affects both the fauna and the flora of these ecosystems. Satellite Earth observation (EO) has been shown to be the most cost effective and fast means to assess post-fire effects, namely to synoptically map the burnt land over extended areas. The present work used EO not only to assess the post-fire effects but also to follow the development of the active fire. Thus this paper first reviews the advantages of EO in fire monitoring and then describes techniques for the detection of fire plumes and the localisation of fire cores in quasi real time. These techniques were applied to NOAA-AVHRR satellite data, which are received and archived on a daily basis by the ISARS-NOA station at Pendeli. All information resulted by the processing and interpretation of EO data was transmitted to the Civil Protection Operation Centre (Ministry of Internal Affairs) in order to optimise the coordination of actions for forest fire abatement during summer 2000, and most particularly to guide fire-fighters through impassable mountainous areas (e.g., Taygetos). It was concluded that EO could help establishing an integrated system for operational fire abatement and post-fire rehabilitation management in forested mountainous regions. Furthermore, since in most European countries official inventories of fire events and burnt land have only started very recently, the archived EO data is a unique tool to carry out such retrospective analyses.

**Εφαρμογή δορυφορικών παρατηρήσεων
στην παρακολούθηση δασικών πυρκαϊών σε δύσβατες ορεινές περιοχές**

Ν.Ι. Σηφάκης, Ερευνητής ΕΑΑ

Δ. Παρώνης, Φυσικός ΕΑΑ

Χ. Κοντοές, Ερευνητής ΕΑΑ

Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Εισαγωγή

Στη Νότιο Ευρώπη οι πυρκαϊές είναι αναμφισβήτητα η κυριότερη απειλή για τα οικοσυστήματα των δασωδών ορεινών περιοχών, ακολουθούμενη από την ξηρασία και σε μικρότερο βαθμό από τη ρύπανση (ΕΕΑ 1995). Ο κυριότερος λόγος είναι ότι οι δασικές πυρκαϊές επηρεάζουν όχι μόνον τη χλωρίδα αλλά και την πανίδα του οικοσυστήματος, αφού τα ζώα συχνά παγιδεύονται στη φωτιά. Ορισμένα απειλούμενα Μεσογειακά είδη μάλιστα (π.χ. αγριόχοιρος, ζαρκάδι, ελάφι, κουνάβι, σκαντζόχοιρος, αποδημητικά πτηνά) έχουν ήδη υποστεί μεγάλη πίεση από τις φωτιές (WWF 1992). Καθώς στις περισσότερες Μεσογειακές αλλά και Ευρωπαϊκές χώρες οι επίσημες καταγραφές δασικών πυρκαϊών άρχισαν να συστηματικοποιούνται αρκετά πρόσφατα, εξετάζονται οι δυνατότητες δημιουργίας ενός εννιαίου συστήματος για γρήγορη, οικονομική και αξιόπιστη παρακολούθηση και καταγραφή τόσο των επιπτώσεων όσο και των ίδιων των περιστατικών φωτιάς κατά την εξέλιξή τους.

Οι δορυφορικές παρατηρήσεις της Γης (Earth observation) έχουν ήδη καταδειχθεί ως το οικονομικότερο μέσο γρήγορης καταγραφής των επιπτώσεων της φωτιάς, όπως για παράδειγμα της συνοπτικής χαρτογράφησης της καμμένης γης σε εκτεταμένες περιοχές μέσω του Ευρωπαϊκού προγράμματος CORINE, που αφορά στο σύνολο της έκτασης που καλύπτει η Ευρωπαϊκή Ένωση (Cornaert et al. 1992). Στην παρούσα εργασία, όμως, εκτός από την εκ των υστέρων καταγραφή των επιπτώσεων, χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα και για την παρακολούθηση φαινομένων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Έτσι, στην εισήγηση αυτή θα περιγραφούν, μαζί με τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών παρατηρήσεων για παρακολούθηση δασικών πυρκαϊών στην εξέλιξή τους, οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν σε δορυφορικά δεδομένα NOAA-AVHRR, μέτριας χωρικής αλλά υψηλής χρονικής διακριτικής ικανότητας, για τον εντοπισμό και σε σχεδόν πραγματικό χρόνο παρακολούθηση θυσάνων

καπνού καθώς και των εστιών των δασικών πυρκαϊών. Από τις τεχνικές αυτές ορισμένες έχουν ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία (Chuvieco 1997) ενώ συνδιάζονται με άλλες πρωτότυπες. Η ολοκληρωμένη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε δοκιμάστηκε σ'όλη τη διάρκεια των εκτεταμένων πυρκαϊών το καλοκαίρι του 2000 και προτείνεται η συστηματική επιχειρησιακή εφαρμογή της στην Ελλάδα.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία βασίζεται σε γνωστές τεχνικές συνδιασμένες με νέες, οι οποίες αναπτύχθηκαν στο Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΙΔΕΤ-ΕΑΑ), και είναι ειδικά προσαρμοσμένες για την επεξεργασία δεδομένων NOAA-AVHRR. Για παράδειγμα, τεχνικές που αφορούν στη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων και βασίζονται στο διαχρονικό δείκτη βλάστησης, που χρησιμοποιεί πληροφορίες από τις φασματικές περιοχές του ορατού και του εγγύς υπέρυθρου, εφαρμόζονται ήδη σε επιχειρησιακή βάση (π.χ. Kasischke and French 1995). Πέραν όμως της εκ των υστέρων δυνατότητας καταγραφής των αποτελεσμάτων της πυρκαϊάς, φασματικές πληροφορίες από τις περιοχές του ορατού και του ενδιάμεσου και θερμικού υπέρυθρου φάσματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των φαινομένων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της πυρκαϊάς, δηλαδή των ενεργών εστιών της φωτιάς και της διασποράς των θυσάνων του καπνού που εκλείεται.

Ας εξετάσουμε όμως αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των δορυφορικού δέκτη AVHRR, στου οποίου τα δεδομένα εφαρμόστηκαν οι διάφορες μέθοδοι. Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι ο δέκτης AVHRR είναι μέτριας χωρικής διακριτικής ικανότητας (ελάχιστη απόσταση δειγματοληψίας στο έδαφος: 1 χλμ.) αλλά υψηλής χρονικής διακριτικής ικανότητας (ελάχιστος χρόνος μεταξύ διαδοχικών λήψεων: 4-6 ώρες).

Πίνακας 1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφορικού δέκτη NOAA-AVHRR.

Δέκτης	Πλατφόρμα	Εκτοξεύτηκε [19__]	Ενεργοί δορυφόροι	Χωρική διακριτική ικανότητα [χλμ x χλμ]	Εύρος σάρωσης [χλμ]	Φασματικά κανάλια [μm]	Διαχρονική διακριτική ικανότητα	Υψος τροχιάς [χλμ]	Κλίση τροχιάς [μοίρες]
AVHRR	NOAA T-N, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	78, 79, 81, 83, 84, 86, 88, 91, 93, 94, 98, 00	NOAA 12, 14, 15, 16	1,1x1,1 (δεδο- μένα LAC)	2580	5 κανάλια: 0,58-0,68 0,725-1,10 3,55-3,93 10,5-11,5 11,5-12,5	Εξαρτάται από τους ενεργούς δορυφόρους: Συνήθως 3-4 ώρες	808 - 867	98,75- 98,92

Η χωρική διακριτική ικανότητα του AVHRR, παρότι μέτρια, θεωρείται ικανοποιητική για τον εντοπισμό των σημαντικών περιστατικών δασικής πυρκαϊάς αφού επιτρέπει την ανίχνευση και εστιών διαστάσεων μικρότερων του χιλιομέτρου, λόγω της έντονης θερμικής αντίθεσης με το περιβάλλον (thermal contrast). Αντίθετα, η διαχρονική διακριτική ικανότητά του των 4-6 ωρών, παρότι υψηλή για δορυφορικές παρατηρήσεις, δεν επαρκεί για να καλύψει ανάγκες επιτήρησης σε πραγματικό χρόνο, αφού οι απαιτήσεις της Πυροσβεστικής για αποτελεσματική αντιμετώπιση είναι της τάξεως των 20'. Με την επικείμενη όμως αύξηση του αριθμού των δορυφόρων της σειράς NOAA η χρονική απόσταση των λήψεων μπορεί να μειωθεί μέχρι και τις τρεις ώρες κατά μέσο όρο αλλά και μέχρι 30' σε ορισμένες περιπτώσεις.

Από άποψη φασματικής πληροφορίας, το 1ο κανάλι του AVHRR καταγράφει το ορατό φάσμα, το 2ο κανάλι το εγγύς υπέρυθρο, το 3ο κανάλι το μέσο υπέρυθρο και τα 4ο και 5ο το θερμικό υπέρυθρο. Επομένως, τα δύο πρώτα κανάλια είναι ευαίσθητα στην ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, τα δύο τελευταία στην εκπεμπόμενη ακτινοβολία από επιφάνειες χαμηλής θερμοκρασίας (π.χ. γήινη επιφάνεια) ενώ το 3ο κανάλι, που βρίσκεται στην περιοχή τομής των προηγούμενων, είναι ευαίσθητο τόσο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από επιφάνειες υψηλής θερμοκρασίας (π.χ. φωτιά) αλλά και στην ανακλώμενη ακτινοβολία (Cracknell 1997). Στη συνέχεια περιγράφονται τα κυριότερα φωτοερμηνευτικά κλειδιά που αναπτύχθηκαν κατά την ανάλυση παρατηρήσεων AVHRR στα περιστατικά πυρκαϊών του θέρους 2000.

A. Διαπιστώθηκε ότι οι θύσανοι καπνού από τις πυρκαϊές διακρίνονται καλύτερα:

1. Στις ημερήσιες δορυφορικές καταγραφές AVHRR:

- στο 1ο κανάλι, πάνω από ξηρά,
- στο 2ο κανάλι, πάνω από υδάτινες επιφάνειες,
- στο 4ο και 5ο κανάλι, πάνω από ξηρά.

2. Στις νυκτερινές δορυφορικές καταγραφές AVHRR:

- στο 4ο και 5ο κανάλι, πάνω από ξηρά και σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο διάχυτος καπνός από τους θυσάνους μπορεί να εντοπισθεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, και σε μία ευρύτερη περιοχή γύρω από τις εστίες, στο 1ο κανάλι μέσω της μείωσης της ευκρίνειας διαχωρισμού διαφορετικών κατηγοριών κάλυψης γης (π.χ. μεταξύ δάσους και καλλιεργιών) και εξομάλυνσης της υφής του αναγλύφου λόγω του φαινομένου της θολότητας (Tanré et al. 1988).

B. Διαπιστώθηκε ότι οι εστίες της φωτιάς διακρίνονται καλύτερα:

- στο 3ο κανάλι σε όλες τις περιπτώσεις.

Η σύνθεση των καναλιών 3-2-1 παρουσιάζει θυσάνους και εστίες και φαίνεται να είναι η αντιπροσωπευτικότερη από όλες τις χρωματικές συνθέσεις λόγω της ποικιλίας των φασματικών πληροφοριών που εμπεριέχει (διαφασματική σύνθεση). Οι τρεις διακεκριμένες φασματικές περιοχές που καλύπτονται από τα κανάλια 1, 2 και 3 (ορατό, εγγύς υπέρυθρο και μέσο υπέρυθρο) συμπεριφέρονται μεταξύ τους εντελώς διαφορετικά, ως προς την παρουσία καπνού και την υψηλή θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, το 1ο κανάλι είναι ευαίσθητο στην σκέδαση και κάνει τα σωματίδια του καπνού ευδιάκριτα πάνω από γη (λόγω μικρού μήκους κύματος), το 2ο κανάλι είναι λιγότερο ευαίσθητο στην σκέδαση αλλά κάνει τα σωματίδια του καπνού ευδιάκριτα πάνω από υδάτινες επιφάνειες λόγω της αντίθεσης μεταξύ αμελητέας ανακλαστικότητας του νερού σ' αυτή τη φασματική περιοχή και της οπισθοσκεδαζόμενης από τον καπνό ακτινοβολίας, τέλος το 3ο κανάλι, ενώ διαπερνά τον καπνό, ανιχνεύει την υψηλή θερμοκρασία της φωτιάς.

Οι παρατηρήσεις των θυσάνων καπνού είναι ποιοτικής περισσότερο φύσης παρά ποσοτικής, αφού βασίζονται στη διαδικασία της φωτοερμηνείας (οπτικής ανάλυσης) που δεν διαχωρίζει περισσότερα από δύο ή τρία επίπεδα πυκνότητας του καπνού. Όμως υπάρχουν τεχνικές αυτοματοποιημένης επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων για ποσοτική χαρτογράφηση θυσάνων καπνού, που περιγράφονται από τους Holben et al. (1992) και τους Sifakis and Soualakellis (1996). Πρόσφατα ανεπτυγμένες τέτοιες τεχνικές χρησιμοποιούν τους κώδικες DTA και SMA (Sifakis and Deschamps 1992, Sifakis et al. 1998), αφορούν όμως δορυφορικά δεδομένα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (π.χ. SPOT, Landsat) και δεν έχουν ακόμη εφαρμοστεί σε δεδομένα AVHRR.

Εφαρμογή

Τα δεδομένα στα οποία εφαρμόστηκε ο παραπάνω συνδιασμός μεθόδων είναι δορυφορικές εικόνες NOAA-AVHRR, οι οποίες καταγράφονται συστηματικά από το σταθμό λήψης του ΙΔΕΤ-ΕΑΑ στην Πεντέλη. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2000 δύο από τους δορυφόρους της σειράς NOAA ήταν ενεργοί πάνω από την ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου: οι NOAA 12 και 14. Η λήψη των καταγραφών AVHRR πραγματοποιείτο μέρα και νύχτα κατά μέσο όρο ανά 6 ώρες. Συγκεκριμένα οι λήψεις πραγματοποιούντο στις 3:30, 2:30, 14:30 και 15:30 UT.

Στην επιχειρησιακή αυτή εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν μονάχα οι απλούστεροι των οπτικών δεικτών, που επέτρεψαν σύντομα και χωρίς να απαιτείται περίπλοκη επεξεργασία ή φασματική ταξινόμηση των εικόνων. Η ανάλυση των εικόνων έγινε με τη σειρά που

παρουσιάζεται στον Πίνακα 2. Στις εικόνες 1 και 2 δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα χαρτών θυσάνων και χαρτών εστιών αντίστοιχα.

Οι πληροφορίες που προέκυψαν από πιλοτική εφαρμογή διαβιβάστηκαν στο Κέντρο Επιχειρήσεων Πολιτικής Προστασίας του Υπουργείου Εσωτερικών για τον αποτελεσματικότερο συντονισμό των δράσεων κατά την κατάσβεση των δασικών πυρκαϊών τον Ιούνιο 2000 στον Ελλαδικό χώρο και ειδικότερα για την καθοδήγηση των μέσων κατάσβεσης σε δύσβατες ορεινές περιοχές (π.χ. Ταΰγετος και Κύθηρα 15-16/6/00).

Πίνακας 2: Τυπική διαδικασία επεξεργασίας ημερήσιων και νυκτερινών καταγραφών AVHRR

<u>Ημερήσιες καταγραφές:</u>
1. Αντιστροφή ραδιομετρικών τιμών στα κανάλια 3, 4 και 5. 2. Γεωμετρική διόρθωση σε όλα τα κανάλια ως προς γεωγραφική αναφορά. 3. Βαθμονόμηση των ραδιομετρικών τιμών σε τιμές ανακλαστικότητας για τα κανάλια 1, 2 και σε τιμές θερμοκρασίας λαμπρότητας για τα κανάλια 3, 4, 5. 4. Δημιουργία της χρωματικής σύνθεσης 4-2-1 ως “χάρτη θυσάνων” (οι θύσανοι εμφανίζονται γαλάζιοι). 5. Δημιουργία “χάρτη εστιών” με βάση το κανάλι 3 (οι εστίες εμφανίζονται κόκκινες). 6. Δημιουργία της χρωματικής σύνθεσης 3-2-1 ως “χάρτη θυσάνων και εστιών” (οι θύσανοι εμφανίζονται γαλάζιοι και οι εστίες κόκκινες).
<u>Νυκτερινές καταγραφές:</u>
1. Αντιστροφή ραδιομετρικών τιμών στα κανάλια 3, 4 και 5. 2. Γεωμετρική διόρθωση σε όλα τα κανάλια ως προς γεωγραφική αναφορά. 3. Βαθμονόμηση των ραδιομετρικών τιμών σε τιμές ανακλαστικότητας για τα κανάλια 1, 2 και σε τιμές θερμοκρασίας λαμπρότητας για τα κανάλια 3, 4, 5. 4. Δημιουργία “χάρτη εστιών” με βάση το κανάλι 3 (οι εστίες εμφανίζονται κόκκινες).

Συμπεράσματα

Η χιλιομετρική χωρική διακριτική ικανότητα του AVHRR θεωρείται ικανοποιητική για τον εντοπισμό όλων των σημαντικών περιστατικών δασικής πυρκαϊάς αφού επιτρέπει την ανίχνευση και εστιών διαστάσεων μικρότερων του χιλιομέτρου λόγω της έντονης θερμικής αντίθεσης με το περιβάλλον. Αντίθετα, η χρονική διακριτική ικανότητα των μερικών ωρών δεν επαρκεί για να καλύψει ανάγκες επιτήρησης πραγματικού χρόνου, αφού οι απαιτήσεις της Πυροσβεστικής για αποτελεσματική αντιμετώπιση είναι της τάξεως των 20'. Όμως με την επικείμενη αύξηση του αριθμού των δορυφόρων της σειράς NOAA η χρονική απόσταση των λήψεων μπορεί να μειωθεί μέχρι και τις τρεις ώρες κατά μέσο όρο αλλά και μέχρι 30' σε ορισμένες περιπτώσεις.

Είναι γεγονός ότι από τα 7.000.000 στρέμματα δάσους που καίγονται κάθε χρόνο στην Ευρώπη (FAO, 1992) τα μισά ανήκουν στις Μεσογειακές χώρες (EEA, 1995), όπου οι πυρκαϊές οφείλονται σε κοινωνικοοικονομικούς λόγους και κυρίως τις διαρκείς πιέσεις που ασκούν στα δάση η αστική ανάπτυξη, η γεωργία και η κτηνοτροφία. Τέτοιες πιέσεις μπορούν να αξιολογηθούν και να εκτιμηθούν ποσοτικά μέσω τεχνικών της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (Ρόκος 1995). Έτσι, σε συνδιασμό με τα προηγούμενα συμπεράσματα οι δορυφορικές παρατηρήσεις μπορούν να παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας ενός πλήρους εννιαίου συστήματος καταπολέμισης των δασικών πυρκαϊών, που θα ξεκινά από την πρόγνωση, μέσω διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων και τέλος αποκατάστασης των επιπτώσεων της στο δασικό/ορεινό περιβάλλον. Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις Ευρωπαϊκές Περιβαλλοντικές Υπηρεσίες και τα Κέντρα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, που βασίζουν τη λήψη αποφάσεων μονάχα σε συγκρίσιμες/ομοιογενείς πληροφορίες σε διακρατικό, πανευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Τέτοιες πληροφορίες μπορούν να προκύψουν μόνον από τις μακροσκοπικές και επομένως συνθετικές/συνοπτικές λήψεις των δορυφορικών δεκτών. Τέλος υπάρχει και ένα ακόμη σημαντικό επιχείρημα για την επιχειρησιακή χρήση δορυφόρων στην μελέτη των πυρκαϊών: στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, οι επίσημες καταγραφές δασικών πυρκαϊών άρχισαν σχετικά πρόσφατα και επομένως τα αρχειοθετημένα δορυφορικά δεδομένα αποτελούν μιά μοναδική πηγή πληροφοριών για ανασκοπικές μελέτες σε περιοχές και περιόδους όπου δεν υπάρχει κανένα άλλο δεδομένο διαθέσιμο.

Βιβλιογραφία

Chuvieco E. (1997) "A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires", Megafires project, Universidad de Alcala, Spain.

- Cornaert M-H., Heymann Y., O'Brian C., Peter D., Sifakis N. (1992) "CORINE - An Information System on the State of the Environment of the European Community", Geodetical Info Magazine, 1:55-57.
- Cracknell A.P. (1997) "The Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)", Taylor & Francis, London, 525 p.
- EEA (European Environment Agency) (1995) "Europe's Environment: The Dobbris Assessment", ed. D. Stanners and Ph. Bourdeau, Copenhagen (ISBN 92-826-5404-5).
- Kasischke E.S., French N.H.F. (1995) "Locating and estimating the areal extent of wildfires in Alaskan boreal forests using multiple-season AVHRR NDVI composite data, Remote Sensing of Environment, 51:263-275.
- Ρόκος Δ. (1995) "Η συμβολή των Αναλογικών και Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Μεθόδων στη Διερεύνηση, Απογραφή, Χαρτογράφηση και Παρακολούθηση των Φυσικών Διαθεσίμων και του Περιβάλλοντος", Πρακτικά Δημέρου "Ψηφιακή Χαρτογραφία, Φωτογραμμετρία, Τηλεπισκόπηση - Τεχνολογίες Αιχμής", ΤΕΕ, 2η Έκτακτη Έκδοση, σελ. 144-154, Αθήνα.
- Sifakis N., Soulakellis N., Paronis D. (1998) "Quantitative mapping of air pollution density using Earth observations: A new processing method and application on an urban area", International Journal of Remote Sensing, 17:3289-3300.
- Sifakis N., Kontoes H., Elias P. (1999) "Tracking the toxic time bomb", Geofocus: Environmental protection in GEOEurope, 8:39-41.
- Tanré D., Deschamps P. Y., Devaux C., Herman M. (1988) "Estimation of Saharan aerosol optical thickness from blurring effects in Thematic Mapper data", J. Geophys. Res., 93:15955-15964.
- WWF (World Wide Fund) (1992) "Forests in trouble: a review of the status of temperate forests world-wide", Gland, Switzerland.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

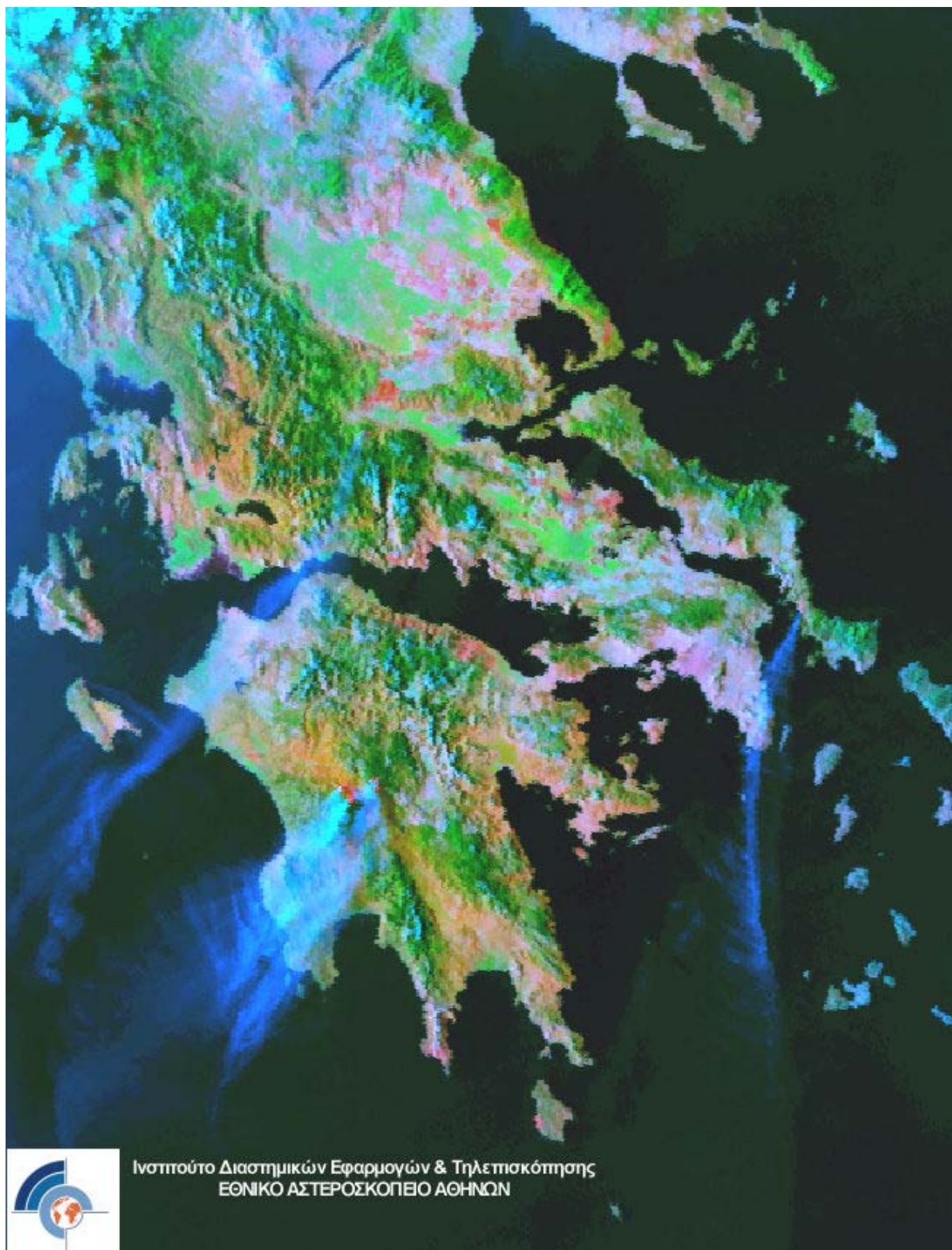
Εικόνα 1: Χάρτες θυσάνων καπνού. Οι θύσανοι καπνού διακρίνονται σε ανοιχτό γαλάζιο χρώμα. Διακρίνονται επίσης σε έντονο κόκκινο, πρόσφατα καμμένες εκτάσεις.
α) 09/07/00,18:30, β) 23/08/00, 18:15.

Εικόνα 2: Χάρτες ενεργών εστιών.
α) 09/07/00,18:30, β) 23/08/00, 18:15.

09/0700 - 18:38



Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης
ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

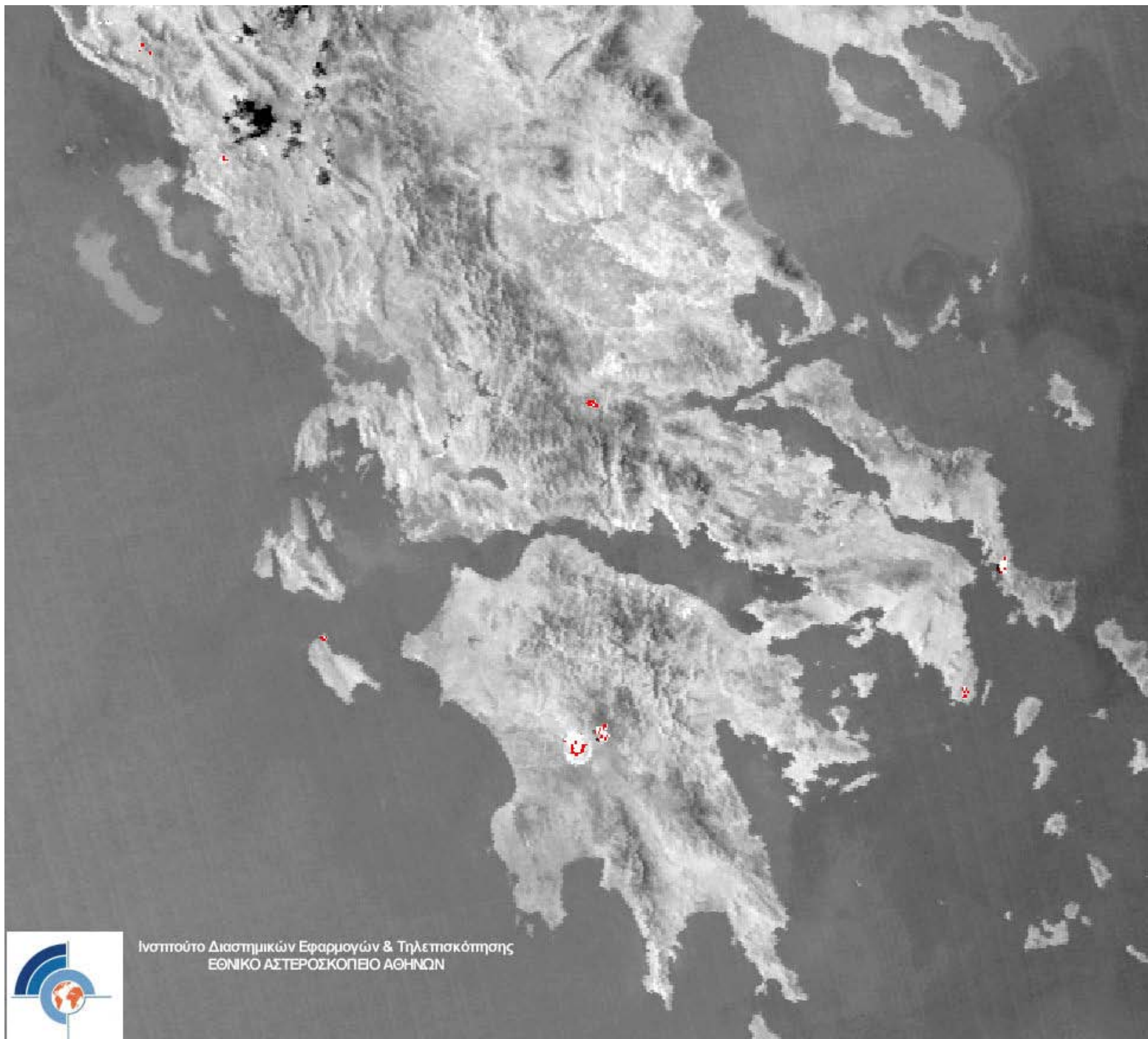


Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης
ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

09/0700 - 18:38



Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης
ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης
ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ