



# Η συμβολή της δορυφορικής τηλεπισκόπησης στη χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών

Δρ Μαγδαληνή Πλένιου, Ερευνήτρια Βαθμίδας Δ΄  
Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών

**Έ**νας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που αντιμετωπίζουν τα δασικά οικοσυστήματα είναι οι πυρκαγιές. Οι δασικές πυρκαγιές διέπουν τη δυναμική των οικοσυστημάτων, επηρεάζοντας τον φυσικό κύκλο διαδοχής της βλάστησης, τη δομή και τη λειτουργία τους, με τρόπο που καθορίζεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε πυρκαγιάς. Η αύξηση που έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες στον αριθμό των πυρκαγιών αλλά και στη συνολική καμένη έκταση έχουν αυξήσει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της κοινωνίας και της επιστημονικής κοινότητας και αποτελούν πλέον θέμα υψηλού ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Οι χάρτες εμφάνισης των δασικών πυρκαγιών, οι οποίοι απεικονίζουν τη θέση και την έκταση των καμένων εκτάσεων, συμβάλλουν σημαντικά στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς της φωτιάς, στην εκτίμηση των επιπτώσεων μιας πυρκαγιάς στη δυναμική του τοπίου καθώς και στη λήψη κατάλληλων διαχειριστικών πρακτικών με απώτερο σκοπό την προστασία και την αποκατάστασή τους. Η χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω επίγειων παρατηρήσεων, αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων. Η πρώτη τεχνική θεωρείται χρονοβόρα και πολυδάπανη, ενώ καθίσταται αδύνατον να εφαρμοστεί σε καμένες επιφάνειες μεγάλης έκτασης λόγω του υψηλού βαθμού δυσκολίας και προσβασιμότητας που συναντάται στα τοπία. Παρόλα αυτά, παρέχει πολύ υψηλή ακρίβεια σε τοπικό επίπεδο και γι' αυτό τον λόγο προτιμάται σε χαρτογραφίες όπου απαιτείται μεγάλη λεπτομέρεια. Η δεύτερη τεχνική προσφέρει αρκετά υψηλή ακρίβεια και επιτρέπει τη χαρτογράφηση σε μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές χρησιμοποιώντας ασπρόμαυρα, έγχρωμα ή ακόμα και υπέρυθρα δεδομένα. Ωστόσο, το μεγάλο κόστος απόκτησης και επεξεργασίας τους καθώς επίσης και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται λειτουργούν ως αρνητικοί παράγοντες. Τέλος, η τρίτη τεχνική χαρτογράφησης βασίζεται στη δορυφορική τηλεπισκόπηση και χρησιμοποιεί δορυφορικές εικόνες πολλαπλής χωρικής, φασματικής και χρονικής ανάλυσης.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση υπερέχει από τις άλλες δύο τεχνικές κυρίως από άποψη χρόνου και κόστους, αφού παρέχει δεδομένα για ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας της γης, όπου μπορούν να ληφθούν μετρήσεις για την ίδια περιοχή σε τακτική βάση ακόμη και σε περιοχές με μικρή ή και καθόλου προσβασιμότητα. Αυτά τα περιοδικά φασματικά δεδομένα στο ορατό και στο υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, μπορούν με κατάλληλη επεξεργασία και ερμηνεία να συμβάλουν σε μία οικονομικά αποδοτική, αντικειμενική και ταχύτατη μέθοδο παρακολούθησης και χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων. Η τηλεπισκόπηση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών μπορεί να εφαρμοστεί σε τρεις χρονικές περιόδους: α) πριν από μία πυρκαγιά για πρόληψη και προστασία, β) κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς για ανίχνευση και παρακολούθηση και γ) μετά από μία πυρκαγιά για εκτίμηση των συνεπειών και χαρτογράφηση.

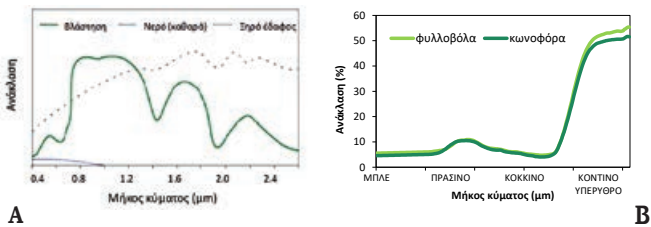


Μέθοδοι χαρτογράφησης δασικών πυρκαγιών μέσω α) επίγειων παρατηρήσεων, β) αεροφωτογραφιών και γ) δορυφορικών εικόνων.

Στην Ελλάδα, οι τοπικές δασικές αρχές που είναι υπεύθυνες για τη χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών, χρησιμοποιούν κυρίως την τεχνική των επίγειων παρατηρήσεων (έρευνες πεδίου) με αποτέλεσμα να παράγονται γενικευμένα χαρτογραφικά δεδομένα των δασικών πυρκαγιών. Έτσι, εάν η έκταση της περιοχής μελέτης είναι μεγάλη, τότε καθίσταται αδύνατον να επιτευχθεί μία λεπτομερής αποτύπωση και χαρτογράφηση της καμένης επιφάνειας και επομένως οι μη καμένες περιοχές εντός της περιμέτρου της πυρκαγιάς συνήθως να μη χαρτογραφούνται. Από την άλλη πλευρά, η χρησιμοποίηση της δορυφορικής τηλεπισκόπησης προσφέρει πρακτικά οφέλη και αποτελεί ένα ιδανικό εργαλείο για τη χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών και την παρακολούθηση της πορείας της αναγέννησης, γεγονός που αποδεικνύεται από την ευρεία εφαρμογή της και τις πολυάριθμες επιστημονικές εργασίες.

## Φασματικά χαρακτηριστικά βλάστησης, εδάφους και υδάτινων μαζών

Όλα τα αντικείμενα εκπέμπουν και ανακλούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Οι δορυφόροι καταγράφουν αυτή την ενέργεια σε διάφορα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, οπότε μία επιλογή του αισθητήρα είναι και το ανθρώπινο μάτι (ορατό φάσμα). Ωστόσο αυτός ο αισθητήρας του δορυφόρου δε θα επέτρεπε τον διαχωρισμό της βλάστησης σε φυλλοβόλα και κωνοφόρα είδη, διότι οι φασματικές ανακλάσεις τους επικαλύπτονται στο μεγαλύτερο μέρος του ορατού φάσματος. Σε αυτήν την περίπτωση γίνεται αντιληπτό ότι ο αισθητήρας εκείνος που καταγράφει την ενέργεια στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα είναι ο πιο κατάλληλος. Στην τηλεπισκόπηση, επιφάνειες όπως το νερό, η βλάστηση κ.ά., χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη συμπεριφορά ανάκλασης ή εκπομπής και διακρίνονται από τις συγκεκριμένες φασματικές υπογραφές τους. Οι φασματικές υπογραφές επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες και πιθανότατα διαφοροποιούνται, ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας. Για παράδειγμα, η ανάκλαση των υδάτινων επιφανειών εξαρτάται από το αν το νερό είναι καθαρό ή θολό, ήρεμο ή ταραγμένο, η φασματική υπογραφή της βλάστησης εξαρτάται από το είδος της βλάστησης, όπως και αυτή του εδάφους ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή. Ωστόσο, κάποια βασικά σημεία των καμπυλών παραμένουν.



**A** Τυπικές φασματικές καμπύλες βλάστησης, εδάφους και υδάτινων μαζών (τροποποιημένο από Swain και Davis, 1978 & Lillesand και Kiefer, 1999) και **B** Φασματικές υπογραφές διαφορετικών τύπων βλάστησης: φυλλοβόλα- κωνοφόρα (τροποποιημένο από Kalensky και Wilson, 1975 & Lillesand και Kiefer, 1999).

Η φασματική καμπύλη της βλάστησης έχει μικρή ανάκλαση στο ορατό τμήμα και πολύ μεγάλη στο εγγύς υπέρυθρο, ενώ στο μέσο υπέρυθρο η ανακλαστικότητα μειώνεται, αφού η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε αυτά τα μήκη κύματος απορροφάται από την περιεχόμενη υγρασία του φύλλου. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επιδρούν και διαμορφώνουν αυτήν την καμπύλη είναι η δομή του φύλλου, οι χρωστικές ουσίες και η περιεχόμενη υγρασία. Οι μεταβολές αυτές που συμβαίνουν στις φασματικές ζώνες του κοντινού και μέσου υπέρυθρου αποδεικνύονται χρήσιμες για τον διαχωρισμό διαφόρων τύπων κάλυψης γης.

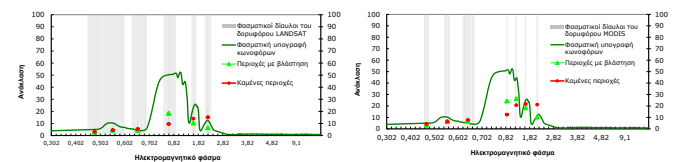
Η φασματική καμπύλη του εδάφους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα επειδή οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητά του δρουν σε λιγότερο συγκεκριμένες φασματικές ζώνες. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι η περιεχόμενη υγρασία, η υφή του εδάφους (άμμος, ιλύς, λάσπη), το ανάγλυφο, η παρουσία οξειδίου του σιδήρου, η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη κ.ά.. Η παρουσία υγρασίας στο έδαφος σχετίζεται με τη σύστασή του και μειώνει την ανάκλασή του, όπως παρατηρείται και στη φασματική υπογραφή της βλάστησης στα μήκη κύματος 1.4, 1.9 και 2.7 µm.

Η φασματική καμπύλη των υδάτινων μαζών δείχνει ότι το καθαρό νερό απορροφά σχετικά λίγη ενέργεια στα ορατά μήκη

κύματος ενώ η μετάδοσή τους είναι υψηλή και ιδιαίτερα στο ιώδες και πράσινο τμήμα. Παρατηρείται επίσης ότι σε καθαρά νερά η ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο τμήμα είναι πρακτικά μηδέν. Ωστόσο, η θολότητα (περιεκτικότητα σε οργανικά και ανόργανα συστατικά), η συγκέντρωση της χλωροφύλλης και το βάθος της υδάτινης μάζας είναι μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φασματική του καμπύλη. Όμως, επειδή το νερό στη φύση σπάνια είναι καθαρό (ρύπανση, πετρελαιοκηλίδες, φύκια, απόβλητα) η συμβολή της τηλεπισκόπησης στον έλεγχο και τον εντοπισμό αυτών των αλλαγών είναι σημαντική.

## Φασματική συμπεριφορά καμένων εκτάσεων

Για τη χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών είναι σημαντική η κατανόηση των φασματικών ιδιοτήτων των καμένων, δηλαδή η φασματική τους υπογραφή ενώ ο προσδιορισμός του βέλτιστου συνδυασμού των φασματικών διαύλων είναι μείζονος σημασίας καθώς διαμορφώνει την ακρίβεια της ταξινόμησης.



**A** Καταγραφή φασματικών υπογραφών της βλάστησης και των καμένων εκτάσεων από α. το δορυφόρο LANDSAT και β. το δορυφόρο MODIS.

Φαίνεται να υπάρχει μία συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων αναφορικά με τα φασματικά χαρακτηριστικά των καμένων περιοχών. Το ορατό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος αποδεικνύεται μη αποτελεσματικό για τη διάκριση των καμένων εκτάσεων, σε αντίθεση με το υπέρυθρο τμήμα, όπου έχουν παρατηρηθεί έντονες αλλαγές στις τιμές ανάκλασης όσον αφορά τις εκτάσεις μετά από πυρκαγιά. Πιο συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί έντονη μείωση της ανακλαστικότητας των καμένων εκτάσεων στο κοντινό υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, η οποία οφείλεται στην καταστροφή της δομής των φύλλων και έντονη αύξηση της ανακλαστικότητας των καμένων εκτάσεων στο μέσο υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, η οποία οφείλεται στη μείωση της διαθέσιμης υγρασίας του φυλλώματος λόγω καύσης της βλάστησης, με αποτέλεσμα οι καμένες εκτάσεις να παρουσιάζουν μεγαλύτερες ραδιομετρικές τιμές από ότι η υγιής βλάστηση σε αυτό το τμήμα του φάσματος.

Συμπερασματικά, γίνεται αντιληπτό ότι οι διαφορετικές κατηγορίες κάλυψης γης διαχωρίζονται σχετικά εύκολα μεταξύ τους φασματικά, με την προϋπόθεση ότι σε κάθε περίπτωση επιλέγεται να μελετηθεί το κατάλληλο τμήμα του φάσματος. Αυτό το γεγονός, καθιστά την επιστήμη της τηλεπισκόπησης χρήσιμη κυρίως στη χαρτογράφηση μεγάλης έκτασης δασικών πυρκαγιών, προσφέροντας γρήγορα σημαντικές πληροφορίες και αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα της περιορισμένης προσβασιμότητας των περιοχών ιδιαίτερα στη λεκάνη της Μεσογείου, η οποία χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο.

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, 570 06 Βασιλικά, Θεσσαλονίκη, τηλ.: 2310 461172-3 (εσ. 240), e-mail: mpleniou@fri.gr