## ΧΡΗΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΙΣΗ ΤΗΣ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΝΑΓΕΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΧΙΟ

### Αθανασάκης Γεώργιος<sup>1</sup>, Ψωμιάδης Εμμανουήλ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Αξιοποιήσης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μήχανικής, Εργαστήριο Ορυκτολογίας–Γεωλογίας, , Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών , Ιερά Οδός 75, 118 55, Αθήνα, Ελλάδα, georgeathanasakis84@hotmail.com<sup>\*</sup>, mpsomiadis@aua.gr

### <u>Περίληψη</u>

Οι Δασικές πυρκαγιές είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το οικοσύστημα και είναι μία από τις πιο επικίνδυνες αιτίες φυσικών καταστροφών, προκαλώντας ανυπολόγιστες συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον του πλανήτη μας.

Ως δριμύτητα της πυρκαγιάς ορίζεται ο βαθμός που η πυρκαγιά έχει επιδράσει στο φυσικό περιβάλλον και ιδιαίτερα στη βλάστηση μιας περιοχής. Η μεταβολή του βαθμού σοβαρότητας επίδρασης της πυρκαγιάς και του διαστήματος πυρκαγιάς οδηγεί σε ένα ψηφιδωτό που δείχνει τη δριμύτητα του φαινομένου στο χώρο, πληροφορία ιδιαιτέρα σημαντική για την κατανόηση των επιπτώσεων της φωτιάς στην αναγέννηση της βλάστησης μετά την εκδήλωσή της.

Τα πολυφασματικά δορυφορικά δεδομένα σήμερα αποτελούν ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών. Συγκεκριμένα, οι φασματικές ζώνες, όπως η κοντινή υπέρυθρη ακτινοβολία (near infrared), η μέση υπέρυθρη ακτινοβολία (mid-infrared) και η θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία (thermal infrared) είναι πολύ ευαίσθητες στις αλλαγές που επιφέρει μια πυρκαγιά, ανιχνεύοντας έτσι με μεγάλη αξιοπιστία τις καμένες περιοχές. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των δορυφόρου της NASA, Landsat 8 (OLI).

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η Νήσος Χίος, συγκεκριμένα διερευνάται η πυρκαγιά που ξέσπασε το καλοκαίρι του 2016 στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού, στην περιοχή Βέσσα.

Με το λογισμικό ENVI δημιουργήθηκαν φασματικοί δείκτες για την χαρτογράφηση της καμένης έκτασης και την αξιολόγηση της δριμύτητας της πυρκαγιάς. Μερικοί από τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο δείκτης καμένης περιοχής (BAI), ο κανονικοποιημένος δείκτης καμένης περιοχής (NBR) και ο κανονικοποιημένος δείκτης καμένης περιοχής (NBRT). Οι δείκτες εφαρμόστηκαν στις εικόνες πριν και μετά την πυρκαγιά και υπολογίστηκε η διαφορά τους (ΔNBR) για να χαρτογραφηθεί η καμένη έκταση.

Για την αξιολόγηση της κατάστασης της βλάστησης και του ρυθμού αναβλάστησης χρησιμοποιήθηκανδύο δείκτες βλάστησης, ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI) και ο κανονικοποιημένος δείκτης υγρασίας (NDMI), με σκοπό την δημιουργία και την αξιολόγηση χάρτη δριμύτητας πυρκαγιάς, χάρτη αναγέννησης της βλάστησης καθώς και τον υπολογισμό της συνολικής καμένης έκτασης.

<u>Λέξεις - κλειδιά</u>: Δριμύτητα Πυρκαγιάς, ΔNBR, Δείκτες βλάστησης και πυρκαγιάς, αποκατάσταση βλάστησης

#### <u>Εισαγωγή</u>

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν στις μέρες μας έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους φυσικών καταστροφών όπου το καθιστά ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Σε κάθε καλοκαιρινή περίοδο οι πυρκαγιές πλήττουν τεράστιες δασικές εκτάσεις προκαλώντας μεγάλες οικολογικές καταστροφές και οικονομικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα στην περιοχή της μεσογείου όπου λόγω του ξηρών και θερμών καλοκαιρινών μηνών ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς είναι πολύ υψηλός. Οι δασικές πυρκαγιές εκτός του ότι σε μια περιοχή όπου πληγεί αλλάζουν όλη την οικολογική ισορροπία του οικοσυστήματός στο χερσαίο περιβάλλον της είναι και υπεύθυνες σε μεγάλο βαθμό για ανθρώπινες απώλειες.

Μία ιδιαίτερη σημαντική πληροφορία για την επίδραση της πυρκαγιάς σε μια περιοχή, όσον αφορά την κατανόηση των επιπτώσεων της φωτιάς, την οικολογική αλλαγή που μπορεί να επιφέρει και την αναγέννηση της βλάστησης μετά την φωτιά, είναι ο βαθμός δριμύτητας της πυρκαγιάς. Ως δριμύτητα της πυρκαγιάς, ορίζεται ο βαθμός που η πυρκαγιά έχει επιδράσει στο φυσικό περιβάλλον και ιδιαίτερα στη βλάστηση μιας περιοχής. Η μεταβολή του βαθμού σοβαρότητας επίδρασης της πυρκαγιάς και της διάρκειας της πυρκαγιάς οδηγεί σε ένα χωρικά κατανεμημένο ψηφιδωτό, με ένα εύρος τιμών που σκιαγραφεί την δριμύτητα του φαινομένου στο χώρο.

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα αποτελεί, τα τελευταία χρόνια, σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του φυσικού περιβάλλοντος και ιδιαίτερα την παρατήρηση, ανίχνευση, διαχείριση και μελέτη των φυσικών καταστροφών (Φείδας & Καρτάλης, 2006). Οι τεχνικές της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης παρέχουν αποτελεσματικά και οικονομικά αποδοτικά εργαλεία για την παρακολούθηση και χαρτογράφηση της εξέλιξης συμβάντων των Δασικών Πυρκαγιών, των ζημιών μετά την πυρκαγιά και την αξιολόγηση της μετέπειτα αποκατάστασης του τοπίου. Ο βαθμός

των αλλαγών μετά την πυρκαγιά ποικίλλει ανάλογα με το είδος της βλάστησης και τις ετήσιες διαφορές της εποχικής ανάπτυξης. Για το λόγο αυτό η στρωμάτωση μεταξύ ειδών βλάστησης, η σύγκριση εικόνων με ίδια βλάστηση και οι τεχνικές διαφοροποίησης εικόνων, οι οποίες περιλαμβάνουν εικόνες πριν και εικόνες ένα χρόνο μετά την πυρκαγιά, είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς (White et al., 1996; Cocke et al., 2005; Hudak et al., 2005; Lentile et al.,2006).

Η παρατήρηση ευρέων φασματικών αλλαγών που οφείλονται στη φωτιά έχει οδηγήσει στη χρήση διαφόρων φασματικών δεικτών (συνδυασμοί διαφόρων φασματικών καναλιών), που περιλαμβάνουν το δείκτη NBR (Normalised Burn Ratio), το δείκτη ΔNBR (αποτελεί τη διαφορά μεταξύ του δείκτη NBR σε εικόνες πριν και σε εικόνες μετά την πυρκαγιά) και το δείκτη NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Οι δύο πρώτοι δείκτες χρησιμοποιούνται ευρέως για την εξέταση της δριμύτητας μιας πυρκαγιάς με Τηλεπισκοπικά δεδομένα (Key and Benson, 2002).

Η περιοχή μελέτης μας είναι η Νήσος Χίος όπου βρίσκεται στο βορειοανατολικό Αιγαίο (Εικόνα 1). Στο δυτικό τμήμα έχουν λάβει χώρα αρκετά συμβάντα πυρκαγιών κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Το καλοκαίρι του 2016 στις 25 Ιουλίου, στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού ξέσπασε η πιο πρόσφατη καταστροφική πυρκαγιά η οποία ξεκίνησε από το χωριό Βέσσα. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της περιοχής που κάηκε, είχε καεί επίσης στο παρελθόν το καλοκαίρι του 2012. Το δασικό οικοσύστημα της Χίου ανήκει στην κατηγορία των Μεσογειακών οικοσυστημάτων, τα οποία χαρακτηρίζονται από εύφλεκτη βλάστηση σε ένα περιβάλλον με πληθώρα φυσικών και ανθρωπογενών αιτιών έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών. Το νησί σε μεγάλη έκταση αποτελείται από πευκοδάση και θαμνότοπους, δημιουργώντας ένα πυριγενές οικοσύστημα, που όχι μόνο στηρίζεται στη φωτιά για την αναγέννησή και εξέλιξή του, αλλά και ευνοεί τη συχνή εμφάνιση μεγάλων δασικών πυρκαγιών (Καλαμποκίδης, 1995).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του δορυφόρου παρατήρησης της Γης, Landsat 8 (OLI) της NASA. Η σειρά των δορυφόρων Landsat και ιδιαίτερα ο Landsat-8, αποτελεί ένα από τα πλέον δοκιμασμένα, μελετημένα και αξιόπιστα δορυφορικά συστήματα στις μελέτες περιβάλλοντος. Το σύστημα καταγραφής, όργανο OLI του Landsat-8, παρέχει τις καταγραφές στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) και στο μέσο υπέρυθρό (SWIR-2) φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής

ακτινοβολίας ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του δείκτη NBR και στο κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του δείκτη NDVI.

Ο σκοπός της μελέτης είναι η επεξεργασία των παραπάνω δορυφορικών δεδομένων και των υπολογισμό διάφορων φασματικών δεικτών για την δημιουργία ενός χάρτη δριμύτητας της πυρκαγιάς ώστε να ερευνηθεί η κατάσταση της βλάστησής μετά την πυρκαγιά καθώς και να γίνει μια εκτίμηση του μελλοντικού ρυθμού ανάπτυξης νέας βλάστησης (αναβλάστησης) σε σχέση με την δριμύτητα που προκλήθηκε στην επιφάνεια τους εδάφους της πληγείσας περιοχής.



Εικόνα 1. Η περιοχή μελέτης στη νήσο Χίο, όπου απεικονίζεται και ο καπνός από την πληγείσα περιοχή, όπως καταγράφηκε τον Ιούλιο του 2016 από δορυφόρο της NASA

#### <u>Δεδομένα και Μέθοδοι</u>

### 1. Δεδομένα

Τα δορυφορικά δεδομένα αποκτήθηκαν σε τρία χρονικά σημεία, πριν και μετά τη φωτιά στις 13 Ιουλίου και στις 15 Σεπτεμβρίου αντίστοιχα, καθώς και έξι μήνες αργότερα στις 27 Μαρτίου 2017 από το δορυφορικό σύστημα καταγραφής Landsat της NASA στο πέρασμα του πάνω από την περιοχή ερευνάς μας (Εικόνα 2).

Το όργανο Operational Land Imager (OLI) του Landsat-8 καταγράφει την αντανάκλαση του ορατού και υπέρυθρου (κοντινό, μέσο και θερμικό) τμήματος του

ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ενώ υπάρχει και παγχρωματική καταγραφή στα 500-680nm. Κάθε σκηνή καλύπτει μια επιφάνεια 170x185km με ανάλυση 30m για το όργανο OLI (το παγχρωματικό καταγράφει στα 15m). Οι εικόνες διανέμονται στους τελικούς χρήστες με ανάλυση 16 bit σε μορφή GeoTIFF και ελήφθησαν από τη διαδικτυακή υπηρεσία Earth Explorer (*http://earthexplorer.usgs.gov/*).

Τα δεδομένα αυτού του οργάνου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία μας για την εκτίμηση των φασματικών δεικτών δριμύτητας πυρκαγιάς *NBR* αντίστοιχα δείκτη βλάστησης *NDVI*, ήταν το φασματικό κανάλι 4 στο κόκκινο τμήμα του ορατού (Red), το φασματικό κανάλι 5 στο κοντινό υπέρυθρο (Near Infrared-NIR), το φασματικό κανάλι 7 στο μικροκυματικό υπέρυθρό (SWIR-2) καθώς και το κανάλι 3 στο (Green) για την απεικόνιση και καταγραφή την βλάστησης (Πίνακας 1).

Κανάλι	Μήκος Κύματος (Micrometers)	Ανάλυση (m)
Band 3 - Green	0.53-0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR-2)	2.11-2.29	30

Πίνακας 1.	Τα φασματικά	κανάλια του	Landsat-8	που χρησιμοπ	<i>τοιήθηκα</i> ν
------------	--------------	-------------	-----------	--------------	-------------------



Εικόνα 2. Εικόνες Landsat 8 πριν την πυρκαγιά στις 13/07/16 και μετά την πυρκαγιά στις 16/09/16. Συνδυασμός καναλιών RGB: 7.5.3, ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση (FLAASH)

### 2. Μεθοδολογία - Επεξεργασία δεδομένων

Για τα δεδομένα του Landsat-8 πραγματοποιήθηκε προ-επεξεργασία και επεξεργασία για τον υπολογισμό των φασματικών δεικτών δριμύτητας πυρκαγιάς NBR, ΔNBT, NBRT, με σκοπό την ανίχνευση της πυρκαγιάς και την δημιουργία ψηφιδωτού καταγραφής της δριμύτητας. Χρησιμοποιήθηκαν, το λογισμικού επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων ENVI 5.3 και το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ArcMap 10.4.

Το διάγραμμα ροής των εργασιών που εφαρμόστηκαν στην παρούσα εργασία απεικονίζονται στην εικόνα 3.



**Εικόνα 3.** Διάγραμμα ροής εργασιών επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων, δημιουργίας δεικτών και υπολογισμού του δείκτη δριμύτητας πυρκαγιάς ΔNBR

Αναλυτικότερα υπολογίστηκε για κάθε εικόνα ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Rouse et al., 1974), πριν και μετά την πυρκαγιά (συγκεκριμένα στις 15/09/16 και έξι μήνες αργότερα στις 27/03/16), με σκοπό την διερεύνηση του ρυθμού αναγέννησης της βλάστησης σε σχέση με το αποτέλεσμα της δριμύτητας της πυρκαγιάς.

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η δημιουργία μάσκας νερού Water Mask, με βάση την εικόνα του κοντινού υπέρυθρου και της χρήση ενός κατωφλίου τιμών (threshold) για να απομονωθούν τα εικονοστοιχεία (pixels) του νερού (Θάλασσα, Λίμνες, Υγρασία Εδάφους, Υγρασία Βλάστησης, Ατμόσφαιρα, Σύννεφα). Αυτό γίνεται διότι το υδάτινο στοιχείο αλλοιώνει τα αποτελέσματα των τιμών του κανονικοποιημένου δείκτη καμένης περιοχής Normalised Burn Ratio (NBR) και επίσης του Differenced Normalized Burn Ratio (ΔNBR) του διαφοροποιημένου δείκτη καμένης περιοχής.

Μετά την δημιουργία της μάσκας νερού πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση (calibration) των πολυφασματικών καναλιών του Landsat-8 σε τιμές ανάκλασης (reflectance) και ραδιομετρική βαθμονόμηση των θερμικών καναλιών σε τιμές θερμοκρασιακής φωτεινότητας (brightness temperature). Εν συνεχεία, με το εργαλείο Layer Stacking ενώθηκαν τα βαθμονομημένα πολυφασματικά και θερμικά κανάλια της εικόνας. Το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας περιελάμβανε τον υπολογισμό των φασματικών δεικτών με το εργαλείο Band Math του ENVI. Αρχικά υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι δείκτες:

(α) Δείκτης Καμένης περιοχής Burn Area Index (BAI) όπου μας δείχνει την καμένη έκταση (Martin 1998):  $BAI = 1/(0, 1-Red)^2 + (0, 06-NIR)^2$ 

(β) Κανονικοποιημένος δείκτης καμένης περιοχής (NBR) πριν και μετά την πυρκαγιά (Lopez, 1991; Key and Benson, 1995), όπου έχει ένα εύρος τιμών μεταξύ -1 και 1. Σε περιοχές με γυμνό έδαφος ή ολοσχερώς καμένες ο δείκτης παίρνει πολύ χαμηλές τιμές έως αρνητικές. Θετικές τιμές παίρνει όταν υπάρχει βλάστηση, ιδιαίτερα για τιμές >0,2: NBR = (NIR-SWIR 2)/(NIR+SWIR 2)

(γ) Τον Κανονικοποιημένο Δείκτη Καμένης περιοχής, με χρήση του θερμικού καναλιού (Normalized Burn Ratio + Thermal (NBRT)). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί μια θερμική ζώνη για την ενίσχυση του NBR (Holden et al, 2005). Αυτό οδηγεί σε έναν καλύτερο διαχωρισμό μεταξύ των καμένων και των μη καμένων περιοχών (Εικόνα 4):

## *NBPT* = (*NIR* – *SWIR* 2 \* (*Thermal* / 1000)) / (*NIR* + *SWIR* 2 \* (*Thermal* / 1000))

(δ) Το τελικό στάδιο, αφορά τον υπολογισμό του δείκτη ΔΝΒR. Αυτός προκύπτει από την αφαίρεση του δείκτη NBR πριν και μετά την πυρκαγιά (Εικόνα 4). Ο Διαφοροποιημένος Κανονικοποιημένος Δείκτης Καμένης περιοχής Normalised Burn Ratio (ΔNBR) ΔNBR = NBR<sub>PreFire</sub> -NBR<sub>PostFire</sub> δίνει ως τελικό προϊόν, ένα ψηφιδωτό όπου αναδεικνύεται η δριμύτητα της πυρκαγιάς **Burn Severity** στο ανώτερο στρώμα



του εδάφους (Εικόνα 4). Το εύρος τιμών που περιλαμβάνει και το τι αντιπροσωπεύει σε σχέση με την δριμύτητα της πυρκαγιάς απεικονίζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Τα εύρη τιμών του δείκτη ΔNBR και τι αντιπροσωπεύει το καθένα σε σχέσ	η				
με την δριμύτητα της πυρκαγιάς στην καμένη περιοχή					

Δείκτης	Δριμύτητα Πυρκαγιάς	
ΔNBR	(Burn Severity)	
-0.1 - 0.1	Άκαυτο	
0.1 - 0.27	Χαμηλή Δριμύτητα	
0.27 - 0.44	Χαμηλή – Μέτρια Δριμύτητα	
0.44 - 0.66	Μέτρια – Υψηλή Δριμύτητα	
> 0.66	Υψηλή – Πολύ Υψηλή Δριμύτητα	

## 3. Διερεύνηση αναβλάστησης

Με βάση το ψηφιδωτό τιμών του δείκτη Burn Severity (δριμύτητα πυρκαγιάς) πραγματοποιήθηκε διερεύνηση πιθανής αναβλάστησης της περιοχής. Πραγματοποιήθηκε μέτρηση και σύγκριση των τιμών του δείκτη NDVI σε επιλεγμένα σημεία, σε εικόνα μετά την πυρκαγιά και σε εικόνα έξι περίπου μήνες μετά την πυρκαγιά (Εικόνα 6). Το τελικό βήμα ήταν η σύγκριση του βαθμού αναβλάστησης με το δείκτη δριμύτητας πυρκαγιάς με σκοπό να μελετηθεί αν ο ρυθμός αναγέννησης της βλάστησης σχετίζεται με την κλίμακα δριμύτητας της πυρκαγιάς (Εικόνες 5 και 6).



**Εικόνα 5.** Ο δείκτης βλάστησης της εικόνας με ημερομηνία λήψης 15/09/2016, μετά την πυρκαγιά (Landsat 8 RGB 753 ένα μήνα μετά την πυρκαγιά ο δείκτης NDVI στην συγκεκριμένη περιοχή μας δίνει τιμή 0,14 < 0,2 που σημαίνει ότι δεν έχουμε αναβλάστηση.



Εικόνα 6. Ο δείκτης βλάστησης της εικόνας με ημερομηνία λήψης 27/03/2017, έξι μήνες μετά την πυρκαγιά. Η τιμή του δείκτη NDVI στην συγκεκριμένη περιοχή μας

είναι 0,25 > 0,2 γεγονός που σημαίνει ότι ίσως οριακά να αρχίζει σιγά σιγά να παρουσιάζεται αναβλάστηση σε μία περιοχή μέτριας έως υψηλής δριμύτητας.

#### <u>Αποτελέσματα και Συζήτηση</u>

Από τους δείκτες ανίχνευσης καμένης έκτασης (BAI, NBR & NBRT) που δημιουργήθηκαν, χαρτογραφήθηκε με μεγάλη ακρίβεια η καμένη περιοχή, η έκταση της οποίας ανέρχεται σε 45,9 km<sup>2</sup> (Εικόνα 4). Από τον Διαφοροποιημένο Κανονικοποιημένο Δείκτη Καμένης περιοχής-ΔNBR, ο οποίος αναδεικνύει την δριμύτητα της πυρκαγιάς στην καμένη περιοχή, προκύπτει ότι οι περιοχές με Υψηλή-Πολύ υψηλή δριμύτητα εντοπίζονται κυρίως στα νότια και νοτιοδυτικά και καλύπτουν έκταση 8,46 και ποσοστό 18,4% επί του συνόλου της καμένης έκτασης. Οι περιοχές με μέτρια και χαμηλή δριμύτητα εντοπίζονται κυρίως στα βόρεια και βόρειο-ανατολικά της περιοχής, καλύπτουν έκταση περίπου 35 Km<sup>2</sup>, ήτοι περίπου 76% της συνολικά καμένης έκτασης. Τέλος, οι άκαυτες περιοχές, εντοπίζονται σε μικρές νησίδες, σκόρπιες μέσα στην καμένη έκταση.

Όσον αφορά την αναβλάστηση της περιοχής, τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν και μελετήθηκαν, από τα δορυφορικά δεδομένα Landsat 8, έξι μήνες μετά την πυρκαγιά, δείχνουν ένα θετικό και ενθαρρυντικό αποτέλεσμα. Παρατηρείται μια μικρή αύξηση σε ορισμένα σημεία, από τιμές λίγο κάτω από το 0.2 (στο κατώφλι ύπαρξης βλάστησης) αμέσως μετά την πυρκαγιά, σε τιμές λίγο επάνω από την τιμή 0.2, έξι μήνες μετά, γεγονός που σημαίνει πως υπάρχει μια υποτυπώδης αναβλάστηση.

#### <u>Συμπεράσματα</u>

Η μεθοδολογίας χαρτογράφησης, χρησιμοποιώντας ειδική προ-επεξεργασία των δεδομένων και συνδυασμό δεικτών ανίχνευσης καμένων περιοχών, αποτύπωσε με μεγάλη ακρίβεια την καμένη περιοχή. Συγκεκριμένα, ο δείκτης NBR τονίζει τις καμένες περιοχές και ιδιαίτερα εκείνες που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις, ο δείκτης BAI τονίζει το σήμα του ξυλάνθρακα από την καμένη περιοχή, ενώ ο δείκτης NBRT ενισχύει το σήμα του NBR χρησιμοποιώντας και το θερμικό κανάλι και τονίζει την διαφοροποίηση μεταξύ καμένης και μη καμένης περιοχής.

Η αναβλάστηση στην περιοχή έδειξε να βρίσκεται σε εξέλιξη, αν και το διάστημα των έξι μηνών δεν αποτελεί ασφαλές κριτήριο για σίγουρα συμπεράσματα. Σκοπός της ερευνάς μας είναι να μελετηθούν δορυφορικές εικόνες, τουλάχιστον ένα χρόνο μετά την πυρκαγιά και κυρίως σε παρόμοιες συνθήκες περιβάλλοντος με τις

αρχικές εικόνες μετά την φωτιά, δηλαδή κατά τον μήνα Σεπτέμβριο. Με αυτό τον τρόπο, θα μελετηθεί ξανά ο ρυθμός αναβλάστησης της πληγείσας περιοχής, που σε συνδυασμό και υπαίθριες παρατηρήσεις θα δώσουν ένα πιο τεκμηριωμένο επιστημονικό συμπέρασμα για την εξέλιξη του ρυθμού αναβλάστησης της περιοχής, σε συνάρτηση και με τον βαθμό δριμύτητας της πυρκαγιάς.

#### **Abstract**

Fire is an important ecosystem process that significantly impacts terrestrial, aquatic, and atmospheric systems throughout the world and is one of the most dangerous causes of natural disasters phenomena.

The study area study is located on Chios Island at the eastern part of the Aegean Sea. The western part of the island suffered many wildfire events the last decades. In the summer of 2016 on July 25<sup>th</sup>, a devastating wildfire occurred in the southwestern part of the island started from the village Vessa.

Fire severity, defined as the degree to which a site has been changed. Variation in burn severity and fire interval leads to a mosaic of vegetation age and cover classes across the landscape. Therefore, the estimation of burn severity is important for understanding the effects of fire on post-fire vegetation succession.Multispectral satellite data have become a useful tool utilized in the mapping of typical Mediterranean area fire consequences. In particular, spectral bands such as near infrared, mid-infrared and thermal infrared are very sensitive to burn magnitude changes and can reliably detect burnt areas, burn severity and vegetation changes.

In the present study, Landsat 8 (OLI) Earth Observation data have been utilized. Spectral indices, such as the normalized burn ratio (NBR), Burn Area Index (BAI) and Normalized Burn Ratio Thermal (NBRT), were implemented. These indices, which combine and extract useful information from several spectral bands, were chosen based on a literature search of burn severity studies to investigate fire-induced vegetation changes, including burn severity and regeneration. Subsequently, the Normalized Burn Ratio (NBR) index of pre and post-fire images was used in a difference change detection procedure which calculates the Differenced Normalized Burn Ratio ( $\Delta$ NBR). This change detection product measures the absolute change in the NBR, mapping that way the fire severity due to the wildland fire and it is probably a significant factor in vegetation recovery.

### <u>Ευχαριστίες</u>

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την εταιρεία INFOREST RESEARCH O.C. για

την παραχώρηση ειδικής εκπαιδευτικής άδειας χρήσης του λογισμικού ENVI 5.3.1 για την παρούσα μελέτη.

I

## <u>Βιβλιογραφία</u>

- Cocke, A. E., Fule, P. Z., and Crouse, J. E. (2005). "Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data". *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 14, pp. 189-198.
- Diaz-Delgado, R., Lloret, F., and Pons, X. (2003). "Influence of fire severity on plant regeneration through remote sensing imagery". *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, pp. 1751-1763.
- Escuin, S., Navarro, R., and Fernandez, P. (2008). "Fire severity by using NBR (Normalized Burn Ration) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images". *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, pp. 1053-1073.
- Garcia-Haro, F.J., Gilabert, M.A., and Melia, J. (2001). "Monitoring fire-affected areas using Thematic Mapper data". *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 22, pp. 533-549
- Holden, Z., et al. "Evaluation of Novel Thermally Enhanced Spectral Indices for Mapping Fire Perimeters and Comparisons with Fire Atlas Data." International Journal of Remote Sensing, 26 (2005): 4801-4808.
- Kalabokidis, K.,G. Xanthopoulos, P. Moore, D. Caballero, G. Kallos, J. Llorens, O. Roussou, Vasilakos C., (2011). "Decision support system for forest fire protection in the Euro-Mediterranean". *European Journal of Forest Research*, Vol 131, pp 597–608.
- Key, C. H., Benson, N. C. (2002). "Measuring and remote sensing of burn severity". US Geological Survey Wildland Fire Workshop, 31 October to 3 November 2000, Los Alamos, NM, USGS Open-File Report 02-11.
- Key C., Benson N., (2005). "Landscape Assessment: Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio; and ground measure of severity, the Composite Burn Index." In FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System, RMRS-GTR, Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Lentile, L. B., Holden, Z. A, Smith, A. M. S, Falkowski, M. J., Hudak A. T., Morgan P., Lewis, S. A, Gessler, P. E., and Benson, N. C. (2006). "Remote sensing techniques to asses active fire characteristics and post-fire effects". *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 15, pp. 319-345.
- Lopez Garcia, M.J., and Caselles, V. "Mapping Burns and Natural Reforestation using Thematic Mapper Data. Geocarto International, 6 (1991): 31-37.
- Martín, M., Cartografía e inventario de incendios forestales en la Península Iberica a partir de imágenes NOAA AVHRR. Doctoral thesis, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (1998).
- Murphy, K.A. Reynolds, J.H., and Koltun, J.M. (2008) "Evaluating the ability of the differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) to predict ecologically significant burn severity in Alaska boreal forests". *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 17, pp. 490–499.
- Parcharidis, I., Lagios, and E., Psomiadis, E. (2001). "Multitemporal hazard assessment in a high flash flood risk area using RS/GIS techniques: The case study of Hymittos"

*Mt.* (*Athens*). 9th International Congress of the Geological Society of Greece, Vol. 5, pp. 2055-2062.

- Rouse, J.W, Haas, R.H., Scheel, J.A., and Deering, D.W. (1974) 'Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS.' Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium, vol. 1, p. 48-62.
- Roy, D. P., Boschetti, and L., Trigg, S. N. (2006). "Remote sensing of fire severity: assessing the performance of the normalized burn ration". *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 3, pp. 112-116.
- Sander Veraverbeke, Stefaan Lhermitte, Willem W. Verstraeten and R. Goossens. (2011). "Evaluation of pre/post-fire differenced spectral indices for assessing burn severity in a Mediterranean environment with Landsat Thematic Mapper". *International Journal of Remote Sensing*, Vol 32, pp. 3521-3537.
- Sunar F., Özkan C., (2001). "Forest fire analysis with remote sensing data". *International Journal of Remote Sensing*, Vol 22, pp. 2265-2277
- White, J. D., Ryan, K. C., Key, C. C. Running, S. W. (1996). "Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery". *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 6, pp. 125-135.
- Xuexia Chen, James E. Vogelmann, Matthew Rollins, Donald Ohlen, Carl H. Key, Limin Yang, Chengquan Huang and Hua Shi. (2011). "Detecting post-fire burn severity and vegetation recovery using multitemporal remote sensing spectral indices and field-collected composite burn index data in a ponderosa pine forest". *International Journal of Remote Sensing*, Vol 32, pp. 7905-7927