

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείρισης και Προστασίας Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Εντοπισμός Αναδασωτέων Εκτάσεων και Αναγεννητικού Ρυθμού Ύστερα από τις Πυρκαγιές του 2007 με τη Χρήση Δεδομένων Τηλεπισκόπησης και Γ.Π.Σ στον Νομό Αρκαδίας

Πλέσσιας Θεόδωρος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σταύρος Κολιός**

Μάιος 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείρισης και Προστασίας Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Εντοπισμός Αναδασωτέων Εκτάσεων και
Αναγεννητικού Ρυθμού Ύστερα από τις Πυρκαγιές του
2007 με τη Χρήση Δεδομένων Τηλεπισκόπησης και
Γ.Π.Σ στον Νομό Αρκαδίας**

Πλέσσιας Θεόδωρος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σταύρος Κολιός**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στο τμήμα Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2017

Περίληψη

Οι πυρκαγιές στην χώρα μας είναι ένα συχνό φυσικό φαινόμενο, πιο συγκεκριμένα θα ασχοληθούμε με την σύγκριση των αναδασωτέων εκτάσεων πριν και μετά την πυρκαγιά του 2007 στον Νομό Αρκαδίας.

Η τηλεπισκόπηση μαζί με την βοήθεια των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων μας επιτρέπει την χαρτογραφική απεικόνιση της έκτασης των καμένων περιοχών προκειμένου να γίνονται κατανοητές οι χωρικές επιπτώσεις της πυρκαγιάς. Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα χρήσεως και επιλογών των εξελιγμένων τεχνικών και μεθόδων της ψηφιακής επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων που μπορούν να ανιχνεύσουν, προσδιορίσουν και να αναδείξουν τις ποιοτικές (τα είδη των καλλιεργειών και των δένδρων που κάηκαν) και τις ποσοτικές-μετρητικές πληροφορίες σε βάθος ετών γρήγορα, φθηνά και αξιόπιστα.

Έτσι αυτή η ακριβής και γρήγορη αναπαράσταση που επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης μπορεί να διευκολύνει τους δασολόγους ώστε να εντοπιστούν περιοχές που χρειάζονται έντονη ή ειδική ανάπλαση. Βέβαια για την εκτίμηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών αυτό που γίνεται σε μεγάλο βαθμό είναι οι εκτενείς αυτοψίες στην καμένη περιοχή και σε οπτικές τοπικές παρατηρήσεις των επιπτώσεων της πυρκαγιάς όπως η εκτίμηση της ανάκτησης της βλάστησης και της διάβρωσης του εδάφους.

Μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ενός μοντέλου αντιμετώπισης παρόμοιων καταστάσεων, το οποίο θα λειτουργεί σαν ένα σύστημα λήψης αποφάσεων ώστε να εκμεταλλευτεί τις σύγχρονες τεχνικές επεξεργασίας και διαχείρισης δεδομένων. Τέλος, δύναται στο να κηρύσσονται εύκολα και γρήγορα περιοχές δασικές και αναδασωτέες χωρίς πολλές επισκέψεις και αυτοψίες στην καμένη περιοχή αρκεί να υπάρχει εξειδικευμένο προσωπικό από την μια αλλά περιορισμένο αριθμητά δε.

Summary

The forestry fires in our country are a frequent natural phenomenon, more specifically we will deal with the comparison of the reforestation areas before and after of the 2007 fire in the Prefecture of Arcadia.

Remote sensing together with the help of Geographic Information Systems allows us to map out the extent of the burnt areas in order to understand the spatial effects of the fire. Furthermore, the ability of using and choosing advanced techniques and methods of digital processing of satellite data that can detect, identify and elevate the qualitative (i.e. the types of crops and trees burned) and quantitative information in depth of years fast, cheaply and reliably.

Thus, this accurate and fast representation achieved with Remote Sensing can help foresters to locate areas that require intense or special regeneration. Of course, to assess the impact of fires this is to a large extent the extensive autopsy in the burnt area and visual local observations of the effects of the fire such as the assessment of vegetation recovery and soil erosion.

It can be the basis for creating a model for dealing with similar situations that will function as a decision making system to take advantage of modern data processing and management techniques. Finally, it is possible to easily and quickly declare areas of forest and reforestation without many visits and autopsies in the burnt area, provided that there are specialized personnel of the same but limited number.

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Σταύρο Κολιό, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου.. Επίσης, ευχαριστώ τον κύριο Βογιατζάκη για την κατανόησή του, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου.

Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Αθανάσιο και Νίκη Πλέσσια, τον αδελφό μου Αλέξανδρο και την σύζυγο μου Κωνσταντίνα για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην στους γονείς μου.

Πλέσσιας Θεόδωρος

Περιεχόμενα

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Εισαγωγή..... | 9 |
| 2 | Φυσικές Καταστροφές..... | 11 |
| 2.1 | Οι δασικές πυρκαγιές ως φυσική καταστροφή..... | 11 |
| 2.2 | Κατηγοριοποίηση των δασικών πυρκαγιών..... | 14 |
| 2.3 | Πρόληψη πυρκαγιών..... | 18 |
| 2.4 | Επιπτώσεις των πυρκαγιών στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον..... | 20 |
| 3 | Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών..... | 27 |
| 3.1 | Δομικά στοιχεία ενός ΓΠΣ..... | 27 |
| 3.2 | Ανάλυση και μοντελοποίηση δεδομένων..... | 29 |
| 3.3 | Γεωμετρικές αναλύσεις..... | 30 |
| 3.4 | Οπτικοποίηση δεδομένων..... | 35 |
| 4 | Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση..... | 36 |
| 4.1 | Ορισμοί..... | 36 |
| 4.1.1 | Φωτοερμηνεία..... | 36 |
| 4.1.2 | Τηλεπισκόπηση..... | 39 |
| 4.2 | Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα..... | 41 |
| 4.3 | Φασματική υπογραφή αντικειμένου..... | 42 |
| 4.4 | Δορυφορικοί αισθητήρες..... | 44 |
| 4.5 | Χαρακτηριστικά των δορυφορικών συστημάτων..... | 45 |
| 4.6 | Επεξεργασία Τηλεπισκοπικών εικόνων..... | 48 |
| 5 | Τηλεπισκόπηση και δασικές πυρκαγιές..... | 51 |
| 5.1 | Ανίχνευση μεταβολών επί τηλεπισκοπικών απεικονίσεων... .. | 51 |
| 5.2 | Πρόβλεψη..... | 54 |
| 5.3 | Ανίχνευση και παρακολούθηση της πυρκαγιάς..... | 55 |
| 5.4 | Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων..... | 59 |
| 6 | Πυρκαγιές στον Νομό Αρκαδίας..... | 61 |
| 6.1 | Χωρική έκταση της πυρκαγιάς του 2007..... | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2 Άμεσες και δευτερογενείς απώλειες..... | 62 |
| 6.3 Φάσεις ανασυγκρότησης μετά την πυρκαγιά | 65 |
| 7 Εφαρμογή Τηλεπισκόπησης στην μελέτη της πυρκαγιάς του 2007 στον Ν. Αρκαδίας..... | 67 |
| 7.1 Περιοχή μελέτης | 67 |
| 7.2 Ροή εργασιών..... | 68 |
| 7.3 Γεωαναφορά εικόνων | 69 |
| 7.3.1 Εισαγωγή των σημείων γεωγραφικής προσαρμογής/ελέγχου | 70 |
| 7.3.2 Υλοποίηση και αποθήκευση της γεωαναφοράς..... | 70 |
| 7.4 Κατηγορίες χρήσεων γης..... | 71 |
| 7.5 Σημερινή κατάσταση αναδασωτέων εκτάσεων..... | 73 |
| 8 Συμπεράσματα –Προτάσεις..... | 80 |
| Ευρετήριο Εικόνων | 87 |
| Ευρετήριο Πινάκων | 88 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία..... | 89 |
| Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία..... | 90 |

Κεφάλαιο 1

1 Εισαγωγή

Οι φυσικές καταστροφές οφείλονται συνήθως σε φυσικά αίτια αλλά πολλές φορές είναι αυτές που οφείλονται σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Οι δασικές πυρκαγιές είναι από εκείνες τις φυσικές καταστροφές που σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα και έχουν τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο.

Η χρήση της τηλεπισκόπησης είναι απαραίτητη προκειμένου να πραγματοποιείται η συνεχής καταγραφή και παρατήρηση αυτών των φαινομένων, αλλά και στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος και των φυσικών οικοσυστημάτων έναντι όχι μόνο των δασικών πυρκαγιών αλλά και των σεισμών και των πλημμυρών και των περιόδων ξηρασίας.

Με την μέθοδο της τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό και με την ανάπτυξη και βελτίωση των δορυφορικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν πολλά μοντέλα παρακολούθησης και προστασίας του περιβάλλοντος καθώς επίσης και του εντοπισμού των αλλαγών στις περιοχές που πλήγονται από τις φυσικές καταστροφές.

Η ακρίβεια και η αμεσότητα της επιστήμης της τηλεπισκόπησης την έχουν καταστήσει ένα απαραίτητο εργαλείο για πολλές εφαρμογές που σχετίζονται με την παρατήρηση των φυσικών καταστροφών. Στην κατεύθυνση αυτή έχει συμβάλει και η εξέλιξη της τεχνολογίας των δορυφορικών συστημάτων και η διαθεσιμότητα των τηλεπισκοπικών δεδομένων από διαφορετικούς αισθητήρες ποικίλων δορυφορικών συστημάτων, με μεγάλο εύρος χωρικών, ραδιομετρικών και φασματικών αναλύσεων

Το 2007 ήταν έτος μεγάλων δασικών πυρκαγιών σε ολόκληρη την Ελλάδα αλλά η κυριότερη περιοχή που αυτές εκδηλώθηκαν ήταν η Πελοπόννησος. Ο Νομός Αρκαδίας ήταν ένας από τους νομούς που υπέστη σημαντικές και σοβαρές καταστροφές.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η τηλεπισκοπική ανάλυση περιοχών του Νομού Αρκαδίας προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός αναδάσωσης και αποκατάστασης των πληγέντων περιοχών 10 χρόνια μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές.

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ανάλυση των φυσικών καταστροφών δίνοντας έμφαση στις πυρκαγιές και στα μέτρα πρόληψης αυτών αλλά και των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται ένας ορισμός των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων και η σύνδεση τους με τις τηλεσκοπικές μεθόδους ενώ στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή και παρουσίαση της φωτοερμηνείας και της τηλεπισκόπησης και των μεθοδολογιών που αυτές εφαρμόζονται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η σύνδεση της τηλεπισκόπησης και των δασικών πυρκαγιών και των τρόπων και των μεθόδων με τις οποίες μέσω τηλεσκοπικών μεθόδων μπορούμε να προβλέψουμε και να παρακολουθήσουμε τις δασικές πυρκαγιές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση των δασικών πυρκαγιών που έπληξαν το 2007 τον Νομό Αρκαδίας και των συνεπειών αυτών των πυρκαγιών.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τηλεσκοπική μέθοδος παρακολούθησης των αλλαγών που έχουν γίνει στον Νομό Αρκαδίας στις περιοχές που έχουν κηρυχτεί αναδασωτές 9 χρόνια μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές.

Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα μας σε σχέση με την τηλεσκοπική παρακολούθηση των δασικών πυρκαγιών γενικότερα αλλά και ειδικότερα στον Νομό Αρκαδίας.

Κεφάλαιο 2

2 Φυσικές Καταστροφές

2.1 Οι δασικές πυρκαγιές ως φυσική καταστροφή

Τα δάση και τα δασικά οικοσυστήματα, θεωρούνται καίριας σημασίας για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα αλλά και την ανάπτυξη της Ευρώπης. Υπακούουν στο τρίπτυχο της βιώσιμης ανάπτυξης και παράλληλα διαδραματίζουν ένα καθοριστικό ρόλο στην καθημερινότητα των αγροτικών και αστικών κοινοτήτων, με την παροχή τόσο αγαθών όσο και υπηρεσιών. Επίσης, στον οικονομικό τομέα, κατέχουν σημαντική θέση καθώς εφοδιάζουν τα φυσικά οικοσυστήματα με πολύτιμους πόρους, ενώ, ταυτόχρονα, στοχεύουν στην εξασφάλιση και στην προστασία της βιοποικιλότητας. Γενικά, τα δάση είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη ευημερία στην Ελλάδα, στην Ευρώπη, αλλά και παγκοσμίως.

Τα δάση αποτελούν την κύρια πηγή ενέργειας και φυσικού πόρου στα οικοσυστήματα. Η βιωσιμότητά τους θεωρείται ως ένας δείκτης που υποδηλώνει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται από περιβαλλοντικής άποψης, αυτή η περιοχή. Η μεγάλη συχνότητα με την οποία εμφανίζεται μια πυρκαγιά αποτελεί βασικό παράγοντα της αποψίλωσης των δασών και ανασταλτικό παράγοντα της αναγέννησης της χλωρίδας και της επιβίωσης της πανίδας.

Η βιώσιμη διαχείριση των δασών αποτελεί ένα θεμελιώδη μηχανισμό για την καταπολέμηση της ερημοποίησης, της αποψίλωσης των δασών και της προστασίας ενάντια σε φυσικές καταστροφές, όπως η διάβρωση του εδάφους, οι πυρκαγιές και οι πλημμύρες. Ωστόσο, αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής των δασών, αποτελούν οι δασικές πυρκαγιές οι οποίες εμφανίζονται με αύξοντα αριθμό τα τελευταία χρόνια και θεωρούνται ως απειλή λόγω των καταστροφικών ζημιών και των απωλειών που

μπορεί να προκαλέσουν στα οικοσυστήματα και στις ανθρώπινες ζωές αντίστοιχα (Υφαντή,2015).

Οι Kean & Staley(2015) αναφέρουν πως η αστικοποίηση στις δασικές περιοχές μπορεί να προκαλέσει μια δασική πυρκαγιά η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει σε άλλου είδους φυσικές καταστροφές όπως πλημμύρες και κατολισθήσεις . Επομένως, μια πληθώρα παραγόντων έχει συμβάλει στην αύξηση των πυρκαγιών στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες, με αριθμό που ξεπερνάει τις 50.000 με πάνω από 1 εκτάριο έκταση κάθε χρόνο. Στην Ευρώπη, μεγάλες δασικές πυρκαγιές που καταγράφονται με έκταση πάνω από 50 εκτάρια, καταλαμβάνουν το 75% της συνολικής καμένης έκτασης και αντιπροσωπεύουν το 2,6% του συνόλου των πυρκαγιών. Τον μεγαλύτερο ρόλο στην πρόκληση και εξάπλωση των δασικών πυρκαγιών τον έχει ο ανθρώπινος παράγοντας, με αποτέλεσμα το 95% των δασικών πυρκαγιών να προκαλούνται από αυτόν (Sletnes, 2010).

Οι καταστροφές κατατάσσονται με βάση τις αιτίες στις οποίες οφείλονται δηλαδή φυσικές, ανθρωπογενείς ή τεχνολογικές. Μορφές φυσικών καταστροφών αποτελούν ο σεισμός, η πλημμύρα, η θύελλα, η χιονοστιβάδα, η κατολίσθηση, η παρατεταμένη ξηρασία, η έκρηξη ηφαιστείου, ο λιμός και η πυρκαγιά δασών.

Ο όρος «φυσική καταστροφή» σύμφωνα με τον Λέκκα (2000) έχει οριστεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- Τα στοιχεία εκείνα του φυσικού περιβάλλοντος που είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και προκαλούνται από δυνάμεις ξένες και άγνωστες σε αυτόν.
- Η πιθανότητα εμφάνισης ενός δυνητικά καταστροφικού γεγονότος μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.
- Μια φυσική ή ανθρωπογενής γεωλογική κατάσταση ή φαινόμενο κατά την οποία παρουσιάζεται πραγματικός ή δυνητικός κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή ή τις περιουσίες.

Στο τέλος του 20ου αι. και στην πρώτη δεκαετία του 21ου αι. παρουσιάζεται μια σταδιακή αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιών ενώ, ταυτόχρονα πολλές περιοχές, παγκοσμίως, ήρθαν αντιμέτωπες με τις ανεπανόρθωτες συνέπειες του συγκεκριμένου φαινομένου. Αυτό οφείλεται στην αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων, στην εξάντλησή τους αλλά και στην ανάπτυξη μεγάλων βιομηχανικών μονάδων, τα

οποία οδηγούν σε εκμετάλλευση και αποψίλωση των δασικών εκτάσεων. Αυτό το φυσικό φαινόμενο, προκαλεί εκτενή καταστροφή και ζημιά επηρεάζοντας κλάδους όπως η παγκόσμια οικονομία, η βιωσιμότητα και η παραγωγικότητα. Οι περιοχές οι οποίες μαστίζονται, κυρίως, είναι οι Μεσογειακές, η Αυστραλία, η Νότια και Ανατολική Αφρική, η Κεντρική-Βόρεια Λατινική Αμερική και η Νότια Ασία. Λόγω των τεράστιων ζημιών και των μαζικών καταστροφών που προκαλούνται από τις δασικές πυρκαγιές παγκοσμίως, αντιπροσωπεύουν μέρος των φυσικών καταστροφών που πλήττουν τον ανθρώπινο πληθυσμό (Wisdom, 2010).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 χρόνων οι φωτιές σε μεγάλες δασικές εκτάσεις έχουν αυξηθεί σημαντικά, ιδιαίτερα στις χώρες της Μεσογείου, προκαλώντας σημαντικότερες απώλειες σε περιουσίες, αλλά κυριότερα σε ανθρώπινες ζωές. Οι συγκεκριμένες χώρες είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην ανάπτυξη και επέκταση της φωτιάς εξαιτίας της χαμηλής, μεσογειακής θαμνώδους βλάστησης αλλά και των αραιών καλοκαιρινών βροχοπτώσεων.

Οι δασικές πυρκαγιές είναι πολύπλοκα φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα ως αποτέλεσμα φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αδυναμία ελέγχου μιας πυρκαγιάς οδηγεί συχνά σε εκτεταμένες ζημιές και για το λόγο αυτό τα φαινόμενα αυτά αποκαλούνται «φυσικές καταστροφές».

Ουσιαστικό βήμα στην καταπολέμηση των δασικών πυρκαγιών αποτελεί η ανάλυση των αιτιών που τις προκαλούν, επειδή με την ανάλυση αυτή επισημαίνονται οι πρωτογενείς παράγοντες και έτσι είναι δυνατό να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα άρσης των αιτιών των δασικών πυρκαγιών.

Οι εξακριβωμένες αιτίες διακρίνονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες:

- α) στα τυχαία γεγονότα όπως οι κεραυνοί και τα βραχυκυκλώματα
- και β) στις ανθρωπογενείς.

Όπως προαναφέρθηκε από τον Sletnes(2010) και το ενισχύει και ο Στάρρας(2014) στα τυχαία γεγονότα οφείλεται ένα μικρό ποσοστό πυρκαγιών, ενώ σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, 9 στις 10 δασικές πυρκαγιές προκαλούνται από διάφορες ανθρώπινες αιτίες, όπως εμπρησμοί.



Εικόνα 1: Δασική πυρκαγιά

2.2 Κατηγοριοποίηση των δασικών πυρκαγιών

Τα αίτια των πυρκαγιών ποικίλλουν πολλές φορές και για αυτό τον λόγο και οι δασικές πυρκαγιές κατηγοριοποιούνται. Η κατηγοριοποίηση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η προέλευση, το μέγεθος της ζημιάς που προκαλούν, ο τρόπος εξάπλωσης, η ταχύτητα διάδοσης και αρκετοί άλλοι παράγοντες.

Η κατηγοριοποίηση που ακολουθεί βασίζεται στην θέση και στον τρόπο εξάπλωσης της πυρκαγιάς και έχει πραγματοποιηθεί από τους DeBano et al 1998.

Οι κατηγορίες των πυρκαγιών λοιπόν είναι η ακόλουθη:

Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες (ground fire): είναι εκείνες οι πυρκαγιές που εμφανίζονται με τη λιγότερη συχνότητα στην Ελλάδα σε αντίθεση με τις βόρειες χώρες. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι καίνε την οργανική ύλη η οποία συσσωρεύεται στα εδάφη, ξεκινούν υπόγεια του εδάφους από τις ρίζες και τις ύλες που αποσυντίθενται και είναι θαμμένες όπως τύρφη ή ημι-αποσυντίθενται όπως φύλλωμα και βελόνες. Το στρώμα αυτής της οργανικής ύλης που βρίσκεται σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης καλείται ως χούμους. Η οργανική ύλη διεισδύει σε μεγάλο βάθος που ξεπερνάει τα 2 μέτρα (περιοχές με τύρφη) και παραμένει αρκετά υγρή καθώς εξαπλώνεται υπόγεια και τροφοδοτείται με ελάχιστο οξυγόνο (DeBano, et al., 1998). Επομένως, η ταχύτητα καύσης είναι μικρή και ασήμαντης έντασης αλλά κατηγοριοποιούνται στις πιο επικίνδυνες καθώς η κατάσβεσή τους κρίνεται αρκετά δύσκολη και μπορούν να καταστρέψουν ολοκληρωτικά του ριζικό σύστημα των φυτών. Παράδειγμα τέτοιας

πυρκαγιάς εμφανίστηκε στην περιοχή της Δράμας γιατί τα εδάφη των δασών τους είναι πλούσια οργανική ύλη όπως τύρφη.

Έρπουσες ή επιφάνειας (surface fire) : Η συγκεκριμένη κατηγορία καλύπτει εκείνες τις πυρκαγιές οι οποίες ξεκινούν από το έδαφος (υπέργεια) και καίνε επιφάνειες μέχρι 2 μέτρα ύψος. Σ' αυτές συγκαταλέγονται η νεκρή καύσιμη ύλη όπως πευκοβελόνες, κλαδάκια, κορμοί κλπ. και η ζωντανή βλάστηση (θάμνοι, πόες, χόρτα). Επίσης, ξεχωρίζουν και οι πυρκαγιές των θαμνώνων της χώρας μας οι οποίες είναι οι πιο επικίνδυνες και οι πιο συνηθισμένες αφού από αυτές προέρχονται οι πυρκαγιές κόμης (Κωνσταντινίδης 2003). Διαδίδονται πολύ γρήγορα και αναπτύσσουν μεγάλη ταχύτητα και θερμότητα ανάλογα με τον αέρα καθώς υπάρχει άφθονο οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Η καύσιμη ύλη εντοπίζεται σε πυκνούς σχηματισμούς (πυκνοί θαμνώνες) και χαρακτηρίζονται από άφθονη φλόγα ενώ, ο καπνός εξαπλώνεται σε μικρά ύψη. Στη χώρα μας ο καπνός φτάνει σε μεγάλο ύψος γιατί αποτελούνται τα δάση από πλατύφυλλους θαμνώνες και το χρώμα που αναδύεται είναι μαύρο-λευκό. Η δυσκολία διαχείρισής τους ποικίλει και εξαρτάται από την έγκαιρη επέμβαση και αποτελούν τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις πυρκαγιών στην Ελλάδα.

Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες (crown fire): επικόρυφες πυρκαγιές είναι αυτές οι οποίες αναπτύσσονται στα υψηλότερα τμήματα των δασών, συνήθως από 2 μέτρα και πάνω, καίνε την κόμη των δέντρων και των θάμνων, στη συνέχεια το κάμβιό τους ώστε να καταλήξει στο θάνατο του δέντρου. Αυτού του είδους οι πυρκαγιές προέρχονται, συνήθως, από έρπουσες, εντοπίζονται πολύ συχνά στην Ελλάδα κυρίως σε δάση κωνοφόρων, φυλλοβόλων πλατύφυλλων και τραχείας πεύκης δάση και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες. Το 40%-50% των πυρκαγιών υπάγονται σ' αυτή την κατηγορία. Ο λόγος για τον οποίο χρειάζεται μεγάλη προσοχή είναι ότι αποτελεί πυρκαγιά μεγάλης έντασης και επικινδυνότητας αφού, μέσω του ανέμου παρασύρεται καμένη ουσία (καιγόμενα φύλλα, κλαδιά) και δημιουργούνται νέες εστίες πυρκαγιών. Όσον αφορά στον καπνό, παρατηρείται σκούρο χρώμα, περικλείει το δάσος και υψώνεται πάνω από αυτό δημιουργώντας ένα σχήμα μανιταριού λόγω των ανοδικών ρευμάτων που προκαλείται από τη φλόγα από την απότομη θέρμανση του αέρα. Η ταχύτητα διάδοσης είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη κατηγορία (DeBano, et al., 1998).

Σημειακή πυρκαγιά ή πυρκαγιά καύτρας (spot fire) : η συγκεκριμένη κατηγορία είναι πολύ ιδιαίτερη και απρόβλεπτη καθώς μπορεί να προκαλέσει οποιοδήποτε είδους πυρκαγιάς που αναφέρθηκε. Δημιουργείται από καύτρες που εκτοξεύονται από μία μικρή εστία και δημιουργούν νέες οι οποίες μπορεί να έχουν ακτίνα έως 300 μέτρα από το κύριο μέτωπο της πυρκαγιάς (Γκόφας, 2001). Στη συνέχεια αυτές οι μικρές εστίες καίνε αυτοτελώς και ενώνονται με την αρχική πυρκαγιά και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες γιατί απλώνονται γρήγορα και υπάρχει κίνδυνος να περικυκλωθούν πυροσβέστες.

Πυρκαγιές αστραπών ή δένδρων (lightning fire): οι πυρκαγιές αυτές, προκαλούνται κυρίως από το εξωτερικό περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα από αστραπές οι οποίες μπορούν να προκύψουν και να εξαπλωθούν από τα σπίτια (Ahrens, 2013). Παρά το γεγονός ότι κάθε χτύπημα κεραυνού έχει την ικανότητα να ξεκινήσει μια πυρκαγιά, υπάρχουν αστραπές όπου παρουσιάζουν περισσότερες πιθανότητες να προκαλέσουν ανάφλεξη. Επίσης, εμφανίζονται πάνω στα δέντρα κατά τη διάρκεια μιας θύελλας, είναι δηλαδή σημειακές, αλλά και τους θερινούς μήνες τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες. Τέλος, έχει διαπιστωθεί ότι είναι αρκετά ελεγχόμενες και μπορούν αρκετά εύκολα να αντιμετωπιστούν επειδή συνδέονται κατά κύριο λόγο με κατακρημνίσματα (Γκόφας, 2001).

Μικτές πυρκαγιές: πρόκειται για ένα συνδυασμό όλων των παραπάνω, καθώς καταναλώνεται διαφορετική καύσιμη ύλη. Γίνεται λόγος για την πιο επικίνδυνη κατηγορία καθώς ο τρόπος εξάπλωσης είναι απρόβλεπτος και ο συνδυασμός αυτός μπορεί να νεκρώσει οποιοδήποτε ίχνος ζωής και βλάστησης.

Ο όρος «κίνδυνος πυρκαγιάς» είναι αρκετά σύνθετος και χρησιμοποιείται για να εκφράσει μια εκτίμηση σχετικά με:

- Την ευκολία ανάφλεξης.
- Το ρυθμό εξάπλωσης.
- Τη δυσκολία έλεγχου.
- Τις επιπτώσεις μιας πυρκαγιάς.

Η πιθανότητα για έναρξη μιας πυρκαγιάς ως αποτέλεσμα της παρουσίας και δράσης των γεννεσιουργών αυτής αιτίων ορίζεται ως επικινδυνότητα.

Η επικινδυνότητα μεταβάλεται σε κάθε περιοχή κατά τη διάρκεια του έτους εξαρτώμενη από την ύπαρξη φυσικών ή ανθρωπογενών αιτίων σε συνδυασμό με την ευφλεκτικότητα της καύσιμης δασικής ύλης. Η ευφλεκτικότητα αυτή εξαρτάται από τα

χαρακτηριστικά της καύσιμης δασικής ύλης και τις καιρικές συνθήκες που επιδρούν σε αυτή.

Η γνώση της επικινδυνότητας είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για την εκτίμηση του συνολικού κινδύνου πυρκαγιάς σε μία περιοχή.

Η αποφασιστικότερη παράμετρος για τον έγκαιρο έλεγχο μιας πυρκαγιάς και την εν συνεχεία κατάσβεση της είναι ο χρόνος, ο οποίος παρέρχεται από την στιγμή της έναρξης μιας πυρκαγιάς μέχρι τη στιγμή της επέμβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων.

Η εγκατάσταση παρατηρητηρίων (πυροφυλάκεια) μέσα στο δάσος με σκοπό την άμεση αναγγελία της πυρκαγιάς θα μπορούσε να δώσει λύση στο πρόβλημα, πλην όμως δεν αποτελεί ολοκληρωμένη λύση, δεδομένου ότι η αναγγελία γίνεται μετά την εκδήλωση της. Οι δυνάμεις καταστολής έχουν το βασικό πλεονέκτημα μόνο όταν γνωρίζουν σε ποια περιοχή υπάρχει η μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, ώστε να μετακινηθούν εκ των προτέρων προς αυτήν, με σκοπό να επέμβουν άμεσα.

Ειδικότερα για την Ελλάδα, εάν λάβουμε υπόψη ότι ο συνολικός χώρος που λαμβάνουν χώρα οι πυρκαγιές καλύπτει το 80 % της συνολικής έκτασής της, τότε η παρουσία ενός συστήματος πρόβλεψης - εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς κρίνεται επιβεβλημένη.

Για να θεωρηθεί συνεπώς ο αντιπυρικός σχεδιασμός στη χώρα μας ολοκληρωμένος, πρέπει να περιλαμβάνει και ένα σύστημα που να εκτιμά αντικειμενικά τον κίνδυνο και αναλύει το σύνολο των παραγόντων που επηρεάζουν και καθορίζουν χρονικά την πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς σε μια περιοχή, με σκοπό την άμεση επέμβαση. Η πρόβλεψη αυτή κατά την διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου αποτελεί στρατηγικό εργαλείο προληπτικού σχεδιασμού και οργάνωσης του αντιπυρικού αγώνα που έχει σαν σκοπό:

- Τη συγκριτική αντιμετώπιση των δασικών οικοσυστημάτων μιας χώρας, σε δεδομένη χρονική στιγμή, ανάλογα με τον κίνδυνο πυρκαγιάς που διατρέχουν.
- Την υποστήριξη της διοίκησης στη λήψη αποφάσεων.
- Την ενημέρωση των πολιτών για τον κίνδυνο με σκοπό την αποφυγή πρόκλησης πυρκαγιάς από αμέλεια.

Η εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς σε καμία περίπτωση δεν προβλέπει την συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς που εξελίσσεται σε πραγματικό χρόνο

2.3 Πρόληψη πυρκαγιών

Για την πρόληψη των πυρκαγιών υπάρχουν συγκεκριμένες ενέργειες που θα πρέπει να πραγματοποιούνται προκειμένου να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς. (Ξανθόπουλος,2009)

Η Πυροσβεστική Υπηρεσία σε κάθε έναρξη της αντιπυρικής περιόδου προβαίνει σε ανακοινώσεις και μεταξύ άλλων συνιστά:

- Στους καθαρισμούς των δασών από την ξερή βιομάζα κατά μήκος πολυσύχναστων δασικών δρόμων με την πρόσληψη δασεργατών τρίμηνης διάρκειας καθώς και την ανάθεση αυτών των εργασιών σε Δασικούς Συνεταιρισμούς
- Περιπολίες μέσα στο δάσος και συνεργεία επιφυλακής από δασικούς υπαλλήλους, επίσκεψη των επικίνδυνων περιοχών και εγκαταστάσεων (σκουπιδότοποι, κατασκηνώσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κοντά σε δάση κλπ)
- Στη συντήρηση του δασικού οδικού δικτύου και τη διάνοιξη νέων δρόμων εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο από τις περιφερειακές δασικές υπηρεσίες
- Ευαισθητοποίηση του κοινού με την έκδοση ενημερωτικών φυλλαδίων, δημοσιεύσεις σε εφημερίδες και περιοδικά καθώς και ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά μηνύματα.

Για κάθε ένα ευρώ που δαπανάται στην πρόληψη, γλιτώνουμε 100€ από την κατάσβεση και 1.000 από την αποκατάσταση».

Κάτι που είναι αναμφισβήτητη αξία, είναι ότι οι καταστροφές δε αποτελούν προϊόν λίγων ωρών, αλλά μιας σειράς γεγονότων. «Οι θεμελιώσεις αιτίες που υποθάλπουν μια καταστροφή υποβόσκουν πολύ πριν αυτή συμβεί και κατά κανόνα συνεχίζουν και μετά να χτίζουν συνθήκες για μια νέα καταστροφή».

Για πολλούς οι φυσικές καταστροφές, λειτουργούν όπως ένας μεγεθυντικός φακός, μέσω του οποίου διαπιστώνονται, δυστυχώς καθόλου έγκαιρα, οι προϋπάρχουσες δυσμενείς συνθήκες σε ποικίλα επίπεδα και εκφάνσεις της καθημερινότητας (σε οικονομικό επίπεδο, σε κοινωνικό, σε πολιτικό αλλά και σε επιχειρησιακό επίπεδο).

Πρόληψη, αναφορικά με τον τομέα της δασικής πυρκαγιάς, σημαίνει πρόληψη της πρώτης φλόγας. Για να επιτευχθεί αυτό κρίνεται απαραίτητη η σωστή προετοιμασία της Κρατικής

μηχανής, η ενημέρωση των πολιτών, η ευαισθητοποίησή τους απέναντι σε θέματα περιβάλλοντος και η ανάληψη του μεριδίου της ευθύνης από το σύνολο του πληθυσμού (Κωνσταντινίδης, 2001).

Σύμφωνα με τον κο Καλαμποκίδη (Επίκουρο Καθηγητή Φυσικών Καταστροφών στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου), η Πολιτεία θα πρέπει να συγκροτήσει άμεσα μια επιτροπή απολογισμού, στην οποία να εμπλέκονται πολιτικοί, επιστήμονες, κοινωνικοοικονομικοί φορείς κ.ά., οι οποίοι θα αναλάβουν να αξιολογήσουν τους λόγους για τους οποίους έχει καταρρεύσει στη χώρα μας, το υφιστάμενο σύστημα αντιπυρικής προστασίας (Κιούσης, 2007 (B)).

Οι φωνές που διατείνονται ότι το πρόβλημα της αντιμετώπισης της Δασικής Πυρκαγιάς, έχει τοποθετηθεί εξαρχής σε λάθος βάσεις, είναι πάρα πολλές και προέρχονται από διαφορετικούς πολιτικούς και επαγγελματικούς χώρους. Είναι φανερό ότι στην Ελλάδα δίνεται συνεχώς έμφαση στην ανάπτυξη των δυνάμεων καταστολής, ενώ απωθείται από την μνήμη όλων η μέγιστη σημασία της πρόληψης.

Μια νέα προσέγγιση στην προστασία των δασών, που θα εστιάζει στην διαχείριση και όχι στην εξάλειψη των δασικών πυρκαγιών, θα δίνει έμφαση στην πρόληψη έναντι της καταστολής και θα εγγυάται την φύλαξη και την αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων, είναι απαραίτητη για την διατήρηση των ελληνικών δασών. Η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των αρμοδίων φορέων, η απουσία προληπτικών μέτρων και επαρκών οικονομικών πόρων, η αναποτελεσματική διαχείριση των διαθέσιμων κονδυλίων, σε συνδυασμό με τα ποικίλα επιχειρησιακά προβλήματα, όπως είναι η προσήλωση στην εναέρια πυρόσβεση, η έλλειψη τεχνολογίας και τεχνογνωσίας και η ελλιπής εκπαίδευση, είναι μερικά από τα πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζει το δασικό σύστημα στην Ελλάδα σήμερα (Διαδίκτυο 2).

Εάν ήθελε κανείς να αναφέρει επιγραμματικά το τί πρέπει να περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα, με στόχο την αντιμετώπιση-πρόληψη-καταστολή της πυρκαγιάς, θα ανέφερε τα ακόλουθα:

Απαραίτητη η ενημέρωση του κοινού. Πρέπει οι πολίτες να είναι γνώστες της χρησιμότητας του δάσους και των αγαθών που προσφέρει, ώστε να πάψουν να το αντιμετωπίζουν σαν απειλή και εμπόδιο στα σχέδιά τους. Πολλές απόψεις υπάρχουν που διατείνονται πως η ίδια η Πολιτεία έχει τελικά στρέψει τον Έλληνα πολίτη κατά του δάσους και του περιβάλλοντος. Τώρα όμως, περισσότερο από ποτέ, πρέπει να γίνει συνείδηση όλων ότι το δάσος δεν είναι ένα κομμάτι γης με πράσινο, που εμποδίζει τον άνθρωπο να βελτιώσει την ποιότητα ζωής του, αλλά είναι κομμάτι της ίδιας της ζωής του κάθε Πολίτη ξεχωριστά (Κωνσταντινίδης, 2003).

Απαιτείται διεπιστημονικός σχεδιασμός σε εθνικό επίπεδο. Είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί ένα κεντρικό συντονιστικό όργανο, που θα είναι επιφορτισμένο με την οργάνωση της πυροπροστασίας, λαμβάνοντας υπόψη του τις αρχές της οικολογίας και των επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών (Κιούσης, 2007, (B')).

Μια αξιολογικά στελεχωμένη και συνεχώς εκπαιδευόμενη Δασική Υπηρεσία. Η χρήση νέων τεχνολογιών προσαρμοσμένων στην ελληνική πραγματικότητα και η εξοικείωση των Δασικών με αυτές, θα τους δώσει ένα πλεονέκτημα στην έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς. Παράλληλα, ένας καλά εκπαιδευμένος Δασικός, μπορεί να λειτουργήσει σαν ένας καλός δάσκαλος για τον απλό πολίτη και να του μεταδώσει επιτυχώς το αίσθημα του σεβασμού προς τη φύση (Καλλίρης, 2007).

Καθαρά δασοκομικά μέτρα όπως ο κατάλληλος χειρισμός των εύφλεκτων μεσογειακών δασών, με κατάλληλες αραιώσεις, κλαδεύσεις και απομάκρυνση του εύφλεκτου υπωρόφου, ώστε να μην καταλήγουν οι έρπουσες πυρκαγιές επικόρυφες (Ντάφης, 2007).

Στην Ελλάδα τα δάση παρουσιάζουν έκδηλα τα σημάδια της εγκατάλειψης, καθώς είναι απολύτως απροσπέλαστα και αδιάβατα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν οι δασοπυροσβέστες να εισέλθουν μέσα στο δάσος και να πλησιάσουν την φωτιά, ώστε το έργο τους να είναι αποτελεσματικότερο, αλλά και ούτε να απομακρυνθούν εγκαίρως εάν χρειαστεί, θέτοντας σε εξαιρετικά μεγάλο κίνδυνο την ίδια τους τη ζωή.

Μέτρα αστυνόμευσης και επιτήρησης της περιοχής με συχνές περιπολίες για την αποτροπή των εμπρηστών, αλλά και τη έγκαιρη ανίχνευση εστιών.

Για την καταστολή χρειάζονται μια καλά οργανωμένη και αξιολογικά στελεχωμένη Πυροσβεστική Υπηρεσία, πιστώσεις για τον εξοπλισμό και την διαρκή εκπαίδευση και τέλος, πολύ καλή γνώση των ιδιαιτεροτήτων του αντικειμένου της διαχείρισης της δασικής πυρκαγιάς (Καλλίρης, 2007).

2.4 Επιπτώσεις των πυρκαγιών στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, οι δασικές πυρκαγιές έχουν επιπτώσεις στο φυσικό αλλά και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Στην Ελλάδα, σύμφωνα και με τον Στάρρα(2014) περισσότερο από το 10% της έκτασης της καλύπτεται σήμερα από άγονες και βραχώδεις εκτάσεις, γεγονός που οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στην επανάληψη του κύκλου των πυρκαγιών. Ο κύκλος υποβάθμισης των δασών ξεκινά με

τις πρώτες πυρκαγιές που αρχικά οδηγούν στη μετατροπή τους σε θαμνοτόπους και συνεχιζόμενος ανεξέλεγκτα, οδηγεί σύντομα στην τέλεια υποβάθμιση της παραγωγικής ικανότητας του τόπου, με τελική κατάληξη την ερημοποίηση.

Σχετικά με τις επιπτώσεις των πυρκαγιών στον άνθρωπο αυτές μπορούν να είναι άμεσες ή έμμεσες. Κύρια άμεση επίπτωση είναι η απειλή της ζωής τους καθώς αρκετοί είναι αυτοί που χάνουν τη ζωή τους ή τραυματίζονται προσπαθώντας να διαφύγουν από μια καίόμενη περιοχή, ενώ απώλειες υπάρχουν και στο προσωπικό που ασχολείται με την κατάσβεση. Στις έμμεσες επιπτώσεις, περιλαμβάνονται οι απώλειες στις ανθρώπινες περιουσίες ενώ η δημιουργία τοπίων καταστροφής επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη ψυχολογία (Fowler, 2003).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μέρος της οικολογίας των δασικών οικοσυστημάτων της χώρας μας και είναι φαινόμενο σύνθετο που ακολουθεί τους νόμους της φύσης. Σύμφωνα με τον Fowler(2003) όμως είναι αδύνατη η πλήρης εξάλειψη των δασικών πυρκαγιών, έστω και αν υπήρχε ο πιο τέλειος αντιπυρικός σχεδιασμός.

Κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς ανάλογα με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, τα δέντρα και τα φυτά καίγονται και μετατρέπονται σε τέφρα και απανθρακωμένα υλικά. Η ποσότητα και η φύση της παραχθείσας τέφρας ποικίλλει πολύ μεταξύ των οικοσυστημάτων εξαιτίας κυρίως της διακύμανσης της μέγιστης θερμοκρασίας της πυρκαγιάς και της ποσότητας της φυτικής βιομάζας και της νεκρής ζωικής ύλης που είναι διαθέσιμα ως 'καύσιμα' για τη μετατροπή τους σε τέφρα. Λίγες φυσικές πυρκαγιές, εντούτοις, αναπτύσσουν τόσο μεγάλες θερμοκρασίες και διαρκούν μεγάλο χρονικό διάστημα για να επιτρέψουν την πλήρη καύση του οργανικού υλικού.

> ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η καταστροφή της οργανικής ουσίας του εδάφους και της προστατευτικής βλάστησης από τις πυρκαγιές, αποτελεί καταστροφικό παράγοντα ερημοποίησης, όπως π.χ. στη χώρα μας. Οι δασικές πυρκαγιές εκτός από την καταστροφή της βιοκοινότητας (φυτοκοινότητα, ζωοκοινότητα), επιδρούν επίσης και στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο μακροπρόθεσμα την παραγωγικότητα του σταθμού και αλλοιώνοντας τον οικολογικό χαρακτήρα της περιοχής. Η επίδραση της φωτιάς πάνω στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους σχετίζεται με την καταστροφή της οργανικής ουσίας, η οποία τελικά επηρεάζει την παραγωγικότητα των σταθμών που καίγονται.

Οι μεγάλες πυρκαγιές καταστρέφουν σχεδόν πλήρως τη βλάστηση ενός οικοσυστήματος, έτσι η διάδοχη κατάσταση απαρτίζεται από ελαφρόσπορα, πρόσκοπα είδη, τα οποία μπορούν να εξαπλωθούν σε μεγάλες αποστάσεις και να επιβιώσουν σε μεταδασογενές υπαίθριο περιβάλλον. Τέτοια είδη που πρωταποικίζουν καμένες επιφάνειες είναι διάφορα πολυετή δασικά είδη με βαθύ ριζικό σύστημα, που έχουν την ικανότητα να παραβλαστάνουν ή είδη που παράγουν σπόρους, που χαρακτηρίζονται από λήθαργο και οι οποίοι ενεργοποιούνται με τη φωτιά. Πολλά από τα φυτά ανήκουν στα ψυχανθή ή στα μακί (maqui).

Άλλωστε υπάρχει η εμπειρία από πολλές περιοχές του πλανήτη, όπου επαναλαμβανόμενες δασικές πυρκαγιές σε συνδυασμό με την υπερβόσκηση, οδήγησαν στην υποβάθμιση δασικών οικοσυστημάτων και τη θέση τους σήμερα καταλαμβάνουν πυκνά θαμνοτόπια, που αποτελούνται από παραβλαστάνοντα είδη.

«Τα περισσότερα δασικά είδη που απαντώνται σε χαμηλά υψόμετρα της χώρας μας (πχ πεύκα) είναι προσαρμοσμένα στην πυρκαγιά και μπορούν να ανακάμψουν άμεσα με δεδομένο πάντα ότι δεν έχουν καεί επανειλημμένα στο πρόσφατο παρελθόν. Πολλές φορές μάλιστα, τα είδη αυτά μπορεί και να ωφελούνται από την ανανέωση που προκύπτει μετά από μία πυρκαγιά. Αντιθέτως τα περισσότερα είδη των μεγάλων υψομέτρων (πχ έλατα) δεν μπορούν να ανακάμψουν με φυσικό τρόπο μετά από μία πυρκαγιά, και ούτε μπορεί να θεωρηθεί πως ωφελούνται με οποιονδήποτε τρόπο.» (Βουτυράκης, 2004)

> ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η πιο σοβαρή επίπτωση των δασικών πυρκαγιών στα δασικά εδάφη, εστιάζεται στις φυσικές ιδιότητες αυτών, που τελικά καταλήγει στην έντονη διάβρωση του εδάφους. Έτσι η καταστροφή της δασικής βλάστησης (ασπίδα του εδάφους κατά της διάβρωσης), η καύση της οργανικής ουσίας του εδάφους, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σε μία πυρκαγιά, μεταξύ άλλων παραγόντων, μεταβάλλουν την εδαφική δομή και μειώνουν τη συνοχή του εδάφους. Ταυτόχρονα, η απομάκρυνση της βλάστησης το αφήνει απόλυτα εκτεθειμένο στη βροχή και τον αέρα και μειώνει τη δυνατότητα απορρόφησης του νερού. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα εδάφη γίνονται πιο ευπαθή, μπορεί να απομακρύνονται από τον άνεμο ή να παρασύρονται από το ορμητικό βρόχινο νερό.

Ανάλογα με την κλίση του εδάφους, αυτή η φθορά μπορεί να οδηγήσει τόσο σε σταδιακή απώλεια της εδαφικής κάλυψης αλλά και στη διάσπαση των συσσωματωμάτων σε μικρότερα μόρια εδάφους, όπου έχει σαν άμεση συνέπεια το κλείσιμο των επιφανειακών πόρων του εδάφους, με αποτέλεσμα την μέχρι μηδενισμού μείωση της διείσδυσης του νερού της βροχής μέσα στο έδαφος, με άμεσο αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της καταστροφικής επιφανειακής απορροής και την εμφάνιση καταστρεπτικών πλημμύρων.

> ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Οι πυρκαγιές επιβαρύνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα ενώ η καταστροφή της βλάστησης επηρεάζει το μικροκλίμα των συγκεκριμένων περιοχών, καθώς μειώνονται οι ευεργετικές ψυκτικές επιδράσεις των δασικών δέντρων αυξάνοντας την ηλιακή αντανάκλαση του εδάφους.

Ωστόσο, ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στις σημαντικές ποσότητες καπνού που παράγονται σε πυρκαγιές μικρής και μεγάλης κλίμακας, δεδομένου ότι η χημική του σύνθεση μπορεί να συνδεθεί με επιπτώσεις τόσο στην υγεία του εκτιθέμενου πληθυσμού, όσο και στο περιβάλλον.

Οι επιπτώσεις του δασικού καπνού στο περιβάλλον μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες. Μερικές από τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις του δασικού καπνού περιλαμβάνουν την αύξηση του επιπέδου της συγκέντρωσης, του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς επίσης και τοπικές αλλαγές στο κλίμα, οι οποίες επιδρούν στις λειτουργίες των φυτών στα δάση.

«Στις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις του καπνού που παράγεται σε δασικές πυρκαγιές μεγάλης κλίμακας, συγκαταλέγονται οι πιθανές αλλαγές του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος (O₃) ,λόγω φωτοχημικών αντιδράσεων των συστατικών του καπνού με το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των πτητικών οργανικών ενώσεων, είναι μία από τις σοβαρές συνέπειες του καπνού και της θερμότητας στο περιβάλλον. Το τροπο-σφαιρικό όζον (O₃) μαζί με άλλα αέρια, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και κυρίως οι υδρατμοί (H₂O) που παράγονται κατά την καύση δασικής ύλης». (Knicker, 2007 Ranalli, 2004). Θεωρείται ότι συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, τα σωματίδια του καπνού που επικάθονται σε επιφάνειες

μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτων και διάβρωση του χώματος. Σε μια πιθανή βροχή, τα σωματίδια συνήθως παρασύρονται, με αποτέλεσμα να μεταφέρονται σε λίμνες ή ποταμούς και να διαταράσσουν την ισορροπία των υδροβιότοπων.

Όσον αφορά στις κλιματικές αλλαγές είναι υπεύθυνες για την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και τη μεγαλύτερη ξηρασία του εδάφους. Εξαιτίας τους, οι περίοδοι λειψυδρίας είναι συχνότερες, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη ξηρότητα της βλάστησης και κατά συνέπεια της ευφλεκτότητας της.

Επισημαίνεται, ότι μία από τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών είναι το να καθίστανται οι δασικές εκτάσεις περισσότερο ευάλωτες στις πυρκαγιές. Ακόμα ότι τα χαρακτηριστικά των δασικών πυρκαγιών μεταβάλλονται. Σε αυτό συμβάλλουν οι κλιματικές αλλαγές, οι οποίες προκαλούνται από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι κλιματικές αλλαγές είναι υπεύθυνες για την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και τη μεγαλύτερη ξηρασία του εδάφους. Εξαιτίας τους, οι περίοδοι λειψυδρίας είναι συχνότερες, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη ξηρότητα της βλάστησης και κατά συνέπεια της ευφλεκτότητας της. «Επιπλέον, υπάρχουν αποδείξεις ότι οι κλιματικές αλλαγές έχουν ήδη αρχίσει να μεταβάλλουν τη φαινολογία (δηλαδή, την περιοδική και εποχιακή συμπεριφορά της χλωρίδας και της πανίδας σε σχέση με το κλίμα) και τη διασπορά των δασικών οικοσυστημάτων». (Βλέπε ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.EnviFriendly.tuc.gr>)

Οι μεγάλες δασικές πυρκαγιές (μεγαλύτερες από 5.000 στρέμματα) αποτελούν ένα όλο και μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής καμένης έκτασης ανά έτος. Ανάμεσα σε αυτές τις μεγάλες πυρκαγιές ξεχωρίζουν τις τελευταίες δύο δεκαετίες αυτές που συμβαίνουν ενώ επικρατούν ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα (συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, ισχυροί άνεμοι και χαμηλή υγρασία). Αυτά τα φαινόμενα μπορούν να οδηγήσουν στις λεγόμενες «Πυρκαγιές Υψηλής Έντασης», οι οποίες εξελίσσονται σύμφωνα με τις προαναφερθείσες συνθήκες. Είναι εξαιρετικά επιζήμιες και επικίνδυνες, ενώ δε μπορούν να καταπολεμηθούν με κανένα τρόπο κατάσβεσης, δηλαδή ο έλεγχός τους είναι αδύνατος ενώσω επικρατούν τα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα.

Τα κλιματικά μοντέλα δείχνουν ότι η πιθανότητα κυμάτων καύσωνα έχει διπλασιαστεί τα τελευταία χρόνια, και ότι μπορεί να γίνει ακόμα μεγαλύτερη στο μέλλον. Το κύριο χαρακτηριστικό του κλίματος των επόμενων ετών θα είναι η εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών με εκτεταμένες περιόδους ξηρασίας, ενώ στο απώτερο μέλλον το κλίμα θα μετατραπεί από Μεσογειακό σε Τροπικό.

Κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, ανάλογα με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, τα δέντρα και τα φυτά καίγονται και μετατρέπονται σε τέφρα και απανθρακωμένα υλικά. Το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο που παράγονται συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου στην οξύτητα της βροχής ενώ στην τέφρα συσσωρεύονται θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία σε υψηλές συγκεντρώσεις, τα οποία με την εκχείλιση στο νερό προκαλούν ρύπανση των επιφανειακών νερών και των υπόγειων υδροφορέων. Στη διάρκεια βροχοπτώσεων εκχειλίζονται από την τέφρα σημαντικά φορτία αμμωνιακού αζώτου, απειλώντας με ευτροφισμό τους επιφανειακούς και τους υπόγειους υδάτινους αποδέκτες. Η καύση των δέντρων και των φυτών έχει ως άμεσο επακόλουθο τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων όπου μέσω του αέρα και της βροχής, μεταφέρεται στα μη πυρόπληκτα τμήματα απορροής.

«Οι βροχοπτώσεις προκαλούν διαβρώσεις και κατολισθήσεις και τόνοι στάχτης και εδαφικού υλικού κινούνται προς το ποτάμι μέσω ενός δικτύου χειμάρρων και παραποτάμων. Τα προϊόντα της διάβρωσης, εκτός της απογύμνωσης του εδαφικού ορίζοντα και της αποδυνάμωσής του από θρεπτικά συστατικά, έχουν ως αποτέλεσμα το «μπάζωμα» ρυακιών και σπιτιών. Τα εδάφη, μετά από πυρκαγιά, παρουσιάζουν πιο υδρόφοβο χαρακτήρα, που επιδρά στις εδαφικές λειτουργίες αυξάνοντας την εδαφική ροή.»

Ο τρόπος με τον οποίο οι πυρκαγιές επηρεάζουν την πανίδα είναι ιδιαίτερα σύνθετος και δύσκολα μπορεί να αποτιμηθεί σε γενικό επίπεδο. Σε γενικές γραμμές τα περισσότερα μεγάλα θηλαστικά όπως και τα πουλιά έχουν τη δυνατότητα να διαφύγουν από την περιοχή της πυρκαγιάς, ενώ πολλά είδη ερπετών προφυλάσσονται από αυτήν καλυπτόμενα στο έδαφος ή στα βράχια. Αντίθετα τα μικρότερα θηλαστικά, τα αρθρόποδα αλλά και πολλά είδη ερπετών και μικρών δασόβιων πουλιών δεν προλαβαίνουν συνήθως να διαφύγουν. Αντίστοιχα, οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στη βλάστηση ωφελούν μεγάλο αριθμό ειδών που προτιμούν τους ανοικτούς χώρους ή βόσκουν ενώ θίγουν τα καθαρά δασόβια είδη πουλιών και μικρών θηλαστικών. Οι επιπτώσεις μπορεί είναι σημαντικότερες εάν η πυρκαγιά εκδηλωθεί την εποχή της αναπαραγωγής, εάν η έκτασή της είναι τόσο μεγάλη που να καλύπτει μεγάλο μέρος της εξάπλωσης ενός είδους ή εάν η διάσπαση του βιοτόπου από υποδομές είναι τέτοια που να εμποδίζει τη διαφυγή των ζώων και μετέπειτα τον επανεποικισμό.

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μια καταστροφή με παγκόσμιες συνέπειες.

Τα αέρια παράγωγα των δασικών πυρκαγιών, (ο καπνός), αποτελούνται από ένα μείγμα ενώσεων, όπως για παράδειγμα οι υδρατμοί, το μονοξείδιο του άνθρακα, οι αλδεΐδες, το διοξείδιο του άνθρακα, οι τολουόλες, αμμωνία αλλά και διάφορα μικρόσωματίδια. Συνήθως η σύστασή του εξαρτάται από την σύνθεση των δασικών καυσίμων. Είναι συχνό όμως το φαινόμενο, οι δασικές πυρκαγιές να επεκτείνονται σε αγροτικές και αστικές περιοχές, ΧΥΤΑ κλπ. Ως εκ τούτου, ο καπνός των δασικών πυρκαγιών πρέπει να θεωρείται ως ένα συνονθύλευμα από ουσίες που προέρχονται, συν των άλλων, από την καύση δομικών υλικών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, αποβλήτων και άλλων επικίνδυνων ουσιών. Οι μεγάλης κλίμακας πυρκαγιές, συμβάλουν τα μέγιστα στο φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όχι μόνο σε τοπικό αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ δεν απειλούν μόνο τους τοπικούς πληθυσμούς, αλλά ολόκληρη την Παγκόσμια Κοινότητα. Οι συνέπειες μάλιστα που αφορούν στην υγεία, είναι τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες, λόγω των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του καπνού της δασικής πυρκαγιάς.

Σε πολλές περιπτώσεις, τα προβλήματα ψυχολογικής υπόστασης τα οποία εμφανίζουν οι πληγέντες, μπορεί να επιμείνουν μέχρι και κάποια χρόνια, καθώς καλούνται αυτοί οι άνθρωποι, που πολλές φορές βρίσκονται και σε μεγαλύτερες ηλικίες, να ξαναρχίσουν τη ζωή τους από την αρχή. Ιδιαίτερη ψυχολογική υποστήριξη χρειάζονται τα άτομα που έχουν τραυματιστεί με τρόπο που, να μην μπορούν να ανακτήσουν την υγεία τους ξανά, ή οι οικογένειες των θανόντων .

Κάτι παρόμοιο υποστήριξαν αρκετοί και στην περίπτωση των περυσινών πυρκαγιών στην Ελλάδα. Η τραγικότητα των φαινομένων που έζησε η χώρα το καλοκαίρι του 2007, γέμισε με φόβο και αγανάκτηση το λαό και στέρησε από πολύ κόσμο τις περιουσίες και τα αγαπημένα τους πρόσωπα. Και είναι η σφοδρότητα και η μεγάλη διάρκεια των φαινομένων αυτών, που ώθησε πολλούς να σκεφτούν ότι, οι πυρκαγιές αυτές χρησιμοποιήθηκαν σαν όπλο ενάντια της κυβέρνησης, δεδομένου και ότι η χώρα εκείνο το διάστημα διένυε προεκλογική περίοδο.

Για το λόγο αυτό, πολλοί επιστήμονες χαρακτηρίζουν τις δασικές πυρκαγιές ως «μηχανές της αλλαγής» για τις κοινότητες , ή όπως κάποιοι άλλοι λένε, είναι «προκλήσεις στη δομή και την οργάνωση μιας κοινωνίας».

Κεφάλαιο 3

3 Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών

3.1 Δομικά στοιχεία ενός ΓΠΣ

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) είναι ένα οργανωμένο σύστημα μηχανικών μερών και λογισμικού, κατάλληλο για τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών (Στάρρας,2014).

Τα δομικά στοιχεία ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών αποτελείτε από 4 βασικά μέρη:

- Το λογισμικό
- Το υλικό
- Τα δεδομένα
- Και τους χρήστες

Το υλικό και το λογισμικό έχουν έναν καθορισμένο κύκλο ζωής και επηρεάζονται στενά από τις τεχνολογικές εξελίξεις και αντικαθίστανται συχνά από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα αποτελούν το πλέον δαπανηρό κομμάτι των ΓΣΠ, καθώς η συλλογή τους απαιτεί πολύ χρόνο και προσπάθεια. Επιπλέον, τα περισσότερα γεωγραφικά δεδομένα είναι δυναμικά και απαιτούν συνεχείς ενημερώσεις.

Τα γεωγραφικά δεδομένα αποτελούν μια κατηγορία δεδομένων, τα οποία κατανέμονται στο χώρο και μεταβάλλονται στο χρόνο. Η μεταβολή αυτή μπορεί να είναι τόσο αργή, ώστε να αγνοείται (π.χ., αλλαγή της ακτογραμμής, του κλίματος ή της κατανομής ηλικιών μιας χώρας). Ωστόσο, μπορεί να είναι τόσο γρήγορη, ώστε ο ρυθμός αλλαγών να αποτελεί μια σημαντική διάσταση των γεωγραφικών οντοτήτων (πχ., ο φόρτος κυκλοφορίας μιας λεωφόρου, η θερμοκρασία, το μέτωπο μιας δασικής πυρκαγιάς). (Huisman & De By, 2001).

Ειδικότερα για τα δεδομένα θα πρέπει να επισημάνει κανείς τη βασική διάκριση σε χαρτογραφικά δεδομένα και στατιστικά δεδομένα. Τα χαρτογραφικά δεδομένα, που προκύπτουν κυρίως μέσω επιτόπιας συλλογής ή/και χαρτογραφικής επεξεργασίας, περιγράφουν τη γεωμετρία και τοπολογία του χώρου. Η γεωμετρική πληροφορία προκύπτει από την εξέταση στοιχείων του χάρτη μπορεί να είναι σημειακά, γραμμικά ή επιφάνειας, ενώ η τοπολογική πληροφορία αναφέρεται στη “σχέση που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη σύνδεση, τη συνέχεια και τη γειτνίαση των δομικών στοιχείων” ενός χάρτη (Παππάς 1998: Α-17). Η στατιστική πληροφορία δεν μπορεί παρά να συνδέεται με τη χωρική αναφορά της.

Οφείλει να επισημάνει κανείς ότι η χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών δεν περιορίζεται στη δημιουργία χαρτών, διαγραμμάτων ή πινάκων. Πρόκειται ουσιαστικά για μια ολοκληρωμένη τεχνολογία, η οποία επιτρέπει και προάγει την ανάλυση και μελέτη χωρικών και οργανωμένων θεματικών δεδομένων, συνεισφέροντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (decision making), που αφορούν σε ειδικά ενδιαφέροντα ερευνητών.

Οι βασικές διαδικασίες και τα επιμέρους συστήματα ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών

Οι βασικές ενέργειες ανάπτυξης ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι οι εξής:

- (α) συλλογή δεδομένων
- (β) κωδικοποίηση δεδομένων
- (γ) εισαγωγή δεδομένων
- (δ) επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
- (ε) απεικόνιση δεδομένων

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι ο πυρήνας κάθε Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών είναι η βάση δεδομένων του, για το σχεδιασμό της οποίας θα πρέπει να

λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχετικές προδιαγραφές (Silberschatz, Korth & Sudarshan 2002· Ramakrishnan & Gehrke 2000).

Αναφορικά με τη γεωγραφική πληροφορία, η τυποποίηση των συστημάτων αναφοράς, επιτρέπει την ανταλλαγή και πολλαπλή αξιοποίηση των ψηφιακών υποβάθρων

Οι γεωγραφικές οντότητες σύμφωνα και με τον De By(2001) σε ένα σύστημα έχουν έξι διαστάσεις στις οποίες ανατίθενται τιμές . Οι διαστάσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Ταυτότητα
- Χωρικά δεδομένα
- Θεματικά δεδομένα
- Χρονικά δεδομένα
- Ποιότητα δεδομένων
- Δεδομένα πολυμέσων

3.2 Ανάλυση και μοντελοποίηση δεδομένων

Οι μέθοδοι για την ανάλυση και τη μοντελοποίηση των χωρικών δεδομένων αποτελούν την πιο σημαντική λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Όπως σημειώνει και ο Στάρρας(2014) σε αυτό το σημείο βρίσκεται η πραγματική δύναμη των ΓΣΠ και οι βασικές διαφορές του με άλλα συστήματα πληροφοριών. Τα μεμονωμένα ΓΣΠ μπορούν να διαφέρουν αισθητά σε σχέση με το βάθος της μεθοδολογίας των εργαλείων ανάλυσης και τεχνικών μοντελοποίησης που διαθέτουν. (Prakash,2015).

Οι μέθοδοι για την ανάλυση και την μοντελοποίηση των χωρικών δεδομένων αποτελούν την πιο σημαντική τάξη λειτουργιών ενός ΓΣΠ, όπου και βρίσκεται η πραγματική δύναμη των συστημάτων αυτών.

Γεωμετρική Ανάλυση

Οι βασικές γεωμετρικές συναρτήσεις περιλαμβάνουν τον υπολογισμό του μήκους των γεωαντικειμένων, της περιμέτρου, της έκτασης, των αποστάσεων και των κέντρων.

Τοπολογικές Αναλύσεις

Ως μία τοπολογική μέθοδο ανάλυσης μπορεί να αναφερθεί ο υπολογισμός των πολυγώνων Voronoi, ως περιοχές επιρροής σημειακών γεωαντικειμένων. Τα ΓΣΠ έχουν την δυνατότητα να αναλύουν την επίδραση ενός γεωαντικειμένου στην γειτονική περιοχή του ή την επίδραση της γειτονικής περιοχής σε ένα γεωαντικείμενο. Επίσης μέσω των ΓΣΠ είναι δυνατή η δημιουργία νέων γεωαντικειμένων με την μέθοδο της υπέρθεσης. Τέτοιες λειτουργίες επιτρέπουν την επιλογή των γεωαντικειμένων χρησιμοποιώντας τοπολογικά-θεματικά κριτήρια όπως και την δημιουργία νέων γεωαντικειμένων των οποίων οι γεωμετρικές σχηματίζονται από την γεωμετρική υπέρθεση δύο ή περισσότερων γεωαντικειμένων.

Στατιστικές Αναλύσεις

Στις ιδιότητες των δεδομένων μπορούν να γίνουν συνήθεις στατιστικοί υπολογισμοί, όπως για παράδειγμα ο υπολογισμός του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης, ο συσχετισμός και η ανάλυση παλινδρόμησης. Οι μέθοδοι παρεμβολής και οι μέθοδοι για τον υπολογισμό των κέντρων των πολυγώνων επίσης χρησιμοποιούν την γεωμετρία και την τοπολογία των γεωαντικειμένων.

Συνδυασμός των ΓΣΠ με μοντέλα χωρικής αναφοράς

Ο συνδυασμός των μοντέλων αριθμητικής προσομοίωσης και πρόγνωσης με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι σημαντικός τόσο για τις επιστημονικές όσο και για τις πρακτικές εφαρμογές. Τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται μόνο για την προ και μετά επεξεργασία των δεδομένων όταν αυτά χρησιμοποιούνται σε σχέση με πιο απαιτητικά αριθμητικά μοντέλα. Μία εξαίρεση ωστόσο είναι τα ψηφιακά μοντέλα ανύψωσης στα οποία δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή λόγω της βασικής σημασίας της επιφάνειας της γης.

3.3 Γεωμετρικές αναλύσεις

Οι βασικές γεωμετρικές συναρτήσεις περιλαμβάνουν τον υπολογισμό των ακόλουθων στοιχείων όπως τα αναφέρουν και οι Huisman & De By(2001):

- της περιμέτρου,
- της έκτασης

- του μήκους,
- των αποστάσεων
- και των κέντρων.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι μιλάμε για γεωαντικείμενα και ότι κατά τους παραπάνω υπολογισμούς, ανάλογα με τη διαστασιοποίηση του γεωαντικειμένου, ορισμένα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορεί είτε να μην προσδιοριστούν είτε να προσδιοριστούν σαφώς, ενώ τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές σε διανυσματικά και ψηφιδωτά μοντέλα. (Υφαντή,2015)

Σήμερα η πρόοδος των αυτόματων τρόπων παραγωγής και γεωμετρικής ανάλυσης χαρτών γίνεται ταυτόχρονα με την ανάπτυξη αυτόματων μεθόδων συλλογής, ανάλυσης και παρουσίασης της πληροφορίας, σε πολλούς τομείς όπως, γεωγραφία, εδαφολογία, φωτογραμμετρία, τηλεπισκόπηση, πολεοδομία, γεωδαισία. Όλοι αυτοί οι τομείς επιδιώκουν να καθιερωθεί ένα πλαίσιο λειτουργιών για συλλογή, επεξεργασία, ανάκτηση, αποθήκευση, μετασχηματισμό, ανάλυση και απόδοση της γεωγραφικής πληροφορίας (δεδομένα του πραγματικού χώρου), προκειμένου να εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς.

Βασική αρχή των Γ.Σ.Π. είναι ότι τα γεωμετρικά δεδομένα οργανώνονται με τοπολογικές σχέσεις αναφορικά με το γεωγραφικό χώρο. Έτσι κάθε χάρτης πλέον είναι εφοδιασμένος με μια ισχυρή βάση δεδομένων και έτσι τα διάφορα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν επιθυμητό αποτέλεσμα στη φάση της ανάλυσης.

Συγκεκριμένα η μεγάλη αλλαγή που έγινε με την δημιουργία των Γ.Σ.Π. βρίσκεται:

Στην σύνδεση των χωρικών - γραφικών πληροφοριών με μη γραφικές πληροφορίες. Μέχρι τώρα είχαμε χωριστά την γραφική με την περιγραφική πληροφορία . Τα Γ.Σ.Π. στηρίζονται στην σύνδεση γραφικών και περιγραφικών πληροφοριών, που οδηγεί σε χωρικές αλληλοσυσχετίσεις, δηλαδή στην ανάπτυξη χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων.

Έτσι μπορούν να αξιολογηθούν περιβαλλοντολογικές επιδράσεις, να υπολογιστούν να προσδιοριστεί ένα σύστημα λήψης απόφασης.

Το Γ.Σ.Π. έχει ενσωματωμένο ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων . Η έννοια της βάσης δεδομένων είναι ένα δυναμικό στοιχείο, γιατί προχωράμε πέρα από την απλή παραγωγή εικόνων και γνωρίζουμε τους τύπους πληροφορίας για κάθε δεδομένο που αποθηκεύεται στον υπολογιστή .

Τα συστήματα διαχείρισης βάσης δεδομένων παρέχουν τα μέσα ώστε να αποθηκεύεται ένα ευρύ πεδίο πληροφοριών και ταυτόχρονα να ενημερώνεται όποτε είναι αναγκαίο .

Για παράδειγμα στο Γ.Σ.Π. το γραφικό περιβάλλον διαχειρίζεται τις θέσεις των γεωγραφικών δεδομένων, ενώ το περιβάλλον των βάσεων δεδομένων διαχειρίζεται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά και τις μεταξύ τους σχέσεις

Η χωρική πληροφορία, καθίσταται χρήσιμη όχι μόνο στον επιστήμονα τον εξειδικευμένο στη διαχείριση του χώρου, αλλά αξιοποιείται και λειτουργεί ανεξάρτητα από την ειδικότητα του συγκεκριμένου χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα, ο ειδικός χρήστης ενός Γ.Σ.Π. είναι αυτός που θα οργανώσει την πληροφορία, με τέτοιο τρόπο και θα αξιοποιήσει το σύστημα, έτσι ώστε να απαντά σε συγκεκριμένα ερωτήματα. με βάση τις απαιτήσεις μιας εφαρμογής.

Στην δυνατότητα πράξεων (αριθμητικών και λογικών) μεταξύ χαρτών.

Με την δυνατότητα πράξεων μεταξύ των χαρτών, γίνεται δυνατή η συσχέτιση πληροφοριών που υπάρχουν σε διαφορετικούς χάρτες και η απάντηση ερωτήσεων του τύπου : ποιος είναι ο πλέον ενδεδειγμένος χώρος για την χωροθέτηση σκουπιδότοπου όταν αυτός πρέπει, π.χ. να βρίσκεται σε γη χαμηλής αξίας, σε μεγάλη απόσταση από το πλησιέστερο σπίτι, να υπάρχει δυνατότητα προσπέλασης, να υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας σε μεγάλο βάθος, η γεωμορφολογία να είναι κατάλληλη κ.τ.λ.

Με άλλα λόγια τα Γ.Σ.Π. επιτρέπουν την καταχώριση αφενός χωρικής - γραφικής πληροφορίας, αφετέρου μη γραφικής πληροφορίας και επιπλέον την δημιουργία σχέσεων μεταξύ των πληροφοριών αυτών . Δηλαδή, επιτρέπουν την δόμηση της εισαγόμενης πληροφορίας .

Οι γεωγραφικές αναλύσεις που παρέχει ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι:

Μέτρηση εμβαδών: Είναι η δυνατότητα μέτρησης των εμβαδών διάφορων περιοχών με ποικίλα χαρακτηριστικά.

Σύνθετη απεικόνιση: Πρόκειται για τη χρησιμοποίηση ενός ή περισσότερων επιπέδων πληροφορίας έτσι ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία ενός σύνθετου χάρτη.

Μετατροπές κλιμάκων: Πρόκειται για την ικανότητα του συστήματος να μετατρέπει γρήγορα και με ακρίβεια την κλίμακα των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων του, έτσι ώστε να μπορούν να μελετηθούν τα χαρακτηριστικά μιας περιοχής, χωρίς να είναι απαραίτητη η εισαγωγή νέων δεδομένων.

Μετατροπές της ικανότητας ανάλυσης: Πρόκειται για τη δυνατότητα συνοπτικής παρουσίασης κάποιων αναλυτικών μορφών και το αντίστροφο (εφόσον βέβαια υπάρχουν τα δεδομένα).

3.4 Οπτικοποίηση δεδομένων

Ο χρήστης ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών πρέπει να μπορεί να οπτικοποιεί πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα, καθώς και τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιούνται στα πλαίσια του συστήματος, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων. Οι μέθοδοι αυτοί όπως τις αναφέρουν και οι Huisman & De By(2001) είναι οι ακόλουθες:

- Αλφαριθμητική οπτικοποίηση με τη μορφή κειμένων και πινάκων
- Γραφική οπτικοποίηση χρησιμοποιώντας διαγράμματα
- Χαρτογραφική οπτικοποίηση με τη μορφή στατικών, δυναμικών και αναπαραγωγής (animation) χαρτών
- Προσομοιωμένη οπτικοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων σε μέσο δύο διαστάσεων (πχ. οθόνη)
- Παρουσιάσεις πολυμέσων (multimedia), γραφικά, εικόνες, χάρτες, βίντεο, ήχος
- Εικονική πραγματικότητα

Από τα παραπάνω διαφαίνεται πως τα ΓΣΠ είναι συστήματα τα οποία ενσωματώνουν δεδομένα από διαφορετικές πηγές και με διαφορετικές μορφές και παράγουν πληροφορία για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή ή τόπο.

Τα ΓΣΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο με διανυσματικά (vector) δεδομένα (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) όσο και με ψηφιοποιημένα (raster) δεδομένα, ενώ οι λειτουργίες της βάσης δεδομένων τους μπορούν να εφαρμοστούν σε χωρικά και μη δεδομένα.

Ένας από τους λόγους για τον οποίο έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια δημοφιλή είναι η ικανότητά τους να αλληλεπιδρούν με περισσότερο προηγμένα υπολογιστικά συστήματα, όπως είναι τα συστήματα μοντελοποίησης, προσομοίωσης και λήψης αποφάσεων. (Στάρρας,2014)

Κεφάλαιο 4

4 Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση

4.1 Ορισμοί

4.1.1 Φωτοερμηνεία

Φωτοερμηνεία ορίζεται ως η επιστήμη, η τέχνη και η τεχνική απόκτησης αξιόπιστων μετρητικών πληροφοριών για τα φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον, μέσω διαδικασιών καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων, προτύπων εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλων φαινομένων (American Society Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS).

Η τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής γνώσης για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο γίνεται μέσω μιας σειράς ιδιοτήτων που ονομάζονται φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών.

Ενώ η Φωτογραμμετρία αποσκοπεί στη χρήση εικόνων για τη συλλογή ποσοτικών πληροφοριών, η Φωτοερμηνεία χρησιμοποιεί τις εικόνες για τη λήψη ποιοτικών πληροφοριών.

Οι εφαρμογές της Φωτογραμμετρίας - Φωτοερμηνείας είναι πολλαπλές. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

- αρχιτεκτονική (αποτύπωση κτιρίων και συνόλων),
- αρχαιολογία (αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς),
- γεωλογία (στρωματογραφικές και γεωμορφολογικές μελέτες, σχεδιασμός γεωλογικών χαρτών, καταγραφή ζημιών από σεισμό),
- δασολογία (σύνταξη δασικών χαρτών, διαχείριση πυρκαγιών),
- γεωργία (προσδιορισμός τύπων εδαφών, οριοθέτηση καλλιεργούμενων εκτάσεων),

- κατασκευές (χωροθέτηση έργων, μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων),
- οδοποιία (χάραξη δρόμων),
- πολεοδομία (πράξεις εφαρμογής),
- τοπογραφία (σύνταξη τοπογραφικών διαγραμμάτων και χαρτών, γεωμετρική τεκμηρίωση κτιρίων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς),
- κτηματολόγιο (σύνταξη κτηματολογικών χαρτών),
- στρατιωτικές εφαρμογές (αναγνωρίσεις, σχεδιασμός στρατιωτικών κινήσεων),
- ιατρική (εντοπισμός και μέτρηση ξένων σωμάτων).

Η φωτογραμμετρική διαδικασία περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια σύμφωνα και με τους Λαζαρίδου και Πάτμιο (2010) :

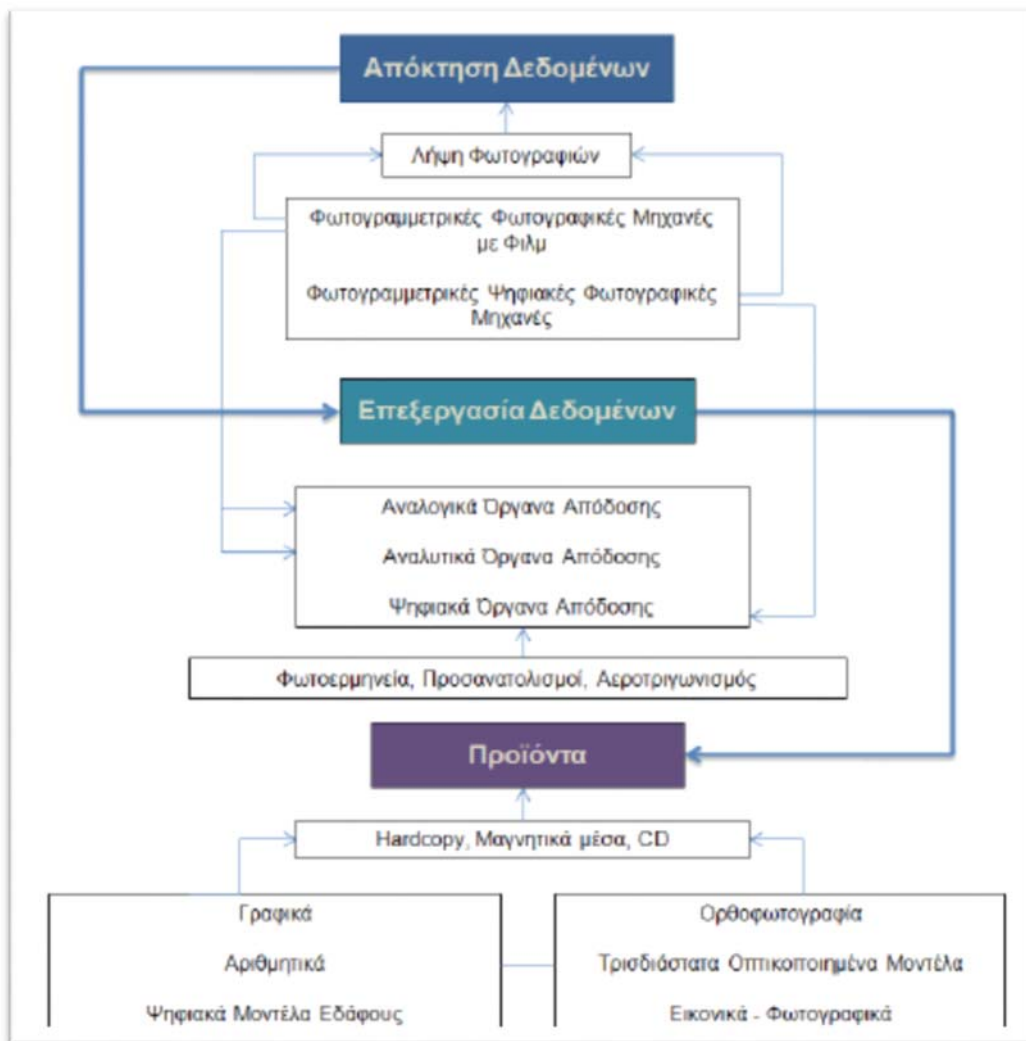
- την απόκτηση των δεδομένων μέσω διάφορων μεθοδολογιών,
- την επεξεργασία
- και την απόκτηση των προϊόντων

Στην απόκτηση των δεδομένων έχουμε την λήψη πληροφοριών περί ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών των επιφανειών και αντικειμένων, η οποία αποκτάται χωρίς την άμεση επαφή τους. Οι διατάξεις με τις οποίες αποκτούνται τα δεδομένα ονομάζονται αισθητήρες. Οι αισθητήρες αποτελούνται από ένα οπτικό σύστημα και ένα σύστημα ανιχνευτή, τα οποία τοποθετούνται πάνω σε πλατφόρμες. Η τυπική μορφή ενός τέτοιου συστήματος, είναι η φωτογραφική μηχανή η οποία χρησιμοποιείται ως αισθητήρας. (Παναγιώτου,2010)

Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται σε συνάρτηση με τα τελικά προϊόντα που θέλουμε να έχουμε και πραγματοποιούνται με κατάλληλο εξοπλισμό και όργανα.

Τα προϊόντα που προκύπτουν από τις φωτοερμηνευτικές διεργασίες μπορούν να είναι γραφικά, αριθμητικά, εικονικά – φωτογραφικά.

Αρκετοί είναι εκείνοι οι παράγοντες οι οποίοι προσδιορίζουν τον χαρακτήρα των φωτοερμηνευτικών εφαρμογών και βοηθούν στην διάκριση κατηγοριών. Η κατηγορίες αυτές μπορούν να χωριστούν με βάση τον τύπο της φωτογραφικής μηχανής, τον τρόπο λήψης και τον τρόπο χρήσης της.(Πατιάς,2010)



Εικόνα 2: Φωτογραμμετρική διαδικασία

Μια βασική διάκριση των φωτογραμμετρικών τεχνικών είναι ως προς την θέση του σταθμού λήψης των δεδομένων. Σε αυτήν μπορούμε να έχουμε επίγεια (λήψεις εκτελούνται στο έδαφος), εναέρια και δορυφορική φωτογραμμετρία. (Γεωργούλας,2014) Μια άλλη διάκριση, αφορά τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συλλογή των δεδομένων. Σε αυτήν την κατάταξη μπορούμε να έχουμε είτε τις κλασικές συμβατικές τεχνολογίες στις οποίες χρησιμοποιείται φωτοευαίσθητο φιλμ, είτε ψηφιακά μέσα συλλογής και καταγραφής της εικόνας μέσω αισθητήρων.

Ακόμα, ένας σημαντικός διαχωρισμός μπορεί να γίνει με βάση τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων. Έτσι, μπορούμε να έχουμε την διαφοροποίηση σε κλασική φωτογραμμετρία στην οποία χρησιμοποιούνται αναλογικά ή αναλυτικά όργανα και σε ψηφιακή στην οποία τα δεδομένα επεξεργάζονται σε ψηφιακούς φωτογραμμετρικούς σταθμούς εργασίας. Η μετρητική επεξεργασία, βασίζεται στην

αναζήτηση σε ζεύγος εικόνων ομόλογων ακτινών και της τομής αυτών δια διάφορων μεθόδων και συστημάτων. (Βαβιάς,2011)

4.1.2 Τηλεπισκόπηση

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) είναι η τέχνη, η επιστήμη, και η τεχνολογία λήψης αξιόπιστων πληροφοριών, από την απόκτηση εικόνων χωρίς την άμεση επαφή με τον στόχο και από δεδομένα προερχόμενα από άλλα συστήματα αισθητήρων, για τη Γη και το περιβάλλον της, και άλλα φυσικά αντικείμενα και διαδικασίες μέσω της καταγραφής, της μέτρησης, της ανάλυσης και της παρουσίασης (ISPRS). (Πααναγιώτου,2010).

Ο όρος Τηλεπισκόπηση μπορεί να γενικευθεί σε οποιαδήποτε ενέργεια καταγραφής από απόσταση και ανάλυσης των εικόνων που προκύπτουν (ακόμη και αυτή των ανθρώπινων ματιών), λόγω της πολυφασματικότητάς της και της προγενέστερης ύπαρξης των αεροφωτογραφιών έχει κυριαρχήσει η χρήση του όρου για την καταγραφή και την ανάλυση δορυφορικών εικόνων.

Ουσιαστικά χάρις στην εξέλιξη και ανάπτυξη των δορυφόρων γεννήθηκε η (δορυφορική) τηλεπισκόπηση. Έτσι το κυρίως μέρος της τηλεπισκόπησης είναι στενά συνδεδεμένο με τους (τεχνητούς) δορυφόρους και τις δορυφορικές εικόνες που καταγράφουν και μας παρέχουν.

Η έννοια της λέξης «δορυφόρος» εστιάζεται κυρίως στους τεχνητούς δορυφόρους που είναι τεχνητά συστήματα που πετούν γύρω από την γη ή γενικότερα από κάποιο ουράνιο σώμα και έχουν κατασκευαστεί για ποικίλες χρήσεις, οι κυριότερες των οποίων είναι οι τηλεπικοινωνίες και η παρατήρηση μέσω δορυφορικών εικόνων. Γενικά όμως δορυφόρος είναι ένα φυσικό ή τεχνητό αντικείμενο ή σώμα που κινείται γύρω από ένα άλλο μεγαλύτερο ουράνιο σώμα.

Τι είναι όμως ακριβώς οι τεχνητοί δορυφόροι; Είναι ένα σύστημα που στην γενική μορφή του αποτελείται από μια πηγή ενέργειας που μπορεί να είναι κάποιου είδους ηλεκτρικού συσσωρευτή (μπαταρίας) ή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια (από την ηλιακή που συλλέγει) και μίας κεραίας (αντένα) η οποία δέχεται και εκπέμπει πληροφορίες υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικού σήματος

Τα τηλεσκοπικά συστήματα περιλαμβάνουν τα παρακάτω στάδια σύμφωνα και με τον Γεωργούλα (2014) :

1. Πηγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας : όπως είναι αυτονόητο η τηλεσκοπική διαδικασία προϋποθέτει την ύπαρξη πηγής ενέργειας. Συνήθης πηγή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας είναι ο Ήλιος, όμως η πηγή μπορεί να είναι και τεχνητή. Στη συνέχεια το κύμα προσεγγίζει το υπό μελέτη αντικείμενο.
2. Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα : κατά την αμφίδρομη διέλευση της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα (μήκος διαδρομής από την πηγή στην επιφάνεια – αντικείμενο και επιστροφή αυτής στον δέκτη του δορυφορικού συστήματος) αυτή απορροφάται, διαχέεται, σκεδάζεται.
3. Αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την επιφάνεια της γης : κατά την προσέγγιση στο στόχο, η προσπίπτουσα ακτινοβολία ανακλάται, εκπέμπεται, μεταβιβάζεται, σκεδάζεται, ανάλογα με την φύση του αντικειμένου.
4. Καταγραφή της ακτινοβολίας : η καταγραφή πραγματοποιείται από ειδικές τεχνητές διατάξεις που ονομάζονται αισθητήρες, και καθιστούν δυνατή την καταγραφή τόσο της εκπεμπόμενης, όσο και της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.
5. Εκπομπή, λήψη και επεξεργασία : οι καταγεγραμμένες μετρήσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πρέπει να μεταδοθούν σε ένα σταθμό λήψης και επεξεργασίας των συλλεγόμενων πληροφοριών ώστε το προϊόν που θα προκύψει να είναι με την μορφή εικόνας.

Τα τηλεπισκοπικά συστήματα διακρίνονται βάσει της πηγής της ενέργειας σε παθητικά και ενεργητικά συστήματα (Λαζαρίδου και Πάτμιος, 2010).

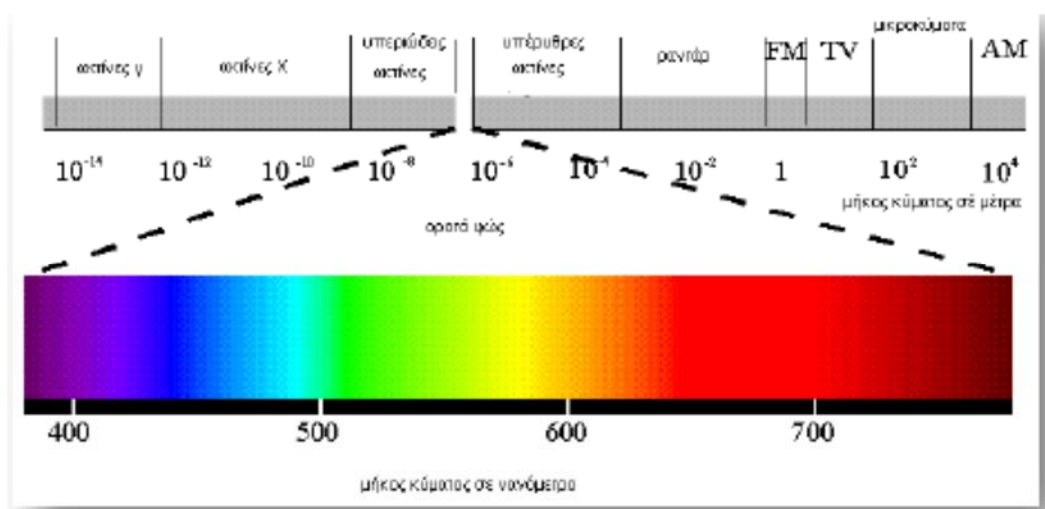
Τα παθητικά τηλεπισκοπικά συστήματα παρατηρούν την ακτινοβολία που ανακλάται από το αντικείμενο ενδιαφέροντος. Η πηγή ενέργειας ενός τέτοιου συστήματος συνήθως είναι ο ήλιος. Παραδείγματα παθητικών τηλεπισκοπικών συστημάτων είναι οι αισθητήρες που μεταφέρονται από τους δορυφόρους Landsat και SPOT.

Τα ενεργητικά τηλεπισκοπικά συστήματα συνδυάζουν την πηγή ενέργειας και τον αισθητήρα. Η τεχνητή πηγή ενέργειας εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε ειδικά – ορισμένα μήκη κύματος προς το αντικείμενο και ο αισθητήρας καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία. Ειδικά συστήματα ραντάρ, όπως τα SLAR (Side Looking Airborne Radar) και τα SAR (Synthetic Aperture Radar) είναι τα πιο συνήθη ενεργητικά συστήματα. (Πόντικας,2016)

4.2 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα θεωρείται η ταξινόμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σύμφωνα με το μήκος κύματος, τη συχνότητα ή την ενέργεια. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται μεταξύ των κοσμικών ακτίνων και των ραδιοκυμάτων. Για την τηλεπισκόπηση, το πιο σημαντικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος είναι εκείνο που δημιουργείται από την ακτινοβολία του Ήλιου (Βάβιας, 2011).

Στην παρακάτω εικόνα 3 παρουσιάζεται το εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



Εικόνα 3: Εύρος ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας μπορούν να καθορισθούν χρησιμοποιώντας ή τη συχνότητα ή το μήκος κύματος.

Η ενέργεια που εκπέμπεται, μεταφέρεται ή απορροφάται από ένα σώμα με ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σπάνια είναι «μονοχρωματική», δηλαδή ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος. Συνήθως αποτελείται από ένα σύνολο ανεξάρτητων μονοχρωματικών ακτινοβολιών. Η κατανομή της ενέργειας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ως συνάρτηση του μήκους κύματος, ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα του ήλιου εκτείνεται από τις ακτίνες γ έως τα ραδιοκύματα. Περιοχές του φάσματος που παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά ομαδοποιούνται ώστε να προκύψουν οι διάφορες φασματικές ζώνες (εικόνα 3.4). Κάθε φασματική ζώνη αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό φασματικών γραμμών και σε κάθε φασματική γραμμή αντιστοιχεί ένα μήκος κύματος. Αυτή η κατηγοριοποίηση ουσιαστικά γίνεται

αυθαίρετα εφόσον η μετάβαση από τη μία ζώνη φάσματος στην άλλη είναι βαθμιαία και όχι απότομη. (Βαβιάς,2011)

4.3 Φασματική υπογραφή αντικειμένου

Ο Ιωακειμίδης (2011) σημειώνει πως η μελέτη της ακτινοβολίας που εκπέμπεται και ανακλάται από τα διάφορα αντικείμενα της γήινης επιφάνειας, αποτελεί αντικείμενο μελέτης της Τηλεπισκόπησης. Τα φυσικά χαρακτηριστικά και η σύσταση του κάθε αντικειμένου, επηρεάζουν, με το δικό του χαρακτηριστικό τρόπο, το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται στα διαφορετικά μήκη κύματος.

Όπως αναφέρει και η Παναγιώτου (2010) η κατανομή της ανακλώμενης ή εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από μια επιφάνεια σε σχέση με το μήκος κύματος λ ονομάζεται φασματική απόκριση.

Η φασματική υπογραφή της κάθε επιφάνειας χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των διαφορετικών υλικών και για τον διαχωρισμό των επιφανειών που συναντώνται στην επιφάνεια της γης.

Η κυριότερη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος και η ενέργεια που δίνει είναι γνωστή σαν ηλεκτρομαγνητική. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια απεικονίζεται αναλόγως του μήκους κύματος που έχει σε κάποιο φάσμα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταδίδονται σε κάποιο μέσο (ατμόσφαιρα, νερό, υλικά σώματα) λόγω της περιοδικής διαταραχής του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου συγχρόνως, με την ταχύτητα του φωτός που είναι $c = 2.99\ 79245\ 8 \times 10^8$ m/s, και χαρακτηρίζονται από την συχνότητα και το μήκος κύματός τους, το γινόμενο των οποίων δίνει την ταχύτητα του φωτός.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιέχει ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών μηκών κύματος, εκ των οποίων μόνον ένα μικρό εύρος μηκών κυμάτων καταλαμβάνει το ορατό (μεταξύ 400 και 700nm).

Έχει κατηγοριοποιηθεί σε:

- Ράδιο-κύματα που έχουν μήκος κύματος από 10cm έως 10km.
- Μικροκύματα που έχουν μήκος κύματος από 1mm έως 1m.

Τα μικροκύματα διαιρούνται επίσης στις εξής 8 φασματικές ζώνες (1 GHz = 10^9 Hz)

- P ζώνη: 0.3 - 1GHz (30 - 100cm).
- L ζώνη: 1 - 2GHz (15 - 30cm).

- S ζώνη: 2 - 4GHz (7.5 - 15cm).
- C ζώνη: 4 - 8GHz (3.8 - 7.5cm).
- X ζώνη 8 - 12.5GHz (2.4 - 3.8cm).
- Ku ζώνη: 12.5 - 18GHz (1.7 - 2.4cm).
- K ζώνη: 18 - 26.5GHz (1.1 - 1.7cm).
- Ka ζώνη: 26.5 - 40GHz (0.75 - 1.1cm).

Υπέρυθρα μικροκύματα που έχουν μήκος κύματος από 0.7 έως 300 μm και διαιρούνται στις ακόλουθες 5 κατηγορίες:

- Εγγύς υπέρυθρα μήκη κύματος (Near Infrared, NIR): από 0.7 έως 1^μm.
- Υπέρυθρα μικρά μήκη κύματος (Short Wavelength Infrared, SWIR): από 1.5 έως 3 μm .
- Υπέρυθρα μεσαία μήκη κύματος (Mid Wavelength Infrared, MWIR): από 3 έως 8 μm .
- Υπέρυθρα μεγάλα μήκη κύματος (Long Wavelength Infrared, LWIR): από 8 έως 15 μm .
- Υπέρυθρα απομακρυσμένα μήκη κύματος (Far Infrared, FIR): με μεγαλύτερο μήκος κύματος από 15 μm .

The NIR and SWIR είναι γνωστά ως Ανακλώμενα υπέρυθρα (Reflected Infrared), ενώ τα MWIR and LWIR είναι γνωστά ως θερμικά υπέρυθρα (Thermal Infrared).

Τέλος τα ορατά μήκη κύματος κυμαίνονται από 400 nm (απόχρωση του μωβ) έως περίπου 700nm (απόχρωση του κόκκινου) και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το χρώμα στο οποίο αντιστοιχούν στις παρακάτω 6 φασματικές ζώνες.

- Ζώνη του κόκκινου : 610 - 700nm.
- Ζώνη του πορτοκαλί: 590 - 610nm.
- Ζώνη του κίτρινου: 570 - 590nm.
- Ζώνη του πράσινου: 500 - 570nm.
- Ζώνη του μπλε: 450 - 500nm.
- Ζώνη απόχρωσης του μπλε (indigo): 430 - 450nm.
- Ζώνη του βιολετί: 400 - 430nm.

Τέλος οι φασματικές ζώνες με τα μικρότερα μήκη κύματος είναι:

- Ζώνη του υπεριώδους : από 3 έως 400nm.
- Ζώνες των ακτινών X και των ακτινών Γάμμα (Gamma Rays).

Το κομμάτι εκείνο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι και δυνατό να καταγραφεί από τους τηλε-απεικονιστές λέγεται ορατό φάσμα. Εκτός

από το οπτικό φάσμα, είναι γνωστές και διάφορες άλλες περιοχές των μηκών κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος κυρίως από τις διάφορες χρήσεις τους.

4.4 Δορυφορικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες που βρίσκονται προσαρτημένοι στα δορυφορικά συστήματα και μετρούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που φτάνει σε αυτά, ανήκουν στην κατηγορία των ραδιομέτρων. Ο αισθητήρας που περιλαμβάνει ένα φράγμα περίθλασης, το οποίο διαχωρίζει την ακτινοβολία που εκτείνεται σε μια περιοχή του φάσματος, σε μικρότερες φασματικές περιοχές, ονομάζεται φασματοραδιόμετρο .

Η λειτουργία των ραδιομέτρων και επομένως των περισσότερων δορυφορικών αισθητήρων, βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν ένα αρνητικά φορτισμένο φωτοευαίσθητο υλικό εκτεθεί σε ακτινοβολία, παράγονται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια αυτά δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα, η ένταση του οποίου είναι ανάλογη της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Έτσι, οι μεταβολές στο ηλεκτρικό ρεύμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των μεταβολών στην ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην πλάκα με το φωτοευαίσθητο υλικό.

Οι δορυφορικοί αισθητήρες διαχωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες, τους ενεργητικούς και τους παθητικούς οι οποίοι διαχωρίζονται με βάση την πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν. (Υφαντή,2015)

Εντοπίζονται δυο μεγάλες κατηγορίες δορυφορικών αισθητήρων, με βάση την πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν, οι ενεργητικοί και οι παθητικοί.

Κατηγορίες των δορυφόρων είναι:

- οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι, που διεκπεραιώνουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, αναμεταδίδουν τηλεοπτικά προγράμματα, δεδομένα κ.λπ.
- οι δορυφόροι πλοήγησης, που αποτελούν τη βάση ενός συστήματος προσανατολισμού και καθορισμού πορείας, κυρίως για αεροπλάνα και πλοία.
- οι δορυφόροι γεωλογικών ερευνών, που χρησιμοποιούνται τόσο για τον εντοπισμό ορυκτών κοιτασμάτων και την παρατήρηση γεωλογικών σχηματισμών όσο και για τη συλλογή σεισμολογικών δεδομένων.
- οι μετεωρολογικοί δορυφόροι

- οι δορυφόροι περιβάλλοντος. Δορυφόροι που μελετούν το χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον και καταγράφουν τα φαινόμενα και τις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτό, καθώς και στην ατμόσφαιρα του πλανήτη.

Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι συλλέγουν εικόνες και στοιχεία, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, την πρόγνωση μετεωρολογικών φαινομένων, την πρόληψη και τον εντοπισμό πυρκαγιών, την παρακολούθηση καλλιεργειών, την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, καθώς και για την έρευνα, με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ζωής σε όλο τον πλανήτη. Οι δορυφόροι περιβάλλοντος της δεκαετίας του 1990 ανήκουν στην τρίτη γενιά των δορυφόρων της κατηγορίας αυτής, είναι εξελιγμένοι τεχνολογικά και έχουν δυνατότητα παρατήρησης όλο το 24ωρο. Είναι εξοπλισμένοι με όργανα υψηλής διακριτικής ικανότητας (ραδιόμετρα, μονάδα διερεύνησης με μικροκύματα, ανιχνευτές υπέρυθρης ακτινοβολίας, ανιχνευτές πρωτονίων και νετρονίων) και χαρτογραφούν όλα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη βλάστηση, την επιφανειακή θερμοκρασία ποταμών, λιμνών και θαλασσών, τις περιοχές με ηφαιστειακή δραστηριότητα, τις μετεωρολογικές μεταβολές και τα νέφη τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, καθώς και την κατάσταση του όζοντος της στρατόσφαιρας.

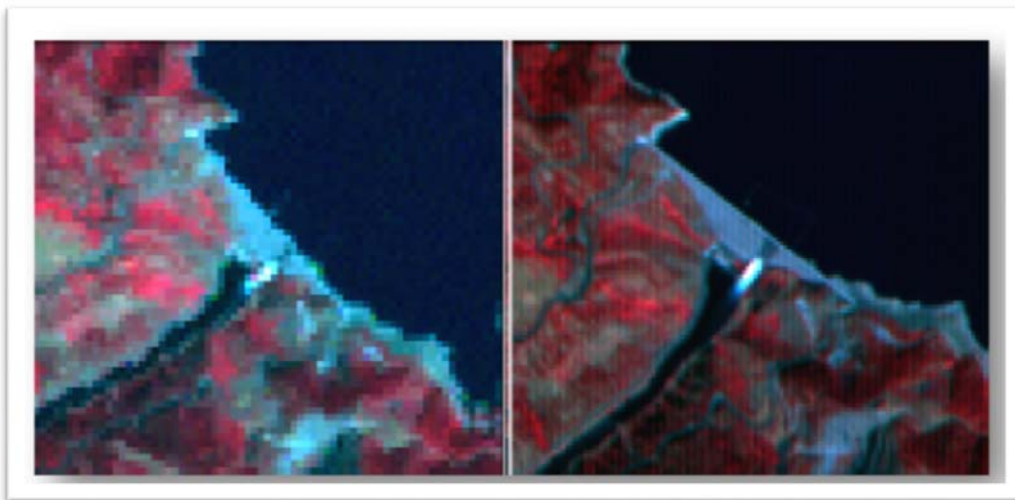
Τα στοιχεία που συλλέγουν περνούν από επεξεργασία και μετατρέπονται σε εικόνες υψηλής ευκρίνειας. Σ' αυτές χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα, για να απεικονιστούν οι διαφορές μεταξύ των περιοχών και οι διακυμάνσεις που παρουσιάζει το κάθε υπό μέτρηση μέγεθος σ' αυτές.

4.5 Χαρακτηριστικά των δορυφορικών συστημάτων

Τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών συστημάτων όπως τα αναφέρει στην μελέτη του ο Ιωακείμιδης (2011) είναι τα εξής:

- **Χωρική διακριτική ικανότητα:** Είναι η ικανότητα του ανιχνευτή να διακρίνει δυο αντικείμενα στη σκηνή που βρίσκονται πολύ κοντά και ποσοτικά ισούται με τη μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δυο αντικείμενα ώστε οι διαστάσεις τους να διακρίνονται χωριστά και καθαρά ή το ελάχιστο μέγεθος που πρέπει να έχει ένα αντικείμενο για να μπορεί να ανιχνευτεί. Εκφράζεται συνήθως σε m ή km και καθορίζεται από το στιγμιαίο πεδίο κατόπτρευσης του αισθητήρα. Ο Levin(1999) αναφέρει πως όπως κάθε ψηφιακή εικόνα, έτσι και οι τηλεπισκοπικές,

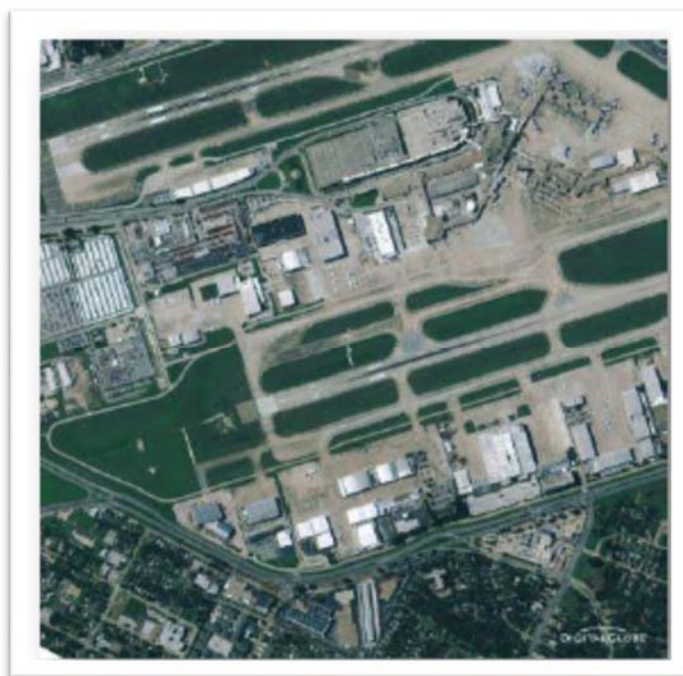
αποτελούνται από έναν πίνακα pixel. Τα pixel, είναι τα μικρότερα στοιχεία της εικόνας, και απεικονίζουν μια πολύ μικρή περιοχή αυτής. Οι έννοιες της χωρικής ανάλυσης και του pixel δεν ταυτίζονται, καθώς υπάρχει η περίπτωση εικόνας, της οποίας το μέγεθος pixel της, να διαφέρει από την ανάλυση. Στις εικόνες με υψηλή ακρίβεια μπορούν να εμφανιστούν αντικείμενα με μικρές διαστάσεις, ενώ σε αυτές με χαμηλή ακρίβεια απεικονίζονται αντικείμενα τα οποία έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό του κελιού ανάλυσης (Levin, 1999). Στην παρακάτω εικόνα 4 παρουσιάζονται 2 ίδιες εικόνες με χωρική ανάλυση 30 μέτρων η πρώτη και 15 μέτρων η δεύτερη. Είναι εύκολα κατανοητό πως η δεύτερη εικόνα με την χωρική ανάλυση των 15 μέτρων είναι ευκρινέστερη.



Εικόνα 4: Δορυφορικές εικόνες από το φράγμα Dwarshak, στην πολιτεία Idaho των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Αριστερά, εικόνα από τον δορυφόρο Landsat-7, με χωρική ανάλυση 30 μέτρων. Δεξιά, εικόνα από τον δορυφόρο ASTER με χωρική ανάλυση 15 μέτρων

- **Φασματική διακριτική ικανότητα:** Είναι αυτή που προσδιορίζει την ικανότητα του αισθητήρα να διακρίνει τις πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των μηκών κύματος. Κατά αυτό τον τρόπο, ένας αισθητήρας με υψηλή φασματική ανάλυση, έχει τη δυνατότητα να ξεχωρίζει καλύτερα τις φασματικές περιοχές και να καταγράφει μικρότερα διαστήματα, μεταξύ των μηκών κύματος. Η φασματική διακριτική ικανότητα εξαρτάται από το εύρος των περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που καταγράφει και τον αριθμό των φασματικών καναλιών που χρησιμοποιεί ο πολυφασματικός ανιχνευτής. (Βαβιάς,2011)

- **Παγχρωματικές εικόνες:** Μια παγχρωματική εικόνα, εμφανίζεται στην κλίμακα του γκρι, δηλαδή η φωτεινότητα ενός συγκεκριμένου pixel, είναι ανάλογη με τον ψηφιακό αριθμό του pixel που σχετίζεται με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλάται από τον στόχο και ανιχνεύεται από τον αισθητήρα. (Παναγιώτου,2010)
- **Πολυφασματικές εικόνες:** Είναι οι εικόνες οι οποίες καταγράφονται από πολλά τηλεσκοπικά συστήματα σε διακριτές περιοχές μηκών κύματος, με ποικίλες φασματικές αναλύσεις. Σε αυτού του είδους δορυφορικές εικόνες, καταγράφεται η ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από μια περιοχή της γης, σε διάφορα μήκη κύματος.' Έτσι, η περιοχή αυτή καταγράφεται από τον αισθητήρα σε τόσες εικόνες, όσες είναι και οι αντίστοιχες φασματικές περιοχές (διάυλοι) της ακτινοβολίας την οποία καταγράφει ο αισθητήρας (Καρτάλης και Φειδάς, 2006). Για την οπτική απεικόνιση τους, κάθε διάυλος της εικόνας, εμφανίζει μια εικόνα στην κλίμακα του γκρι. Ο συνδυασμός των τριών διαύλων, δημιουργεί μια χρωματική σύνθεση της εικόνας όπως παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα 5. (Prakash,2015)



Εικόνα 5: Πολυφασματική εικόνα

- **Εικόνες Radar:** Τα δεδομένα τύπου ραντάρ εμφανίζονται σε μια εικόνα της οποίας οι ψηφιακοί αριθμοί των εικονοστοιχείων της καθορίζονται από την ισχύ του

σήματος που επανασκεδάζεται σε ένα αντικείμενο στην επιφάνεια της γης. Η ισχύς του σήματος, εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας (τοπογραφία, μορφολογία, τραχύτητα του εδάφους), τις διηλεκτρικές ιδιότητες των υλικών (π.χ. υγρασία), και τα χαρακτηριστικά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (συχνότητα, πόλωση, γωνία πρόσπτωσης). (Ιωακειμίδης,2010)

- **Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα:** Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα περιγράφει την ικανότητά του δορυφορικού συστήματος καταγραφής να διακρίνει πολύ μικρές διαφορές στην ισχύ του σήματος, δηλαδή στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που καταγράφει. Όσο υψηλότερη είναι η ραδιομετρική ανάλυση του αισθητήρα, τόσο πιο ευαίσθητος είναι αυτός, στο να ανιχνεύει μικρές διαφορές στην ανακλώμενη ή εκπεμπόμενη ακτινοβολία. (Βαβιάς,2011) Τα ραδιομετρικά χαρακτηριστικά περιγράφουν την πραγματική πληροφορία που περιέχεται σε μία εικόνα. (Στάρρας,2014)

4.6 Επεξεργασία Τηλεπισκοπικών εικόνων

Η επεξεργασία των τηλεσκοπικών εικόνων έχει σαν στόχο την ανάκτηση των πληροφοριών που υπάρχουν σε μια ψηφιακή εικόνα αλλά δεν μπορούν να αποκτηθούν αυτές οι πληροφορίες δια γυμνού οφθαλμού.

Μια από τις μεθόδους επεξεργασίας των τηλεσκοπικών εικόνων προκειμένου να ανακτηθούν οι απαραίτητες πληροφορίες είναι και η γεωμετρική διόρθωση των εικόνων. Η γεωμετρική διόρθωση πραγματοποιείται προκειμένου οι στρεβλώσεις που υπάρχουν εξαιτίας της διαφοράς γεωμετρίας μεταξύ της γης και του αισθητήρα να διορθωθούν. Οι παραμορφώσεις που παρατηρούνται στις τηλεσκοπικές εικόνες οφείλονται σύμφωνα και με τον Ιωακειμίδα (2011):

- στις μεταβολές της ταχύτητας του δορυφόρου κατά την διάρκεια της λήψης,
- Στο ανάγλυφο της επιφάνειας της γης
- Στην περιστροφή της γης
- Και στις αστάθειες της τροχιάς του δορυφόρου

Οι παραμορφώσεις και οι στρεβλώσεις, με την σειρά τους μπορούν να διαχωριστούν στις σταθερές και στις μη προβλέψιμες. Οι σταθερές παραμορφώσεις θεωρούνται οι 3 πρώτες

ενώ μην προβλέψιμες θεωρούνται οι παραμορφώσεις που οφείλονται στις αστάθειες της τροχιάς της γης.

Η ορθοαναγωγή της εικόνας είναι εφικτή με την απουσία των παραμορφώσεων που εντοπίζονται και αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται η γεωαναφορά της εικόνας προκειμένου το σύστημα συντεταγμένων να μετασχηματιστεί σε ένα συγκεκριμένο σύστημα χαρτογραφικής προβολής. (Βαβιάς,2011)

Τα στοιχεία της εικόνας συνδέονται με τις χαρτογραφικές συντεταγμένες οι οποίες χαρακτηρίζονται από τις αντίστοιχες συντεταγμένες στο προβολικό σύστημα του χάρτη. Με την βοήθεια των μεθόδων αυτών, η δορυφορική εικόνα αποκτά τις ιδιότητες του προβολή του χάρτη.

Μια άλλη διαδικασία που ακολουθείται στην επεξεργασία των τηλεσκοπικών εικόνων είναι και η ταξινόμηση. Ο σκοπός της ψηφιακής ταξινόμησης των εικόνων είναι η σύνδεση των φασματικών χαρακτηριστικών της εικόνας σε ενιαίες κατηγορίες πληροφοριών προκειμένου να γίνεται ταχύτερα η ερμηνεία των εικόνων.

Οι περισσότερες μέθοδοι ταξινόμησης χρησιμοποιούν τα φασματικά στοιχεία των εικόνων ως προς την ομοιότητα τους. Με αυτό τον τρόπο τα στοιχεία της εικόνας με τα ίδια φασματικά στοιχεία και χαρακτηριστικά έχουν μεγάλη πιθανότητα να αντιπροσωπεύουν παρόμοιες οντότητες στην επιφάνεια της γης όπως αναφέρουν και οι Kumar et al,2010)

Η ταξινόμηση των εικόνων είναι μια πολύ χρήσιμη μέθοδος ανάλυσης των τηλεσκοπικών εικόνων προκειμένου να προσδιορίζονται οι αλλαγές στο έδαφος μετά από φυσικές καταστροφές όπως είναι πλημμύρες, πυρκαγιές κτλ.

Η ταξινόμηση των εικόνων πραγματοποιείται με 2 μεθόδους όπως τις αναφέρει και ο Ιωακείμης (2011):

- Με την αυτοματοποιημένη ταξινόμηση
- Με την επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Στην αυτοματοποιημένη ταξινόμηση χρησιμοποιούνται στατιστικοί κανόνες για τον εντοπισμό των ομάδων στην εικόνα με παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά. Στην συνέχεια το λογισμικό που χρησιμοποιείται διαχωρίζει τις εικόνες σε κατηγορίες αναλόγως τα φασματικά τους χαρακτηριστικά χωρίς όμως να είναι γνωστές οι

πληροφορίες ταξινόμησης, δηλαδή εάν αποτυπώνεται σε μια κατηγορία νερό, βλάστηση ή κάτι άλλο. (Prakash,2015)

Η μέθοδος ταξινόμησης αυτή, είναι λιγότερο ακριβής, και χρησιμοποιείται κυρίως όταν η γνώση για την περιοχή μελέτης πριν την ταξινόμηση, είναι περιορισμένη.

Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση μιας εικόνας, ο αναλυτής προσδιορίζει τις περιοχές της εικόνας με βάση τα φασματικά τους χαρακτηριστικά, οι οποίες είναι και οι πιο αντιπροσωπευτικές στις κατηγορίες κάλυψης της γης στο σημείο που εξετάζει.

Κεφάλαιο 5

5 Τηλεπισκόπηση και δασικές πυρκαγιές

5.1 Ανίχνευση μεταβολών επί τηλεπισκοπικών απεικονίσεων

Η τηλεπισκόπηση είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την παροχή πληροφοριών, πριν, κατά την διάρκεια και μετά τις δασικές πυρκαγιές αλλά και για την καταγραφή και προστασία του περιβάλλοντος με εφαρμογή σε πλήθος κατηγοριών φυσικών καταστροφών όπως είναι πλημμύρες, ξηρασία, σεισμοί, τσουνάμι.

Η τηλεπισκόπηση χαρακτηρίζεται από άμεσες ποσοτικές εκτιμήσεις περιβαλλοντικών και υδρολογικών παραμέτρων με μεθόδους χωρικής συσχέτισης. Η ανάλυση της δυναμικής βλάστησης , αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες και σημαντικές εφαρμογές της τηλεπισκόπησης σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο χώρας. (Dalezios,2008)

Η ανίχνευση της πυρκαγιάς, όπως σημειώνει και ο Στάρρας (2014) είναι ένα πρόβλημα με έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον ιδιαίτερα μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007 στην Πελοπόννησο και τον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας.

Ο Ιωακειμίδης (2011) σημειώνει πως έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές τεχνικές και εξ'αποστάσεως δεδομένα προκειμένου να αποκαλύψουν ενεργές πυρκαγιές και την επέκταση των καμένων περιοχών κατά την διάρκεια των πυρκαγιών.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πιο συχνά βασίζονται σε θερμικά σήματα τα οποία μπορούν να αποκαλύψουν τις ενεργές πυρκαγιές σε συνδυασμό με τις τεχνικές ανίχνευσης μεταβολών επι τηλεσκοπικών απεικονίσεων μιας περιοχής οι οποίες έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Σε αυτές τις τεχνικές αναμιγνύονται η θέση και η εκτίμηση από αέρος της επέκτασης των επιμέρους εικόνων πριν και μετά την δασική πυρκαγιά. (Καταγής,2017)

Ο τύπος της βλάστησης της περιοχής που έχει καεί, ο τύπος του εδάφους, ο χρόνος και το μεσοδιάστημα μετά την πυρκαγιά ως την επέκταση της πυρκαγιάς είναι οι σημαντικότερες παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό των περιοχών που έχουν καεί. (Στάρρας,2014)

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΦΩΤΙΕΣ

Ένας ακόμα τομέας που η χρήση δορυφορικών εικόνων βρίσκει μεγάλη αποδοχή είναι αυτός της καταπολέμησης των πυρκαγιών. Η χρήση τους κρίνεται σκόπιμη στα δύο βασικά στάδια που αναφέραμε παραπάνω.

Σε πρώτη φάση κατά το στάδιο της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται ως πρωταρχικά δεδομένα για την σύνταξη των χαρτών επικινδυνότητας φωτιάς. Ενώ παράλληλα ορισμένοι δορυφόροι μας δίνουν σε μορφή δορυφορικών απεικονίσεων προϊόντα όπως υγρασία βλάστησης και αέρα, πυκνότητα βλάστησης ακόμα και καιρικές μεταβλητές που είναι απαραίτητες στην δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης. Βέβαια ο δορυφόρος που θα χρησιμοποιηθεί για λήψη, η κλίμακα των απεικονίσεων, τα κανάλια που θα συμμετέχουν αλλά και η πιθανή χρήση των προϊόντων που προαναφέραμε όλα αυτά εξαρτώνται από την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την εξαγωγή του δείκτη επικινδυνότητας

Σε δεύτερη τώρα φάση (στο μετά της φωτιάς) η χρήση έγκειται σε δυο στάδια. Πρώτον η καταγραφή των περιοχών που επλήγησαν από τις δασικές πυρκαγιές, αναφορικά με την ακριβή θέση των σημείων έναρξης και της χαρτογράφησης και υπολογισμού της καμένης έκτασης. Δεύτερον η εκτίμηση των οικονομικών απωλειών, ο προσδιορισμός των οικολογικών διαταραχών, η χαρτογράφηση των αλλαγών χρήσεων/κάλυψης γης και τέλος η εκτίμηση μακροπρόθεσμων απωλειών.

Γενικά, τα δορυφορικά δεδομένα χρησιμεύουν ως μια γρήγορη και αξιόπιστη διαχειριστική πηγή συλλογής γενικών στατιστικών που αφορούν τις καμένες επιφάνειες. Ωστόσο το ποια δορυφορικά δεδομένα είναι τα πλέον κατάλληλα, εξαρτάται από την απαιτούμενη συχνότητα ή χρονικό διάστημα συλλογής δεδομένων, καθώς και από την κλίμακα του επιπέδου παρακολούθησης.

Τα δεδομένα με χαμηλή διακριτική ικανότητα (εικόνες NOAA) παρέχουν ένα συγκεκριμένο βαθμό γενικότητας, η οποία περιορίζει την χρησιμότητα αυτών, ειδικά στις περιπτώσεις πυρκαγιών μικρού μεγέθους ή όταν απαιτήσει μεγάλη ακρίβεια χαρτογράφησης. Αντίθετα, αν απαιτείται ο εντοπισμός, παρακολούθηση και λεπτομερής εκτίμηση και χαρτογράφηση των καμένων επιφανειών καθώς και άλλων στατιστικών σε μηνιαία βάση

ή στο τέλος της αντιπυρικής περιόδου, τότε οι διαθέσιμοι υψηλής διακριτικής ικανότητας δορυφόροι (LANDSAT, SPOT) παρέχουν ικανοποιητική διαχρονική κάλυψη και χωρική λεπτομέρεια.

Η διαχείριση του δασικού πλούτου τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο αποτελεί βασική πρόκληση για τους ειδικούς και θεμελιώδες στοιχείο ευημερίας της παγκόσμιας οικονομίας. Η παραγωγή ξυλείας, η βιοποικιλότητα, οι πλημμύρες, η αποθήκευση του CO₂, η αναψυχή, οι πυρκαγιές, οι υποβάθμιση των ειδών κ.α. είναι μερικοί από τους τομείς δραστηριοτήτων που πρέπει να διαχειριστούν οι ειδικοί επιστήμονες (δασολόγοι, γεωπόνοι, περιβαλλοντολόγοι, βιολόγοι κ.α.). Επιπλέον η κλιματική αλλαγή, με τις νέες πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για αειφορική διαχείριση των δασικών πόρων κάνουν επιτακτική την ανάγκη χρήσης δορυφορικών δεδομένων. Μια σημαντική πηγή δορυφορικών δεδομένων που συμβάλουν στη διαχείριση του δασικού πλούτου είναι οι εικόνες του προγράμματος Landsat.

Ένας ακόμα τομέας που η χρήση δορυφορικών εικόνων βρίσκει μεγάλη αποδοχή είναι αυτός της καταπολέμησης των πυρκαγιών. Η χρήση τους κρίνεται σκόπιμη στα δύο βασικά στάδια που αναφέραμε παραπάνω.

Σε πρώτη φάση κατά το στάδιο της πρόβλεψης χρησιμοποιούνται ως πρωταρχικά δεδομένα για την σύνταξη των χαρτών επικινδυνότητας φωτιάς. Ενώ παράλληλα ορισμένοι δορυφόροι μας δίνουν σε μορφή δορυφορικών απεικονίσεων προϊόντα όπως υγρασία βλάστησης και αέρα, πυκνότητα βλάστησης ακόμα και καιρικές μεταβλητές που είναι απαραίτητες στην δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης. Βέβαια ο δορυφόρος που θα χρησιμοποιηθεί για λήψη, η κλίμακα των απεικονίσεων, τα κανάλια που θα συμμετέχουν αλλά και η πιθανή χρήση των προϊόντων που προαναφέραμε όλα αυτά εξαρτώνται από την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την εξαγωγή του δείκτη επικινδυνότητας (

Σε δεύτερη τώρα φάση (στο μετά της φωτιάς) η χρήση έγκειται σε δυο στάδια. Πρώτον η καταγραφή των περιοχών που επλήγησαν από τις δασικές πυρκαγιές, αναφορικά με την ακριβή θέση των σημείων έναρξης και της χαρτογράφησης και υπολογισμού της καμένης έκτασης. Δεύτερον η εκτίμηση των οικονομικών απωλειών, ο προσδιορισμός των οικολογικών διαταραχών, η χαρτογράφηση των αλλαγών χρήσεων/κάλυψης γης και τέλος η εκτίμηση μακροπρόθεσμων απωλειών.

Γενικά, τα δορυφορικά δεδομένα χρησιμεύουν ως μια γρήγορη και αξιόπιστη διαχειριστική πηγή συλλογής γενικών στατιστικών που αφορούν τις καμένες επιφάνειες.

Ωστόσο το ποια δορυφορικά δεδομένα είναι τα πλέον κατάλληλα, εξαρτάται από την απαιτούμενη συχνότητα ή χρονικό διάστημα συλλογής δεδομένων, καθώς και από την κλίμακα του επιπέδου παρακολούθησης.

Τα δεδομένα με χαμηλή διακριτική ικανότητα (εικόνες NOAA) παρέχουν ένα συγκεκριμένο βαθμό γενικότητας, η οποία περιορίζει την χρησιμότητα αυτών, ειδικά στις περιπτώσεις πυρκαγιών μικρού μεγέθους ή όταν απαιτήσει μεγάλη ακρίβεια χαρτογράφησης. Αντίθετα, αν απαιτείται ο εντοπισμός, παρακολούθηση και λεπτομερής εκτίμηση και χαρτογράφηση των καμένων επιφανειών καθώς και άλλων στατιστικών σε μηνιαία βάση ή στο τέλος της αντιπυρικής περιόδου, τότε οι διαθέσιμοι υψηλής διακριτικής ικανότητας δορυφόροι (LANDSAT, SPOT) παρέχουν ικανοποιητική διαχρονική κάλυψη και χωρική λεπτομέρεια.

Οι φασματικές υπογραφές των αντικειμένων, όπως αυτές αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν έχουν συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σχήμα και αυτή η ιδιότητα μετατρέπει σε δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό της περιοχής που κάηκε, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν και ελλείψεις δεδομένων του εδάφους.

Οι μέθοδοι, τα δεδομένα και τα εργαλεία της τηλεπισκόπησης μπορούν να συμβάλλουν σε όλα τα στάδια του φαινομένου όπως τα αναφέρει και ο Καταγής(2017):

- Πρόβλεψη – Επικινδυνότητα τοπίου
- Ανίχνευση πυρκαγιάς
- Παρακολούθηση πυρκαγιάς
- Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων

5.2 Πρόβλεψη

Οι εφαρμογές της τηλεπισκόπησης που αφορούν την υγρασία εδάφους, την αναγνώριση βλάστησης και τη 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.

Μετεωρολογικά δεδομένα όπως είναι η ένταση ανέμων, η μέτρηση υγρασίας, η ηλιοφάνεια, μπορούν να ολοκληρωθούν με δορυφορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα και με τη χρήση ειδικών μοντέλων να δημιουργήσουν χάρτες επικινδυνότητας.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τις δασικές πυρκαγιές σύμφωνα και με τον Στάρρα(2014) είναι οι ακόλουθες:

- 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.

5.3 Ανίχνευση και παρακολούθηση της πυρκαγιάς

Η ανίχνευση του φαινομένου της πυρκαγιάς και της παρακολούθησης αυτής, μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της τηλεπισκόπησης με την χρήση δορυφορικών δεδομένων υψηλής χρονικής ανάλυσης. Όπως αναφέρει και ο Καταγής (2017) ο τηλεπισκοπικός δέκτης Sevirί 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. Τυπικές θερμοκρασίες δασικών πυρκαγιών 500-1000 βαθμούς Kelvin. Χαρακτηριστική είναι η ακόλουθη εικόνα 6 από τις πυρκαγιές του 2007.

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. Κύρια στοιχεία για την συλλογή των δεδομένων είναι οι δέκτες τους οποίους χωρίζουμε σε ενεργητικούς, οι οποίοι προσβάλλουν οι ίδιοι το στόχο χρησιμοποιώντας την δική τους πηγή ακτινοβολίας και σε παθητικούς οι οποίοι ανιχνεύουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προερχόμενη από μία φυσική πηγή. Το σημείο που διαφέρουν σημαντικά είναι ότι οι παθητικοί δέκτες δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης όταν υπάρχει παρουσία ομίχλης ή σκόνης στον ουρανό, ενώ οι ενεργητικοί βασίζονται σε δικές τους πηγές ακτινοβολίας και μπορούν να μετρούν την ενέργεια που ανακλάται και επιστρέφει από το αντικείμενο.

Στην τηλεπισκόπηση χρησιμοποιούνται αισθητήρες, οι οποίοι είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την λήψη δεδομένων και μετρούν πολλούς διαφορετικούς τύπους ακτινοβολίας του ήλεκτρο μαγνητικού φάσματος. Τα συστήματα με τα οποία πραγματοποιούνται παρατηρήσεις πάνω στην επιφάνεια της γης, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: φωτογραφικές μηχανές, ηλεκτρο-οπτικά συστήματα, παθητικά συστήματα μικροκυμάτων, ραντάρ και sonar. Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα της τηλεπισκόπησης είναι αυτά που μας δείχνουν την ποιότητα τους. Περιληπτικά:

- > Η χωρική διακριτική ικανότητα, η οποία καθορίζει και το μέγεθος του εικονοστοιχείου της δορυφορικής απεικόνισης.
- > Η φασματική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με τον αριθμό των φασματικών καναλιών του δορυφορικού δέκτη.
- > Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με την ευαισθησία του δέκτη να ανιχνεύει διαφορές στην ισχύ του σήματος.
- > Η χρονική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με τη συχνότητα καταγραφής της ίδιας περιοχής.

Τα δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα συστήματα που παρακολουθούν την επιφάνεια της γης και τα συστήματα παρακολούθησης του περιβάλλοντος.

Ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση είναι το MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) όπου μέσω αυτού συλλέγονται ψηφιακές εικόνες από δυο δορυφόρους, τους Terra και Aqua, με την χρήση ειδικού αλγόριθμου.

Ο αλγόριθμος αυτός εντοπίζει κατά προσέγγιση την χρονική στιγμή έναρξης της πυρκαγιάς μέσω των αλλαγών που συμβαίνουν με την ακρίβεια 500 μέτρων εδαφικής επιφάνειας ανά pixel παρέχοντας και άλλου είδους πληροφορίες όπως εκτίμηση της καταστροφής, κατεύθυνση φωτιάς, κλιματολογικές και τοπογραφικές συνθήκες.

Αλλα δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης είναι οι LANDSATS. Οι LANDSATS ήταν οι πρώτοι δορυφόροι που διέθεταν βάση με επαρκή χωρική και φασματική ανάλυση. Υπήρξαν επτά δορυφόροι Landsat, ο πρώτος εκ των οποίων εκτοξεύτηκε το 1972. Ο LANDSAT 6 χάθηκε στην εκτόξευση. Ο LANDSAT 5 είναι ακόμα σε λειτουργία, ενώ ο LANDSAT 7 εκτοξεύτηκε τον Απρίλιο του 1999. Οι Δορυφόροι αυτοί φέρουν ένα βελτιωμένο σύστημα απεικόνισης, το οποίο λέγεται THEMATIC MAPPER™ και ένα βελτιωμένο πολυφασματικό σαρωτή.

Οι δορυφόροι αυτοί διαθέτουν ένα σύστημα συσσωρευτών της ηλιακής ακτινοβολίας, το οποίο παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για την λειτουργία τους. Οι κεραίες μικροκυμάτων που φέρουν, λαμβάνουν εντολές που εκπέμπονται από επίγειους σταθμούς και στέλνουν τα δεδομένα σε αυτούς.

Το σύστημα απεικόνισης THEMATIC MAPPER που χρησιμοποιούν οι δορυφόροι όπως προαναφέραμε, ανήκει στην κατηγορία των CROSS-TRACK σαρωτών και αποτελείται από 16 ανιχνευτές, καθένας από τους οποίους λειτουργεί σε μια στενή ζώνη του ορατού η του υπέρυθρου. Τα δεδομένα καταγράφονται με χρήση των κατόπτρων και έχουν χαμηλότερο ρυθμό σάρωσης (scan rate) και υψηλότερη αναλογία σήματος-θορύβου (signal to noise ratio) απ ότι οι πολυφασματικοί σαρωτές.

Στους δορυφόρους παρατήρησης της γης (Earth Observation Satellites), συμπεριλαμβάνονται και οι δορυφόροι του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (European Space Agency- ESA). Η Ελλάδα σαν μέλος αυτού του οργανισμού, συνεισφέρει οικονομικά όπως και όλα τα κράτη μέλη αλλά ταυτόχρονα δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς έχουν όφελος από τις παροχές υπηρεσιών, προγράμματα του οργανισμού και επιχορηγήσεις για έρευνα.

Οι δορυφόροι MeteoSat που ανήκουν στην κατηγορία των μετεωρολογικών δορυφόρων, είναι γεωστατικοί που σημαίνει ότι παρατηρούν τη γη από μια συγκεκριμένη θέση και μετακινούνται έτσι ώστε να είναι σε θέση να παρατηρούν συνέχεια την ίδια επιφάνεια πάνω στη γη, σε αντίθεση με τους Terra και Aqua οι οποίοι κατά την περιστροφή τους επισκέπτονται την ίδια θέση μόνο μια φορά στο 24ωρο. Έτσι οι δορυφόροι αυτοί μπορούν να καταγράφουν συνεχώς την επιφάνεια της γης που στοχεύουν.

Οι πρώτοι δορυφόροι MeteoSat σχεδιάστηκαν στις αρχές του 1970. Οι δορυφόροι MSG (Meteosat Second Generation) σε σχέση με τους πρώτους δορυφόρους, έχουν όργανα με περισσότερα φασματικά κανάλια καταγραφής και δίνουν μέχρι και 20 φορές περισσότερη πληροφορία με ταχύτητα επικοινωνίας με τους επίγειους σταθμούς λήψης διπλάσια.

Ο MSG-1 εκτοξεύτηκε τον Αύγουστο του 2002 , τέθηκε σε επιχειρησιακή λειτουργία στις 29 Ιανουαρίου 2004, όπου επανακαθορίστηκε ως Meteosat-8 και από εκείνη την στιγμή στέλνει δεδομένα κάθε 15 λεπτά στην Ευρώπη και την Αφρική. Ο MSG μεταδίδει πρωτογενή δεδομένα τα οποία καταγράφονται από τους καταγραφείς SEVIRI και GERB στο κέντρο ελέγχου και επεξεργασίας δεδομένων της EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites στην οποία είναι επίσης μέλος η Ελλάδα), στο Darmstadt της Γερμανίας, μέσω του κυρίως σταθμού λήψης στο Usingen.

Ο καταγραφέας SEVIRI ο οποίος βρίσκεται στο δορυφόρο MSG-1, καταγράφει δεδομένα σε 12 κανάλια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα κύρια χαρακτηριστικά της δορυφορικής αυτής πλατφόρμας είναι i) το μικρό χρονικό διάστημα αποστολής δεδομένων (4 εικόνες σε μία ώρα και 96 σε ένα 24ωρο), ii) τα κανάλια καταγραφής επιτρέπουν με μια επεξεργασία των δεδομένων να γίνει εντοπισμός θερμικών ανωμαλιών, δηλαδή να γίνει χαρακτηρισμός έπειτα από επεξεργασία, έναρξης δασικής πυρκαγιάς. Μειονέκτημα σε αυτά τα δεδομένα είναι ότι η χωρική τους ανάλυση είναι πολύ χαμηλή και αυτό σημαίνει ότι για να εντοπιστεί μια πυρκαγιά θα πρέπει να έχει εξαπλωθεί σε αρκετά μεγάλη επιφάνεια ώστε να μπορέσει να καταγραφεί. Σε κάθε περίπτωση χρήσης των δεδομένων, γίνεται μια προσπάθεια επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων και σύγκριση με τα δεδομένα που καταγράφει ο MODIS.

Τα δεδομένα του SEVIRI αποστέλλονται κάθε 15 λεπτά και έτσι είναι δυνατή η παρακολούθηση της εξέλιξης μεγάλων πυρκαγιών, χωρίς όμως την καταγραφή με ποιότητα υψηλής ευκρίνειας δεδομένου ότι η χαμηλότερη ανάλυση καταγραφής των δορυφορικών δεδομένων είναι pixel 1km x 1km.



Εικόνα 6: Εικόνες ανίχνευσης πυρκαγιών στην Εύβοια και στην Πελοπόννησο το 2007

5.4 Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων

Η χαρτογράφηση και η εκτίμηση των καμένων εκτάσεων μετά το πέρας της πυρκαγιάς μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα σε 48 ώρες με την τηλεπισκόπηση μέσω των δορυφορικών δεκτών MODIS. Ο Στάρρας σημειώνει πως σε έναν μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα η χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με:

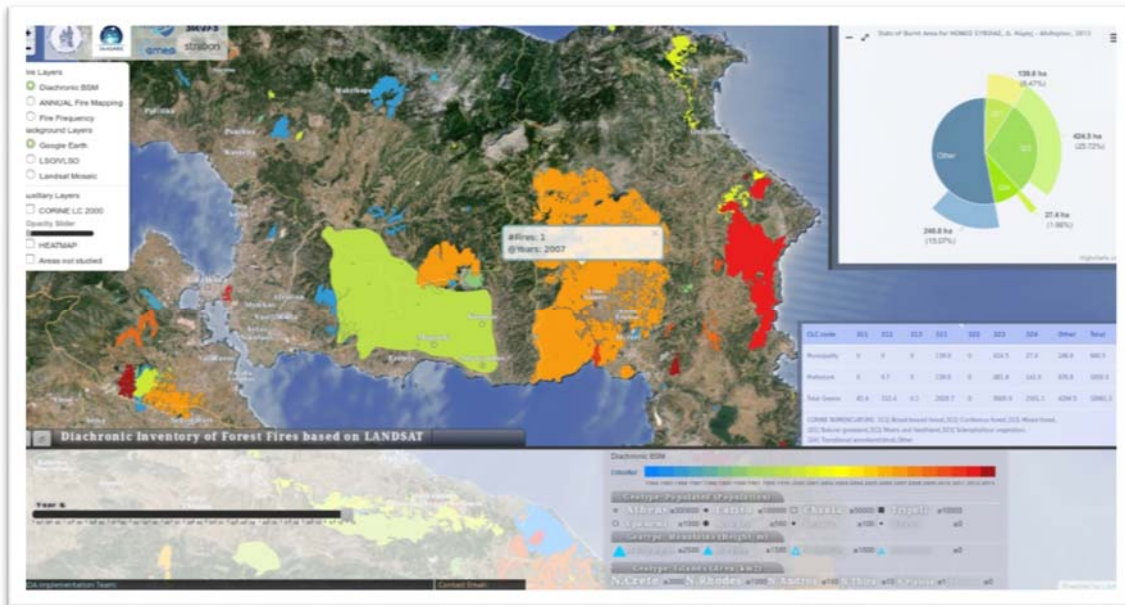
- IKONOS/ QuickBird/World View 2 σε επίπεδο δήμου και για εφαρμογές υψηλής ακρίβειας
- με δεδομένα ASTER, Landsat TM σε επίπεδο περιφέρειας και

Η ομάδα τηλεπισκόπησης του Ινστιτούτου Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών έχει αναπτύξει υπηρεσίες παρατήρησης της Γης οι οποίες διατίθενται σε επιχειρησιακή βάση, για τη διαχείριση καταστροφών σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.

Βασιζόμενη στον επίγειο σταθμό λήψης MSG/SEVIRI, αξιόπιστη πληροφορία σχετιζόμενη με τον εντοπισμό, την παρατήρηση και τη χαρτογράφηση συμβάντων πυρκαγιάς, στο σύνολο της Ελληνικής επικράτειας, αποστέλλεται σε πραγματικό χρόνο (κάθε 5 λεπτά) στις Δημόσιες Αρχές και τους ενδιαφερόμενους φορείς οι οποίοι εμπλέκονται στη διαχείριση και την καταστολή πυρκαγιών, καθώς και στους πολίτες των οποίων οι περιουσίες απειλούνται από καταστροφικά συμβάντα πυρκαγιάς.

Παράλληλα, παρέχονται και υπηρεσίες χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων και αποτίμησης των σχετικών καταστροφών. Η χωρική ανάλυση αυτή είναι πολύ υψηλής ευκρίνειας (1-10m χωρική ανάλυση). (εικόνα 7).

Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από δορυφόρους που εκτελούν τροχιές γύρω από τη γη, είναι δυνατό να αποκτηθεί γρήγορα μια γενική εικόνα της κατάστασης πάνω από μεγάλες εδαφικές περιοχές, να αναγνωριστούν περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, να ανιχνευθούν φωτιές ώστε να αντιμετωπιστούν και αφού τεθούν υπό έλεγχο να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι κατεστραμμένες περιοχές, χαρτογραφώντας τα όρια και την έκτασή τους.



Εικόνα 7: Εικόνα χαρτογραφημένης περιοχής καμένων εκτάσεων στην Εύβοια από το <http://ocean.space.noa.gr/bsm>

Κεφάλαιο 6

6 Πυρκαγιές στον Νομό Αρκαδίας

6.1 Χωρική έκταση της πυρκαγιάς του 2007

Ο Νομός Αρκαδίας μαζί με τους Νομούς Ηλείας, Κορινθίας, Αχαΐας, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Εύβοιας και Αιτωλοακαρνανίας υπέστησαν σοβαρές καταστροφές κατά το καλοκαίρι του 2007 από τις καταστροφικές πυρκαγιές που έπληξαν την χώρα μας πριν από δέκα χρόνια. Στην ακόλουθη εικόνα 8 παρουσιάζονται οι δήμοι του Νομού Αρκαδίας που κρίθηκαν πυρόπληκτοι από τις αρχές. Οι δήμοι αυτοί ήταν:

- Δήμος Βαλτετσίου
- Δήμος Ηραίας
- Δήμος Γορτυνίας
- Δήμος Μεγαλόπολης
- Δήμος Τεγέας και
- Δήμος Φαλαισίας.

Οι ονομασίες των παραπάνω δήμων είναι αυτές που ίσχυαν πριν την εφαρμογή του Καλλικράτη. (Μπαλάφα,2013)

Σύμφωνα με την ΕΚΚΕ (2010) η καμένη έκταση στην περιοχή ανερχόταν σε 107.424,1 στρέμματα τα οποία αντιστοιχούν στο 98,87% των καμένων εκτάσεων του Νομού για το έτος 2007.



Εικόνα 8: Πυρόπληκτοι δήμοι του Νομού Αρκαδίας

6.2 Άμεσες και δευτερογενείς απώλειες

Από τις καμένες εκτάσεις στα πυρόπληκτα τμήματα του Νομού, σημαντικό μέρος πλήττει τις δασικές και τις γεωργικές εκτάσεις, σε μεγέθη 54.860 στρ.) και (51.266,9 στρ.), αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα 1.

Από τους πυρόπληκτους Δήμους της περιοχής παρέμβασης του Νομού, η μεγαλύτερη ζημία εντοπίζεται στο Δήμο Βαλτετσίου, όπου για την καλοκαιρινή περίοδο το συνολικό ποσοστό των καμένων εκτάσεων ανήλθε σε 93,36% (100.293,05 στρ.). Από αυτές σημαντικό ποσοστά αντιστοιχούν σε δασικές και γεωργικές εκτάσεις με 46,55% (50.010 στρ.) και 46,58% (50.042 στρ.) αντίστοιχα.

Όσον αφορά στις προστατευόμενες περιοχές που εντάσσονται στο Δίκτυο NATURA 2000, οι ζημίες εντοπίζονται στην περιοχή του Όρους Πάρνωννα (και την περιοχή Μαλεβής). (Μπαλάφα,2013)

| Περιοχή | Σύνολο Πυρκαγιών | Δασικές Εκτάσεις | Χορτολιβαδικές Εκτάσεις | Καλαμιές | Γεωργικές Εκτάσεις | Σκουπίδια | Σύνολο |
|---------|------------------|------------------|-------------------------|----------|--------------------|-----------|----------|
| Νομός | 128 | 54860 | 1260,1 | 26,1 | 51266,9 | 10,9 | 107424,1 |

| | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| Αρκαδίας | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|

Πίνακας 1: Κατανομή των πυρκαγιών ανά χρήση γης στο Νομό Αρκαδίας

Η ζημιά από την μεγάλη πυρκαγιά του 2007 δεν περιορίστηκε στα δάση μόνο όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα 1 αλλά σημαντική ζημιά προκλήθηκε και στις καλλιέργειες.

Στον παρακάτω πίνακα 2 παρουσιάζονται οι καταστροφές ανα καλλιέργεια με τις μεγαλύτερες εκτάσεις να αφορούν τις δενδρώδεις καλλιέργειες και κατά κύριο λόγο τις ελιές όπου συνολικά καταστράφηκαν 172.132 δένδρα ή 8.196,76 στρέμματα καλλιεργειών.

Οι υπόλοιπες καλλιέργειες που υπέστησαν καταστροφή από την πυρκαγιά του 2007 περιλαμβάνουν τις δενδρώδεις καλλιέργειες καρυδιών, σύκων αλλά και των αμπελιών.

| Είδος Καλλιέργειας | Κατεστραμμένη Έκταση σε στρέμματα | Αριθμός Κατεστραμμένων δένδρων | Ποσοστό % στο σύνολο των εκτάσεων |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Ελιές | 8.196,76 | 172.132 | 87,59% |
| Αμπέλια | 123,12 | 0 | 1,32 % |
| Καρύδια | 246,05 | 5.167 | 2,63 % |
| Σύκα | 308,86 | 4.324 | 3,30% |

Πίνακας 2: Καταστροφές Καλλιεργειών

Οι καταστροφές από την πυρκαγιά δεν περιορίστηκαν μόνο στις καλλιέργειες και τα δάση αλλά επεκτάθηκαν και στην ζωική παραγωγή.

Ο Φεγγερός (2008) αναφέρει πως οι ζημιές στην ζωική παραγωγή ανάλογα και με την σπουδαιότητα τους είναι οι ακόλουθες:

- Κάψιμο βοσκότοπων με αποτέλεσμα την έλλειψη τροφής για τα αιγοπρόβατα
- Οργανωμένες κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις

Σύμφωνα με τον Φεγγερό (2008) η δραστηριότητα της ζωικής παραγωγής στις πυρόπληκτες περιοχές ασκείται κυρίως σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές και εκφράζεται αποκλειστικά σχεδόν με την εκτροφή αιγοπροβάτων.

Το ποσοστό καταστροφής στον αιγοπροβατοτροφικό τομέα ανέρχεται σε 0,54% των συνολικών κεφαλών στον νομό.

Σημαντικές καταστροφές υπέστησαν και τα μελίσσια στον νομό. Σύμφωνα με στοιχεία του ΕΛΓΑ (2007) σε όλη την Ελλάδα καταστράφηκαν 23.919 μελίσσια με τα 7.079 να καταστρέφονται στον νομό Αρκαδίας που είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος αριθμός κατεστραμμένων μελισσιών στην Ελλάδα και αντιπροσωπεύουν το 29,5 % των κατεστραμμένων μελισσιών στην Ελλάδα. (Χαριζάνης,2008)

Σε ότι αφορά τις κατοικίες στους Δήμους του Νομού Αρκαδίας, σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ το 2007, 185 κατοικίες καταστράφηκαν ολοσχερώς και 110 κατοικίες υπέστησαν επισκευάσιμες ζημιές. Επίσης 157 στάβλοι και αποθήκες καταστράφηκαν ολοσχερώς ενώ 171 υπέστησαν μερική καταστροφή.

Οι πυρκαγιές του 2007 ανέδειξαν τις παθογένειες και τα γενικότερα προβλήματα που αφορούν κοινωνικές και πολιτικές παραμέτρους.

Οι πυρκαγιές έπληξαν το εισόδημα και την απασχόληση πολλών κατοίκων της περιοχής και ιδιαίτερα των κτηνοτρόφων και των αγροτών των οποίων οι καλλιέργειες και οι εκμεταλλεύσεις υπέστησαν ζημιές. Οι πυρκαγιές είναι πολύ πιθανό να επηρέασαν και την δημογραφία της περιοχής καθώς ένα σημαντικό τμήμα του τοπικού πληθυσμού μετακινήθηκε από τις πληγείσες περιοχές σε άλλες περιοχές με περισσότερες ευκαιρίες απασχόλησης.

Η Μπαλάφα (2013) αναφέρει πως συνοπτικά οι δευτερογενείς επιπτώσεις στον Νομό Αρκαδίας ήταν οι ακόλουθες:

- Στους δήμους Μεγαλόπολης και Φαλαισίας σημαντικές ήταν οι επιπτώσεις στις επιχειρήσεις που εξαρτώνται από τη γεωργική παραγωγή, στη γεωργική παραγωγή, στο εισόδημα λόγω μειωμένης αγροτικής παραγωγής, στην αναπλήρωση της αγροτικής παραγωγής, στην πρόκληση οικονομικής κρίσης στις αγροτικές οικογένειες, στην υποβάθμιση της ποιότητας του τοπίου και στην απώλεια της βιοποικιλότητας.
- Αύξηση της ανεργίας, απώλεια εσόδων των κατοίκων, εξασθένηση της τοπικής οικονομίας, αποδυνάμωση της αγοραστικής δύναμη των κατοίκων, παρατηρήθηκαν στον Δ. Φαλαισίας.
- Πολύ σημαντικές επιπτώσεις στον τουρισμό ανέφεραν οι δήμοι Ηραίας και Φαλαισίας.

6.3 Φάσεις ανασυγκρότησης μετά την πυρκαγιά

Σαν «ζημιά» από τις φυσικές καταστροφές εννοείται η καταστροφή που έχει γίνει στην φυτική και ζωική παραγωγή καθώς επίσης και στα μέσα παραγωγής και στον εξοπλισμό.

Οι κρατικές ενισχύσεις που πραγματοποιήθηκαν εκείνη την περίοδο διακρίθηκαν σε 4 κατηγορίες σύμφωνα και με τον Ξανθόπουλο(2009):

- Ενισχύσεις για την ανασύσταση του φυτικού κεφαλαίου και παραγωγής
- Ενισχύσεις για την αντικατάσταση του ζωικού κεφαλαίου και των μελισσιών
- Ενισχύσεις για την αποκατάσταση των ζημιών στα μέσα παραγωγής και τον εξοπλισμό
- Ενισχύσεις για την απώλεια εισοδήματος από την απώλεια της παραγωγής εκείνης της καλλιεργητικής περιόδου καθώς και από την απώλεια και καταστροφή των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.

Το σχέδιο της ανασυγκρότησης των περιοχών που επλήγησαν από την πυρκαγιά ακολούθησε τους παρακάτω άξονες όπως τους είχαν καταγράψει η Σπανού κ.α(2010):

- Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος μέσω της εκπόνησης περιβαλλοντικών μελετών όπου σε κάποιες περιοχές θα προστατευθεί η φυσική αναγέννηση του δάσους και του φυσικού περιβάλλοντος και σε κάποιες άλλες περιοχές θα προωθηθεί η αναδάσωση.
- Αποκατάσταση πρωτίστως της στέγασης και στην συνέχεια της αναπλήρωσης του εισοδήματος των πληγέντων
- Προώθηση μελετών και έργων για την αντιπλημμυρική προστασία των καμένων περιοχών
- Προώθηση μελετών και έργων υποδομών όπως οδικών, αρδευτικών, εγγειοβελτιωτικών και υδρευτικών.
- Προώθηση και ενίσχυση της επιχειρηματικότητας
- Ανασυγκρότηση της περιοχής με ταυτόχρονη προστασία του εναπομείναντος ζωικού και φυτικού κεφαλαίου καθώς και προστασία των κατοίκων και αποτροπή αυτών να φύγουν από την περιοχή.

Τα αντιπλημμυρικά έργα ξεκίνησαν την ίδια χρονιά ειδικότερα στην περιοχή της Μεγαλόπολης ενώ την ίδια χρονική περίοδο ξεκίνησε και η αποκατάσταση των ζημιών στα κτίρια στις πυρόπληκτες περιοχές ενώ η δασική υπηρεσία προχώρησε στην αποτύπωση των καμένων εκτάσεων προκειμένου αυτές να κηρυχτούν άμεσα αναδασωτέες και να προστατευθούν.

7 Εφαρμογή Τηλεπισκόπησης στην μελέτη της πυρκαγιάς του 2007 στον Ν. Αρκαδίας

7.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης είναι ο Νομός Αρκαδίας -Περιφερειακή Ενότητα Αρκαδίας, σύμφωνα με τη Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης / Πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν. 3852/2010 – ΦΕΚ 87/Α/7-6-2010)- ο οποίος βρίσκεται στην κεντρική Πελοπόννησο και συνορεύει βόρεια με το Ν. Αχαΐας, βορειοανατολικά με το Ν. Κορινθίας, βορειοδυτικά με το Ν. Ηλείας, ανατολικά με το Ν. Αργολίδας, νότια με το Ν. Λακωνίας και νοτιοδυτικά με το Ν. Μεσσηνίας.

Ο νομός με έκταση 4.418,74 τετρ. χλμ. (με εσωτερικά ύδατα) αποτελεί τον μεγαλύτερο σε έκταση νομό της Περιφέρειας Πελοποννήσου και πρωτεύουσα του είναι η Τρίπολη. Κύριοι ορεινοί όγκοι του Νομού αποτελούν το όρος Μαίναλο με ψηλότερη κορυφή τον Προφήτη Ηλία στα 1.981 μ., το όρος Αρτεμίσιο (1.772 μ.), ο Πάρνωνας με ψηλότερη κορυφή στην Αρκαδία την Άνω Κορομηλιά (1.232 μ.), το όρος Λύρκειο (1.756 μ.) και το βόρειο τμήμα του Ταϋγέτου. Σημαντικά ποτάμια του νομού είναι οι ποταμοί Αλφειός (και ο παραπόταμος του Λούσιος), ο οποίος είναι και ο μεγαλύτερος ποταμός του Νομού με μήκος 110 χλμ., ο Λάδωνας και ο Ερύμανθος, ο οποίος χωρίζει ως φυσικό σύνορο το νομό από το Νομό Ηλείας. Χαρακτηριστικό της ορεινής μορφολογίας του νομού αποτελεί ο σχηματισμός οροπεδίων (με γνωστότερο το οροπέδιο της Τρίπολης) και ορεινών πεδιάδων με αποτέλεσμα ο σχηματισμός πεδινών πεδιάδων να είναι περιορισμένος. Οι πιο γνωστές πεδινές πεδιάδες είναι αυτές του Άστρους Κυνουρίας και του Λεωνιδίου. Στο Νομό υπάρχουν οι λίμνες Τάκκα, η οποία δεν έχει σταθερή έκταση και η τεχνητή λίμνη του Λάδωνα με έκταση 16 τ.χλμ. και μήκος 15 χλμ. Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (2001) τα εδάφη του Νομού είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους ορεινά (62,57%) και

ημιορεινά (28,08%) και σε μικρότερο ποσοστό πεδινά (9,35%).

Η πλειονότητα των πυρόπληκτων περιοχών εντοπίζεται στο Νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού Αρκαδίας και κυρίως στα σύνορα των Νομών Ηλείας και Μεσσηνίας. Το κύριο χαρακτηριστικό της γεωμορφολογίας του Νομού είναι η ορεινότητα του εδάφους που καλύπτει σχεδόν τα 3/5 της συνολικής έκτασης (η έκταση του Νομού αποτελείται κατά 63% από ορεινές περιοχές, κατά 28% από ημιορεινές και κατά 9% από πεδινές) και η πλειονότητα των πυρόπληκτων περιοχών είναι ορεινές περιοχές.

Η περιγραφή των κατά Δήμο πυρόπληκτων περιοχών θα γίνει σύμφωνα με την οριοθέτηση των Δήμων του Νομού Αρκαδίας όπως ίσχυε προ της εφαρμογής του Καλλικράτη. Τα κυρίως πυρόπληκτα Δ.Δ. είναι τα εξής:

- 1) Δήμος Βαλτετσίου στα Δημοτικά Διαμερίσματα: Αγριακόνας, Αθηναίου, Αμπελακίου, Αραχαμιτών, Ασέας, Βαλτετσίου, Δόριζα, Κεραστάρη, Μάναρη, Παλαιοχούνης, Πάπαρη
- 2) Δήμος Γόρτυνιαις στα Δημοτικά Διαμερίσματα: Ατσιχόλου, Βλαχορράπτη, Ζώνης, Καριταίνης, Κατσίμπαλη, Κουρουνιού, Κυπαρισσίων, Κωτιλίου, Μαυριών, Σαρακινίου
- 3) Δήμος Ηραίας στα Δημοτικά Διαμερίσματα: Κακουραΐικων, Κοκκορά, Παλούμπας, Ράφτη
- 4) Δήμος Μεγαλόπολης στα Δημοτικά Διαμερίσματα: Ανθοχωρίου, Άνω Καρυών, Γεφύρας, Ίσαρη, Ισώματος Καρυών, Καστανοχωρίου, Κάτω Καρυών, Λυκοσούρας, Λυκοχίων, Μακρυσίου, Μαλλωτών, Μαραθούσσης, Μεγαλοπόλεως, Νέας Εκκλησούλας, Νεοχωρίου Λυκοσούρας, Παραδεισίων, Περιβολίων, Πλάκας, Ραψομμάτη, Σουλίου, Σούλου, Τριλόφου, Τριποτάμου, Χιράδων, Χράνων
- 5) Δήμος Φαλαισίας στα Δημοτικά Διαμερίσματα: Ακόβου, Αναβρυτού, Ανεμοδουρίου, Βελιγοστής, Βουτσαρά, Γιανναίων, Γραικού, Ελληνίτσης, Καμάρας, Λεονταρίου, Νεοχωρίου Φαλαισίας, Πετρίνας, Ποταμιάς, Ρουτσίου, Σκορτσινού, Σουλαρίου, Τουρκολέκα, Φαλαισίας.

7.2 Ροή εργασιών

Προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος της καταστροφής που προκλήθηκε από την πυρκαγιά καθώς και η ενδεχόμενη αλλαγή χρήσεων γης που πραγματοποιήθηκε στην

περιοχή μελέτης, απαραίτητη κρίθηκε η χρησιμοποίηση εικόνων σε τρεις χρονολογίες, που αφορούν στις εξής φάσεις:

- α) πριν από την εκδήλωση της πυρκαγιάς
- β) ακριβώς μετά την εκδήλωση της
- γ) μετά το πέρας της πυρκαγιάς

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη πυρκαγιά είναι ορθοφωτοχάρτες χρονολογίας 2006, μετά το πέρας της πυρκαγιάς του 2007, και τέλος εικόνα έξι (10) χρόνια μετά το πέρας της πυρκαγιάς.

7.3 Γεωαναφορά εικόνων

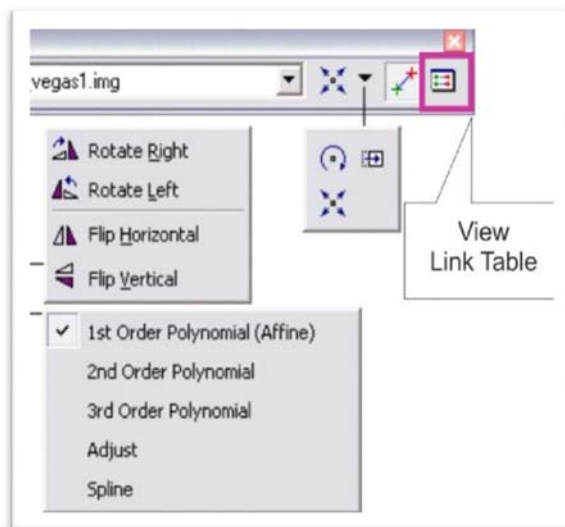
Στο ArcGIS η γεωαναφορά υλοποιείται για δεδομένα τύπου raster (κανονικοποιημένα δεδομένα) σε περιβάλλον ArcMap. Γίνεται αναφορά σε κανονικοποιημένα δεδομένα, διότι στις περισσότερες των περιπτώσεων ο χάρτης-πηγή σαρώνεται και χρησιμοποιείται ως εικόνα. Στις διαδικασίες που περιγράφονται στη συνέχεια, έχουν χρησιμοποιηθεί οι εκδόσεις ArcGIS 10.1 και ArcGIS 10.2. Η διαδικασία της γεωαναφοράς μπορεί να γίνει:

- Με τις συντεταγμένες σημείων κοινών και στα δύο επίπεδα.
- Με άλλο raster dataset.
- Με vector layer.
- Με άλλο raster dataset, αυτόματα.

Εδώ θα παρουσιαστεί αναλυτικά η τυπική περίπτωση γεωγραφικής προσαρμογής με τη χρήση ορθογωνίων συντεταγμένων. Οι γενικές οδηγίες για την ενεργοποίηση και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος εργασίας στο ArcMap περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Β. Στο περιβάλλον εργασίας ArcMap και στο πλαίσιο μιας χαρτοσύνθεσης (map document - mxd) επιλέγεται η κατάσταση λειτουργίας Data view (επισκόπηση δεδομένων), από τη βάση του

παραθύρου Georeferencing
επισκόπησης των Georeferencing » Layer: [las Update Georeferencing
δεδομένων. Από το Rectify... Fit To Display
μενού Flip or Rotate ► -
Customize>Toolbars Transformation ► -
✓ Auto Adjust
Update Display Delete Control Points Reset
Transformation

ενεργοποιείται η γραμμή εργαλείων *Georeference toolbar* και με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού σύρεται και τοποθετείται στη γκριζα περιοχή των εργαλείων (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Η γραμμή εργαλείων γεωαναφοράς στο ArcMap.

7.3.1 Εισαγωγή των σημείων γεωγραφικής προσαρμογής/ελέγχου

Από τη *Georeference Toolbar* επιλέγεται το πλήκτρο *Add control points*. Στην κατάλληλη μεγέθυνση, με τη χρήση του ποντικιού και αριστερό κλικ, ψηφιοποιείται η θέση του σημείου γεωγραφικής προσαρμογής (*registration point*) και στη συνέχεια με το πάτημα του δεξιού κουμπιού του ποντικιού (δεξί κλικ) αναδύεται ένα μενού λειτουργιών. Από την επιλογή *Input X and Y* (με αριστερό κλικ) γίνεται η εισαγωγή των συντεταγμένων του συγκεκριμένου σημείου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για το σύνολο των σημείων γεωγραφικής προσαρμογής τα οποία θα χρησιμοποιηθούν.

7.3.2 Υλοποίηση και αποθήκευση της γεωαναφοράς

Ο έλεγχος της ακρίβειας του μετασχηματισμού γίνεται από το σφάλμα του μετασχηματισμού, το οποίο εμφανίζεται μαζί με τις συντεταγμένες των σημείων σε ένα παράθυρο στο εικονίδιο *View Link Table* της *Georeference toolbar*. Το RMSE υπολογίζεται στις μονάδες των συντεταγμένων που έχουν εισαχθεί, εν προκειμένω μέτρα. Αν κριθεί απαραίτητο, από τον πίνακα των σημείων γεωγραφικής προσαρμογής/ελέγχου μπορεί να γίνει η διαγραφή ενός ή περισσότερων σημείων. Η γεωαναφορά αποθηκεύεται μόνιμα για το κανονικοποιημένο αρχείο, από τη λίστα επιλογών του μενού *Georeferencing>Update Georeferencing*

7.4 Κατηγορίες χρήσεων γης

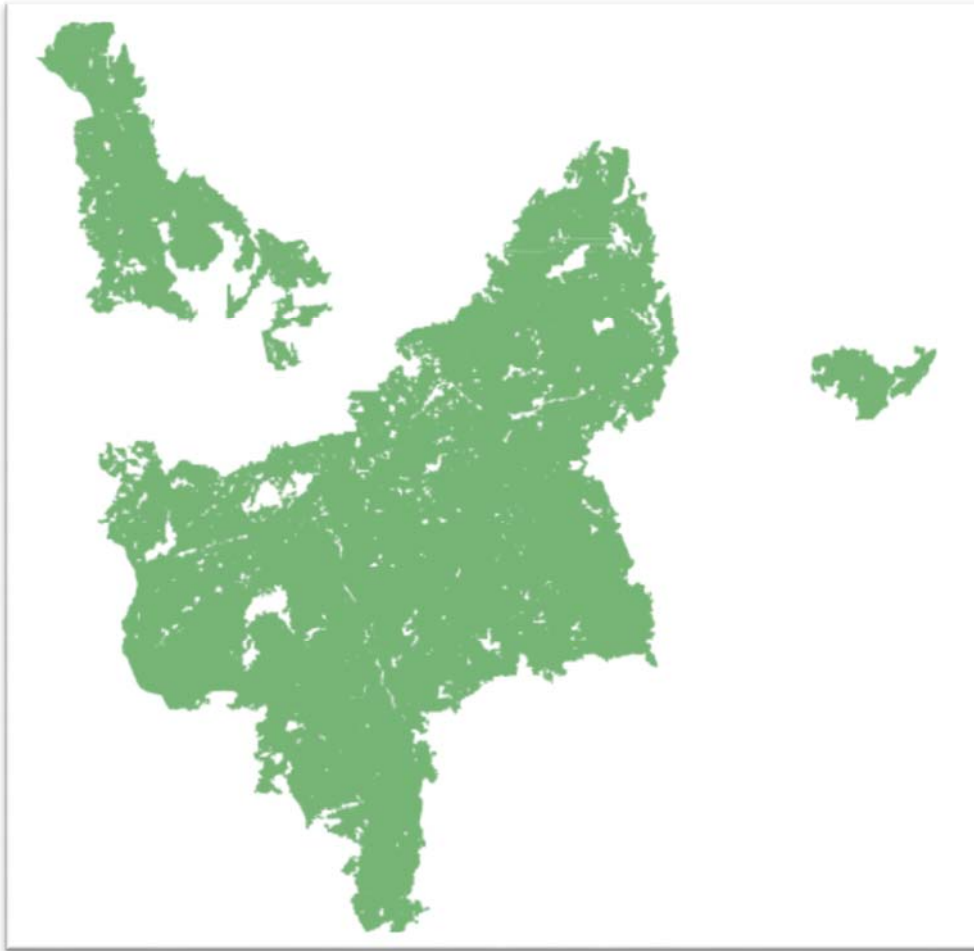
Οι χρήσεις γης της περιοχής κατηγοριοποιήθηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Δάσος
- Σπίτια – Δρόμοι
- Ελιές-Λοιπές δενδρώδεις καλλιέργειες
- Καμένα και ημικαμένα

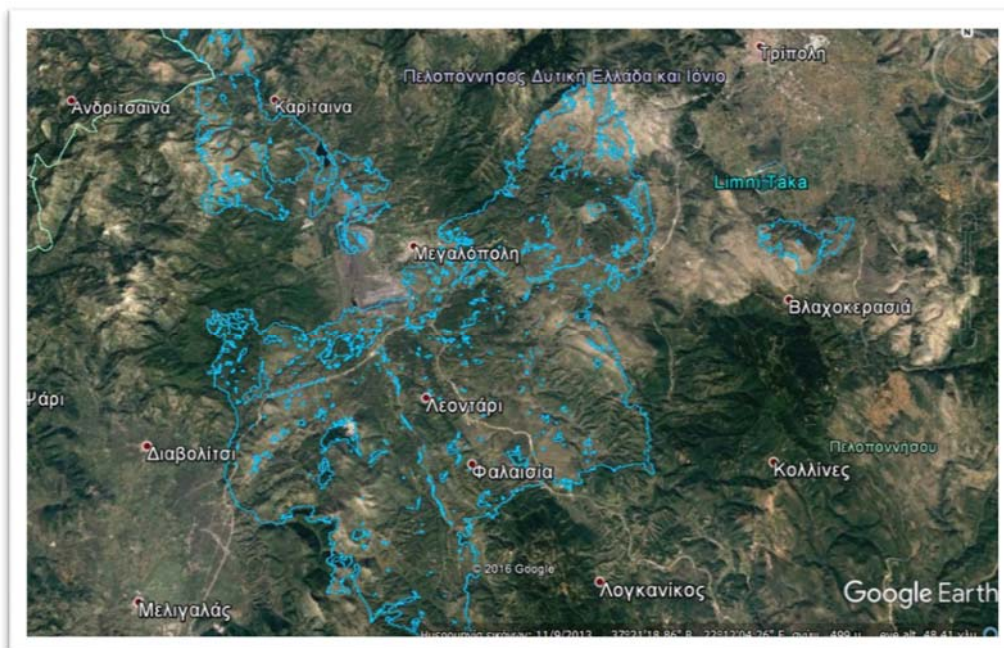
Η κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης πραγματοποιήθηκε με φωτοερμηνευτικά κριτήρια (πυκνότητα δένδρων, κλίσεις, υψόμετρο).

Η τέταρτη κατηγορία αφορά τα καμένα τμήματα γης για την χρονολογία 2007 ενώ ημικαμένα αναφέρονται εκείνα τα τμήματα τα οποία ακόμα και σήμερα παραμένουν καμένα και δεν έχουν αναδασωθεί.

Οι αναδασωτές εκτάσεις του Νομού Αρκαδίας παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα 10 αφού προηγήθηκε η γεωαναφορά στο πρόγραμμα ArcGIS και στην εικόνα 11 από φωτογραφίες του Google Earth.



Εικόνα 10: Αναδασωτέες Εκτάσεις Νομού Αρκαδίας



Εικόνα 11: Αναδασωτέες Εκτάσεις Νομού Αρκαδίας

7.5 Σημερινή κατάσταση αναδασωτέων εκτάσεων

Όπως προαναφέρθηκε θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση των περιοχών σε 3 περιόδους μέσω των ορθοφωτοχαρτών.

α) 4 χρόνια πριν από την εκδήλωση της πυρκαγιάς

β) ακριβώς μετά την εκδήλωση της

γ) 10 χρόνια μετά την πυρκαγιά



Εικόνα 12: Χρήση γης - Δάσος Περίοδος 2003



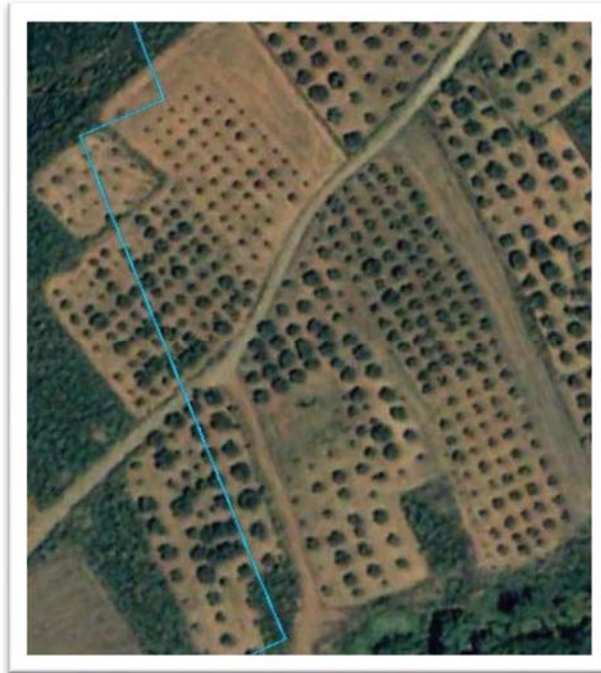
Εικόνα 13: Χρήση γης - Δάσος-Καμένα Περίοδος 2007



Εικόνα 14: Χρήση γης - Δάσος-Καμένα Περίοδος 2016

Στις παραπάνω εικόνες 12-14 παρουσιάζεται μια δασική έκταση όπως ήταν πριν την πυρκαγιά του 2007 και όπως ήταν μετά. Από τις εικόνες αυτές είναι εμφανές πως το

δάσος δεν έχει αποκατασταθεί πλήρως και τείνει να μετατραπεί σε βοσκότοπο. Χαρακτηριστική είναι η σύγκριση των εικόνων 12 και 14.



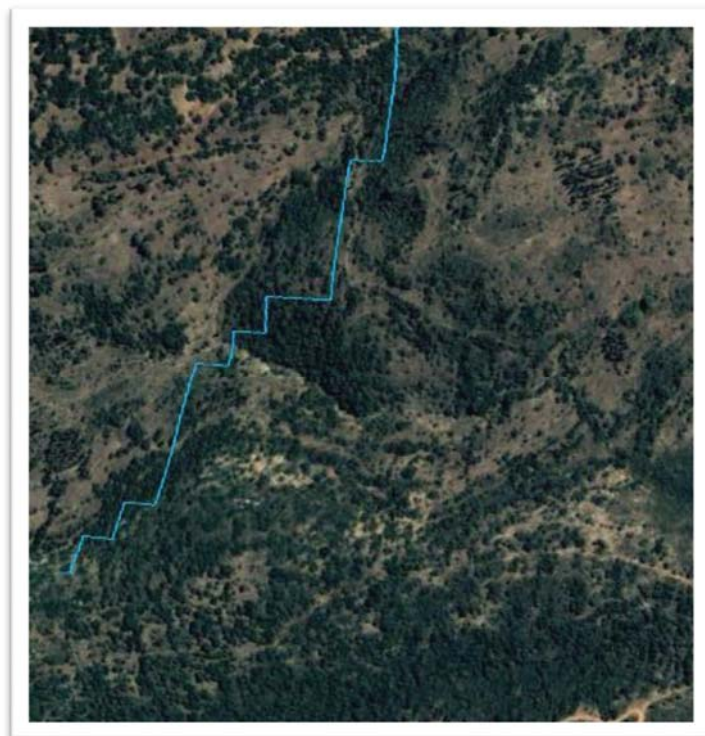
Εικόνα 15: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2003



Εικόνα 16: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2007



Εικόνα 17: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2016



Εικόνα 18: Χρήση γης - Δάσος Περίοδος 2003

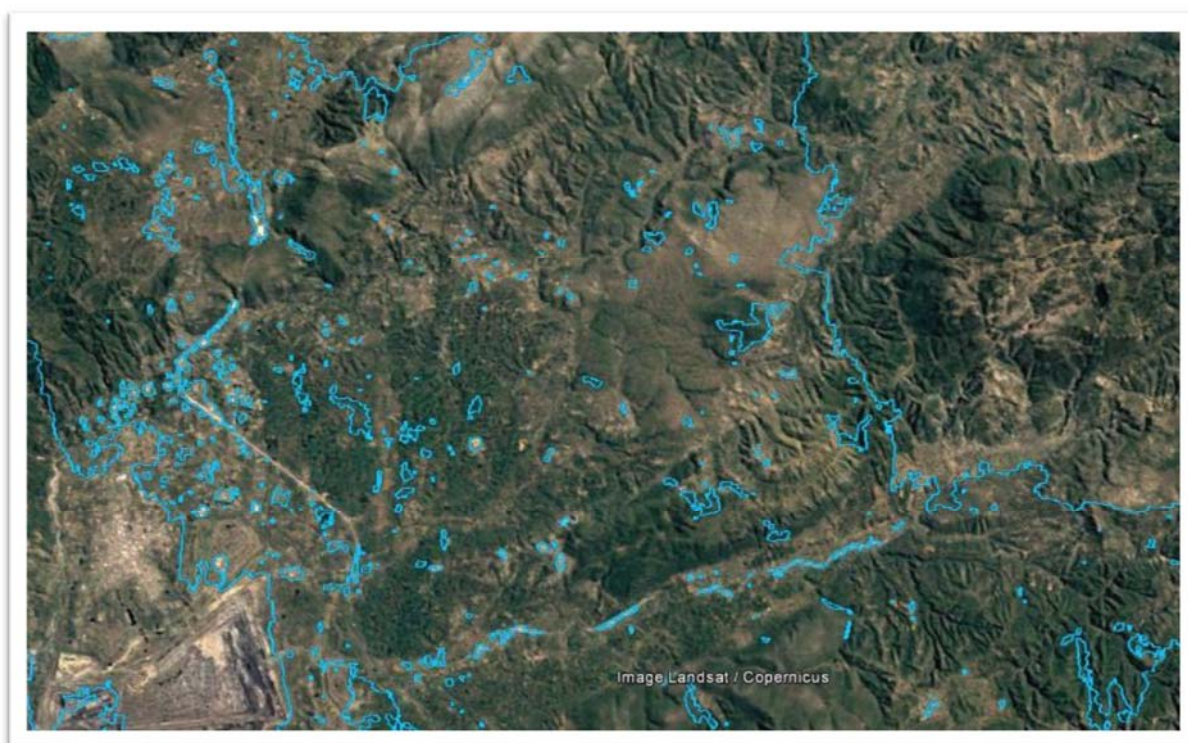


Εικόνα 19: Χρήση γης - Καμένα Περίοδος 2007

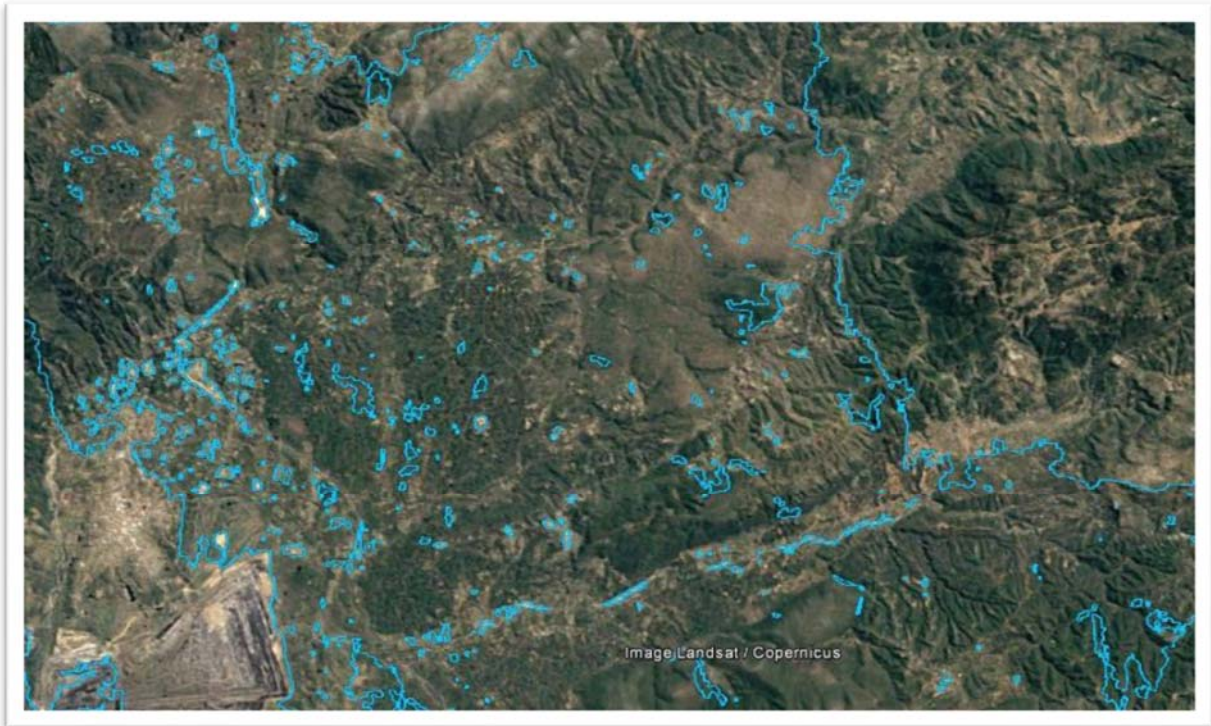


Εικόνα 20: Χρήση γης - Ημικαμένα Περίοδος 2016

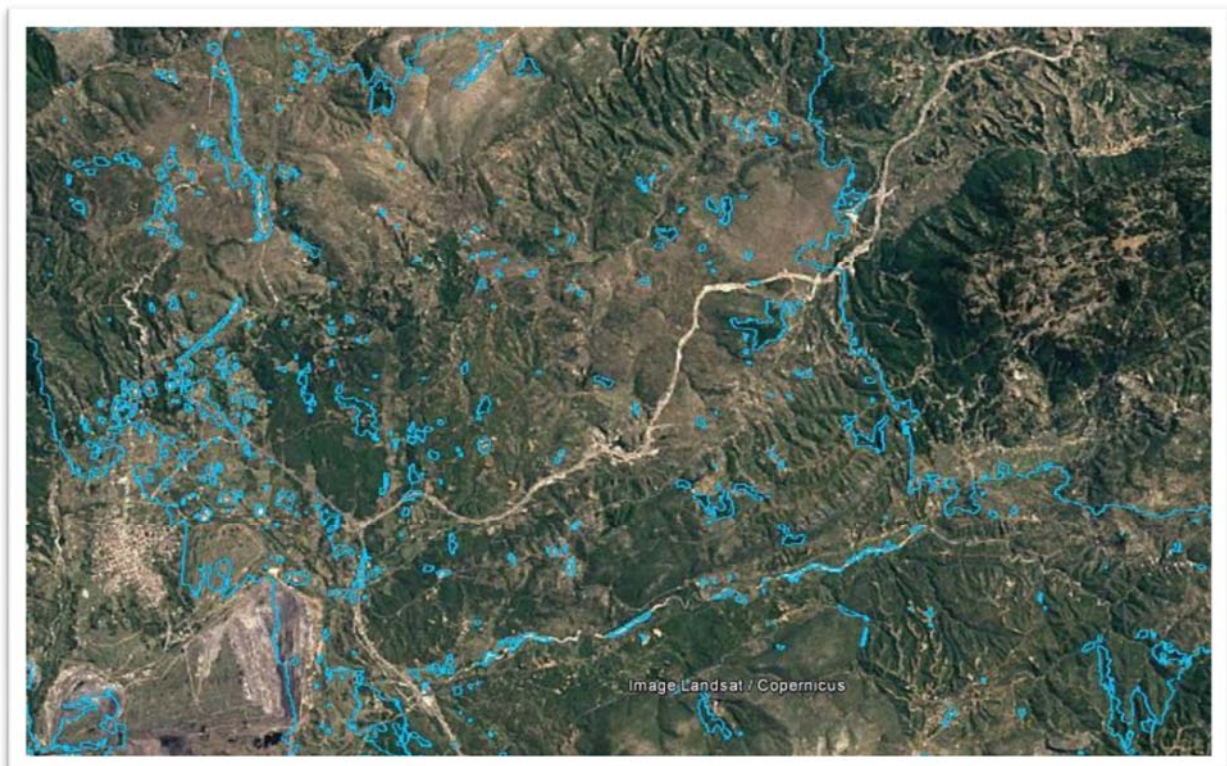
Μια ακόμα σύγκριση που μας δείχνει πως οι αναδάσωση στην περιοχή δεν έχει ολοκληρωθεί ή δεν έχει πραγματοποιηθεί είναι οι παραπάνω εικόνες 18-20. Στις εικόνες αυτές φαίνεται το δάσος πριν από την πυρκαγιά και αμέσως μετά την πυρκαγιά, ενώ στην εικόνα 20 φαίνεται πως υπάρχει μια πολύ μικρή αποκατάσταση του δάσους. Φαίνεται να έχουν πραγματοποιηθεί δασοκομικές εργασίες αλλά η εικόνα της περιοχής μας δείχνει πως το δάσος δεν έχει αποκατασταθεί και σίγουρα δεν έχει έρθει στην μορφή που είχε αυτό πριν την πυρκαγιά του 2007.



Εικόνα 21: Συνολικά Αναδασωτέες εκτάσεις Περίοδος 2003



Εικόνα 22: Συνολικά Αναδασωτές εκτάσεις Περίοδος 2007



Εικόνα 23 : Συνολικά Αναδασωτές εκτάσεις Περίοδος 2016

Κεφάλαιο 8

8 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στην εργασία αυτή αναδείχτηκε η χρησιμότητα της Τηλεπισκόπησης στην μελέτη των φυσικών καταστροφών. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των αναδασωτέων εκτάσεων πριν και μετά την πυρκαγιά του 2007 στον Νομό Αρκαδίας και αναδείχτηκε, μέσω της τηλεπισκόπησης, πως οι περιοχές που έχουν κηρυχτεί αναδασωτές δεν έχουν ακόμα αποκατασταθεί πλήρως.

Με την εφαρμογή της τηλεπισκόπησης και την βοήθεια των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων πραγματοποιείται η χαρτογραφική απεικόνιση της έκτασης των καμένων περιοχών προκειμένου να γίνονται κατανοητές οι χωρικές επιπτώσεις της πυρκαγιάς.

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών αυτό που γίνεται σε μεγάλο βαθμό είναι οι εκτενείς επισκέψεις στην καμένη περιοχή και σε οπτικές τοπικές παρατηρήσεις των επιπτώσεων της πυρκαγιάς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πρόχειρου χάρτη των επιπτώσεων των πυρκαγιών ενώ δεν καταγράφονται ποιοτικές παράμετροι όπως είναι τα είδη των καλλιεργειών και των δένδρων που κάηκαν. Επιπροσθέτως, με τις αυτοψίες και μόνο δεν μπορεί να γίνει εκτίμηση της ανάκτησης της βλάστησης και της διάβρωσης του εδάφους.

Οι πυρκαγιές στην χώρα μας είναι ένα συχνό φυσικό φαινόμενο εξαιτίας και των δυσκολιών που προκύπτουν, λόγω του ιδιόμορφου αναγλύφου.

Η Τηλεπισκόπηση με τη δυνατότητα χρήσεως και επιλογών των εξελιγμένων τεχνικών και μεθόδων της ψηφιακής επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων και συγκεκριμένα των τεχνικών ταξινόμησης μπορεί να ανιχνεύσει, προσδιορίσει και να αναδείξει ποιοτικές και μετρητικές πληροφορίες σε βάθος ετών γρήγορα - φθηνά και αξιόπιστα.

Αναλυτικότερα μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ενός μοντέλου αντιμετώπισης παρόμοιων καταστάσεων, το οποίο θα λειτουργεί σαν ένα σύστημα λήψης αποφάσεων και για άλλες φυσικές καταστροφές όπως π.χ. για πρόληψη και αντιμετώπιση

πυρκαγιών, χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές επεξεργασίας και διαχείρισης δεδομένων.

Επιπλέον η ακριβής και γρήγορη εκτίμηση που επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης μπορεί να διευκολύνει δασολόγους ώστε να εντοπίσουν περιοχές που χρειάζονται έντονη ή ειδική ανάπλαση. Επίσης δύναται να κηρύσσονται εύκολα και γρήγορα περιοχές δασικές και αναδασωτέες.

Αποτελεί μια ποιοτικά ελεγμένη και εφαρμοσμένη μέθοδος χαμηλού κόστος που απαιτεί από την μια εξειδικευμένο προσωπικό αλλά από την άλλη περιορισμένο προσωπικό ενώ δεν απαιτεί πολλές επισκέψεις και αυτοψίες στην καμένη περιοχή.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της τηλεπισκόπησης το οποίο μπορεί να είναι στην διάθεση του κράτους είναι πως οι πληγέντες λαμβάνουν την πρόνοια της πολιτείας έγκυρα και έγκαιρα, ενώ το κράτος μπορεί να προβεί σε σωστή διαχείριση των οικονομικών του πόρων προς όφελος του πολίτη.

Οι δασικές πυρκαγιές εκτός της περιβαλλοντικής τους επίδρασης, έχουν και σημαντική οικονομική διάσταση λόγω του μεγάλου κόστους για την πρόληψη και καταστολή των πυρκαγιών, της μείωσης της εμπορικής αξίας των καμένων προϊόντων ξύλου, του κόστους που αφορά σε μη εμπορεύσιμες υπηρεσίες, όπως η προστασία της βιοποικιλότητας, η ρύθμιση του κύκλου του νερού, η ενίσχυση των περιοχών αναψυχής, η προστασία του εδάφους κ.λπ.

Έχοντας αναλύσει τις αιτίες των μεγάλων πυρκαγιών γίνεται προφανές ότι καθώς αυτές καλύπτουν όλο το φάσμα των πιθανοτήτων, απαιτούνται όλοι οι γνωστοί τρόποι πρόληψης πυρκαγιών. Είναι επίσης σαφές ότι η πρόληψη δεν θα πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στις περιπτώσεις εμπρησμού. Η ενημέρωση του κοινού, η καλύτερη και αντικειμενική έρευνα των αιτιών πυρκαγιάς, η τιμωρία των εμπρηστών, η καλύτερη επιτήρηση κ.λπ. είναι μόνο η μία πλευρά του νομίσματος.

Η άλλη πλευρά περιλαμβάνει τη διατήρηση της δασικής βλάστησης σε ασφαλή επίπεδα, μέσω κατάλληλης διαχείρισης και σχέδια μείωσης της συσσωρευμένης βιομάζας, την ανάπτυξη ασφαλέστερων περιοχών μίξης δασών- οικισμών και την οργάνωση σχεδίων καταστολής, που πρέπει να έχουν οι δυνάμεις πυρόσβεσης ώστε να δρουν αποτελεσματικά.

Σε γενική θεώρηση, η αποτυχία στον έλεγχο των συμβάντων πυρκαγιάς, από οποιαδήποτε αιτία, αυξάνει την πιθανότητα της εξάπλωσης των πυρκαγιών. Η συνεχής και διαρκεί προσπάθεια πρόληψης είναι ορατά αναγκαία για την μείωση των καταστροφών. Ο σκοπός θα πρέπει να είναι όχι μόνο η εκδήλωση πυρκαγιάς αλλά και η ελαχιστοποίηση

των ζημιών και του πανικού, προκειμένου να ελεγχθεί η κατάσταση όσο το δυνατόν συντομότερα .

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα φαινόμενα του περιβάλλοντος, με διαστάσεις που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οδηγούν σε καταστροφές, τόσο σε επίπεδο φυσικού πλούτου, όσο και σε επίπεδο ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Είναι από τους σπουδαιότερους εχθρούς της διατήρησης και της παραγωγικότητας των δασών και μόνο σε λίγες περιπτώσεις μπορούν να θεωρούνται ωφέλιμες. Αποτελούν ωστόσο φαινόμενο της μεσογειακής ζώνης, στην οποία ανήκει η χώρα μας και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται όχι ως εξαιρετικό συμβάν αλλά ως μέρος της φυσικής εξέλιξης των δασικών οικοσυστημάτων της Ελλάδας

Προτάσεις

Μετά από την μελέτη που πραγματοποίησε το Γ.Π.Α οι Προτάσεις για την προστασία των υδάτινων πόρων: Σαν αποτέλεσμα των πυρκαγιών αναφορικά με τους υδάτινους πόρους, αναφέρεται η αύξηση της επιφανειακής απορροής, η μείωση της ικανότητας κατείσδυσης των κατακρημνισμάτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, διαδεδομένες κατολισθήσεις, πλημμυρικά φαινόμενα, αύξηση της διαβρωτικής ικανότητας του νερού, η αλλοίωση της ποιότητας της υδρομάστευσης των πηγών, μεταβολές στις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του υπέργειου και του υπόγειου νερού (εξαιτίας των υπολειμμάτων της καύσης).

Για την αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων, έγιναν οι έξι προτάσεις:

ί. Προμήθεια νερού για το πότισμα των ζώων: Καθώς το νερό των πηγών κρίθηκε ακατάλληλο, ανάλογης ποσότητας με τον αριθμό των κεφαλών (2 L/ ημέρα για το κάθε ζώο).

ίί. Για τις λοιπές κτηνοτροφικές χρήσεις: Εξαιτίας της αισθητής μείωσης της παροχής νερού από τις πηγές, η οποία μπορεί να φτάνει και το 40%, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο πρότεινε να γίνουν έργα αποκατάστασης σε 150 υδρομαστεύσεις πηγών συνολικού

ίίί. Για την αντιμετώπιση ολισθήσεων γαιών σε βοσκότοπους και κτηνοτροφικές μονάδες: Για το σκοπό αυτό προτάθηκαν έργα διαμόρφωσης και προστασίας των πρανών και των ρεμάτων, το 30% των οποίων ήταν σημαντικό να πραγματοποιηθούν άμεσα.

ίν. Για την παροχή πόσιμου νερού σε μικρά ορεινά χωριά: Προτάθηκε μεταφορά πόσιμου νερού και αποθήκευση στις δεξαμενές τους για τους επόμενους 6 μήνες.,

ν. Για την αντιμετώπιση της μείωσης της παροχής του νερού άρδευσης προτάθηκαν: Αποκατάσταση υδρομαστευτικών έργων πηγών σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο των 200 μέτρων . Διάνοιξη γεωτρήσεων σε περιοχές με υψόμετρο μικρότερο των 300 μέτρων, συνολικού κόστους

Τέλος, κατασκευή χαμηλών φραγμάτων στην ορεινή και ημιορεινή περιοχή και για την αντιμετώπιση των ολισθήσεων της γεωργικής γης: Έργα διαμόρφωσης των ρεμάτων και των πρανών και αποστραγγιστικά έργα.

Προτάσεις για την αποκατάσταση των Δασών: Τα δάση που κάηκαν στους 7 πληγέντες Νομούς, απαρτίζονταν από μια πληθώρα διαφορετικών ειδών βλάστησης. Συγκεκριμένα, κάηκαν δάση ψυχοβόρων κωνοφόρων δέντρων, όπου φύονταν δάση της μαύρης Πεύκης, της ελάτης, δάση που προέκυψαν είτε φυσικά είτε μετά από αναδασώσεις σε πρότερο χρόνο, σε υψόμετρο από 800-1500 μέτρα. Κάηκαν συνάμα δάση θερμόβιων κωνοφόρων όπου φύονταν η χαλεπός Πεύκη και η κουκουναριά, που ομοίως είτε προέκυψαν φυσικά είτε μετά από αναδασώσεις. Επίσης, κάηκαν δάση φυλλοβόλων πλατύφυλλων, όπως είναι η καστανιά, η δρυς και τα πλατάνια, τα οποία κατά κύριο λόγο ήταν φυσικά δάση. Κάηκαν επίσης βοσκημένες εκτάσεις, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία του λιβανικού τύπου των θαμνολίβαδων αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών και προήλθαν από επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές και εξαιτίας της υπερβόσκησης. Τα αείφυλλα πλατύφυλλα, στην περίπτωση που οι εδαφικές και κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν, αναβλαστάνουν γρήγορα, ώστε σε 2-5 έτη μπορούν να βοσκηθούν. Αναφορικά με τα θερμόβια δάση των κωνοφόρων, το μεγαλύτερο ποσοστό και από τους 7 Νομούς, κάηκε στην Ηλεία και αποτελούσε το 61,6% της συνολικής καμένης έκτασης. Τέλος, στη Ηλεία, όπως συνέβη και στην Αρκαδία, κάηκαν οι μεγαλύτερες εκτάσεις φυλλοβόλων πλατύφυλλων δασών. Για την ανασυγκρότηση όλων αυτών των εκτάσεων, έγιναν οι ακόλουθες προτάσεις:

ί. Κατασκευή αντιδιαβρωτικών έργων μετά την ολοκλήρωση των υλοτομικών εργασιών, με κλαδοπλέγματα, κορμοδέματα και κορμοπλέγματα. Παράλληλα, άμεση κατασκευή ξύλινων φραγμάτων στις δευτερεύουσες κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων, αλλά και κατασκευή μόνιμων αντιπλημμυρικών, πάντα μετά από την ολοκλήρωση των κατά τόπους σχετικών μελετών.

Οριοθέτηση των καμένων εκτάσεων, και χαρακτηρισμός τους ως αναδασωτέων για την αποτροπή των καταπατήσεων (Κτηματολόγιο- Δασολόγιο). Παράλληλα μελέτη και οργάνωση της αντιπυρικής προστασίας ανά Νομό, προστασία των δασών από την υπερβόσκηση, αναδασώσεις όπου χρειάζεται και τέλος καταγραφή και παρακολούθηση του ρυθμού ανάπτυξης να αναβλάστησης των καμένων .

Στα έργα αυτά συγκαταλέγονται έργα δασικής οδοποιίας, αντιπυρικών ζωνών, έργα καθαρισμού, αναδασώσεων και αποκατάστασης βοσκοτόπων

Προτάσεις για την αποκατάσταση των παραγωγικού συστήματος των αγροκαλλιεργειών:

ί. Για την αποκατάσταση των ελαιώνων: Καθώς η μελέτη του Γεωπονικού διεξήχθη αμέσως μετά τις πυρκαγιές, δεν ήταν δυνατό να γίνει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των ζημιών στους ελαιώνες, καθώς το ποσοστό της αναβλάστησης των καμένων θα γινόταν φανερό τον Άνοιξη. Σύμφωνα όμως με την πρώτη εκτίμηση της ερευνητικής ομάδας, και τις δηλώσεις των αγροτών στον Ε.Λ.Γ.Α., η έκταση των ελαιώνων που έπληγη υπολογίζεται στα 243.718 στρ., το οποίο αντιπροσωπεύει το 9,4% των πυρόπληκτων Νομών. Το εύρος των ζημιών αναφέρεται σε ελαφριές ζημιές (αφορά το 16,1% των καμένων ελαιώνων), μέτριου βαθμού ζημιές (για το 20,3% των καμένων ελαιώνων) και σοβαρές ζημιές (για το 63,6% των πληγέντων ελαιώνων). Ο συνολικός προϋπολογισμός για την αποκατάσταση των ελαιώνων υπολογίστηκε στα 122.943.232 €.

ίι. Για την αποκατάσταση των αμπελώνων: Το 4,8% των εκτάσεων με αμπελώνες στους πληγέντες Νομούς, καταστράφηκε από τις πυρκαγιές (21.049,1 στρ.). Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται τρεις διαβαθμίσεις ζημιών. Οι ζημιές τύπου Α, οι οποίες αναφέρονται σε ολοκληρωτική ή μερική αναμπέλωση των αμπελώνων (για το 20% ± 5% των καμένων αμπελώνων). Οι ζημιές τύπου Β, οι οποίες αναφέρονται σε διατήρηση των αμπελώνων και αποκατάστασή τους, με κορμοτόμηση χαμηλά στον κορμό, στο «σταύρωμα» ή στους βραχίονες (για το 55% ± 5% των καμένων αμπελώνων). Οι ζημιές τύπου Γ, οι οποίες απαιτούν χειμωνιάτικο κλάδεμα και παρακολούθηση της κατάστασης των λανθανόντων οφθαλμών (για το 20% ± 5% των καμένων αμπελώνων). Ο συνολικός προϋπολογισμός για την αποκατάσταση των αμπελώνων υπολογίστηκε στα 53.642.646 €.

Ηι. Για την αποκατάσταση των υπόλοιπων δεντροδών καλλιεργειών: Οι εκτάσεις που καταστράφηκαν συνολικά υπολογίστηκαν σε 13.581,66 στρ. 9272.669 δέ

ντρα) Τα δύο είδη που έπληγησαν περισσότερο είναι τα ακρόδρυα (58,2% επί του συνόλου της καμένης έκτασης και 37,3% επί του αριθμού των δέντρων) και οι συκιές (17,6% επί του συνόλου της καμένης έκτασης και 30% επί του αριθμού των δέντρων). Οι προτάσεις για αποκατάσταση χωρίζονται ομοίως σε τρεις κατηγορίες, α- ναλόγως του βαθμού της ζημιάς. Ανάμεσα σε αυτές, η επιστημονική ομάδα του Γεωπονικού αναφέρθηκε στην υιοθέτηση βιολογικών καλλιεργειών, για τις οποίες όμως συνέστησε εξειδικευμένες μελέτες, ιδιαίτερα για την περίπτωση των ορεινών περιοχών όπου εκεί ευδοκίμει η καρυδιά και η καστανιά.

ίν. Για την αποκατάσταση στην μελισσοκομία: Στους πυρόπληκτους Νομούς κάηκαν εντελώς 13.563 μονώροφα και 7.108 διώροφα μελίσσια. Συνάμα, 18.490 μελίσσια υπέστησαν ζημιές κατά ένα 20%-80% του πληθυσμού και του γόνου τους, ενώ αυτά τα οποία δεν υπέστησαν ζημιές ανέρχονται στις 117 698 Καθώς χάθηκε η χλωρίδα της περιοχής, θεωρήθηκε υποχρεωτική η παροχή τροφής (πρωτεϊκής και υδατανθρακικής σύστασης). Παράλληλα, σπορά μελισσοκομικών φυτών σε ιδιόκτητες, επίπεδες εκτάσεις, αλλά και μελισσοκομικών θάμνων και δέντρων, για την αποκατάσταση της μελισσοκομικής χλωρίδας. Δημιουργία μελισσοκομικών πάρκων όπου είναι εφικτό και ανοιχτών ομβροδεξαμενών. Το συνολικό κόστος εκτιμήθηκε στα 4.359.613 €.

ν. Για την αποκατάσταση στην κτηνοτροφία: Σύμφωνα με τις δηλώσεις των αγροτών στον Ε.Λ.Γ.Α., κάηκαν 24.410 αιγοπρόβατα, 472 βοοειδή, 318 μόνοπλα, 1.475 στάβλους συνολικής επιφάνειας 48.055 τ.μ., 597 υπόστεγα συνολικής επιφάνειας 21.132 τ.μ., 58 αιγοπροβατοστάσια συνολικής επιφάνειας 1.822 τ.μ., ενώ οι απώλειες σε βοσκήσιμη έκταση υπολογίζονται στις 946.500 στρ. Για το λόγο αυτό, κατέστη αναγκαία η παροχή τροφών στους κτηνοτρόφους για την κάλυψη των αναγκών των ζώων τους. Μία πρόταση του Γεωπονικού ήταν η φύτευση χορτοδοτικών φυτών για την παραγωγή ζωοτροφής. Για την αντικατάσταση των απολεσθέντων αιγοπροβάτων, προτάθηκε η εισαγωγή ζώων υψηλών αποδόσεων, προερχόμενα από τα καλύτερα ποιμνία της ίδιας ή άλλων περιοχών. Σημαντική ήταν παρότρυνση η ανακατασκευή των στάβλων και των άλλων κτισμάτων, να γίνει με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι σύγχρονες προδιαγραφές, αλλά και η δημιουργία μικρής δυναμικότητας κτηνοτροφικών πάρκων. Για το λόγο αυτό κρίθηκε η σύσταση μιας ομάδας σε κάθε Νομό, η οποία θα επιφορτιστεί με την έκδοση σχετικών αδειών και παροχή συμβουλευτικής στους πληγέντες. Ο συνολικός προϋπολογισμός υπολογίστηκε στα 92.794.49 €.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι, εκτός των αποζημιώσεων για τις καμένες περιουσίες και των σχετικών επιδοτήσεων που πρέπει να δοθούν στους

πληγέντες αγρότες, προτάθηκε η παραχώρηση εύλογου χρονικού διαστήματος στον κάθε ένα, ανάλογου των υποχρεώσεων και των δυνατοτήτων του, μέσα στο οποίο θα πρέπει να ολοκληρώσει την αποκατάσταση της αγροτικής του εκμετάλλευσης και να έχει φέρει εις πέρας τις λοιπές του υποχρεώσεις. Παράλληλα, ειδική αναφορά γίνεται στους νέους αγρότες και τις νέες αγρότισσες των πυρόπληκτων περιοχών, οι οποίοι προσδιορίζονται από το ηλιακό εύρος των 15-39 ετών, ενώ σύμφωνα με την απογραφή του 2001, αποτελούν περίπου το 36,4% επί του συνόλου των νέων αγροτών των εφτά Νομών που εξετάστηκαν στην μελέτη του Γεωπονικού.

Προτάσεις για την αποκατάσταση ζημιών στη μεταποίηση: Δεν κατεγράφησαν σημαντικές άμεσες απώλειες στα 110 τυροκομεία και τα 177 ελαιοτριβεία των Νομών. Παρά ταύτα, κρίνεται αναγκαία η παροχή οικονομικής ενίσχυσης στους ιδιοκτήτες τους προκειμένου να ανταποκριθούν στις δανειακές τους υποχρεώσεις, καθώς οι έμμεσες απώλειες εξαιτίας των ζημιών στην γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή, αναμένονταν να είναι τεράστιες. Ομοίως, για τα οινοποιεία της περιοχής, οι έμμεσες απώλειες επρόκειτο να είναι σοβαρές, ενώ οι άμεσες ήταν ελάχιστες, καθώς μόνο ένα οινοποιείο κάηκε. Το συνολικό κόστος για την αποκατάσταση της μεταποίησης υπολογίστηκε στα 7.197.950 €.

Προτάσεις για την αποκατάσταση στον αγροτουρισμό: Στους πυρόπληκτους Νομούς, έξι επενδύσεις υπέστησαν άμεσες απώλειες. Για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας αυτών των επιχειρήσεων, κρίθηκε σκόπιμο ένα σύνολο επενδυτικών δράσεων, συνολικού κόστους 1.800.350 €. Παράλληλα, για την ανασυγκρότηση του αγροτουρισμού προτάθηκε η όσο γίνεται πιο άμεση αποκατάσταση του φυσικού τοπίου και η παροχή κινήτρων, ώστε να προληφθούν φαινόμενα φυγής του ανθρώπινου δυναμικού από την περιοχή. Οι πυρκαγιές του 2007 έπληξαν σε ένα εξαιρετικό βαθμό το εισόδημα των κατοίκων και πρωτίστως, το εισόδημα των αγροτών και των κτηνοτροφών της περιοχής, αλλά και όσων έμμεσα σχετίζονταν με την δραστηριοποίηση στον γεωργικό τομέα. Για το λόγο αυτό, έγιναν οι ακόλουθες προτάσεις:

ι. Πρόγραμμα απασχόλησης στην αντιπυρική προστασία: Προτείνεται η απασχόληση μόνιμων κατοίκων των περιοχών που επλήγησαν, και οι οποίοι είναι ασφαλισμένοι στον ΟΓΑ και παράλληλα κάτοχοι γεωργικής και κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, που υπέστη ζημιές άνω του 50% επί του συνόλου αυτής, στα έργα για την αντιπλημμυρική θωράκιση των πληγισών περιοχών και στις αναδασώσεις.

it. Προσέλκυση νέων επενδυτικών κεφαλαίων και δημιουργία επιδοτούμενων θέσεων εργασίας: Αυτό συνεπάγεται επιδότηση των θέσεων εργασίας που θα δημιουργηθούν στις περιοχές αυτές, για το χρονικό διάστημα των δύο ετών, με στόχο την ενίσχυση των εισοδημάτων των νοικοκυριών στις πυροπαθής περιοχές.

Προτάσεις με έμφαση στην αποκατάσταση των υποδομών: Η πρόταση αυτή αναφέρεται στα ακόλουθα:

ί. Έργα αξιοποίησης επιφανειακών υδάτινων πόρων, με κατασκευή ταμιευτήριων και λιμνοδεξαμενών. Παροχή υδρευτικού εξοπλισμού στους απασχολούμενους στον πρωτογενή παραγωγικό τομέα. Επιδιόρθωση των εγγειοβελτιωτικών έργων που επλήγησαν (τα μοναδικά εγγειοβελτιωτικά έργα που καταστράφηκαν από τις πυρκαγιές ήταν στο Νομό Ηλείας και αφορούν στα έργα του Γ.Ο.Ε.Β. Πηνειού - Αλφειού και ειδικότερα τα έργα του Τ.Ο.Ε.Β. Πελοπίου, που καταστράφηκαν εντελώς). Αντικατάσταση των καμένων στηλών του δικτύου της Δ.Ε.Η., οι οποίοι αριθμούν τις 3.073 στύλους, με το συνολικό εκτιμώμενο κόστος να ανέρχεται στα 6.100.000€. Τέλος, αποκατάσταση των άμεσων ζημιών από την πυρκαγιά στο αγροτικό οδικό δίκτυο, ύψους 3.000.000€ και ολοκλήρωση των αναγκαίων αντιπλημμυρικών έργων, ενέργειες που κοστολογήθηκαν στα 49.000.000€.

ϋ. Στα πλαίσια της προληπτικής πολιτικής για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών, έγκειται και η κατασκευή και η εγκατάσταση προγραμμάτων πρόβλεψης του κινδύνου έναρξης πυρκαγιάς, αλλά και οι μετεωρολογικοί σταθμοί. Αναφορικά με τους δεύτερους, δε καταγράφηκαν ζημιές από την πυρκαγιάς. Όμως το κόστος για την αναβάθμιση και την εξυγίανση των 34 σταθμών που ήδη υπάρχουν αλλά και την εγκατάσταση νέων και άρτια εξοπλισμένων και εκσυγχρονισμένων Σταθμών, για την εκπόνηση μετεωρολογικών προβλέψεων και την παρακολούθηση της στάθμης των υδάτων και στους 7 Νομούς, υπολογίστηκε στα 2.930.000€. Παράλληλα με όλα τα προαναφερθέντα, η επιστημονική ομάδα του Γ.Π.Α., ολοκλήρωσε τη μελέτη μιας σειράς από «Οριζόντιες Δράσεις», όπως τις ονόμασε, για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης των πληγείσων περιοχών, και την αποκατάσταση των περιοχών NATU- RA.

Οριζόντια Δράση για το Περιβάλλον και τις Προστατευόμενες Περιοχές: Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος οικολογικής ανασυγκρότησης, προτάθηκαν δώδεκα μέτρα:

Δημιουργία φυσικού πάρκου

Ανασύσταση καλλιεργειών με νέες μορφές

Αναβαθμίδες στις ανασυστάσεις ελαιώνων και αμπελώνων

Αποκατάσταση καμένων φωτοφραχτών

Προστασία της όχθης των ποταμών και των ρεμάτων

Προστασία των σημείων άντλησης πόσιμου νερού

Διατήρηση-ανασύσταση νησίδων εμπλουτισμού

Αντιμετώπιση του προβλήματος των καμένων βοσκοτόπων

Ανασυγκρότηση της κτηνοτροφίας

Ελεγχόμενη βόσκηση σε ζώνες πυροπροστασίας

Δημιουργία κέντρου πληροφόρησης και ευαισθητοποίησης

Έρευνες προς αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων

Οριζόντια Δράση για την Γεωργική Εκπαίδευση και την Κατάρτιση στις Πυρόπληκτες Περιοχές: Οι άνευ προηγουμένου απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, αλλά και εξαιρετικά μεγάλου εύρους συντελεσθείσα καταστροφή, θέτουν επί τάπητος το ζήτημα της επανεξέτασης της διάρθρωσης και του τρόπου διάχυσης και μετάδοσης της πληροφορίας και της τεχνογνωσίας στις πυρόπληκτες περιοχές. Στον κακό συντονισμό των αρμόδιων φορέων και τοπικών αρχών, συντελούν προς αυτή την αρνητική κατεύθυνση τα υψηλά ποσοστά γήρανσης του πληθυσμού, τα χαμηλότερα επίπεδα εκπαίδευσης και η ανεπαρκής κατάρτιση. Για το λόγο αυτό, κρίνεται σκόπιμο η επανεξέταση των επιμορφωτικών προγραμμάτων που είχαν εφαρμοστεί στα πλαίσια του Γ'Κ.Π.Σ., και φυσικά η εκ νέου ενίσχυση του μορφωτικού επιπέδου των κατοίκων των εν λόγω περιοχών, όπου είναι πιθανό να βοηθήσει σημαντικά η συνεργασία με τις Τοπικές Αρχές και τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση (Μελέτη Γ.Π.Α., 2007).

Παράρτημα Α

Ευρετήριο Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Δασική πυρκαγιά..... | 14 |
| Εικόνα 2: Φωτογραμμετρική διαδικασία..... | 38 |
| Εικόνα 3: Εύρος ηλεκτρομαγνητικού φάσματος..... | 41 |
| Εικόνα 4: Δορυφορικές εικόνες από το φράγμα Dwarshak, στην πολιτεία Idaho των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Αριστερά, εικόνα από τον δορυφόρο Landsat-7, με χωρική ανάλυση 30 μέτρων. Δεξιά, εικόνα από τον δορυφόρο ASTER με χωρική ανάλυση 15 μέτρων..... | 46 |
| Εικόνα 5: Πολυφασματική εικόνα..... | 47 |
| Εικόνα 6: Εικόνες ανίχνευσης πυρκαγιών στην Εύβοια και στην Πελοπόννησο το 2007..... | 58 |
| Εικόνα 7: Εικόνα χαρτογραφημένης περιοχής καμένων εκτάσεων στην Εύβοια από το http://ocean.space.noa.gr/bsm | 60 |
| Εικόνα 8: Πυρόπληκτοι δήμοι του Νομού Αρκαδίας..... | 62 |
| Εικόνα 9: Η γραμμή εργαλείων γεωαναφοράς στο ArcMap..... | 70 |
| Εικόνα 10: Αναδασωτές Εκτάσεις Νομού Αρκαδίας..... | 72 |
| Εικόνα 11: Αναδασωτές Εκτάσεις Νομού Αρκαδίας..... | 72 |
| Εικόνα 12: Χρήση γης – Δάσος Περίοδος 2003..... | 73 |
| Εικόνα 13: Χρήση γης – Δάσος-Καμένα Περίοδος 2007..... | 74 |
| Εικόνα 14: Χρήση γης – Δάσος-Καμένα Περίοδος 2016..... | 74 |
| Εικόνα 15: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2003..... | 75 |
| Εικόνα 16: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2007..... | 75 |
| Εικόνα 17: Χρήσεις γης Ελιές Περίοδος 2016..... | 76 |
| Εικόνα 18: Χρήση γης – Δάσος Περίοδος 2003..... | 76 |
| Εικόνα 19: Χρήση γης – Καμένα Περίοδος 2007..... | 77 |
| Εικόνα 20: Χρήση γης – Ημικαμένα Περίοδος 2016..... | 77 |
| Εικόνα 21: Συνολικά Αναδασωτές εκτάσεις Περίοδος 2003..... | 78 |
| Εικόνα 22: Συνολικά Αναδασωτές εκτάσεις Περίοδος 2007..... | 79 |
| Εικόνα 23 : Συνολικά Αναδασωτές εκτάσεις Περίοδος 2016..... | 79 |

Παράρτημα Β

Ευρετήριο Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1: Κατανομή των πυρκαγιών ανά χρήση γης στο Νομό Αρκαδίας..... | 63 |
| Πίνακας 2: Καταστροφές Καλλιεργειών..... | 63 |

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) Στάρρας Ν.,(2014) Αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών - Μεταβολή χρήσεων γης με τη βοήθεια της Τηλεπισκόπησης. Η περίπτωση της πυρκαγιάς του 2007, στην περιοχή της Ζαχάρωσ του Νομού Ηλείας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- 2) Γκόφας, Α., (2001) Εγχειρίδιο δασοπροστασίας, Θεσσαλονίκη
- 3) Μπαλάφα Χ.,(2013) Οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών στις τοπικές κοινωνίες: Έρευνα για τις καμένες εκτάσεις στον Ν.Αρκαδίας που επλήγησαν από τις πυρκαγιές του 2007, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα
- 4) Ξανθόπουλος Κ.,(2009) Πρόληψη δασικών πυρκαγιών. Στο: Δασοπροστασία και Δασοπυρόσβεση. Αθήνα: WWF Ελλάς, p. 154.
- 5) Βαβιάς Σ.,(2011) Φωτογραμμετρικές και τηλεπισκοπικές μέθοδοι σε θέματα παράκτιων περιοχών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- 6) Ξανθόπουλος Γ., (2009).«Οι πυρκαγιές σε ζώνες μίξης δασών - οικισμών». Σημειώσεις από τις διαλέξεις στα πλαίσια του μαθήματος: «Γρωτότητα και διακινδύνευση: πρόληψη και μετριασμός», Αθήνα
- 7) Καταγής Θ.,(2017) Χαρτογράφηση και παρακολούθηση καμένων εκτάσεων με την χρήση χρονοσειρών δορυφορικών εικόνων, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- 8) Ιωακειμίδης Σ.,(2012) Χρήση Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την παρακολούθηση, πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- 9) Παναγιώτου Ε.,(2010) Χαρτογράφηση και εντοπισμός κατασκευών εντός ορίων αιγιαλού με χρήση φωτογραμμετρικών τεχνικών
- 10) Υφαντή Δ.,(2015) Διεθνή και Ελληνικά Συστήματα Πρόληψης Πυρκαγιών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- 11) Λέκκας Ε., (2000) Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές, Αθήνα
- 12) Σπανού Κ., Καμένου Ε., Κετσιτζίδου Μ., Καλαβάνου Α.,(2010). Διαδικασίες χορήγησης ενισχύσεων στους πληγέντες από τις πυρκαγιές του 2007. Συνήγορος του Πολίτη, Αθήνα

- 13) ΕΚΚΕ/ ΚΕΔΡΟΣ, 2010. «Παροχή εμπειρογνωμοσύνης για τη σε βάθος αποτίμηση των μεσομακροπρόθεσμων συνεπειών των καταστροφικών πυρκαγιών του 2007, τον τρόπο που αυτές επηρεάζουν την κοινωνική και οικονομική κατάσταση και τους τομείς απασχόλησης των πληγέντων πληθυσμών και την διαμόρφωση εξειδικευμένης πρότασης για την αντιμετώπισή τους στο πλαίσιο του ΕΠ Εθνικό Αποθεματικό Απροβλέπτων του 2007», Παραδοτέο 1^{ης} φάσης, Αθήνα, 2 Μαΐου 2010 και Παραδοτέο 2ης φάσης, Αθήνα, Ιούλιος 2010

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- 1) DeBano, Neary & Ffolliott, (1998) Fire effects on ecosystems, Canada
- 2) Kean, J. & Staley, D., (2015) Post-Wildfire Landslide Hazards, USA: USGS.
- 3) Sletnes, A. I., (2010) Assessment of forest fire risks and innovative strategies for fire prevention, Rhodes: Liaison Unit Oslo.
- 4) Wisdom, D. M., (2010) Management of forest fire disaster: perspectives from Swaziland. Στο: Natural and Anthropogenic Disasters: vulnerability, preparedness and mitigation. India: Springer, p. 628.
- 5) Prakash A.,(2015) Geographical Information Systems, An Overview
- 6) Ahrens,(2013). Lightning fires and lightning strikes, USA: National Fire Protection Association
- 7) Fowler, C.T. (2003) Human Health Impacts of Forest Fires in the Southern United States: A Literature Review. Journal of Ecological Anthropology. 7, 39-63
- 8) Dalezios, N.R., (2008) Agrometeorology. Lecture Notes. University of Thessaly Press, Volos, 681p (in Greek).
- 9) <http://ocean.space.noa.gr/bsm>