



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

Η επίδραση καταστροφικών αλλαγών στις
καλύψεις γης της Πελοποννήσου, στην
βιοφυσική της υπογραφή όπως
καταγράφεται σε μικρής κλίμακας
βιοφυσικά δεδομένα.

Παναγιώτης Γ. Καρακατσάνης

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Μηλιαρέσης

Μάιος, 2015

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Η επίδραση καταστροφικών αλλαγών στις καλύψεις γη της Πελοποννήσου,
στην βιοφυσική της υπογραφή όπως καταγράφεται σε μικρής κλίμακας
βιοφυσικά δεδομένα.**

Παναγιώτης Γ. Καρακατσάνης

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Μηλιαρέσης

Μάιος, 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	vii
Ελληνική Περίληψη.....	viii
Αγγλική Περίληψη.....	x
Πίνακες / Εικόνες / Σχήματα.....	xii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Καλύψεις – Χρήσεις γης.....	2
1.3 Φυσικές διεργασίες που αλλάζουν τις καλύψεις γης.....	5
1.3.1 Παραδειγματικές περιπτώσεις.....	8
1.4 Ανθρωπογενείς διεργασίες που προκαλούν αλλαγές στην κάλυψη.....	10
1.4.1 Παραδειγματικές περιπτώσεις.....	14
1.5 Βιοφυσική υπογραφή.....	15
1.5.1 Παραδειγματικές περιπτώσεις.....	15
1.6 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.....	16
1.7 Καταστροφικές αλλαγές στις καλύψεις γης.....	17
1.7.1 Νομοθετικό και θεσμικό πλαίσιο.....	21
1.8 Συμπεράσματα.....	23
1.9 Καταγραφή προβλήματος.....	23
1.10 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης.....	24
1.11 Σκοποί και στόχοι.....	24
1.12 Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών.....	25
..... 1.12.1 Καλύψεις Γης.....	25
..... 1.12.2 Χρήσεις Γης.....	25
..... 1.12.3 Καταστροφικές Πυρκαγιές.....	25
..... 1.12.4 Πελοπόννησος.....	26
..... 1.12.5 Νομός Ηλείας.....	27
..... 1.12.6 Θερμοκρασία Εδάφους.....	28
..... 1.12.7 Καταγραφή Θερμοκρασίας από Απόσταση.....	29
..... 1.12.8 Ετήσια – Εποχική Μεταβολή της Θερμοκρασίας.....	33
..... 1.12.9 Σχέση Θερμοκρασίας και κάλυψης Γης.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή.....	36
2.2 Θεωρητικό Πλαίσιο.....	39
2. 2.1 Δορυφορικό Καταγραφικό Σύστημα MODIS.....	39
2.2.1.1 Περιγραφή του MODIS.....	39
2.2.1.2. Βιοφυσικά Δεδομένα MODIS.....	48
2.2.2 Γεωγραφικά Δεδομένα.....	52
2.2.2.1. Διοικητικές Διαίρεσεις.....	52
2.2.2.2 Χαρτογράφηση Καμένων Εκτάσεων.....	56
2.2.2.3 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους.....	61
2.2.2.4 Καλύψεις Γης.....	65
2.2.3 Τεχνικές Ανάλυσης – Εντοπισμού Βιοφυσικών Μεταβολών.....	66
2.3 Συμπεράσματα.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	70
3.1 Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα.....	71
3.2 Δεδομένα.....	72
3.2.1 Καμένες Εκτάσεις.....	72
3.2.2 MYD 11C3 – LST.....	74
3.3 Περιγραφικά Στατιστικά Δεδομένα.....	93
3.4 Ιστογράμματα Συχνότητας ανά Μήνα.....	94
3.5 Παραμετρική Αναπαράσταση Πολυγώνων Καμένων Εκτάσεων ως προς την Διαχρονική Μεταβολή της Θερμοκρασίας.....	106
3.6 Προσδιορισμός Μεταβολών στις Ετήσιες Ζώνες Θερμοκρασίας.....	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	
4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	116
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	117
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ- Ακρωνύμια και Συμβολισμοί.....	130

Στην Ελένη και τον Γιώργο

Ευχαριστίες

Η εξ αποστάσεως παρακολούθηση ενός μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, φάνταζε δύσκολη στο ξεκίνημα, αλλά τελικά αποδείχθηκε όχι και ακατόρθωτη λόγω ότι είναι κάτι καινούριο και συγχρόνως αντισυμβατικό.

Με την ευκαιρία που μου δίνεται ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία, αλλά και γενικότερα τις σπουδές μου στο Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, οφείλω - επιθυμώ να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που είχα στα τέσσερα αυτά χρόνια, για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν. Ειδικότερα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Γεώργιο Μηλιαρέση. Καταρχήν για την αμέριστη εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, καθώς και για τη συνολική επίβλεψη του καθόλα την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Η επιλογή του θέματος δεν έγινε τυχαία, μιας και αναφέρεται στις πυρκαγιές που πραγματοποιήθηκαν τον Αύγουστο του 2007, με αρκετούς νεκρούς συνανθρώπους μας, πρωτόγνωρο σε καιρό ειρήνης. Μην λησμονούμε ότι για το παραπάνω θλιβερό γεγονός πολλά σενάρια έχουν δει το φως της δημοσιότητας, για το πώς τελικά συνέβη και από ποιούς.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω ολόθερμα τους γονείς μου Γιώργο (Σμήναρχο ε.α της Ελληνικής Πολεμικής Αεροπορίας) και Ελένη, για την ανατροφή που μου έχουν δώσει. Ακόμα να τους πω πόσο υπερήφανος αισθάνομαι για εκείνους, καθώς και οι δύο αντιμετωπίζουν πολύ σοβαρά μη αναστρέψιμα προβλήματα υγείας από το 2010, στέκονται όρθιοι με πείσμα και αξιοπρέπεια και τα αντιμετωπίζουν.

Θερμές ευχαριστίες την σύζυγο μου Γεωργία, για την τεράστια υπομονή όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, καθώς αν και η ίδια σκληρά εργαζόμενη, χρειάστηκε πολλές φορές να αναλάβει μόνη της, τις καθημερινές οικογενειακές υποχρεώσεις. Επίσης την ευχαριστώ για τα δύο παιδιά που μου έχει χαρίσει, την Ελένη και τον Γιώργο .

Τους ευγνωμονώ όλους από καρδιάς και τους αφιερώνω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Ελληνική Περίληψη

Θα μελετηθεί η Πελοπόννησος διαμέσου πλεγματικών αναπαραστάσεων της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας με μια χρονοσειρά εικόνων πριν και μετά το 2007 και θα καταγραφεί η μεταβολή στην βιοφυσική της υπογραφή (θερμοκρασίας). Οι μεταβολές στην βιοφυσική μεταβολή θα συσχετιστούν με τις αλλαγές στις καλύψεις γης που προκλήθηκαν από τις καταστροφικές πυρκαγιές στην Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007. Η υλοποίηση βασίστηκε στις βιοφυσικές παρατηρήσεις του σαρωτή MODIS, επειδή υπάρχει διαθεσιμότητα βιοφυσικών δεδομένων την χρονική περίοδο 2007. Η χρονική περίοδο λήψης των δεδομένων είναι η 10 : 30 αφού ο στόχος είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής του βιοφυσικού δείκτη της θερμοκρασίας στην διάρκεια της ημέρας. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας που περιλαμβάνουν μέσες μηνιαίες θερμοκρασίας, μιας και αντικείμενο της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός εποχικών και ετήσιων μεταβολών στην βιοφυσική υπογραφή της Πελοποννήσου μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007. Επιπλέον στα βιοφυσικά προϊόντα MODIS περιλαμβάνεται και το προϊόν MODIS Global Burned Area Product που προσδιορίζει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια βάση. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα απαντηθούν είναι:

1. Ερμηνεύεται η μεταβολή των θερμοκρασιών από, α) τις εικόνες θερμοκρασίας, β) τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα και ιστογράμματα συχνότητας για τις εικόνες αντίστοιχων μηνών τα έτη 2006, 2007 και 2008 ;
2. Υπάρχει διαφορετική παραμετρική αναπαράσταση των καμένων εκτάσεων ως προς την θερμοκρασία τα έτη 2006, 2007 και 2008;
3. Σε ποιες χωρικές ζώνες μπορεί να καταταμηθεί η Πελοπόννησος ως προς την ετήσια χωροχρονική μεταβολή της θερμοκρασίας για τα έτη 2006, 2007, 2008, όπως αυτή καταγράφεται από τον δορυφόρο MODIS καθώς και η κατάτμηση υποδηλώνει διαφοροποίηση της βιοφυσικής της υπογραφής;

Επιβεβαιώνεται ότι οι δενδρώδεις περιοχές παρουσιάζουν πιο χαμηλές θερμοκρασίες και μικρότερες ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας από τις χορτολιβαδικές εκτάσεις και τις εκτάσεις με παροδικές καλλιέργειες (στις τελευταίες χρήσεις παίζει ρόλο και ο τύπος της άρδευσης). Εφόσον οι ζώνες αστικής χρήσης, παροδικών καλλιεργειών και χορτο-λιβαδικών εκτάσεων παρουσιάζουν μικρά ποσοστά επί του συνόλου των καμένων εκτάσεων είναι σαφές ότι η ανανέωση των δενδρωδών (δάση, μόνιμες καλλιεργήσιμες εκτάσεις) και των θαμνωδών εκτάσεων θα χρειαστεί βάθος χρόνου, και άρα σε βάθος χρόνου θα μεταβληθούν

τα βιοφυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Η διαφοροποίηση των συνολικών ετήσιων μηνιαίων θερμοκρασιών είναι πολύ μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα από το τέλος του υδρολογικού έτος (Μάιος) μέχρι την αρχή του υδρολογικού έτος (Σεπτέμβριος). Δηλαδή τα έτη 2007 και 2008 έχουν σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών στο διάστημα από Μάιο έως Σεπτέμβριο, ως προς το έτος 2006. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στην αποψίλωση των καμένων εκτάσεων από δένδρα και έτσι στην θερινή περίοδο όπου υποχωρεί και εξαφανίζεται η βλάστηση στις χορτολιβαδικές εκτάσεις και στις μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας. Η απότομη αλλαγή των καλύψεων γης λόγω πυρκαγιών, έχει μεταβάλλει και την επιφανειακή ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Το μέγιστο των διαφοροποιήσεων παρατηρείται το 2007 (εποχή των πυρκαγιών) ενώ το 2008 έχουμε μια ύφεση των διαφοροποιήσεων με μια διαφανόμενη τάση επιστροφής των εποχικών καμπυλών θερμοκρασίας προς τα επίπεδα του 2006. Οι βιοφυσικές παρατηρήσεις του δορυφόρου MODIS παρέχουν ανεκτίμητες πληροφορίες για το φυσικό περιβάλλον και μας δίνουν δυνατότητες αξιολόγησης του και συγκριτικών μελετών που βοηθούν στον σχεδιασμό καλύψεων - χρήσεων γης καθώς και στην περιβαλλοντική προστασία.

Αγγλική Περίληψη

Peloponnese is studied through the grid representations of the temperature in a time series of images before and after the wild fires of 2007 in an attempt to record any change in its biophysical signature of temperature. Such changes in biophysical signature should be associated with changes in land cover caused by the devastating fires in the Peloponnese in August 2007. The implementation was based on biophysical observations of MODIS. A three year (2006, 2007, 2008) period of study was selected and MODIS acquisitions on 10:30 (day) local time were used. More specifically average monthly temperature at the digital partitioning of the climatic modeling grid were selected in attempt to reveal seasonal and annual changes in the biophysical signature of the Peloponnese after the devastating fires of August 2007. In addition the MODIS product Global Burned Area Product was used in attempt to identify the burnt areas during the study period. The research questions to be answered are:

1. Interpret change of temperature on descriptive statistics and frequency histograms for corresponding images of the year 2006, 2007 and 2008.
2. A possible different parametric representation of the burnt areas according to temperature for the years 2006, 2007 and 2008.
3. A possible different partition to temperature biophysical zones per year that should denotes differentiation in LST signature.

It is confirmed that the tree areas have colder temperatures and shorter daily temperature fluctuations from grasslands and areas with temporary crops. Since urban areas and grass-rangeland areas have a small percentage of the total burned areas, it is clear that the renewal of tree (forest, permanent croplands) will need many years, and this fact will alter the biophysical characteristics of the region. The variation of total annual monthly temperatures are much higher in the period from the end of the hydrological year (May) until the beginning of the hydrological year (September). In addition the years 2007 and 2008 have markedly increased the temperature from May to September in comparison to the year 2006. This variation is due to the deforestation of burnt trees and thus in summer receding or disappearing vegetation in grasslands and non-irrigated croplands results to increased warming. The abrupt change of land cover due to fire, and has altered the surface atmospheric circulation. The maximum of the variations is observed in 2007 (during fire) while in 2008 we have a recession of LST differences. The biophysical observations of MODIS satellite provide invaluable information about the natural environment.

Πίνακες / Εικόνες / Σχήματα

ΠΙΝΑΚΕΣ

- Πίνακας 1.2.1.** Κατηγοριοποιήσεις του συστήματος CORINE.
- Πίνακας 2.2.1.1.** Τα κανάλια του σαρωτή MODIS (φασματική δειγματοληψία).
- Πίνακας 2.2.1.2** Φασματικές Ζώνες του MODIS.
- Πίνακας 2.2.1.3.** Η συνοπτική μορφή των βιοφυσικών προϊόντων του σαρωτή MODIS από τους δορυφόρους Aqua και Terra.
- Πίνακας 2.2.1.2.1.** Οι επτά κύριες φασματικές ζώνες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία των εδαφικών βιοφυσικών προϊόντων στο σαρωτή MODIS.
- Πίνακας 2.2.2.1.** Οι Καλλικρατικοί Δήμοι και στην δεύτερη στήλη, ο αριθμός των Καποδιστριακών Δήμων που συνενώθηκαν για την σύστασή τους.
- Πίνακας 2.2.2.2** Αποτίμηση των καταστροφών (Πελοπόννησος 2007) στις καλύψεις γης με βάση το CORINE.
- Πίνακας 3.3.1** Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες.
- Πίνακας 3.3.2** Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις.
- Πίνακας 3.5.2.** Η διαφοροποίηση της Θ στις καμένες εκτάσεις στην περιοχή μελέτης κατά τα έτη 2006, 2007, 2008 και η μέση εποχική απόκριση.
- Πίνακας 3.6.1.** Κέντρα βάρους τάξεων (2006).
- Πίνακας 3.6.2.** Κέντρα βάρους τάξεων (2007).
- Πίνακας 3.6.3.** Κέντρα βάρους τάξεων (2008).
- Πίνακας 4.1.** Ποσοστιαία έκφραση των καμένων εκτάσεων ανά κάλυψη γης.

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 1.7.1.** Ενεργά μέτωπα σε νυχτερινή θερμική λήψη, Αύγουστος 2007.
- Εικόνα 1.7.2.** Καμένες εκτάσεις Αύγουστος, 2007.
- Εικόνα 1.7.3.** Παρακολούθηση της εξέλιξης μιας πυρκαγιάς με πολυφασματική εικόνα.
- Εικόνα 1.7.4.** Καμένες εκτάσεις στις πυρκαγιές του 2009 στην Εύβοια και στην Βορειοανατολική Αττική.
- Εικόνα 1.7.5.** Οι πληγείσες περιοχές ανά δημοτικό διαμέρισμα στην Βορειοανατολική Αττική.
- Εικόνα 2.2.1.1.** Το πλάτος μιας εικόνας MODIS που αντιστοιχεί σε 2330 Km και η περιοχή που καλύπτει.
- Εικόνα 2.2.1.2.** Η κάλυψη του προϊόντος CMG του σαρωτή MODIS.
- Εικόνα 2.2.1.3.** Μέση μηνιαία (Ιανουάριος 2007) εκτίμηση της ανακλαστικότητας των νεφών.
- Εικόνα 2.2.1.4.** Μέση μηνιαία (Ιανουάριος 2007) εκτίμηση των αιωρούμενων σωματιδίων.
- Εικόνα 2.2.1.2.1.** Οι καμένες εκτάσεις στη Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007, έτσι όπως καταγράφηκαν από το προϊόν MOD14-Fires.
- Εικόνα 2.2.2.1.** Γεωγραφική διαίρεση της Πελοποννήσου σε Καποδιστριακούς Δήμους.
- Εικόνα 2.2.2.2.1.** Δορυφορική εικόνα για τις πυρκαγιές του Αυγούστου 2007 στην Πελοπόννησο.
- Εικόνα 2.2.2.2.2.** Δορυφορική χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων στην Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007.
- Εικόνα 2.2.2.3.1.** SRTM ΨΥΜΕ.
- Εικόνα 2.2.2.3.2.** Διαθεσιμότητα SRTM ΨΥΜΕ.
- Εικόνα 2.2.2.3.3.** Ολοκλήρωση του Ψηφιακού Μοντέλου ASTER GDEM με την

δορυφορική εικόνα landasat (έγχρωμο σύνθετο).

Εικόνα 2.2.2.4.1. Καλύψεις γης Corine στην Πελοπόννησο.

Εικόνα 3.2.1.1. Διαδικτυακός τόπος EOSDIS – Active Fire Data.

Εικόνα 3.2.1.2. Επιλογή ενός πολυγώνου που περικλείει την Πελοπόννησο.

Εικόνα 3.2.1.3. Προσδιορισμός χρονικής περιόδου και της τυποποίησης αρχείων.

Εικόνα 3.2.1.4. Ενημέρωση για την υλοποίηση της γεωγραφικής αναζήτησης.

Εικόνα 3.2.1.5. Οι καμένες εκτάσεις και το υψόμετρο τους.

Εικόνα 3.2.1.6. Οι καλύψεις γης CORINE εντός των πολυγώνων των καμένων εκτάσεων.

Εικόνα 3.2.2.1 Ιανουάριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.2 Φεβρουάριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.3 Μάρτιος 2006.

Εικόνα 3.2.2.4 Απρίλιος 2006.

Εικόνα 3.2.2.5 Μάιος 2006.

Εικόνα 3.2.2.6 Ιούνιος 2006.

Εικόνα 3.2.2.7 Ιούλιος 2006.

Εικόνα 3.2.2.8 Αύγουστος 2006.

Εικόνα 3.2.2.9 Σεπτέμβριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.10 Οκτώβριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.11 Νοέμβριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.12 Δεκέμβριος 2006.

Εικόνα 3.2.2.13 Ιανουάριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.14 Φεβρουάριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.15 Μάρτιος 2007.

Εικόνα 3.2.2.16 Απρίλιος 2007.

Εικόνα 3.2.2.17 Μάιος 2007.

Εικόνα 3.2.2.18 Ιούνιος 2007.

Εικόνα 3.2.2.19 Ιούλιος 2007.

Εικόνα 3.2.2.20 Αύγουστος 2007.

Εικόνα 3.2.2.21 Σεπτέμβριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.22 Οκτώβριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.23 Νοέμβριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.24 Δεκέμβριος 2007.

Εικόνα 3.2.2.25 Ιανουάριος 2008.

Εικόνα 3.2.2.26 Φεβρουάριος 2008.

Εικόνα 3.2.2.27 Μάρτιος 2008.

Εικόνα 3.2.2.28 Απρίλιος 2008.

Εικόνα 3.2.2.29 Μάιος 2008.

Εικόνα 3.2.2.30 Ιούνιος 2008.

Εικόνα 3.2.2.31 Ιούλιος 2008.

Εικόνα 3.2.2.32 Αύγουστος 2008.

Εικόνα 3.2.2.33 Σεπτέμβριος 2008.

Εικόνα 3.2.2.34 Οκτώβριος 2008.

Εικόνα 3.2.2.35 Νοέμβριος 2008.

Εικόνα 3.2.2.36 Δεκέμβριος 2008.

Εικόνα 3.6.1. Χωρική κατανομή των τάξεων (2006).

Εικόνα 3.6.2. Χωρική κατανομή των τάξεων (2007).

Εικόνα 3.6.3. Χωρική κατανομή των τάξεων (2008).

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.3.1. Διάγραμμα φυσιολογικών διεργασιών που αλλάζουν τις καλύψεις γης.

Σχήμα 1.4.1. Διάγραμμα ανθρώπινων διεργασιών που αλλάζουν τις καλύψεις γης.

Σχήμα 1.7.1.1. Βασικοί Νόμοι που διέπουν την προστασία των δασικών εκτάσεων

Σχήμα 1.12.7.1. Η γραφική παράσταση της συνάρτησης του Planck για δυο θερμοκρασίες $T_1=2000K$, $T_2=3000K$.

Σχήμα 3.4.1 Ιανουάριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.2 Φεβρουάριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.3 Μάρτιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.4 Απρίλιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.5 Μάιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.6 Ιούνιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.7 Ιούλιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.8 Αύγουστος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.9 Σεπτέμβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.10 Οκτώβριος: Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.11 Νοέμβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.4.12 Δεκέμβριος: Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

Σχήμα 3.5.1. Η διαφοροποίηση της Θ στην περιοχή μελέτης κατά τα έτη 2006, 2007, 2008.

Σχήμα. 3.6.1. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2006).

Σχήμα 3.6.2. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2007).

Σχήμα 3.6.3. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2008).

Κεφάλαιο Πρώτο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Στην επιφάνεια της γης συναντούμε αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος και ανθρωπογενείς κατασκευές, που συσχετίζονται με συγκεκριμένες χρήσεις και δραστηριότητες είτε φυσικές, είτε ανθρωπογενείς. Λόγω των φυσικών – ανθρωπογενών διεργασιών, η επιφάνεια της γης υπόκειται σε μια διαρκή αλλαγή – εξέλιξη (Neumann et al., 2007). Οι αλλαγές αυτές στην εποχή μας καταγράφονται σχεδόν αυτοποιημένα από χαρτογραφικούς δορυφόρους σε λογισμικά περιβάλλοντα γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (Miliareisis, 2009b).

Τα τελευταία χρόνια οι δορυφόροι καταγράφουν και βιοφυσικές καταγραφές όπως είναι η θερμοκρασία, ενώ οι φυσικές διεργασίες που προκαλούν αλλαγές στις καλύψεις γης είναι πολύ πιο έντονες λόγω της κλιματικής αλλαγής (Verburg et al., 2009). Το ζητούμενο είναι να προσδιορίσουμε ποια είναι η μεταβολή της βιοφυσικής υπογραφής μιας περιοχής μετά από μια απότομη αλλαγή στις καλύψεις γης. Κατά αυτό τον τρόπο μπορεί να προσδιοριστεί αν και πότε η βιοφυσική υπογραφή επανέλθει στην πρότερη κατάσταση (καθότι κάποιες αλλαγές είναι μη αναστρέψιμες, π.χ φαινόμενα ερημοποίησης, διάβρωση και καταστροφή του εδαφικού ορίζοντα κ.α).

Ακολουθεί πιο αναλυτικός προσδιορισμός των παραμέτρων του προβλήματος στα επόμενα υποκεφάλαια.

1.2 Καλύψεις – Χρήσεις Γης

Η κάλυψη γης αντιστοιχεί το επιφανειακό στρώμα του εδάφους μαζί με την βιομάζα, συμπεριλαμβανομένης της βλάστησης, του νερού, των καλλιεργειών και των ανθρώπινων δομών (κτίσματα, δρόμοι κ.α) που καλύπτουν την επιφάνεια της γης. Οι καλύψεις γης είναι

άμεσα παρατηρούμενες τόσο από τις εικόνες της τηλεπισκόπησης όσο και από την έρευνα πεδίου (Kallimanis and Koutsias, 2013). Η χαρτογράφηση των καλύψεων γης (land cover) και των χρήσεων γης (land use) είναι ένα από τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογών της φωτοερμηνείας-τηλεπισκόπησης (Miliarisis et al., 2005).

Η χρήση γης σχετίζεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες που εκδηλώνονται σε συγκεκριμένο τύπο εδαφικής μονάδας, βιομηχανική, αγροτική, εμπορική, κατασκευαστική, μεταφορική, αναψυχή, κ.α. αποτελούν μια σειρά από τύπους δραστηριοτήτων. Η χρήση γης επομένως, αποτελεί συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της κάλυψης γης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπου και μεταμορφώνουν το τοπίο (Yang and Lo, 2002 ; Zhang et al., 2004 ; Vitrou et a., 2012).

Corine Land Cover 1990 raster data

The screenshot displays the 'Corine Land Cover 1990 raster data' page. At the top, it indicates the data was created on 07 May 2012, published on 11 Jun 2012, and last modified on 08 Jan 2013. A message states: 'This is the latest published version. See older versions.' Below this, there are tabs for 'Land use' and 'Natural resources'. The main content area is titled 'Version 16 (04/2012) - Raster data on land cover for the CLC1990 inventory'. It features a navigation bar with 'GIS data', 'Additional information', and 'Metadata'. Under 'Additional information', there are two download options: 'CLC 1990 - 100m' with a 'g100_90.zip (ZIP archive)' file (50.64 MB) and 'CLC 1990 - 250m' with a 'g250_90.zip (ZIP archive)' file (15.11 MB). A sidebar on the right, titled 'Data and maps', contains a 'Menu' dropdown and a 'Global search' field. Under 'Datasets', it lists 'Interactive data viewers', 'External datasets catalogue', and 'Corine Land Cover 1990 raster data' (highlighted in orange). Other items include 'CLC 1990 - 100m', 'CLC 1990 - 250m', 'Corine land cover 1990 classes and RGB color codes', 'ESRI compliant .prj file', 'QGIS compliant colourmap', and 'INSPIRE compliant metadata set'. At the bottom of the sidebar, there are sections for 'Interactive maps' and 'Data providers and partners'.

Σχήμα 1.2.1. Η διαθεσιμότητα των καλύψεων χρήσης γης από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-1990-raster-2>

Δηλαδή η χρήση γης από την άλλη αναφέρεται στους σκοπούς για τους οποίους οι άνθρωποι εκμεταλλεύονται τις καλύψεις γης (Guo et al., 2012 ; Jasiewicz and Stepinski., 2013) και περιλαμβάνει τις πρακτικές διαχείρισης της γης. Οι χρήσεις γης δεν είναι πάντα εύκολο να παρατηρηθούν, αν και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να προκύψουν από παρατηρήσιμες

δραστηριότητες όπως π.χ. βόσκηση ή δομικά στοιχεία τοπίου όπως π.χ. η παρουσία των δρόμων υλοτομίας (Kallimanis and Koutsias, 2013).

Η μεθοδολογία για τη χαρτογράφηση των καλύψεων γης βασίζεται στη παραγωγή θεματικών χαρτών (thematic maps) από δορυφορικές εικόνες, οι οποίοι περιέχουν ποιοτικές πληροφορίες για τους τύπους κάλυψης γης της υπό μελέτης περιοχής (Tian et al., 2013). Οι θεματικοί χάρτες παράγονται με τη μέθοδο της πολυφασματικής ταξινόμησης, σύμφωνα με την οποία τα εικονοστοιχεία της εικόνας ταξινομούνται σε τάξεις με βάση τα φασματικά τους χαρακτηριστικά στα διάφορα κανάλια της εικόνας (Wardlow and Egber., 2008). Η ψηφιακή τιμή κάθε εικονοστοιχείου σε κάθε κανάλι καθορίζεται από την ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται στην αντίστοιχη φασματική περιοχή, το ποσό της οποίας εξαρτάται από το είδος της κάλυψης του εδάφους. Κατά συνέπεια, οι τάξεις εικονοστοιχείων που προκύπτουν από τη ταξινόμηση της εικόνας, αντιστοιχούν σε τύπους κάλυψης γης (CLC, 2006 ; Tian et al., 2013).

Τα πιο γνωστά συστήματα κατηγοριοποίησης χρήσεων / καλύψεων γης, με την χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης, είναι το σύστημα της US Geological Survey στις Η.Π.Α, καθώς και το Corine στην Ευρώπη (Miliaris and Paraschou, 2011).

Η κάλυψη γης αναφέρεται στις φυσικές και τεχνητές οντότητες που αναγνωρίζονται - ερμηνεύονται από μια δορυφορική εικόνα και καλύπτουν μια εδαφική μονάδα. Φυσικές οντότητες είναι για παράδειγμα η βλάστηση, το νερό, κ.α, ενώ στις τεχνητές οντότητες περιλαμβάνονται οι καλλιέργειες, τα κτίσματα, οι δρόμοι, κ.α. Η χαρτογράφηση των καλύψεων γης (land cover) και των χρήσεων γης (land use) είναι ένα από τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογών της τηλεπισκόπησης (Kemal et al., 2009).

Η χρήση γης σχετίζεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες που εκδηλώνονται σε συγκεκριμένο τύπο εδαφικής μονάδας, βιομηχανική, αγροτική, εμπορική, κατασκευαστική, μεταφορική, αναψυχή, κ.α. αποτελούν μια σειρά από τύπους δραστηριοτήτων. Η χρήση γης επομένως όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελεί συνδετικό κρίκο μεταξύ της κάλυψης γης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που εκμεταλλεύονται και μεταμορφώνουν το τοπίο.

Πίνακας 1.2.1. Κατηγοριοποιήσεις του συστήματος CORINE.

- 1 Συνεχής αστικός ιστός
- 2 Ασυνεχής αστικός ιστός
- 3 Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
- 4 Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο
- 5 Λιμάνια
- 6 Αεροδρόμια
- 7 Μεταλλευτικές περιοχές
- 8 Χώροι απόθεσης απορριμμάτων
- 9 Εργοστάσια
- 10 Περιοχές αστικού πρασίνου
- 11 Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού
- 12 Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις
- 13 Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις
- 14 Ορυζώνες
- 15 Αμπελώνες
- 16 Οπωρώνες και καλλιέργειες κερασιών
- 17 Ελαιώνες
- 18 Βοσκοτόπια
- 19 Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες
- 20 Συμπλέγματα καλλιεργειών
- 21 Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης
- 22 Περιοχές αγροδασοπονίας
- 23 Δάση πλατύφυλλων
- 24 Δάση κωνοφόρων
- 25 Μικτά Δάση
- 26 Ποολίβαδα
- 27 Τυφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση
- 28 Σκληρόφυλλη βλάστηση
- 29 Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης
- 30 Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις
- 31 Βράχια
- 32 Περιοχές με σποραδική βλάστηση
- 33 Καμένες περιοχές
- 34 Παγετώνες και αιώνιο χιόνι
- 35 Χερσαία έλη
- 36 Τυφώνες
- 37 Αλατούχα έλη
- 38 Αλυκές
- 39 Παλιρροϊκοί σχηματισμοί
- 40 Υδάτινα ρεύματα
- 41 Λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλημμυρικές ζώνες
- 42 Λιμνοθάλασσες
- 43 Εκβολές ποταμών
- 44 Θάλασσα και ωκεανοί

Ο θεματικός χάρτης καλύψεων γης Corine είναι μια προσπάθεια του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Είναι μια βάση δεδομένων καλύψεων γης, η οποία προέρχεται από την ερμηνεία δορυφορικών εικόνων του Θεματικού Χαρτογράφου στο γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα ArcInfo. Η διαθεσιμότητα των δεδομένων είναι ελεύθερη στον οποιονδήποτε χρήστη δια μέσου του διαδικτυακού τόπου της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος.

Η προσπάθεια ξεκίνησε την δεκαετία του 1980 και έχουν εκδοθεί δύο θεματικοί χάρτες καλύψεων / χρήσεων γης το 1990 και το 2000 αντίστοιχα. Η ολοκληρωμένη βάση δεδομένων Corine Land Cover 2000 (CLC, 2000) παρέχει ποσοτικά στοιχεία, σχετικά με χρήσεις / καλύψεις γης συγκρίσιμα σε ολόκληρη την Ευρώπη σε κλίμακα 1:100.000 και περιλαμβάνει 44 (υποδιαίρεσεις) κατηγοριοποιήσεις κάλυψης γης. Ο ψηφιακός χάρτης έχει 100 μέτρα χαρτογραφική ακρίβεια και προβάλλεται σε Ελλειψοειδές Σύστημα Γεωγραφικής Αναφοράς (ETRS89) που είναι και το πρότυπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για δεδομένα με πανευρωπαϊκή κάλυψη. Η χωρική διακριτική ικανότητα είναι 100 μ και τα δεδομένα έχουν προβληθεί στο Lambert Azimuthal - Equal Area co-με ελλειψοειδές αναφοράς το GRS 80 και κατακόρυφο σύστημα αναφοράς το European Terrestrial Reference System 1989 (Miliareisis, 2009b).

1.3 Φυσικές Διεργασίες που Αλλάζουν τις Καλύψεις Γης

Οι διεργασίες της εδαφικής υποβάθμισης γενικά οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως θα δούμε και παρακάτω, αλλά σε μεγάλο ποσοστό οφείλεται και σε φυσικές διεργασίες οι οποίες όμως επιτείνονται από τις δραστηριότητες αυτές, και έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή χρήσεων γης. Η κλιματικά αλλαγή σε συνδυασμό με ακραία καιρικά φαινόμενα καθώς και η καταστροφή οικοσυστημάτων λόγω πυρκαγιών παρατηρούνται ολοένα και συχνότερα και αναμένεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος (Buchanan et al., 2013). Μία από αυτές είναι οι κατολισθήσεις, όπου εμφανίζονται σε περιοχές ανάλογα με την γεωμορφολογία, την υδρογεωλογία, το κλίμα, την αλλαγή της φυτοκάλυψης από τις συχνές πυρκαγιές, και της απογύμνωσης του εδάφους από τη βλάστηση. Οι επιπτώσεις του φαινομένου αυτού είναι άμεσες, όπως απώλειες σε ανθρώπινες ζωές, εκτεταμένες ζημιές σε ιδιοκτησίες αλλά και έμμεσες κοινωνικό - οικονομικές επιπτώσεις (Lillesand et al., 2008).

Κατολισθήσεις που προκαλούνται από σεισμούς, οδηγούν σε σημαντικές απώλειες στις ανθρώπινες ζωές όπως είδαμε παραπάνω και έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή οικιών, υποδομών όπως δρόμοι, γέφυρες κ.α. Επιπρόσθετα προκαλούν αποκάλυψη του εδάφους από την βλάστηση, σε εκτεταμένες ζώνες πίσω από το μέτωπο της κατολίπησης. Είναι απαραίτητο και σημαντικό να εντοπισθούν και να χαρτογραφηθούν οι κατολισθήσεις αμέσως μετά τον σεισμό για τον προγραμματισμό και την άμεση πρόσβαση στη πληγείσα περιοχή,

για την διάσωση των θυμάτων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να χαρτογραφηθούν ζώνες πιθανών κατολισθήσεων που σχετίζονται με τις υπάρχουσες κατολισθήσεις και που είναι πολύ πιθανό να ενεργοποιηθούν ως συνέπεια της μετασεισμικής ακολουθίας. Η κατολίσθηση συχνά καταλήγει σε απότομες αλλαγές της κάλυψης γης σε δασικές και χόρτο - λιβαδικές εκτάσεις, οι οποίες μπορεί εύκολα να εντοπιστούν από αερό – φωτογραφίες ή μέσω δορυφόρου, με βάση τις τεχνικές τηλεπισκόπησης. Η περιοχή που η κατολίσθηση λαμβάνει χώρα είναι συχνά απρόσιτη και αδύνατον να μελετηθεί με επίγειες μετρήσεις, εξαιτίας των συνεπαγόμενων καταστροφών στις συγκοινωνιακές υποδομές. Ως εκ τούτου, η τηλεπισκόπηση μπορεί να υιοθετηθεί για τη συλλογή χωρικών πληροφοριών της κατολίσθησης αποτελεσματικά και κυρίως γρήγορα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός που έλαβε χώρα στην περιοχή Wenchuan της Κίνας όπου προκάλεσε εκτεταμένες κατολισθήσεις στις παρυφές του Θιβέτ σε ηπειρωτική κλίμακα (Jiayuan and Zhou, 2013). Στην συγκεκριμένη περίπτωση σχεδιάστηκε μια μεθοδολογία που επέτρεψε την γρήγορη χαρτογράφηση των περιφερειακών κατολισθήσεων χρησιμοποιώντας δεδομένα MODIS για τον προσδιορισμό του δείκτη NDVI και ψηφιακών μοντέλων εδάφους για τον προσδιορισμό της κλίσης του εδάφους. Το όριο στη μεταβολή του NDVI τέθηκε ίσον με 0,4 και επέτρεψε τον εντοπισμό ζωνών στις οποίες είχαμε απότομη μεταβολή του δείκτη βλάστησης, χωρίς να συσχετίζεται αυτή η μεταβολή με τις εποχικές μεταβολές στη βλάστηση στις οποίες είναι πιο ήπιες. Η κλίση του εδάφους χρησιμοποιήθηκε για να εντοπιστούν από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ζώνες με κλίση άνω των 15 ° που είναι εκτεθειμένες σε υψηλό κίνδυνο κατολισθήσεων και οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη κατά τον σχεδιασμό των μεταφορών.

Άλλη σημαντική φυσική διεργασία αποτελούν οι πλημμύρες (Foulds et al., 2014), οι οποίες είναι αποτέλεσμα έντονων βροχοπτώσεων και παρατηρούνται ιδιαίτερα σε πλαγιές με μεγάλες κλίσεις οι οποίες έχουν προηγουμένως αποψιλωθεί από πυρκαγιές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζονται αρνητικά η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, καθώς και η ποιότητα νερού και αέρα. Το πιο σημαντικό βέβαια είναι ότι με την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, καταστρέφονται χιλιάδες στρέμματα καλλιεργήσιμων εκτάσεων, αλλά και κατοικημένων περιοχών, μιας και απουσιάζει η βλάστηση και τα φυτικά υπολείμματα για να κατακρατήσουν ή να απορροφήσουν μέρος της βροχής.

Να σημειωθεί ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος γίνεται ακόμα πιο έντονη στις περιπτώσεις όπου τα δύο φαινόμενα συνδυάζονται, γεγονός που συμβαίνει αρκετά συχνά, π.χ. πλημμύρα θα εμφανιστεί και θα είναι πιο καταστροφική όταν συμβαίνει σε μία δασική περιοχή, η οποία έχει ήδη καταστραφεί από μία μεγάλη πυρκαγιά.

Φυσικές διεργασίες που αλλάζουν τις καλύψεις γης

Η κλιματικά αλλαγή σε συνδυασμό με ακραία καιρικά φαινόμενα που επικρατούν σε μια περιοχή, επηρεάζουν την αλλαγή και χρήση γης



Πυρκαγιές

- Απώλειες ανθρωπίνων ζώων
- Απώλειες παρουσιών – καλλιεργήσιμων εκτάσεων
- Καταστροφή φυσικών οικοσυστημάτων
- Υποβάθμιση του εδάφους



Πλημμύρες

- Απώλειες ανθρωπίνων ζώων
- Απώλειες παρουσιών - καλλιεργήσιμων εκτάσεων
- Επηρεάζεται αρνητικά η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής

Σχήμα 1.3.1: Διάγραμμα φυσιολογικών διεργασιών που αλλάζουν τις καλύψεις γης.

1.3.1 Παραδειγματικές Περιπτώσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν μερικά παραδείγματα φυσικών διεργασιών που προξενούν αλλαγές στις καλύψεις ή χρήσεις γης σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη (Ινδία, Η.Π.Α, Ουαλία κ.α). Ο στόχος είναι να παρουσιαστεί η έκταση και η συχνότητα των φαινομένων καθώς και τα αίτια που τα προκαλούν που συσχετίζονται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και την συνεπαγόμενη επίδραση της στα μετεωρολογικά φαινόμενα και στην αγροτική οικονομία.

- Ένα παράδειγμα των επιπτώσεων από ακραίες βροχοπτώσεις και πλημμύρες σε απότομες ορεινές λεκάνες απορροής είναι ότι αφήνουν γεωμορφολογικά ίχνη της εμφάνισής τους, με τη μορφή αναχωμάτων. Ο προσδιορισμός της ηλικίας αυτών των χαρακτηριστικών είναι καθοριστικός, για την κατανόηση της εξέλιξης του τοπίου και των κλιματικών αλλαγών. Η μελέτη των γεωμορφολογικών ιχνών στα Κάμβρια βουνά της Ουαλίας, επισήμανε τις μεγάλες πλημμύρες που έλαβαν μέρος μεταξύ 1900 και 1960 και έτσι προσδιορίστηκαν οι εναλλαγές περιόδων με πολύ μεγάλες βροχοπτώσεις, και η συχνότητα επανάληψής. Αναγνωρίστηκε μια τάση αύξησης της συχνότητας τους που συσχετίζεται μάλλον με την κλιματική αλλαγή. Επομένως οι μεταβολές στις καλύψεις γης λόγω φυσικών διεργασιών μας παρέχουν στοιχεία για την μελέτη των κλιματικών αλλαγών (Foulds et al., 2014).
- Ομοίως με παραπάνω, μια άλλη χαρακτηριστική περίπτωση διάβρωσης εδαφών, υπήρξε στην Τσεχία το 1916. Συγκεκριμένα το φράγμα Bílá Desná υποχώρησε από την διάβρωση του εδάφους με επακόλουθο να πλημμυρίσει η ευρύτερη περιοχή. Αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης ήταν 60 άνθρωποι να χάσουν την ζωή τους και πολλά κτήρια - περιουσίες να καταστραφούν (Raška and Emmer, 2014).
- Οι καταστροφικές πλημμύρες που οφείλονται και στην κλιματική αλλαγή ανέρχονται στον αριθμό 21.546 και έλαβαν χώρα στις Ηνωμένες Πολιτείες από τον Οκτώβριο του 2006 μέχρι το 2012. Αποτέλεσμα των εκτεταμένων καταστροφικών πλημμυρών ήταν

η καταστροφή πολλών αγροτικών εκτάσεων, και γενικότερα την αλλαγή χρήσης γης σε πολλές περιοχές των Η.Π.Α (Špitalar et al., 2014).

- Έντονες πλημμύρες μετά από βροχοπτώσεις έχουν εκδηλωθεί το χρονικό διάστημα από το 1981 μέχρι το 2010, αποτέλεσμα των πυρκαγιών που είχαν προηγηθεί στην Νοτιοδυτική Μεσόγειο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να χαθούν πολλές εκτάσεις γεωργικής γης, αλλά και κατοικημένων περιοχών (Carmen et al., 2014). Το κόστος εκτιμάται σε περίπου 20 εκατομμύρια ευρώ.
- Ένα άλλο παράδειγμα στο οποίο οι φυσικές διεργασίες συντελούν στις αλλαγές χρήσεων και καλύψεων γης, αποτελούν οι καταστροφικές κατολισθήσεις που λαμβάνουν χώρα σε ορεινούς χώρους. Πιο συγκεκριμένα θα εξετάσουμε τις κατολισθήσεις που λαμβάνουν χώρα στα ορεινά τοπία των Ιμαλαίων και οι οποίες θεωρούνται μία από τις κύριες πηγές των ιζημάτων. Το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, εστιάζεται σε μια κατολίσθηση σε μια υδρολογική λεκάνη στο Νεπάλ (στην κοιλάδα Khudi) η οποία έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί προσδιορίζει σε ένα μεγάλο βαθμό τη συνολική διάβρωση της λεκάνης των Ιμαλαίων. Η εξέλιξη της κατολίσθησης παρακολουθείται συνεχώς με τεχνικές τηλεπισκόπησης τα τελευταία 46 χρόνια και παρατηρείται μια συνεχής δράση. Οι απώλειες του όγκου της κατολίσθησης και η μεταφορά ιζημάτων κατόντη υπολογίστηκαν με σύγχρονο τρόπο από τις διαφορές μεταξύ διαχρονικών ψηφιακών μοντέλων εδάφους (DEMs) και τα οποία επέτρεψαν τη μοντελοποίηση του φαινομένου με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Τα αποτελέσματα αυτά, δείχνουν ότι οι κατολισθήσεις που συμβαίνουν στην περιοχή, είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης της λεκάνης Ιμαλαίων Khudi η οποία επιταχύνεται τόσο τα τελευταία χρόνια και ενδεχομένως και τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Η μεταφορά ιζημάτων και οι κατολισθήσεις έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή των χρήσεων γης της λεκάνης στο Νεπάλ (Gallo and Lavé, 2014).
- Μια περίπτωση φυσικής καταστροφικής διεργασίας που είχε ως αποτέλεσμα την αλλαγή χρήσης γης, ήταν οι πυρκαγιές στην Άντρα Πραντές (Andhra Pradesh) στην Ινδία (το 15% των πυρκαγιών προξενούνται εκεί σε όλη την χώρα). Εκεί οι πυρκαγιές προκαλούνται από τα ανθρωπινά χέρια, με σκοπό την αλλαγή χρήσης των

δασικών τροπικών οικοσυστημάτων (ή την διαχείριση των φυσικών πόρων). Με το κάψιμο των τροπικών περιοχών και την αλλαγή χρήσης τους, παράγονται δασικά προϊόντα ή και υπηρεσίες, χρήσιμες για τα νοικοκυριά των τοπικών κοινωνιών. Το πιο σημαντικό από τα προϊόντα που παράγονται είναι η βιομάζα για καύσιμη ύλη και από αυτήν εξαρτώνται τουλάχιστον 200.000.000 άνθρωποι στην Ινδία (Schmerbeck et al., 2014).

1.4 Ανθρωπογενείς Διεργασίες που Προκαλούν Αλλαγές

Η πίεση που ασκείται στους φυσικούς πόρους από τις ανθρώπινες διεργασίες τις τελευταίες δεκαετίες, οδηγούν τα φυσικά οικοσυστήματα σε ραγδαία υποβάθμιση με επακόλουθες επιπτώσεις και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπινων κοινωνιών, αλλά και στην κοινωνική συνοχή (Thenkabail et al., 2012). Συγκεκριμένα οι αλλαγές στις χρήσεις – καλύψεις γης προκαλούνται από διεργασίες όπως είναι για παράδειγμα η οικιστική – περιαστική επέκταση των πόλεων, η επέκταση των τουριστικών υποδομών σε παραλίες και ορεινά θέρετρα, η εγκατάλειψη του πρωτογενούς τομέα στα ορεινά και η σύνδεση με αυτό το φαινόμενο με την συνολική αύξηση των γεωργικών εκτάσεων τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας λόγω παρατεταμένης οικονομικής ύφεσης. Επίσης οι καταστροφικές δασικές πυρκαγιές και οι διάφορες καταπατήσεις που τις ακολουθούν, είναι πολύ συχνά αποτέλεσμα αυτής ακριβώς της ανάγκης για διαφορετική χρήση της γης.

Σημαντική ανθρώπινη διεργασία αποτελεί η υπερβόσκηση, αφού στη χώρα μας εκτρέφονται ελεύθερα πολύ περισσότερα αιγοπρόβατα από εκείνα που μπορούν να συντηρηθούν στα λιβάδια μας. Τα γυμνά ελληνικά βουνά είναι αποτέλεσμα της υπερβολικής βόσκησης, όπου βλέπει κανείς να προβάλλουν γυμνά βράχια, χωρίς χόμα ή βλάστηση (τρανό παράδειγμα αποτελεί για την χώρα μας οι ορεινοί όγκοι κυρίως της Βορειοδυτικής Κρήτης).

Οι αλλαγές στις χρήσεις γης απειλούν τα δασικά οικοσυστήματα και το περιβάλλον γενικότερα, ενώ είναι οι κύριοι παράγοντες που μεταβάλλουν τις καλύψεις γης στο χώρο. Αφορούν κυρίως στην επέκταση των οικονομικών δραστηριοτήτων στον φυσικό χώρο, αλλά και την αλλαγή της μορφής της βλάστησης. Η επέκταση των γεωργικών εκτάσεων, οι πιέσεις από τον τουρισμό και η άναρχη οικοδομική δραστηριότητα, έχουν συχνά ως αποτέλεσμα στη

θέση του καμένου δάσους να « ξεφουτρώνει » τσιμέντο. Επιβάλλεται η διαρκής παρακολούθηση των αλλαγών στις χρήσεις γης, αλλά και η δημοσιοποίηση αυτής της πληροφορίας. Επίσης απαιτείται ανάληψη νομικών και πολιτικών παρεμβάσεων προς αντιμετώπιση κάθε παρανομίας.

Μερικές από τις χαρακτηριστικές αλλαγές στις χρήσεις γης που επηρεάζουν τις καλύψεις γης, ακολουθούν:

1. έντονη αστικοποίηση και οικοπεδοποίηση.
2. επέκταση της παράκτιας δόμησης.
3. μείωση των αγροτικών εκτάσεων με παράλληλη υποβάθμιση των δασών από τη βόσκηση.
4. κατακερματισμός των θαμνωδών εκτάσεων που διαχρονικά μετατράπηκαν σε αγροτικές.
5. επέκταση της δόμησης κυρίως για δεύτερη κατοικία σε συνδυασμό με την παρουσία μιας σημαντικής τουριστικής υποδομής.
6. διαχρονική μετατροπή των εκτάσεων χαμηλής βλάστησης σε δάση.
7. κατά τόπους δάσωση των αγρών, αλλά και επέκταση των οικισμών εις βάρος των λιβαδικών εκτάσεων της περιοχής.

Ανθρώπινες διεργασίες που αλλάζουν τις καλύψεις γης

Οι ανθρώπινες έχουν οδηγήσει τα φυσικά οικοσυστήματα σε ραγδαία υποβάθμιση με επιπτώσεις τόσο στην ποιότητα ζωής των ανθρώπινων κοινωνιών, όσο και στην κοινωνική συνοχή



- Οικιστική – περιαστική επέκταση των πόλεων
- Επέκταση των τουριστικών υποδομών σε παραλίες και ορεινά θέρετρα
- Πυρκαγιές
- Υπερβόσκηση

Σχήμα 1.4.1: Διάγραμμα ανθρώπινων διεργασιών που αλλάζουν τις καλύψεις γης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν μερικά παραδείγματα ανθρώπινων διεργασιών που προξενούν αλλαγές στις καλύψεις ή χρήσεις γης σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη (Βραζιλία , Κίνα κ.α). Στις χώρες αυτές παρουσιάζεται ο έντονος ανταγωνισμός που συμβαίνει μεταξύ αστικών, δασικών και γεωργικών εκτάσεων, καθώς και τους κοινωνικούς αλλά και περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζονται από την παραπάνω σύγκρουση. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση των δασικών περιοχών και η αύξηση των αστικών, αλλά και των γεωργικών (Tavares et al., 2014). Ο στόχος είναι να παρουσιαστεί η έκταση των φαινομένων καθώς και τα αίτια που τα προκαλούν που συσχετίζονται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και την επίδραση της στην αγροτική οικονομία, αλλά και σε κοινωνικά προβλήματα των χωρών αυτών.

1.4.1. Παραδειγματικές Περιπτώσεις

Υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που ωθούν τους ανθρώπους στην υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων και στην συνεπαγόμενη αλλαγή των καλύψεων γης – με ανυπολόγιστες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Στις παραδειγματικές περιπτώσεις που παρουσιάζονται παρακάτω δίνεται έμφαση στην καταστροφή των τροπικών δασών του Αμαζονίου στην Βραζιλία, καθώς επίσης και στη μεταβολή της αγροτικής γης σε βιομηχανική και αστική γη στην Κίνα.

- Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα ανθρωπογενών διεργασιών που προκαλούν αλλαγές στις καλύψεις γης είναι στον Αμαζόνιο (Ο Αμαζόνιος καλύπτει 6,7 εκ. τετραγωνικά χιλιόμετρα και εκτείνεται σε 9 διαφορετικές χώρες), που ως γνωστόν παίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της ισορροπίας των κλιματολογικών συνθηκών, ως ένας σημαντικός παράγοντας στον κύκλο του άνθρακα. Συγκεκριμένα οι πολιτείες Μάτο Γκρόσο (Mato Grosso) και Παρά (Pará) στη Βραζιλία, αντιμετωπίζουν έντονα το πρόβλημα της αποψίλωση των τροπικών δασών (Verburg et al., 2014).
 - Η αιτία καταστροφής των δασών οφείλεται στην επέκταση της γεωργικής δραστηριότητας (καλλιέργεια σόγιας), υλοτομίας, αύξηση των βοσκοτόπων λόγω αυξημένων ανθρώπινων αναγκών σε βάρος της βιοποικιλότητας.
 - Επιπλέον έχουμε καταστροφή των δασών εξαιτίας της κατασκευής μεγάλων έργων υποδομής όπως και αυτοκινητοδρόμων προκειμένου να υποστηριχθούν δραστηριότητες που είναι αποτέλεσμα της εντατικής γεωργικής εκμετάλλευσης.
 - Οι προηγούμενες αλλαγές συνεπάγονται αυξημένη εσωτερική μετανάστευση, αφού δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας σε περιοχές που δεν υπάρχουν αστικές υποδομές. Έτσι δημιουργούνται οικισμοί και αστικά κέντρα άναρχα, επιδεινώνοντας το παραπάνω πρόβλημα.

- Οι αλλαγές στις καλύψεις και χρήσεις γης που οφείλονται σε ανθρώπινη υπαιτιότητα είτε στην κλιματική αλλαγή, προκαλούν την μείωση του βιοτικού επιπέδου και συγχρόνως την αύξηση της φτώχειας σε περιοχές της Βραζιλίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι από τα τροπικά δάση της (το 40 % των τροπικών δασών βρίσκονται εκεί) εξαρτώνται πολλοί άνθρωποι (ιθαγενείς και τοπικές κοινότητες που είχαν ελεύθερη πρόσβαση, είτε κατοχή των δασών τα οποία εκμεταλλεύονταν λελογισμένα) για την επιβίωση τους. Με την αποψίλωση τους και την κατασκευή κυρίως μεγάλων έργων υποδομής, χάνονται τεράστιες εκτάσεις και οι άνθρωποι αναγκάζονται να μεταναστεύσουν πιο εσωτερικά στα τροπικά δάση, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους και να διαταράσσεται η οικολογική ισορροπία στα υπάρχοντα τροπικά δάση, που είναι σε επαφή με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις (Pinho et al., 2014).

- Μια περίπτωση ανθρώπινης διεργασίας που είχε ως αποτέλεσμα την αλλαγή της χρήσης γης από καλλιεργήσιμη σε βιομηχανική – ημιαστική - αστική, αποτελεί η Κίνα. Όπου το 51.27% του πληθυσμού της κοντά στα 690,79 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε πόλεις όπου συνεχώς (και αυτό είναι το ανησυχητικό) το νούμερο αυτό αυξάνεται. Σταδιακά από το 1978 άρχισε η αλλαγή χρήσης γης από αγροτική σε ημιαστική και τελικά σε αστική, λόγω της μετατροπής της οικονομίας της από αγροτική, σε βιομηχανική. Τεράστια εργοστάσια ξεκίνησαν να κατασκευάζονται πολύ κοντά σε αστικές περιοχές, με αποτέλεσμα την εσωτερική μετανάστευση και την δημιουργία μεγαλουπόλεων, σε βάρος των αγροτικών περιοχών. Αύτη η κίνηση δημιούργησε σωρεία προβλημάτων όπως εγκατάλειψη της υπαίθρου, ερημοποίηση, υπερεκμετάλλευση των γεωργικών εδαφών, καθώς και ρύπανση των εδαφών από την βιομηχανίες (Long, 2014).

1.5 Βιοφυσική Υπογραφή

Οι δορυφόροι, επιτρέπουν την παρακολούθηση της επιφάνειας της γης καταγράφοντας βιοφυσικά δεδομένα, όπως θερμοκρασία μέρας και νύχτας, δείκτες βλάστησης, πυκνότητα φυλλώματος κ.α., με υψηλή χρονική διακριτική ικανότητα, δίνοντας τη δυνατότητα για νέες περιβαλλοντικές εφαρμογές (Miliareisis, 2013a). Έτσι έχουμε δυναμικά την χωροχρονική μεταβολή ενός βιοφυσικού δείκτη για κάποιο αντικείμενο στην επιφάνεια, που το ονομάζουμε βιοφυσική υπογραφή. Η καινούρια τεχνολογική πρόκληση είναι να συσχετίσουμε την χωροχρονική μεταβολή των βιοφυσικών μεταβολών με τις καλύψεις και χρήσεις γης προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε αυτές τις αλλαγές. και να εντοπίσουμε πιθανές συσχετίσεις. Από μεθοδολογικής πλευράς οι τεχνικές εστιάζονται στην κατάτμηση του γεωγραφικού χώρου σε αντικείμενα με διαφορετική βιοφυσική υπογραφή.

1.5.1 Παραδειγματικές Περιπτώσεις

Θα παρουσιαστούν οι μεθοδολογίες στις οποίες βασίζεται ο προσδιορισμός της βιοφυσικής υπογραφής μιας βιοφυσικής ενότητας.

- Στη πρώτη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η γεωγραφική κατάτμηση του φυσικού χώρου σε αντικείμενα. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η κατάτμηση της Ελλάδος σε διοικητικές διαιρέσεις (π.χ οι Νομοί ή Δήμοι της Ελλάδος). Σε αυτή την περίπτωση η βιοφυσική υπογραφή υπολογίζεται μέσα σε κάθε αντικείμενο και τα αντικείμενα συγκρίνονται μεταξύ τους με βάση την βιοφυσική τους αναπαράσταση (Miliareisis and Tsatsaris, 2010 ; Miliareisis, 2009a)
- Στη δεύτερη περίπτωση δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη το γεωγραφικό πλαίσιο (καλύψεις γης, διοικητικές διαιρέσεις), αλλά μόνο οι χωροχρονικές εικόνες του βιοφυσικού δείκτη (π.χ θερμοκρασία, βλάστηση κ.α). Διαδικασίες κατάτμησης εικόνας εφαρμόζονται στα διαχρονικά βιοφυσικά δεδομένα και προσδιορίζονται τάξεις με διαφορετικό κέντρο βάρους – το διαφορετικό κέντρο βάρους υποδηλώνει διαφορά στη βιοφυσική υπογραφή (Miliareisis, 2013a). Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια ερμηνείας των τάξεων με βάση τα βιοφυσικά δεδομένα.

1.6 Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, θα επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις σε πολλούς τομείς πάνω στον πλανήτη. Συγκεκριμένα θα επηρεάσει αρνητικά την επιβίωση αρκετών ευαίσθητων οικοσυστημάτων (ορατός κίνδυνος εξάλειψης ορισμένων ειδών), την διατήρηση των υδάτινων πόρων, τη διατήρηση της δημόσιας υγείας (αύξηση μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών έλλειψη πόσιμου νερού π.χ ελονοσία ή διάρροια), την προσφορά τροφής (υποσιτισμός), τη βιομηχανία, τις γεωργικές καλλιέργειες, τις μεταφορές αλλά και τις υποδομές (Hill, 2013). Τέλος μέσω της αναγκαστικής μετανάστευσης από τις πιο πληγείσες περιοχές (λεγόμενοι και κλιματικοί πρόσφυγες) αυξάνεται η πιθανότητα συγκρούσεων και ανασφάλειας στον τοπικό πληθυσμό από την εισαγωγή μεγάλου όγκου μεταναστών. Παράδειγμα για την Ελλάδα, αποτελούν περιοχές του κέντρου της Αθήνας (Ομόνοια, Κάτω Πατήσια, Άγιος Ελευθέριος) όπου η αύξηση της εγκληματικότητας έχει πάρει διαστάσεις επιδημίας. Αυτό μπορεί και να οφείλεται στο γεγονός ότι έχει δεχθεί το μεγαλύτερο κύμα μεταναστών από περιοχές ή χώρες που έχουν πληγεί περισσότερο από την κλιματική αλλαγή (π.χ μετανάστες από χώρες της Κεντρικής Ασίας – Ανατολικής Αφρικής), μεταξύ άλλων περιπτώσεων.

Ειδικότερα μια από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής για την Ελλάδα είναι η αύξηση των καταστροφικών δασικών πυρκαγιών, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας στους 0,8 °C σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλεί θετικές ανατροφοδοτήσεις που θα επιφέρουν ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας και περαιτέρω δραματικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα . Αύξηση των πυρκαγιών συνεπάγεται μείωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, με ταυτόχρονη αύξηση των ασθενειών που κυρίως προσβάλλουν το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου (αύξηση κρουσμάτων μορφών καρκίνου σε ζωτικά όργανα κυρίως του αναπνευστικού, όπως πνεύμονα). Επίσης τα αποθέματα γλυκού νερού που είναι αποθηκευμένα σε χιονισμένες περιοχές μειώνονται προκαλώντας ελλείψεις νερού σε περισσότερο από 1 δις ανθρώπους.

Το 20% με 30% όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη θα αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, αν η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1,5-2,5°C. Σε ξηρές και τροπικές περιοχές, ακόμα και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας της τάξης των 1°C - 2°C, αναμένεται να αυξήσουν τον κίνδυνο λιμών (Quattrochi and Luvall,

2014). Επίσης αναμένονται αλλαγές στην υγρασία αλλά και την ποιότητα του αέρα , αύξηση ξηρασίας, αύξηση της ρύπανσης (Rhee and Jungho, 2014).

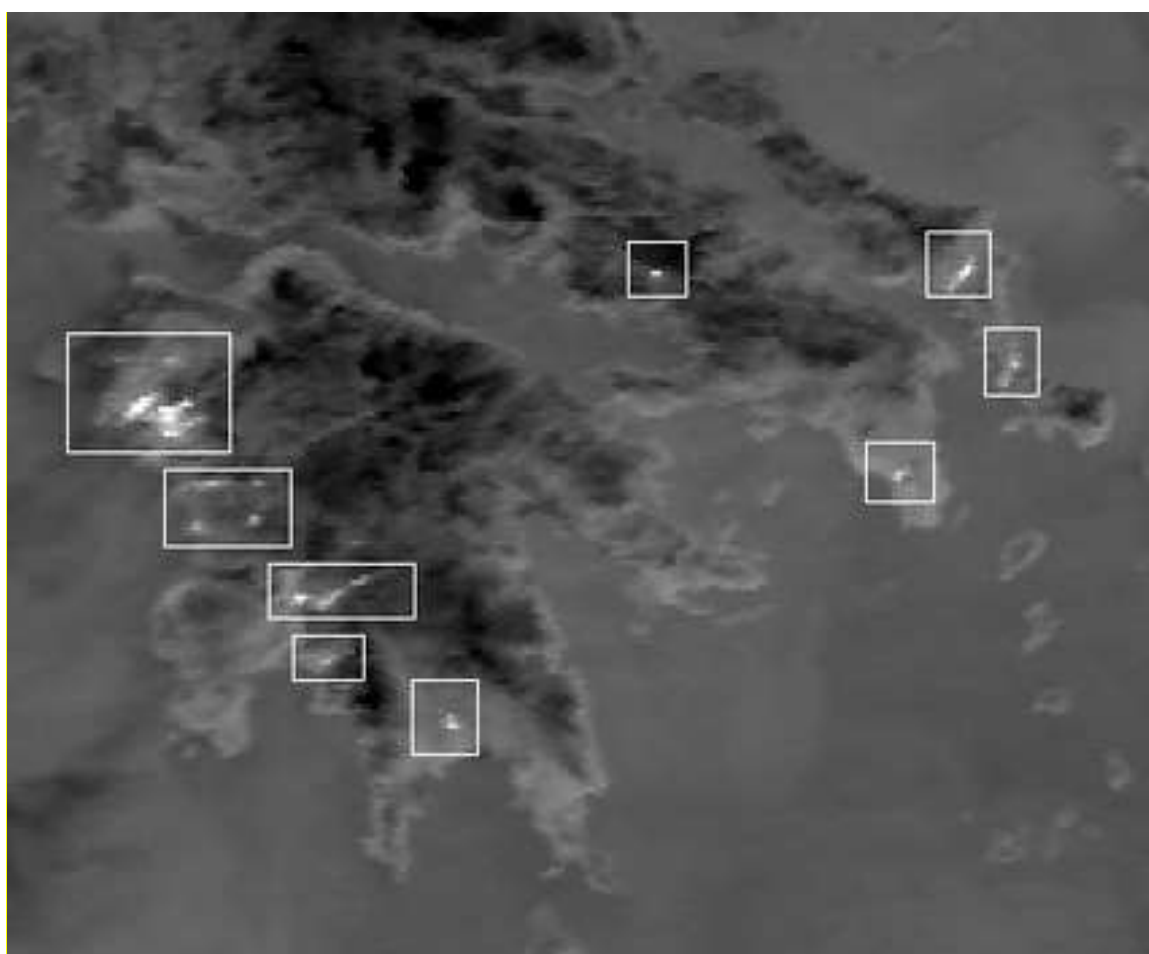
Τέλος η αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην χώρα μας, θα πρέπει να αποτελεί μια από τις προτεραιότητες της κάθε κυβέρνησης. Παράδειγμα αποτελεί το φαινόμενο της αιθαλομίχλης τον χειμώνα (χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Λεκανοπέδιο Αττικής 24 – 25 / 12 / 2014), όπου πνίγει τις μεγάλες πόλεις της χώρας μας, κατά την διάρκεια της νύχτας. Αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, όπου η ελληνική κυβέρνηση πρέπει να το αντιμετωπίσει πιο αποτελεσματικά.

1.7 Καταστροφικές Αλλαγές Στις Καλύψεις Γης

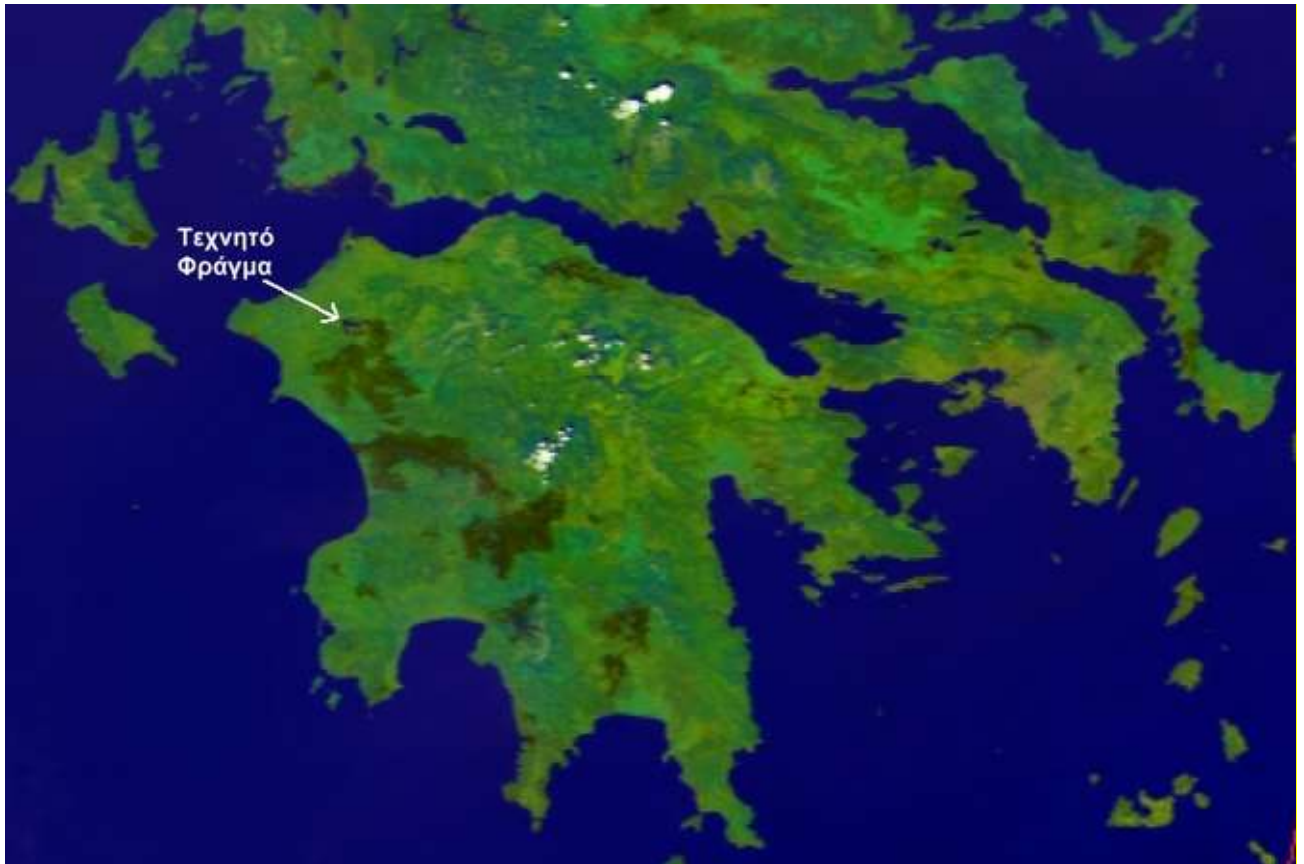
Οι αλλαγές στις καλύψεις γης που συνέβησαν μετά από τις πυρκαγιές ήταν στις αγροτικές εκτάσεις που άλλαξαν κάλυψη, στις εκτάσεις που με την πάροδο του χρόνου μετατράπηκαν σε αγροτικές, σε εκτάσεις που μετατράπηκαν σε άγονες ή σε οικισμούς . Καταστροφική αλλαγή της κάλυψης γης, αποτελεί η ερημοποίηση (desertification) (Ismail Elmahdy et al., 2013). Είναι το αποτέλεσμα της διάβρωσης των εδαφών, όπου επιφέρει δραστική μείωση του βάθους του εδάφους αλλά και του διαθέσιμου ύδατος για την ανάπτυξη των φυτών. Επίσης της γονιμότητας και της παραγωγικότητας των εδαφών καθώς και της βλάστησης μιας και αυξάνεται η αλατότητα των, μετατρέποντας με αυτό τον τρόπο το έδαφος, σε άγονο ακατάλληλο για καλλιέργεια (Zhi Chen et al., 2012). Μείωση των γεωργικών – αγροτικών – δασικών εκτάσεων, έχει ως αποτέλεσμα την συρρίκνωση του αγροτικού πληθυσμού - εισοδήματος, προκαλώντας σοβαρές κοινωνικό – οικονομικές επιπτώσεις. Αυτό ισοδυναμεί με μετακινήσεις πληθυσμού (εσωτερική – εξωτερική μετανάστευση) σε άλλες περιοχές, με περισσότερες δυνατότητες απασχόλησης με αποτέλεσμα την εγκατάλειψη της υπαίθρου (Baek and Choi, 2012).

Άλλη καταστροφική αλλαγή αποτελεί η άναρχη ανάπτυξη της κτηνοτροφίας σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές της Ελλάδας (ο αριθμός των ζώων που συνήθως εκτρέφεται στη ζώνη αυτή, συχνά είναι πολύ μεγαλύτερος από τις δυνατότητες του βοσκότοπου), ιδιαίτερα όταν δεν συνδυάζεται με μέτρα αντιδιαβρωτικής προστασίας, συντελεί στην αλλαγή της χρήσης γης. Παράδειγμα για την χώρα μας, αποτελεί η Κρήτη, η Λέσβος (η δυτική πλευρά του νησιού) καθώς και η περιοχή της Ανατολικής Μάνης στην Πελοπόννησο.

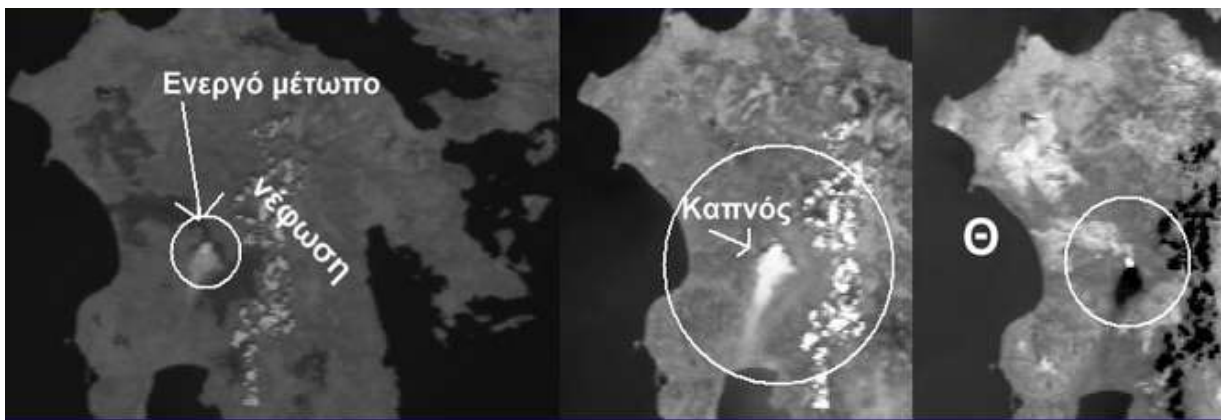
Ένα παράδειγμα αποτελούν οι πυρκαγιές του καλοκαιριού του 2007. Όπου συνέβη μία από τις μεγαλύτερες φυσικές καταστροφές στην ιστορία της σύγχρονης Ελλάδας. Εκτεταμένες πυρκαγιές σε πολλά μέρη της χώρας, κυρίως τον μήνα Αύγουστο, έκαψαν περισσότερα από 2.700 km² γης, ενώ η φωτιά έκαψε 4,5 εκατομμύρια ελαιόδεντρα. Οι περιοχές οι οποίες επλήγησαν, αφορούσαν κυρίως τους νομούς Πελοποννήσου, με το νομό Ηλείας να δέχεται το πιο εκτεταμένο και φονικό πλήγμα. Παραδείγματα δίνονται στις εικόνες (Miliaresis, 2009a) που ακολουθούν



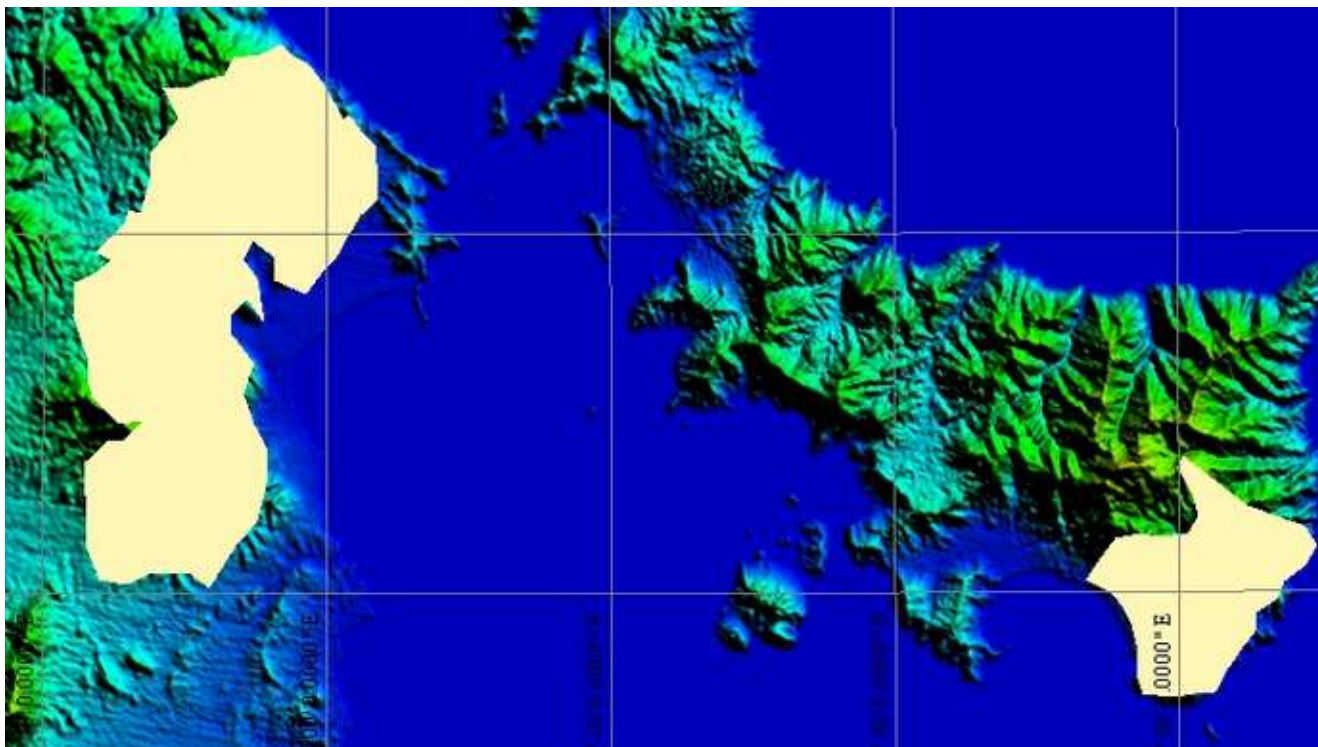
Εικόνα 1.7.1. Ενεργά μέτωπα σε νυχτερινή θερμική λήψη, Αύγουστος 2007 (Miliaresis, 2009a).



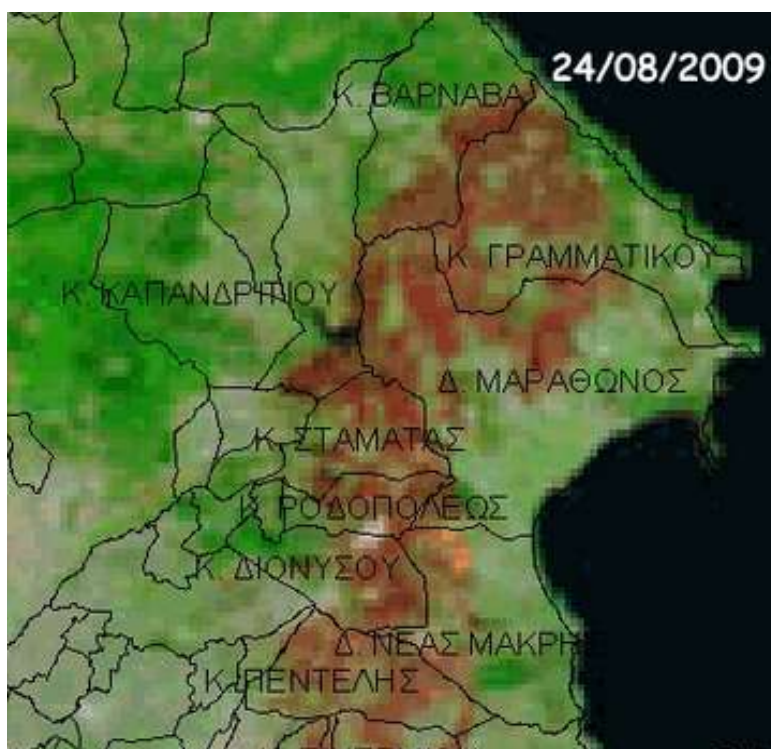
Εικόνα 1.7.2. Καμένες εκτάσεις Αύγουστος, 2007 (Miliareisis, 2009a).



Εικόνα 1.7.3. Παρακολούθηση της εξέλιξης μιας πυρκαγιάς με πολυφασματική εικόνα (Miliareisis, 2009a).



Εικόνα 1.7.4. Καμένες εκτάσεις στις πυρκαγιές του 2009 στην Εύβοια και Βορειοανατολική Αττική (Miliarsis, 2009a).



Εικόνα 1.7.5. Οι πληγείσες περιοχές ανά δημοτικό διαμέρισμα στην Βορειοανατολική Αττική (Miliarsis, 2009a).

1.7.1. Νομοθετικό και Θεσμικό Πλαίσιο

Στην χώρα μας η νομοθεσία που διέπει την προστασία δασών και δασικών εκτάσεων (συγκεκριμένα για τις περιοχές της Αττικής που επλήγησαν τον Αύγουστο του 2009) είναι ο Ν. 3818/ 10, οποίος προσπαθεί να εναρμονίσει το δίκαιο της χώρας με ότι ισχύει σε διεθνές επίπεδο (Only, 2011). Ο τελευταίος, προβλέπει μέτρα όπως αναστολή έκδοσης οικοδομικών αδειών και απαγόρευση εκτέλεσης εργασιών, σύστημα τηλεπισκόπησης χαρτογράφησης κάθε νέου οικήματος που εμφανίζεται στις εκτός σχεδίων πόλεων και εκτός ορίων οριοθετημένων οικισμών. Συστήνεται Ειδική Υπηρεσία Κατεδαφίσεων, η οποία είναι αρμόδια για τον εντοπισμό αυθαίρετων κατασκευών μέσα σε συγκεκριμένες εκτάσεις και προβαίνει στην κατεδάφιση αυτών, όποτε καταστεί απαιτητό.

Στον νόμο και ειδικότερα στο άρθρο 4, προβλέπεται η χρήση συστήματος τηλεπισκόπησης για την εποπτεία του φυσικού περιβάλλοντος του νομού Αττικής. Πιο συγκεκριμένα η εταιρεία «ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.» θέτει σε λειτουργία, υπό την εποπτεία του Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος, σύστημα τηλεπισκοπικής περιοδικής χαρτογράφησης του Νομού Αττικής. Όπου και ενημερώνει μέσα στο πρώτο τριήμερο κάθε ημερολογιακού μήνα την Ειδική Υπηρεσία Κατεδαφίσεων του άρθρου 7 για κάθε νέο κτίσμα που εντοπίζεται σε γήπεδο εκτός σχεδίων πόλεων και εκτός ορίων οριοθετημένων οικισμών στις περιοχές του περιγράμματος της παραγράφου 1 του άρθρου 1, αναφέροντας υποχρεωτικά τις γεωγραφικές συντεταγμένες του κτίσματος.

Ένα από τα πιο σημαντικά άρθρα είναι το 8 που επιταχύνει την διαδικασία κτηματογράφησης και κύρωσης δασικών χαρτών εκτός Νομού Αττικής. Οι περιοχές που πλήττονται από πυρκαγιά κηρύσσονται υπό κτηματογράφηση μέσα σε ένα μήνα από την εκδήλωση της πυρκαγιάς, εφόσον δεν τελούν ή δεν έχουν κηρυχθεί υπό κτηματογράφηση. Η εταιρεία «ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.» αναθέτει χωρίς καθυστέρηση τη σύνταξη δασικού χάρτη της πληγείσας περιοχής κατά τις κείμενες διατάξεις.»

Ο Νόμος 3889 / 10 που προωθεί την επιτάχυνση και απλούστευση της διαδικασίας κύρωσης των δασικών χαρτών προσδιορίζει και θεσμοθετεί την χρήση δασικών επικαιροποιημένων χαρτών που θα αποτελούν τα κύρια εργαλεία για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Μετά την κατάρτιση και κύρωση των δασικών χαρτών κάθε μεταβίβαση, σύσταση, αλλοίωση και γενικά κάθε μεταβολή των εμπραγμάτων σχέσεων στις δασικές εν γένει εκτάσεις που περιέχονται σε αυτούς είναι άκυρη και ανίσχυρη, αν δεν συνοδεύεται από πιστοποιητικό με το οποίο θα βεβαιώνεται ο χαρακτήρας της έκτασης, η ανυπαρξία δικαιωμάτων του Δημοσίου επ' αυτής και η αυτοτέλεια ή η νόμιμη κατάτμησή της.

Για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων έχει θεσπιστεί η Οδηγία 2007 / 60 / ΕΚ (για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας) με σκοπό να βοηθήσει τα Κράτη Μέλη στην πρόληψη, τον περιορισμό και την αντιμετώπιση των, αλλά και την προστασία από αυτών. Επίσης η Οδηγία Πλαίσιο (2000 / 60 / τΕΚ) για τα νερά, λειτουργεί επικουρικά στην διαχείριση των πλημμυρικών καταστροφών.

Βασικοί Νόμοι που διέπουν την προστασία των δασικών εκτάσεων

- Το νομοθετικό και θεσμικό πλαίσιο που διέπει την προστασία δασών και δασικών εκτάσεων (συγκεκριμένα για τις περιοχές της Αττικής που επλήγησαν τον Αύγουστο του 2009) στην Ελλάδα



Ν. 3818/2010

- Αναστολή έκδοσης οικοδομικών αδειών και απαγόρευση εκτέλεσης εργασιών
- Τηλεπισκόπηση και χαρτογράφηση κάθε νέου οικήματος στις εκτός σχεδίων πόλεων
- Σύσταση Ειδικής Υπηρεσίας Κατεδαφίσεων



Ν. 3889/10

- Κατάρτιση και θεώρηση δασικών χαρτών.
- Ανάρτηση δασικών χαρτών

Σχήμα 1.7.1.1. Βασικοί Νόμοι που διέπουν την προστασία των δασικών εκτάσεων.

1.8 Συμπέρασμα

Οι κλιματικές αλλαγές σε συνδυασμό με τις ανθρωπογενείς επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον επιδρούν άμεσα στις καλύψεις γης. Παράγοντες – φαινόμενα αποτελούν τόσο οι πλημμύρες όσο και οι πυρκαγιές, καθώς θεωρούνται από τις πιο επικίνδυνες φυσικές καταστροφές. Δημιουργούν αρκετά σοβαρά και ποικίλα οικονομικά-κοινωνικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένων της απώλειας της ανθρώπινης ζωής, της περιβαλλοντικής υποβάθμισης της ποιότητας ζωής και υγείας, της καταστροφής της ιδιωτικής και δημόσιας περιουσίας και τέλος της αποδιοργάνωσης ή και διακοπής πολλαπλών οικονομικών δραστηριοτήτων. Συγχρόνως και τα δύο καταστροφικά φαινόμενα έχουν σημαντικές αισθητικές συνέπειες και πολύ συχνά απειλούν την πολιτισμική κληρονομιά των περιοχών που πλήττουν. Επίσης οι ανθρωπογενείς πιέσεις για επέκτασης της γεωργικής γης, των οικισμών και των υποδομών που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των γεωργικών εκτάσεων .

1.9 Καταγραφή Προβλήματος

Τα αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και οι ανθρωπογενείς κατασκευές, που συσχετίζονται με συγκεκριμένες χρήσεις και δραστηριότητες είτε φυσικές, είτε ανθρωπογενείς, υπόκεινται σε μεταβολή. Η αιτία είναι οι φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες όπως, η κλιματική αλλαγή, η διάβρωση του εδάφους, η γεωργία , η καταστροφή των δασών κ.α. Οι αλλαγές αυτές καταγράφονται αυτοματοποιημένα από χαρτογραφικούς δορυφόρους σε περιβάλλοντα γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών.

Τα τελευταία χρόνια οι δορυφόροι καταγράφουν και βιοφυσικές καταγραφές όπως η θερμοκρασία, ενώ οι φυσικές διεργασίες που προκαλούν αλλαγές στις καλύψεις γης είναι πολύ πιο έντονες, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Το ζητούμενο είναι να προσδιορίσουμε ποια είναι η μεταβολή της βιοφυσικής υπογραφής μιας περιοχής μετά από μια απότομη αλλαγή στις καλύψεις γης. Κατά αυτό τον τρόπο μπορεί να προσδιοριστεί αν και πότε η βιοφυσική υπογραφή επανέλθει στην πρότερη κατάσταση (καθότι κάποιες αλλαγές είναι μη αναστρέψιμες, π.χ φαινόμενα ερημοποίησης, διάβρωση και καταστροφή του εδαφικού ορίζοντα κ.α).

Ένα τέτοιο παράδειγμα προς διερεύνηση αφορά την Πελοπόννησο μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του Αυγούστου του 2007. Ενδεικτικά αναφέρουμε τον Νομό Ηλείας τον οποίο καταστράφηκε το 42 % της επιφάνειας του νομού από τις πυρκαγιές, με πολύ μεγάλες επιπτώσεις κυρίως στο δασικό οικοσύστημα, στην αγροτική οικονομία κ.α. Αυτής της κλίμακας καταστροφές συνεπιφέρουν αλλαγές στην βιοφυσική υπογραφή της περιοχής με αποτέλεσμα την αλλαγή του μικροκλίματος. Άρα είναι ενδιαφέρον να ποσοτικοποιηθεί με κάποιο τρόπο η αλλαγή στην βιοφυσική υπογραφή όπως εκφράζεται από κάποιες μεταβλητές, παράδειγμα η θερμοκρασία.

1.10 Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης

Το ζητούμενο είναι να προσδιορίσουμε ποια είναι η μεταβολή της βιοφυσικής υπογραφής (όπως αυτή εκφράζεται μέσω της θερμοκρασίας του εδάφους) μιας περιοχής μετά από μια απότομη αλλαγή στις καλύψεις γης, που οφείλεται σε ευρείας κλίμακας καταστροφικές πυρκαγιές. Κατά αυτό τον τρόπο θα προσδιοριστεί αν και πότε η βιοφυσική υπογραφή θα επανέλθει στην πρότερη προ των πυρκαγιών κατάσταση (καθότι κάποιες αλλαγές είναι μη αναστρέψιμες, π.χ φαινόμενα ερημοποίησης, διάβρωση και καταστροφή του εδαφικού ορίζοντα κ.α).

Η περιοχή μελέτης είναι η Πελοπόννησος με έμφαση τον Νομό Ηλείας που υπέστη τις μεγαλύτερες καταστροφές τον Αύγουστο του 2007, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης πέρα από την ποσοτικοποίηση της μεταβολής της βιοφυσικής μεταβολής, δυνητικά θα αποτελέσουν το μοντέλο προγραμματισμού και υλοποίησης αλλαγών στις καλύψεις και χρήσεις γης, προκειμένου να επανέλθει η περιοχή στην προηγούμενη κατάσταση εφόσον και αν αυτό είναι δυνατό.

1.11 Σκοποί και Στόχοι

Θα μελετηθεί η Πελοπόννησος διαμέσου πλεγματικών αναπαραστάσεων της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας με μια χρονοσειρά εικόνων πριν και μετά το 2007 και θα καταγραφεί η μεταβολή στην βιοφυσική της υπογραφή (θερμοκρασίας). Οι μεταβολές στην βιοφυσική μεταβολή θα συσχετιστούν με τις αλλαγές στις καλύψεις γης έτσι όπως αυτές καταγράφονται από δορυφορικούς σαρωτές.

1.12 Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός και Διατύπωση Κεντρικών Εννοιών

1.12.1. Κάλυψη Γης

Με τον όρο κάλυψη γης αναφερόμαστε στις φυσικές αλλά και τεχνητές αναπαραστάσεις που παρατηρούνται ή ερμηνεύονται από μια εικόνα τηλεπισκόπισης / αεροφωτογραφία και καλύπτουν μια εδαφική μονάδα. Φυσική αναπαράσταση μπορεί να είναι η βλάστηση, το νερό, κ.α., ενώ στις τεχνητές αναπαραστάσεις περιλαμβάνονται οι ανθρώπινες δημιουργίες όπως οι γεωργικές καλλιέργειες, τα κτίσματα, οι δρόμοι, κ.α. Συγχρόνως η ερμηνεία των καλύψεων γης περιλαμβάνει κυρίως την οριοθέτηση επιφανειακών μονάδων - πολύγωνα από δορυφορικές φωτογραφίες (γεωργική γη, βιομηχανικές περιοχές, κ.α.).

1.12.2. Χρήση Γης

Ονομάζεται η κατοχή ή διασφάλιση οποιασδήποτε επιφάνειας υδάτινης ή χερσαίας που προορίζεται για οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα και για συγκεκριμένο σκοπό. Αποτελεί την λειτουργική χρησιμοποίηση μέρους εδάφους, είτε κτίσματος για την κάλυψη και την εξυπηρέτηση αναγκών. Εξαιτίας φυσικών καταστροφών (πυρκαγιών), ή ανθρώπινων αναγκών, παρατηρούνται αλλαγές μεταξύ των χρήσεων γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κυρίως την μετατροπή της δασικής έκτασης σε αγροτική ή σε ημιαστική.

1.12.3. Καταστροφικές Πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ίσως το σημαντικότερο πρόβλημα που απειλεί τα δάση της χώρας μας, καταστρέφοντας κάθε χρόνο σημαντικά οικοσυστήματα και εκτάσεις υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας. Επίσης βάζει σε άμεσο κίνδυνο πολλά είδη της πανίδας, καθώς και δασικούς τύπους οικοτόπων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας τους, μετατρέποντας τεράστιες εκτάσεις σε άγονες με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος εκδήλωσης περιβαλλοντικών προβλημάτων (π.χ πλημμύρες, λασποροές).

Στην Ελλάδα λόγω της εγκατάλειψης της δασικής υπαίθρου, εξαιτίας της μείωσης της αγροτικής δραστηριότητας – πληθυσμού, σε συνδυασμό με πολύ θερμούς και ήπιους

χειμώνες με λίγες βροχοπτώσεις σε συγκεκριμένους μήνες, αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην πρόκληση των δασικών πυρκαγιών. Το προηγούμενο πρόβλημα το επιδεινώνει και η ύπαρξη ενός ιδιαίτερα θερμού καλοκαιριού, με σημαντική ενίσχυση των ανέμων. Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν να προκληθούν μεγάλες και ανεξέλεγκτες καταστροφικές πυρκαγιές ιδίως το 2000 και 2007 στην Πελοπόννησο.

1.12.4. Πελοπόννησος

Η Πελοπόννησος (ονομάζεται και Μωριάς, λόγω του σχήματος που διαθέτει). έχει έκταση 21.439 τετρ. χλμ. και πληθυσμό 1.086.935 κατοίκους, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011. Βρίσκεται στα νότια του χερσαίου τμήματος της χώρας και συνδέεται με τη ηπειρωτική Ελλάδα μέσω μιας στενής λωρίδας γης, του Ισθμού της Κορίνθου στον οποίο το 1893 κατασκευάστηκε η ομώνυμη διώρυγα, αποτελώντας ένα από τα μεγαλύτερα έργα εκείνης της εποχής.

Στη Πελοπόννησο συναντάμε ένα από τα μεγαλύτερα τεχνητά έργα που έχουν κατασκευαστεί στην ιστορία της σύγχρονης Ελλάδας (όνειρο του Χαρίλαου Τρικούπη) και είναι η γέφυρα Ρίου - Αντιρρίου. Ολοκληρώθηκε το 2004 και συνδέει την Πελοπόννησο με την στερεά Ελλάδα και ουσιαστικά με την υπόλοιπη χώρα. Η Πελοπόννησος διαιρείται διοικητικά σε επτά νομούς (Αχαΐα, Ηλεία, Μεσσηνία, Αρκαδία, Λακωνία, Αργολίδα και Κορινθία, με το ανατολικό της τμήμα της να υπάγεται στο νομό Αττικής και συγκεκριμένα στη περιφέρεια Πειραιά και από το 1986 σε δύο περιφέρειες, τη Δυτικής Ελλάδας και την περιφέρεια Πελοποννήσου. Αποτελεί ιστορική κοιτίδα του ελληνισμού και κατοικείται από τα προϊστορικά χρόνια. Στην Πελοπόννησο βρίσκονταν ορισμένες από τις σπουδαιότερες ελληνικές πόλεις, όπως η Σπάρτη, η Κόρινθος, η Καλαμάτα και το Άργος.

Διαθέτει μεγάλη τουριστική υποδομή, καθώς αποτελεί πόλο έλξης ξένων τουριστών κάθε χρόνο κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο. Ενώ λόγω της κοντινής απόστασης με την πρωτεύουσα, παρατηρείται μεγάλη επισκεψιμότητα από τους κατοίκους της, κυρίως τα Σαββατοκύριακα. Διαθέτει δύο μεγάλα λιμάνια στην Νοτιοδυτική πλευρά της (Κυλλήνης – Καλαμάτας) με εμπορική κίνηση, καθώς και ένα διεθνές αεροδρόμιο (Καλαμάτας) με προγραμματισμένες πτήσεις, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες κατά την διάρκεια του χρόνου. Επίσης μεγάλα στρατιωτικά αεροδρόμια, με αεροσκάφη νέας γενιάς. Νέα φιλόδοξα πανεπιστημιακά ιδρύματα βρίσκονται στο έδαφός της (Πανεπιστήμιο – Α.Τ.Ε.Ι

Πελοποννήσου) καλύπτοντας ειδικότητες αιχμής για νέους φοιτητές. Τέλος διαθέτει μεγάλη γεωργική καθώς και κτηνοτροφική παραγωγή, ενώ στα χωράφια της παράγονται κάθε χρόνο εξαιρετικής ποιότητας αγροτικά προϊόντα όπως λάδι, κρασί, εσπεριδοειδή, σταφίδα όπου εξάγονται σε πολλές χώρες του εξωτερικού.

Η Πελοπόννησος έχει υποστεί την μεγαλύτερη συνολική καταστροφή από δασικές πυρκαγιές, σε καμένες εκτάσεις από τις αρχές του 1980 (περίπου το 20% του συνολικού αριθμού, έχουν συμβεί σε αυτήν) μέχρι και σήμερα. Σε δύο νομούς της έχουν σημειωθεί οι μεγαλύτερες δασικές πυρκαγιές (Κορινθία και Ηλεία), ενώ και σε πανευρωπαϊκό επίπεδο δασικών πυρκαγιών, πάλι η Πελοπόννησος βρίσκεται σε πολύ υψηλές θέσεις.

1.12.5. Νομός Ηλείας

Ο νομός Ηλείας αποτελεί νομό της Πελοποννήσου και βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της, με πληθυσμό 193.288 κατοίκων (απογραφή 2011). Διοικητικά ανήκει στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, ενώ πρωτεύουσα του νομού είναι ο Πύργος με 33.791 κάτοικοι, και δεύτερη σε πληθυσμό πόλη είναι η Αμαλιάδα με 15232 κατοίκους. Βρέχεται δυτικά από το Ιόνιο πέλαγος και συνορεύει βόρεια με τον νομό Αχαΐας ανατολικά από τον νομό Αρκαδίας και νότια με αυτόν της Μεσσηνίας.

Ο νομός διαθέτει έντονη αγροτική δραστηριότητα (κυρίως ελαιόλαδο, κρασί, κηπευτικά), καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ασχολείται κατά κύριο επάγγελμα με αυτό του παραγωγού. Επίσης διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα της χώρας στρατιωτικό αεροδρόμιο (αεροπορική βάση Ανδραβίδας). Στην Ηλεία συναντάμε ένα εξαιρετικού φυσικού κάλλους και οικολογικού πλούτου υγροβιότοπο, αυτού του Καϊάφα, ενώ διαθέτει ένα σημαντικό και από εθνικής αλλά και από διεθνούς αξίας πολιτιστικό και φυσικό περιβάλλον (Αρχαία Ολυμπία). Συνδέεται ακτοποιοϊκώς με αρκετά νησιά των Επτανήσων (Κεφαλονιά, Ζάκυνθο), από το λιμάνι της Κυλλήνης.

Τον Αύγουστο του 2007, συνέβη μία από τις μεγαλύτερες φυσικές καταστροφές στην ιστορία της Ηλείας και γενικότερα της σύγχρονης Ελλάδας, με μεγάλες καταστροφές σε τεράστιες γεωργικές εκτάσεις, χωριά, δημόσια κτήρια, υποδομές αλλά το πιο σημαντικό, σε ανθρώπινες ζωές (έχασαν την ζωή τους 44 άνθρωποι). Αξίζει να σημειωθεί ότι μέχρι και σενάρια κακόβουλης πράξης από μεριάς ξένων κρατών, έχουν δει το φώς της δημοσιότητας.

Υπολογίζεται ότι η περιβαλλοντική καταστροφή είναι τεράστια, λόγω ότι περίπου το 35 % της έκτασης του νομού κήκε σε εκείνες τις φωτιές, εκ των οποίου το 22,3% αποτελεί προστατευόμενες περιοχές Natura.

1.12.6. Θερμοκρασία Εδάφους

Από ενεργειακής πλευράς, η θερμοκρασία του εδάφους είναι ο δείκτης της αποθηκευόμενης στο έδαφος θερμότητας. Αποτελεί λοιπόν η γνώση της θερμοκρασίας του εδάφους σημαντική παράμετρο, στην αξιολόγηση του ενεργειακού δυναμικού του και αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τον σχεδιασμό. Η σημασία της είναι πολύ μεγάλη για

- α) τη ζωή και την εξάπλωση των ζωντανών οργανισμών,
- β) την αποσάθρωση των πετρωμάτων και επομένως την δημιουργία εδάφους,
- γ) την εξάτμιση και την εξατμισοδιαπνοή που παίζουν σημαντικό ρόλο στην θερμοοικονομία του πλανήτη.

Το έδαφος είναι μία τεράστια θερμοχωρητική μάζα, που αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες θερμότητας, χωρίς να αυξάνεται πολύ η θερμοκρασία του. Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους περιορίζεται σημαντικά σε βάθος μεγαλύτερο των 20 mm και στο βάθος του ενός μέτρου, σχεδόν εκμηδενίζεται. Σε μεγαλύτερα βάθη, οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις αποκρίνονται μόνο σε εποχιακές μεταβολές, και μάλιστα με σημαντική χρονική καθυστέρηση. Συνήθως από βάθος 5 m και κάτω, η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σχεδόν σταθερή και μπορεί να θεωρηθεί ίση με την μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα. Έρευνα έδειξε ότι η μέση θερμοκρασία του εδάφους διαφοροποιείται πολύ γρήγορα, όσο μεγαλώνει το βάθος. Σε βάθος 5 – 8 m, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 10 C, τιμή που ξεπερνά κατά 3 – 4 C, τη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα της περιοχής (Schmidt et al., 2001). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοκρασία του εδάφους μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι παράγοντες που έχουν να κάνουν με το ίδιο το έδαφος και αυτοί είναι:

- Η σύσταση του εδάφους.
- Η κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με χορτάρι ή άλλα υλικά.
- Η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία.
- Ο παγιδευμένος στο έδαφος αέρας ή άλλου είδους αέρια, όπως αέρια θείου, υδρογονάνθρακες κτλ.

Στην δεύτερη κατηγορία, εντάσσονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοκρασία του εδάφους μέσω του περιβάλλοντος (Beltrami, 2001). Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα.
- Η ηλιακή ακτινοβολία.
- Η ταχύτητα του αέρα.
- Η βροχόπτωση
- Η χιονόπτωση.

1.12.7. Καταγραφή της Θερμοκρασίας από Απόσταση

Όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσπίπτει στην επιφάνεια σώματος, ένα μέρος της ενέργειάς του απορροφάται, με αποτέλεσμα την αύξηση της εσωτερικής ενέργειας και της θερμοκρασίας του σώματος. Αντιστρόφως, ένα θερμό σώμα που δεν βρίσκεται σε επαφή με άλλα σώματα ή τον αέρα ψύχεται, εκπέμποντας θερμική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η θερμότητα δηλαδή μπορεί να διαδίδεται και στο κενό. Ως θερμική ακτινοβολία θα θεωρούμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα εξαιτίας της θερμοκρασίας τους (Ασημάκης, 2014).

Πολλές φορές θεωρείται ότι η θερμική ακτινοβολία είναι μόνον η υπέρυθη ακτινοβολία, κάτι που είναι εντελώς λάθος, διότι η θερμική ακτινοβολία μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε μήκος κύματος.

Όταν ο ρυθμός με τον οποίο εκπέμπεται η θερμική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από ένα σώμα είναι ίσος με τον ρυθμό που απορροφάται και συγχρόνως η θερμοκρασία του σώματος παραμένει σταθερή, τότε μπορούμε να πούμε ότι το σώμα βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με την ακτινοβολία.

Ανάλυση της σχέσης μεταξύ των ιδιοτήτων εκπομπής και απορρόφησης διαφόρων σωμάτων οδήγησε τον Kirchhoff σε ένα σημαντικό συμπέρασμα, γνωστό ως νόμος του Kirchhoff: Όσο περισσότερη ακτινοβολία απορροφά ένα σώμα σε δεδομένη θερμοκρασία, τόσο περισσότερη ακτινοβολία εκπέμπει. Δηλαδή, όσο πιο μελανό τόσο και πιο φωτεινό είναι. Για να εκφράσουμε μαθηματικά τον παραπάνω νόμο, πρέπει να ορίσουμε την απορροφητικότητα και την ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (Ασημάκης, 2014).

Η απορροφητικότητα (ή συντελεστής απορρόφησης) ενός σώματος, $A_{\lambda,T}$, για δεδομένο μήκος κύματος λ και δεδομένη απόλυτη θερμοκρασία T , είναι το κλάσμα της ισχύος που απορροφά το σώμα προς αυτήν που πέφτει πάνω του:

$$A_{\lambda,T} = \frac{P_{\text{απορροφώμενη}}}{P_{\text{προσπίπτουσα}}}$$

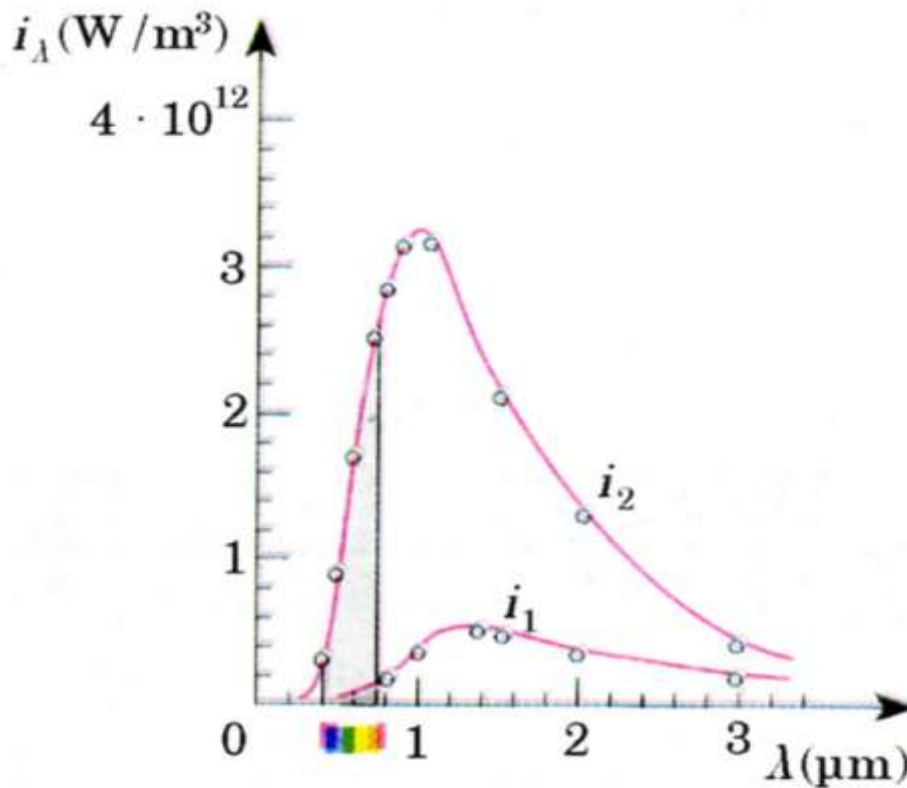
Ο συντελεστής απορρόφησης είναι καθαρός αριθμός, και για διάφορα σώματα παίρνει τιμές από 0 έως 1. Η τιμή του είναι 0 για το απολύτως λευκό σώμα (ή για τον τέλειο ανακλαστήρα – το ιδανικό κάτοπτρο. Η απολύτως λευκή επιφάνεια διαχέει ομοιογενώς προς όλες τις κατευθύνσεις τις προσπίπτουσες ακτίνες, ενώ το ιδανικό κάτοπτρο τις ανακλά σε κατεύθυνση που προσδιορίζεται από τη γωνία πρόσπτωσης) και 1 για το ιδανικό μέλαν σώμα.

Η συνάρτηση φασματικής κατανομής της αφετικής ικανότητας $I_{\lambda,T}$ ή η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα με μήκη κύματος μεταξύ λ και $\lambda + \Delta\lambda$ και δεδομένη απόλυτη θερμοκρασία T , είναι η ισχύς που εκπέμπει η μονάδα επιφάνειας του σώματος ανά $\Delta\lambda$ στην περιοχή πλησίον του λ (Ασημάκης, 2014) :

$$I(\lambda,T) = \frac{P_{\text{εκπεμπόμενη}}}{\Delta S \Delta\lambda}$$

Έστω ότι διαθέτουμε ένα πλήθος σωμάτων με διαφορετική απορροφητικότητα $A_{\lambda,T}$ (μεταξύ των σωμάτων αυτών το ιδανικό μέλαν σώμα και το ιδανικό λευκό σώμα). Θερμαίνουμε τα σώματα στην ίδια θερμοκρασία T . Τότε σύμφωνα με το νόμο του Kirchhoff, τα σώματα δεν θα εκπέμπουν την ίδια ακτινοβολία: το φωτεινότερο θα είναι το ιδανικό μέλαν σώμα, ενώ το ιδανικό λευκό σώμα θα είναι απολύτως σκοτεινό. Μπορούμε για το ιδανικό μέλαν σώμα να συμβολίσουμε την απορροφητικότητα και την ένταση εκπομπής με ιδιαίτερα σύμβολα (Halliday, 2013) :

$$A_{\lambda,T}^{\text{ιδανικό μέλαν σώμα}} = a = 1 \text{ και } I_{\lambda,T}^{\text{ιδανικό μέλαν σώμα}} = i_{\lambda,T}$$



Σχήμα 1.12.7.1. Η γραφική παράσταση της συνάρτησης του Planck για δυο θερμοκρασίες $T_1 = 2000\text{K}$, $T_2 = 3000\text{K}$.

Είναι σημαντικό ότι το ιδανικό μέλαν σώμα όχι μόνο εκπέμπει τη μέγιστη ακτινοβολία σε δεδομένη θερμοκρασία, αλλά επιπλέον χαρακτηρίζεται από μια αυστηρά καθορισμένη φασματική σύνθεση. Με άλλα λόγια, η $i_{\lambda,T}$ είναι μια οικουμενική συνάρτηση των λ και T . Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο νόμος του Kirchhoff μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$I_{\lambda,T} = A_{\lambda,T} i_{\lambda,T}$$

Έγιναν πολλές προσπάθειες για να υπολογιστεί η συνάρτηση $i_{\lambda,T}$ θεωρητικά. Τελικά, όπως θα δούμε στη συνέχεια, το κατάφερε ο Max Planck, το 1900:

$$i_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kT} - 1 \right)}$$

όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό, k η σταθερά Boltzmann και h η σταθερά Planck.

Όταν η θερμοκρασία T ενός σώματος διατηρείται σταθερή, τα μεγέθη A , I και i εξαρτώνται μόνον από το μήκος κύματος λ , οπότε μπορούμε να τα συμβολίζουμε με A_λ και i_λ . Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η γραφική παράσταση της συνάρτησης του Planck για δυο θερμοκρασίες $T_1 = 2000\text{K}$, $T_2 = 3000\text{K}$ (Halliday, 2013).

1.12.8. Ετήσια – Εποχική Μεταβολή της Θερμοκρασίας

Θα παρουσιαστούν πρώτα οι παράμετροι θερμοκρασίας και μετά η διακύμανση τους.

Βασικές εκφράσεις της θερμοκρασίας – Παράμετροι θερμοκρασίας

1. Μέση ημερήσια θερμοκρασία. Υπολογίζεται:

α. Ο μέσος όρος ημερησίων θερμοκρασιών ενός μετεωρολογικού σταθμού.

β. Ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων της ημέρας, των μετρήσεων στις 8 το πρωί, 2 το μεσημέρι και 8 το βράδυ.

γ. Ο μέσος όρος της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας της ημέρας.

2. Απολύτως μέγιστη (T_{max}) και ελάχιστη (T_{min}) τιμή στο χρονικό διάστημα (24ωρο, μήνας, έτος).

3. Μέση μέγιστη και μέση ελάχιστη τιμή του μήνα.

4. Μέση μηνιαία θερμοκρασία.

5. Μέση μηνιαία κανονική για τουλάχιστον 30 έτη, σε έλλειψη τουλάχιστον 10 έτη.

6. Μέση ετήσια θερμοκρασία.

7. Μέσο Ημερήσιο θερμομετρικό εύρος (ΗΘΕ).

8. Μέσο Ετήσιο θερμομετρικό εύρος (ΕΘΕ).

9. Μεταβολή θερμοκρασίας (Quattrochi and Luvall, 2014).

Κατά την διάρκεια μιας κανονικής ημέρας, χωρίς νέφωση και χωρίς ανέμους, η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει απλή κύμανση, με μέγιστο που υστερεί 1-2 ώρες από την μεσουράνηση του ήλιου και ελάχιστο που σημειώνεται λίγο πριν ή μετά την ανατολή του ήλιου. Οι θερμοκρασίες του αέρα διαμορφώνονται με το ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην γη και της εκπεμπόμενης γήινης ακτινοβολίας.

Η διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας, ονομάζεται Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος (Η.Θ.Ε). Το Η.Θ.Ε εξαρτάται από:

- 1) Γεωγραφικό πλάτος και εποχή. Το ΗΘΕ ελαττώνεται όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος.

- 2) Ηπειρωτικότητα. Είναι μικρό σε θαλάσσιες περιοχές και μεγάλο στις ηπειρωτικές.
- 3) Νέφωση. Το ΗΘΕ είναι μικρό μία νεφοσκεπή ημέρα και μεγάλο μια αίθρια.
- 4) Βλάστηση και φύση του εδάφους. Είναι μικρό όταν το έδαφος καλύπτεται από βλάστηση, ενώ μεγαλώνει σε γυμνό.
- 5) Ετήσια πορεία της θερμοκρασίας .

Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος διαμορφώνεται υπό την επίδραση, κυρίως, του γεωγραφικού πλάτους και της ηπειρωτικότητας ενός τόπου. Θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος στις ηπειρωτικές περιοχές και ο Αύγουστος στις παραθαλάσσιες. Ψυχρότερος μήνας για το ίδιο γεωγραφικό πλάτος είναι αντίστοιχα ο Ιανουάριος ή ο Φεβρουάριος (Rhee and Jungho, 2014).

1.12.9. Σχέση Θερμοκρασίας και Κάλυψης Γης

Οι κυριότεροι παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία ενός τόπου είναι:

- α) Η ένταση και η διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας.
- β) Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως διάχυση.
- γ) Η απόσταση του τόπου από την θάλασσα.
- δ) Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους.
- ε) Η δυνατότητα και η συχνότητα μεταφοράς στο τόπο αυτό ποσοτήτων θερμότητας με οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις.
- στ) Οι συναλλαγές θερμότητας επιφάνειας γης-ατμόσφαιρας.
- ζ) Τα θαλάσσια ρεύματα.
- η) Το υψόμετρο.

Οι τόποι που βρίσκονται κοντά στην θάλασσα έχουν πιο ήπιο κλίμα από τόπους ηπειρωτικούς. Έχουν δηλ. ηπιότερους χειμώνες και δροσερότερα καλοκαίρια.

Αυτό οφείλεται στο ότι η ξηρά θερμαίνεται γρηγορότερα από το νερό όταν βρεθούν στις ίδιες συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς η ξηρά χρησιμοποιεί το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας για την θέρμανση της επιφάνειας της και έτσι εμφανίζονται υψηλότερες θερμοκρασίες .

Η κατανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Ηλιακή ενέργεια.
- Άνιση κατανομή ξηράς- θάλασσας.
- Η νέφωση, δεδομένου ότι υπάρχουν ζώνες του πλανήτη στους οποίους η νέφωση είναι ισχυρή.
- Τα θαλάσσια ρεύματα ψυχρά ή θερμά.
- Η βλάστηση.
- Η φύση και το ανάγλυφο του εδάφους (Hill, 2013).

Το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος εξαρτάται από την βλάστηση και φύση του εδάφους. Είναι μικρό όταν το έδαφος καλύπτεται από βλάστηση, μεγαλώνει σε γυμνό. Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοκρασία του εδάφους είναι τα φυσικά συστατικά (άμμος, άργιλος, λίθοι κ.τ.λ) τα οποία καθορίζουν και την υφή του, όπως επίσης η υγρασία που περιέχει. Άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η αστικοποίηση, η εκβιομηχάνιση καθώς και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν σοβαρό αντίκτυπο σε παγκόσμια κλίματα στην αλλαγή του κλίματος και εισάγουν μια σειρά νέων προβλημάτων όπως η δημιουργία νησίδων θερμότητας. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, είναι απαραίτητο να καταγραφεί χωρικά και χρονικά η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους (Land Surface Temperature – LST).

Η παραδοσιακή μέθοδος μελέτης και καταγραφής της θερμοκρασίας εξαρτάται από επίγειους σταθμούς. Αυτοί είναι πολύ περιορισμένοι σε αριθμό και τοποθετημένοι συνήθως στις αστικές περιοχές, παρέχοντας έτσι μη αντιπροσωπευτικές μετρήσεις για το σύνολο μιας μεγάλης έκτασης πέραν της πόλης. Ειδικότερα, πολλοί από τους σταθμούς περιβάλλονται από την πόλη, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η δυνατότητα να καταγράψουν τα χαρακτηριστικά των προαστιακών περιοχών. Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε, να καταγράψουμε και να παρατηρήσουμε την θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους σε μεγάλη κλίμακα πρέπει να κάνουμε χρήση των πλεονεκτημάτων που παρέχει η ψηφιακή τηλεπισκόπηση, μέσω δορυφόρων και αισθητήρων τους (Rhee et al, 2014).

Κεφάλαιο Δεύτερο

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε, μέσα από ενδελεχή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τα δεδομένα και τις τεχνικές που δυνητικά θα χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να υλοποιήσουμε το στόχο της διπλωματικής εργασίας. Η βιβλιογραφική ανάλυση θα διεξαχθεί σε μεγαλύτερο βάθος και με κριτικό πνεύμα, προκειμένου να εξετασθούν όλα τα δυνατά ενδεχόμενα. Αυτό θα γίνει είτε με χρήσεις δεδομένων, είτε με βιβλιογραφική σύγκριση τεχνικών ανάλυσης, προκειμένου να επιλεγούν τα πιο ενδεδειγμένα βιοφυσικά δεδομένα και οι βέλτιστες τεχνικές, για την συγκεκριμένη περίπτωση.

Αφού το προτεινόμενο θέμα της μεταπτυχιακής διατριβής αφορά τη συλλογή και αξιοποίηση βιοφυσικών πλεγματικών τηλεσκοπικών δεδομένων του αισθητήρα MODIS για μία τριετία για την περιοχή της Πελοποννήσου, είναι αυτονόητα τα παρακάτω.

Θα πρέπει να εξετάσουμε και να παρουσιάσουμε τη λειτουργία του σαρωτή MODIS και τα δορυφορικά συστήματα που είναι εξοπλισμένα με αυτόν το σαρωτή. Προκειμένου να δούμε επισταμένα τις δυνατότητες που έχει και να επιλέξουμε το πιο κατάλληλο δορυφορικό σύστημα που θα μας παρέχει δεδομένα για την υλοποίηση των στόχων της παρούσης ερευνητικής προσπάθειας. Παράδειγμα,

- Ποιες χρονικές στιγμές της ημέρας γίνεται η καταγραφή των δορυφορικών εικόνων MODIS και από ποιο δορυφορικό σύστημα; Ποια χρονική στιγμή της ημέρας είναι η πλέον βέλτιστη για την μελέτη των φαινομένων που συσχετίζονται με αυτή την συγκεκριμένη έρευνα ;

- Οι κατηγορίες των βιοφυσικών δεδομένων MODIS καλύπτουν μια σειρά παραμέτρων που συσχετίζονται με το έδαφος, την ατμόσφαιρα, την βλάστηση κ.α. Ποιές κατηγορίες παραμέτρων δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια αυτής της έρευνας;
- Αν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν είναι θερμικές καταγραφές (θερμοκρασία εδάφους), τότε ποια χωρική και χρονική διακριτική ικανότητα είναι διαθέσιμη από το καταγραφικό σύστημα MODIS, και σε πιο βαθμό αυτές οι επιλογές καλύπτουν τις ερευνητικές μας απαιτήσεις; Έχοντας σαν δεδομένο ότι οι καταστροφικές πυρκαγιές που άλλαξαν σε πολλές περιπτώσεις ριζικά τις καλύψεις γης στην Πελοπόννησο, έλαβαν χώρα τον Αύγουστο του 2007. Άρα υπάρχουν δεδομένα MODIS για εκείνη την περίοδο ή και προγενέστερα, προκειμένου να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις;

Εκτός από τα βιοφυσικά δεδομένα MODIS ποια άλλα γεωγραφικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και δυνητικά που θα χρησιμοποιηθούν τόσο στο στάδιο της μεθοδολογίας, όσο και στο στάδιο της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Παράδειγμα,

- Υπάρχουν διαθέσιμα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους;
- Θα χρειαστούμε δεδομένα καλύψεων γης προκειμένου να αποτυπώσουμε την κατάσταση πριν τις πυρκαγιές; Αν ναι, αυτά τα δεδομένα είναι διαθέσιμα προγενέστερα του Αυγούστου του 2007.
- κ.α.

Αφού ο κύριος στόχος της διπλωματικής είναι, η μελέτη της μεταβολής της βιοφυσικής υπογραφής μετά από πυρκαγιές, είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει να κάνουμε μια βιβλιογραφική αναδρομή και τεχνικών προσδιορισμού των καμένων εκτάσεων μετά από πυρκαγιές και της διαθεσιμότητας σχετικών δεδομένων, προκειμένου να υποστηρίξουμε τα ερευνητικά ερωτήματα αυτής της μελέτης. Παράδειγμα,

- Υπάρχει δυνατότητα προσδιορισμού των καμένων εκτάσεων από το δορυφορικό καταγραφικό σύστημα MODIS;

- Αν ναι, με πια μεθοδολογία μπορεί να πραγματοποιηθεί η καταγραφή;
- Υπάρχει παγκόσμια βάση για την διαχρονική καταγραφή των καμένων εκτάσεων; Αν ναι, υπάρχουν δεδομένα για τον Αύγουστο του 2007; Σε ποια τυποποίηση ; και σε ποια κλίμακα;

Αφού προσδιοριστούν :

- Τα βιοφυσικά δεδομένα και τα χαρακτηριστικά τους.
- Τα γεωγραφικά δεδομένα τα οποία δυνητικά θα υποστηρίξουν την παρούσα έρευνα.
- Η τεχνική χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων τον Αύγουστο του 2007 είτε τα γεωγραφικά δεδομένα (πολύγωνα) των καμένων εκτάσεων.

Θα πρέπει να προσδιορίσουμε τις τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων προκειμένου να επιτύχουμε τους στόχους της έρευνας και να απαντήσουμε τα ερευνητικά ερωτήματα. Παράδειγμα, με ποια μεθοδολογία θα αποκαλύψουμε βιοφυσικές μεταβολές στην υπογραφή της Πελοποννήσου που συσχετίζονται με μεταβολές της θερμοκρασίας του εδάφους, και αφορούν είτε την περίοδο μελέτης και ποιο συγκεκριμένα τον Αύγουστο του 2007 που έλαβαν χώρα καταστρεπτικές πυρκαγιές είτε την μεταγενέστερη περίοδο. Παράδειγμα,

- Έχουμε άμεση μεταβολή της βιοφυσικής υπογραφής την περίοδο των πυρκαγιών λόγω της αλλαγής των καλύψεων γης (καταστροφή της βλάστησης);
- Έχουμε μεσοπρόθεσμες επιδράσεις στην βιοφυσική υπογραφή της περιοχής που θα πρέπει να αποτυπώνονται και στις θερμικές υπογραφές του MODIS τα επόμενα χρόνια;
- κ.α

2.2 Θεωρητικό Πλαίσιο

Στην ενότητα αυτή θα δοθούν μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τα βασικά χαρακτηριστικά του συνόλου των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να εξετάσουμε και να παρουσιάσουμε τη λειτουργία του σαρωτή MODIS καθώς και τα δορυφορικά συστήματα που είναι εξοπλισμένα με αυτόν το σαρωτή. Θα επιλέξουμε τα πλέον κατάλληλα βιοφυσικά, και γεωγραφικά δεδομένα για την υλοποίηση των στόχων μας. Θα παρουσιάσουμε τις τεχνικές προσδιορισμού των καμένων εκτάσεων και τις πλέον κατάλληλες τεχνικές ανάλυσης βιοφυσικών διαχρονικών δεδομένων, για την υλοποίηση των στόχων μας.

2.2.1 Δορυφορικό Καταγραφικό Σύστημα MODIS

2.2.1.1 Περιγραφή του MODIS

Η τοποθέτηση τηλεπισκοπικών συσκευών σε δορυφόρους όπως είναι το MODIS, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των διεργασιών που επιτελούνται στο σύστημα του πλανήτη, καθώς αποτελεί εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση του περιβάλλοντος. Αποτελεί « όπλο » το οποίο πρέπει να παρατηρεί και να αξιολογεί την πρόοδο των πολιτικών για το περιβάλλον που εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, για την αντιμετώπιση των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Για να το καταφέρει αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι (που χρησιμοποιούνται σε όλα τα επίπεδα – Level 1, Level 2, Level 3), που αποτελούν την ταυτόχρονη εφαρμογή θεωρητικής, φυσικής, μαθηματικών διαδικασιών και πιθανών υπολογισμών, ώστε να επιτευχθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τη μετατροπή των τιμών ακτινοβολίας που λαμβάνονται από τον αισθητήρα σε γεωφυσικές ποσότητες (Modis Web, 2013).

Ο δέκτης MODIS διαγράφει μια τροχιά για τους δύο διαφορετικούς δορυφόρους, Terra και Aqua όπου είναι προσαρτημένος, όπου σαρώνει συνολικά περιοχή πλάτους 2330 km. Η κάλυψη μιας εικόνας MODIS (δηλαδή η έκταση της περιοχής που καλύπτει απεικονίζεται στην εικόνα 2.2.1.1).



Εικόνα 2.2.1.1. Το πλάτος μιας εικόνας MODIS αντιστοιχεί σε 2330 Km και η περιοχή που καλύπτει περιλαμβάνει, τμήμα της Ιταλίας, την Ελλάδα και τμήμα της Μικράς Ασίας.

Με τον τρόπο αυτό παρέχει σχεδόν ολοκληρωμένη καθημερινή παγκόσμια κάλυψη, έχοντας έτσι καλή επαναληπτικότητα, ‘παρατηρώντας’ κάθε σημείο του πλανήτη κάθε μία με δύο ημέρες. Ο Aqua είναι προγραμματισμένος με τέτοιο τρόπο, ώστε να κάνει την τροχιά από Νότο προς Βορρά πάνω από τον Ισημερινό το απόγευμα, ενώ αντίθετα ο Terra την αναστροφή πορεία (από Βορρά προς Νότο), το πρωί. Τα στοιχεία που συγκεντρώνονται βοηθούν στο να βελτιωθεί η κατανόησή μας, για τις διεργασιών που συμβαίνουν στη γη, στους ωκεανούς, καθώς και στην κατώτερη ατμόσφαιρα (Modis Web, 2013).

Το MODIS καταγράφει την ανακλώμενης από την γη ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και την εκπεμπόμενη υπέρυθη, λόγω της ίδιας της θερμότητας της επιφάνειας του πλανήτη. Η καταγραφή των δεδομένων επιτυγχάνεται σε 36 υψηλής ανάλυσης φασματικά κανάλια (πίνακας 2.2.1.1) μεταξύ 0.415 και 14.235μm με χωρική ανάλυση 250 m στα κανάλια 1 και 2, 500 m στα κανάλια 3 έως 7 και 1000 m στα κανάλια 8 έως 36.

Πίνακας 2.2.1.1. Τα κανάλια του σαρωτή MODIS (φασματική δειγματοληψία).
<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>

Κανάλι	λ (μm)	Κανάλι	λ (μm)	Κανάλι	Κανάλι	λ (μm)
1	0,620 -0, 670	13	0,662 -0, 672	25	4,482 – 4,549	
2	0,841 -0, 876	14	0,673 -0, 683	26	1,360 – 1,390	
3	0,459 – 0,479	15	0,743 – 0,753	27	6,535 – 6,895	

Κανάλι	λ (μm)	Κανάλι	λ (μm)	Κανάλι	Κανάλι	λ (μm)
4	0,545 – 0,565	16	0,862 – 0,877	28		7,175 – 7,475
5	1,230 – 1,250	17	0,890 – 0,920	29		8,400 – 8,700
6	1,628 – 1,652	18	0,931 – 0,941	30		9,580 – 9,880
7	2,105 – 2,155	19	0,915 -0,965	31		10,780 – 11,280
8	0,405 – 0,420	20	3,660 – 3,840	32		11,770 – 12,270
9	0,438 -0, 448	21	3,929 – 3,989	33		13,185 – 13,485
10	0,483 -0, 493	22	3,929 – 3,989	34		13,485 – 13,785
11	0,526 – 0,536	23	4,020 – 4,080	35		13,785 – 14,085
12	0,546 -0, 556	24	4,433 – 4,498	36		14,085 – 14,385

Κατά τον σχεδιασμό του MODIS, προστέθηκαν δύο νέες πρωτότυπες εφαρμογές. Η πρώτη αφορά τον αριθμό των φασματικών καναλιών και η δεύτερη στη ραδιομετρική ανάλυση των 12 bit. Έχουν ενσωματωθεί 36 φασματικά κανάλια σε ένα ενιαίο αισθητήρα συμπεριλαμβανομένων 490 ανιχνευτών στοιχείων, κάθε ένας από τους οποίους είναι ένα ευδιάκριτο ηλεκτρονικό κανάλι που απαιτεί διαφορετική βαθμονόμηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις τριών διαφορετικών συνιστωσών που ορίζουν το περιβάλλον: της ατμόσφαιρας, του ωκεανού και της γης με τα φασματικά κανάλια και τη χωρική ανάλυση επιλεγμένα, ώστε να ανταπεξέρχονται των απαιτούμενων αναγκών για την καθημερινή παγκόσμια κάλυψη.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η κατανομή των καναλιών του MODIS στις φασματικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, απεικονίζουμε στον πίνακα 2.2.1.2 το κάθε κανάλι όχι με την φασματική του ευαισθησία, αλλά με το όνομα της φασματικής ζώνης στην οποία ανήκει.

Πίνακας 2.2.1.2 Φασματικές Ζώνες του MODIS.

Κανάλι	Φασματική Ζώνη	Κανάλι	Φασματική Ζώνη	Κανάλι	Φασματική Ζώνη
1	Ορατό-Κόκκινο	13	Ορατό-Κόκκινο	25	Άπω Υπέρυθρο
2	Εγγύς Υπέρυθρο	14	Ορατό-Κόκκινο	26	Μέσο Υπέρυθρο
3	Ορατό-Μπλε	15	Εγγύς Υπέρυθρο	27	Άπω Υπέρυθρο
4	Ορατό-Πράσινο	16	Εγγύς Υπέρυθρο	28	Άπω Υπέρυθρο
5	Μέσο Υπέρυθρο	17	Εγγύς Υπέρυθρο	29	Άπω Υπέρυθρο
6	Μέσο Υπέρυθρο	18	Εγγύς Υπέρυθρο	30	Άπω Υπέρυθρο
7	Μέσο Υπέρυθρο	19	Εγγύς Υπέρυθρο	31	Άπω Υπέρυθρο
8	Ορατό-Μπλε	20	Άπω Υπέρυθρο	32	Άπω Υπέρυθρο
9	Ορατό-Μπλε	21	Άπω Υπέρυθρο	33	Άπω Υπέρυθρο
10	Ορατό-Μπλε	22	Άπω Υπέρυθρο	34	Άπω Υπέρυθρο
11	Ορατό-Πράσινο	23	Άπω Υπέρυθρο	35	Άπω Υπέρυθρο
12	Ορατό-Πράσινο	24	Άπω Υπέρυθρο	36	Άπω Υπέρυθρο

Από τα 36 φασματικά κανάλια του MODIS, 10 καταγράφουν στο ορατό, 6 στο εγγύς υπέρυθρο, 4 στο μέσο υπέρυθρο και 16 στο άπω (θερμικό) ερυθρό. Αναλυτικά, η ευαισθησία του κάθε φασματικού καναλιού στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα δίνεται στον Πίνακα 3.5.1.2.2.

Τα προϊόντα που παράγονται από τους αισθητήρες MODIS είναι περίπου 40 στους δορυφόρους Terra και Aqua, καλύπτοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα μεταβλητών σχετικά με την ξηρά, τον ωκεανό και την ατμόσφαιρα. Αυτές είναι απαραίτητες, ώστε να μελετώνται όλες οι διαδικασίες και οι τάσεις του δυναμικού συστήματος της Γης. Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι τα προϊόντα αυτά, έχουν βρει χρησιμότητα ιδιαίτερα μεγάλη στις περιβαλλοντικές επιστήμες.

Τα προϊόντα του MODIS και διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες (ξηρά, ατμόσφαιρα, ωκεανός) και είναι αλληλένδετα μεταξύ τους.

Στο πίνακα που ακολουθεί, εμπεριέχονται σε συνοπτική μορφή τα βιοφυσικά προϊόντα του σαρωτή MODIS από τους δορυφόρους Aqua και Terra. Παρατηρούμε ότι :

- Στη πρώτη στήλη εμπεριέχεται η κωδική ονομασία του κάθε βιοφυσικού προϊόντος.
- Στην δεύτερη στήλη διασαφηνίζεται αν το συγκεκριμένο προϊόν έχει προέλθει από τον Aqua ή τον Terra, ή αν είναι συνδυασμός καταγραφών και από τους δύο δορυφόρους.
- Παράλληλα στην τρίτη στήλη δίνεται μια περιγραφή του βιοφυσικού προϊόντος.
- Στην τέταρτη προσδιορίζεται αν είναι πλεγματού τύπου CMG ή Tile. Το CMG προέρχεται από τα ακρωνύμια των λέξεων Climatic Modeling Grid. Το CMG υποδηλώνει ένα ενιαίο μωσαϊκό εικόνων, που έχει προέλθει από την ένωση των επιμέρους καταγραφών (Tiles) του MODIS και καλύπτει το σύνολο της επιφάνειας της γης. Το προϊόν Tile καλύπτει την επιφάνεια της γης που συμπεριλαμβάνεται σε μια εικόνα του σαρωτή MODIS με πλάτος περίπου 2000 Km.
- Στη πέμπτη στήλη παρέχεται η διακριτική χωρική ικανότητα (pixel size).
- Ενώ στην έκτη στήλη δίνεται η χρονική, διακριτική ικανότητα.

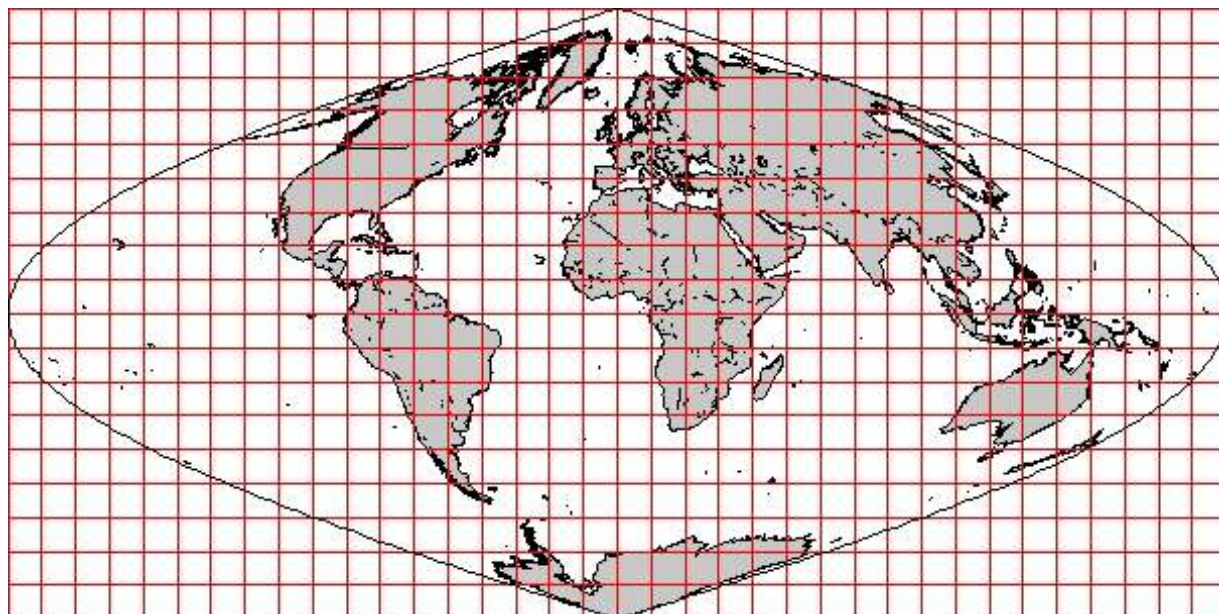
Πίνακας 2.2.1.3. Στο πίνακα εμπεριέχονται σε συνοπτική μορφή τα βιοφυσικά προϊόντα του σαρωτή MODIS από τους δορυφόρους Aqua και Terra. Στη πρώτη στήλη εμπεριέχεται η κωδική ονομασία κάθε βιοφυσικού προϊόντος, στην δεύτερη στήλη διασαφηνίζεται αν το συγκεκριμένο προϊόν έχει προέλθει από τον Aqua ή τον Terra, ή αν είναι συνδυασμός καταγραφών και από τους δύο δορυφόρους. Στην τρίτη στήλη δίνεται μια περιγραφή του βιοφυσικού προϊόντος και στην τέταρτη προσδιορίζεται αν είναι πλεγματού τύπου CMG ή Tile. Το CMG προέρχεται από τα ακρωνύμια των λέξεων Climatic Modeling Grid. Το CMG υποδηλώνει ένα ενιαίο μωσαϊκό εικόνων που έχει προέλθει από την ένωση των επιμέρους καταγραφών (Tiles) του MODIS και καλύπτει το σύνολο της επιφάνειας της γης. Το προϊόν Tile καλύπτει την επιφάνεια της γης που συμπεριλαμβάνεται σε μια εικόνα του σαρωτή MODIS με πλάτος περίπου 2000 Km. Στη πέμπτη στήλη παρέχεται η διακριτική χωρική ικανότητα (pixel size), ενώ στην έκτη στήλη δίνεται η χρονική διακριτική ικανότητα.

Short Name ▲	Platform	MODIS Data Product	Raster type	Res (m)	Temporal Granularity
MCD12C1	Combined	Land Cover Type	CMG	5600m	Yearly
MCD12Q1	Combined	Land Cover Type	Tile	500m	Yearly
MCD12Q2	Combined	Land Cover Dynamics	Tile	500m	Yearly
MCD15A2	Combined	Leaf Area Index - FPAR	Tile	1000m	8 day
MCD15A3	Combined	Leaf Area Index - FPAR	Tile	1000m	4 day
MCD43A1	Combined	BRDF-Albedo Model Parameters	Tile	500m	16 day
MCD43A2	Combined	BRDF-Albedo Quality	Tile	500m	16 day
MCD43A3	Combined	Albedo	Tile	500m	16 day
MCD43A4	Combined	Nadir BRDF-Adjusted Reflectance	Tile	500m	16 day
MCD43B1	Combined	BRDF-Albedo Model Parameters	Tile	1000m	16 day
MCD43B2	Combined	BRDF-Albedo Quality	Tile	1000m	16 day
MCD43B3	Combined	Albedo	Tile	1000m	16 day
MCD43B4	Combined	Nadir BRDF-Adjusted Reflectance	Tile	1000m	16 day
MCD43C1	Combined	BRDF-Albedo Model Parameters	CMG	5600m	16 day
MCD43C2	Combined	BRDF-Albedo Snow-free Quality	CMG	5600m	16 day
MCD43C3	Combined	Albedo	CMG	5600m	16 day
MCD43C4	Combined	Nadir BRDF-Adjusted Reflectance	CMG	5600m	16 day
MCD45A1	Combined	Thermal Anomalies & Fire	Tile	500m	Monthly
MOD09A1	Terra	Surface Reflectance Bands 1–7	Tile	500m	8 day
MOD09CMG	Terra	Surface Reflectance Bands 1–7	CMG	5600m	Daily
MOD09GA	Terra	Surface Reflectance Bands 1–7	Tile	500/1000m	Daily
MOD09GQ	Terra	Surface Reflectance Bands 1–2	Tile	250m	Daily
MOD09Q1	Terra	Surface Reflectance Bands 1–2	Tile	250m	8 day
MOD11A1	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	1000m	Daily
MOD11A2	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	1000m	8 day
MOD11B1	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	5600m	Daily
MOD11C1	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	Daily
MOD11C2	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	8 day

Short Name ▲	Platform	MODIS Data Product	Raster type	Res (m)	Temporal Granularity
MOD11C3	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	Monthly
MOD11_L2	Terra	Land Surface Temperature & Emissivity	Swath	1000m	5 min
MOD13A1	Terra	Vegetation Indices	Tile	500m	16 day
MOD13A2	Terra	Vegetation Indices	Tile	1000m	16 day
MOD13A3	Terra	Vegetation Indices	Tile	1000m	Monthly
MOD13C1	Terra	Vegetation Indices	CMG	5600m	16 day
MOD13C2	Terra	Vegetation Indices	CMG	5600m	Monthly
MOD13Q1	Terra	Vegetation Indices	Tile	250m	16 day
MOD14	Terra	Thermal Anomalies & Fire	Swath	1000m	5 min
MOD14A1	Terra	Thermal Anomalies & Fire	Tile	1000m	Daily
MOD14A2	Terra	Thermal Anomalies & Fire	Tile	1000m	8 day
MOD15A2	Terra	Leaf Area Index - FPAR	Tile	1000m	8 day
MOD17A2	Terra	Gross Primary Productivity	Tile	1000m	8 day
MOD17A3	Terra	Net Primary Productivity	Tile	1000m	Yearly
MOD44A	Terra	Vegetation Continuous Cover	Tile	250m	96 day
MOD44B	Terra	Vegetation Continuous Fields	Tile	250m	Yearly
MOD44W	Terra	Land Water Mask Derived	Tile	250m	None
MYD09A1	Aqua	Surface Reflectance Bands 1–7	Tile	500m	8 day
MYD09CMG	Aqua	Surface Reflectance Bands 1–7	CMG	5600m	Daily
MYD09GA	Aqua	Surface Reflectance Bands 1–7	Tile	500/1000m	Daily
MYD09GQ	Aqua	Surface Reflectance Bands 1–2	Tile	250m	Daily
MYD09Q1	Aqua	Surface Reflectance Bands 1–2	Tile	250m	8 day
MYD11A1	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	1000m	Daily
MYD11A2	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	1000m	8 day
MYD11B1	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	Tile	5600m	Daily
MYD11C1	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	Daily
MYD11C2	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	8 day
MYD11C3	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	CMG	5600m	Monthly

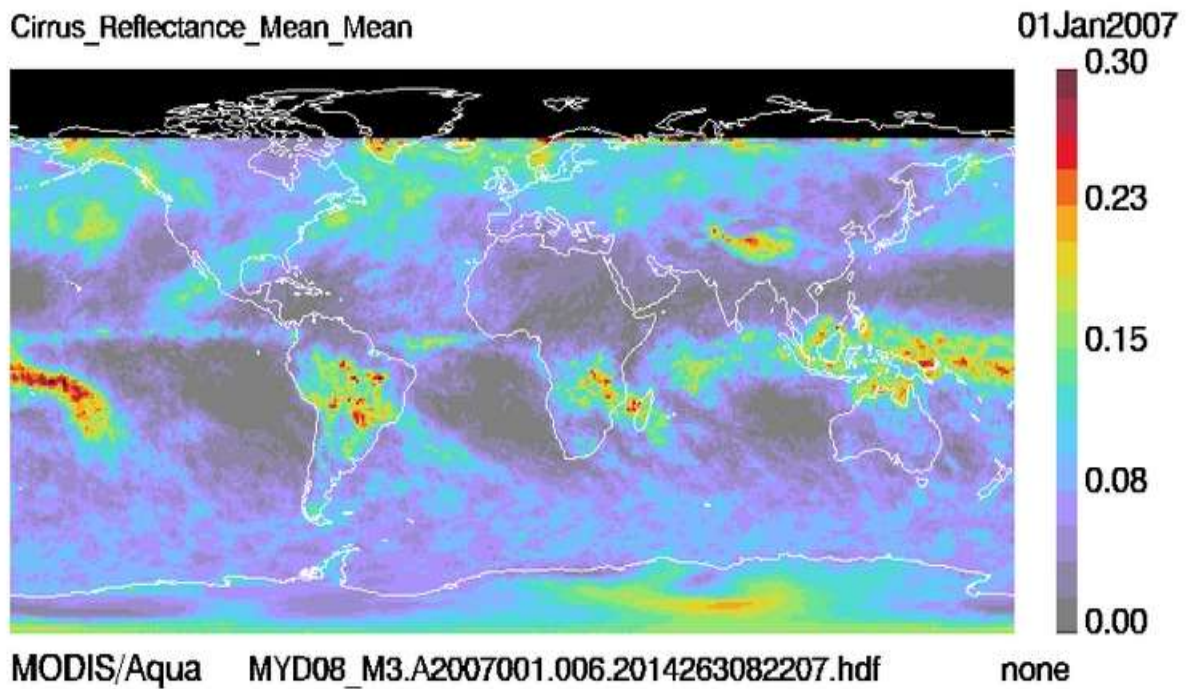
Short Name ▲	Platform	MODIS Data Product	Raster type	Res (m)	Temporal Granularity
MYD11_L2	Aqua	Land Surface Temperature & Emissivity	Swath	1000m	5 min
MYD13A1	Aqua	Vegetation Indices	Tile	500m	16 day
MYD13A2	Aqua	Vegetation Indices	Tile	1000m	16 day
MYD13A3	Aqua	Vegetation Indices	Tile	1000m	Monthly
MYD13C1	Aqua	Vegetation Indices	CMG	5600m	16 day
MYD13C2	Aqua	Vegetation Indices	CMG	5600m	Monthly
MYD13Q1	Aqua	Vegetation Indices	Tile	250m	16 day
MYD14	Aqua	Thermal Anomalies & Fire	Swath	1000m	5 min
MYD14A1	Aqua	Thermal Anomalies & Fire	Tile	1000m	Daily
MYD14A2	Aqua	Thermal Anomalies & Fire	Tile	1000m	8 day
MYD15A2	Aqua	Leaf Area Index - FPAR	Tile	1000m	8 day
MYD17A2	Aqua	Gross Primary Productivity	Tile	1000m	8 day

Στην εικόνα που ακολουθεί, απεικονίζεται η κάλυψη του προϊόντος CMG και η έκταση που καλύπτει κάθε ένα Tile του σαρωτή MODIS.

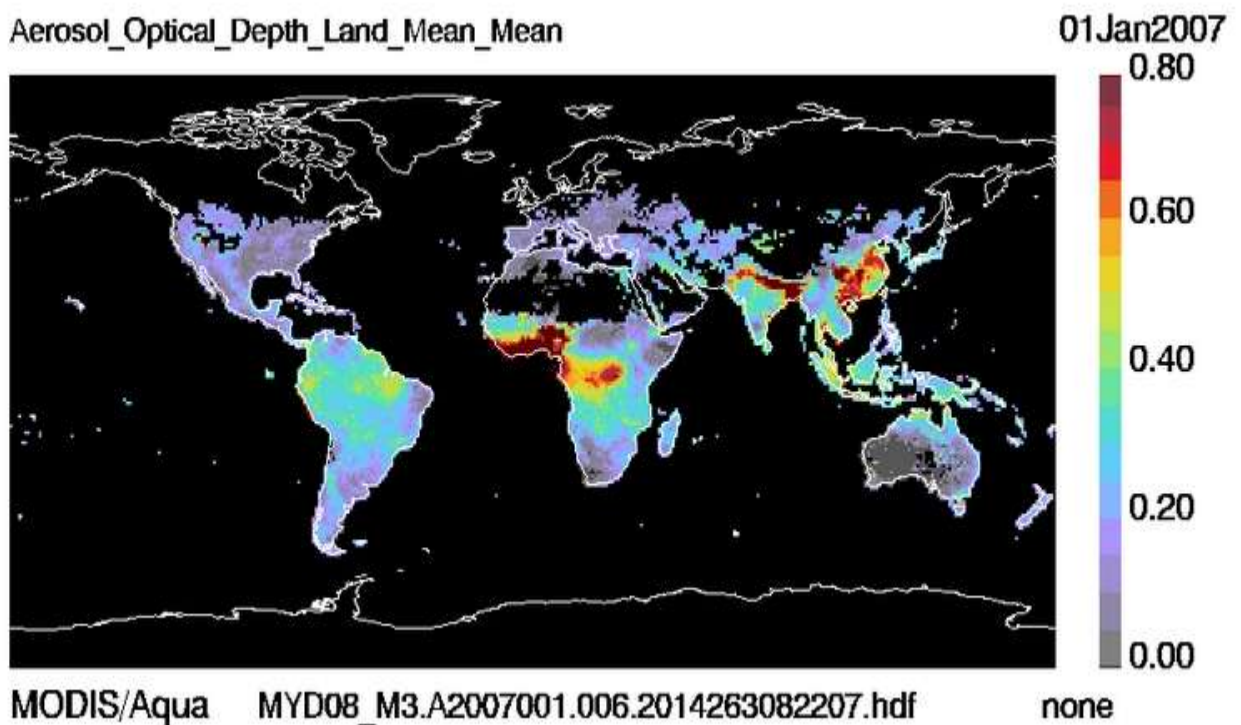


Εικόνα 2.2.1.2. Η κάλυψη του προϊόντος CMG του σαρωτή MODIS.

Στην συνέχεια, στις δύο επόμενες εικόνες δίνονται παραδείγματα μέσω μηνιαίων εκτιμήσεων για βιοφυσικές παραμέτρους στη μορφή CMG.



Εικόνα 2.2.1.3. Μέση μηνιαία (Ιανουάριος 2007) εκτίμηση της ανακλαστικότητας των νεφών.



Εικόνα 2.2.1.4. Μέση μηνιαία (Ιανουάριος 2007) εκτίμηση των αιωρούμενων σωματιδίων.

2.2.1.2 Βιοφυσικά Δεδομένα MODIS

Το σύστημα παρακολούθησης της Γης EOS, χρησιμοποιεί το δέκτη MODIS για την καταγραφή των γεωφυσικών παραμέτρων. Η χρήση του είναι διπλή, καθώς είναι προσαρτημένος σε δύο δορυφόρους, τον AQUA και τον TERRA, παρέχοντας έτσι το πλεονέκτημα της σχεδόν καθημερινής παγκόσμιας κάλυψης. Σε συνδυασμό μάλιστα με τη χρήση των 36 καναλιών καταγραφής και της 12-bit ραδιομετρικής ανάλυσης, η ακρίβεια για τις εικόνες επιτυγχάνεται σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό και καθιστά τον MODIS υψηλής ανάλυσης ραδιόμετρο. Έχουν αναπτυχθεί περίπου 40 προϊόντα από την επιστημονική ομάδα του MODIS, η χρησιμότητα των οποίων ιδιαίτερα μεγάλη στις περιβαλλοντικές επιστήμες. Από το 2000, τα δεδομένα των προϊόντων υποβάλλονται σε επεξεργασία και μία σχετική με αυτά χρονοσειρά έχει δημιουργηθεί και διαρκώς επεκτείνεται (Vermote et al., 2002).

Οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν αρχικά για τον Terra MODIS εφαρμόστηκαν και στον Aqua MODIS. Τα προϊόντα του MODIS, αν και διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες (ξηρά, ατμόσφαιρα, ωκεανός) είναι αλληλένδετα μεταξύ τους. Έτσι είναι δυνατή η παρακολούθηση της εδαφικής κάλυψης και των χρήσεων γης, με την ποσοτικοποίηση του τύπου και της έκτασης του εδάφους και των παγετώνων, της επιφανειακής θερμοκρασίας, πυρκαγιών κλπ.

Όπως δείξαμε προηγουμένως στο πίνακα 2.2.1.3, υπάρχουν πολλά βιοφυσικά δεδομένα του MODIS που χρησιμοποιούνται για ερευνητικούς σκοπούς από διάφορους επιστήμονες (π.χ περιβαλλοντολόγους, γεωλόγους, γεωπόνους), για να μελετήσουν τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής, και να αξιολογήσουν το φυσικό περιβάλλον και τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Σε αυτό το σημείο θα αναλύσουμε μερικά από τα βιοφυσικά δεδομένα που δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση των ερευνητικών μας στόχων, όπως είναι η επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους, ο δείκτης βλάστησης, κ.α.

Η θερμοκρασία του εδάφους αποτελεί μία από τις βασικές μεταβλητές στη φυσική διεργασία της επιφάνειας της γης, η οποία επηρεάζει την ενέργεια και τους κύκλους νερού του συστήματος γης-ατμόσφαιρας. Η επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους (Land Surface Temperature) αποτελεί έναν δείκτη που καθορίζει την ενεργειακή ισορροπία της επιφάνειας

της γης, καθώς αποτελεί το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της ατμόσφαιρας και του εδάφους. Με πλήθος εφαρμογών όπως είναι η αξιολόγηση και βελτίωση του μοντέλου της παγκόσμιας μετεωρολογικής πρόβλεψης, όπως επίσης και σε οικολογικές, υδρολογικές και κλιματικές μελέτες (Chunlin et al, 2008). Συγχρόνως εφαρμόζεται στον έλεγχο της ξηρασίας και τον υπολογισμό της εδαφολογικής υγρασίας της επιφάνειας, αλλά και στη διάκριση και κατηγοριοποίηση της βλάστησης. Οι διάφορες κοινότητες γεωπονικών – υδρολογικών – περιβαλλοντικών μελετών, απαιτούν ακρίβεια της τάξης 0,5 – 2 °C για την θερμοκρασία εδάφους από τις δορυφορικές παρατηρήσεις που ανακτώνται από τους δορυφόρους με 1 – 10 Km χωρική ανάλυση (Wenhui et al, 2007).

Το ραδιόμετρο MODIS του δορυφόρου Terra περιλαμβάνει επτά φασματικές ζώνες, που είναι σχεδιασμένες για τις εφαρμογές εδάφους και τα δεδομένα είναι διαθέσιμα για εφαρμογές εδαφικής κάλυψης. Ο MODIS είναι ενισχυμένος στη φασματική, χωρική και ραδιομετρική ανάλυση, και εν γένει καλύτερος στην ποιότητα των δεδομένων του. Επίσης, οι αλγόριθμοι έχουν σχεδιαστεί για λειτουργική χαρτογράφηση με τέτοιο τρόπο, ώστε να μεσολαβεί μικρός χρόνος από την απόκτηση των δεδομένων στοιχείων μέχρι τη χαρτογράφηση. Η επικαιρότητα και η ποιότητα των χαρτών κάλυψης του εδάφους, που παράγονται από τον MODIS, είναι τα βασικά χαρακτηριστικά για τη χρησιμότητά τους σε πληθώρα επιστημονικών εφαρμογών, τόσο σε τοπική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα. (Friedl et al., 2002).

Πίνακας 2.2.1.2.1. Οι επτά κύριες φασματικές ζώνες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία των εδαφικών βιοφυσικών προϊόντων στο σαρωτή MODIS.

<i>Band number</i>	<i>Spatial resolution</i>	<i>Wavelength, nm</i>	<i>Waveband region</i>
<i>1</i>	<i>250 m</i>	<i>620-670</i>	<i>Red</i>
<i>2</i>	<i>250 m</i>	<i>841-876</i>	<i>Near-Infrared</i>
<i>3</i>	<i>500 m</i>	<i>459-479</i>	<i>Blue</i>
<i>4</i>	<i>500 m</i>	<i>545-565</i>	<i>Green</i>
<i>5</i>	<i>500 m</i>	<i>1230-1250</i>	<i>Near-Infrared</i>
<i>6</i>	<i>500 m</i>	<i>1628-1652</i>	<i>Shortwave infrared</i>
<i>7</i>	<i>500 m</i>	<i>2105-2135</i>	<i>Shortwave infrared</i>

MOD09-Surface Reflectance-L2, L2G, L3: Το προϊόν της επιφάνειας ανάκλασης ορίζεται ως η ανακλαστικότητα που θα έπρεπε να μετράται στην επιφάνεια της γης, αν δεν υπήρχε η

ατμόσφαιρα (Vermote et al., 2002) και αποτελεί ένα από τα πολύ σημαντικά προϊόντα του MODIS καθώς και του Συστήματος Παρακολούθησης της Γης (EOS). Αποτελεί μια ουσιώδη παράμετρο για την περιγραφή των ιδιοτήτων της γης, ενώ βρίσκει πολλές εφαρμογές για την καλύτερη ανίχνευση και τον έλεγχο των αλλαγών στην επιφάνεια της γης, τους δείκτες βλάστησης, της ξηρασίας, των καμένων περιοχών, της κάλυψης του εδάφους, και η αλλαγή στην κάλυψη του εδάφους. Τα προϊόντα MODIS Surface Reflectance (MOD09) παρέχουν μια εκτίμηση της επιφάνειας φασματικής ανακλαστικότητας για τις ζώνες 1-7, όπως μετρούνται στο επίπεδο του εδάφους (Liu and Liu, 2013).

MOD11-Land Surface Temperature and Emissivity-L2, L3: Η ακτινοβολία και η θερμοκρασία εδάφους, επιτρέπουν στη καλύτερη κατανόηση των τάξεων της αστικής χρήσης – κάλυψης γης. Η επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους (LST) βρίσκει πολλές εφαρμογές όπως είναι στον έλεγχο της ξηρασίας καθώς και στον υπολογισμό της εδαφολογικής υγρασίας της επιφάνειας. Επίσης υπολογίζει την ακτινοβολία της επιφάνειας της γης μέσω μοντέλων επιφανειακής θερμοκρασίας και αυτό είναι πολύ σημαντικό, καθώς αποτελεί παράγοντα ελέγχου της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής (Wang and Liang, 2009).

MOD12-Land Cover-L3: Με τον όρο κάλυψη εδάφους νοείται κάθε τι βρίσκεται πάνω στο έδαφος όπως βλάστηση, ανθρώπινες υποδομές – κατασκευές, υδάτινοι πόροι κ.λ.π. Η κάλυψη του εδάφους ειδικά λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ροή του παγκόσμιου κλίματος. Η εδαφική κάλυψη από ανθρώπινες δραστηριότητες βρίσκεται μεταξύ του 1/2 και 1/3 της επιφάνειά της, με αποτέλεσμα να έχει επηρεαστεί τόσο το οικοσύστημα, όσο και ο παγκόσμιος καιρός και κλίμα με την δημιουργία αστικών θερμικών νησίδων (Voltersen et al., 2014). Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για αυτό το προϊόν λειτουργεί σε μια ακολουθία δώδεκα βάσεων δεδομένων των 32 ημερών του προϊόντος MOD12 μαζί με μία τοπογραφική βάση δεδομένων του EOS, χωρικής ανάλυσης 1km, για να παραχθούν οι χαρακτηρισμοί της εποχιακής εδαφικής κάλυψης.

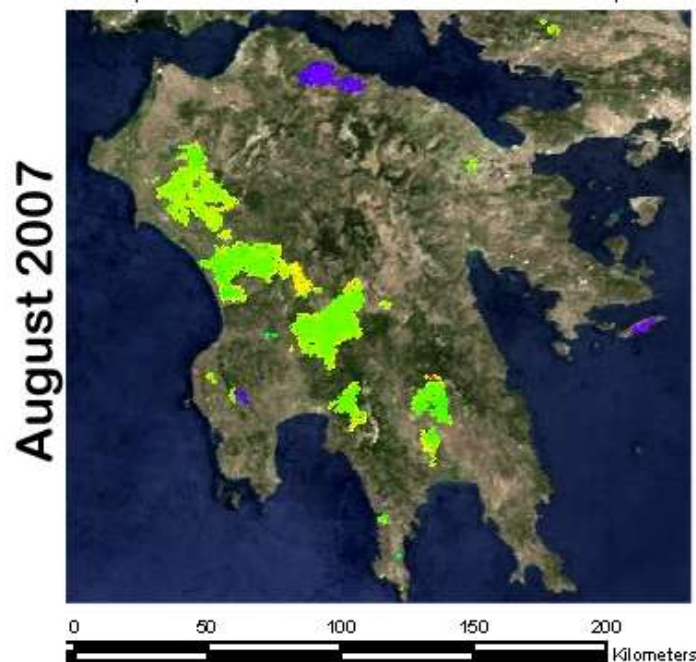
Το MODIS - Land Cover-L3 προϊόν παρέχει επικαιροποιημένους ετήσιους παγκόσμιους χάρτες, και έχει επεκταθεί κάθε χρόνο από το 2001 χρησιμοποιώντας ετήσια σύνολα δεδομένων από τον MODIS. Από το προϊόν αυτό δημιουργούνται άλλα προϊόντα εδαφικής επιφάνειας, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιες μελέτες για την κάλυψη – χρήση γης. Τέλος βρίσκει εφαρμογή σε πολλά μοντέλα οικοσυστήματος, υδρολογικά μοντέλα, κλιματική αλλαγή και τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου – περιβάλλοντος (Cai et al., 2014).

MOD13-Vegetation Indices-L2G, L3: Υπάρχουν δύο αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τους δείκτες βλάστησης (Vegetation Index – VI) παγκοσμίως για την ξηρά, ενώ μπορούν να υπολογιστούν από τις τιμές λαμπρότητας των pixel και σχετίζονται κυρίως με τη βιομάζα ή την κατάσταση της βλάστησης. Ο ένας, είναι ο δείκτης βλάστησης ομαλοποιημένης διαφοράς (Normalized Difference Vegetation Index NDVI) οπότε αποτελεί τον πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης, και ο άλλος ο ενισχυμένος δείκτης βλάστησης (Enhanced VI), ο οποίος είναι ειδικευμένος για τις διαφορές πυκνής- αραιής βλάστησης (Soudani et al., 2012).

MOD14-Fires-L2, L2G, L3: Πάνω από δύο δεκαετίες χρησιμοποιούνται οι δορυφόροι για την ανίχνευση πυρκαγιών, όπου με την βοήθεια αλγορίθμων ανιχνεύουν τα ενεργά μέτωπα τους σε όλη την γη. Τα κανάλια που χρησιμοποιεί ο δέκτης για την ανίχνευση της φωτιάς είναι στα 1.65μm και 2.13μm με 500m χωρική ανάλυση και στα 3.96μm και 11μm με 1000m χωρική ανάλυση. Βασίζεται στη θερμοκρασία που καταγράφεται σε κάθε pixel φωτιάς, καθώς και στη διαφορά θερμοκρασίας που εντοπίζεται στο pixel της φωτιά και στο pixel της μη φωτιάς. Παρέχει μια εκτίμηση για μέγεθος φωτιάς 100 m². Το προϊόν αυτό έχει βρει εφαρμογές σε μελέτες επιστημόνων για την κλιματική αλλαγή, εξαιτίας των πυρκαγιών (Maier et al., 2013). Ένα παράδειγμα από την Ελλάδα που αναφέρεται σε αυτό το προϊόν, δίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

Global MODIS Burned Area Product

<http://modis-fire.umd.edu/MCD45A1.asp>



Projection: Greek National Grid

Εικόνα 2.2.1.2.1. Οι καμένες εκτάσεις στη Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007, έτσι όπως καταγράφηκαν από το προϊόν MOD14-Fires.

MOD15-LAI (Leaf Area Index) Ο δείκτης περιοχής φύλλων (Leaf Area Index - LAI) είναι μια βιοφυσική μεταβλητή που επηρεάζει την δυναμική της ατμοσφαιρικής επιφάνειας του εδάφους. Εξαρτάται από τη διαπνοή, τον άνθρακα και το νερό σε τοπική κλίμακα (Savoy and Mackay, 2015). Μπορεί να οριστεί ως το ήμισυ της συνολικής φυλλικής επιφάνειας, ανά μονάδα επιφανείας οριζόντιου εδάφους. Ουσιαστικά μετρά την ποσότητα των υλικών του φυλλώματος σε ένα οικοσύστημα, ελέγχοντας σημαντικές διεργασίες όπως είναι η αναπνοή, η υγρασία, η φωτοσύνθεση και τέλος η βροχόπτωση. Είναι ένας δείκτης που εξυπηρετεί στο να « ζευγαρώνει » την βλάστηση με την μοντελοποίηση της παραγωγικότητας του οικοσυστήματος (Qiang et al, 2014).

2.2.2 Γεωγραφικά Δεδομένα

2.2.2.1 Διοικητικές Διαιρέσεις

Η τρέχουσα διοικητική διαίρεση της Ελλάδας διαμορφώθηκε από το Πρόγραμμα Καλλικράτης και ισχύει από την 1η Ιανουαρίου 2011. Σύμφωνα με αυτήν, η χώρα διαιρείται σε επτά αποκεντρωμένες διοικήσεις, δεκατρείς περιφέρειες και 325 δήμους. Οι περιφέρειες και οι δήμοι είναι αυτοδιοικούμενα νομικά πρόσωπα, όπου οι αρχές τους εκλέγονται με καθολική ψηφοφορία από τους εγγεγραμμένους δημότες. Είναι χρήσιμη προκειμένου να γίνει δυνατή η ανάθεση των φαινομένων που θα καταγραφούν σε διοικητικές ενότητες. Το πρόγραμμα Καλλικράτης, ακριβέστερα Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης, ονομάζεται ο ελληνικός νόμος 3852 / 2010. Με τον οποίο μεταρρυθμίστηκε η διοικητική διαίρεση της Ελλάδας το 2011 και επανακαθορίστηκαν τα όρια των αυτοδιοικητικών μονάδων, ο τρόπος εκλογής των οργάνων και οι αρμοδιότητές τους. Ενίοτε απαντάται και ως Σχέδιο Καλλικράτης, από την ονομασία που είχε πριν εισαχθεί προς συζήτηση στη Βουλή των Ελλήνων. Το πρόγραμμα ψηφίστηκε από την Ελληνική Βουλή το Μάιο του 2010. Μέρος των διατάξεών του, ενεργοποιήθηκε άμεσα με τη δημοσίευσή του στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως στις 7 Ιουνίου 2010, ΦΕΚ 87 / τ.Α' / 2010 (Κ.Ε.Δ.Κ.Ε, 2010), ώστε να διεξαχθούν βάσει αυτών οι αυτοδιοικητικές εκλογές του ίδιου έτους. Βασικές πτυχές του προγράμματος είναι η μείωση του αριθμού των

δήμων και των νομικών τους προσώπων κατά περίπου 2/3, η αντικατάσταση των 57 νομαρχιών ως δευτεροβάθμιων ΟΤΑ από τις 13 περιφέρειες. Επίσης η σύσταση των αποκεντρωμένων διοικήσεων, οι αλλαγές στον τρόπο χρηματοδότησης των ΟΤΑ, η αύξηση της θητείας των αυτοδιοικητικών οργάνων από 4 σε 5 έτη και η ανακατανομή των αρμοδιοτήτων κάθε βαθμού.

Πίνακας 2.2.2.1. Οι Καλλικρατικοί Δήμοι και στην δεύτερη στήλη, ο αριθμός (No) των Καποδιστριακών Δήμων που συνενώθηκαν για την σύστασή τους.

Δήμος	No	Θεσσαλονίκης	2	Γρεβενών	13	Τρικαίων	8
Δοξάτου	2	Καλαμαριάς	1	Καστοριάς	9	Φαρκαδόνας	3
Δράμας	2	Κορδελιού - Ευόσμου	2	Νεστορίου	4	Αρταίων	
Κάτω Νευροκοπίου	1	Λαγκαδά	7	Ορεστίδος	2	Καραϊσκάκη	3
Παρανεστίου	2	Νεάπολης - Συκεών	4	Βοΐου	5	Κεντρικών Τζουμέρκων	4
Προσοτσάνης	2	Παύλου Μελά	3	Εορδαίας	5	Σκουφά	4
Αλεξανδρούπολης	3	Πυλαίας - Χορτιάτη	3	Κοζάνης	5	Ηγουμενίτσας	5
Διδυμοτείχου	2	Χαλκηδόνος	3	Σερβίων - Βελβεντού	4	Σουλίου	3
Ορεστιάδας	4	Ωραιοκάστρου	3	Αμυνταίου	6	Φιλιατών	2
Σαμοθράκης	1	Κιλκίς	7	Πρεσπών	2	Βορείων Τζουμέρκων	
Σουφλίου	3	Παιονίας	5	Φλώρινας	4	Δωδώνης	4
Καβάλας	2	Αλμωπίας	2	Αργιθέας		Ζαγορίου	5
Νέστου	3	Έδεσσας	2	Καρδίτσας	5	Ζίτσας	5
Παγγαίου	5	Πέλλας	5	Λίμνης Πλαστήρα	2	Ιωαννιτών	6
Θάσου	1	Σκύδρας	2	Μουζακίου	3	Κόνιτσας	5
Αβδήρων	3	Δίου - Ολύμπου	3	Παλαμά	3	Μετσόβου	3
Μύκης	4	Κατερίνης	6	Σοφάδων	5	Πωγωνίου	6
Ξάνθης	2	Πύδνας - Κολινδρού	4	Αγιάς		Ζηρού	
Τοπίρου	1	Αμφίπολης	4	Ελασσόνας	8	Πάργας	2
Αρριανών	4	Βισαλτίας	4	Κιλελέρ	5	Πρέβεζας	3
Ιάσμου	3	Εμμανουήλ Παππά	2	Λαρισαίων	3	Ζακυνθίων	6
Κομοτηνής	3	Ηρακλείας	3	Τεμπών	5	Κέρκυρας	15
Μαρωνείας - Σαπών	2	Νέας Ζίχνης	2	Τυρνάβου	2	Παξών	1
Αλεξάνδρειας	4	Σερρών	6	Φαρσάλων	4	Κεφαλλονιάς	8
Βέροιας	5	Σιντικής	6	Αλμυρού	4	Ιθάκης	1
Ηρωικής Πόλεως Νάουσας	3	Αριστοτέλη	3	Βόλου	9	Λευκάδας	7
Αμπελοκήπων - Μενεμένης	2	Κασσάνδρας	2	Ζαγοράς - Μουρεσίου	2	Μεγανησίου	1
Βόλβης	6	Νέας Προποντίδας	3	Νοτίου Πηλίου	5	Ναυπακτίας	6
Δέλτα	3	Πολυγύρου	4	Ρήγα Φεραίου	3	Αγρινίου	10
Θερμαϊκού	3	Σιθωνίας	2	Αλοννήσου	1	Ακτίου - Βόνιτσας	3
Θέρμης	3	Δεσκάτης	2	Σκιάθου	1	Αμφιλοχίας	3
				Σκοπέλου	1	Θέρμου	1
				Καλαμπάκας	8	Ιεράς Πόλεως	3
				Πύλης	7		

Μεσολογγίου	
Ξηρομέρου	3
Αιγιαλείας	6
Δυτικής Αχαΐας	4
Ερυμάνθου	4
Καλαβρύτων	4
Πατρέων	5
Ανδραβίδας - Κυλλήνης	4
Ανδρίτσαινας - Κρεστένων	3
Αρχαίας Ολυμπίας	4
Ζαχάρως	2
Ήλιδας	2
Πηνειού	3
Πύργου	4
Αλιάρτου	2
Διστόμου - Αράχωβας - Αντίκυρας	3
Θηβαίων	4
Λεβαδέων	5
Ορχομενού	2
Τανάγρας	4
Καρύστου	4
Διρφύων - Μεσσαπίων	2
Ερέτριας	2
Ιστιαίας - Αιδηψού	5
Κύμης - Αλιβερίου	5
Μαντουδίου- Λίμνης	3
Σκύρου	1
Χαλκιδέων	5
Αγράφων	5
Καρπενησίου	6
Αμφίκλειας - Ελάτειας	3
Δομοκού	3
Λοκρών	4
Λαμιέων	5
Μακρακώμης	4
Μώλου - Αγίου Κωνσταντίνου	4
Στυλίδας	3
Δελφών	8
Δωρίδος	4
Αργους -	8

Μυκηνών	
Επιδαύρου	2
Ερμιονίδας	2
Ναυπλίων	4
Γορτυνίας	
Βόρειας Κυνουρίας	1
Νότιας Κυνουρίας	3
Μεγαλόπολης	3
Τρίπολης	8
Βέλου - Βόχας	2
Ξυλοκάστρου - Ευρωστίνης	2
Κορινθίων	5
Λουτρακίου - Αγίων Θεοδώρων	2
Νεμέας	1
Σικυονίων	3
Ανατολικής Μάνης	4
Ελαφονήσου	1
Μονεμβασιάς	5
Ευρώτα	5
Σπάρτης	7
Δυτικής Μάνης	2
Καλαμάτας	4
Μεσσήνης	8
Οιχαλίας	5
Πύλου - Νέστορος	6
Τριφυλίας	6
Αθηναίων	1
Βύρωνα	1
Γαλασίου	1
Δάφνης - Υμηττού	2
Ζωγράφου	1
Ηλιούπολης	1
Καισαριανής	1
Φιλαδελφείας - Χαλκηδόνος	2
Αγίας Παρασκευής	1
Αμαρουσίου	1
Βριλησίων	1
Ηρακλείου	1
Κηφισιάς	3
Λυκόβρυσσης - Πεύκης	2
Μεταμόρφωσης	1
Νέας Ιωνίας	1

Παπάγου - Χολαργού	2
Πεντέλης	3
Φιλοθέης - Ψυχικού	3
Χαλανδρίου	1
Αγίας Βαρβάρας	1
Αγίων Αναργύρων - Καματερού	2
Αιγάλεω	1
Γλίου	1
Περιστερίου	1
Πετρούπολης	1
Χαϊδαρίου	1
Αγίου Δημητρίου	
Αλίμου	1
Γλυφάδας	1
Ελληνικού - Αργυρούπολης	2
Καλλιθέας	1
Μοσχάτου - Ταύρου	2
Νέας Σμύρνης	1
Παλαιού Φαλήρου	1
Κερατσινίου - Δραπετσώνας	2
Κορυδαλλού	1
Νίκαιας - Αγίου Ιωάννη Ρέντη	2
Πειραιώς	1
Περάματος	1
Αχαρνών	2
Βάρης-Βούλας- Βουλιαγμένης	3
Διονύσου	7
Κρωπίας	1
Λαυρεωτικής	3
Μαραθώνος	4
Μαρκοπούλου Μεσογαίας	1
Παιανίας	2
Παλλήνης	3
Ραφήνας - Πικερμίου	2
Σαρωνικού	5
Σπάτων - Αρτέμιδος	2
Ωρωπού	12
Ασπρόπυργου	1
Ελευσίνας	2
Μάνδρας -	4

Ειδυλλίας	
Μεγαρέων	2
Φυλής	3
Αγκιστρίου	1
Αίγινας	1
Κυθήρων	2
Πόρου	1
Σαλαμίνας	2
Σπετσών	1
Τροιζηνίας	2
Υδρας	
Αρχανών - Αστερουσίων	3
Βιάννου	1
Γόρτυνας	4
Ηρακλείου	5
Μαλεβιζίου	3
Μινώα Πεδιάδας	3
Φαιστού	3
Χερσονήσου	4
Αγίου Νικολάου	2
Ιεράπετρας	2
Οροπεδίου	1
Σητείας	3
Αγίου Βασιλείου	2
Αμαρίου	2
Ανωγείων	1
Μυλοποτάμου	2
Ρεθύμνης	4
Αποκορώνου	6
Γαύδου	1
Καντάνου - Σελίνου	3
Κισσάμου	3
Πλατανιά	4
Σφακίων	1
Χανίων	7
Ανδρου	3
Ανάφης	1
Θήρας	2
Ιητών	1
Στικίνου	1
Φολεγάνδρου	1
Αγαθονησίου	1
Αστυπαιαίας	
Καλυμνίων	1
Λειψών	1
Λέρου	1

Πάτμου	1
Καρπάθου	2
Κάσου	2
Κω	3
Νισύρου	1
Κιμώλου	1
Μήλου	1
Σερίφου	1
Σίφνου	1

Μυκόνου	1
Αμοργού	1
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	6
Αντιπάρου	1
Πάρου	1
Μεγίστης	1
Ρόδου	10

Σύμης	1
Τήλου	1
Χάλκης	1
Κέα	1
Σύρου - Ερμούπολης	3
Κύθνου	1
Τήνου	3
Ικαρίας	3

Φούρνων	1
Λέσβου	13
Λήμνος	4
Αγίου Ευστρατίου	1
Σάμου	4
Οινουσσών	1
Χίου	8
Ψαρών	1

Τα γεωγραφικά όρια των Καλλικρατικών Δήμων δίνονται από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων από τον διαδικτυακό τόπο GEODATA. (Geodata table, 2012).



Εικόνα 2.2.2.1. Γεωγραφική διαίρεση της Πελοποννήσου σε Καποδιστριακούς Δήμους.

Η κωδικοποίηση της γεωγραφικής διαίρεσης της χώρας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης δίνεται σε ψηφιακό αρχείο από τον διαδικτυακό τόπο (Geodata vector, 2012).

Στο ψηφιακό αρχείο, περιέχεται η διοικητική διαίρεση της χώρας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης. Η διοικητική διαίρεση αφορά σε οκτώ (8) διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης:

- 1) Μεγάλες γεωγραφικές ενότητες.
- 2) Αποκεντρωμένες Διοικήσεις.
- 3) Περιφέρειες.
- 4) Περιφερειακές ενότητες.
- 5) Δήμοι.
- 6) Δημοτικές Ενότητες.
- 7) Δημοτικές / Τοπικές Κοινότητες.
- 8) Οικισμοί.

Οι κωδικοί των γεωγραφικών ενοτήτων είναι σύμφωνες με το πρότυπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ).

2.2.2.2 Χαρτογράφηση Καμένων Εκτάσεων

Οι φυσικές πυρκαγιές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος πολλών χερσαίων οικοσυστημάτων, ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν αυξητικές τάσεις στις Μεσογειακές χώρες. Όταν μια δασική έκταση καταστρέφεται από πυρκαγιά, λεπτομερείς και άμεσες πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την έκταση της καμένης έκτασης καθώς και το βαθμό της καταστροφής είναι απαραίτητες (Mouillota et al, 2014). Ακόμα και σήμερα στις Μεσογειακές χώρες και στην Ελλάδα, οι καμένες εκτάσεις δεν χαρτογραφούνται παρά μόνο πάνω σε τοπογραφικό χάρτη της παραγωγής. Στην συνέχεια δημιουργείται η περίμετρος της πυρκαγιάς, ύστερα από εκτενείς επισκέψεις στην καμένη περιοχή χωρίς ωστόσο πληροφορίες για τα είδη που κάηκαν, ενώ η διαδικασία ολοκληρώνεται ύστερα από μήνες (Kaskaoutis et al., 2011).

Εναλλακτική λύση αποτελεί η τηλεπισκόπηση με χρήση τηλεπισκοπικών εικόνων χαμηλής (από δορυφορικούς απεικονιστές NOAA / AVHRR και SPOT), μέσης-υψηλής (από LANDSAT TM) και πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας (IKONOS).

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει με τις μεθόδους, τα δεδομένα και τα εργαλεία της σε όλα τα στάδια του φαινομένου:

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

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει εξίσου σημαντικά στην πρόβλεψη εκδήλωσης πυρκαγιάς και στην αναγνώριση περιοχών υψηλής επικινδυνότητας. Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης που αφορούν την υγρασία εδάφους, την αναγνώριση βλάστησης και την χαρτογράφηση των καλύψεων / χρήσεων γης, μπορούν να διαμορφώσουν ένα σημαντικό υπόβαθρο πληροφορίας για τη λήψη αποφάσεων και την επισήμανση περιοχών στις οποίες μπορεί να εμφανιστεί το φαινόμενο των πυρκαγιών (Chowdhury and Hassan, 2014).



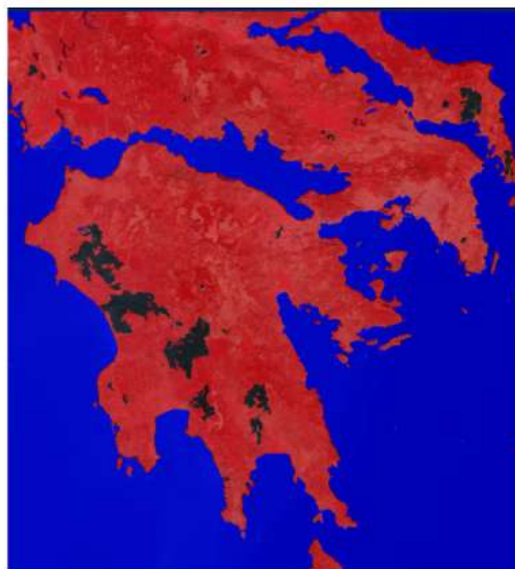
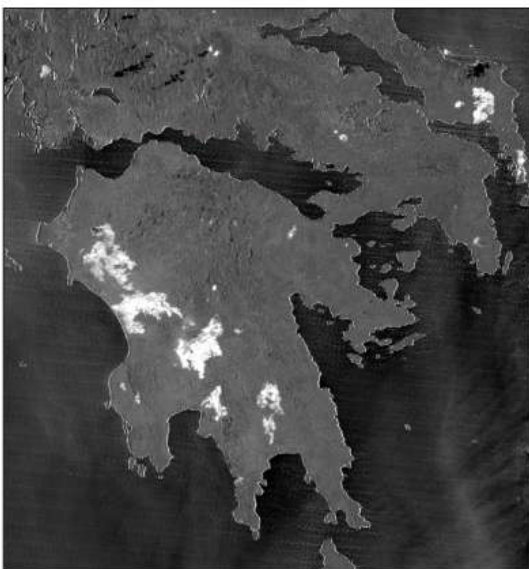
Εικόνα 2.2.2.2.1. Δορυφορική εικόνα για τις πυρκαγιές του Αυγούστου 2007 στην Πελοπόννησο.

Από μεθοδολογικής πλευράς αρχικά γίνεται επεξεργασία των δύο διαθέσιμων (πριν και μετά την πυρκαγιά) εικόνων (ατμοσφαιρική και ραδιομετρική διόρθωση με στόχο την κανονικοποίηση των δύο εικόνων, σχετική διόρθωση με τη βοήθεια της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, γεωμετρική διόρθωση). Ακολουθεί ο υπολογισμός του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI) για κάθε μία από τις δύο εικόνες και στη συνέχεια ο δείκτης της εικόνας μετά την πυρκαγιά αφαιρείται από το δείκτη της εικόνας πριν την πυρκαγιά, γιατί σχετίζεται με την καταστροφή της βλάστησης. Για την εκτίμηση της

ακρίβειας γίνεται σύγκριση με την περίμετρο της πυρκαγιάς όπως αυτή αποτυπώνεται από τη Δασική Υπηρεσία (Manso et al., 2014).

Η κυριότερη σύγκριση που παρατηρείται, είναι αυτή της καμένης έκτασης με τα αβαθή ύδατα κοντά στην ακτογραμμή. Επίσης περιοχές μη καμένης βλάστησης μέσα στην περίμετρο της πυρκαγιάς χαρτογραφούνται συνήθως ως καμένες εκτάσεις .

1. **Χαρτογράφηση με δορυφορικά δεδομένα AVHRR / NOAA.** Τα χαρακτηριστικά του έχουν ωριαία σχεδόν κάλυψη, με διακριτική ικανότητα 1,1 χλμ και ημερήσια και νυχτερινή λήψη.
2. **Χαρτογράφηση με τον σαρωτή MODIS.** Έχει ιδιαίτερα μεγάλη φασματική διακριτική ικανότητα ενώ η χρονική του διακριτική ικανότητα είναι 4 φορές την ημέρα, ενώ παρέχει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια βάση σε παγκόσμιο επίπεδο.
3. **Χαρτογράφηση με δορυφορικά δεδομένα LANDSAT TM.** Ο απεικονιστής TM έχει διακριτική ικανότητα 30μ και κάλυψη κάθε 18 μέρες. Η ακρίβειά του επηρεάζεται αρνητικά από τη σύγκριση ανάμεσα σε περιοχές που σκιάζονται, εξαιτίας του ανάγλυφου και τις καμένες εκτάσεις.
4. **Χαρτογράφηση με δορυφορικά δεδομένα IKONOS.** Τα χαρακτηριστικά του παρέχουν κάλυψη κάθε 3 μέρες και διακριτική ικανότητα 1μ. (Zhu and Liu, 2014).



Εικόνα 2.2.2.2.2. Δορυφορική χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων στην Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007 (θερμική υπέρυθη εικόνα αριστερά και έγχρωμη απόδοση της δεξιά από τον Miliareisis 2009a).

Σύγκριση των καταγραφικών συστημάτων

- ο αν και ο απεικονιστής AVHRR δεν δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού των περιοχών υγιούς βλάστησης μέσα στην περίμετρο της πυρκαγιάς, είναι ο μοναδικός απεικονιστής με καθημερινή κάλυψη κάθε μιάμιση ώρα ενώ δεδομένα του διανέμονται ελεύθερα στο διαδίκτυο.
- ο σαρωτής MODIS παρέχει κάλυψη 4 φορές την ημέρα αλλά έχει το πλεονέκτημα σε σχέση με τον σαρωτή AVHRR ότι έχει πολύ μεγαλύτερη φασματική διακριτική ικανότητα και παράγει ένα πολύ μεγάλο πλήθος βιοφυσικών προϊόντων.
- η χρήση των εικόνων LANDSAT TM έχει ως αποτέλεσμα τον ακριβή εντοπισμό αλλά και την παροχή λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με την καμένη έκταση.
- η χρήση των εικόνων IKONOS έχει ως αποτέλεσμα τον ακριβή εντοπισμό αλλά και την παροχή λεπτομερών πληροφοριών σχετικά με την καμένη έκταση.
- ένα επιπλέον πλεονέκτημα των εικόνων πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας (IKONOS) είναι η ικανότητα διαχωρισμού μεταξύ επικόρυφης και πυρκαγιάς επιφάνειας (White et al., 2014).

Η τηλεπισκόπηση δίνει τις παρακάτω δυνατότητες / πλεονέκτημα στην χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων .

1. Μεγιστοποίηση της ακρίβειας χαρτογράφησης.
2. Αύξηση της αντικειμενικότητας: Ανάπτυξη μεθόδων κατά τις οποίες θα ελαχιστοποιείται παρέμβαση του προσωπικού.
3. Ελαχιστοποίηση χρονικών απαιτήσεων.
4. Ανάπτυξη ημιαυτόματων διαδικασιών: Η ανάπτυξη μεθόδων οι οποίες από τη μία θα μεγιστοποιούν την ακρίβεια χαρτογράφησης και από την άλλη θα υλοποιούνται μέσω αυτόματων διαδικασιών, σχετίζεται με θέματα επιχειρησιακού προσανατολισμού, αντικειμενικότητας, κόστους.
5. Επιχειρησιακή διάσταση: Η επιχειρησιακή διάσταση που θα πρέπει να διακρίνει ένα ολοκληρωμένο και σύγχρονο σύστημα καμένων εκτάσεων σε εθνικό επίπεδο,

διαμορφώνεται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι η ακρίβεια, το κόστος και οι χρονικές απαιτήσεις (Ali et al., 2013).

Η ποσοτική εκτίμηση των καμένων εκτάσεων στην Πελοπόννησο δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.2.2.2 Αποτίμηση των καταστροφών (Πελοπόννησος 2007) στις καλύψεις γης (Miliareisis, 2009a) με βάση το CORINE.

No	Είδος Κάλυψης	Έκταση (στρ.)
1	Αστικό περιβάλλον	7.728
2	Χώροι άθλησης με βλάστηση	457
3	Μη-αρδευόμενες καλλιέργειες	20.923
4	Αμπελώνες	8.361
5	Οπωρώνες	449
6	Ελαιώνες	80.427
7	Σύνθετες καλλιεργήσιμες εκτάσεις	128.939
8	Διαδοχή καλλιεργήσιμων εκτάσεων και φυσικής βλάστησης	321.352
9	Δάση πλατύφυλλων	70.547
10	Δάση κωνοφόρων	67.152
11	Μεικτά δάση πλατύφυλλων-κωνοφόρων	68.200
12	Χορτολίβαδα	98.656
13	Θαμνώνες σκληρόφυλλων	205.785
14	Εκτάσεις μεταξύ δασών και θάμνων	152.274
15	Παράκτια βλάστηση	3.411
16	Υγρότοποι (γλυκού και θαλασσινού νερού)	1.875
17	Παραποτάμια βλάστηση	988
18	Παραλίμνια βλάστηση	4.710
	ΣΥΝΟΛΟ	1.248.523

Με το Σχέδιο Νόμου για την προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων, που επλήγησαν από πυρκαγιές, επιδιώκεται η αυξημένη προστασία των καμένων δασών και δασικών εκτάσεων από παράνομες καταπατήσεις και αυθαίρετες οικοδομές, που έχουν παρατηρηθεί να φυτρώνουν στις καμένες εκτάσεις τα τελευταία χρόνια.

Οι ρυθμίσεις που προτείνονται με το Σχέδιο Νόμου αναφέρονται σε δύο χρόνους και αφορούν ρυθμίσεις μέχρι την κήρυξη της έκτασης ως αναδασωτέας, που δεν είναι αρμοδιότητα του Υπουργού αλλά του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας και ρυθμίσεις που αφορούν την χρονική περίοδο από την κήρυξη της έκτασης ως αναδασωτέας, μέχρι την κύρωση των δασικών χαρτών οι οποίοι εκπονούνται στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασης.

Αναστέλλονται οι οικοδομικές εργασίες στις εκτάσεις που επιτρέπεται η δόμηση και περιλαμβάνονται στην κηρυγμένη αναδασωτέα έκταση, μέχρι την κύρωση των δασικών χαρτών, διαδικασία την οποία προσδιορίζεται χρονικά στο άρθρο 5.

Εξαιρούνται τα νομίμως υφιστάμενα κτίσματα καθώς και αυτά για τα οποία είχε εκδοθεί νομίμως οικοδομική άδεια πριν τις πυρκαγιές, μετά από αυτοψία της Ειδικής Τριμελούς Επιτροπής Ελέγχου, η οποία θα ελέγχει την ακριβή και νόμιμη χωροθέτηση του κτίσματος.

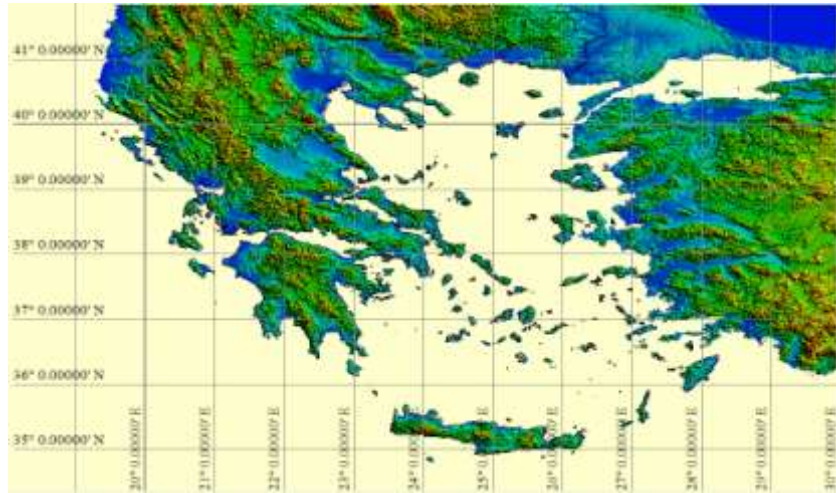
Επίσης για την εξάλειψη του φαινομένου της αυθαίρετης δόμησης στις καμένες εκτάσεις συστήνεται Ειδική Υπηρεσία Κατεδαφίσεων, η οποία θα υποστηρίζεται τεχνικά από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ), ο οποίος θα διαθέτει σύστημα τηλεπισκόπισης περιοδικής χαρτογράφησης και θα ενημερώνει την Ειδική Υπηρεσία Κατεδαφίσεων για κάθε νέο κτίσμα που θα εμφανίζεται εκτός σχεδίου και εντός των ορίων του οικισμού, στις πληγείσες περιοχές (Polychronaki and Gitas, 2012).

Επιπλέον οι περιοχές που πλήττονται από τις πυρκαγιές και δεν έχουν κτηματογραφηθεί, θα κηρύσσονται υπό κτηματογράφηση και θα συντάσσεται δασικός χάρτης με επείγουσες διαδικασίες. Για την πλήρη προστασία των δασών και δασικών εκτάσεων και παράλληλα για την διασφάλιση της δημόσιας περιουσίας και αποφυγή των παράνομων καταπατήσεων κλπ., ορίζονται χρόνοι θεώρησης, ανάρτησης, εκδίκασης των ενστάσεων και κύρωσης των δασικών χαρτών.

2.2.2.3 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους (Ψ.Υ.Μ.Ε)

Ένα DEM, σύμφωνα με τον (Cecilio et. al., 2013) είναι ένας κάρναβος δειγματοληψίας ή μια ψηφιδωτού τύπου (raster) αναπαράσταση της συνεχούς τοπογραφικής επιφάνειας. Είναι δηλαδή ένας κάρναβος υψομέτρων που αναπαριστά μια κανονική διάταξη υψομετρικών

σημείων (Liu C et al., 2013). Όπως άλλωστε και κάθε άλλο αρχείο καννάβου, ένα DEM αποτελεί ένα τρόπο κατάτμησης του γεωγραφικού χώρου, ώστε ο τελευταίος να μπορεί να αναπαρασταθεί σε ένα υπολογιστή (Cecilio et. al., 2013). Με την ανάθεση μιας αριθμητική τιμής – της τιμής του αντίστοιχου υψομέτρου – σε κάθε ένα κελί του καννάβου 2 (grid) του DEM, λαμβάνουμε πληροφορία υψομέτρων για το σύνολο της περιοχής. Κατά αυτόν το τρόπο καθίσταται εφικτή η αναπαράσταση του γήινου ανάγλυφου. Με άλλα λόγια, τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του ανάγλυφου στο χώρο, οπότε χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τοπογραφίας μιας περιοχής. Παρέχουν τη δυνατότητα μοντελοποίησης, ανάλυσης και απόδοσης χωρικών φαινομένων που σχετίζονται με το ανάγλυφο ή άλλες επιφάνειες με ανάλογες χωρικές ιδιότητες. Πάνω από 20 περιγραφικά χαρακτηριστικά του ανάγλυφου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την διαμόρφωση του εδάφους. Η κλίση και το πόσο ομαλή ή απότομη είναι, ήταν πάντα σημαντικές και ευρέως χρησιμοποιημένες τοπογραφικές περιγραφικές ιδιότητες μαζί και με άλλους παράγοντες όπως το βάθος του εδάφους, την αποστράγγιση και την γονιμότητά του. Άλλες πρωταρχικές τοπογραφικές ιδιότητες, περιλαμβάνουν συγκεκριμένη υδρολογική λεκάνη και ύψος. Η γεωμετρική ανάλυση μιας επιφάνειας, παίζει έναν σπουδαίο ρόλο στην μελέτη ποικίλων διαδικασιών σε μια περιοχή (Pillot et al., 2013). Οι αναλυτικώς παραγόμενοι σύνθετοι τοπογραφικοί δείκτες, μπορεί να περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους, τις επιφανειακές ζώνες κορεσμού, ετήσια βροχόπτωση, τις διαδικασίες διάβρωσης, τις ιδιότητες του εδάφους και ιδιότητες που εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η αξιόπιστη εκτίμηση των τοπογραφικών παραμέτρων που αντανακλούν τη γεωμετρία επιφανειών/εκτάσεων, είναι απαραίτητη για τις γεωμορφολογικές, υδρολογικές και οικολογικές μελέτες, επειδή το έδαφος ελέγχει την απορροή, τη διάβρωση, και τέλος την ιζηματογένεση. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας γίνεται παρουσίαση των δύο παγκόσμιων ψηφιακών μοντέλων εδάφους υψηλής ανάλυσης SRTM, διακριτικής ικανότητας 3" (περίπου 90 m), και ASTER, διακριτικής ικανότητας 1" (περίπου 30 m), ώστε να αξιολογηθεί η καταλληλότητά τους για τον Ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 2.2.2.3.1. SRTM ΨΥΜΕ

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους SRTM. Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) SRTM ανάλυσης 90 m. είναι ένα μωσαϊκό αποτελούμενο από ψηφιδωτά αρχεία Ψ.Υ.Μ.Ε., τα οποία δημιουργήθηκαν από δορυφορικές εικόνες Radar της SRTM (NASA Shuttle Radar Topographic Mission). Το μωσαϊκό καλύπτει την γεωγραφική έκταση της Ελλάδας και των γειτονικών χωρών. Τα αρχικά δεδομένα προμηθεύτηκαν από την CGIAR-CSI (Consortium for Spatial Information <http://srtm.esi.cgiar.org>). Τις εφαρμογές συμβολομετρίας SAR στη δημιουργία DEM, χρησιμοποίησε η NASA στη διαστημική τοπογραφική αποστολή SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). Η αποστολή SRTM ήταν μια συνεργαζόμενη προσπάθεια μεταξύ της NASA, της υπηρεσίας εικόνων και χαρτών των ΗΠΑ (NIMA / US National Imagery and Mapping), της Ιταλικής Διαστημικής Υπηρεσίας (Italian Space Agency / ASI) και της Γερμανικής Υπηρεσίας Αεροδιαστήματος (German Aerospace Agency / DLR) (Miliareisis and Paraschou 2005). Η αποστολή SRTM αφιερώθηκε αποκλειστικά στο « διαστημικό συμβολόμετρο SAR μονού περάσματος » (satellite-borne single pass SAR Interferometry). Η αποστολή ήταν διάρκειας 11 ημερών, και πραγματοποιήθηκε το Φεβρουάριο του 2000 και τα δεδομένα καταγράφηκαν σε ένα κασετόφωνο (tape recorder). Στην αποστολή χρησιμοποιήθηκαν δύο ανεξάρτητες κεραίες, που κατέγραψαν εικόνες στις C και X φασματικές ζώνες, μήκους 60m για την C φασματική ζώνη και 12m για την X φασματική ζώνη (Ebaid, 2014). Η γωνία παρατήρησης (look angle) της SRTM ήταν σταθερή (C-band: 300 - 600, X- band: 500 -500 από το ναδίρ). Οι δύο κεραίες παρατηρούσαν και κατέγραφαν το ανάγλυφο της γης από την αριστερή πλευρά (left looking) του διαστημικού λεωφορείου. Το πλάτος σάρωσης του ραντάρ από τη φασματική ζώνη C ήταν 225km και από τη φασματική ζώνη X ήταν 50 km (Valeriano and Rossetti, 2012). Η φασματική ζώνη C κάλυψε κάθε σημείο του Ισημερινού δύο φορές (μία κατά την ανιούσα και μία κατά την κατιούσα διέλευση του δορυφόρου). Κάλυψε το μεγαλύτερο τμήμα της υδρογείου, εκτός από τις περιοχές πάνω από τον 600 παράλληλο (βόρεια και νότια) και παρείχε συνεχόμενα δεδομένα όποτε αυτά ζητούνταν (Miliareisis, 2007). Τα δεδομένα από την αποστολή SRTM ήταν κατάλληλα, ώστε να κατασκευαστούν ακριβή και μεγάλης διακριτικής ικανότητας ψηφιακά μοντέλα ανάγλυφου (DEM), με χωρική διακριτική ικανότητα 3arc sec (περίπου 90m x 70m για την περιοχή μελέτης) (Poliori L et al, 2013). Το ψηφιακό μοντέλο SRTM (srtm_41_04.tif) “κατέβηκε” από την δ/νση <http://srtm.esi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> επιλέγοντας την αντίστοιχη περιοχή που αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης μας με βάση τις συντεταγμένες του ορίου της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 2.2.2.3.2. Διαθεσιμότητα SRTM ΨΥΜΕ <http://srtm.csi.cgiar.org/>



Εικόνα 2.2.2.3.3. Ολοκλήρωση του Ψηφιακού Μοντέλου ASTER GDEM με την δορυφορική εικόνα Landsat (έγχρωμο σύνθετο).

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους ASTER GDEM

Για την απεικόνιση της υψομετρικής πληροφορίας με την μορφή αυτή χρησιμοποιήσαμε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) σε μορφή ASTER. Το ASTER είναι αρχικά των λέξεων Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer και αναπτύχθηκε από κοινού από το Υπουργείο Οικονομίας, Εμπορίου και βιομηχανίας της Ιαπωνίας και της εθνικής υπηρεσίας αεροναυτικής και διαστήματος (NASA) των Ηνωμένων Πολιτειών (Miliarisis and Delikaraoglu, 2009 ; Suwandana E et al. 2012 ; Athmania and Achour, 2014). Το ASTER GDEM2 καλύπτει εδαφικές επιφάνειες μεταξύ 83° (βόρεια) και 83° (νότια) και αποτελείται από 22600 τμήματα των 1° x 1° (Milliarisis and Paraschou, 2011; Athmania and Achour, 2014). Το ASTER GDEM είναι σε μορφή Geo TIFF και έχει ανάλυση 30 m και η ακρίβεια του είναι από 7-14m (Jing et al., 2013). Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε μορφή ASTER (ASTGTM2_N41E023) “ κατέβηκε ” από την διεύθυνση της ιστοσελίδας (<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp>).

2.2.2.4 Καλύψεις Γης

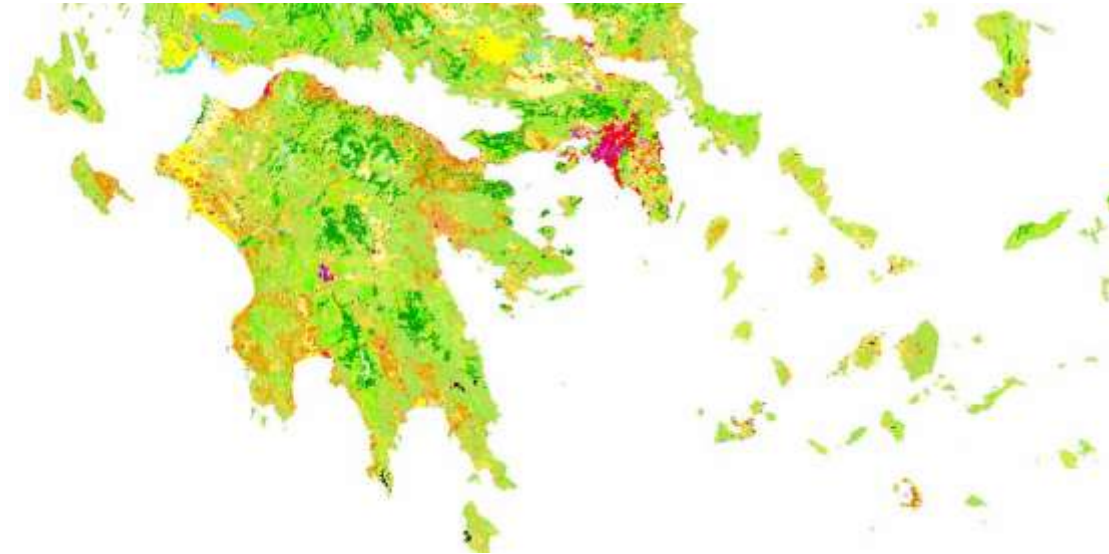
Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ1.1) προσφέρει χωρίς κόστος και για μη εμπορική χρήση το χάρτη καλύψεων / χρήσης γης CORINE. Ο χάρτης είναι επίσημα αναγνωρισμένος από τα ευρωπαϊκά κράτη και αποτελεί δημόσιο δεδομένο. Η χρήση του για εφαρμογές με εμπορικό χαρακτήρα προϋποθέτει αίτηση για ειδική εμπορική άδεια. Οι όροι χρήσης του χάρτη CORINE είναι (αντιγραφή από τον ιστότοπο του ΕΟΠ): *EEA grants free access to all its data/applications provided that the user agrees: to acknowledge the source as follows: Copyright EEA, Copenhagen, 2007, to display a link to the EEA web site <http://www.eea.europa.eu>, • not to use the data / applications for commercial purposes unless the Agency has expressly granted the right to do so* (CORINE, 2015). Διατίθεται τόσο σε διανυσματική (vector) όσο και σε ψηφιδωτή μορφή (raster). Για την λήψη και την χρήση πληροφοριών από την βάση δεδομένων CORINE είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός λογαριασμού χρήστη. Ο χάρτης είναι τεμαχισμένος σε πλακίδια τα οποία μπορούν να ληφθούν ως αρχεία ESRI Shapefile(s). Ο οδηγός παρουσιάζει την αξιοποίηση του διανυσματικού χάρτη με δεδομένα που έχουν ληφθεί από τον ιστότοπο του ΕΟΠ τον Ιανουάριο του 2009 (Bullón, 2014).

Δυο σημαντικά στοιχεία που αφορούν στις προδιαγραφές του χάρτη είναι:

- η ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης (MMU) η οποία είναι ορισμένη στα 25 εκτάρια. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε επιφάνεια που καλύπτεται από την ίδια κατηγορία κάλυψης της γης (π.χ. δάσος πλατύφυλλων, θαμνώνας) ή χρήσης της γης (π.χ. αθλητικές εγκαταστάσεις) και είναι σε έκταση μικρότερη από 25 εκτάρια, δεν έχει χαρτογραφηθεί (Black et al., 2014).
- το γεγονός ότι, βάσει του συστήματος ταξινόμησης της κάλυψης γης Land Cover Classification System του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO), μερικοί ορισμοί των κατηγοριών κάλυψης / χρήσης γης CORINE αλληλοεπικαλύπτονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η βάση δεδομένων CORINE να μην επιτυγχάνει πλήρη εσωτερική ενότητα (Feranec et al., 2013).

Μια προσεκτική παρατήρηση του χάρτη CORINE αποκαλύπτει και κάποια σφάλματα. Αυτά μπορεί να οφείλονται είτε σε αντικειμενικές δυσκολίες σχετικές με την παραγωγή του χάρτη, είτε σε κακή ψηφιοποίηση. Για παράδειγμα, δυσκολίες ερμηνείας των δορυφορικών εικόνων

που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες εξαιτίας μεγάλου ποσοστού νεφοκάλυψης ή μη ικανοποιητική γεωμετρική ανάλυση των εικόνων, για την αναγνώριση συγκεκριμένων κατηγοριών κάλυψης / χρήσης γης. Είναι όμως σημαντικό να μην ξεχνά κανείς την ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης που προαναφέρθηκε. Οι τεχνικές λεπτομέρειες της παραγωγής του χάρτη περιγράφονται σε επίσημα εγχειρίδια (Brown et al., 2002 ; Arsanjania and Vaz, 2014).



Εικόνα 2.2.2.4.1. Καλύψεις γης Corine στην Πελοπόννησο.

2.2.3 Τεχνικές Ανάλυσης – Εντοπισμού Βιοφυσικών Μεταβολών

Η μελέτη του περιβάλλοντος με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων, πρώτα επιτρέπει τη διάκριση σε χωρικά αντικείμενα και μετά καθορίζει την παραμετρική αναπαράστασή τους με ιδιότητες. Επίσης προσδιορίζει τις τιμές τους και ταξινομεί – χαρακτηρίζει τα αντικείμενα. Ο χαρακτηρισμός αυτός μπορεί να αφορά μια μεταβολή των καλύψεων – χρήσεων γης που προκαλεί βιοφυσικές μεταβολές. Βιοφυσική μεταβολή, αναφέρεται στην μεταβολή μιας περιβαλλοντικής παραμέτρου όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, η επιφανειακή υγρασία, η πυκνότητα της βλάστησης, κ.α. Οι βιοφυσικές μεταβολές παρουσιάζουν ετήσια και εποχική μεταβλητότητα, άρα είναι σημαντική τόσο η χωρική συνδυαστικά με την χρονική τους μεταβολή όσο και την εποχικότητα. Δηλαδή έχουμε χωροχρονικές μεταβολές που απαιτούν δειγματοληψία με διαχρονικές δορυφορικές εικόνες (Miliareisis, 2012b).

Μεταβολές που προκαλούν βιοφυσικές μεταβολές είναι οι δασικές πυρκαγιές που πιθανόν συντελούν στην αύξηση της θερμοκρασίας των καμένων εκτάσεων στην διάρκεια της ημέρας και στην αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας την νύκτα, σε σχέση με τις παρατηρούμενες θερμοκρασίες πριν την εκδήλωση των δασικών πυρκαγιών. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η εμφάνιση του φαινομένου της λεγόμενης « θερμικής νησίδας » σε αστικές ζώνες , που μπορεί είτε να αυξάνει την θερμοκρασία σε ζώνες κατοικίες την χειμερινή περίοδο σαν συνάρτηση της λειτουργίας κεντρικών θερμάνσεων. Επίσης μπορεί να έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας στις διάρκεια της ημέρας λόγω κυκλοφορικής συμφόρησης στο κέντρο των πόλεων ή την λειτουργία βιομηχανιών σε βιομηχανικές περιοχές, κ.α (Miliareisis, 2013a).

Εξ αιτίας της εναλλαγής των εποχών, και της περιοδικής μεταβολής της θερμοκρασίας ανάλογα με την εποχή, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, και το υψόμετρο κάποιες βιοφυσικές μεταβολές είναι πολύ πιο εύκολο να εντοπισθούν από κάποιες άλλες, για αυτό και απαιτείται τυποποίηση των δεδομένων ως χωρικές παραμέτρους (πχ γεωγραφικό πλάτος). Ο Miliareisis 2012α, 2013β, 2014β παρουσίασε τεχνικές που τυποποιούν τα βιοφυσικά δεδομένα ως προς την εποχή, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο και αποκαλύπτουν διαχρονικές βιοφυσικές ανωμαλίες που εκτείνονται σε πολύ μεγάλες γεωγραφικές περιοχές ανεξάρτητα από το πλάτος, το μήκος, το υψόμετρο και την εποχή (Miliareisis and Partsinevelos, 2010).

Η βιοφυσική παραμετρική αναπαράσταση μπορεί να ανατεθεί σε στοιχεία καλύψεων γης ή να βοηθήσει στη διάκριση περιοχών μέσα στην ίδια κάλυψη γης (π.χ δάσος) ή χρήσεων γης (πολεοδομικό συγκρότημα) με διαφορετική βιοφυσική υπογραφή. Αυτές οι διακρίσεις βοηθούν στο να εντοπίσουμε ζώνες πιο επιδεκτικές στην βιοφυσική αλλαγή, επιτρέποντας τη βέλτιστη χωροθέτηση δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα μάλιστα στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής (Miliareisis and Seymour, 2011).

Στη περίπτωση που για μία βιοφυσική παράμετρο με χαρακτηριστικά εποχικότητας (π.χ η θερμοκρασία) διαπιστώνεται μία μη εποχική μεταβολή, τότε υπάρχει βιοφυσική ανωμαλία (Miliareisis, 2014a). Επίσης, βιοφυσική ανωμαλία μπορεί να υπάρξει και όταν πρόκειται για μεταβολή βιοφυσικών παραμέτρων που δεν παρουσιάζουν εποχικότητα (π.χ. δασικές

πυρκαγιές). Βιοφυσική ανωμαλία αποτελεί και η μη ύπαρξη διαφορών σε ένα βιοφυσικό δείκτη, π.χ. η βιομηχανική θερμική ρύπανση που ομογενοποιεί τη θερμική υπογραφή σε μία ζώνη με διαφορετικές καλύψεις γης. Η βιοφυσική ανωμαλία μπορεί να προκύπτει και σαν συνδυασμός περισσότερων βιοφυσικών δεικτών (για παράδειγμα συνδυασμός θερμοκρασίας και δείκτη βλάστησης) που παρουσιάζουν διαφορετική εποχικότητα (Miliareisis and Tsatsaris, 2011).

Οι τεχνικές καταγραφής - αποκάλυψης βιοφυσικών ανωμαλιών συνίσταται τόσο στην οριοθέτηση των ζωνών στις οποίες υφίσταται, όσο και στην χωροχρονική τους παραμετροποίηση. Συνήθως σε ετήσια ή εποχική βάση αλλά μερικές φορές και με χρονοσειρές αρκετών ετών, πχ μέσες μηνιαίες μετρήσεις για μια τριετία όπως παρουσιάζει ο Miliareisis το 2013a .

Η χαρτογράφηση των βιοφυσικών ανωμαλιών μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές μη επιβλεπόμενης χαρτογράφησης των πολυχρονικών εικόνων του βιοφυσικού δείκτη που χρησιμοποιείται (π.χ μέσες μηνιαίες εικόνες της θερμοκρασίας). Χρησιμοποιείται όταν είναι περιορισμένη η γνώση σχετικά με τα δεδομένα, ενώ η μεθοδολογία μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης διαχωρίζει τα δεδομένα με βάση φασματικά κριτήρια. Παραδείγματα αποτελούν οι αλγόριθμοι: Isodata και k-means (Miliareisis, 2014β). Ο χρήστης προσδιορίζει κατά την εκτέλεση της : α) τον αριθμό των τάξεων, β) τον αριθμό των προσεγγίσεων (iterations), γ) τα όρια σύγκλισης (Convergence thresholds). Επίσης μην ξεχνάμε ότι στη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, τα δεδομένα καθορίζουν το αποτέλεσμα της ερμηνείας, ενώ κάθε τάξη αναπαρίσταται με το κέντρο βάρους της (Miliareisis, 2013a). Άλλη διαδικασία έρευνας αφορά τον προσδιορισμό των πολυγώνων στα οποία παρουσιάζεται μια βιοφυσική ανωμαλία (π.χ. πολύγωνα καμένων περιοχών). Στην συνέχεια προσδιορίζεται η χωροχρονική μεταβολή όντος των πολυγώνων που μοντελοποιείται είτε με περιγραφικά στατιστικά δεδομένα ή με πολυχρονικά ιστογράμματα συχνότητας (Miliareisis, 2013b).

2.3 Συμπεράσματα

Η υλοποίηση της διπλωματικής βασίστηκε στις βιοφυσικές παρατηρήσεις του σαρωτή MODIS, επειδή υπάρχει διαθεσιμότητα βιοφυσικών δεδομένων την χρονική περίοδο 2007 - 2008 (πριν, μετά και στην διάρκεια των καταστροφικών πυρκαγιών του 2007). Η χρονική περίοδο λήψης των δεδομένων επιλέχτηκε να είναι η 10:30 από 13:30 (ημερήσια λήψη) και τις νυκτερινές λήψεις 22:20, 1:30 μιας και ο στόχος είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής του βιοφυσικού δείκτη της θερμοκρασίας στην διάρκεια της ημέρας. Η λήψη την 13:30 απορρίφθηκε επειδή σύμφωνα με τον Miliareisis (2012a, 2012b, 2013a, 2014b, 2014c, 2014d) μετά τις 12 υπάρχει μια ομογενοποίηση στις θερμοκρασίες του εδάφους στα μεσαία και μικρά γεωγραφικά πλάτη. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας που περιλαμβάνουν μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στην ψηφιακή διαμέριση του climatic modeling grid, αφού αντικείμενο της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός εποχικών και ετήσιων μεταβολών στην βιοφυσική υπογραφή της Πελοποννήσου μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007. Επιπλέον στα βιοφυσικά προϊόντα MODIS, περιλαμβάνεται και το προϊόν MODIS Global Burned Area Product που προσδιορίζει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια βάση. Στα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποστηρικτικά περιλαμβάνεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους SRTM, και τα δεδομένα καλύψεων γης CORINE που αποτιμούν τις καταστροφές των πυρκαγιών στην οικονομική δραστηριότητα και στο φυσικό περιβάλλον.

Κεφάλαιο Τρίτο

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η υλοποίηση της διπλωματικής βασίστηκε στις βιοφυσικές παρατηρήσεις του σαρωτή MODIS, επειδή υπάρχει διαθεσιμότητα βιοφυσικών δεδομένων την χρονική περίοδο 2007 - 2008 (πριν, μετά και στην διάρκεια των καταστροφικών πυρκαγιών του 2007).

- Η χρονική περίοδο λήψης των δεδομένων επιλέχτηκε να είναι η 10:30 πρωινή από την 13:30 (ημερήσια λήψη) και τις νυκτερινές λήψεις 22:20, 1:30 μιας και ο στόχος είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής του βιοφυσικού δείκτη της θερμοκρασίας στην διάρκεια της ημέρας.
- Η λήψη την 13:30 απορρίφθηκε επειδή σύμφωνα με τον Miliareisis (2012a, 2012b) καθώς μετά τις 12 υπάρχει μια ομογενοποίηση στις θερμοκρασίας του εδάφους στα μεσαία και μικρά γεωγραφικά πλάτη.
- Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας που περιλαμβάνουν μέσες μηνιαίες θερμοκρασίας στην ψηφιακή διαμέριση του climatic modeling grid, αφού αντικείμενο της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός εποχικών και ετήσιων μεταβολών στην βιοφυσική υπογραφή της Πελοποννήσου, μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007.
- Επιπλέον στα βιοφυσικά προϊόντα MODIS περιλαμβάνεται και το προϊόν MODIS Global Burned Area Product που προσδιορίζει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια βάση.
- Στα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποστηρικτικά περιλαμβάνεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους SRTM, και τα δεδομένα καλύψεων γης CORINE που αποτιμούν τις καταστροφές των πυρκαγιών τόσο στην οικονομική δραστηριότητα, αλλά και στο φυσικό περιβάλλον.

Βιοφυσική μεταβολή αναφέρεται στην μεταβολή μιας περιβαλλοντικής παραμέτρου όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία, η επιφανειακή υγρασία, η πυκνότητα της βλάστησης, κ.α. Οι βιοφυσικές μεταβολές παρουσιάζουν ετήσια και εποχική μεταβλητότητα άρα είναι σημαντική τόσο η χωρική συνδυαστικά όσο με την χρονική τους μεταβολή ή εποχικότητα. Δηλαδή

έχουμε χωροχρονικές μεταβολές που απαιτούν δειγματοληψία με διαχρονικές δορυφορικές εικόνες.

Οι δασικές πυρκαγιές προκαλούν βιοφυσικές μεταβολές που είναι πιθανόν να συντελούν στην αύξηση της θερμοκρασίας των καμένων εκτάσεων στην διάρκεια της ημέρας και στην αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας την νύκτα, σε σχέση με τις παρατηρούμενες θερμοκρασίες πριν την εκδήλωση των δασικών πυρκαγιών.

Επιπλέον στην περιοχή μελέτης που έχει πληγεί από τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007, μπορεί να εμφανίζονται φαινόμενα « θερμικής νησίδας » στις καμένες εκτάσεις την μεταγενέστερη χρονική περίοδο.

Οι τεχνικές καταγραφής - αποκάλυψης βιοφυσικών ανωμαλιών, συνίσταται τόσο στην οριοθέτηση των ζωνών στις οποίες υφίσταται, όσο και στην χωρο - χρονική τους παραμετροποίηση. Συνήθως σε ετήσια ή εποχική βάση αλλά μερικές φορές και με χρονοσειρές αρκετών ετών, πχ μέσες μηνιαίες μετρήσεις για μια τριετία όπως παρουσιάζει ο Miliareisis (2014a).

- Η χαρτογράφηση των βιοφυσικών ανωμαλιών μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές μη επιβλεπόμενης χαρτογράφησης των πολυχρονικών εικόνων του βιοφυσικού δείκτη που χρησιμοποιείται (π.χ μέσες μηνιαίες εικόνες της θερμοκρασίας). Χρησιμοποιείται όταν είναι περιορισμένη η γνώση σχετικά με τα δεδομένα, ενώ η μεθοδολογία μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης διαχωρίζει τα δεδομένα με βάση φασματικά κριτήρια. Επίσης μην ξεχνάμε ότι στη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, τα δεδομένα καθορίζουν το αποτέλεσμα της ερμηνείας, ενώ κάθε τάξη αναπαρίσταται με το κέντρο βάρους της .
- Άλλη διαδικασία έρευνας αφορά τον προσδιορισμό των πολυγώνων στα οποία παρουσιάζεται μια βιοφυσική ανωμαλία (π.χ. πολύγωνα καμένων περιοχών). Στην συνέχεια προσδιορίζεται η χωρο - χρονική μεταβολή όντος των πολυγώνων που μοντελοποιείται είτε με περιγραφικά στατιστικά δεδομένα είτε με πολυχρονικά ιστογράμματα συχνότητας.

3.1. Σκοπός και Ερευνητικά ερωτήματα

Στόχος είναι ο εντοπισμός βιοφυσικών ανωμαλιών μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του Αυγούστου του 2007 στην Πελοπόννησο. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα απαντηθούν ακολουθούν:

1. Ερμηνεύεται η μεταβολή των θερμοκρασιών από, α) τις εικόνες θερμοκρασίας, β) τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα και ιστογράμματα συχνότητας για τις εικόνες αντίστοιχων μηνών τα έτη 2006, 2007 και 2008.
2. Υπάρχει διαφορετική παραμετρική αναπαράσταση των καμένων εκτάσεων ως προς την θερμοκρασία τα έτη 2006, 2007 και 2008.
3. Σε ποιες χωρικές ζώνες μπορεί να καταταμηθεί η Πελοπόννησος ως προς την ετήσια χωροχρονική μεταβολή της θερμοκρασίας για τα έτη 2006, 2007, 2008, όπως αυτή καταγράφεται από τον δορυφόρο MODIS και αν αυτή η πιθανή διαφοροποίηση στην κατάτμηση υποδηλώνει διαφοροποίηση και της βιοφυσικής της υπογραφής λόγω των πυρκαγιών.

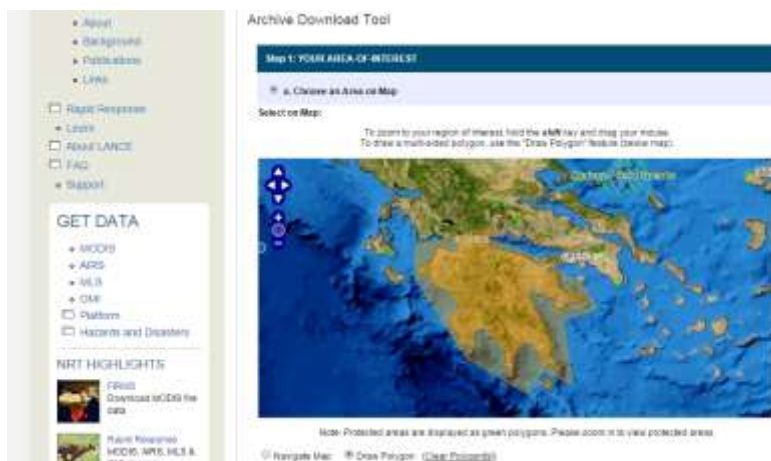
3.2. Δεδομένα

3.2.1. Καμένες εκτάσεις

Στα βιοφυσικά προϊόντα MODIS περιλαμβάνεται και το προϊόν MODIS Global Burned Area Product που προσδιορίζει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια και μηνιαία βάση (MODIS Land. 2013), (MODIS Web. 2013). Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε διανυσματική και πλεγματική μορφή. Ένα παράδειγμα αναζήτησης στη γεωγραφική βάση δεδομένων για την περιοχή μελέτης δίνεται στις εικόνες 3.2.1.1 – 6.



Εικόνα 3.2.1.1. Διαδικτυακός τόπος EOSDIS – Active Fire Data.



Εικόνα 3.2.1.2. Επιλογή ενός πολυγώνου που περικλείει την Πελοπόννησο.

b. Choose a Protected Area

Step 2: DOWNLOAD OPTIONS

From what date?

To what date?

Output Format

Please note: Data from Terra available from Nov. 2000; Aqua from July 2002.

Εικόνα 3.2.1.3. Προσδιορισμός χρονικής περιόδου και της τυποποίησης αρχείων.

Archive Download Tool

FIRMS MODIS Fire Archive Download

Your data request has been successfully submitted!

The details of your request are as follows:

- Area of Interest: Custom Polygon ([View Map](#))
- Date Range: 2006-01-01 to 2008-12-31
- Data Format: shp
- Date of Request: 2014-10-24 01:11:42

Once we process your request, we will send you an email with instructions on how to download data. If we have any questions regarding your request, we will contact you. If you have further questions, please contact us at support@earthdata.nasa.gov

Submitted an incorrect request? [Visit the archive download tool](#) to view your current requests and then click on "Delete this request?" link for this request. Please note that once your request starts processing, you cannot delete it.

• [NASA FIRMS ARCHIVE DOWNLOAD](#) • [NASA FIRMS](#) •

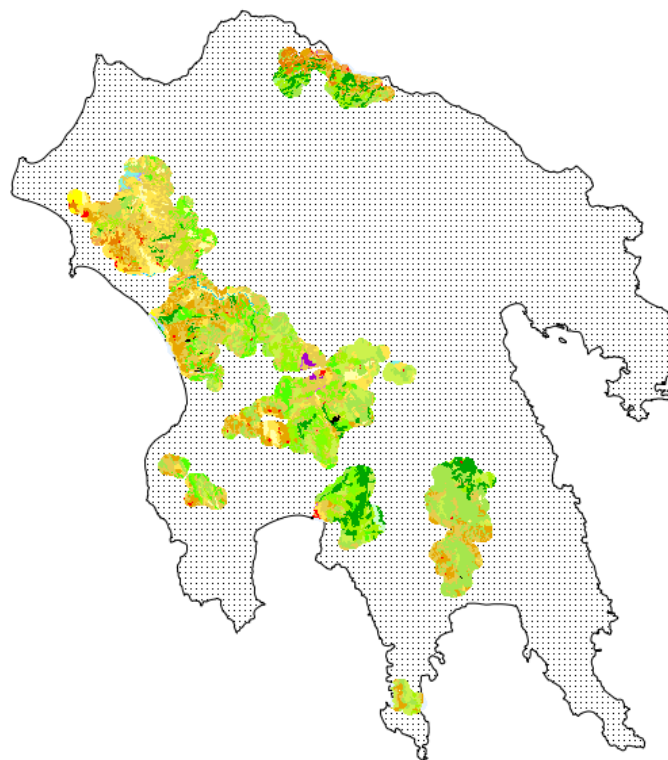
Subscribe to receive notifications from LANCE about updates, announcements, data issues and scheduled maintenance:

- NRT data updates (MODIS Terra/Aqua): <https://lists.nasa.gov/mailman/listinfo/lance-modis>
- FIRMS project updates and news: <https://lists.nasa.gov/mailman/listinfo/lance-firms-users>

Εικόνα 3.2.1.4. Ενημέρωση για την υλοποίηση της γεωγραφικής αναζήτησης.



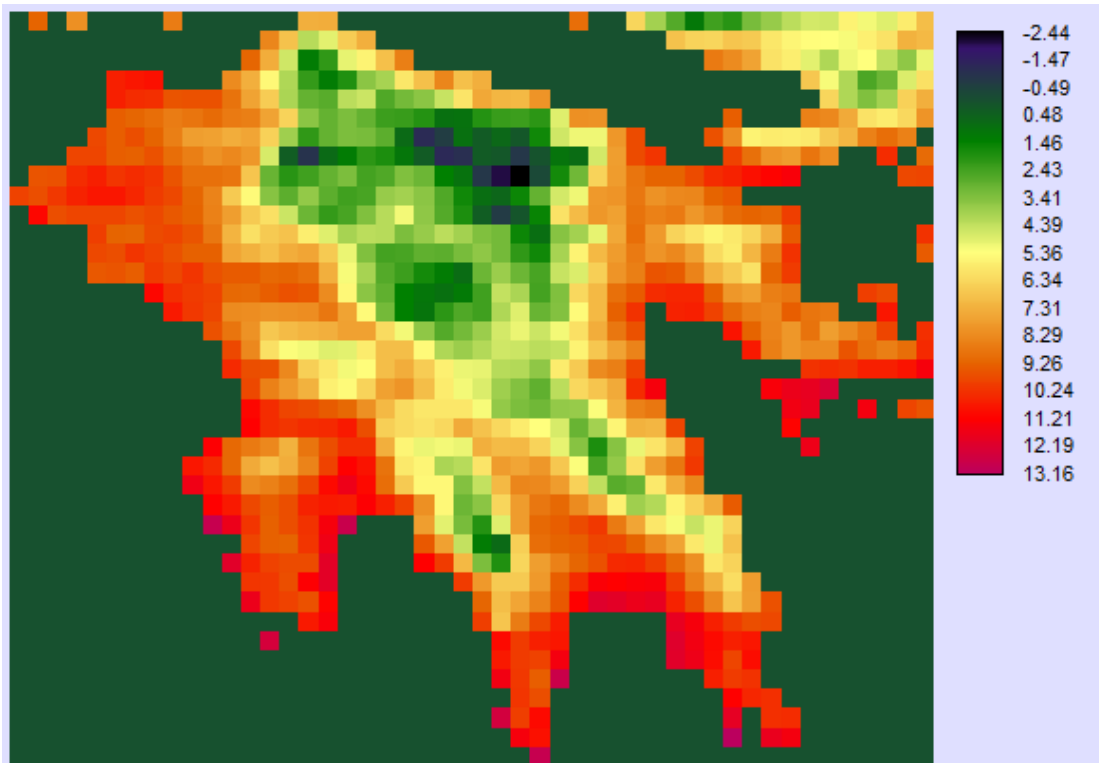
Εικόνα 3.2.1.5. Οι καμένες εκτάσεις και το υψόμετρο τους (όσο πιο σκούρα είναι η διαβάθμιση τόσο πιο μεγάλο είναι το υψόμετρο).



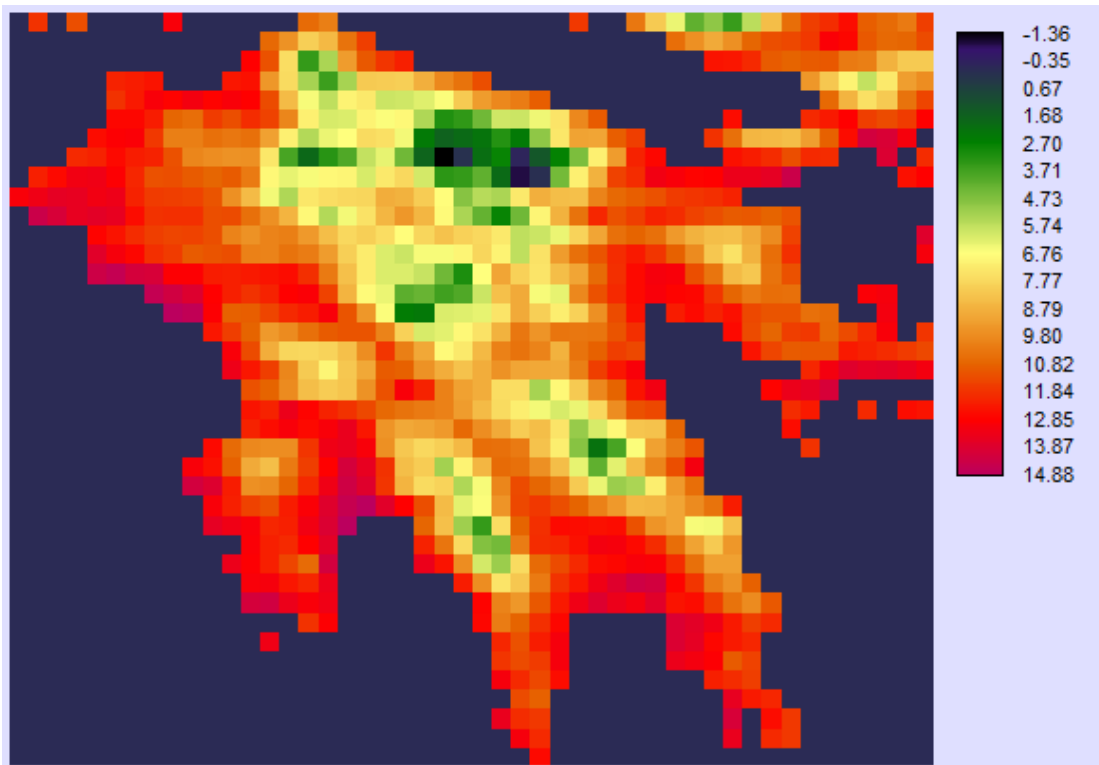
Εικόνα 3.2.1.6. Οι καλύψεις γης CORINE εντός των πολυγώνων των καμένων εκτάσεων.

3.2.2. MYD11C3 – LST

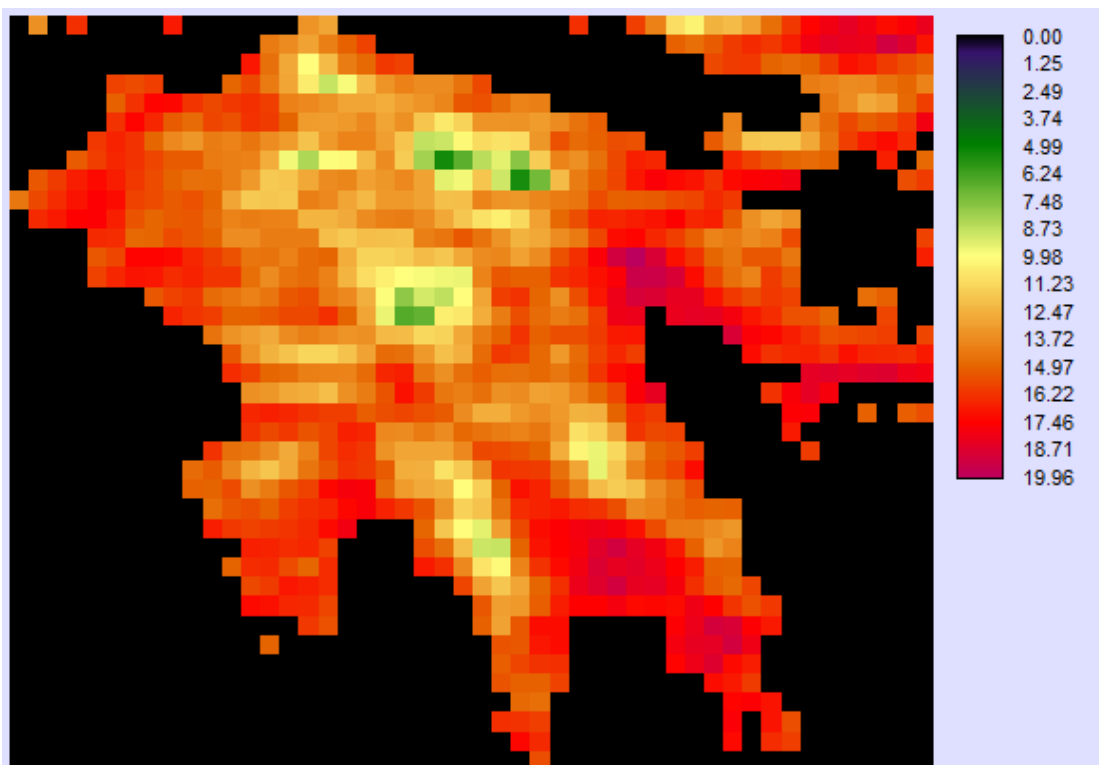
Οι θερμοκρασίες ημέρας και νύχτας (LST) στο MODIS συμπεριλαμβάνονται σ' ένα προϊόν που λέγεται MYD11C3 V5 το οποίο είναι διαθέσιμο σε τυποποίηση CMG 0.05 Dec monthly (Climate Modelling Grid) με χωρική διακριτική ικανότητα 0.05° μοίρες και χρονική διακριτική ικανότητα 1 μήνα. Για να προσδιοριστούν οι μέσες μηνιαίες εκτιμήσεις των δεικτών LST για κάθε εικονοστοιχείο χρησιμοποιούνται οι μέρες κάθε μήνα οι οποίες είναι ελεύθερες από νέφωση και για τις οποίες έγινε λήψη δεδομένων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των βιοφυσικών παραμέτρων του αισθητήρα MODIS δίνονται από την ιστοσελίδα LP DAAC (2001). Η τυποποίηση των τιμών LST είναι σε ακέραιες τιμές ανά εικονοστοιχείο και έχουν εύρος τιμών 2 byte μη προσημασμένα. Το δυνητικό εύρος δηλ. των τιμών ανά εικονοστοιχείο είναι από 0 έως + 32767. Για τις ανάγκες τυποποίησης του LST χρησιμοποιείται εύρος ακέραιων αριθμών στο διάστημα 7500 - 65535 και η σχέση μετατροπής των κωδικοποιημένων τιμών (X) από Kelvin σε τιμές Celsius είναι η ακόλουθη: $(X * 0,02) - 273$. Τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα από 01 / 08 / 2002.



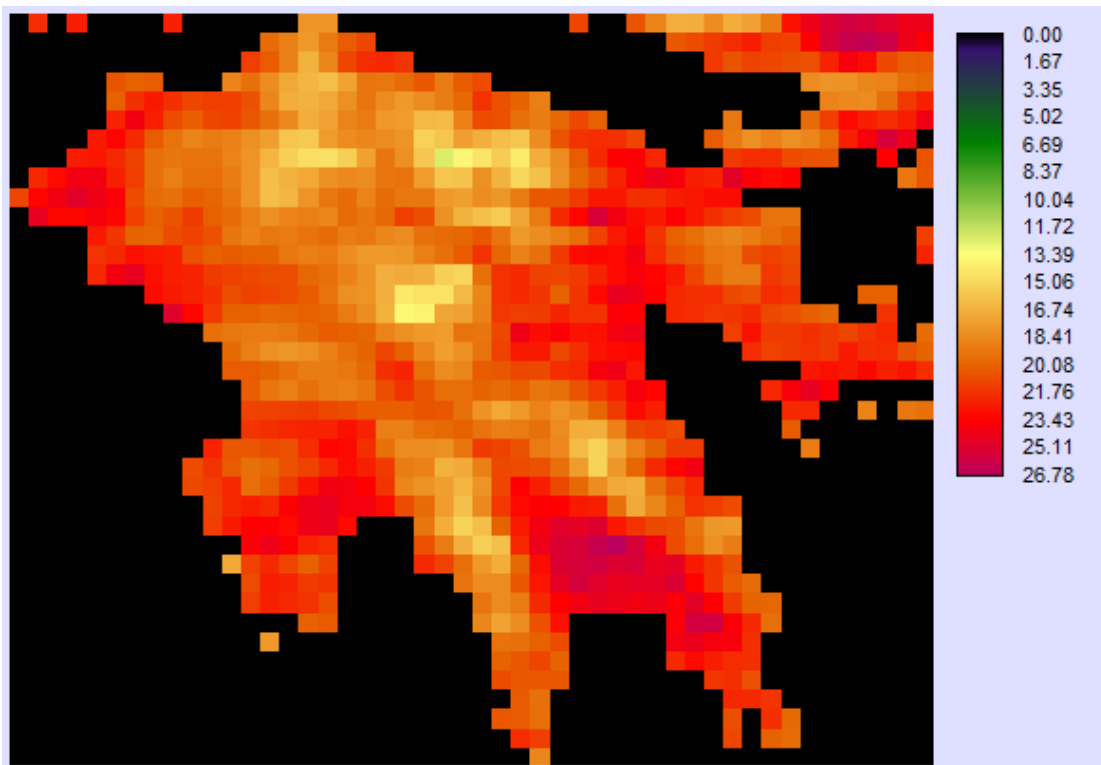
Εικόνα 3.2.2.1 Ιανουάριος 2006.



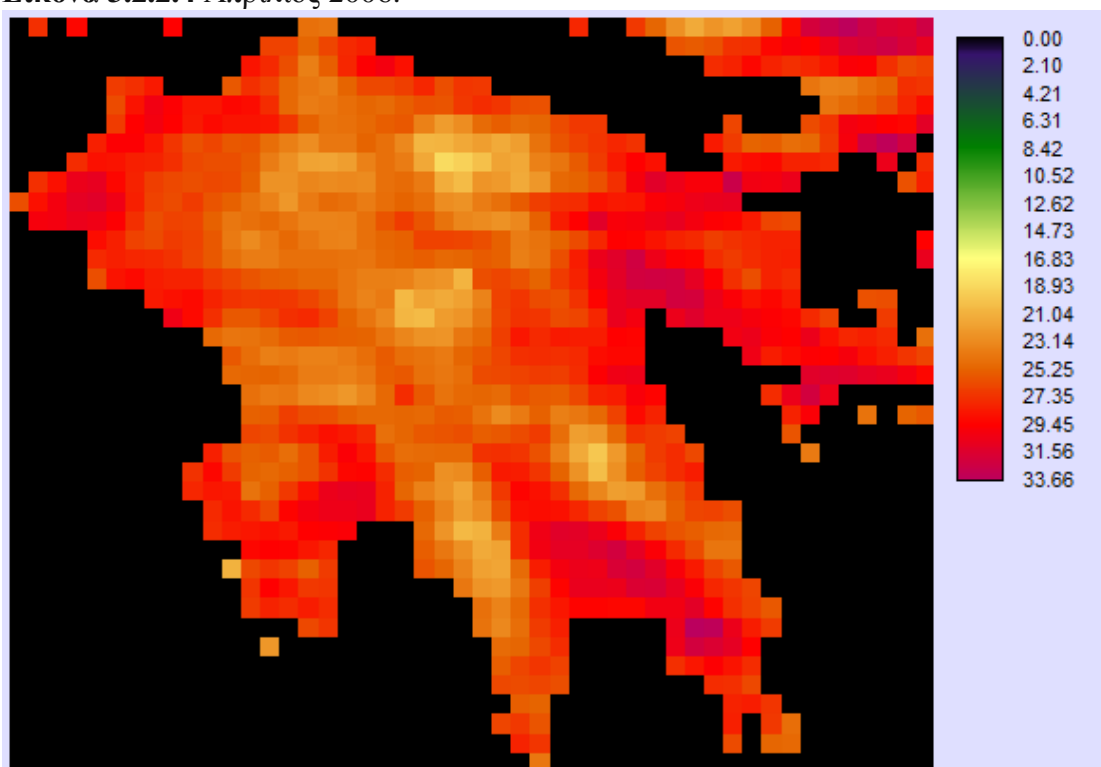
Εικόνα 3.2.2.2 Φεβρουάριος 2006.



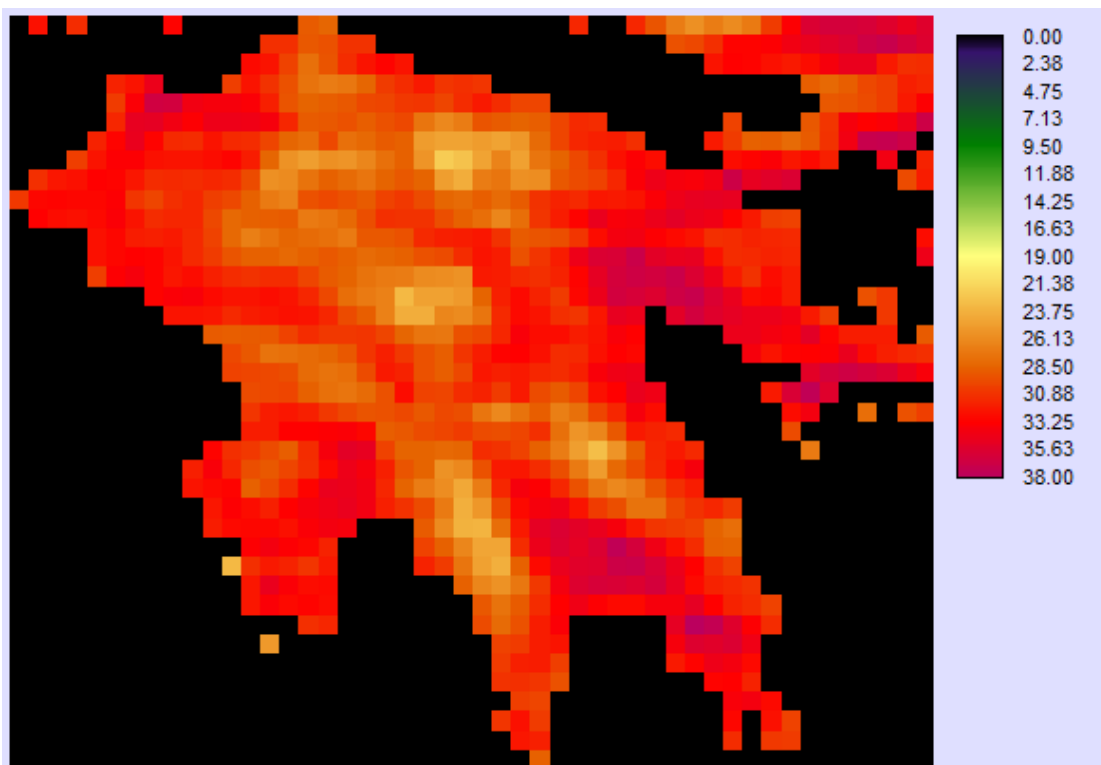
Εικόνα 3.2.2.3 Μάρτιος 2006.



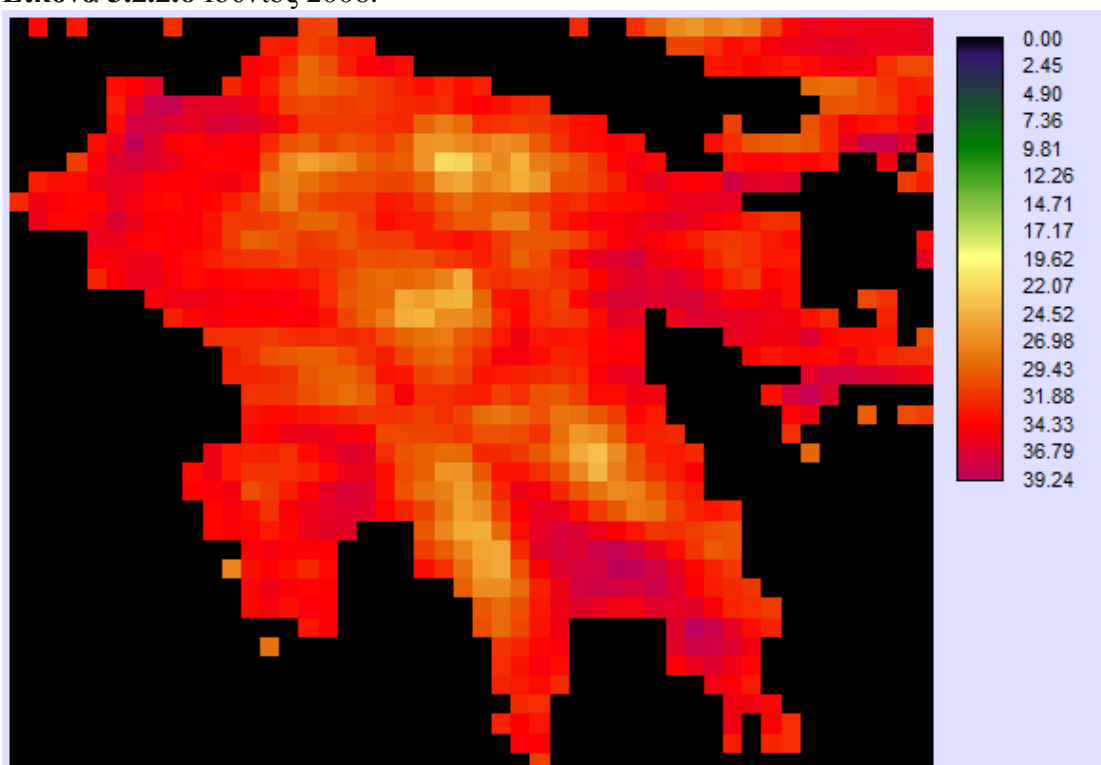
Εικόνα 3.2.2.4 Απρίλιος 2006.



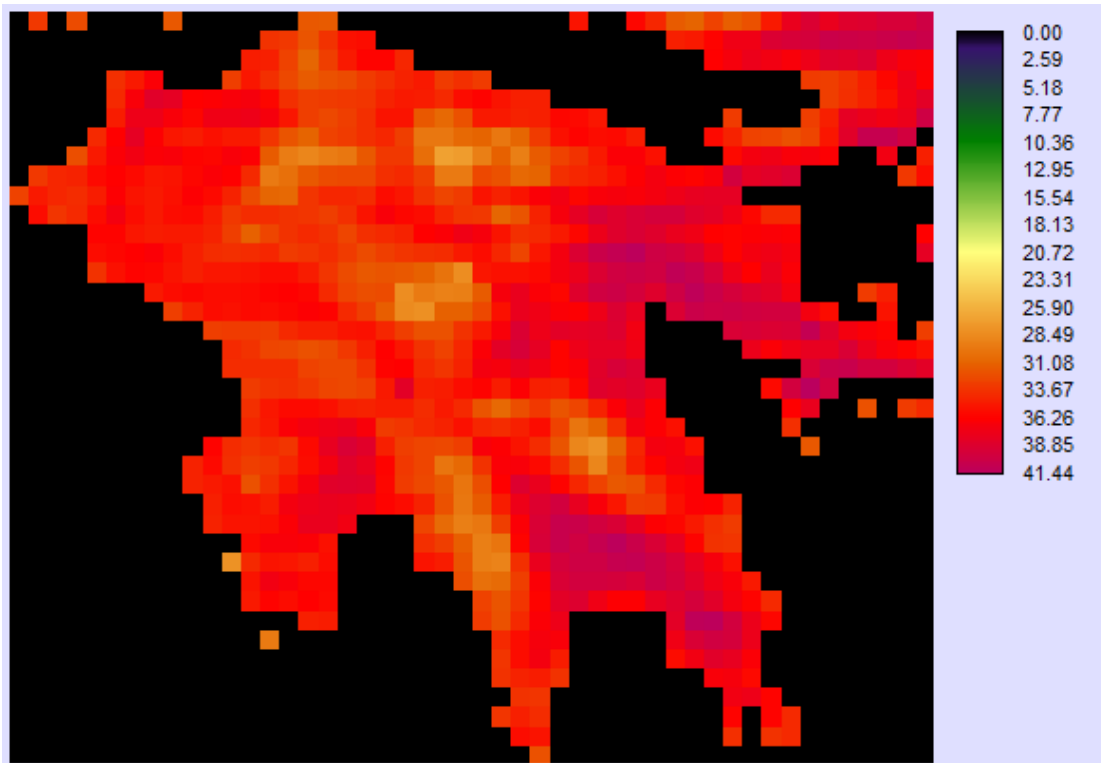
Εικόνα 3.2.2.5 Μάιος 2006.



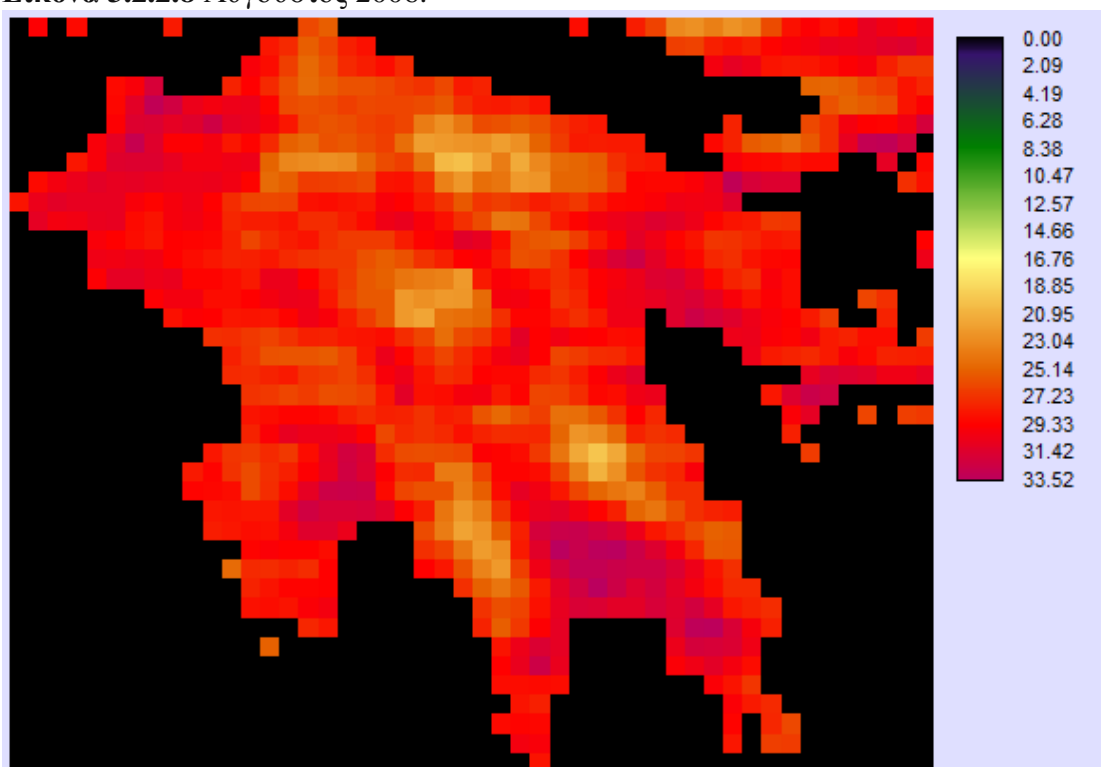
Εικόνα 3.2.2.6 Ιούνιος 2006.



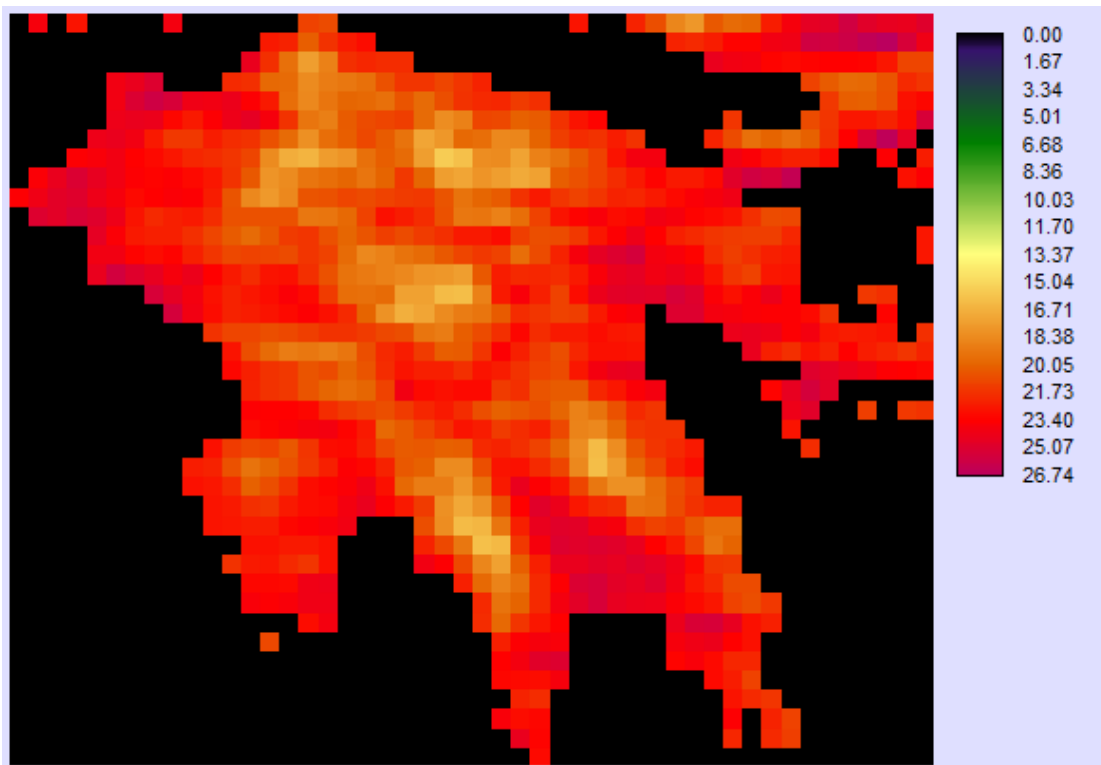
Εικόνα 3.2.2.7 Ιούλιος 2006.



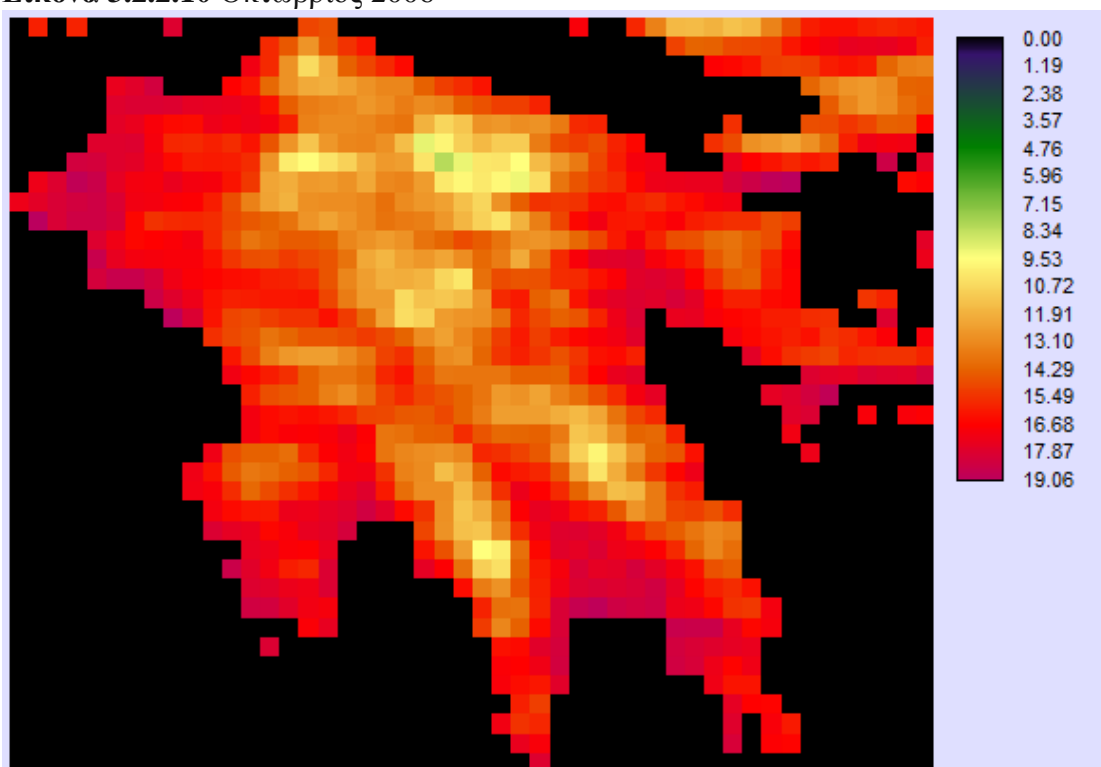
Εικόνα 3.2.2.8 Αύγουστος 2006.



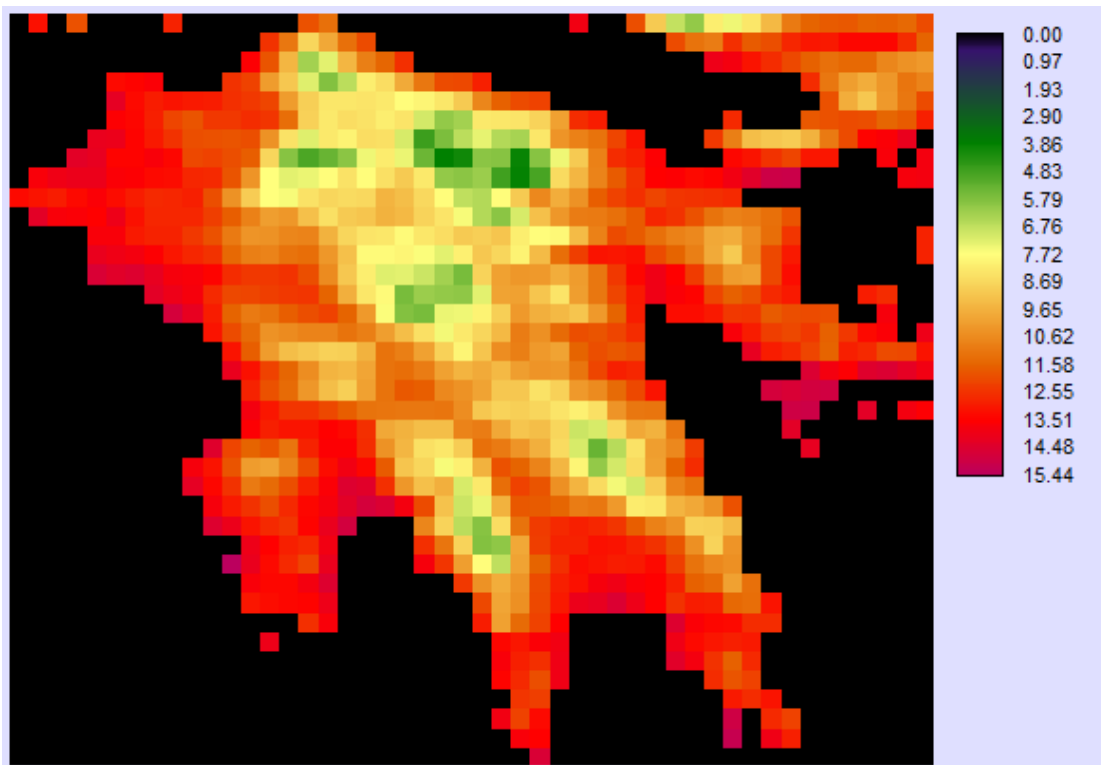
Εικόνα 3.2.2.9 Σεπτέμβριος 2006.



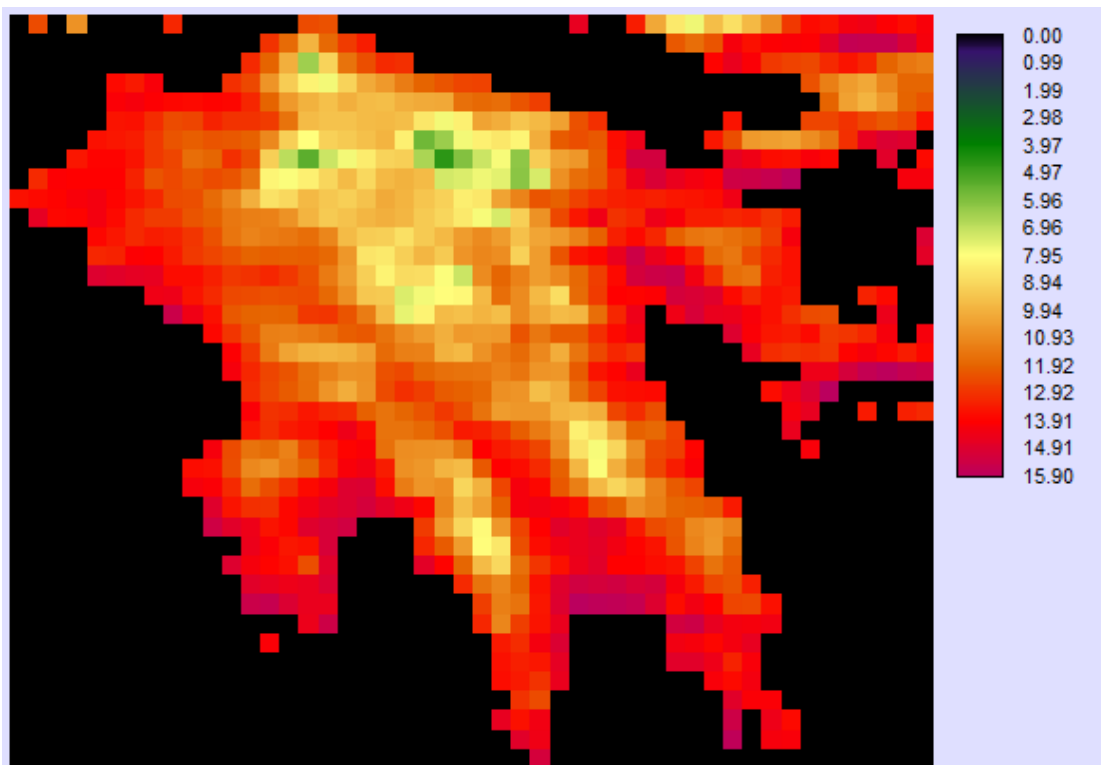
Εικόνα 3.2.2.10 Οκτώβριος 2006



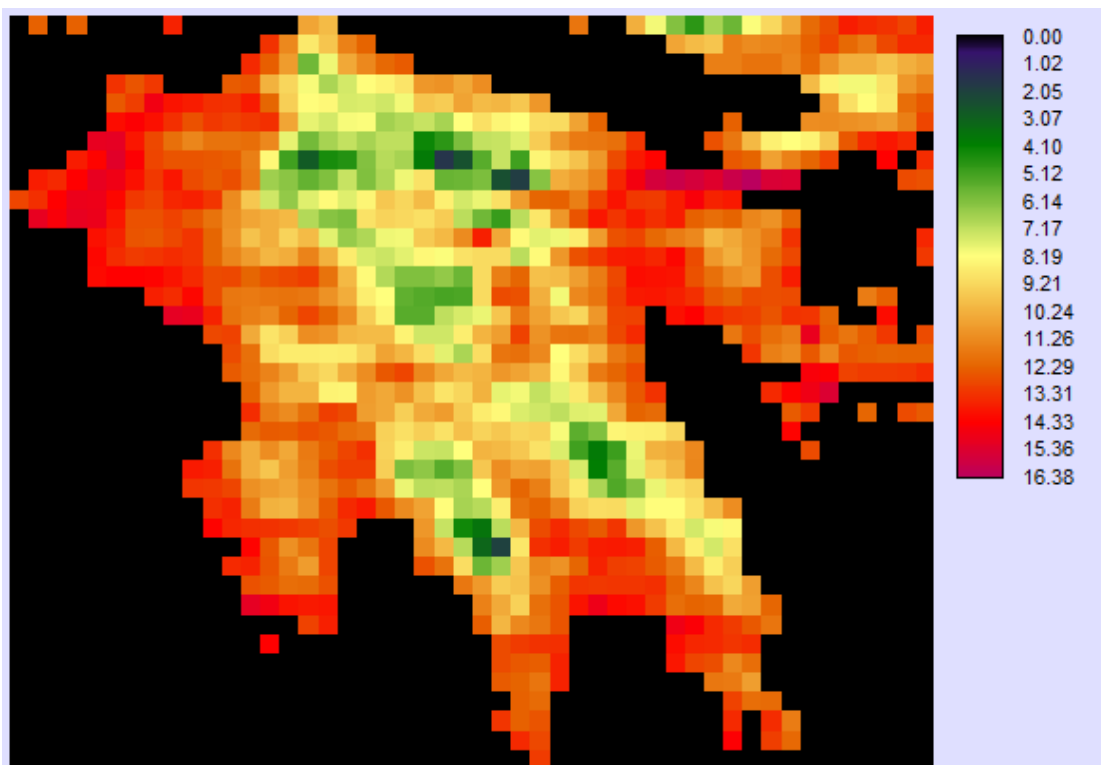
Εικόνα 3.2.2.11 Νοέμβριος 2006



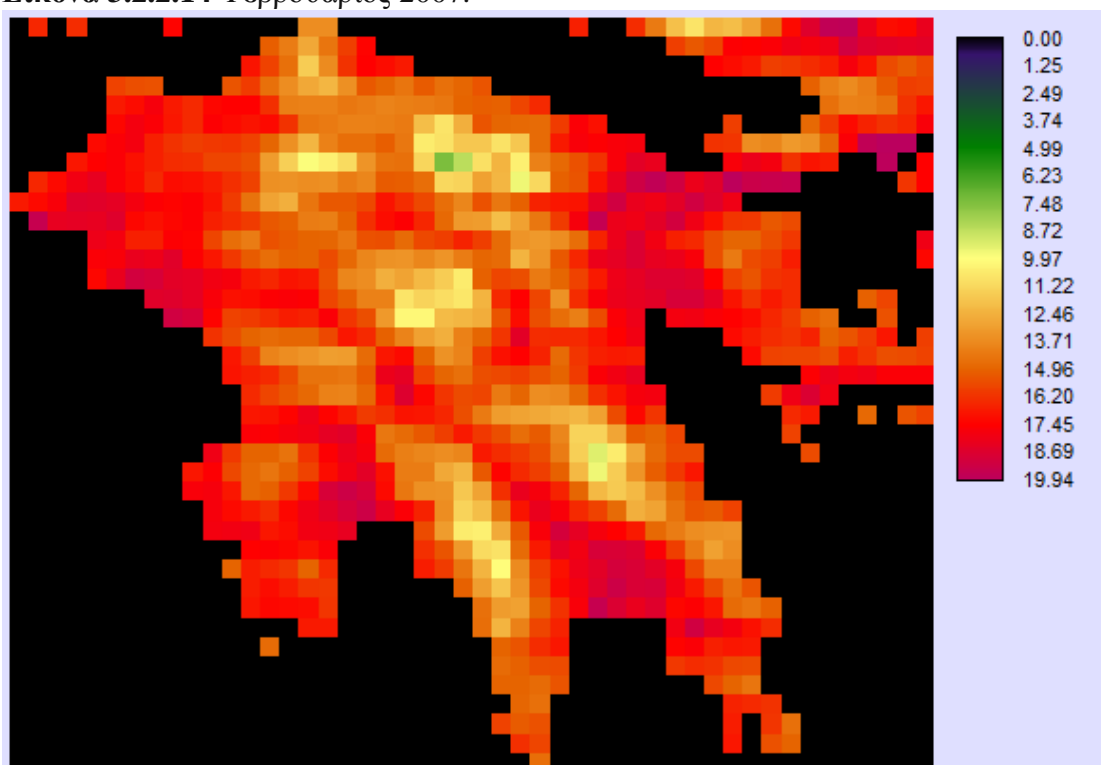
Εικόνα 3.2.2.12 Δεκέμβριος 2006



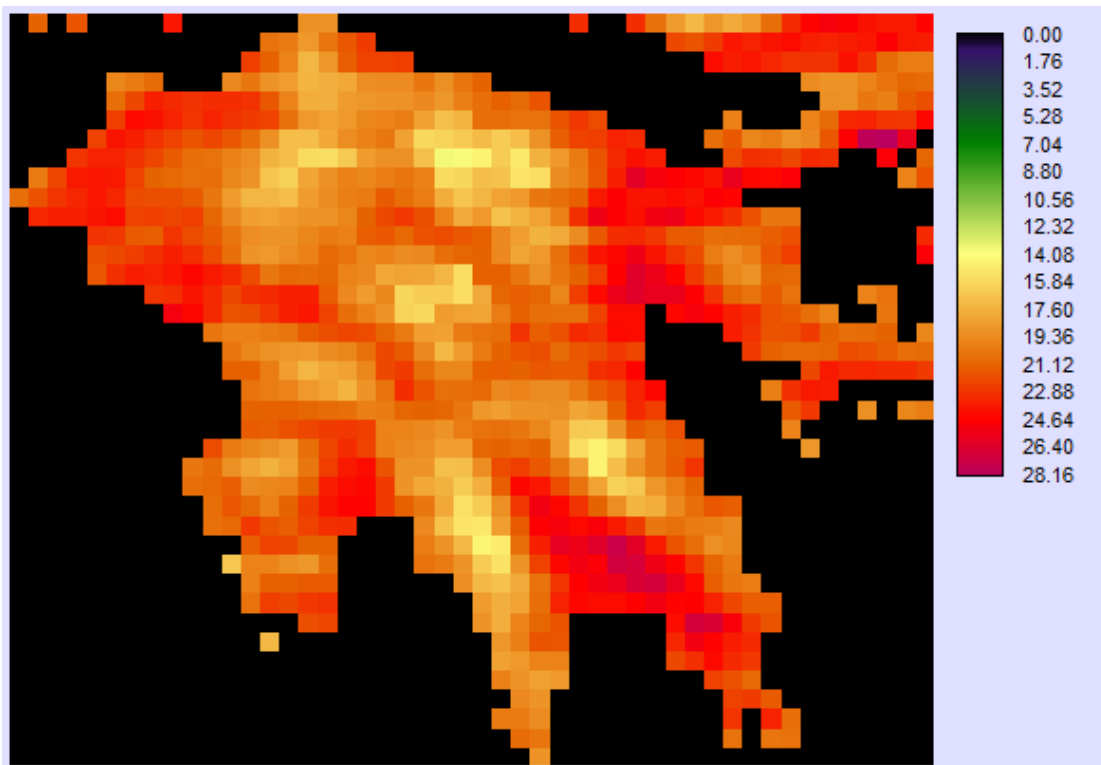
Εικόνα 3.2.2.13 Ιανουάριος 2007.



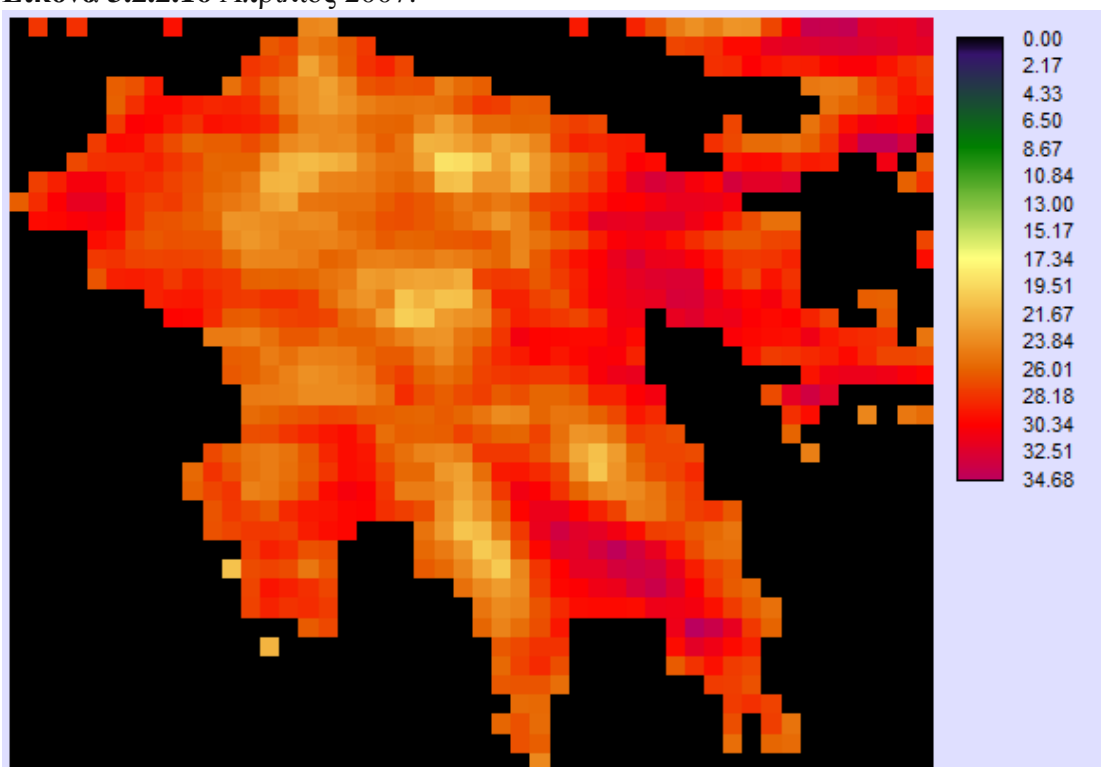
Εικόνα 3.2.2.14 Φεβρουάριος 2007.



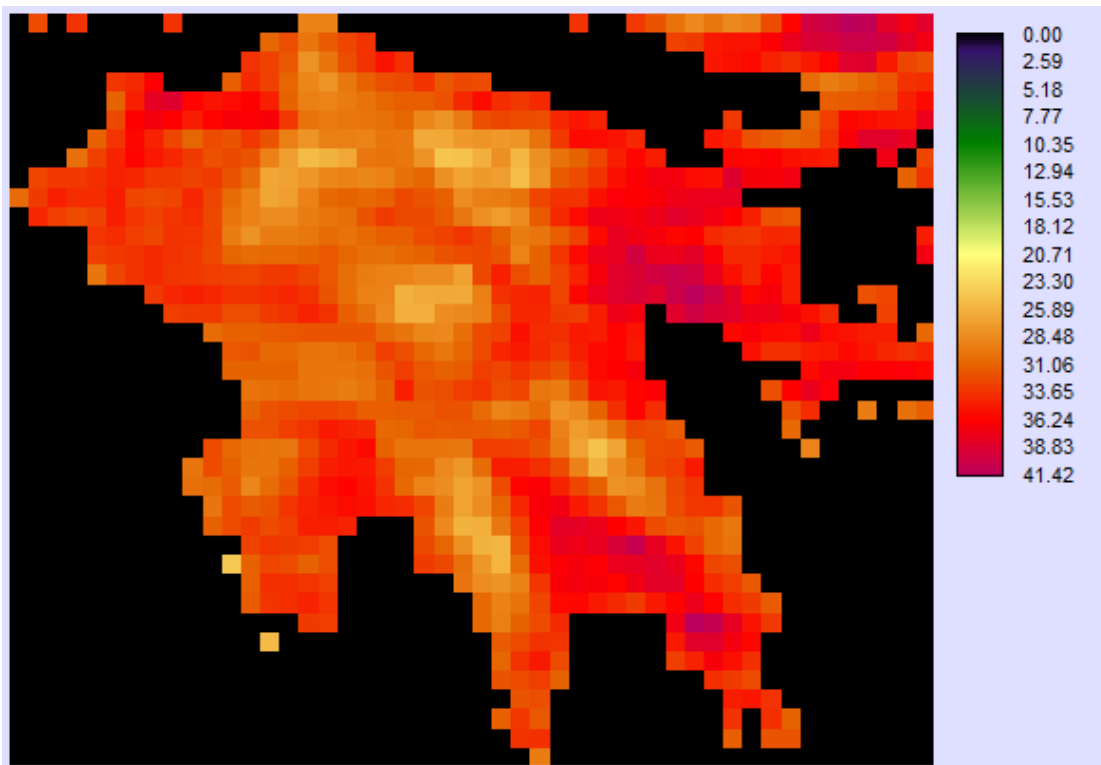
Εικόνα 3.2.2.15 Μάρτιος 2007.



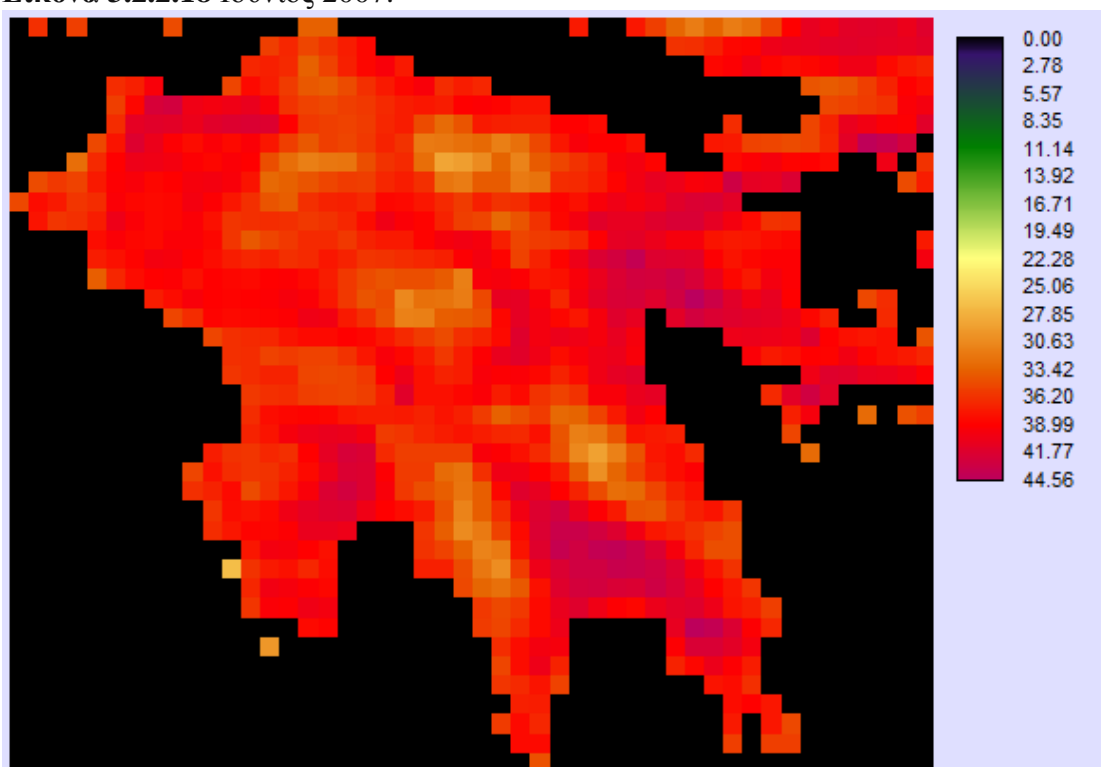
Εικόνα 3.2.2.16 Απρίλιος 2007.



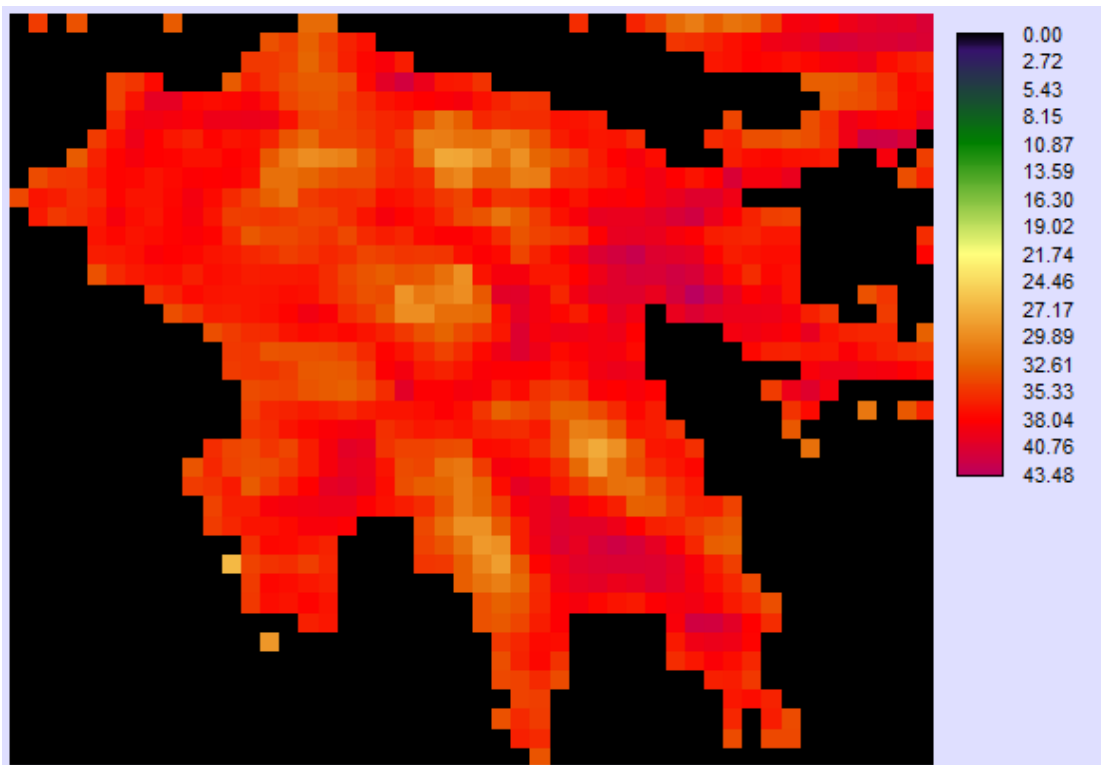
Εικόνα 3.2.2.17 Μάιος 2007.



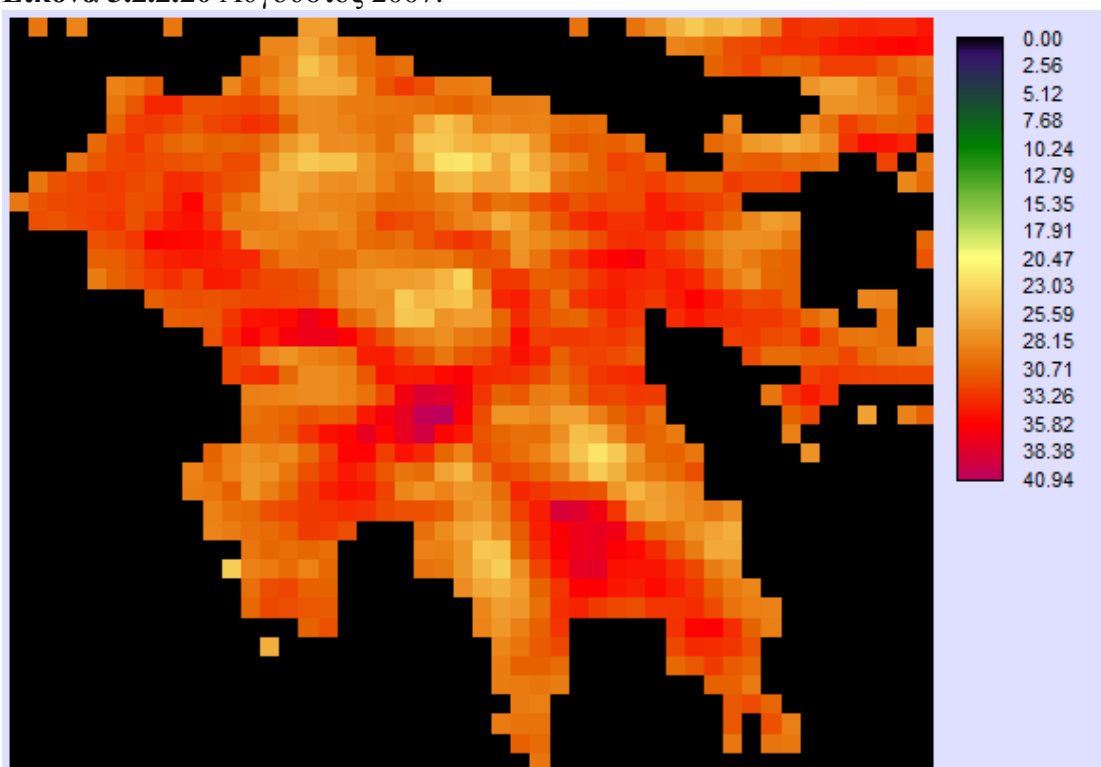
Εικόνα 3.2.2.18 Ιούνιος 2007.



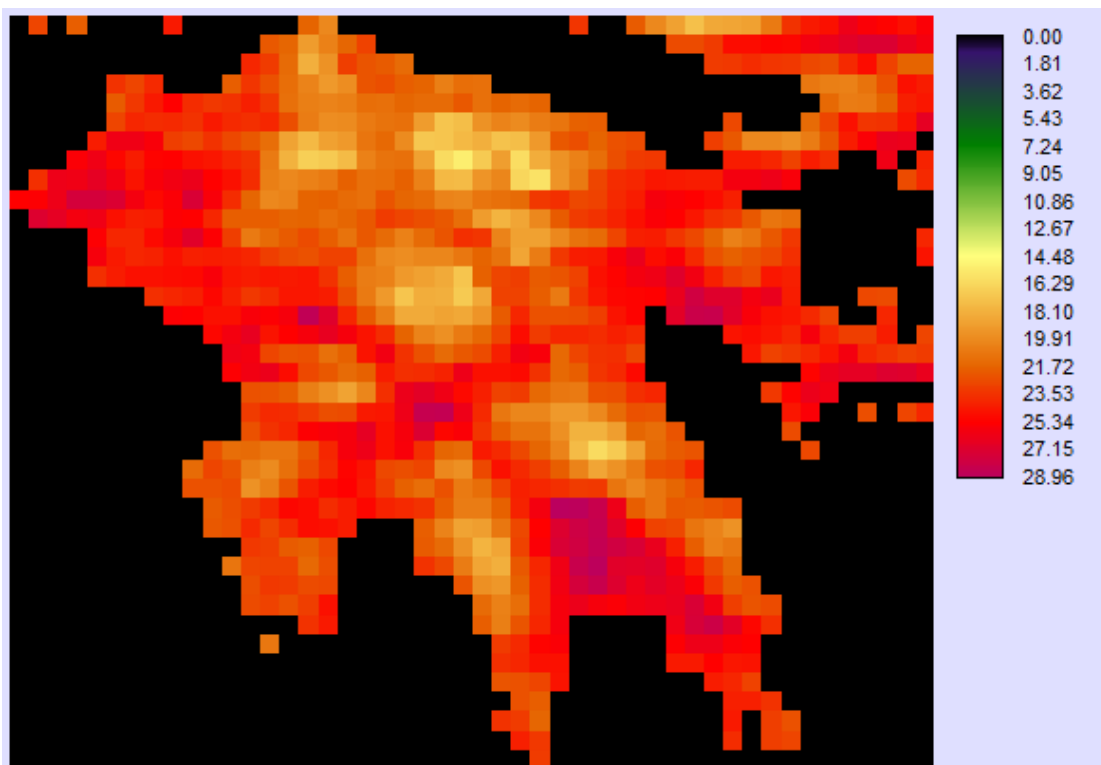
Εικόνα 3.2.2.19 Ιούλιος 2007.



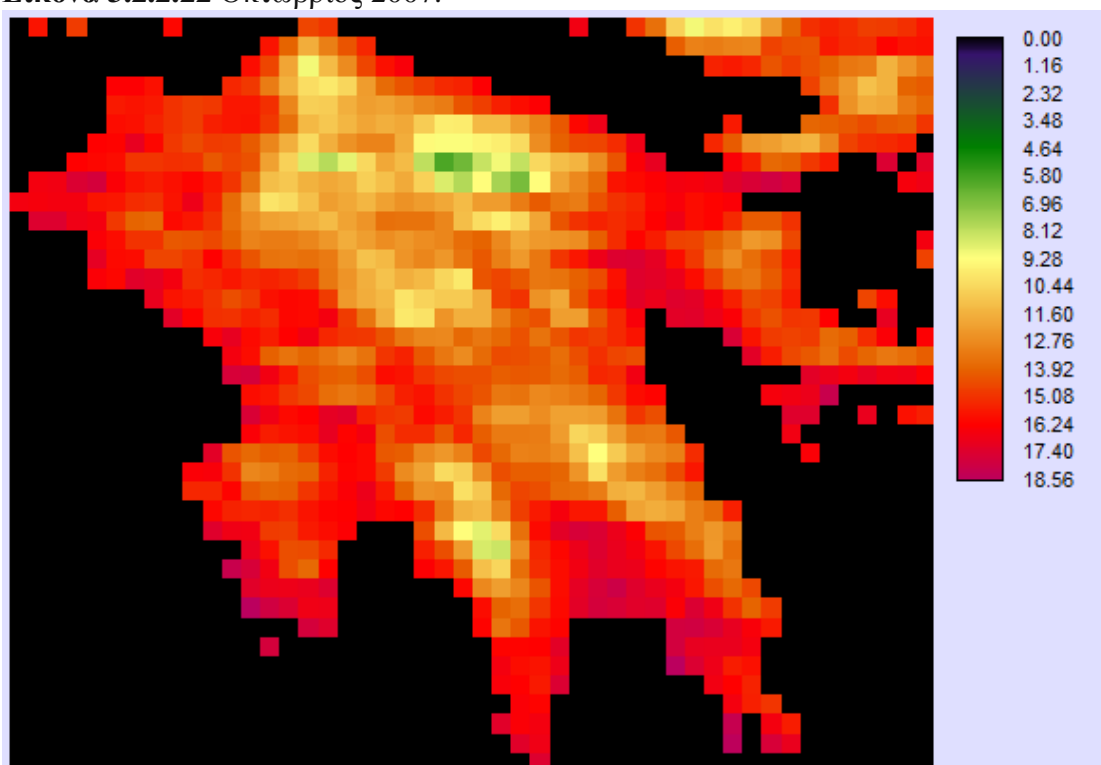
Εικόνα 3.2.2.20 Αύγουστος 2007.



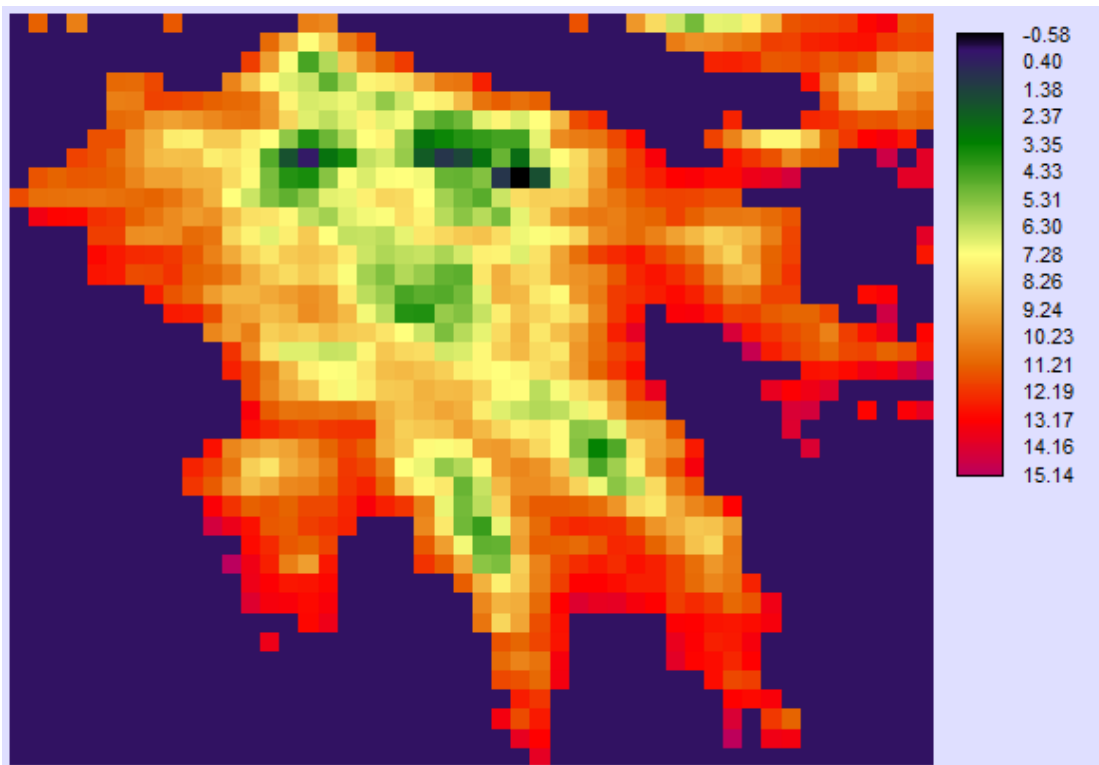
Εικόνα 3.2.2.21 Σεπτέμβριος 2007.



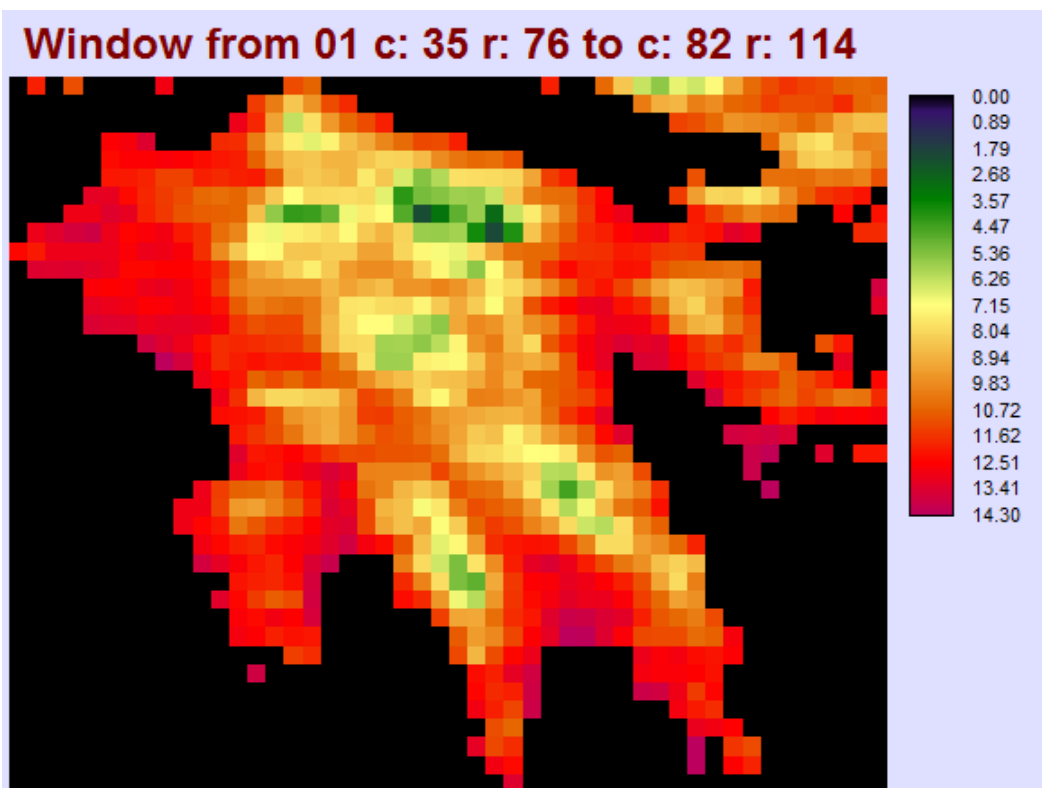
Εικόνα 3.2.2.22 Οκτώβριος 2007.



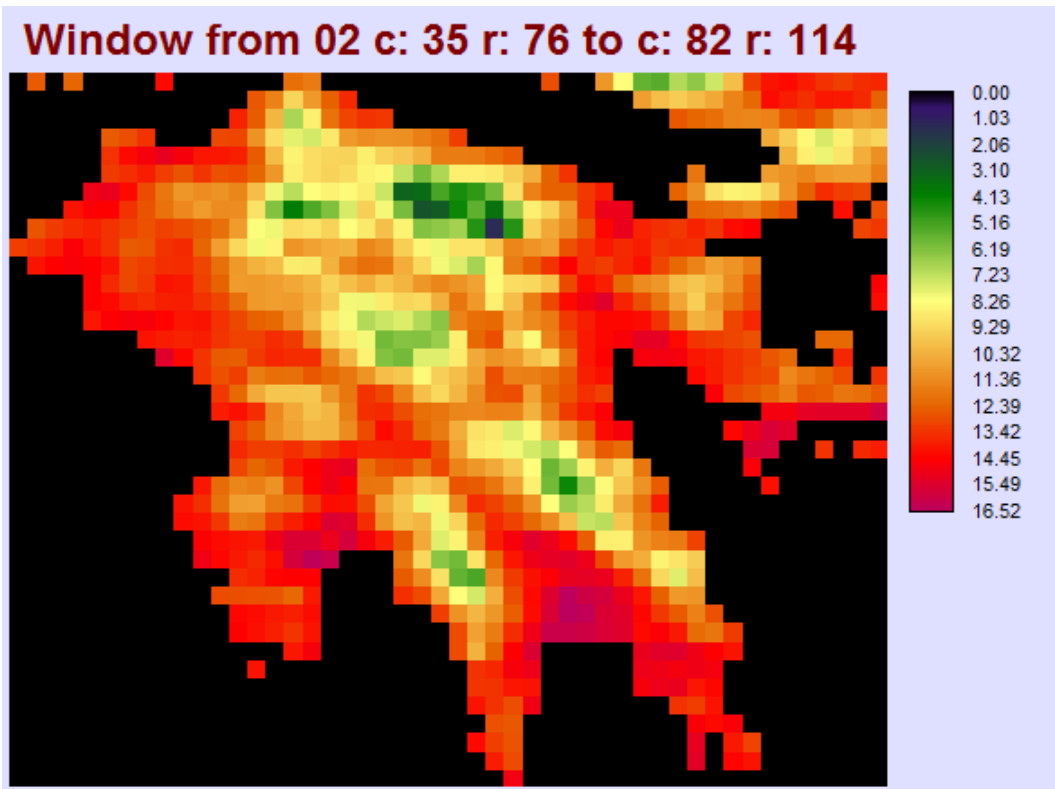
Εικόνα 3.2.2.23 Νοέμβριος 2007.



Εικόνα 3.2.2.24 Δεκέμβριος 2007.

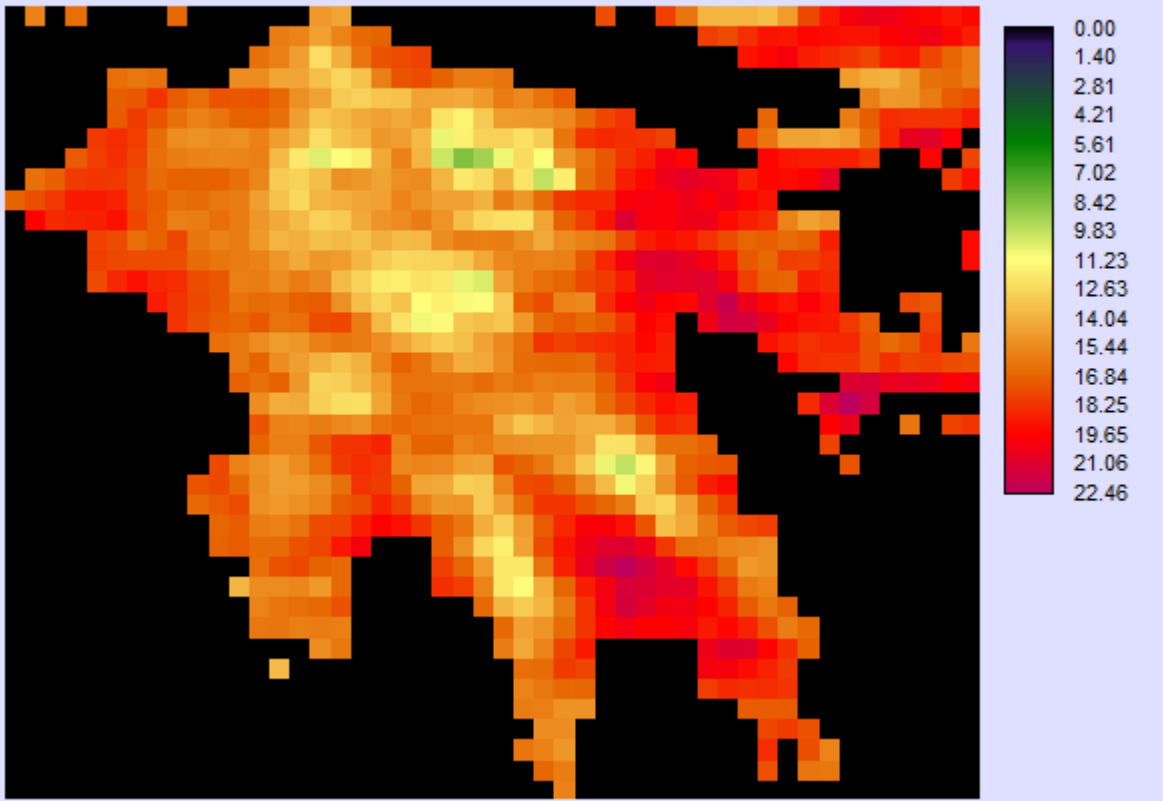


Εικόνα 3.2.2.25 Ιανουάριος 2008.



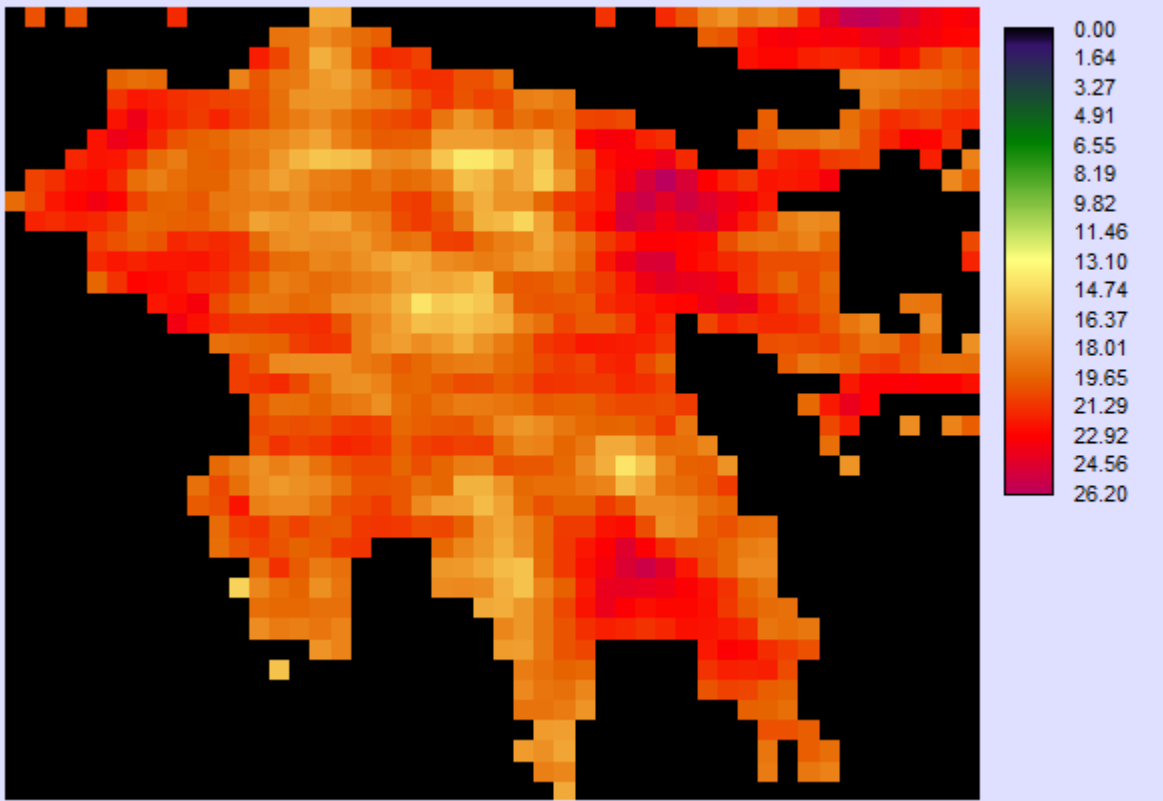
Εικόνα Σχήμα 3.2.2.26 Φεβρουάριος 2008.

Window from 03 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



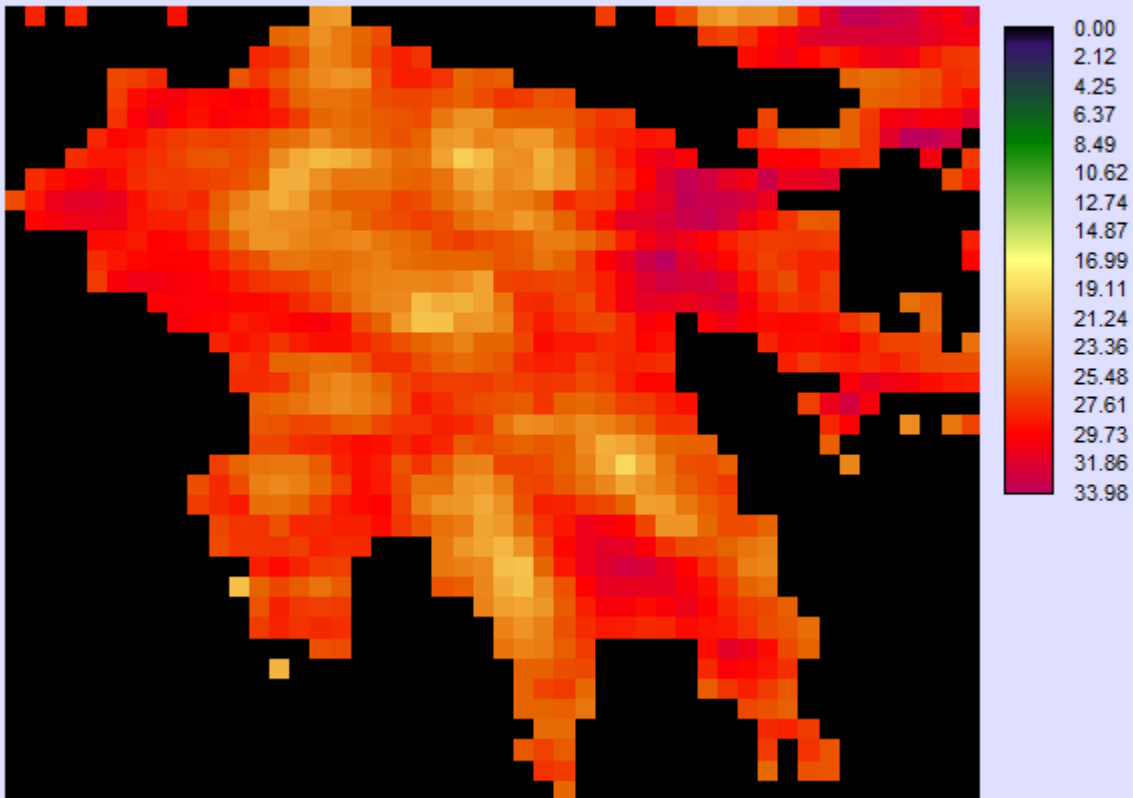
Εικόνα 3.2.2.27 Μάρτιος 2008.

Window from 04 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



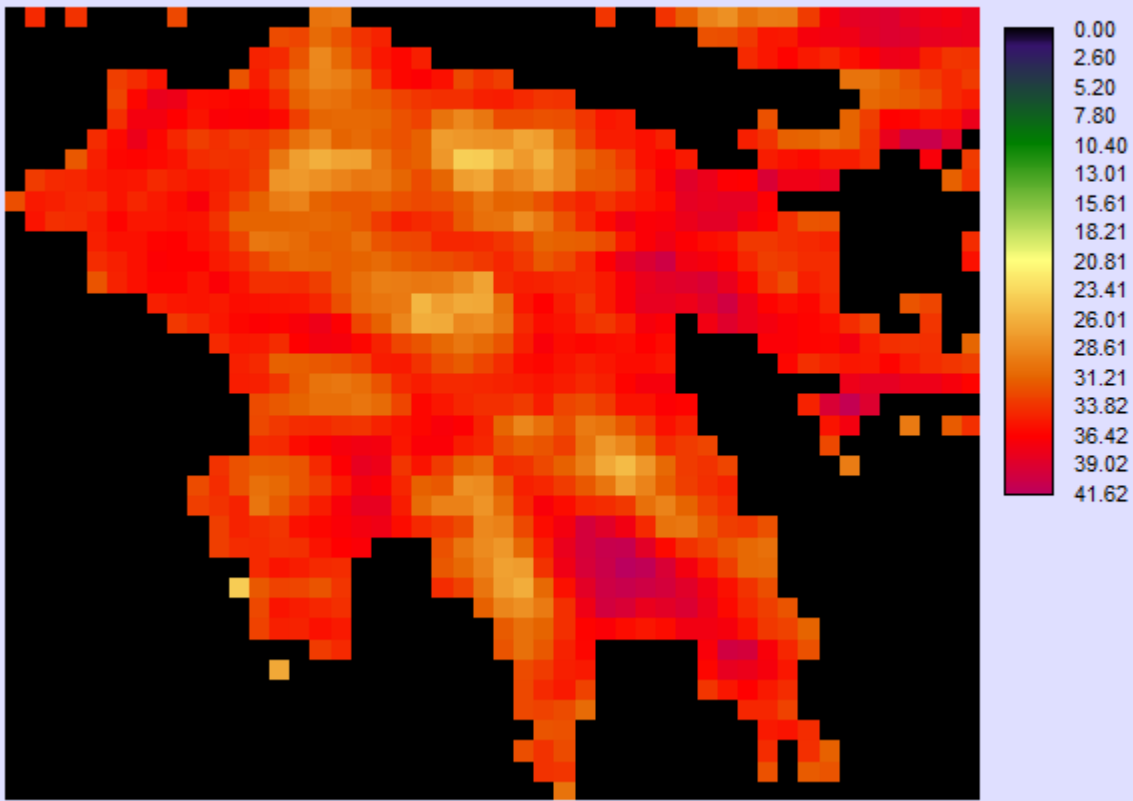
Εικόνα 3.2.2.28 Απρίλιος 2008.

Window from 05 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



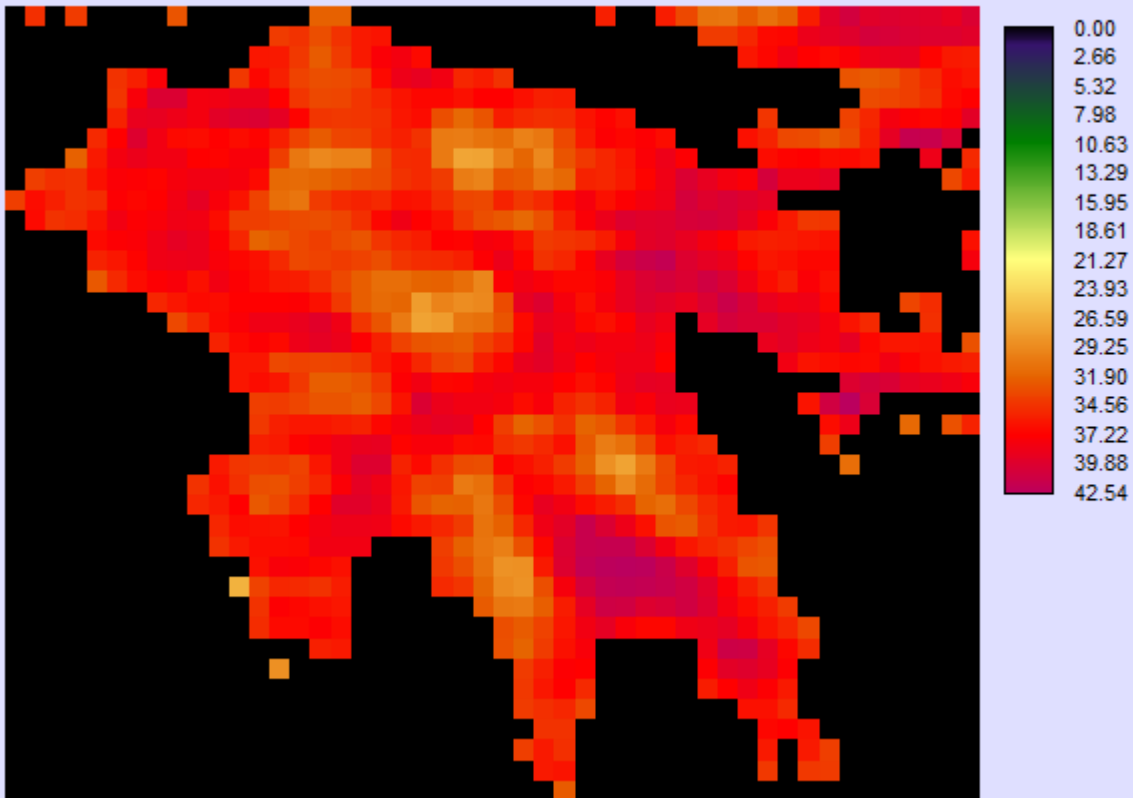
Εικόνα 3.2.2.29 Μάιος 2008.

Window from 06 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



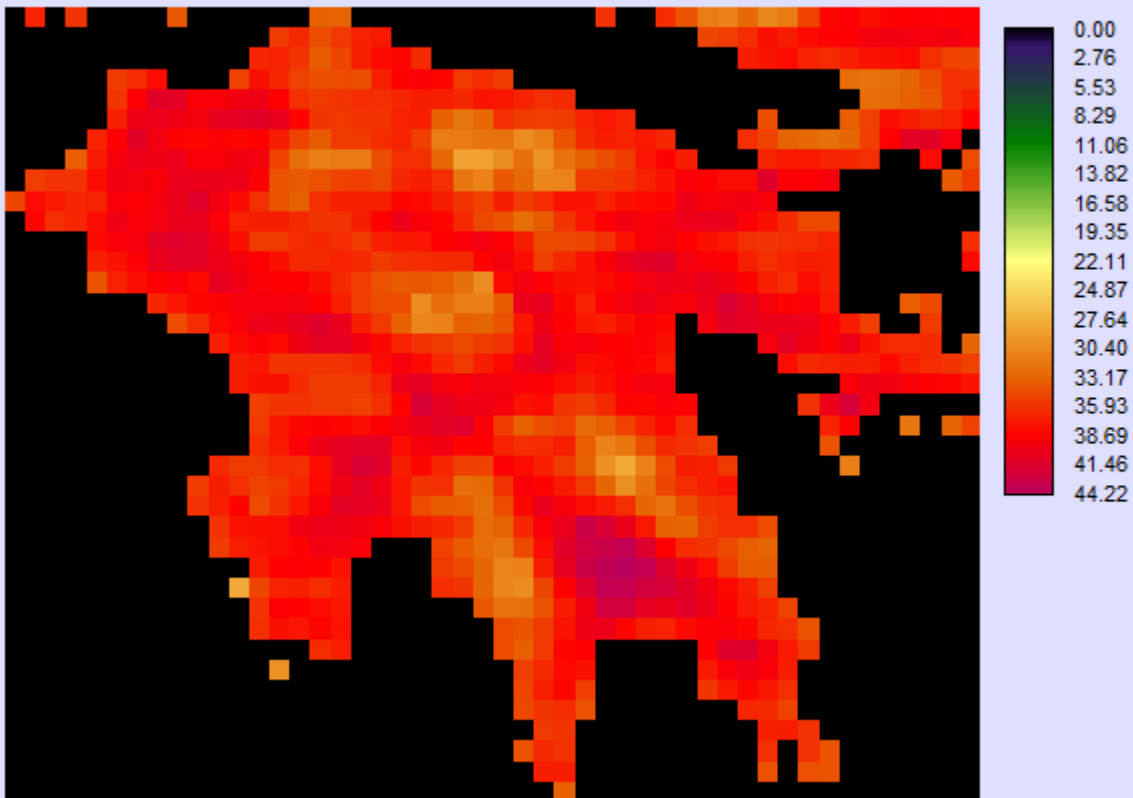
Εικόνα 3.2.2.30 Ιούνιος 2008.

Window from 07 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



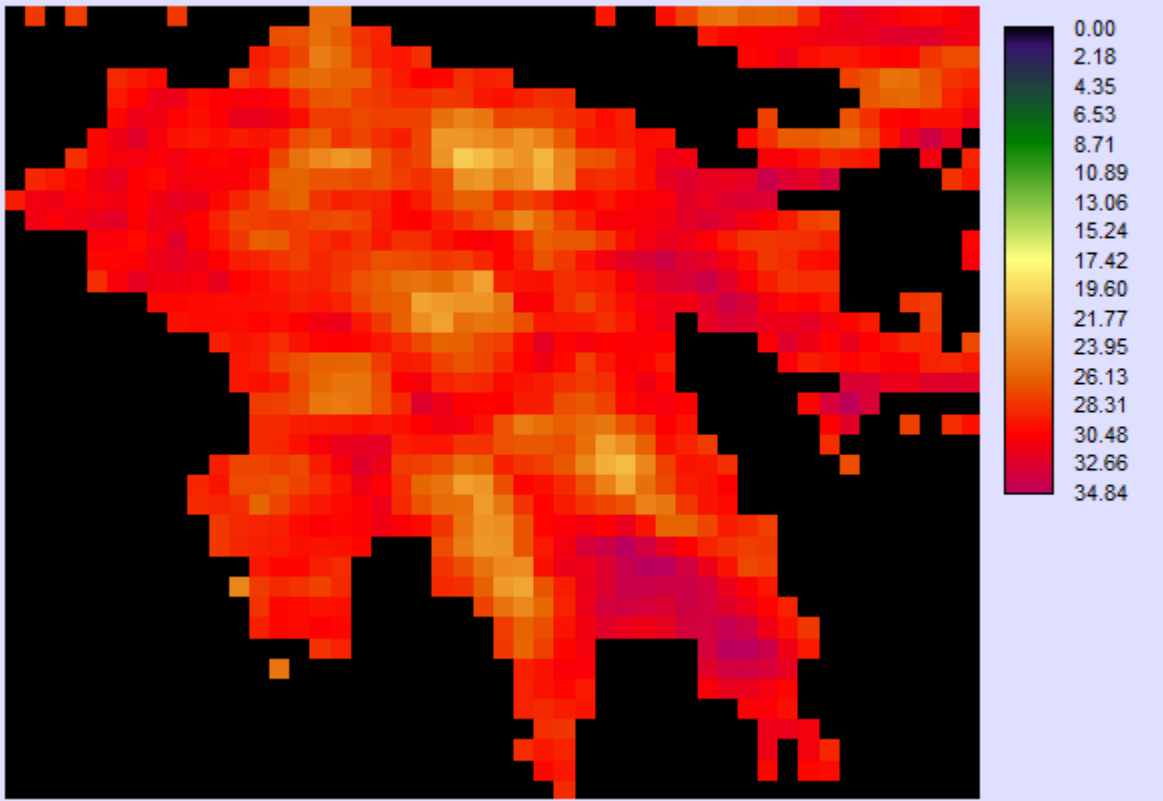
Εικόνα 3.2.2.31 Ιούλιος 2008.

Window from 08 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



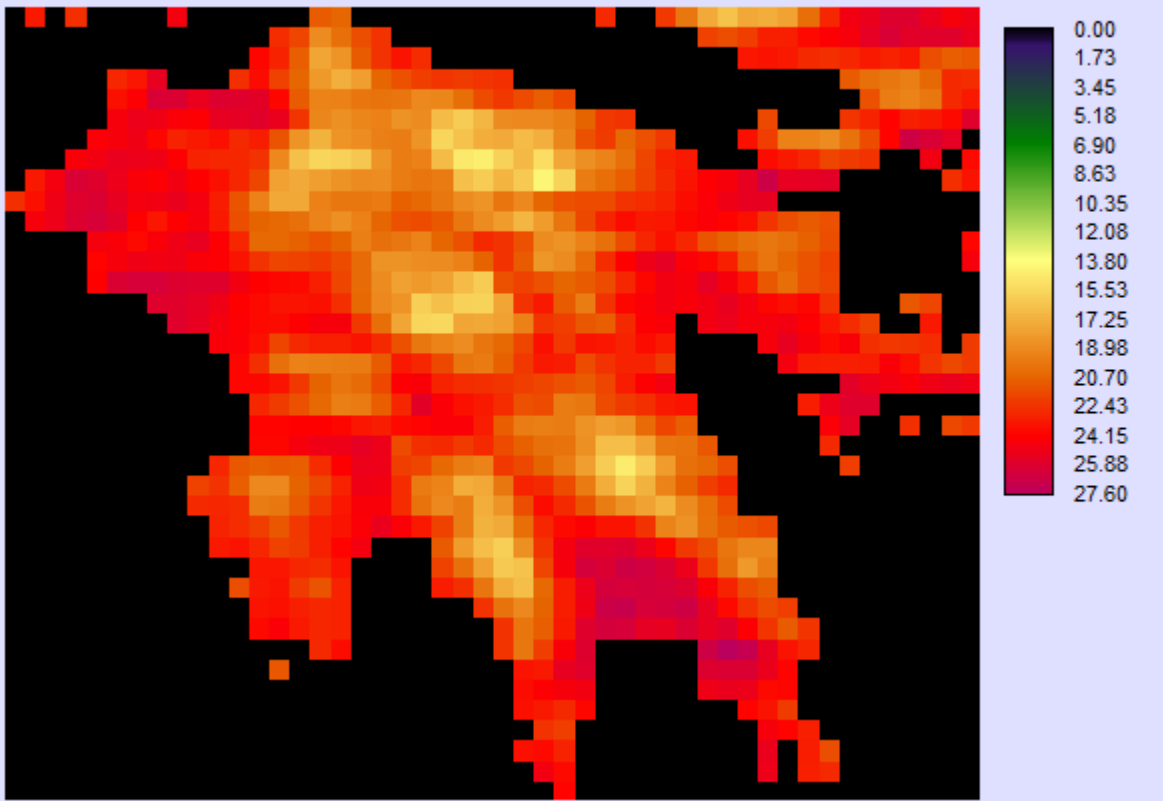
Εικόνα 3.2.2.32 Αύγουστος 2008.

Window from 09 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



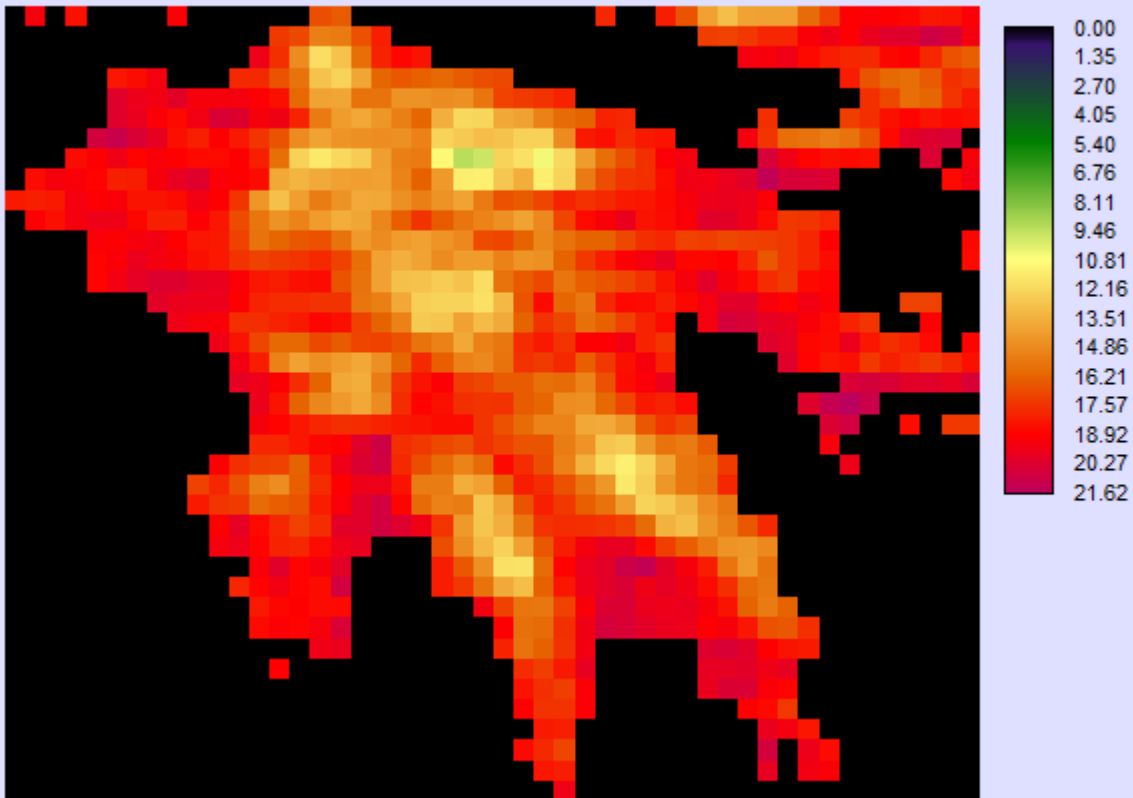
Εικόνα 3.2.2.33 Σεπτέμβριος 2008.

Window from 10 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



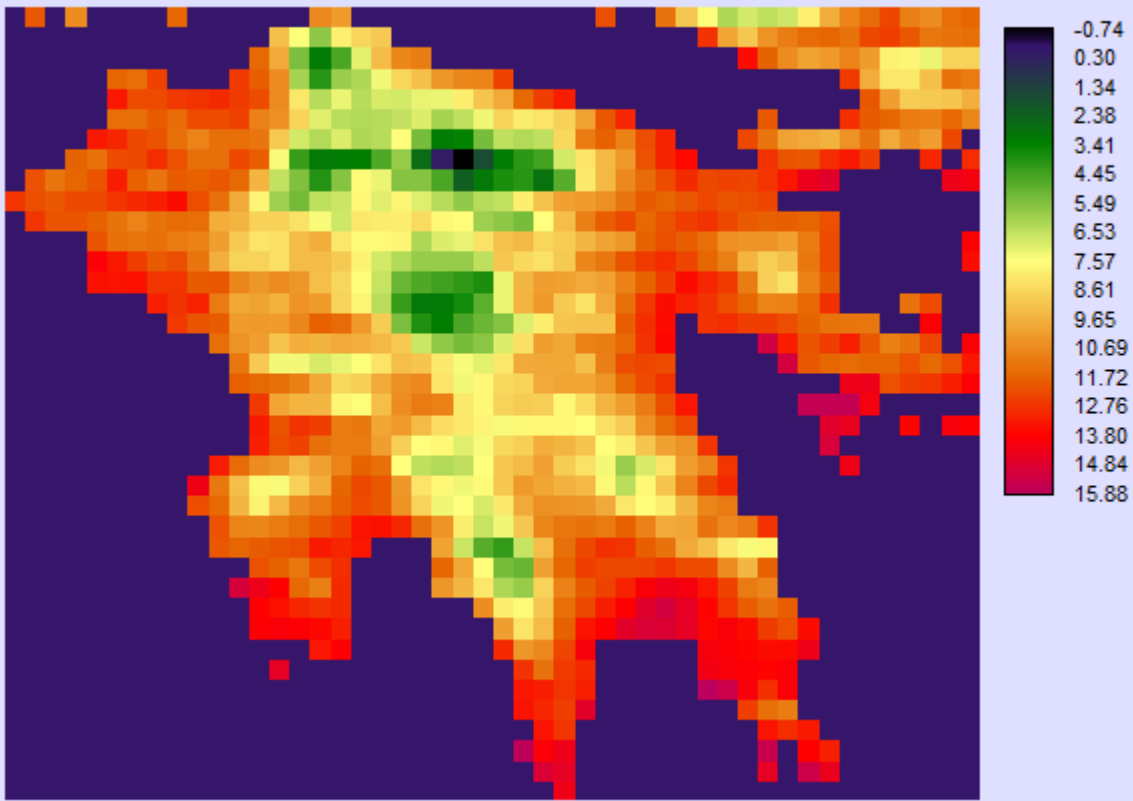
Εικόνα 3.2.2.34 Οκτώβριος 2008.

Window from 11 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



Εικόνα 3.2.2.35 Νοέμβριος 2008.

Window from 12 c: 35 r: 76 to c: 82 r: 114



Εικόνα 3.2.2.36 Δεκέμβριος 2008.

3.3. Περιγραφικά Στατιστικά Δεδομένα

Δίνονται περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τις 36 εικόνες θερμοκρασίας στους πίνακες 3.3.1 και 3.3.2.

Πίνακας 3.3.1 Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες.

Μήνες	Ελάχιστη Θ			Μέγιστη Θ		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Ιανουάριος	-2,44	0,00	0,00	13,16	15,90	14,30
Φεβρουάριος	-1,36	0,00	0,00	14,88	16,38	16,52
Μάρτιος	0,00	0,00	0,00	19,96	19,94	22,46
Απρίλιος	0,00	0,00	0,00	26,78	28,16	26,20
Μάιος	0,00	0,00	0,00	33,66	34,68	33,98
Ιούνιος	0,00	0,00	0,00	38,00	41,42	41,62
Ιούλιος	0,00	0,00	0,00	39,24	44,56	42,54
Αύγουστος	0,00	0,00	0,00	41,44	43,48	44,22
Σεπτέμβριος	0,00	0,00	0,00	33,52	40,94	34,84
Οκτώβριος	0,00	0,00	0,00	26,74	28,96	27,60
Νοέμβριος	0,00	0,00	0,00	19,06	18,56	21,62
Δεκέμβριος	0,00	-0,58	-0,74	15,44	15,14	15,88

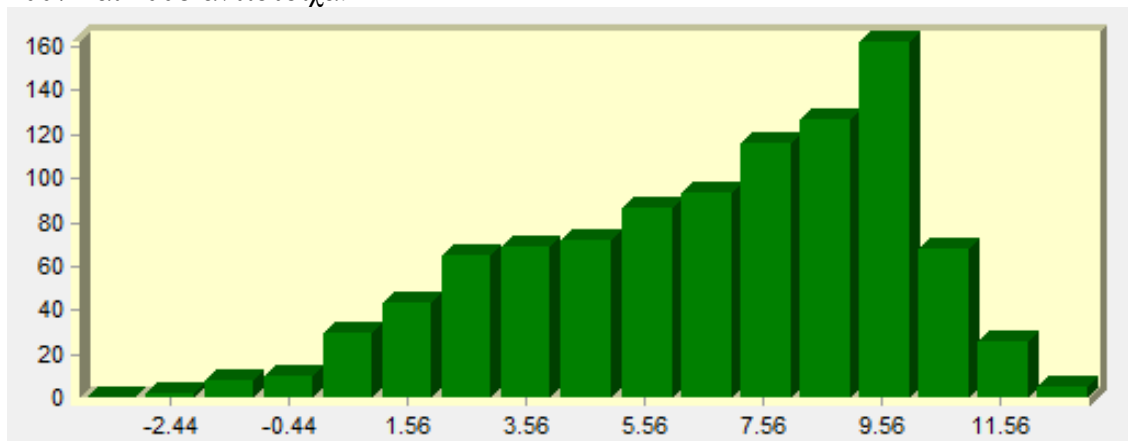
Πίνακας 3.3.2 Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις.

Μήνες	Μέση τιμή Θ			Τυπική απόκλιση Θ		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Ιανουάριος	4,14	7,95	7,15	11,0308658	11,243	10,1116
Φεβρουάριος	6,08	8,19	8,26	11,4834141	11,5824	11,6814
Μάρτιος	9,98	9,97	11,23	14,1138514	14,0997	15,8816
Απρίλιος	13,39	14,08	13,1	18,9363196	19,9121	18,5262
Μάιος	16,83	17,34	16,99	23,8012143	24,5225	24,0275
Ιούνιος	19	20,71	20,81	26,8700577	29,2884	29,4298
Ιούλιος	19,62	22,28	21,27	27,7468701	31,5087	30,0803
Αύγουστος	20,72	21,74	22,11	29,302505	30,745	31,2683
Σεπτέμβριος	16,76	20,47	17,42	23,7022193	28,949	24,6356
Οκτώβριος	13,37	14,48	13,8	18,9080353	20,4778	19,5161

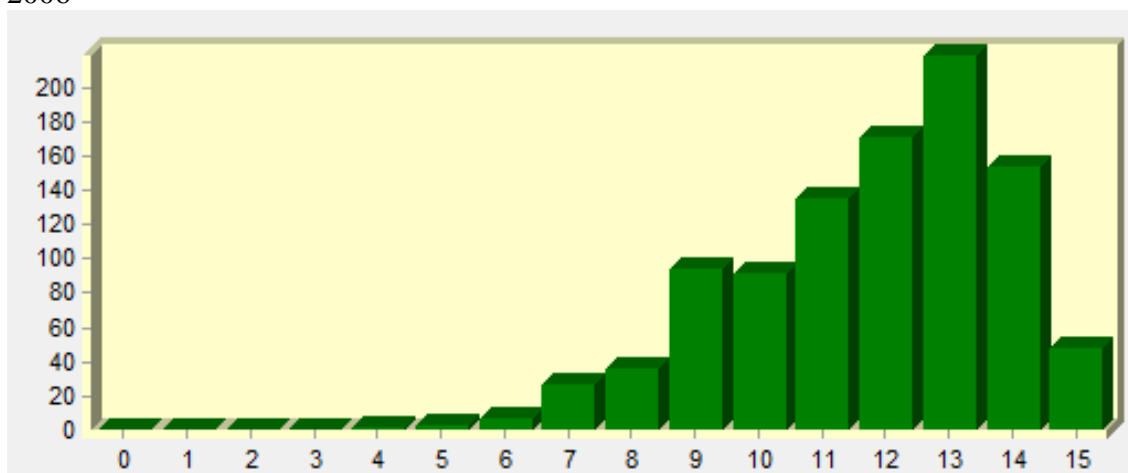
Νοέμβριος	9,53	9,28	10,81	13,4774552	13,1239	15,2856
Δεκέμβριος	9,72	6,99	7,2	10,9177287	11,1157	11,7521

3.4. Ιστογράμματα Συχνότητας ανά Μήνα

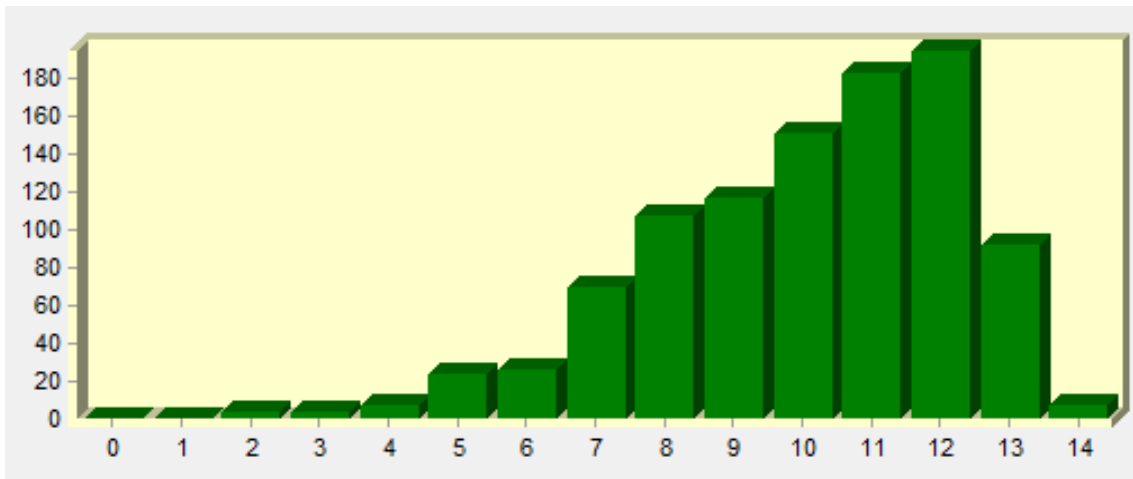
Για κάθε μήνα παρουσιάζονται τα ιστογράμματα συχνότητας θερμοκρασιών για τα έτη 2006, 2007 και 2008 αντίστοιχα.



2006

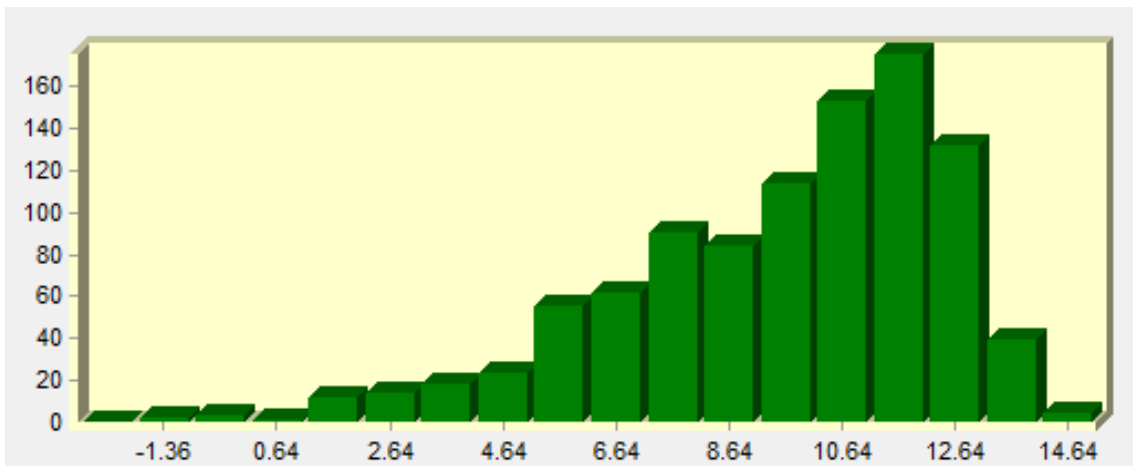


2007

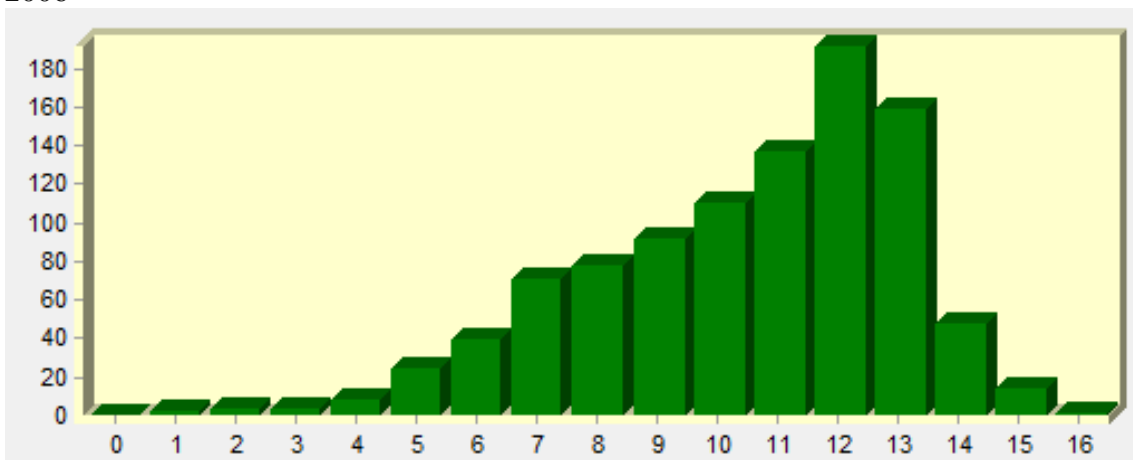


2008

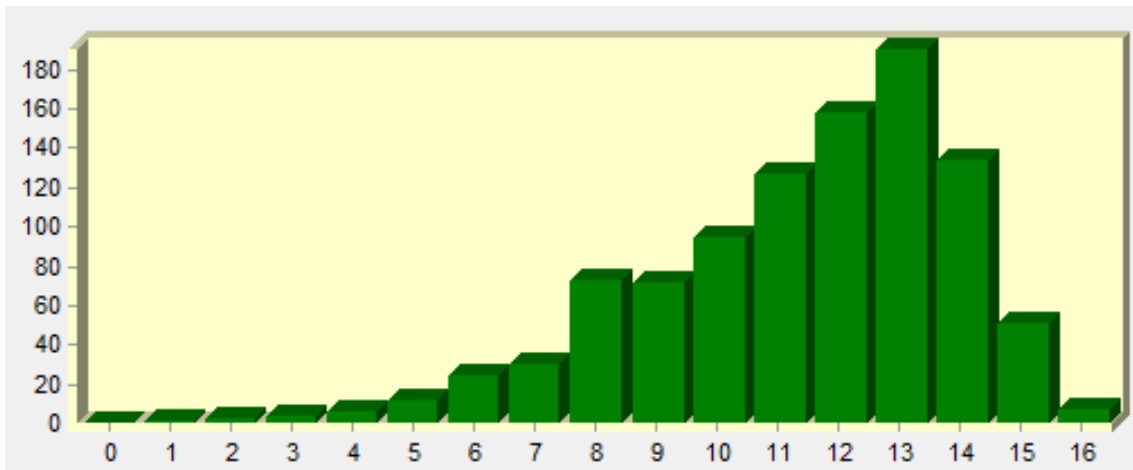
Σχήμα 3.4.1 Ιανουάριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.



2006



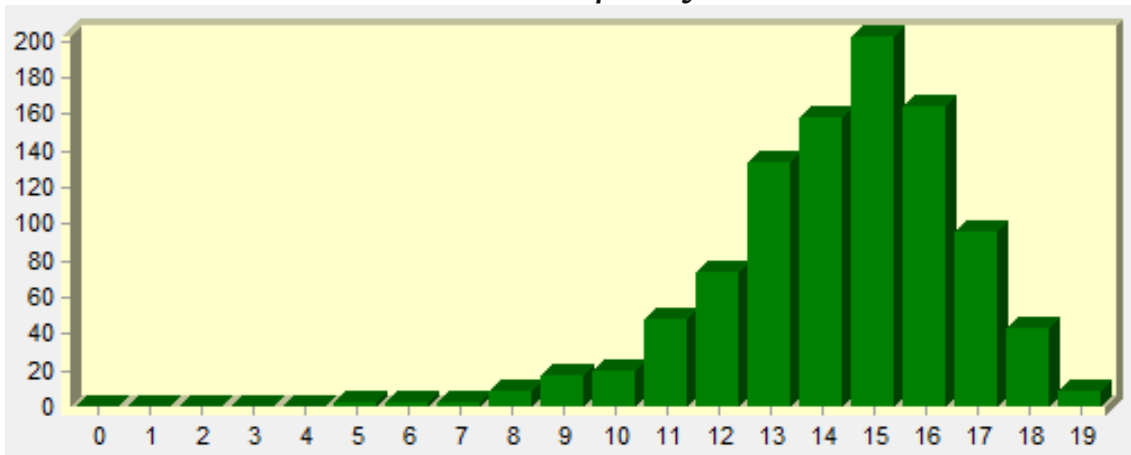
2007



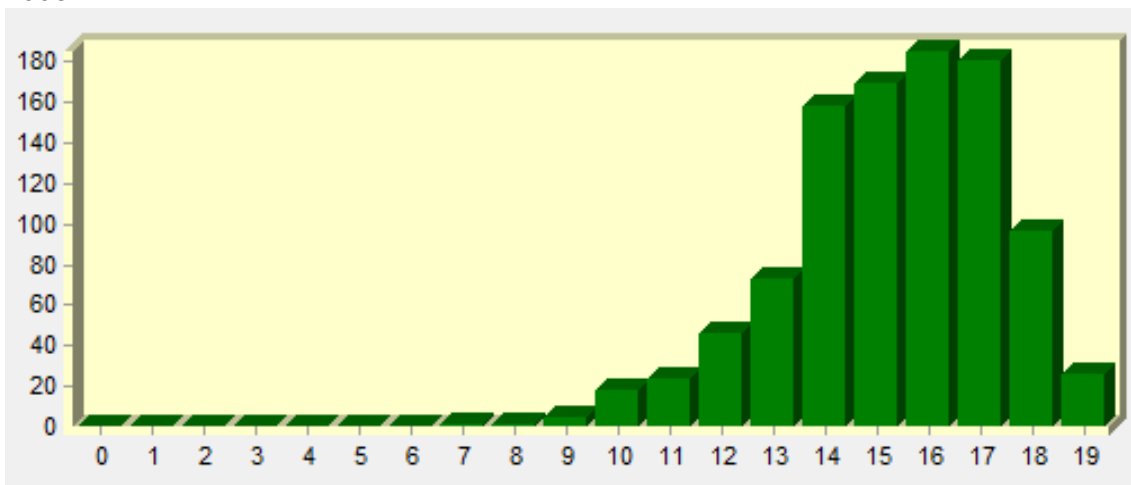
2008

Σχήμα 3.4.2 Φεβρουάριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

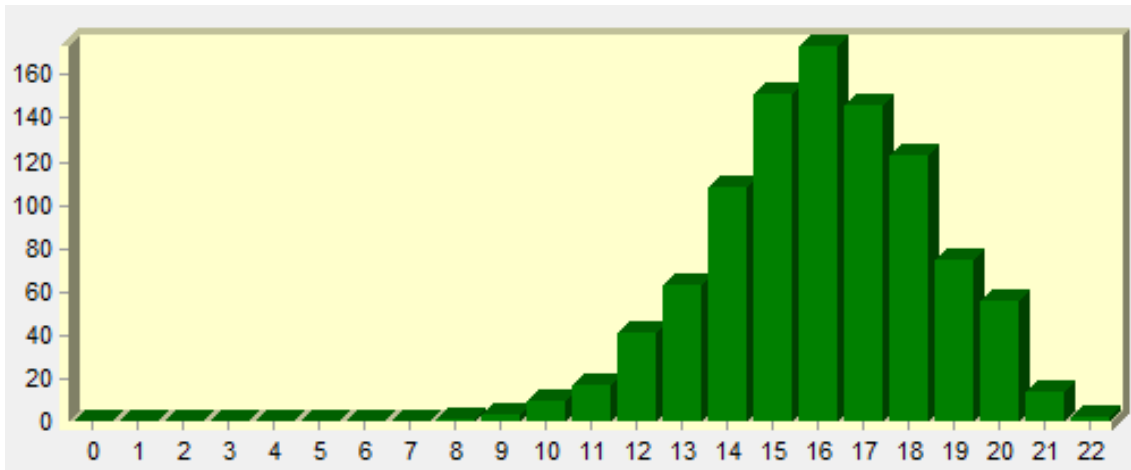
Μάρτιος



2006



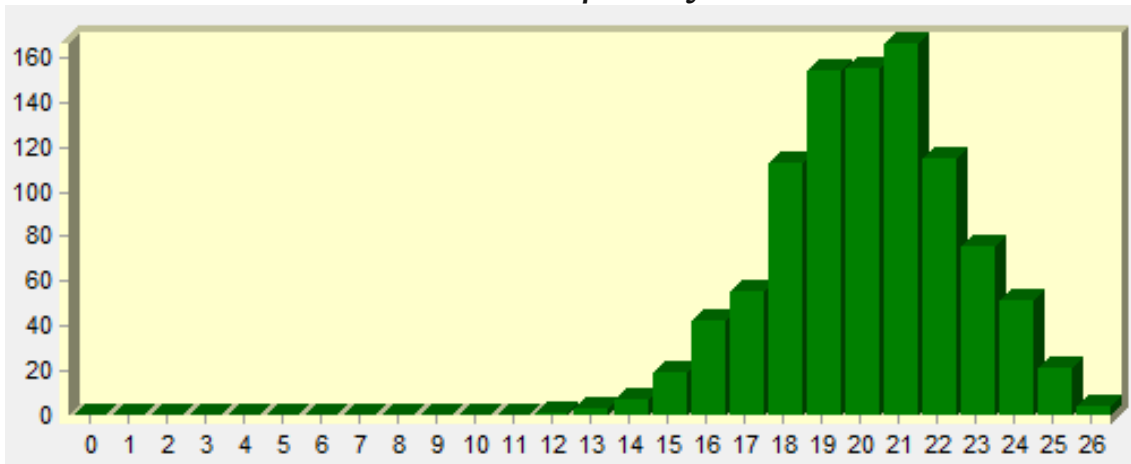
2007



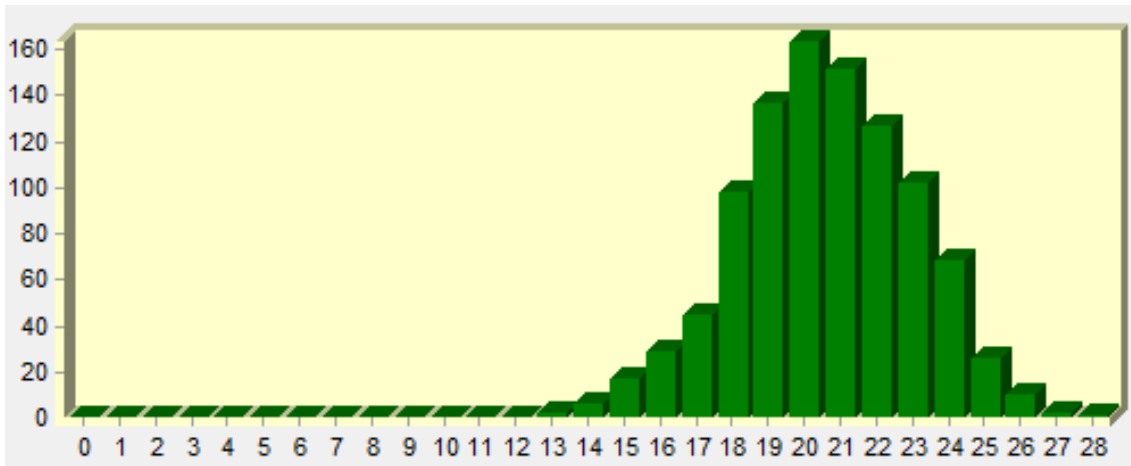
2008

Σχήμα 3.4.3 Μάρτιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

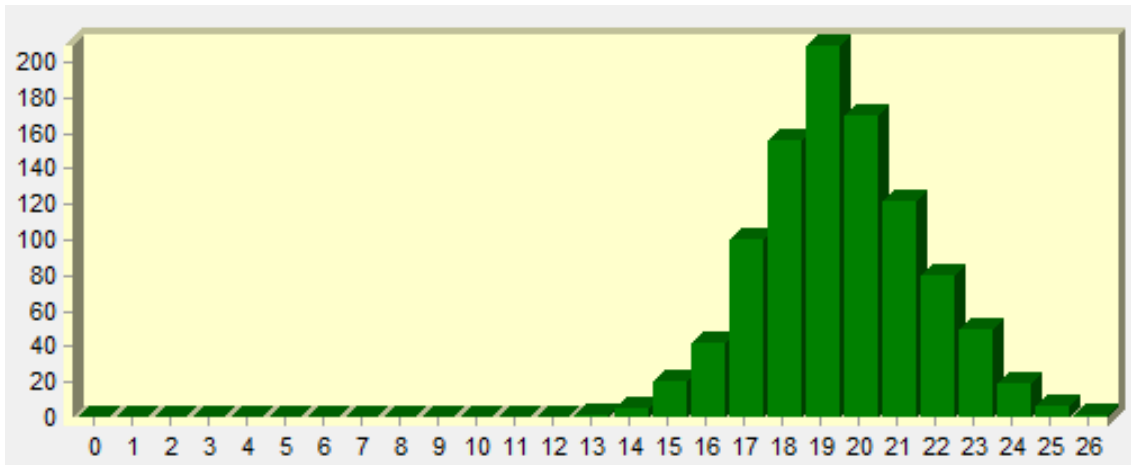
Απρίλιος



2006



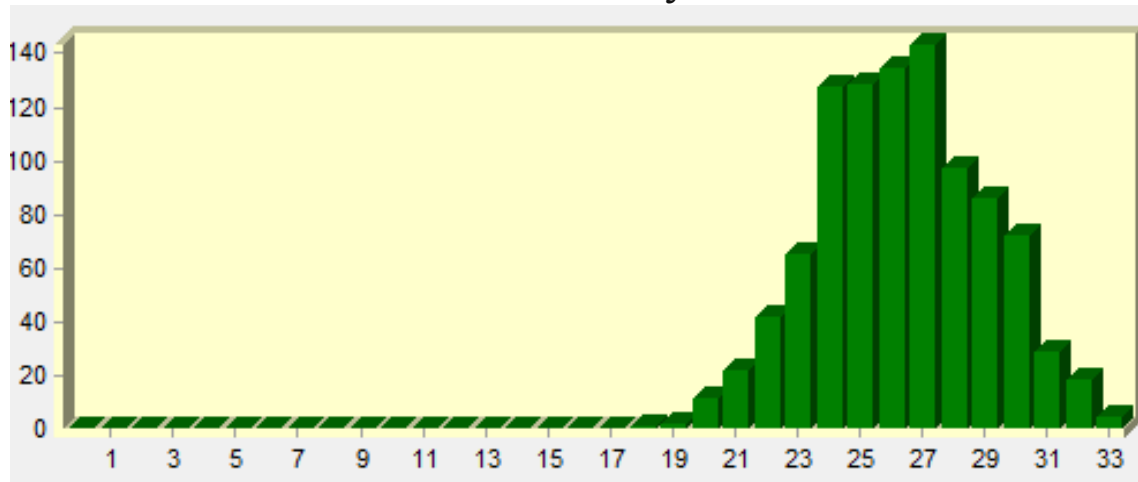
2007



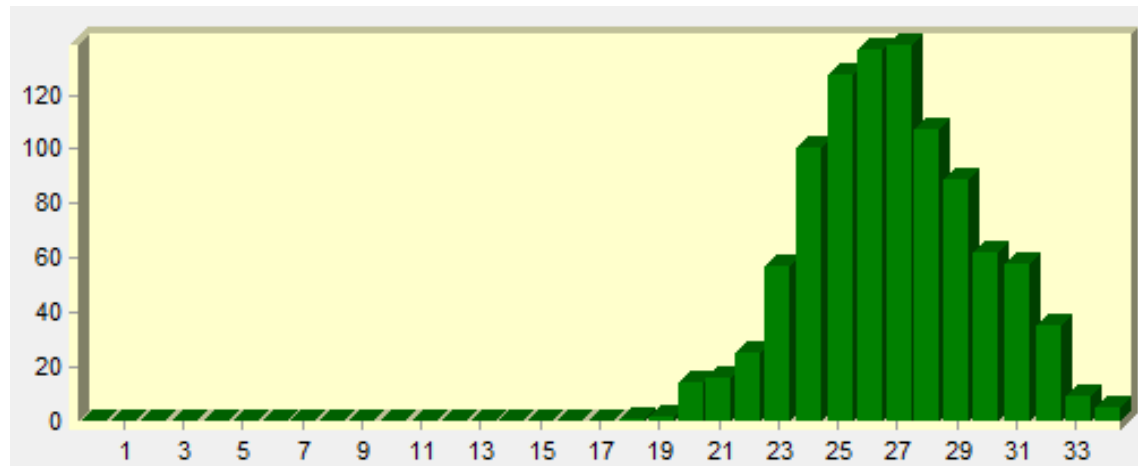
2008

Σχήμα 3.4.4 Απρίλιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

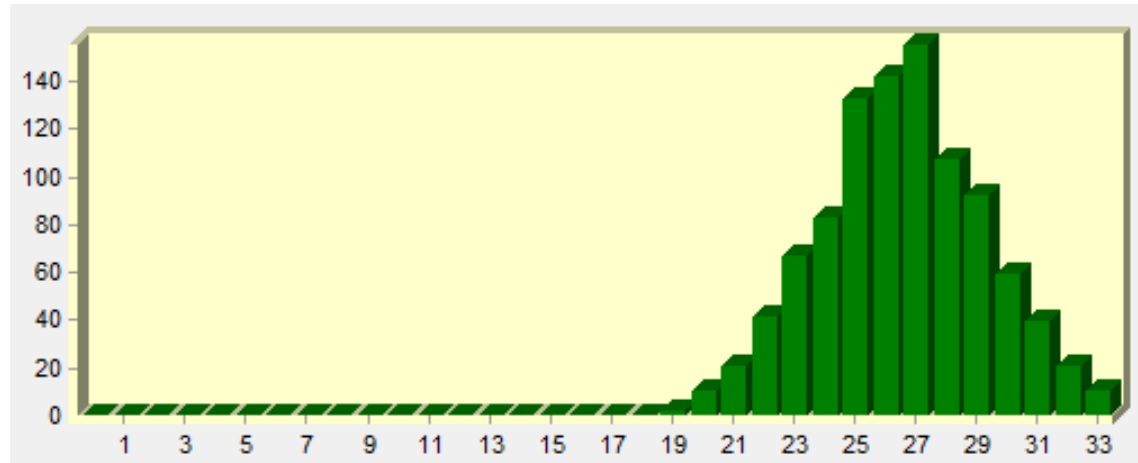
Μάιος



2006



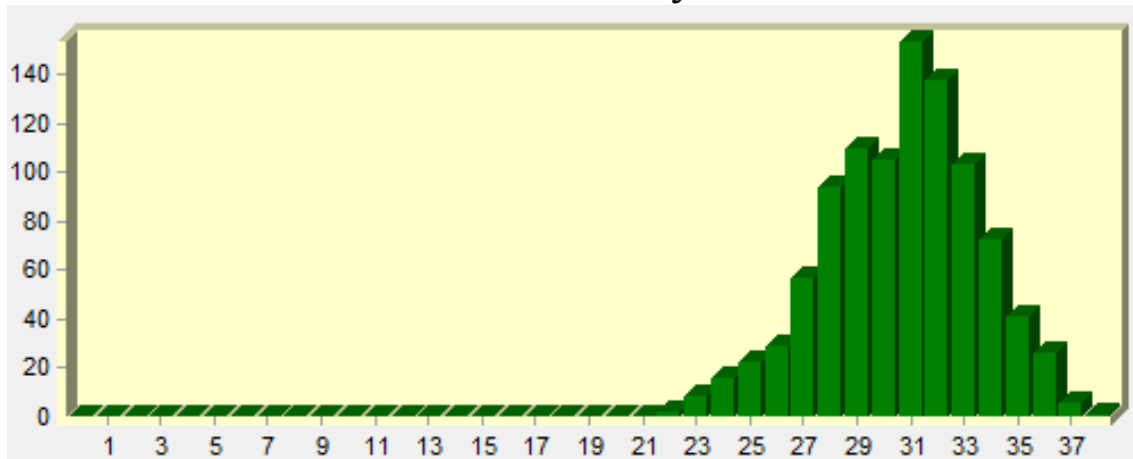
2007



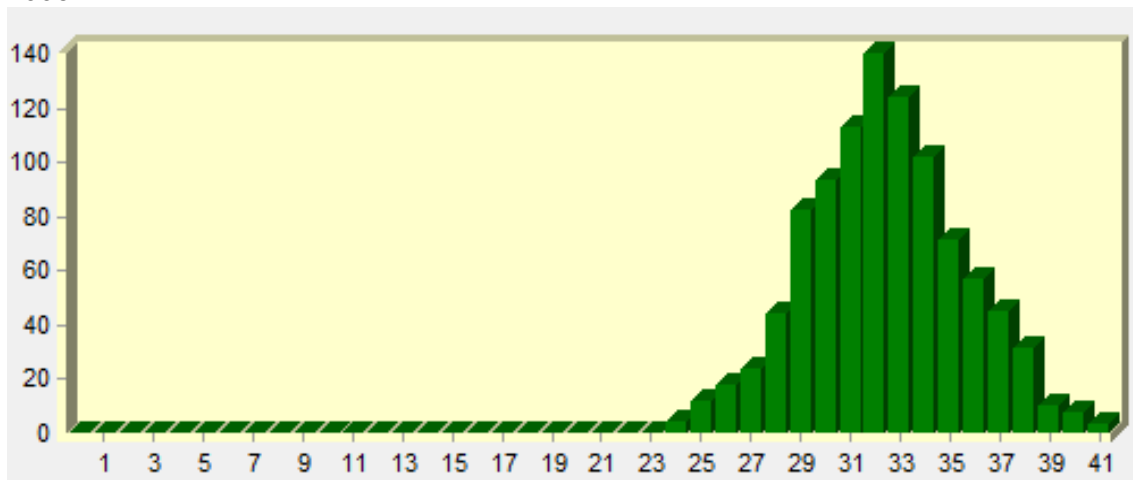
2008

Σχήμα 3.4.5 Μάιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

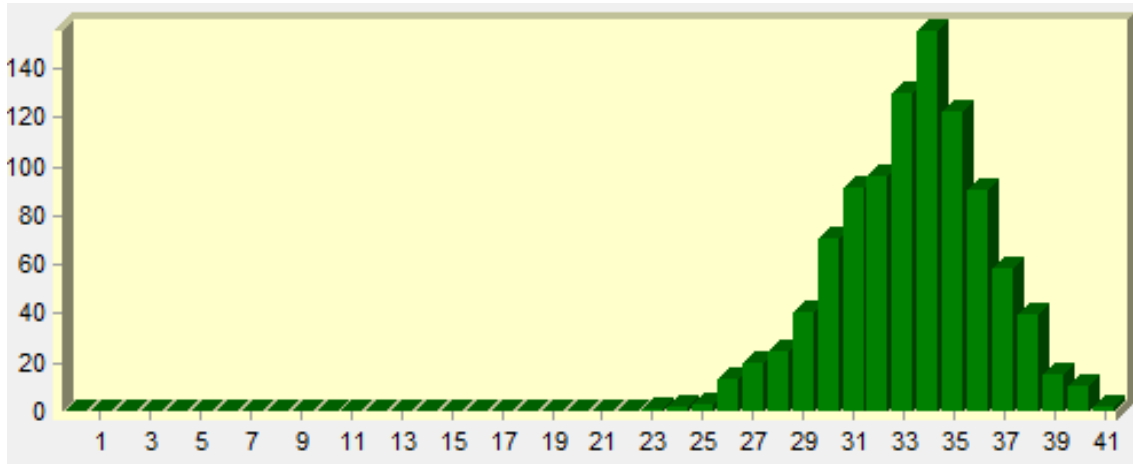
Ιούνιος



2006



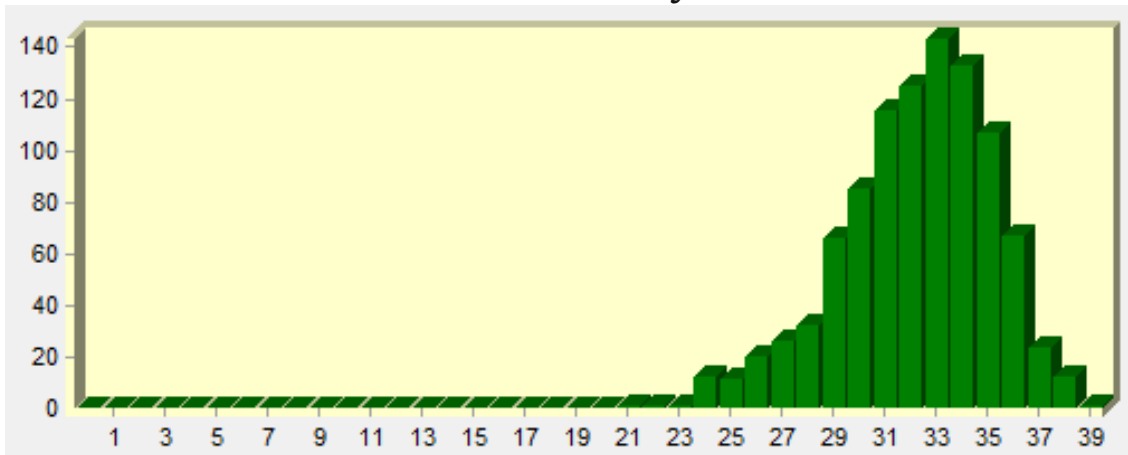
2007



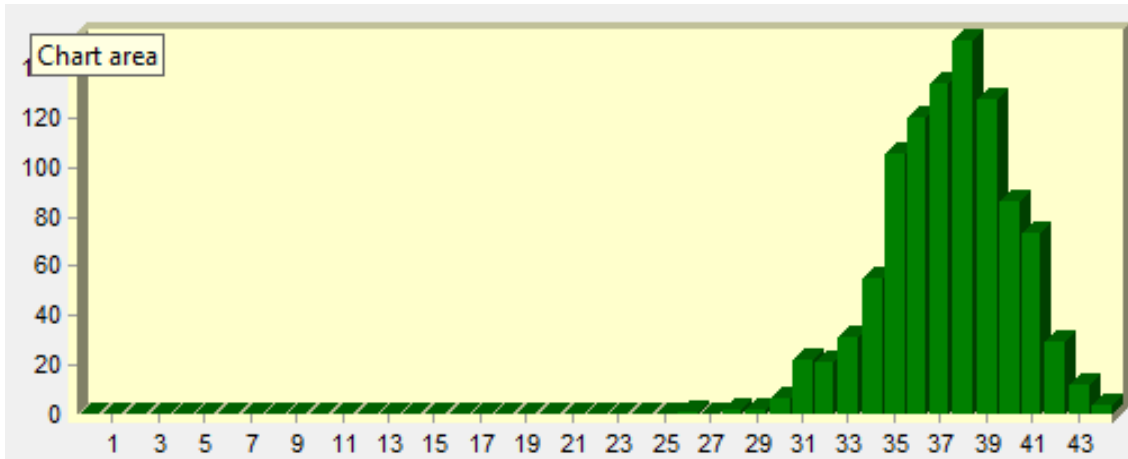
2008

Σχήμα 3.4.5 Ιούνιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

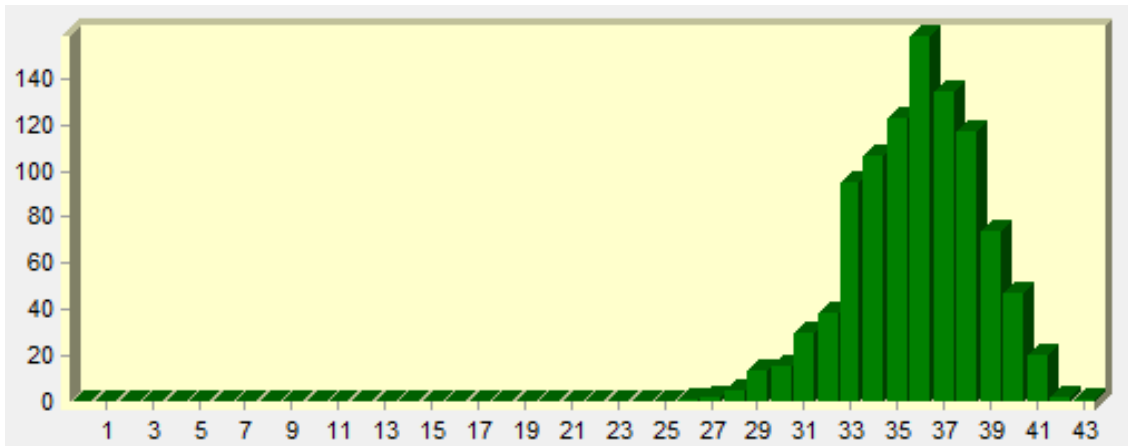
Ιούλιος



2006



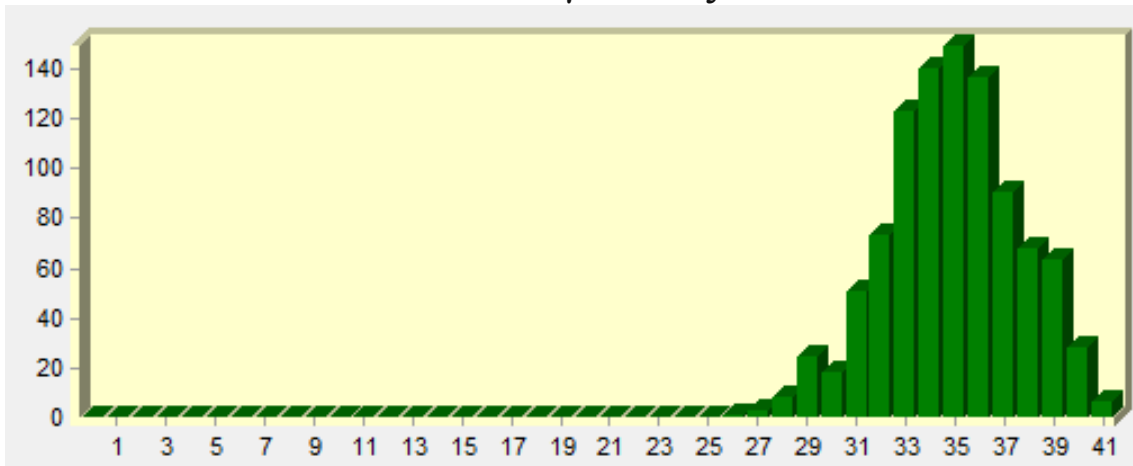
2007



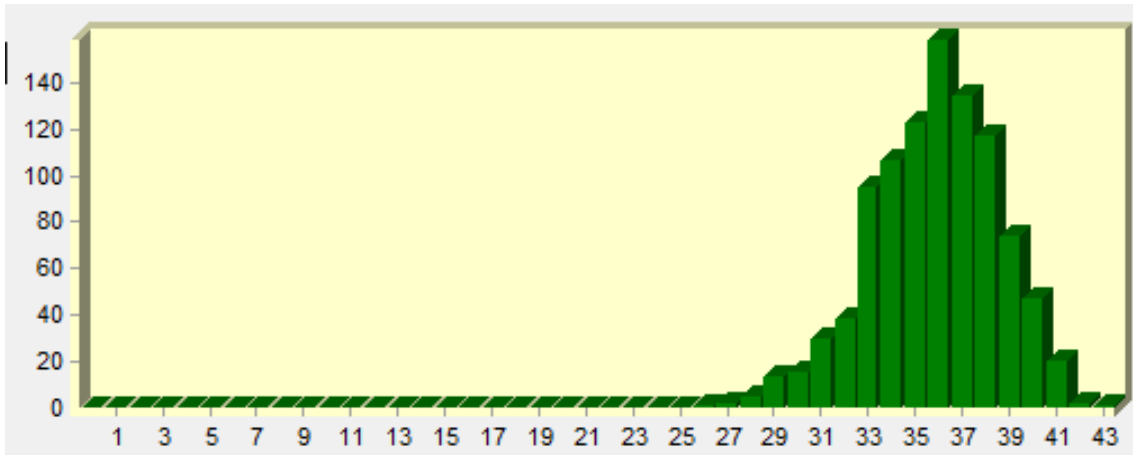
2008

Σχήμα 3.4.7 Ιούλιος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

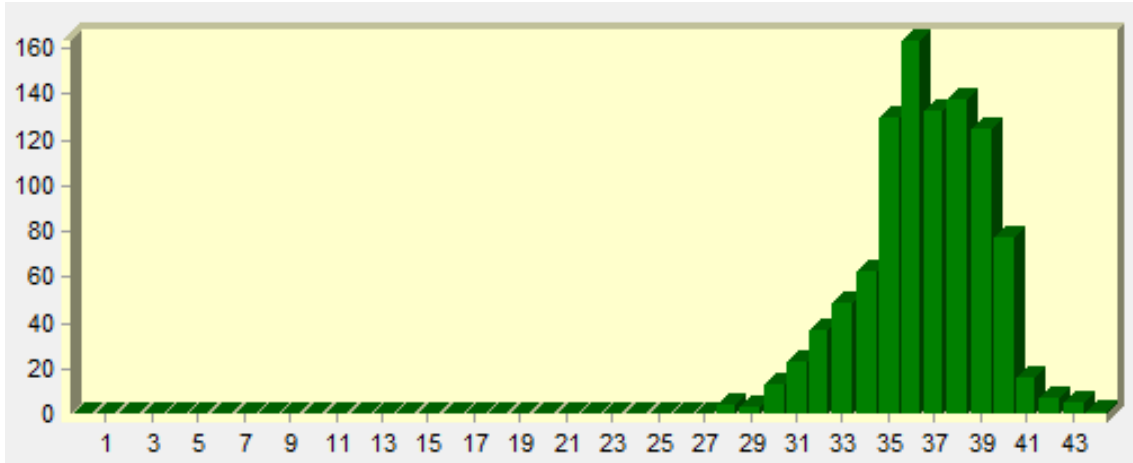
Αύγουστος



2006



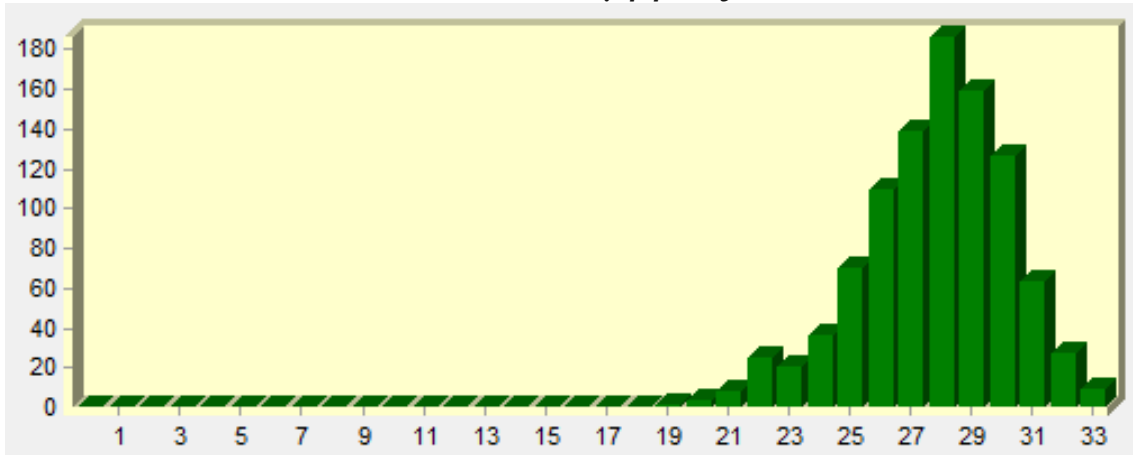
2007



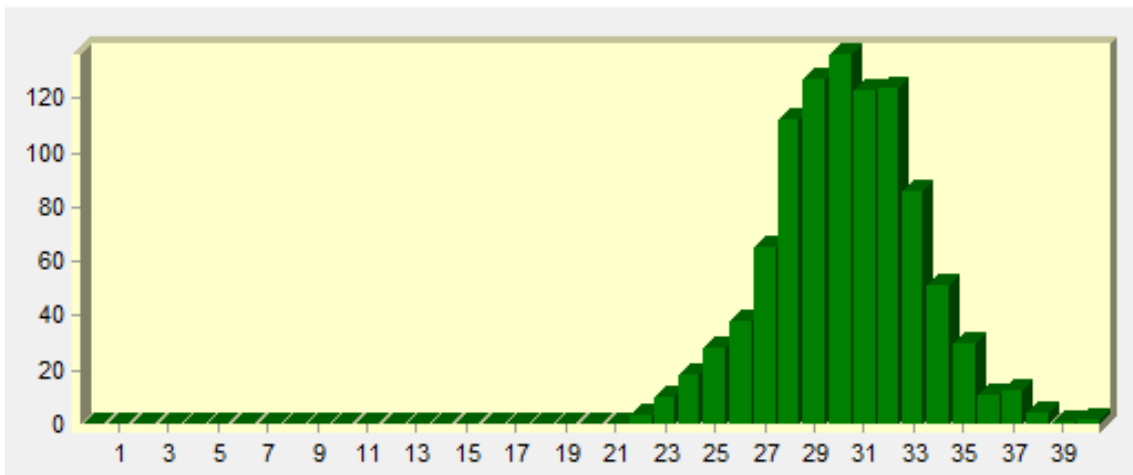
2008

Σχήμα 3.4.8 Αύγουστος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

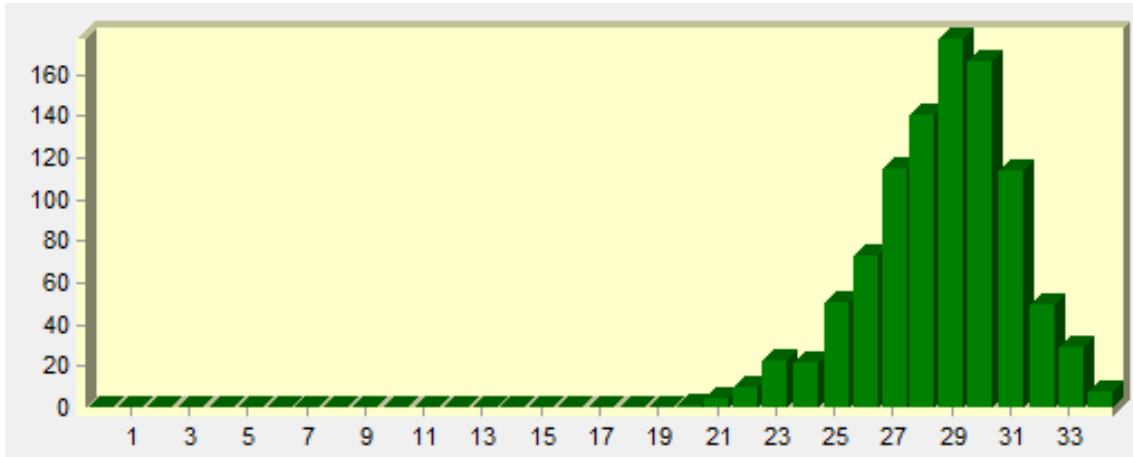
Σεπτέμβριος



2006



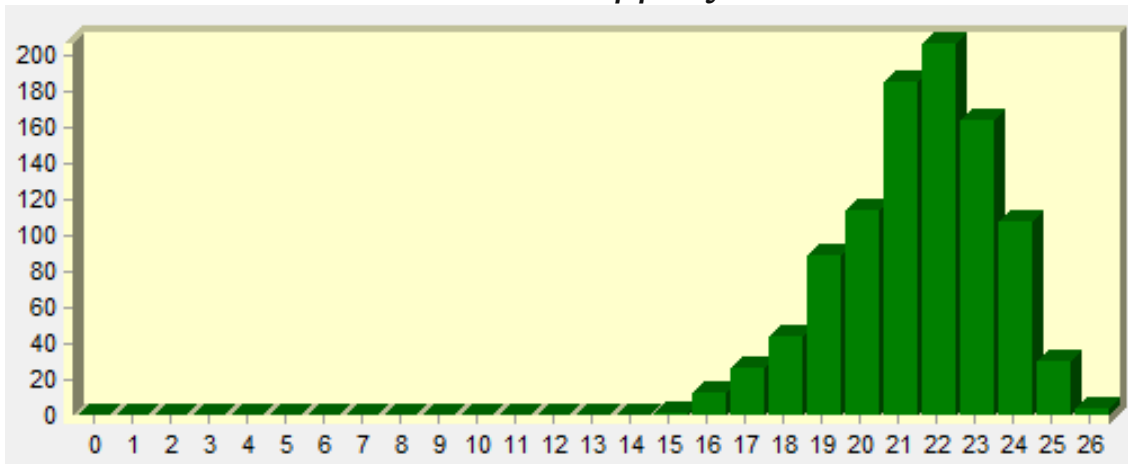
2007



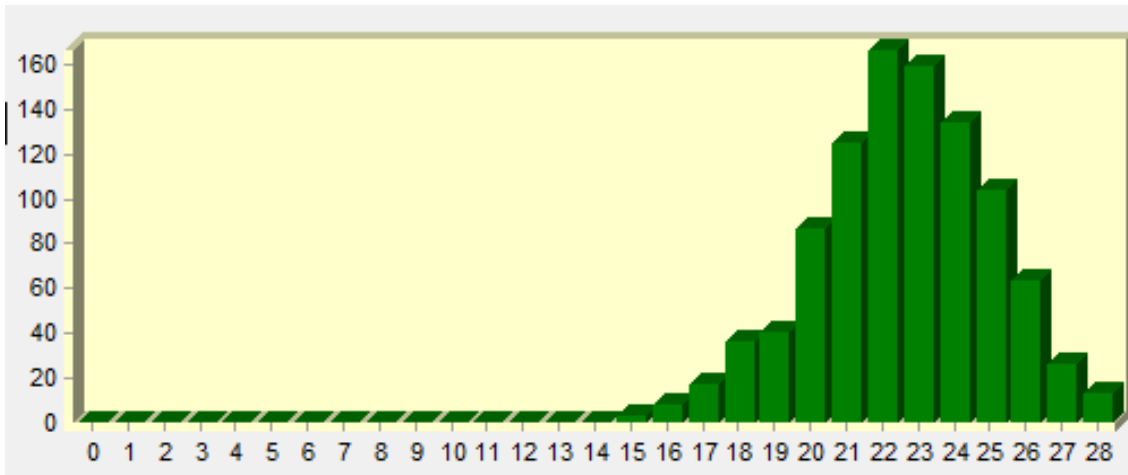
2008

Σχήμα 3.4.9 Σεπτέμβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

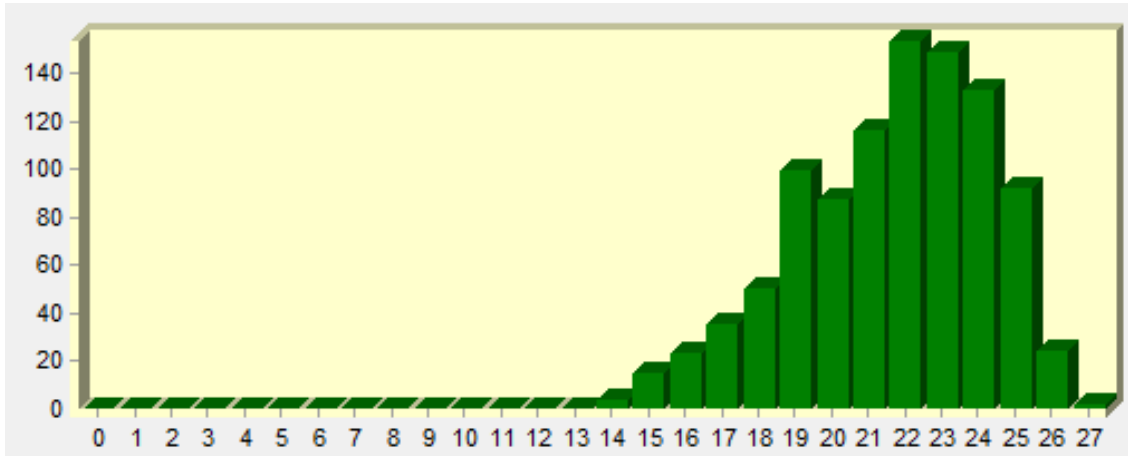
Οκτώβριος



2006



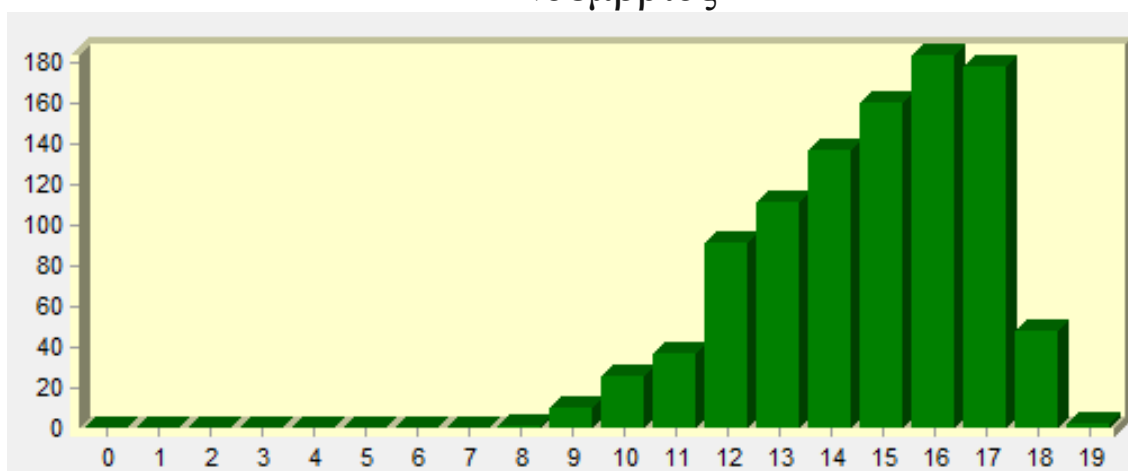
2007



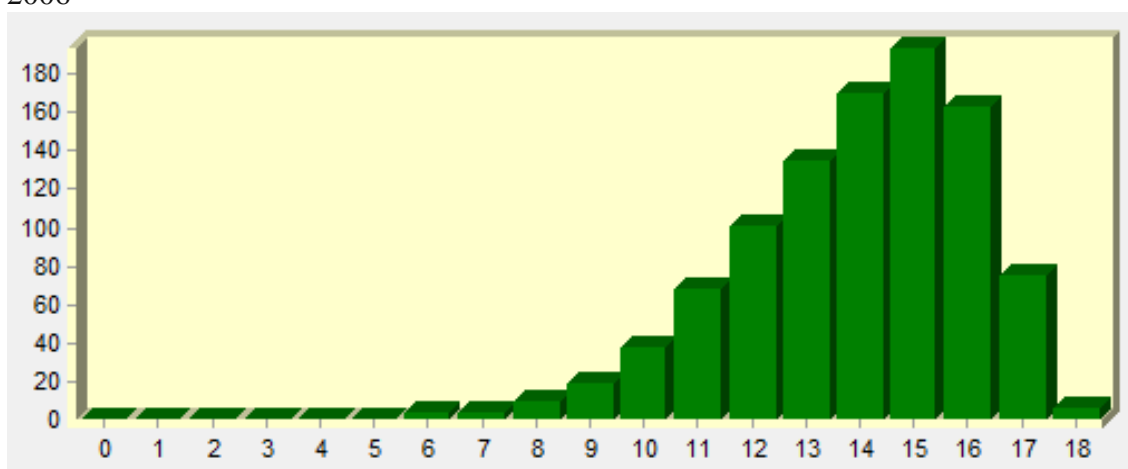
2008

Σχήμα 3.4.10 Οκτώβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

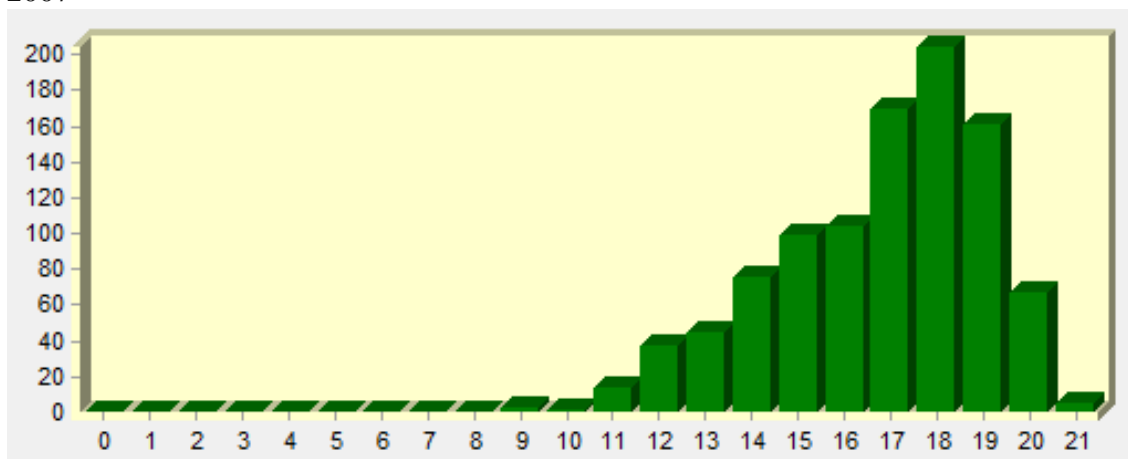
Νοέμβριος



2006



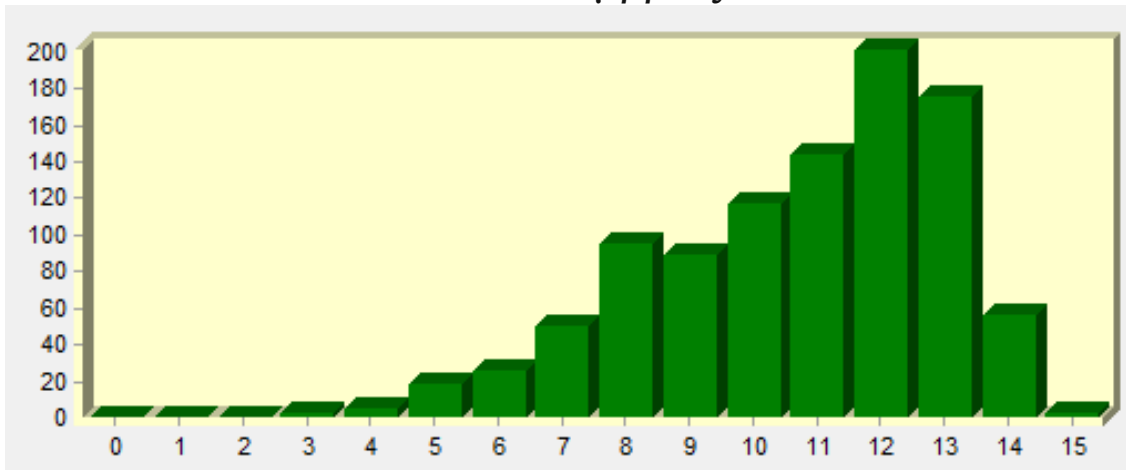
2007



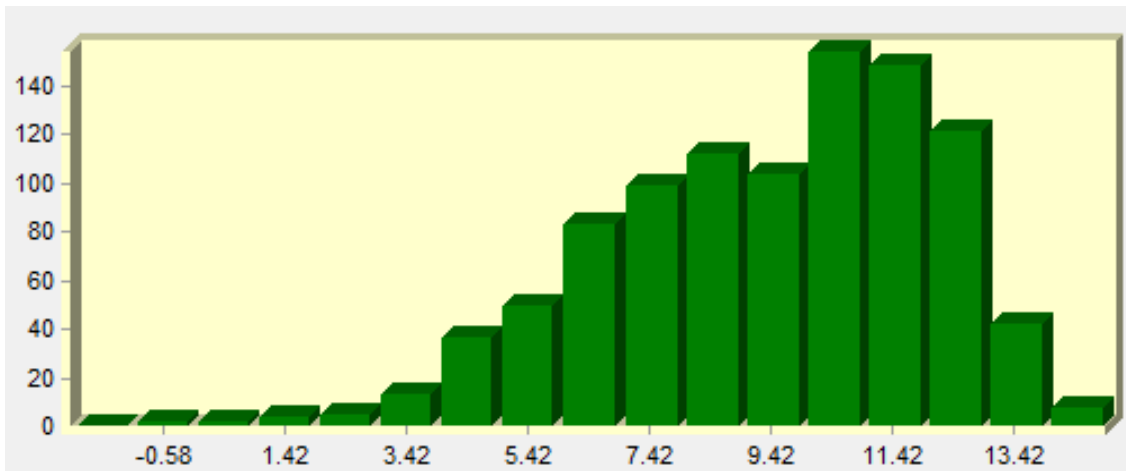
2008

Σχήμα 3.4.11 Νοέμβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

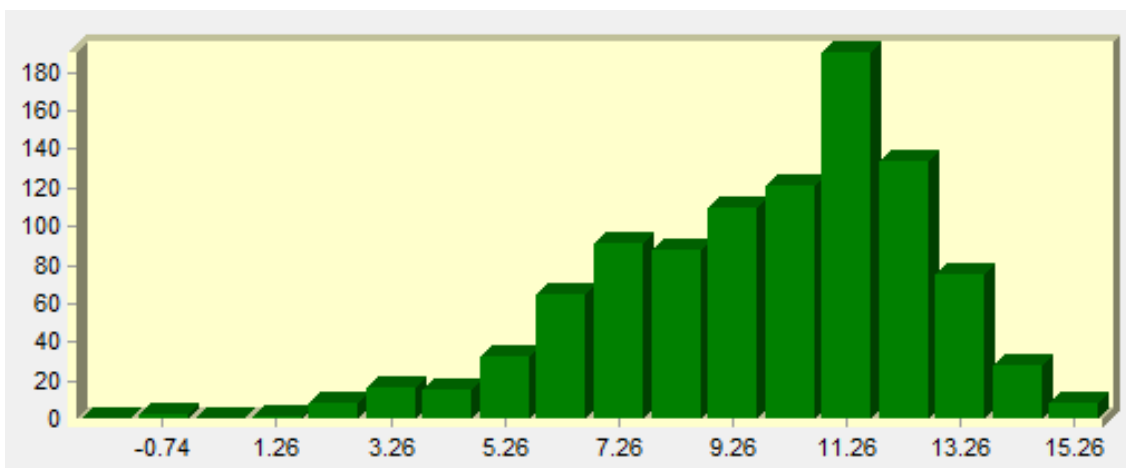
Δεκέμβριος



2006



2007



2008

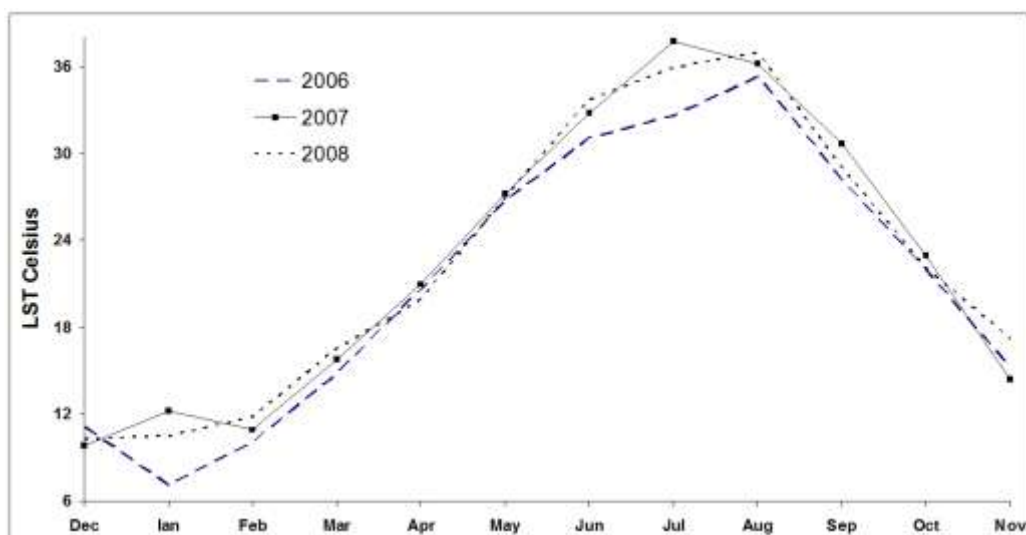
Σχήμα 3.4.12 Δεκέμβριος : Ιστογράμματα συχνότητας 2006 – 2008.

3.5. Παραμετρική Αναπαράσταση Πολυγώνων Καμένων Εκτάσεων ως προς την Διαχρονική Μεταβολή της Θερμοκρασίας

Πρώτα θα εμφανίσουμε τις μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά έτος για κάθε μήνα, για όλη την περιοχή (Πελοπόννησος) που συμπεριλαμβάνεται στη περιοχή μελέτης. Στόχος είναι να δούμε αν υπάρχει διαφοροποίηση στη μέση μηνιαία απόκλιση για τα έτη 2006, 2007 και 2008 αντίστοιχα. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στο πίνακα 3.5.1. και για να διευκολυνθεί η ερμηνεία, υπολογίστηκαν και μέσες τιμές ανά εποχή στο παραπάνω πίνακα. Επιπλέον τα δεδομένα παρουσιάστηκαν σε μορφή διαγράμματος στο σχήμα 3.5.1. Το μειονέκτημα είναι ότι στο πίνακα 3.5.1 συμπεριλαμβάνονται και ζώνες που δεν έχουν καεί το 2007, όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, μας δείχνει μια εκτίμηση για τις συνολικές επιπτώσεις στη Πελοπόννησο.

Πίνακας 3.5.1. Η διαφοροποίηση της Θ στην περιοχή μελέτης για κάθε μήνα κατά τα έτη 2006, 2007, 2008 και η μέση εποχική απόκλιση

YEAR	Dec	Ian	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
2006	11.1	7.1	10.1	14.8	20.6	26.7	31.1	32.6	35.3	28.2	21.9	15.2
2007	9.8	12.2	10.9	15.8	21.0	27.2	32.8	37.7	36.2	30.6	23.0	14.4
2008	10.3	10.5	11.8	16.5	19.9	26.9	33.7	35.9	37.0	29.0	22.1	17.2
Seasons	Winter			Spring			Summer			Autumn		
2006	9.4			20.7			33.0			21.8		
2007	11.0			21.3			35.6			22.7		
2008	10.9			21.1			35.5			22.8		

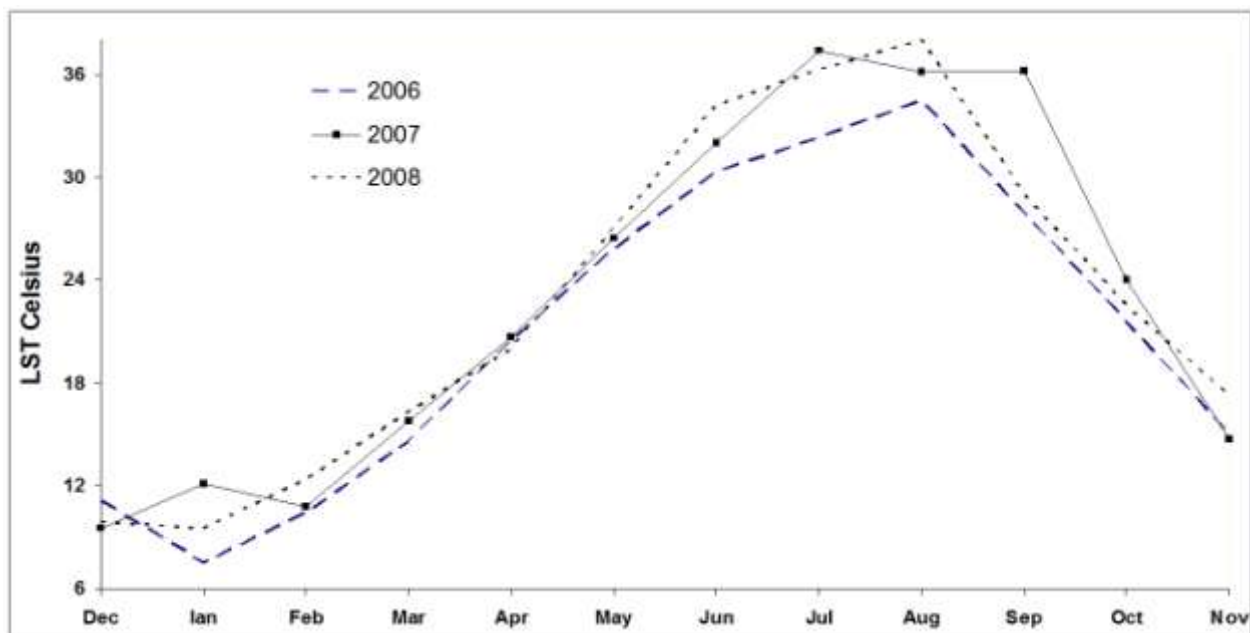


Σχήμα 3.5.1. Η διαφοροποίηση της Θ στην περιοχή μελέτης κατά τα έτη 2006, 2007, 2008.

Στη συνέχεια θα εμφανίσουμε τις μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά έτος για κάθε μήνα, για τις καμένες εκτάσεις που συμπεριλαμβάνεται στη περιοχή μελέτης. Στόχος είναι να δούμε αν υπάρχει διαφοροποίηση, στη μέση μηνιαία απόκλιση για τα έτη 2006, 2007 και 2008 αντίστοιχα. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο πίνακα 3.5.2. για να διευκολυνθεί η ερμηνεία, υπολογίστηκαν και μέσες τιμές ανά εποχή στο παρακάτω πίνακα. Επιπλέον τα δεδομένα παρουσιάστηκαν σε μορφή διαγράμματος στο σχήμα 3.5.2.

Πίνακας 3.5.2. Η διαφοροποίηση της Θ στις καμένες εκτάσεις στην περιοχή μελέτης, κατά τα έτη 2006, 2007, 2008 και η μέση εποχική απόκριση.

YEAR	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
2006	11,1	7,5	10,4	14,6	20,4	25,8	30,3	32,3	34,5	27,9	21,5	15,0
2007	9,5	12,1	10,8	15,8	20,7	26,4	32,0	37,4	36,1	36,2	24,0	14,7
2008	9,9	9,5	12,4	16,3	20,0	27,0	34,2	36,3	38,0	29,0	22,5	17,3
Seasons	Winter			Spring			Summer			Autumn		
2006	9,7			20,3			32,4			21,5		
2007	10,8			21,0			35,2			25,0		
2008	10,6			21,1			36,2			22,9		



Σχήμα 3.5.2. Η διαφοροποίηση της Θ στις καμένες εκτάσεις στην περιοχή μελέτης κατά τα έτη 2006, 2007, 2008.

3.6. Προσδιορισμός Μεταβολών στις Ετήσιες Ζώνες Θερμοκρασίας

Με διαδικασίες μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης που θα εφαρμοστούν σε κάθε έτος ξεχωριστά, θα ορίσουμε ομοειδής ζώνες ως προς την μέση χωροχρονική μεταβολή της θερμοκρασίας τους.

- Η υπόθεση εργασίας που θέλουμε να ελέγξουμε είναι αν οι χωροχρονικές αυτές ζώνες μεταξύ των ετών 2006, 2007 και 2008 έχουν διαφοροποιηθεί λόγω των εκτεταμένων πυρκαγιών του 2007.

Η διαδικασία ταξινόμησης είναι ο αλγόριθμος των K κέντρων ο οποίος :

- αφού προσδιορίσει ο χρήστης μια γενίκευση που επιθυμεί (στην προκειμένη περίπτωση την εκφράζουμε με τον αριθμό των χωροχρονικών ζωνών ανά έτος μεταβολή θερμοκρασίας, που το θέτουμε = 5),

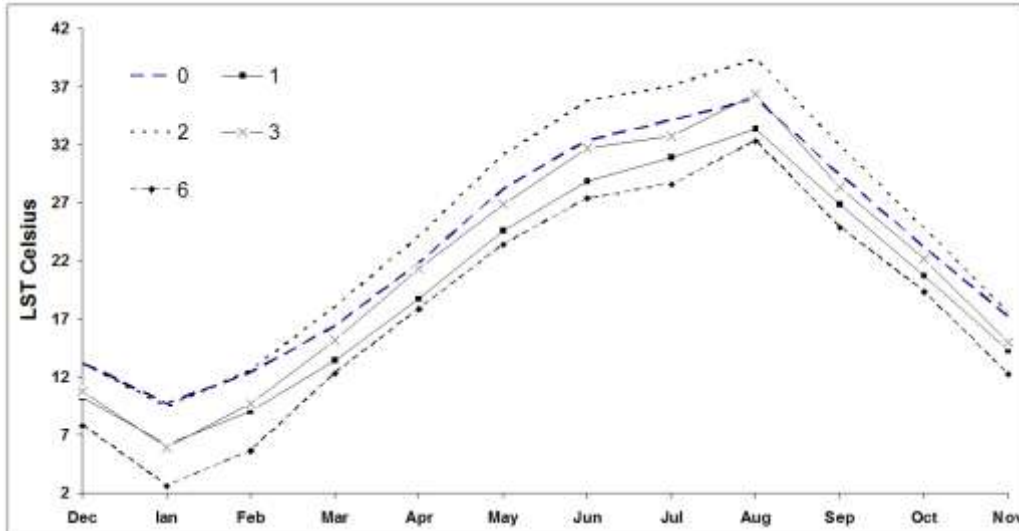
- διαχωρίζει τα εικονοστοιχεία της εικόνας (κάθε εικονοστοιχείο αναπαρίσταται με τις μέσες μηνιαίες τιμές Θ) σε πέντε ομάδες – και η κάθε ομάδα αποτελείται από κάθε εικονοστοιχεία που παρουσιάζουν την μέγιστη δυνατή ομοιότητα μεταξύ τους.

Η κάθε ομάδα ερμηνεύεται ως προς τη χωρική της κατανομή και ως προς το κέντρο βάρους της, που είναι οι μέσες τιμές Θ ανά μήνα όλων των εικονοστοιχείων που την απαρτίζουν. Κατά αυτό τον τρόπο προκύπτουν οι πίνακες 3.6.1, 3.6.2 και 3.6.3, που εμπεριέχουν τα κέντρα βάρους των τάξεων για τα έτη 2006, 2007 και 2008 αντίστοιχα. Στις εικόνες 3.6.1, 3.6.3 και 3.6.5 παρουσιάζονται τα κέντρα βάρους των τάξεων και στις εικόνες 3.6.2., 3.6.4 και 3.6.6. η χωρική κατανομή των τάξεων ανά έτος.

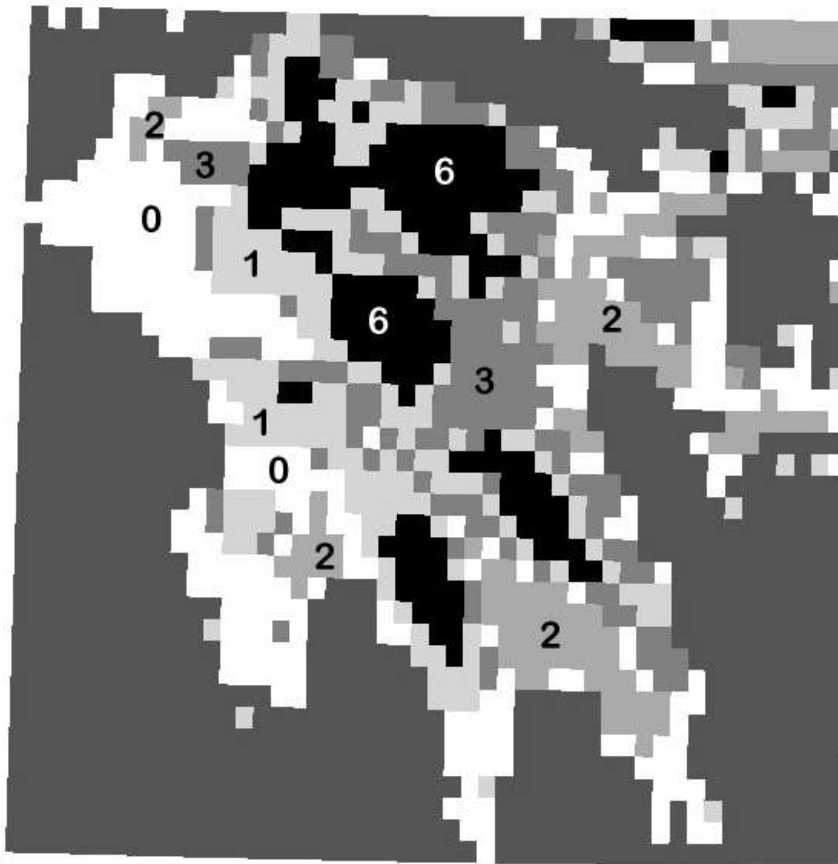
2006

Πίνακας 3.6.1. Κέντρα βάρους τάξεων (2006)

2006	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
0	13.18	9.74	12.39	16.33	21.81	28.11	32.42	34.15	35.90	29.40	23.14	17.17
1	10.19	6.20	9.00	13.46	18.71	24.60	28.83	30.92	33.31	26.85	20.74	14.31
2	13.14	9.46	12.57	18.03	24.10	31.12	35.79	37.09	39.42	31.88	24.81	17.53
3	10.74	5.87	9.69	15.13	21.28	26.87	31.66	32.74	36.35	28.31	22.13	15.01
6	7.83	2.61	5.63	12.26	17.83	23.40	27.40	28.58	32.29	24.84	19.28	12.18



Σχήμα. 3.6.1. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2006).

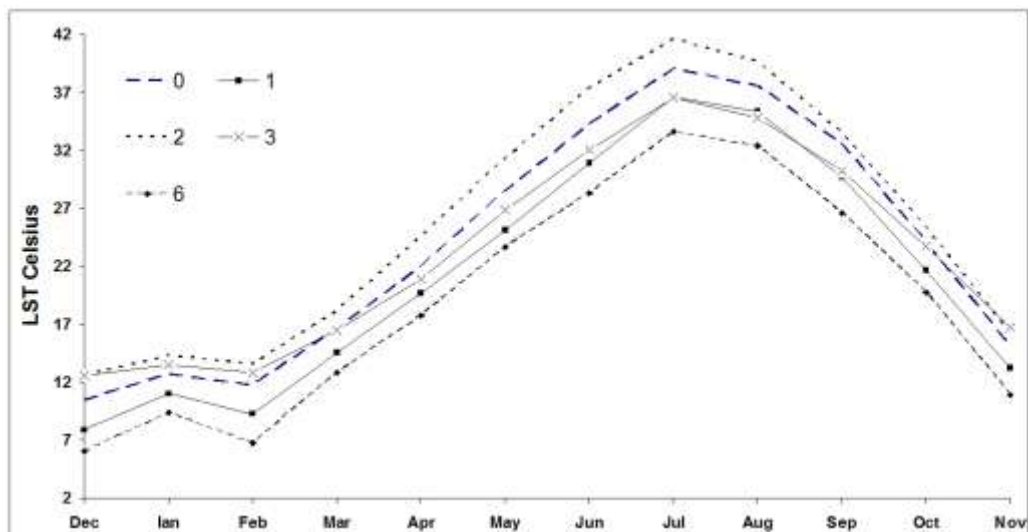


Εικόνα 3.6.1. Χωρική κατανομή των τάξεων (2006).

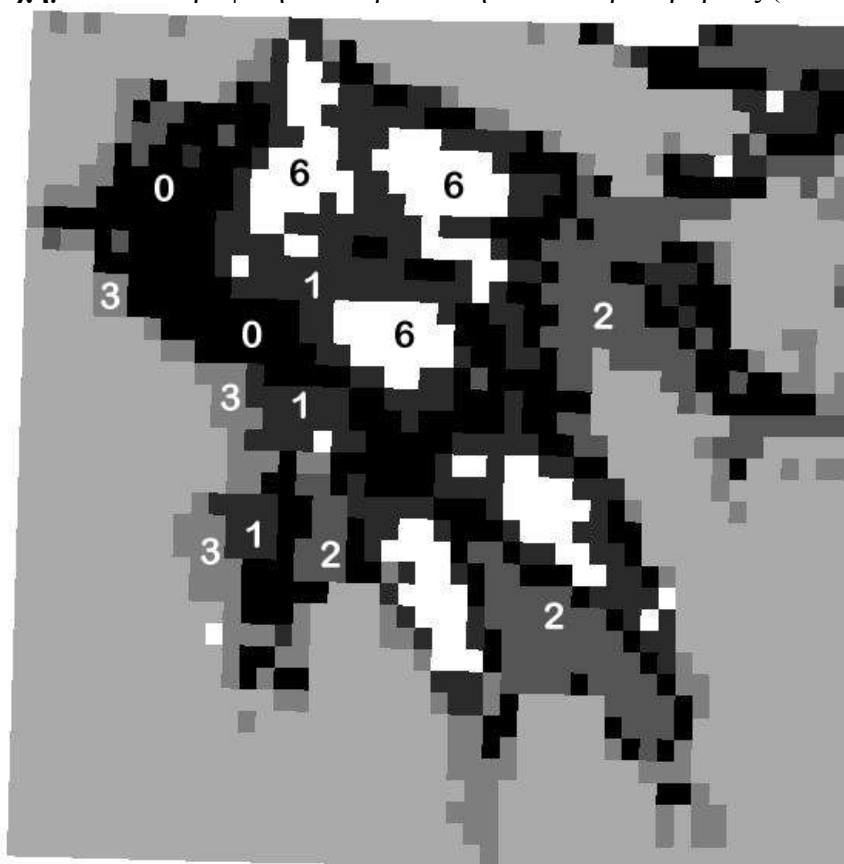
2007

Πίνακας 3.6.2. Κέντρα βάρους τάξεων (2007)

2007	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
0	10.50	12.77	11.79	16.64	21.99	28.51	34.29	39.07	37.55	32.53	24.08	15.08
1	7.93	10.96	9.29	14.52	19.70	25.15	30.89	36.65	35.32	29.68	21.63	13.22
2	12.62	14.31	13.56	18.19	24.59	31.23	37.45	41.62	39.64	33.53	25.35	16.24
3	12.54	13.50	12.82	16.42	20.87	26.89	32.05	36.58	34.79	30.24	23.74	16.70
6	6.09	9.36	6.80	12.82	17.74	23.65	28.30	33.57	32.40	26.57	19.71	10.95



Σχήμα 3.6.2. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2007).

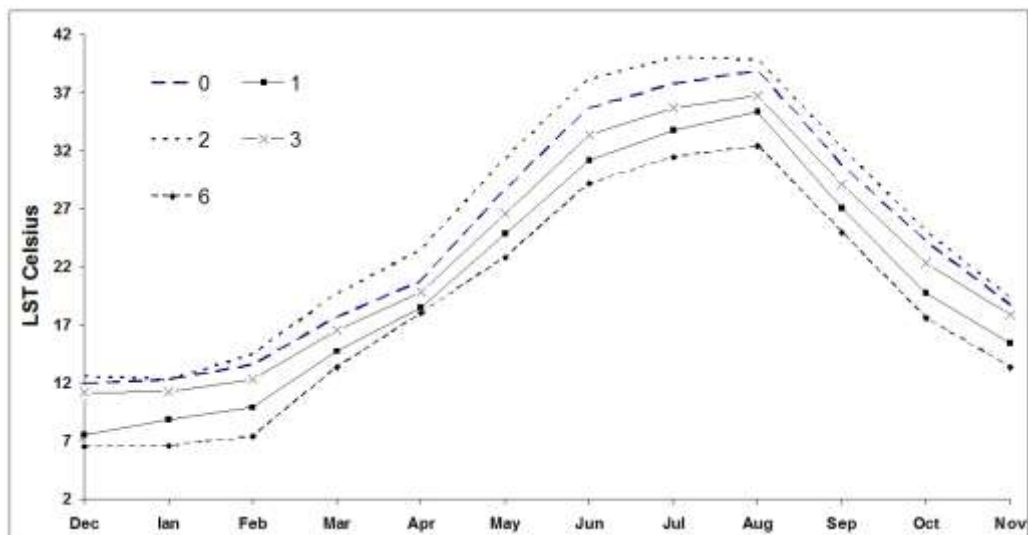


Εικόνα 3.6.2. Χωρική κατανομή των τάξεων (2007).

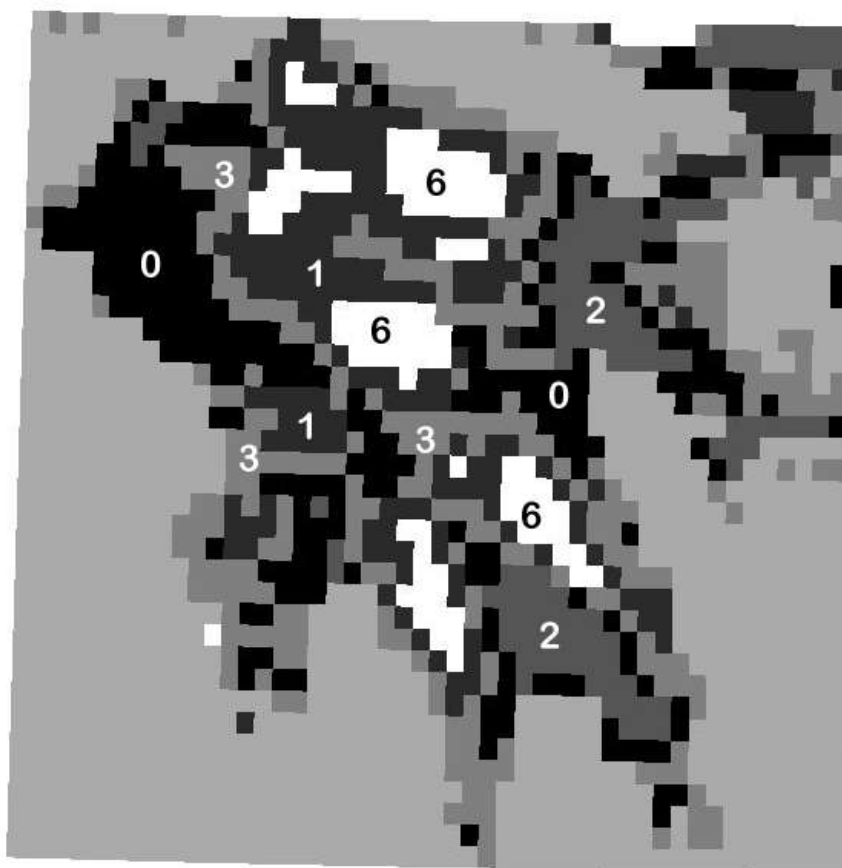
2008

Πίνακας 3.6.3. Κέντρα βάρους τάξεων (2008)

2008	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
0	11.99	12.27	13.59	17.68	20.76	28.58	35.67	37.74	38.88	30.66	24.16	18.70
1	7.55	8.86	9.90	14.69	18.42	24.85	31.20	33.78	35.32	27.04	19.71	15.40
2	12.56	12.26	14.49	19.62	23.50	31.30	38.20	39.99	39.83	32.25	25.04	19.30
3	11.21	11.23	12.31	16.54	19.80	26.57	33.36	35.66	36.70	29.12	22.32	17.86
6	6.49	6.56	7.34	13.37	17.99	22.76	29.15	31.40	32.35	24.92	17.58	13.38



Σχήμα 3.6.3. Γραφική αναπαράσταση των κέντρων βάρους (2008).



Εικόνα 3.6.3. Χωρική κατανομή των τάξεων (2008).

Κεφάλαιο Τέταρτο

4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η Πελοπόννησος διαμέσου πλεγματικών αναπαραστάσεων της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, με μια χρονοσειρά εικόνων πριν (2006) και μετά (2008) το 2007 προκειμένου να καταγραφεί η μεταβολή στην βιοφυσική της υπογραφή (θερμοκρασίας). Οι μεταβολές στην βιοφυσική μεταβολή, αναμένεται να συσχετιστούν με τις τεράστιες έκτασης αλλαγές στις καλύψεις γης που προκλήθηκαν από τις καταστροφικές πυρκαγιές στην Πελοπόννησο τον Αύγουστο του 2007.

Πίνακας 4.1. Ποσοστιαία έκφραση των καμένων εκτάσεων ανά κάλυψη γης.

Είδος Κάλυψης	Έκταση %
Αστικό περιβάλλον	0.8
Χώροι άθλησης με βλάστηση	0.0
Μη-αρδευόμενες καλλιέργειες	2.1
Αμπελώνες	0.8
Οπωρώνες	0.0
Ελαιώνες	7.9
Σύνθετες καλλιεργήσιμες εκτάσεις	12.7
Διαδοχή καλλιεργήσιμων εκτάσεων και φυσικής βλάστησης	31.6
Δάση πλατύφυλλων	6.9
Δάση κωνοφόρων	6.6
Μεικτά δάση πλατύφυλλων-κωνοφόρων	0.1
Χορτολίβαδα	9.7
Θαμνώνες σκληρόφυλλων	20.2
Εκτάσεις μεταξύ δασών και θάμνων	0.0
Παράκτια βλάστηση	0.3
Υγρότοποι (γλυκού και θαλασσινού νερού)	0.2
Παραποτάμια βλάστηση	0.1

Παραλίμνια βλάστηση	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	100

Η ποσοστιαία έκφραση του Πίνακα 2.2.2.2 (στον οποίο οι καμένες εκτάσεις ανά κάλυψη γης εκφράζονται σε στρέμματα) δίνεται στον Πίνακα 4.1.

Συνάγεται από τον Πίνακα 4.1 ότι

- Οι δενδρώδης εκτάσεις (Ελαιώνες, Δάση) και θαμνώδεις σκληρόφυλλων (20.2%) καλύπτουν το 44% των καμένων εκτάσεων.
- Το υπολειπόμενο ποσοστό πάλι αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο του ποσοστό σε εναλλασσόμενες με δένδρα εκτάσεις (Σύνθετες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, Διαδοχή καλλιεργήσιμων εκτάσεων και φυσικής βλάστησης).

Δηλαδή οι ζώνες αστικής χρήσης, παροδικών καλλιεργειών και χορτο - λιβαδικών εκτάσεων παρουσιάζουν μικρό ποσοστό επί του συνόλου των καμένων εκτάσεων. Επομένως, η ανανέωση των δενδρωδών (δάση, μόνιμες καλλιεργήσιμες εκτάσεις) και των θαμνωδών εκτάσεων θα χρειαστεί βάθος χρόνου, επομένως θα αλλάξουν τα βιοφυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής στα επόμενα χρόνια. Επιπλέον

- Στις εργασίες των Τράκου (2014) και Τσεκμέ (2014) αποδεικνύεται ότι διαφοροποιούνται εποχικά οι περιοχές μόνιμης (δάση, θαμνώδεις εκτάσεις, μόνιμες δενδρώδεις καλλιέργειες) και παροδικής βλάστησης (χορτολιβαδικές εκτάσεις, παροδικές καλλιέργειες) ως προς την βιοφυσική τους υπογραφή στην Κύπρο και στον Δασικό Δρυμό της Πάρνηθας.
- Η διαφοροποίηση οφείλεται στην εμφάνιση ή μη της εποχικής βλάστησης σε περιοχές χωρίς δένδρα, λόγω της εποχικής αλλαγής στην υγρασία (βροχοπτώσεις, κ..α) και της θερμοκρασίας.

Το αποτέλεσμα είναι ότι οι δενδρώδεις περιοχές παρουσιάζουν πιο χαμηλές θερμοκρασίες και μικρότερες ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, από τις χορτολιβαδικές εκτάσεις και από τις εκτάσεις με παροδικές καλλιέργειες (στις τελευταίες χρήσεις παίζει ρόλο και ο τύπος της άρδευσης). Στην παρούσα περιοχή μελέτης (Πελοπόννησος) η απότομη αλλαγή των καλύψεων γης λόγω πυρκαγιών, μπορεί να έχει μεταβάλλει την επιφανειακή ατμοσφαιρική κυκλοφορία.

Η υλοποίηση βασίστηκε στις βιοφυσικές παρατηρήσεις του σαρωτή MODIS, επειδή υπάρχει διαθεσιμότητα βιοφυσικών δεδομένων την χρονική περίοδο 2007. Η χρονική περίοδο λήψης των δεδομένων επιλέχτηκε να είναι η 10:30 από τις 13:30 (ημερήσια λήψη) και τις νυκτερινές λήψεις 22:20, 1:30 αφού ο στόχος είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής του βιοφυσικού δείκτη της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Η λήψη την 13:30 απορρίφθηκε επειδή μετά τις 12 καθώς υπάρχει μια ομογενοποίηση στις θερμοκρασίας του εδάφους για μεσαία και μικρά γεωγραφικά πλάτη. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας που περιλαμβάνουν μέσες μηνιαίες θερμοκρασίας στην ψηφιακή διαμέριση του climatic modeling grid. Αυτό συνέβη καθώς το αντικείμενο της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός εποχικών και ετήσιων μεταβολών στην βιοφυσική υπογραφή της Πελοποννήσου μετά τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007. Επιπλέον στα βιοφυσικά προϊόντα MODIS περιλαμβάνεται και το προϊόν MODIS Global Burned Area Product που προσδιορίζει τις καμένες εκτάσεις σε ημερήσια βάση.

Οι κύριοι περιορισμοί των δεδομένων έχουν σχέση με το μέγεθος του εικονοστοιχείου (περίπου 5 km), το στοιχειώδες μέσο χρονικό διάστημα (μήνας, ενώ υπάρχουν δεδομένα σε εβδομαδιαία και ημερήσια βάση) και το εύρος της χρονικής περιόδου (3 έτη ενώ η διαθεσιμότητα δεδομένων ξεκινά από το 2000 έως σήμερα). Αυτό σημαίνει ότι στο άμεσο μέλλον η διαθεσιμότητα βιοφυσικών δεδομένων με υποπενταπλάσια έως και υποδεκαπλάσια χωρική διακριτική ικανότητα θα επιτρέψει τη χαρτογράφηση ενοτήτων με διαφορετική βιοφυσική υπογραφή που θα έχουν πολύ μικρότερη επιφανειακή εξάπλωση. Επιπροσθέτως η αύξηση του εύρους της χρονικής περιόδου μελέτης, θα επιτρέψει την αναγνώριση διαφοροποιήσεων που έχουν σχέση με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή. Ενώ η θεώρηση μικρότερου μέσου χρονικού διαστήματος θα επιτρέψει τον ακριβέστερο προσδιορισμό χρονικά της μετάβασης των εποχών.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα απαντηθούν είναι:

1. Ερμηνεύεται η μεταβολή των θερμοκρασιών από τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα και ιστογράμματα συχνότητας (για το σύνολο της Πελοποννήσου) για τις εικόνες αντίστοιχων μηνών τα έτη 2006, 2007 και 2008.
2. Παρατηρείται διαφορετική παραμετρική αναπαράσταση των καμένων εκτάσεων ως προς την θερμοκρασία τα έτη 2006, 2007 και 2008.

3. Σε ποιες χωρικές ζώνες μπορεί να καταταμηθεί η Πελοπόννησος ως προς την ετήσια χωροχρονική μεταβολή της θερμοκρασίας για τα έτη 2006, 2007, 2008, όπως αυτή καταγράφεται από τον δορυφόρο MODIS και αν η κατάτμηση για κάθε έτος υποδηλώνει διαφοροποίηση της βιοφυσικής της υπογραφής.

Η ανάλυση των δεδομένων υποδηλώνει ότι

- A. η διαφοροποίηση των συνολικών ετήσιων μηνιαίων θερμοκρασιών (Πίνακας 3.5.1 και Σχήμα 3.5.1) είναι πολύ μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα από το τέλος του υδρολογικού έτος (Μάιος) μέχρι την αρχή του υδρολογικού έτος (Σεπτέμβριος). Δηλαδή τα έτη 2007 και 2008 έχουν σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών στο διάστημα από Μάιο έως Σεπτέμβριο, ως προς το έτος 2006. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στην αποψίλωση των καμένων εκτάσεων από δένδρα και έτσι στην θερινή περίοδο που υποχωρεί είτε εξαφανίζεται η βλάστηση στις χορτολιβαδικές εκτάσεις και στις μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας όπως άλλωστε αναμένεται (Τράκος 2014, Τσεκμέ 2014).
- B. η προηγούμενη παρατήρηση ενισχύεται αν προσδιορισθούν στατιστικά δεδομένα για τις ζώνες μόνο των καμένων εκτάσεων όπως υποδηλώνεται στον Σχήμα 3.5.2. Μάλιστα το 2007 εμφανίζεται πολύ μεγαλύτερη απόκλιση από το έτος 2006 ενώ το 2008 η καμπύλη παρουσιάζει μια εμφανή τάση επιστροφής προς την καμπύλη του 2006 (Σχήμα 3.5.2, πίνακας 3.5.2) από την ακραία κατάσταση του 2007 (έτος πυρκαγιών).
- Γ. Οι βιοφυσικές ζώνες που ορίζονται με μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση για κάθε έτος υποδηλώνουν διαφοροποίηση τόσο ως προς την χωρική εξάπλωση όσο και ως προς την παραμετρική τους αναπαράσταση (Σχήματα 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, Πίνακες 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3). Πιο συγκεκριμένα στην Ηλεία η ζώνη 0, (Εικόνες 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3) παρουσιάζει αύξηση των θερμοκρασιών σε όλους του μήνες ενώ η ζώνη καλύπτει μεγαλύτερη έκταση το 2007, 2008 από ότι το 2006. Επιπλέον παρουσιάζεται μεταβολή της επιφανειακής ατμοσφαιρική κυκλοφορίας αφού την 10.30 πρωινή, η περιοχή της Αρκαδίας (ζώνη 6) παρουσίαζε πολύ μεγαλύτερες θερμοκρασίες μετά τις πυρκαγιές. Δηλαδή η σχεδόν συνολική καταστροφή του Νομού Ηλείας και η μερική καταστροφή του Νομού Αρκαδίας, επέδρασε δραστικά στις παρατηρημένες θερμοκρασίες και πιο ανατολικά της Ηλείας

Κεφάλαιο Πέμπτο

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Επιβεβαιώνεται ότι οι δενδρώδεις περιοχές παρουσιάζουν πιο χαμηλές θερμοκρασίες και μικρότερες ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, από τις χορτολιβαδικές εκτάσεις και τις εκτάσεις με ετήσιες καλλιέργειες (στις τελευταίες χρήσεις παίζει ρόλο και ο τύπος της άρδευσης).

Εφόσον οι ζώνες αστικής χρήσης, ετήσιων καλλιεργειών και χορτο - λιβαδικών εκτάσεων παρουσιάζουν μικρά ποσοστά επί του συνόλου των καμένων εκτάσεων, είναι σαφές ότι η ανανέωση των δενδρωδών (δάση, μόνιμες καλλιεργήσιμες εκτάσεις) και των θαμνωδών εκτάσεων θα χρειαστεί βάθος χρόνου, και άρα σε βάθος χρόνου θα μεταβληθούν τα βιοφυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής .

Η διαφοροποίηση των συνολικών ετήσιων μηνιαίων θερμοκρασιών είναι πολύ μεγαλύτερη στο χρονικό διάστημα από το τέλος του υδρολογικού έτος (Μάιος) μέχρι την αρχή του υδρολογικού έτος (Σεπτέμβριος). Δηλαδή τα έτη 2007 και 2008 έχουν σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών στο διάστημα από Μάιο έως Σεπτέμβριο, ως προς το έτος 2006. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στην αποψίλωση των καμένων εκτάσεων από δένδρα και έτσι κατά την θερινή περίοδο όπου υποχωρεί είτε εξαφανίζεται η βλάστηση στις χορτολιβαδικές εκτάσεις και στις μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας.

Στην παρούσα περιοχή μελέτης (Πελοπόννησος) η απότομη αλλαγή των καλύψεων γης λόγω πυρκαγιών, έχει μεταβάλλει και την επιφανειακή ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Έτσι το μέγιστο των διαφοροποιήσεων παρατηρείται το 2007 (εποχή των πυρκαγιών) ενώ το 2008 έχουμε μια ύφεση των διαφοροποιήσεων με μια διαφαινόμενη τάση επιστροφής των εποχικών καμπυλών θερμοκρασίας προς τα επίπεδα του 2006.

Οι βιοφυσικές παρατηρήσεις του δορυφόρου MODIS παρέχουν ανεκτίμητες πληροφορίες για το φυσικό περιβάλλον και μας δίνουν δυνατότητες αξιολόγησης του και συγκριτικών

μελετών που βοηθούν στον σχεδιασμό καλύψεων - χρήσεων γης καθώς και στην περιβαλλοντική προστασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Ali, A., de Bie, C.A.J.M., Skidmore, A.K., Scarrott, R.G., Hamad, A., V., Venus, V., Lymberakis, P., (2013). Mapping land cover gradients through analysis of hyper-temporal NDVI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 23. 301–312
2. Archibald, S., Roy, D.P., Van Wilgen, B.W., Scholes, R.J., (2009). What Limits Fire?: An examination of drivers of burnt area in sub-equatorial Africa, *Global Change Biology special issue on Fire Ecology and Climate Change*, 15, 613–630.
3. Arsanjania, J., Vaz, E., (2014). An assessment of a collaborative mapping approach for exploring land use patterns for several European metropolises.
4. Athmania, D., Achour, H., (2014). External Validation of the ASTER GDEM2, GMTED2010 and CGIAR-CSI- SRTM v4.1 Free Access DEMs in Tunisia and Algeria. *Remote Sensing*. 6(5):4600-4620.
5. Baek, J., Choi, M., (2012). Availability of land surface temperature from the COMS in the Korea Peninsula. *Journal of Korea Water Resources*, 45, Issue ,8, pp.755-765.
6. Beltrami, H., (2001). « On the relationship between ground temperature histories and meteorological records: a report on Pomquet station», *Global and Planetary Change* 29. 327-348.
7. Black, K., Creamer, R., Xenakis, G., Cook, S., (2014). Improving forest soil carbon models using spatial data and geostatistical approaches. *Geoderma* 232–234. 487–499.
8. Boschetti, L., Roy, D., (2009). Strategies for the fusion of satellite fire radiative power with burned area data for fire radiative energy derivation, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114.
9. Boschetti, L., Roy, D., Barbosa, P., Boca, R., Justice, C., (2008). A MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 29:2433-2436.
10. Boschetti, L., Roy, D., (2008). “ Defining a fire year for reporting and analysis of global fire inter-annual variability ”, *JGR-biogeosciences*, vol. 113, G03020, 2008.

11. Boschetti, L., Roy, D., Justice, C., (2008). Using NASA's World Wind Virtual Globe for Interactive Visualization of the Global MODIS Burned Area Product, *International Journal of Remote Sensing*, 29(11)3067-3072.
12. Brown, N., France, G., Robin, F., (2002). Mapping of Land Use Classes Within the CORINE Land Cover Map of Great Britain. *The Cartographic Journal*, Volume 39, Issue 1, pp. 5-14
13. Buchanan, B., Fleming, M., Schneider, R., Richards, B., Archibald, J., Qiu, Z., Walter, M., (2013). Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 10(11) : 14041-14093.
14. Cai, S., Desheng, L., Damien, M., Mark, Friedl., (2014). Enhancing MODIS land cover product with a spatial-temporal modeling algorithm. *Remote Sensing of Environment* 147. 243-255.
15. Carmen, L., Raül, M., Montserrat, B., Gilabert, J., Turco, M., Pere, Q., (2014). Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. *Atmospheric Research*, Volume 149, Pages 230-243.
16. Cecílio, R., Luciano M., Coutinho., A. C. Xavier., Moreira, M., Sidney, S.S., Garcia, G.D.O., (2013). Delineation of watershed in a mountainous area using different digital elevation models. 34(5) 2007-2024
17. Changwei, J., Ashton, S., Shengpan, L., Jiaping, W., (2013). Comparison and validation of SRTM and ASTER GDEM for a subtropical landscape in South-eastern China. *International Journal of Digital Earth*, Volume 7, Issue 12, Pages: 969-992
18. Chirico, P.G., Malpeli, K.C., Trimble, S., (2012). Accuracy Evaluation of an ASTER-Derived Global Digital Elevation Model (GDEM) Version 1 & Version 2 for Two Sites in Western Africa. *GIScience & Remote Sensing*,49(6)775-801
19. Chowdhury, E., Quazi, H., (2014). Operational perspective of remote sensing-based forest fire. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.
20. Coll, C., Caselles, V., Galve, J.M., Valor, E., Niclos, R., Sanchez, J.M., Rivas, R., (2005). Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data", *Remote Sens. Environ.*, 97, 288-300.
21. Feranec, J., Gerard, H., Jaffrain, G., Cebecauer, T., (2013). Cartographic Aspects of Land Cover Change. *The Cartographic Journal*44:1, 44-54.

22. Foulds, S.A., Griffiths, H.M., Macklin, M.G., Brewer, P.A., (2014).
Geomorphological records of extreme floods and their relationship to decadal-scale
climate change. *Geomorphology*, Volume 216, Pages 193-207.
23. Fried, M., McIver, D.K., Hodges, J.C.F., Zhang, X.Y., Muchoney, D., Strahler, A.,
Woodcock, C.E., Gopal, S., Schneider, A., Cooper, A., Baccini, A., Gao, F., Schaa,
C., (2002). *Remote Sensing of Environment* 83 (2002) 287–302. Global land cover
mapping from MODIS: algorithms and early results.
24. Gallo, F., Lavé, J., (2014). Evolution of a large landslide in the High Himalaya of
central Nepal during the last half-century. *Geomorphology*, Volume 223, Pages 20-32.
25. Giglio, L., (2007). Characterization of the tropical diurnal fire cycle using VIRS and
MODIS observations. *Remote Sensing of Environment*, 108, 407-421.
26. Giglio, L., Csiszar, I., Restás, Á., Morisette, J., Schroeder, W., Morton, D., Justice, C.
O., (2008). Active fire detection and characterization with the Advanced Spaceborne
Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). *Remote Sensing of
Environment*, 112, 3055-3063.
27. Giglio, L., Loboda, T., Roy, D.P., Quayle, B., Justice, C.O., (2009). An active-fire
based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor, *Remote Sensing of
Environment*, 113: 408-420.
28. Grandcourt, A., Burban, B., Flechard, C., Guyon, D., Granier, A., Gross, P., Heinesh,
B., Longdoz, B., (2012). Ground - based Network of NDVI measurements for
tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different
biomes. *Remote Sensing of Environment* 123 (2012) 234–245.
29. Guo, M., Wang, X., Li, J., Yi, K., Zhong, G., Tani, H., (2012). Assessment of Global
Carbon Dioxide Concentration Using MODIS and GOSAT Data. *Sensors*, 12, 16368-
16389.
30. Hala, E., (2014). Accuracy enhancement OF of AND ASTER DEMS using weight
estimation Regression Mmodel. *Int. J. of Research in Engineering and Technology*
03(08) 371-377.
31. Hill, D.J., (2013). An assessment of spatial models for daily minimum and maximum
air temperature. *GIScience & Remote Sensing*, 50(3) pp. 281 – 300.
32. Huang, C., Xin, L., Ling, L., (2008). Retrieving soil temperature profile by
assimilating MODIS LST products with ensemble Kalman filter. *Remote Sensing of
Environment* 112. 1320–1336.

33. Jasiewicz, J., Stepinski, T., (2013). Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182: 147-156.
34. Jiayuan, L., Guiyun, Z., (2013). Quick Identification of Regional Earthquake-Induced Landslides Based on Sharp NDVI Change. In: *Earthquake-Induced Landslides* , Keizo Ugai, Hiroshi Yagi, Akihiko Wakai (Editors) Springer-Verlag, Kiryu, Japan, pp 715-723.
35. Jinyoung, R., Jungho, I., (2014). Estimating High Spatial Resolution Air Temperature for Regions with Limited in situ Data Using MODIS Products. *Remote Sensing*, 6, 7360-7378.
36. Kaicun, W. K., Shunlin, L., (2009). Evaluation of ASTER and MODIS land surface temperature and emissivity products using long-term surface long wave radiation observations at SURFRAD sites. *Remote Sensing of Environment* 113. 1556–1565.
37. Kallimanis, A., Koutsias, N., (2013). Geographical patterns of Corine land cover diversity across Europe: The effect of grain size and thematic resolution. *Progress in Physical Geography*, 37(2): 161-177.
38. Kaskaoutis, D., Shailesh, K. K., Sifakis, N., Nastos, P.T., Sharma, A.R., Badarinath, K.V.S., Kambezidis, H.D., (2011). Satellite monitoring of the biomass-burning aerosols during the wildfires of August 2007 in Greece: Climate implications. *Atmospheric Environment* 45. 716 – 726.
39. Kemal Sönmez, N., Onur, I., Sari, M., Maktav, D., (2009). Monitoring changes in land cover/use by CORINE methodology using aerial photographs and IKONOS satellite images: a case study for Kemer, Antalya, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 30(7): 1771-1778.
40. King, M.D., Platnick, S., Menzel, W.P., Ackerman, S.A., Hubanks, P.A., (2013). Spatial and Temporal Distribution of Clouds Observed by MODIS Onboard the Terra and Aqua Satellites *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, Vol. 51, pp. 3826-3852 (2013).
41. Li, P., Li, S.Z., Muller, JP., Drummond, J., (2013). Evaluation of ASTER GDEM using GPS benchmarks and SRTM in China. *Int. J. of Remote Sensing*, 34(5), 1744-1771.
42. Lillesan, T., Kiefer, R.W., Chipman, J., (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th ed. New York: John Wiley & Sons, p.768.

43. Liu, C., Shi, B., Yang, X., Li, N., Wu, H., (2013). Automatic buildings extraction from lidar data in urban area by neural oscillator network of visual cortex. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* ,6 (4), art. no.6477174, pp. 2008-2019.
44. Loboda, T., Csiszar, I., (2007). Reconstruction of Fire Spread within Wildland Fire Events in Northern Eurasia from the MODIS Active Fire Product. *Global and Planetary Change*, 56 (3-4): 258-273 .
45. Loboda, T., Csiszar, I., (2007). Assessing the Risk of Ignition in the Russian Far East within a Modeling Framework of Fire Threat. *Ecological Applications*, 17 (3): 791-805.
46. Long, H., (2014). Land use policy in China: Introduction. *Land Use Policy*, Volume 40, Pages 1-5.
47. Maier, S., Jeremy, R., Smith Andrew, C., Yates, E.C., (2013). Sensitivity of the MODIS fire detection algorithm (MOD14) in the savanna region of the Northern Territory, Australia. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 76. 11–16.
48. Manso, O.F., Manso, A.F., Quintanoc, C., (2014). Estimation of aboveground biomass in Mediterranean forests by statistical modelling of ASTER fraction images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 31. 45–56.
49. Miliareisis, G., (2007). An upland object based modeling of the vertical accuracy of the SRTM-1 elevation dataset. *Journal of Spatial Sciences*, 52(1):13-29.
50. Miliareisis, G., (2009a). The terrain signatures of administrative units: a tool for environmental assessment. *Environmental Monitoring & Assessment*, 150 (1-4) : 385-396.
51. Miliareisis, G., (2009b). Regional thermal and terrain modeling of the Afar Depression from multi-temporal night LST data. *Int. J. of Remote Sensing*, 30(9):2429–2446.
52. Miliareisis, G., (2012a). Elevation, latitude and longitude decorrelation stretch of multi-temporal near-diurnal LST imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 33(19):6020-6034.
53. Miliareisis, G., (2012b). Elevation, latitude/longitude decorrelation stretch of multi-temporal LST imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78(2):151-160.

54. Miliareisis, G., (2012c). Selective variance reduction of multi-temporal LST imagery in the East Africa Rift System. *Earth Science Informatics* 5(1):1-12.
55. Miliareisis, G., (2013a). Terrain analysis for active tectonic zone characterization, a new application for MODIS night LST (MYD11C3) dataset. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(7):1417-1432.
56. Miliareisis, G., (2013b). Thermal anomaly mapping from night MODIS imagery of USA, a tool for environmental assessment. *Environmental Monitoring & Assessment* 185(2):1601-1612.
57. Miliareisis, G., (2014a). Daily Temperature Oscillation Enhancement of Multi-temporal LST Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 80(5)423-428.
58. Miliareisis, G., (2014b). Spatiotemporal patterns of land surface temperature of Antarctica from MODIS Monthly LST data (MYD11C3). *Journal of Spatial Science*, 59 (1) 157-166.
59. Miliareisis, G., Delikaraoglou D., (2009). Effects of Percent Tree Canopy Density and DEM Mis-registration to SRTM/NED Vegetation Height Estimates. *Remote Sensing* 1.(2):36-49
60. Miliareisis, G., Paraschou, V., (2005). Vertical accuracy of the SRTM DTED Level 1 of Crete. *Int. Journal of applied earth observation and geoinformation*. 7 (1). 49-59.
61. Miliareisis, G., Paraschou, V., (2011). An evaluation of the accuracy of the Aster GDEM and the role of stack number: A case study of Nisiros, Greece. *Remote sensing letters*, 2(2):127-135.
62. Miliareisis, G., Partsinevelos, P., (2010). Terrain Segmentation of Egypt from Multi-temporal Night LST Imagery and Elevation Data. *Remote Sensing*, 2(9):2083-2096.
63. Miliareisis, G., Sabatakakis, N., Koukis, G., (2005). Terrain pattern recognition & spatial decision for regional slope stability studies. *Natural Resources Research*, 14(2):91-100.
64. Miliareisis, G., Seymour, K.ST., (2011). Mapping the spatial & temporal SST variations in Red Sea, revealing a probable regional geothermal anomaly from Pathfinder V5 data. *Int. J. of Remote Sensing*, 32(07):1825-1842.
65. Miliareisis, G., Tsatsaris, A., (2011). Mapping the spatial and temporal pattern of day-night temperature difference in Greece from MODIS imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 48(2):210-224.

66. Miliareisis, G., Tsatsaris, A., (2010). Thermal terrain modeling of spatial objects, a tool for environmental and climatic change assessment. *Environmental Monitoring & Assessment*, 164(1-4):561-572.
67. Mouillota, F., Schultzb, M., Yuec, C., Cadulec, P., Tanseyd, K., Ciaiss, P., Chuviecoe, E., (2014). Ten years of global burned area products from spaceborne remote sensing — A review: Analysis of user needs and recommendations for future developments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 26. 64–79.
68. Neumann, K., Herold, M., Hartley, A., Schmullius, C., (2007). Comparative assessment of CORINE2000 and GLC2000: Spatial analysis of land cover data for Europe. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9(4): 425-437.
69. Only, K., (2011). *Issues in Environmental Law, Policy and Planning*. Scholarly Editions, Atlanta, Georgia, ISBN 978- 1-464-96468-8.
70. Pillot, B., Muselli, M., Poggi, P., Haurant, P., Hared, I., (2013). The first disaggregated solar atlas of Djibouti: A decision-making tool for solar systems integration in the energy scheme. *Renewable Energy* 57:57-69.
71. Fernanda, P.P., Patenaude, G., Ometto, J.P., Meir, P., Toledo, P.M., Coelho, A., Frickmann Young, C.E., (2014). Ecosystem protection and poverty alleviation in the tropics: Perspective from a historical evolution of policy-making in the Brazilian Amazon. *Ecosystem Services*, Volume 8, Pages 97-109.
72. Poliori, L., El Hage, M., Valeriano, M.M., (2014). Digital elevation model validation with no ground control: Application to the topodata dem in Brazil. *Boletim de Ciencias Geodesicas* 20 (2) pp. 467 - 479 .
73. Polychronaki, A, Gitas, I., (2012). Burned Area Mapping in Greece Using SPOT-4 HRVIR Images and Object-Based Image Analysis. *Remote Sens*, 4, 424-438.
74. Qiang, Q., Shunlin, L., Zhiqiang, X., Hongliang, F., (2014). Retrieval of leaf area index using temporal, spectral, and angular information from multiple satellite data. *Remote Sensing of Environment* 145. 25–37.
75. Quattrochi, D., Luvall, J., (2014). Thermal infrared remote sensing for of analysis landscape ecological processes: current insights and trends in: Qihao Weng (EDITOR) *Scale Issues in Remote Sensing*. John Wiley & Sons, 352 p.

76. Raška, P., Emmer, A., (2014). The 1916 catastrophic flood following the Bílá Desná dam failure: The role of historical data sources in the reconstruction of its geomorphologic and landscape effects. *Geomorphology*, Volume 226, Pages 135-147.
77. René, S., Filho, R., Lindoso, D., Debortoli, N., Litre, G., Bursztyn, M., (2014). The impact of commodity price and conservation policy scenarios on deforestation and agricultural land use in a frontier area within the Amazon. *Land Use Policy*, Volume 37, Pages 14-26.
78. Rhee, P., Lu, Z., (2014). Relationship between land cover patterns and surface temperature in urban areas. *GIScience & Remote Sensing*, 51, 5, 521-536.
79. Roebeling, R., Baum, B.A., Bennartz, R., Hamann, U., Heidinger, A., Thoss, A., Walther, A., (2013). Evaluating and improving cloud parameter retrievals. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 94, ES41-ES44.
80. Ronggao Liu, R., Liu, Y., (2012). Generation of new cloud masks from MODIS land surface reflectance products. *Remote Sensing of Environment* 133. 21–37.
81. Roy, D.P., Boschetti, L., Justice, C.O., Ju, J., (2007). The Collection 5 MODIS Burned Area Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product, 2008. *Remote Sensing of Environment*, 112, 3690-3707.
82. Roy, D.P., Justice, C.O., (2007). “ A burning question – the changing role of fire on Earth in Our Changing Planet ”: A View From Space, Cambridge University Press, September 30th 2007, Editors Michael D. King, Claire L. Parkinson, Kim C. Partington, Robin G. Williams, 266-273.
83. Roy, D.P., Boschetti, L., (2009). Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC and GLOBCARBON Burned Area Products, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47, 4, 1032 – 1044.
84. Samy, I.E, Mostafa, M. Mohamed., (2013). Remote sensing and GIS applications of surface and near-surface hydromorphological features in Darfur region, Sudan. *Int. Journal of Remote Sensing* 34 (13) 4715-4735.
85. Savoy, P., Scott Mackay, D., (2015). Modelling the seasonal dynamics of leaf area index based on environmental constraints to canopy development. *Agricultural and Forest Meteorology* 200 46–56.
86. Schmerbeck, J., Kohli, A., Seeland, K., (2014). Ecosystem services and forest fires in India — Context and policy implications from a case study in Andhra Pradesh. *Forest Policy and Economics*..

87. Schmidt, W., Gonsold, W., Enz, J., (2001). « A decade of air-ground exchange from Fargo North Dakota », *Global and Planetary Change* 29. 311-325.
88. Schroeder, W., Prins, E., Giglio, L., Csiszar, I., Schimdt, C., Morisette, J., Morton, D., (2008). Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM+ data. *Remote Sensing of Environment* 112. 2711–2726.
89. Segal-Rosenheimer, M., Russell, P.B., Livingston, J.M., Ramachandran, S., Redemann, J., Baum, B.A., (2013). Retrieval of cirrus properties by Sun photometry: A new perspective on an old issue. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 4503-4520.
90. Smith, N., Menzel, W.P., Weisz, E., Heidinger, A., Baum, B.A., (2013). A uniform space-time grid for comparison of global satellite cloud products: Characterization and sensitivity studies. *J. Appl. Meteor. Clim.*, 52. 255-268.
91. Soudani, K., Hmimina, G., Delpierre, N., Pontailier, J.Y., Aubinet, M., Bonal, D., Caquet, B., (2012). Ground-based Network of NDVI measurements for tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different biomes. *Remote Sensing of Environment* 123. 234–245.
92. Špitala, M., Gourley, J., Lutoff, C., Kirstetter, P.E., Brilly, M., Carr, N., (2014). Analysis of flash flood parameters and human impacts in the US from 2006 to 2012. *Journal of Hydrology*, Volume 519, Part A, Pages 863-870.
93. Suwandana E, K Kawamura, Y Sakuno, E Kustiyanto, B Raharjo (2012). Thematic information content assessment of the ASTER GDEM: a case study of watershed delineation in West Java, Indonesia. *Remote Sensing Letters* 3(5),423-432.
94. Tavares, A.O, Monteiro, M., Vargas, M.A., Pato, R.L., Serra, R.,(2014). Land use change and forest routing in a rural context: The relevance of the community-based management and planning framework. *Applied Geography*, Volume 52, Pages 153-171.
95. Bullón, T., (2014). Environmental assessment and land change analysis in seminatural land covers applicable to land management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 34.147–156.
96. Thenkabail, BPS., Knox, W., Ozdogan, M., Gumma, M.K., Congalton, R.G., Zhuoting, W., Nagler, P., (2012). Assessing Future Risks to Agricultural Productivity: Water Resources and Food Security: How Can Remote Sensing Help? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78(8), 773-782.

97. Tian, F., Wang, Y., Fensholt, R., Wang, K., Zhang, L., Huang, Y., (2013). Mapping and Evaluation of NDVI Trends from Synthetic Time Series Obtained by Blending Landsat and MODIS Data around a Coalfield on the Loess Plateau. *Remote Sensing*, 5(9), 4255-4279.
98. Trigg, S.N., Roy, D.P., (2007). A focus group study of factors that promote and constrain the use of satellite derived fire products by resource managers in southern Africa. *Journal of Environmental Management*, 82:95-110.
99. Valeriano, M., Dilce, F.R., (2012). Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data, *Applied Geography*, 32, 2, 300-309
100. Verburg, P.H., Van De Steeg, J., Veldkamp, A., Willemsen, L., (2009). From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization. *Journal of environmental management*, 90(3), 1327-1335.
101. Vermote, E., Saleous, N., Justice, C., (2002). Atmospheric correction of MODIS data in the visible to middle infrared: first results. *Remote Sensing of Environment* 83. 97– 111.
102. Vintrou, E., Soumare, M., Bernard, S., Begue, A., Baron C.L.S., (2012). Mapping fragmented agricultural systems in the Sudano-Sahelian environments of Africa using random forest and ensemble metrics of coarse resolution MODIS imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78(8), 839-848.
103. Voltersen, M., Berger, C., Hese, S., Schmullius, C., (2014). Object-based land cover mapping and comprehensive feature calculation for an automated derivation of urban structure types at block level. *Remote Sensing of Environment* 154. 192–201.
104. Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z., (2004). "Quality assessment and validation of the MODIS land surface temperature", *Int. J. Remote Sens.*, 25, 261-274.
105. Wan Z, Zhang, Y., Li, Z., Wang, R., Salomonson, V.V., Yves, A., Bosseno, R., Hanocq, J.F., (2002). " Preliminary estimate of calibration of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) thermal infrared data using Lake Titicaca ", *Remote Sens. Environ.*, 80, 497-515.
106. Wang, W., Liang, S., Meyers, T., (2007). Validating MODIS land surface temperature products using long-term nighttime ground measurements. *Remote Sensing of Environment* 112. 623–635.

107. Wang, C., Yang, P., Dessler, A., Baum, B.A., Hu, Y., (2014). Estimation of the cirrus cloud scattering phase function from satellite observations J. Quant. Spectroscop. Radiat. Transfer, 138, 36-49.
108. Wardlow, B.D., Egber, S.L., (2008). Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: an assessment for the U.S. Central Great Plains. Remote Sensing of Environment, 112(3), 1096–1116.
109. White, K., Pontius, J., Schaberg, P., (2014). Remote sensing of spring phenology in northeastern forests: A comparison of methods, field metrics and sources of uncertainty. Remote Sensing of Environment 148. 97–107.
110. Yang, X., Lo, C.P., (2002). Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. International Journal of Remote Sensing, 23(9), 1775-1798.
111. Zhang X., Sun, R., Zhang, B., Tong, Q., (2008). Land cover classification of the North China Plain using MODIS_EVI time series. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 63(4), 476-484.
112. Zhi, Chen., Gong, C., Wu, J., Yu, S., (2012). The influence of socioeconomic and topographic factors on nocturnal urban heat islands: a case study in Shenzhen, China, International Journal of Remote Sensing, 33(12) 3834-3839.
113. Zhu, X., Liu, D., (2014). Accurate mapping of forest types using dense seasonal Landsat time-series. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 96. 1–11.

Ελληνική Βιβλιογραφία

114. Ασημάκης, Γ., (2014). Μετάδοση της θερμότητας. Εκδόσεις Συμμετρία.
115. Halliday, D., (2013). Φυσική. Εκδόσεις (ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ) Gutenberg.
116. N. 3852/2010.
117. N. 3818 / 10.
118. N. 3889 / 10 .
119. Οδηγία 2000 / 60 / τΕΚ.
120. Οδηγία 2007 / 60 / ΕΚ

Πηγές από Διαδίκτυο

121. CLC (2006). Corine land cover 100 m, ver. 5. European Environment Agency (©EEA, Copenhagen). [online]. Διαθέσιμο μέσω του : <http://dataservice.eea.eu.int/> [πρόσβαση 12 Μαρτίου 2015].
122. CORINE (2013). Επίσημη ιστοσελίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environment Agency – EEA). [online]. Διαθέσιμο μέσω του: <http://www.eea.europa.eu/themes/landuse/clc-download>. [πρόσβαση 18 Ιανουαρίου 2015].
123. ERI (2013) Earth Research Institute University of California. [online]. Διαθέσιμο μέσω του: <http://www.eri.ucsb.edu/> [πρόσβαση 15 Μαρτίου 2015].
124. LP DAAC (2001). NASA Land Processes Distributed Active Archive Center USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota, 2001. [online]. Διαθέσιμο μέσω του: https://lpdaac.usgs.gov/data_access. [πρόσβαση 10 Φεβρουαρίου 2015].
125. MODIS LAND (2013). National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center. [online]. Διαθέσιμο μέσω του: <http://modis-land.gsfc.nasa.gov/> [πρόσβαση 17 Απριλίου 2015].
126. MODIS Web. (2013). National Aeronautics and Space Administration, NASA. [online]. Διαθέσιμο μέσω του: <http://modis.gsfc.nasa.gov> [πρόσβαση 14 Μαρτίου 2015].
127. Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων. Δημόσια Ανοικτά Δεδομένα (2014). Διαθέσιμο μέσω του: http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=182&Itemid [πρόσβαση 12 Φεβρουαρίου 2015].
128. Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων (Κ.Ε.Δ.ΚΕ). Πρόγραμμα Καλλικράτης. Διαθέσιμο μέσω του: http://www.kedke.gr/uploads2010/N38522010_KALLIKRATIS FEKA87_07062010.pdf. [πρόσβαση 08 Μαρτίου 2015].
129. Τράκος, Α., (2014). Διαχείριση και προστασία του δασικού χώρου με αξιοποίηση ελεύθερων γεωγραφικών και βιοφυσικών δεδομένων. Εφαρμογή στον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας. Διπλωματική Εργασία. Κυψέλη: Ψηφιακό Αποθετήριο Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Διαθέσιμο μέσω του: <http://hdl.handle.net/11128/1527>. [πρόσβαση 20 Μαρτίου 2015].

130. Τσεκμέ, Ε., (2014). Βιοφυσική χαρτογράφηση της Κύπρου από δεδομένα MODIS και οι εφαρμογές της . Διπλωματική Εργασία Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. Κυψέλη: Ψηφιακό Αποθετήριο Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Διαθέσιμο μέσω του: <http://kypseli.ouc.ac.cy/handle/11128/1637> [πρόσβαση 8 Μαρτίου 2015].

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ακρωνύμια και Συμβολισμοί

CLC (Corine Land Cover) : Χάρτης καλύψεων γης Corine

Θ : Θερμοκρασία

LST (Land Surface Temperature) : Θερμοκρασία εδάφους

LST day : Θερμοκρασία ημέρας

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) : Δορυφορικός Αισθητήρας

ΣΓΠ : Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών

ΨΥΜΕ : Ψηφιακά Υψομετρικά Μοντέλα Εδάφους