



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΟΧΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΜΕ ΝΥΧΤΕΡΙΝΑ ΦΩΤΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής  
Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

**ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ**

**ΠΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (11/2016 – 02/2017)**  
**ΣΤΑΘΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (06/2016 – 11/2016)**

Βόλος, Φεβρουάριος 2017

### Δήλωση

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: 08/02/2017

Ονοματεπώνυμο: Χατζοπούλου Ιωάννα

Υπογραφή:



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του εποχικού πληθυσμού με τη χρήση νυχτερινών φώτων. Επί χρόνια ο αισθητήρας OLS αποτέλεσε τη μοναδική πηγή νυχτερινών δεδομένων. Ωστόσο, το τελευταίο χρονικό διάστημα χρησιμοποιείται ο νέος αισθητήρας VIIRS, ο οποίος διαθέτει βελτιωμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με τον προκατόχό του. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται οι σύνθετες εικόνες της μηνιαίας μέσης τιμής ακτινοβολίας των νυχτερινών δεδομένων του VIIRS για 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας για τον Απρίλιο 2012 και για όλο το έτος 2014. Τα δεδομένα αυτά προεπεξεργάζονται με τις κατάλληλες μεθόδους για την αφαίρεση των ακραίων τιμών και του θορύβου υποβάθρου. Στη συνέχεια, υπολογίζονται τα συνολικά νυχτερινά φώτα για όλους τους μήνες με τη βοήθεια του δείκτη SOL και εκτιμάται η γραμμική σχέση μεταξύ των νυχτερινών φώτων του Απριλίου 2012 και του πληθυσμού της απογραφής του Μαΐου 2011. Ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου και η ακρίβεια της μεθόδου κρίνονται ικανοποιητικοί. Με τη βοήθεια του γραμμικού μοντέλου γίνεται εκτίμηση του πληθυσμού για όλο το έτος 2014 και οι δήμοι κατατάσσονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την αύξηση του πληθυσμού στη διάρκεια του έτους (μεγάλη σεζόν, μικρή σεζόν, σεζόν μέσης διάρκειας). Η κατηγοριοποίηση βασίζεται στην ποσοστιαία μεταβολή των νυχτερινών φώτων ως προς το μήνα Μάρτιο. Τέλος, εντοπίζεται μεγάλη αύξηση στο νυχτερινό φωτισμό το Δεκέμβριο, η οποία πιθανότατα οφείλεται στον εορτασμό των Χριστουγέννων.

Λέξεις-κλειδιά: εποχικός πληθυσμός, νυχτερινά φώτα, S-NPP/VIIRS, SOL

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is the study of seasonal population with the use of nighttime lights. For years, the OLS sensor has been the only source of nighttime data. Lately, however, the new sensor VIIRS, which has enhanced features compared to its predecessor, is used. In this thesis, the monthly average radiance composite images of VIIRS' nighttime data concerning 50 insular municipalities of Greece are used for 50 April 2012 and the year 2014. These data are preprocessed with appropriate methods to remove the outliers and the background noise. Then, the total nighttime lights are calculated via SOL index for all months and the linear relationship between the nighttime lights of April 2012 and the population census in May 2011 is estimated. The model's coefficient of determination and the method's precision are satisfactory. The population of the year 2014 is estimated via the linear model and the municipalities are classified into three major categories depending on the population growth during the year (long season, short season, season of average duration). The classification is based on the percentage change of nighttime lights during the month of March. Finally, a large increase is detected in the nighttime lighting in December, which is likely due to the celebration of Christmas.

Keywords: seasonal population, nighttime lights, S-NPP/VIIRS, SOL

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ .....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	ix
ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ .....	x
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	xi
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
2.1 ΒΟΡΕΙΕΣ ΣΠΟΡΑΔΕΣ .....	7
2.2 ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ .....	9
2.3 ΕΠΤΑΝΗΣΑ .....	11
2.4 ΚΥΚΛΑΔΕΣ .....	13
2.5 ΝΗΣΙΑ ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ .....	16
2.6 ΝΗΣΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ.....	17
2.6.1 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ .....	18
2.6.2 ΘΑΣΟΣ ΚΑΙ ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ.....	19
3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	21
3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ .....	21
3.2 ΤΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SUOMI NPP-VIIRS .....	21
3.3 ΤΟ ΠΑΓΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΗΜΕΡΑΣ/ΝΥΧΤΑΣ (DNB).....	23
3.4 ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΩΝ ΦΩΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΣΥΝΝΕΦΩΝ (VIIRS DNB CLOUD FREE COMPOSITES) .....	26
4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	29
4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	30
4.2 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ.....	32
4.3 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ .....	34
4.3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΤΙΜΗΣ .....	35
4.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΣΚΟΤΕΙΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ .....	36
4.4 ΔΕΙΚΤΗΣ SOL (SUM OF LIGHTS).....	37
4.5 ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ .....	38
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	40

5.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΚΤΗ SOL.....	40
5.2	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	45
5.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ .....	51
5.4	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2014.....	54
5.5	ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΔΗΜΩΝ .....	58
5.6	ΝΥΧΤΕΡΙΝΑ ΦΩΤΑ ΚΑΙ ΧΡΙΣΤΟΥΓΕΝΝΑ .....	60
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	66
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	69

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 2.1:</b> Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Βορείων Σποράδων.....	9
<b>Πίνακας 2.2:</b> Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Δωδεκανήσων	11
<b>Πίνακας 2.3:</b> Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Επτανήσων.....	13
<b>Πίνακας 2.4:</b> Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Κυκλάδων .....	15
<b>Πίνακας 2.5:</b> Στατιστικά στοιχεία για τα νησιά Αίγινα, Σαλαμίνα και Ύδρα.....	17
<b>Πίνακας 2.6:</b> Στατιστικά στοιχεία των νησιών του Βορειοανατολικού Αιγαίου .....	20
<b>Πίνακας 4.1:</b> Μέγιστες τιμές ακτινοβολίας σε nanoWatts/(cm <sup>2</sup> *sr). Η τελική τιμή που επιλέγεται είναι υπογραμμισμένη στον πίνακα. Για το Δήμο Θεσσαλονίκης δεν υπήρχαν καλής ποιότητας δεδομένα για το Μάιο και Ιούλιο 2014.....	33
<b>Πίνακας 4.2:</b> Υπολογισμός του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των συνολικών φώτων του Απριλίου 2012 και του πληθυσμού με βάση μια οριακή τιμή .....	35
<b>Πίνακας 5.1:</b> Ο δείκτης SOL σε τιμές ακτινοβολίας nanoWatts/(cm <sup>2</sup> *sr) για τους 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας για τον Απρίλιο 2012 και για όλο το έτος 2014. Με έντονο μαύρο χρώμα εμφανίζονται οι τιμές που εκτιμήθηκαν σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία. ....	42
<b>Πίνακας 5.2:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πρώτη ομάδα νησιών .....	45
<b>Πίνακας 5.3:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για τη δεύτερη ομάδα νησιών.....	47
<b>Πίνακας 5.4:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τρίτη ομάδα νησιών .....	48
<b>Πίνακας 5.5:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τέταρτη ομάδα νησιών .....	50
<b>Πίνακας 5.6:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πέμπτη ομάδα νησιών .....	51
<b>Πίνακας 5.7:</b> Εκτίμηση πληθυσμού για τον Απρίλιο 2012 και υπολογισμός του σχετικού σφάλματος ως προς την απογραφή του πληθυσμού τον Απρίλιο 2011 .....	53
<b>Πίνακας 5.8:</b> Εκτίμηση πληθυσμού για όλο το έτος 2014 για τους 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας .....	55
<b>Πίνακας 5.9:</b> Υπολογισμός του δείκτη SOL για το μήνα Δεκέμβριο για τα έτη 2012-2015 .....	61

<b>Πίνακας 5.10:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για την πρώτη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	62
<b>Πίνακας 5.11:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για τη δεύτερη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	64
<b>Πίνακας 5.12:</b> Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για την τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	65



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

<b>Γράφημα 4.1:</b> Απεικόνιση των συντελεστών συσχέτισης με βάση τις πιθανές οριακές τιμές .....	36
<b>Γράφημα 5.1:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πρώτη ομάδα νησιών .....	46
<b>Γράφημα 5.2:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για τη δεύτερη ομάδα νησιών.....	47
<b>Γράφημα 5.3:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τρίτη ομάδα νησιών .....	49
<b>Γράφημα 5.4:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τέταρτη ομάδα νησιών .....	50
<b>Γράφημα 5.5:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πέμπτη ομάδα νησιών .....	51
<b>Γράφημα 5.6:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για την πρώτη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	63
<b>Γράφημα 5.7:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για τη δεύτερη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	64
<b>Γράφημα 5.8:</b> Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για την τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης.....	65

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 2.1:</b> Συνολική περιοχή μελέτης .....	7
<b>Σχήμα 2.2:</b> Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Βορείων Σποράδων .....	9
<b>Σχήμα 2.3:</b> Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων.....	11
<b>Σχήμα 2.4:</b> Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Επτανήσων .....	13
<b>Σχήμα 2.5:</b> Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων.....	15
<b>Σχήμα 2.6:</b> Βορειότερα βρίσκεται η Σαλαμίνα, αμέσως μετά η Αίγινα και νοτιότερα η Ύδρα .....	17
<b>Σχήμα 2.7:</b> Νησιά Βορειοανατολικού Αιγαίου.....	20

## ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΕΓΣΑ'87	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
AVHRR	Advanced Very-high Resolution Radiometer
DMSP	Defense Meteorological Satellite Program
DNB	Day-Night-Band
EOG	Earth Observation Group
EPSG	European Petroleum Survey Group
GIS	Geographic Information System
GRS80	Geodetic Reference System 1980
JPSS	Joint Polar Satellite System
ISS	International Space Station
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NPOESS	National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System
NPP	National Polar-orbiting Partnership
OLS	Operational Linescan System
RSB	Reflective Solar Bands
SeaWiFS	Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor
S-NPP	Suomi National Polar-orbiting Partnership
SOL	Sum of lights
TEB	Thermal Emissive Bands
VIIRS	Visible Infrared Imaging Radiometer Suite

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, υπό την επίβλεψη των καθηγητών Κωνσταντίνου Περάκη και Δημητρίου Σταθάκη.

Θα ήθελα, λοιπόν, να ευχαριστήσω:

- τον κ. Κωνσταντίνο Περάκη και τον κ. Δημήτρη Σταθάκη για τη συνεχή επίβλεψη σε όλα τα στάδια σύνταξης της εργασίας
- τον κ. Παύλο Μπαλτά για τη βοήθειά του στην παροχή των δεδομένων της απογραφής του πληθυσμού
- την ομάδα παραγωγής των προϊόντων του VIIRS, Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center.

Τέλος, η εικόνα εξωφύλλου, που χρησιμοποιήθηκε, δημιουργήθηκε από τον Robert Simmon, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον VIIRS, που τα παρείχε ο Chris Elvidge.

Πηγή: <http://www.raytheon.com/news/feature/viirs-top-ten.html>

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νυχτερινό φως αποτελεί μια μοναδική έκφραση της ανθρώπινης δραστηριότητας, που τα τελευταία χρόνια μπορεί να μετρηθεί από το διάστημα. Ανάλογα με την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας τα φώτα ποικίλουν. Σε κάποιες ερημωμένες περιοχές μπορεί να επικρατεί τελείως σκοτάδι, ενώ σε άλλες, που αποτελούν σημαντικά αστικά κέντρα, τα νυχτερινά φώτα μπορεί να είναι πολύ έντονα (Elvidge et al., 2007). Στη δεκαετία του 1990 το ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού που κατοικούσε σε πόλεις ήταν μόλις 10%. Οι πόλεις ήταν συμπαγείς με υψηλές πυκνότητες πληθυσμού και η επέκτασή τους πραγματοποιήθηκε με πολύ αργούς ρυθμούς. Αντίθετα, τα τελευταία χρόνια η τάση αυτή έχει αντιστραφεί και οι πόλεις αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς, με αποτέλεσμα ο αστικός πληθυσμός να υπερβαίνει το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού (Grimm et al., 2008· Seto et al., 2012). Σε ορισμένες αστικές περιοχές στην Ευρώπη, στη Βόρεια Αμερική και στην Ιαπωνία το ποσοστό αυτό πλησιάζει το 80% του πληθυσμού. Τα τελευταία χρόνια δίνεται μεγάλο ενδιαφέρον στα νυχτερινά φώτα, γιατί υπάρχει η δυνατότητα μελέτης οικονομικών μεταβλητών, κοινωνικοοικονομικών ιδιοτήτων, πληθυσμού και πυκνότητας πληθυσμού, αστικών περιοχών και άλλων μεταβλητών, τα οποία είναι δύσκολο να ερευνηθούν με άλλες παραδοσιακές πηγές δεδομένων (Elvidge et al., 2007 · Kyba et al., 2015).

Ο εξωτερικός φωτισμός θεωρείται παράγοντας ανάπτυξης και πιστοποιεί την ύπαρξη ανθρώπινου πληθυσμού. Πρέπει να επισημανθεί ότι παρά τις διαφορές που εντοπίζονται στον τύπο του φωτισμού στις διάφορες περιοχές του κόσμου, υπάρχουν κάποιες ομοιότητες και κάποια κοινά πρότυπα. Η ποσότητα που φωτισμού καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από τον πλούτο και τη συγκέντρωση του πληθυσμού. Έχει παρατηρηθεί ότι στις περιοχές που υπάρχουν πολλά φώτα, το κατά κεφαλήν εισόδημα των κατοίκων αυτών των περιοχών είναι αρκετά υψηλό (Elvidge et al., 2007).

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται τα νυχτερινά φώτα σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών εφαρμογών. Συγκεκριμένα, ο αισθητήρας Operational Linescan System (OLS) του Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) αποτέλεσε επί χρόνια την πιο σημαντική πηγή των νυχτερινών δεδομένων. Σχεδιάστηκε για την ανίχνευση δεδομένων στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο φάσμα με σκοπό την παρακολούθηση του καιρού και της νεφοκάλυψης. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος αισθητήρας διαθέτει αρκετά μειονεκτήματα, ανάμεσα στα οποία είναι η χαμηλή χωρική ανάλυση και διακριτική του ικανότητα, η έλλειψη βαθμονόμησης των δεδομένων πάνω στο αεροσκάφος, η έλλειψη

φασματικών καναλιών, τα οποία είναι κατάλληλα για την ανίχνευση των θερμικών πηγών φωτισμού και η έλλειψη των φασματικών καναλιών απεικόνισης χαμηλού φωτισμού, τα οποία είναι κατάλληλα για τη διάκριση των διαφόρων τύπων φωτισμού. Πολλά από τα μειονεκτήματα περιορίζονται με τον επόμενο αισθητήρα Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), που αποτελεί σημαντική βελτίωση στα νυχτερινά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά έχουν υψηλή ανάλυση, ακρίβεια και ευαισθησία και έχουν στόχο τη συλλογή ραδιομετρικής ακτινοβολίας υψηλής ποιότητας και τη χρήση της σε μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως είναι οι έρευνες στον τομέα του πληθυσμού (Elvidge et al., 2013 · Kyba et al., 2015).

Από το παρελθόν ήδη έχουν γίνει διάφορες μελέτες για τον πληθυσμό και την κατανομή του πληθυσμού με τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης. Οι Liu et al. (2011), που αναφέρονται στον Tobler (1969), τονίζουν ότι υπάρχει τρόπος εκτίμησης του πληθυσμού μέσα από τη μέτρηση του μεγέθους των ανθρώπινων εγκαταστάσεων από το διάστημα, με τη μοντελοποίηση τους σε κυκλικές περιοχές. Παράλληλα με αυτά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα νυχτερινά φώτα χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της συσχέτισης τους με την πυκνότητα του πληθυσμού κάποιων περιοχών. Σε ορισμένες έρευνες η συσχέτιση προκύπτει υψηλή και σε άλλες χαμηλή και στατιστικά ασήμαντη. Συγκεκριμένα, οι Doll and Muller (2000) δείχνουν ότι δεν υπάρχει καλή αντιστοίχιση μεταξύ των έντονων φώτων και των υψηλών πυκνοτήτων πληθυσμού στο Λονδίνο. Αυτό συμβαίνει λόγω του μειονεκτήματος του DMSP να παθαίνει κορεσμό στις πολύ φωτεινές περιοχές, δηλαδή ο αισθητήρας του δεν μπορεί να ανιχνεύσει τιμές ακτινοβολίας πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο. Αντίθετα, οι Amaral et al. (2005) παρουσιάζουν έναν τρόπο απόδειξης της ανθρώπινης παρουσίας σε μια περιοχή της Βραζιλίας, στην Αμαζονία, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον αισθητήρα OLS του DMSP. Η συγκεκριμένη έρευνα δείχνει σημαντική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των νυχτερινών φώτων και του πληθυσμού για μια συγκεκριμένη πολιτεία της Αμαζονίας. Με γραμμική παλινδρόμηση γίνεται εκτίμηση του πληθυσμού για τις υπόλοιπες αστικές πόλεις που δεν είχαν δεδομένα στην απογραφή και επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι τα νυχτερινά δεδομένα είναι ένας μοναδικός παράγοντας για τον εντοπισμό της ανθρώπινης παρουσίας.

Επιπρόσθετα, οι Liu et al. (2011), οι οποίοι βασίζονται στην έρευνα των Anderson et al. (2010), προσπαθούν να αναλύσουν τις σχέσεις μεταξύ των φώτων της πόλης του Χονγκ Κονγκ της Κίνας με τον πληθυσμό και την πυκνότητα πληθυσμού. Η έρευνα των Anderson et al. (2010) στο Ντένβερ χρησιμοποιεί δεδομένα από τον

DMSP-OLS και φωτογραφίες νυχτερινών φώτων που προέρχονται από τους αστροναύτες, που βρίσκονται πάνω στο International Space Station (ISS). Αποδεικνύεται ότι οι εικόνες από τον OLS παρουσιάζουν καλύτερη συσχέτιση με την πυκνότητα του πληθυσμού σε σχέση με τα δεδομένα από τον ISS, που γενικά είναι καλύτερης ανάλυσης. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από τη μελέτη των Liu et al. (2011). Συγκεκριμένα, προκύπτει ότι τα νυχτερινά φώτα από τον DMSP-OLS παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με την πυκνότητα του πληθυσμού και τα αποτελέσματα δε βελτιώνονται με τις φωτογραφίες του ISS. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι φωτογραφίες αυτές έχουν διαφορετική ανάλυση από τα υπόλοιπα δεδομένα και χρησιμοποιούνται μέσες τιμές των συγκεντρώσεων, με αποτέλεσμα να χάνονται πολλές λεπτομέρειες. Παρά τη θετική συσχέτιση η παλινδρόμηση δεν οδηγεί σε σημαντικά αποτελέσματα και συμπεραίνεται ότι η χρήση μόνο των νυχτερινών φώτων δεν μπορεί να είναι η καλύτερη εκτίμηση για τον πληθυσμό.

Η μεγάλη ανάγκη για τις έρευνες αυτές προκύπτει από το γεγονός ότι σε κάποιες περιοχές δεν υπάρχουν δεδομένα για το μέγεθος και την κατανομή του πληθυσμού, ενώ σε άλλες τα δεδομένα αυτά είναι χαμηλής ποιότητας και ποσότητας (Sutton et al., 2001). Σημαντικό χαρακτηριστικό του πληθυσμού είναι η κατανομή του, που διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή και την εποχή του έτους. Η εποχικότητα σε έναν τουριστικό προορισμό δημιουργεί ανισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης στη διάρκεια ενός έτους (Butler, 1994). Υπάρχουν διάφοροι λόγοι, οι οποίοι οδηγούν στην εποχικότητα, η οποία αποτελεί πλέον ένα δύσκολο πρόβλημα διαχείρισης στον τομέα του τουρισμού. Έχουν γίνει διάφορες μελέτες πάνω στην εποχικότητα, οι οποίες ερευνούν τον τρόπο διαχείρισης και τις εφαρμογές πολιτικής της εποχικότητας, καθώς επίσης και τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπιστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της (Fernandez-Morales et al., 2016).

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες υπάρχει αυξημένη κίνηση του πληθυσμού, με αποτέλεσμα η αγορά του τουρισμού να γίνεται πολύπλοκη και να χρειάζεται μεγαλύτερη κατανόηση της ζήτησης στις διεθνείς και εθνικές αγορές. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται αγορές μεγαλύτερης ανθεκτικότητας και με καλύτερες πρακτικές μάρκετινγκ για την προσέλκυση περισσότερων ανθρώπων. Είναι σημαντικό να ερευνώνται οι διάφοροι τύποι τουριστών και η σχέση της εποχικής συγκέντρωσης με την κίνηση των τουριστών, ώστε να χρησιμοποιηθούν αυτές οι πληροφορίες για την άμεση αξιολόγηση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων μάρκετινγκ (Fernandez-Morales et al., 2016).

Το χαρακτηριστικό της εποχικότητας του πληθυσμού, όπως αναφέρεται στο άρθρο των Fernandez-Morales et al. (2016), έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της παγκόσμιας βιβλιογραφίας. Οι διάφοροι αρθρογράφοι επισημαίνουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εποχικότητας. Από τη μία πλευρά οι αρνητικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την αστάθεια της εργασίας και την ανεργία (Ashworth and Thomas, 1999· Ball, 1988), την αστάθεια στο εισόδημα, τις δυσκολίες στην απόδοση των επενδύσεων (Butler, 2001· Jang, 2004· Manning and Powers, 1984) και τη μη σωστή χρήση των πόρων και των εγκαταστάσεων (Sutcliffe and Sinclair, 1980). Από την άλλη πλευρά τονίζεται ότι οι περίοδοι χαμηλής ζήτησης, δίνουν τη δυνατότητα στην αγορά εργασίας να διατηρήσει και να βελτιώσει τις εγκαταστάσεις (Grant et al., 1997) και να χρησιμοποιήσει πιο οικολογικές και πολιτισμικές πολιτικές (Butler, 1994· Higham and Hinch, 2002).

Οι παγκόσμιες αλλαγές στην οικονομία, στις μεταφορές και στις επικοινωνίες έχουν επηρεάσει την ανάπτυξη των νησιών, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη (Coccosis, 1987). Η ανάγκη αυτή γίνεται ακόμα μεγαλύτερη λόγω του τουρισμού, που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή των νησιών και έχει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις. Η βιώσιμη ανάπτυξη παρέχει το κατάλληλο πλαίσιο ανάπτυξης του τουρισμού και σε αυτό το πλαίσιο πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη φέρουσα ικανότητα των νησιών (Coccosis, 2002). Σε θεωρητική βάση η φέρουσα ικανότητα μπορεί να οριστεί ως ο αριθμός των περιόδων που μια τουριστική περιοχή μπορεί να παρέχει χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στην αναψυχή που προσφέρει η περιοχή και στην εμπειρία των τουριστών (Coccosis and Parpairis, 2000). Η Ελλάδα είναι μια χώρα με πολλά νησιά, τα οποία στηρίζουν το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής τους δραστηριότητας στον τουρισμό και βιώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της εποχικότητας του τουρισμού. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποιος αποτελεσματικός και συστηματικός τρόπος μέτρησης του εποχικού πληθυσμού. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μελέτη της συσχέτισης μεταξύ των νυχτερινών φώτων του αισθητήρα VIIRS και του πληθυσμού (απογραφή 2011) για κάποια νησιά-δήμους της Ελλάδας. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της παλινδρόμησης υπολογίζεται η σχέση μεταξύ των φώτων και του πληθυσμού, με σκοπό την εκτίμηση του πληθυσμού των νησιών για κάθε μήνα. Συνεπώς, υπολογίζεται ο εποχικός πληθυσμός των νησιών της Ελλάδας, ώστε να γίνει αντικείμενο μελέτης και έρευνας για τους διαχειριστές του τομέα του τουρισμού.

Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στις περιοχές μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας, τονίζοντας τα ιδιαίτερα γεωμορφολογικά, κλιματολογικά και



οικονομικά τους χαρακτηριστικά. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται τα νυχτερινά δεδομένα και τα δεδομένα απογραφής που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για την επεξεργασία των δεδομένων και τα αποτελέσματά τους περιγράφονται στο πέμπτο κεφάλαιο. Τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας αποτυπώνονται στο τελευταίο κεφάλαιο.

## 2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

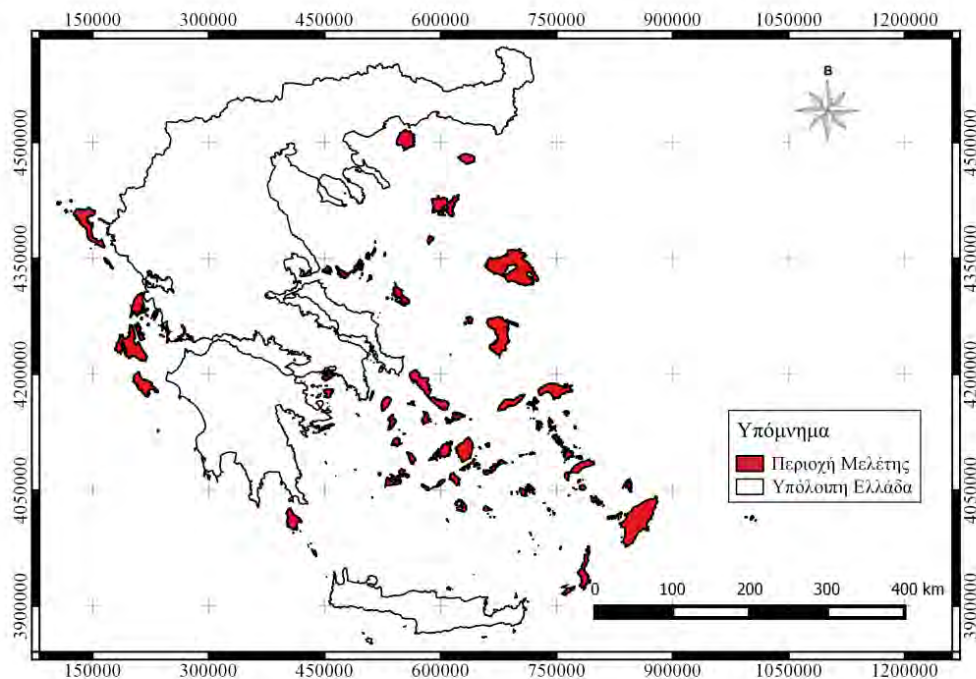
Στη συγκεκριμένη εργασία το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στον Ελλαδικό χώρο και συγκεκριμένα σε 50 νησιά-δήμους της Ελλάδας. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης βασίζεται στο γεγονός ότι η Ελλάδα διαθέτει πολλά νησιά, στα οποία οι περισσότεροι κάτοικοι απασχολούνται σε υπηρεσίες τουρισμού.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που έχει βαθιά παράδοση στον τουρισμό και στη φιλοξενία, εξαιτίας της σημαντικής ιστορίας και του πολιτισμού της (Briassoulis, 1993· EIU, 1986). Στα τέλη της δεκαετίας του '70 αυξήθηκε σημαντικά ο τουρισμός στην Ελλάδα, εξαιτίας της διαθεσιμότητας φυσικών, κοινωνικοπολιτισμικών και περιβαλλοντικών πηγών, εξαιτίας της ύπαρξης θαλάσσιας και εναέριας υποδομής στα νησιά και του χαμηλότερου κόστους ζωής σε σχέση με άλλους ανταγωνιστικούς προορισμούς (Komilis, 1987· Papadopoulos, 1989· EIU, 1990· Leontidou, 1991). Οι κάτοικοι των νησιωτικών περιοχών βελτιώνουν σημαντικά τη ναυτική βιομηχανία. Επίσης, εκτός από τη γεωργία και την αλιεία, η οικονομία τους βασίζεται στον τουρισμό, καθώς δεν μπορούν να εξελιχθούν σε άλλες δραστηριότητες λόγω έλλειψης υποδομών (Konsolas, 1994). Σύμφωνα με τον Buhalis (1999), που αναφέρεται στους Loukissas (1982), Zacharatos (1989), OECD (1992), GNTO (1993) και Konsolas and Zacharatos (1993), τονίζεται ότι ο τουρισμός απασχολεί το 10,6% του εργατικού δυναμικού της χώρας. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό στην πραγματικότητα είναι πολύ μεγαλύτερο λόγω της μεγάλης παραοικονομίας που υπάρχει στην ελληνική κοινωνία (28-50% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, ΑΕΠ) (Buhalis, 1999 με αναφορά στους Zacharatos, 1988· EIU, 1990· EIU, 1993). Σύμφωνα με πιο πρόσφατη μελέτη από τους Papatheodorou and Arvanitis (2014), οι οποίοι έλαβαν στοιχεία από UNWTO (2013) και SETE (2014), αποδεικνύεται ότι ο τουρισμός, ως σημαντικός τομέας της οικονομίας, αποτελεί το 9% του παγκόσμιου ΑΕΠ και το 16,4% του ΑΕΠ στην Ελλάδα.

Τα νησιά, που χρησιμοποιούνται στην εργασία, ανήκουν σε νησιωτικά συμπλέγματα της χώρας, για τα οποία θα γίνει λόγος στη συνέχεια. Όσον αφορά τα νησιά του Αιγαίου, αποτελούν έναν παραδοσιακό προορισμό, διότι διαθέτουν ποικιλία αξιοθέατων, εκδηλώσεων και πολύ καλό σύστημα μετακίνησης. Σχεδόν κάθε νησί διαθέτει ένα κύριο λιμάνι, ενώ τα περισσότερα διαθέτουν αεροδρόμια, τα οποία δέχονται απευθείας πτήσεις από την Ευρώπη. Επιπλέον, τα νησιά του Αιγαίου συνδέονται με το λιμάνι του Πειραιά, αλλά και μεταξύ τους υπάρχουν καλές συνδέσεις (Buhalis, 1999). Γενικά, ο τουρισμός αναψυχής συγκεντρώνεται στα νησιά, ενώ μεγάλο

ενδιαφέρον του εισερχόμενου τουρισμού συγκεντρώνεται στην Κρήτη και στο Νότιο Αιγαίο. Οι προορισμοί αυτοί είναι πολύ δημοφιλείς και στους εγχώριους τουρίστες (Papatheodorou and Arvanitis, 2014).

Παρά τα όσα αναφέρονται παραπάνω, τα τελευταία έξι χρόνια, η οικονομική κρίση έχει δημιουργήσει αρνητικές επιπτώσεις στον τομέα του τουρισμού. Συγκεκριμένα, οι αρνητικές επιπτώσεις στα Επτάνησα είναι πολύ σημαντικές, αφού οι νύχτες, που ξοδεύουν οι εγχώριοι τουρίστες, μειώνονται στο 40%. Αντίθετα, ο εισερχόμενος τουρισμός συνεχίζει να προτιμάει τα Επτάνησα ως επιλογή καλοκαιρινών διακοπών. Για τα νησιά του Νοτίου Αιγαίου και την Κρήτη, η κρίση είναι πιο έντονη, αφού ο εισερχόμενος τουρισμός μετά το 2012, άρχισε να μειώνει τις νύχτες διαμονής στα νησιά αυτά (Papatheodorou and Arvanitis, 2014).



**Σχήμα 2.1:** Συνολική περιοχή μελέτης

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 2.1 ΒΟΡΕΙΕΣ ΣΠΟΡΑΔΕΣ

Οι Βόρειες Σποράδες είναι σύμπλεγμα νησιών του Αιγαίου και βρίσκονται ανατολικά της Μαγνησίας. Στο σύμπλεγμα αυτό ανήκουν: η Σκιάθος, η Σκόπελος, η Αλόνησος και η Σκύρος. Τα τρία πρώτα νησιά ανήκουν στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, ενώ η Σκύρος ανήκει στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.

Η Σκιάθος θεωρείται ορεινό νησί με μεγαλύτερη κορυφή τον Σταυρό. Η Σκόπελος διαθέτει κάποιους σημαντικούς ορεινούς όγκους και το μεγαλύτερο μέρος του νησιού αποτελείται από πεύκα. Για το λόγο αυτό το νησί έχει χαρακτηριστεί ως «πράσινο και γαλάζιο νησί». Η Αλόνησος είναι κυρίως ορεινή με δάση, βοσκότοπους και μικρές καλλιέργειες αμπελιών και δημητριακών. Το πιο απομακρυσμένο νησί είναι η Σκύρος, η οποία είναι κυρίως ορεινή και οι ακτές της δημιουργούν πολλούς όρμους (Νέα Δομή, 1998α· Νέα Δομή, 1998στ· Νέα Δομή, 1998ζ· Νέα Δομή, 1998η).

Από γεωλογικής άποψης η Σκιάθος αποτελείται από ασβεστολιθικά και κρυσταλλοπαγή πετρώματα. Στο βόρειο τμήμα της Σκοπέλου υπάρχουν πρασινοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες και γραουβάκες με κροκαλοπαγή και στρώσεις ασβεστόλιθων ή δολωμιτών του Ανώτερου Παλαιοζωϊκού των Προαλπικών σειρών. Το κεντρικό τμήμα του νησιού αποτελείται από ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά του Ανώτερου Τριαδικού-Ιουρασικού και από φλύσχης της Πελαγονικής και το νοτιοανατολικό τμήμα διαθέτει ασβεστόλιθους του Ανώτερου Κρητιδικού. Επιπλέον, στο βόρειο τμήμα της Αλοννήσου εντοπίζονται ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Ιουρασικού, στο κεντρικό ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Κρητιδικού και στο νότιο τμήμα αποθέσεις του Ανώτερου Μειοκαίνου. Η Σκύρος στο δυτικό και νότιο τμήμα της απαρτίζεται από την ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά του Ανώτερου Τριαδικού-Ιουρασικού, στο βόρειο τμήμα από ασβεστόλιθους του Ανώτερου Κρητιδικού και στο ανατολικό τμήμα υπάρχουν πρασινοσχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών του Ανώτερου Παλαιοζωϊκού των Προαλπικών σειρών (Καθαράκης, 2006).

Όσον αφορά το κλίμα των Βορείων Σποράδων αξίζει να τονιστεί ότι χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό. Οι βόρειοι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή μετριάζουν τις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ ο χειμώνας χαρακτηρίζεται ήπιος. Οι βροχοπτώσεις είναι έντονες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι συνήθως ξεσπούν σύντομες καταιγίδες.

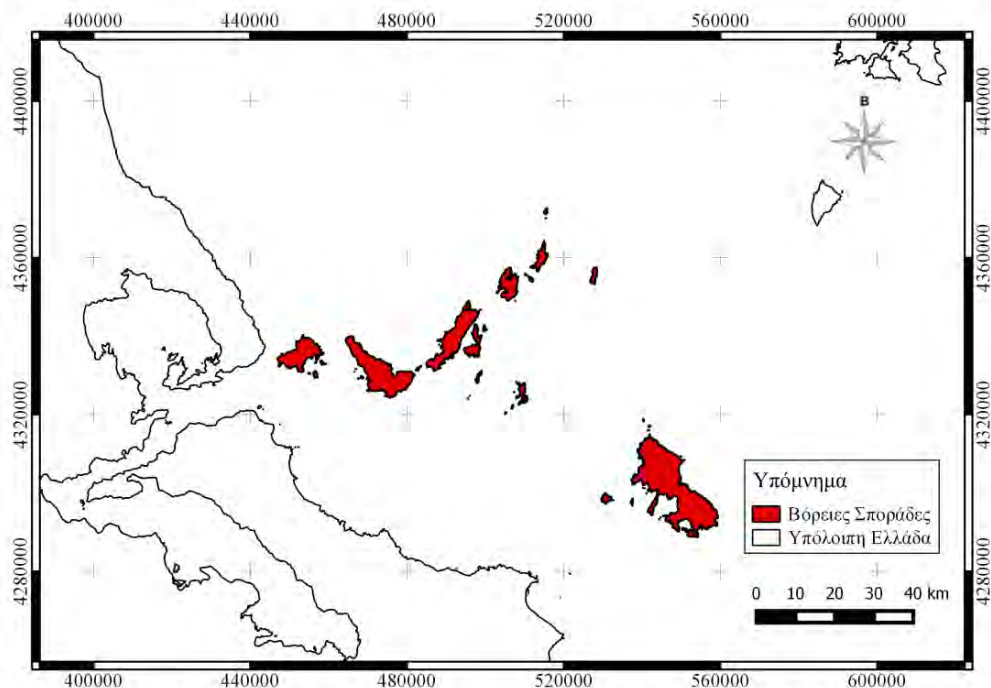
Η οικονομική δραστηριότητα της Σκιάθου βασίζεται κυρίως στον τριτογενή τομέα παραγωγής και σε μικρότερο ποσοστό στο δευτερογενή και στον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Οι κύριες ασχολίες είναι τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, το χονδρικό και λιανικό εμπόριο, οι κατασκευές, οι μεταφορές και η μεταποίηση. Στη Σκόπελο μεγάλο μέρος του πληθυσμού ασχολείται με τον τριτογενή, αλλά και με το δευτερογενή τομέα παραγωγής. Οι κάτοικοι απασχολούνται κυρίως σε κατασκευές και επισκευές, στον τουρισμό και στο εμπόριο και λιγότερο στη γεωργία και στην κτηνοτροφία

(Δοξόπουλος, 2013). Στη Σκύρο παράγονται μέλι, τυριά και σταφύλια, ενώ η αλιεία και ο τουρισμός είναι πολύ διαδεδομένες ασχολίες τόσο στη Σκύρο όσο και στην Αλόννησο (Νέα Δομή, 1998η).

**Πίνακας 2.1:** Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Βορείων Σποράδων

Βόρειες Σποράδες			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικοι/ km <sup>2</sup> )
Αλοννήσου	2750	64,10	42,90
Σκιάθου	6088	47,30	128,71
Σκοπέλου	4960	95,10	52,16
Σκύρου	2994	206,90	14,47

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία



**Σχήμα 2.2:** Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Βορείων Σποράδων

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 2.2 ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ

Τα Δωδεκάνησα είναι νησιωτικό σύμπλεγμα στο νοτιοδυτικό τμήμα του Αιγαίου Πελάγους. Παρά την ονομασία του, το σύμπλεγμα αποτελείται από 18 νησιά. Το βορειότερο νησί είναι η Πάτμος, ενώ νοτιοανατολικά της βρίσκεται η Λέρος με πολλές νησίδες κοντά στις ακτές. Στα νότια της Λέρου βρίσκεται η Κάλυμνος, το νησί των σφουγγαράδων και πιο νότια βρίσκεται η Κως. Στη συνέχεια, εντοπίζονται η Νίσυρος,

η Τήλος, η Σύμη και η Χάλκη. Μετά από τα νησιά αυτά έπεται η Ρόδος, ενώ νοτιοδυτικά της Ρόδου εκτείνεται η Κάρπαθος. Σημαντικά νησιά είναι η Κάσος, που είναι το νοτιότερο νησί, το Καστελλόριζο ή Μεγίστη, που αποτελεί το ανατολικότερο σημείο της Ελλάδας και η Αστυπάλαια, που ενώ διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, γεωγραφικά και πολιτισμικά μοιάζει με τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα.

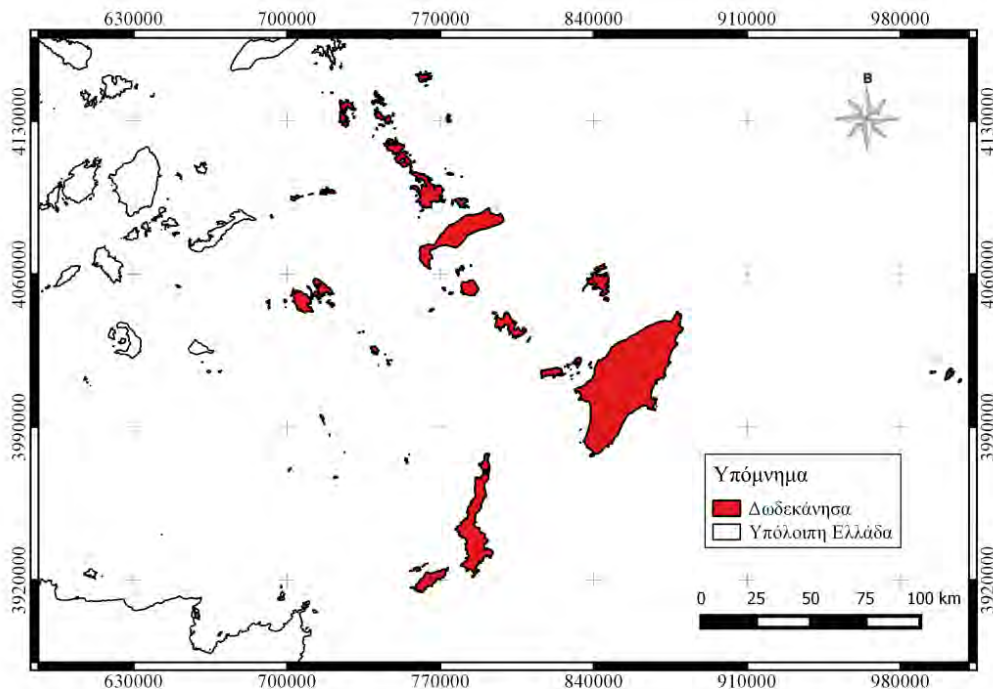
Σε κάποια νησιά, όπως στη Ρόδο και στην Κάρπαθο, υπάρχουν ψηλά όρη και το ανάγλυφο είναι τραχύ. Στην Κω και στα υπόλοιπα νησιά υπάρχουν χαμηλά βουνά και λόφοι, τα οποία είναι χαρακτηριστικά της ανατολικής πλευράς της Ελλάδας. Η Πάτμος αποτελείται κυρίως από ηφαιστειακές λάβες, ενώ η Λέρος είναι λοφώδης με μεταμορφωσιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθους. Η Κάλυμνος είναι ορεινή και διαθέτει ιζηματογενή πετρώματα. Η Κως είναι κυρίως πεδινή με νεογενή ιζήματα στο βόρειο τμήμα της και με ηφαιστειακά πετρώματα στο νοτιοδυτικό τμήμα της. Η Νίσυρος δημιουργήθηκε από ηφαιστειακή δραστηριότητα και τα πετρώματά της είναι κυρίως ηφαιστειακά. Η Τήλος, η Σύμη και η Χάλκη είναι ορεινές με ιζηματογενή πετρώματα. Η Ρόδος έχει ομαλό ανάγλυφο στο βορειοανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα, διαθέτει υψηλά όρη στην ανατολική πλευρά ως τη δυτική και τα πετρώματά της είναι αλπικής προέλευσης. Η Κάρπαθος και η Κάσος είναι ορεινές με ιζηματογενή πετρώματα. Η Αστυπάλαια αποτελείται από δύο τμήματα, που συνδέονται μεταξύ τους με μια λωρίδα γης και το δυτικό τμήμα είναι πιο ψηλό από το ανατολικό. Στο υπέδαφος της περιοχής συναντώνται απολιθώματα φυκοειδών (Νέα Δομή, 1998β· Νέα Δομή, 1998γ).

Το κλίμα των Δωδεκανήσων είναι θαλάσσιο μεσογειακό με ήπιες θερμοκρασίες τον χειμώνα και με λογικές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Η μέση θερμοκρασία είναι 19° C και γενικά τα νησιά των Δωδεκανήσων χαρακτηρίζονται από μεγάλη ηλιοφάνεια σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η οικονομία των νησιών αυτών βασίζεται στους τομείς του τουρισμού και της βιοτεχνίας, ενώ σε λίγα νησιά η αλιεία και η σπογγαλιεία αποτελούν πηγές εισοδήματος (Νέα Δομή, 1998γ).

**Πίνακας 2.2:** Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Δωδεκανήσων

Δωδεκάνησα			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικοι/ km <sup>2</sup> )
Αστυπάλαιας	1334	96,40	13,84
Καλύμνιων	16179	110,60	146,28
Λέρου	7917	54,10	146,34
Πάτμου	3047	34,10	89,35
Καρπάθου	6226	300,20	20,74
Κάσου	1084	66,40	16,33
Κω	33388	287,60	116,09
Νισύρου	1008	41,30	24,41
Ρόδου	115490	1401,00	82,43
Σύμης	2590	57,90	44,73
Τήλου, Μεγίστης και Χάλκης	1750	97,60	17,93

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

**Σχήμα 2.3:** Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 2.3 ΕΠΤΑΝΗΣΑ

Τα Επτάνησα αποτελούνται από την Κέρκυρα, τους Παξούς, τη Λευκάδα, την Ιθάκη, την Κεφαλονιά, τη Ζάκυνθο και τα Κύθηρα. Όλα τα νησιά εκτός από τα Κύθηρα ανήκουν στην περιφέρεια Ιονίων Νήσων. Τα Κύθηρα ανήκουν στην Περιφέρεια Αττικής και συγκεκριμένα στην Περιφερειακή Ενότητα Νήσων.

Η Κέρκυρα είναι το βορειότερο νησί των Επτανήσων και έχει αρκετούς ορεινούς όγκους στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της. Οι Παξοί βρίσκονται πολύ κοντά στην

Κέρκυρα και αποτελούν ένα συγκρότημα από πολλά νησιά, τα οποία είναι κυρίως πεδινά. Αντίθετα, η Λευκάδα, που ενώνεται με την ηπειρωτική χώρα με γέφυρα, είναι κυρίως ορεινή και ανάμεσα στα βουνά της εκτείνονται κάποιες πεδιάδες. Μεγαλύτερους ορεινούς όγκους παρουσιάζει η Κεφαλονιά, όπου το όρος Αίνος καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της έκτασης του νησιού. Επιπλέον, η Ιθάκη παρουσιάζει κάποια μέτρια ύψη, ενώ η Ζάκυνθος διακρίνεται και από ορεινό και από πεδινό έδαφος. Τα Κύθηρα είναι ορεινά με δύο κύριες οροσειρές, που δεσπόζουν στο ανατολικό και δυτικό τμήμα του νησιού (Καρακίτσος, 2006).

Από γεωλογικής άποψης η Περιφέρεια Ιονίων Νήσων ανήκει σε δύο ζώνες: στη ζώνη Παξών και στην Ιόνιο Ζώνη. Η πρώτη ζώνη αποτελείται κυρίως από κρητιδικούς ασβεστόλιθους του παλαιοτριτογενούς, ενώ η Ιόνια Ζώνη διαρθρώνεται από μια σειρά σχηματισμών και αποτελεί μία από τις πιο σεισμικές περιοχές της Ελλάδας. Τα Κύθηρα δεν ανήκουν στις παραπάνω ζώνες, αλλά η μορφολογία τους επηρεάζεται από την υποζώνη Τρίπολης (Νέα Δομή, 1998δ).

Το κλίμα των Ιονίων Νήσων χαρακτηρίζεται από γλυκύτητα, με ήπιους χειμώνες χωρίς παγετό και δροσερά καλοκαίρια. Οι ήπιοι χειμώνες οφείλονται στους θερμούς νότιους και νοτιοδυτικούς ανέμους και στην προστασία τους από τους βόρειους και βορειοανατολικούς ψυχρούς ανέμους, λόγω της οροσειράς της Πίνδου. Τα δροσερά καλοκαίρια, επίσης, οφείλονται στους ανέμους και στη θάλασσα. Η υγρασία και οι βροχοπτώσεις είναι έντονες στο Ιόνιο και αυξάνονται από το νότο προς το βορρά. Το κλίμα των Κυθήρων είναι μεσογειακό, με αρκετή υγρασία και ισχυρούς ανέμους κυρίως το χειμώνα (Καρακίτσος, 2006).

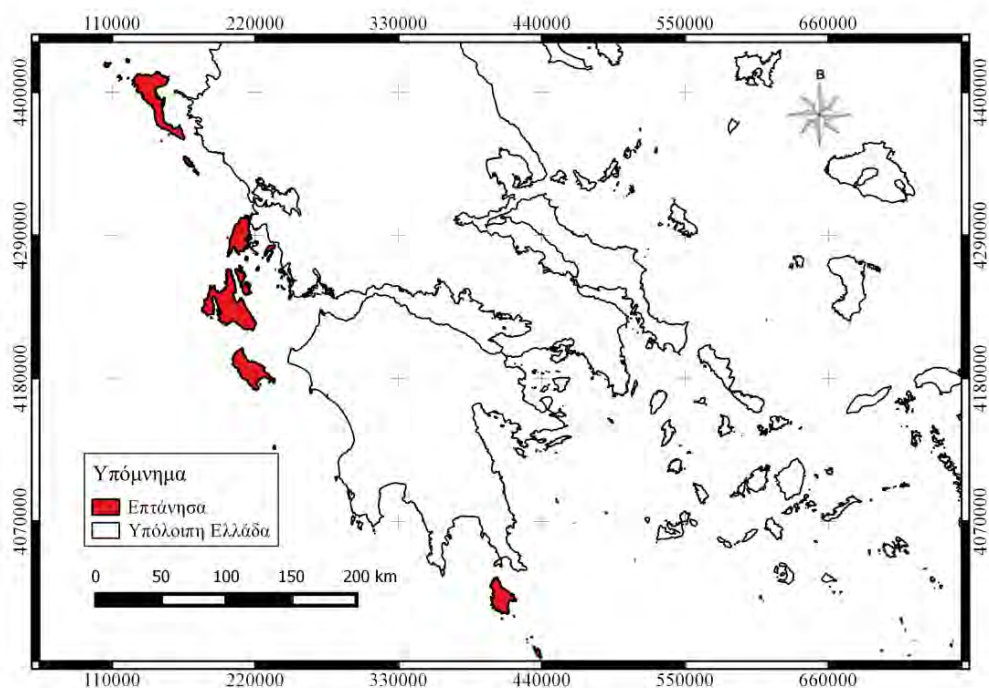
Η οικονομική δραστηριότητα των Επτανήσων αξίζει να τονιστεί ότι βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη γεωργία. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε νησιού, καλλιεργούνται ελαιόδεντρα, αμυγδαλιές, εσπεριδοειδή και αμπέλια. Η κτηνοτροφία βρίσκεται σε πτώση τα τελευταία χρόνια, ενώ σημαντική πηγή εισοδήματος για τους κατοίκους των νησιών είναι και ο τουρισμός.



**Πίνακας 2.3:** Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Επτανήσων

<b>Επτάνησα</b>			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικου/km <sup>2</sup> )
Ζακύνθου	40759	404,60	100,74
Ιθάκης	3231	96,30	33,55
Κέρκυρας	102071	592,00	172,42
Παξών	2300	25,30	90,91
Κεφαλονιάς	35801	781,00	45,84
Λευκάδας	22652	302,50	74,88
Κυθήρων	4041	279,60	14,45

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

**Σχήμα 2.4:** Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Επτανήσων

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 2.4 ΚΥΚΛΑΔΕΣ

Οι Κυκλάδες βρίσκονται στο κεντρικό και νότιο μέρος του Αιγαίου και είναι συνολικά 34. Από αυτά τα νησιά κατοικούνται τα 20 και στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται τα εξής: η Άνδρος, η Τήνος, η Σύρος, η Μύκονος, η Νάξος, η Πάρος, η Αντίπαρος, η Αμοργός, η Ίος, η Σίκινος, η Φολέγανδρος, η Θήρα ή Σαντορίνη, η Ανάφη, η Κέα, η Κύθνος, η Σίφνος, η Σέριφος, η Μήλος και η Κίμωλος.

Στην περιοχή των Κυκλάδων υπάρχουν λίγα ψηλά όρη στη Νάξο, στην Άνδρο και στην Αμοργό. Κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι τα πολλά ηφαίστεια, κυρίως

στις περιοχές της Μήλου και της Σαντορίνης. Σε αυτές τις περιοχές υπάρχουν και πολλές ηφαιστιογενείς πηγές.

Τα πετρώματα που συναντώνται στην περιοχή των Κυκλάδων έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ ως δομικά υλικά ή υλικά διακόσμησης. Χαρακτηριστικά είναι ο γρανίτης και το πράσινο μάρμαρο της Τήνου, οι ηφαιστίτες και η ζαχαρόπετρα της Μήλου, ο οψιδιανός της Μήλου, της Θήρας, της Αντίπαρου κλπ. Επίσης, είναι γνωστό πέτρωμα ο καολινής, το μάρμαρο της Πάρου, ο λυχνίτης και τα μάρμαρα της Νάξου και της Άνδρου. Στα νησιά των Κυκλάδων υπάρχουν και πολλά μεταλλεύματα, που χρησιμοποιούνται στην ελληνική μεταλλευτική βιομηχανία (Νέα Δομή, 1998ε).

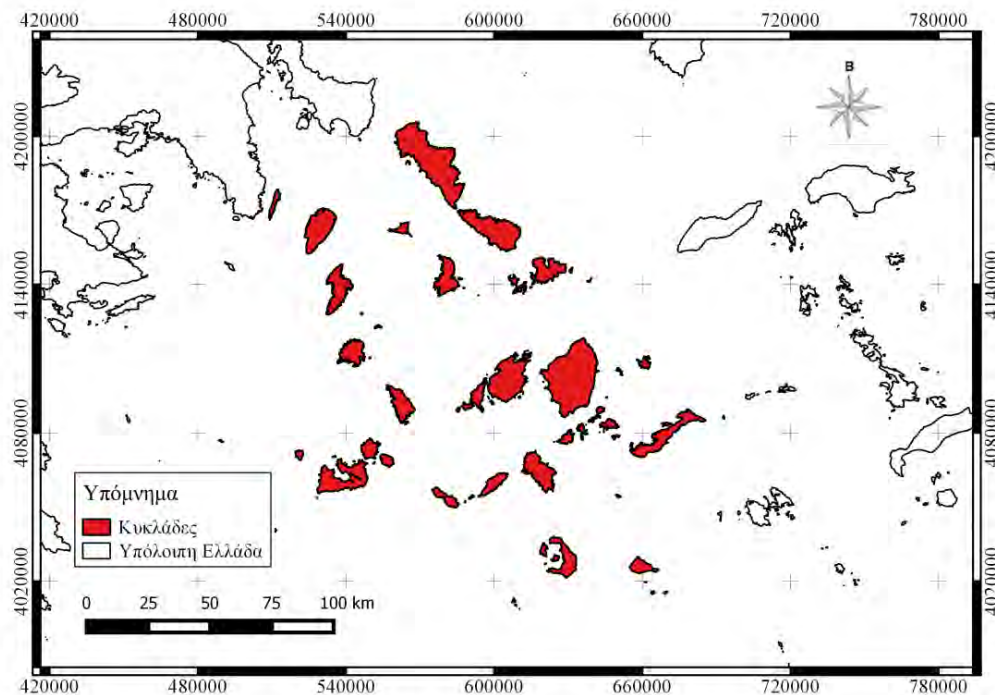
Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται εύκρατο προς θαλάσσιο. Ο χειμώνας είναι γλυκός και το καλοκαίρι δροσερό. Παρά τη μικρή απόσταση από τη θάλασσα οι Κυκλάδες θεωρούνται σχετικά ξηρές, αλλά οι περισσότερες μέρες του χρόνου είναι αίθριες χωρίς την παρουσία σύννεφων. Σημαντικό γνώρισμα του κλίματος των Κυκλάδων είναι οι έντονοι άνεμοι σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Τέλος, γίνεται αναφορά στις οικονομικές δραστηριότητες της περιοχής. Οι Κυκλάδες βασίζονται στον πρωτογενή τομέα παραγωγής και κυρίως στα θερμοκήπια, στην εκτατική κτηνοτροφία, στη μελισσοκομία και στην αλιεία. Συγκεκριμένα, οι κάτοικοι των νησιών εκτρέφουν αιγοπρόβατα, γεγονός που διευκολύνεται από τις ευνοϊκές καιρικές συνθήκες και τα πολλά βοσκοτόπια, που υπάρχουν στην περιοχή. Η αλιεία είναι πολύ ανεπτυγμένη, αφού η περιοχή διαθέτει ένα από τα πλουσιότερα αλιευτικά πεδία της χώρας, όπως το στενό Παροναξίας, τις θαλάσσιες περιοχές Κουφονησιών-Αμοργού, Μήλου-Κιμώλου και Φολέγανδρου-Σικίνου. Ο δευτερογενής τομέας παραγωγής δεν είναι αρκετά ανεπτυγμένος στην περιοχή, λόγω της γεωγραφικής θέσης της περιοχής. Παρόλα αυτά, όμως, στις Κυκλάδες αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό η εξόρυξη του ορυκτού πλούτου, λόγω της μεγάλης υπαρξής του στην περιοχή. Σημαντικός τομέας οικονομικής δραστηριότητας είναι και ο τουρισμός, όπου αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα στη Μύκονο, στη Μήλο και στη Σαντορίνη (Λειβαδάρα, 2011).

**Πίνακας 2.4:** Στατιστικά στοιχεία του νησιωτικού συμπλέγματος των Κυκλάδων

Κυκλάδες			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικου/ km <sup>2</sup> )
Άνδρου	9221	379,20	24,32
Θήρας	15550	76,20	204,07
Ιητών	2024	108,70	18,62
Κέας	2455	131,70	18,64
Κύθνου	1456	99,40	14,65
Σερίφου	1420	75,20	18,88
Σίφνου	2625	73,90	35,52
Μυκόνου	10134	86,10	117,70
Αμοργού	1973	121,50	16,24
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	18904	490,50	38,54
Αντιπάρου	1211	35,10	34,50
Πάρου	13715	196,30	69,87
Σύρου-Ερμούπολης	21507	84,10	255,73
Τήνου	8636	194,60	44,38
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	1309	112,70	11,61
Μήλου και Κιμώλου	5887	188,40	31,25

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

**Σχήμα 2.5:** Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 2.5 ΝΗΣΙΑ ΑΡΓΟΣΑΡΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Η Σαλαμίνα, η Αίγινα και η Ύδρα, που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη διπλωματική εργασία, ανήκουν στα νησιά του Αργοσαρωνικού Κόλπου και διοικητικά υπάγονται στην Περιφερειακή Ενότητα Νήσων, όπως και τα Κύθηρα, που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η Σαλαμίνα είναι το μεγαλύτερο νησί του Σαρωνικού Κόλπου και βρίσκεται πολύ κοντά στην Αττική. Από γεωλογικής άποψης στο νησί υπάρχουν αλπικοί και μεταλπικοί σχηματισμοί. Στο νησί εντοπίζονται όλα τα πετρώματα της «Υποπελαγονικής» ενότητας (Μαριολάκος κ.α., 2001). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Τατάρης και Σιδέρης (1989) στο νότιο τμήμα του νησιού υπάρχουν παλαιότερα πετρώματα, ενώ στο βόρειο τμήμα εμφανίζονται οι ανωτριάδικοί ασβεστόλιθοι και τα νεότερα ιζήματα. Επιπλέον, τα μεταλπικά ιζήματα είναι χερσαίας και θαλάσσιας φάσης. Τα θαλάσσια Πλειοκαινικά ιζήματα αποτελούνται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης, ενώ τα χερσαία μεταλπικά ιζήματα αποτελούνται από χερσαία κροκαλοπαγή μονόμικτα ή πολύμικτα, από παλαιά και σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, αλλουβιακές αποθέσεις και άλλα (Μαριολάκος κ.α., 2001). Όσον αφορά τις οικονομικές δραστηριότητες της Σαλαμίνας αξίζει να τονιστεί ότι κάποιο μέρος του πληθυσμού ασχολείται με τη γεωργία, την κτηνοτροφία και την αλιεία. Σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού εργάζεται και στον τομέα των υπηρεσιών. Αρκετοί κάτοικοι του νησιού εργάζονται σε επιχειρήσεις και οργανισμούς εκτός νησιού, ενώ πολλοί απασχολούνται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και στη ναυπηγοεπισκευή του δήμου Περάματος και Πειραιά. Μικρότερο ποσοστό απασχολείται σε τομείς εστίασης και εμπορίου.

Η Αίγινα βρίσκεται στο κέντρο του Σαρωνικού κόλπου και αποτελείται από χαμηλούς λόφους και πεδινές εκτάσεις. Το έδαφός της είναι ηφαιστιογενές με τις βόρειες περιοχές να αποτελούνται από ιζηματογενή πετρώματα και τις νότιες από εκρηξιγενή. Το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό και ξηρό με λίγες βροχοπτώσεις. Όσον αφορά την οικονομία του νησιού αξίζει να τονιστεί ότι η Αίγινα στο παρελθόν διέθετε σπουδαίο σπογγαλιευτικό στόλο. Η μεγαλύτερη ακμή της σπογγαλιείας εντοπίζεται στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Σήμερα, παραμένει αυξημένη η δραστηριότητα αυτή, ενώ η κτηνοτροφία είναι αρκετά περιορισμένη. Παράλληλα με αυτά, οι κάτοικοι ασχολούνται και με την καλλιέργεια της γης κυρίως με την

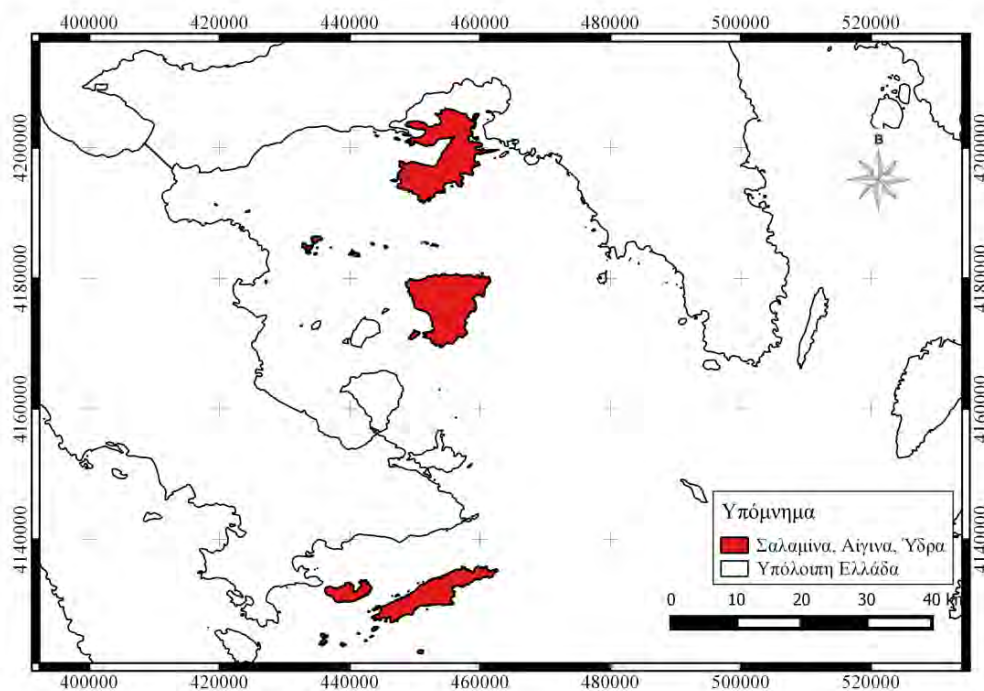
καλλιέργεια του σιταριού, του κριθαριού, του αρακά, των ρεβιθιών και άλλων προϊόντων.

Τέλος, η Ύδρα είναι ένα βραχώδες, άγονο νησί και το κλίμα της χαρακτηρίζεται από δροσερά καλοκαίρια μεγάλης διάρκειας και ήπιους χειμώνες. Γεωλογικά αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους. Η οικονομική δραστηριότητα του νησιού, λόγω του άγονου εδάφους της, περιορίζεται στην αλιεία και στον τουρισμό.

**Πίνακας 2.5:** Στατιστικά στοιχεία για τα νησιά Αίγινα, Σαλαμίνα και Ύδρα

Νησιά του Αργοσαρωνικού Κόλπου			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικοι/ km <sup>2</sup> )
Αίγινας	13056	82,60	158,06
Σαλαμίνας	39283	95,00	413,51
Ύδρας	1966	49,60	39,64

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία



**Σχήμα 2.6:** Βορειότερα βρίσκεται η Σαλαμίνα, αμέσως μετά η Αίγινα και νοτιότερα η Ύδρα

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 2.6 ΝΗΣΙΑ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου ανήκουν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, με εξαίρεση τη Θάσο και τη Σαμοθράκη, που

ανήκουν στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Η Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου περιλαμβάνει τα νησιά: Λέσβο, Χίο, Σάμο, Λήμνο, Ικαρία, Άγιο Ευστράτιο, Ψαρά, Φούρνους και Οινούσσες, καθώς και ένα μεγάλο αριθμό ακατοίκητων νησιών και βραχονησίδων, που δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης σε αυτή την εργασία.

### 2.6.1 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τα νησιά της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου διαθέτουν πολλές ορεινές και ελάχιστες πεδινές εκτάσεις. Η Σάμος παρουσιάζει τις περισσότερες ορεινές εκτάσεις και η Λήμνος αποτελείται κυρίως από πεδινές εκτάσεις. Μεγάλες διαφορές εντοπίζονται και στις κλίσεις, με την Ικαρία να διαθέτει τις υψηλότερες κλίσεις και τη Λήμνο τις μικρότερες.

Επιπρόσθετα, η γεωλογική δομή ποικίλλει ανάλογα με το νησί. Τα κυριότερα πετρώματα στην Ικαρία και τη Σάμο είναι οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, οι σχιστόλιθοι, οι γνεύσιοι και τα μάρμαρα. Στη Χίο και στα Ψαρά εντοπίζονται κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και γνευσιοσχιστόλιθοι. Στη Λέσβο και στη Λήμνο εμφανίζονται πολλές ηφαιστειακές εκχύσεις. Επιπρόσθετα, στο νησί της Λέσβου ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί το Απολιθωμένο Δάσος, που αποτελεί ένα φυσικό μνημείο παγκόσμιας αναγνώρισης.

Παράλληλα με τα παραπάνω, τονίζεται ότι τα νησιά του Βορείου Αιγαίου είναι αρκετά ευνοημένα από κλιματολογικής άποψης. Στη διάρκεια του έτους παρουσιάζουν υψηλή ηλιοφάνεια, χαμηλή μέση ετήσια βροχόπτωση και ευνοϊκή μέση ετήσια θερμοκρασία. Ωστόσο, εντοπίζονται διαφοροποιήσεις σε κάθε νησί. Η Λήμνος έχει τις λιγότερες βροχοπτώσεις και τη χαμηλότερη μέση θερμοκρασία. Η Σάμος και η Ικαρία παρουσιάζουν περισσότερες βροχοπτώσεις και μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, το κλίμα της Λέσβου, της Λήμνου και του Αγίου Ευστρατίου χαρακτηρίζεται ως εύκρατο. Το κλίμα της Χίου είναι μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και με ανομβρία τη θερινή περίοδο, ενώ το κλίμα των Οινουσσών και Ψαρών χαρακτηρίζεται μεσογειακό θαλάσσιο με ήπιους χειμώνες και θερμό και ξηρό καλοκαίρι μεγάλης διάρκειας. Η Σάμος, η Ικαρία και οι Φούρνοι έχουν ήπιο χειμώνα και δροσερό καλοκαίρι. Στη Λήμνο και στον Άγιο Ευστράτιο οι βροχοπτώσεις είναι λιγότερες και οι θερμοκρασίες χαμηλότερες. Αντίθετα, στη Σάμο και στην Ικαρία οι βροχοπτώσεις είναι περισσότερες και χαρακτηρίζονται από πιο υψηλές θερμοκρασίες.

Τέλος, η οικονομική δραστηριότητα των νησιών της περιφέρειας Βορείου Αιγαίου βασίζεται κυρίως στον τριτογενή τομέα παραγωγής. Οι επιχειρήσεις

ασχολούνται με το εμπόριο, τη διαχείριση ακίνητης περιουσίας και τον τουρισμό. Ο δευτερογενής και πρωτογενής τομέας παραγωγής δε διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην οικονομική δραστηριότητα των νησιών. Συγκεκριμένα, στον δευτερογενή τομέα πρωτοστατούν ο κατασκευαστικός και μεταποιητικός κλάδος, οι οποίοι, όμως, έχουν πτωτική τάση τα τελευταία χρόνια. Στον πρωτογενή τομέα παραγωγής τα ποσοστά απασχόλησης είναι πολύ μικρά. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια ενισχύεται ο τομέας αυτός, επειδή πολλοί επιστρέφουν στην αγροτική εργασία λόγω οικονομικής κρίσης. Παράλληλα με τα παραπάνω, πολλά νησιά στηρίζονται και στην παραγωγή τοπικών προϊόντων. Η Λέσβος είναι ένας από τους βασικούς παραγωγούς ελαιόλαδου και προϊόντων ελιάς. Σημαντική είναι ακόμα και η παραγωγή ούζου, κρασιών και αλίπαστων (Κεμερλή, 2014). Επιπλέον, στη Χίο καλλιεργείται η ποικιλία του μαστιχοφόρου σχίνου, από το οποίο εξάγεται η φυσική μαστίχα. Μεγάλο μέρος των κατοίκων βασίζουν το εισόδημά τους στο προϊόν αυτό. Η αμπελουργία είναι πολύ σημαντική για τη Σάμο, η οποία φημίζεται διεθνώς για το κρασί της.

#### 2.6.2 ΘΑΣΟΣ ΚΑΙ ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ

Η Θάσος θεωρείται ορεινό νησί, αλλά χαρακτηρίζεται και από πλούσιους κάμπους με ελαιόδεντρα. Η Σαμοθράκη είναι το υψηλότερο νησί στο Αιγαίο, με εξαίρεση την Κρήτη και την Εύβοια. Η υψηλότερη κορυφή του ονομάζεται Σάος και έχει ύψος 1.611 m.

Η γεωλογική μορφή της Θάσου αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και εκκριξηγενή πετρώματα της Προπαλαιοζωϊκής περιόδου και σχηματισμούς του Μεσοζωϊκού αιώνα. Στις ορεινές περιοχές εμφανίζονται συμπαγείς ημιμεταμορφωμένοι, κρυσταλλικοί και μαρμαρυγικοί ασβεστόλιθοι, ενώ στις παραθαλάσσιες περιοχές υπάρχουν πρόσφατοι γεωλογικοί σχηματισμοί από μάργες άμμου και ψαμμίτες. Στη Σαμοθράκη εντοπίζονται κυρίως γρανίτες και μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, ενώ τα περισσότερα πετρώματα είναι ηφαιστειακής προέλευσης.

Το κλίμα της Θάσου θεωρείται εύκρατο με δροσερό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα. Για τη Σαμοθράκη δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός, οπότε υπάρχει δυσκολία στο χαρακτηρισμό του κλίματός της. Γενικά, επηρεάζεται από το όρος Σάος, οπότε το κλίμα σε εκείνη την περιοχή έχει περισσότερες βροχές, χαμηλότερες θερμοκρασίες και περισσότερους βόρειους ανέμους.

Επιπρόσθετα, οι κύριες δραστηριότητες που ευνοούνται στη Θάσο είναι το θαλάσσιο σκι, το ψάρεμα, η πεζοπορία, η ορειβασία, το κυνήγι και η παρατήρηση

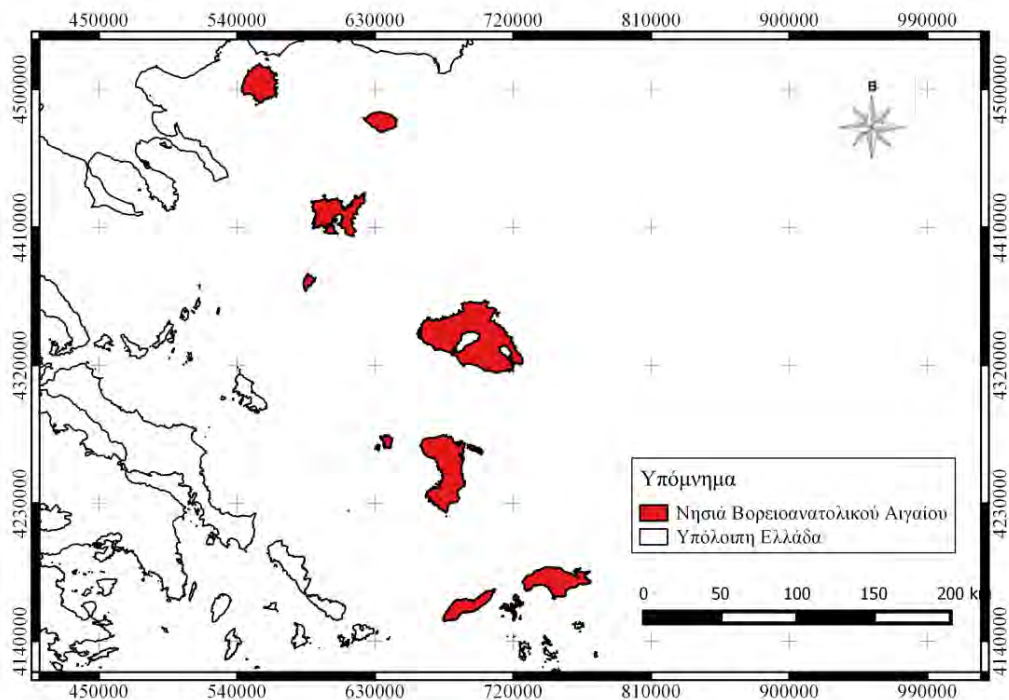


πουλιών. Η Θάσος, επίσης, βασίζεται και στην παραγωγή ελαιόλαδου, ελιών και μελιού. Σημαντικός είναι και ο ορυκτός πλούτος, όπως είναι ο σίδηρος, ο μόλυβδος, το μαγγάνιο, αλλά και τα κοιτάσματα πετρελαίου. Αξίζει να επισημανθεί ότι και οι κάτοικοι της Σαμοθράκης ασχολούνται με την αλιεία και τον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Σημαντικός, όμως, τομέας ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια είναι ο τουρισμός και η ενασχόληση με συναφή επαγγέλματα.

**Πίνακας 2.6:** Στατιστικά στοιχεία των νησιών του Βορειοανατολικού Αιγαίου

Νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου			
Δήμοι	Πληθυσμός	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Πυκνότητα (κάτοικοι/ km <sup>2</sup> )
Σαμοθράκης	2859	178,00	16,06
Θάσου	13770	379,00	36,33
Ικαρίας	8423	255,30	32,99
Φούρνων Κορσέων	1459	30,50	47,84
Λέσβου	86436	1636,00	52,83
Σάμου	32977	477,90	69,00
Χίου	51390	843,00	60,96
Λήμνου-Αγίου Ευστρατίου	17262	519,60	33,22
Οινουσσών και Ψαρών	1284	54,90	23,39

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία



**Σχήμα 2.7:** Νησιά Βορειοανατολικού Αιγαίου

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



### 3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο νυχτερινός φωτισμός είναι μια σημαντική πηγή δεδομένων για την παρακολούθηση της ανθρώπινης παρουσίας. Ειδικά, στον τομέα του πληθυσμού, όπου οι έρευνες είναι μακροχρόνιες και χρειάζονται οικονομικούς πόρους, η χρήση των νυχτερινών φώτων αποτελεί έναν τομέα προς εξερεύνηση. Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του πληθυσμού με βάση τα νυχτερινά φώτα. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στα δεδομένα που χρειάζονται για την υλοποίηση αυτής της εργασίας. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από στατιστικές πηγές αλλά και από δορυφορικά δεδομένα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δεδομένα απογραφής πληθυσμού και τα νυχτερινά δεδομένα του αισθητήρα VIIRS.

#### 3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Τα στατιστικά δεδομένα του πληθυσμού προέκυψαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ). Η τελευταία ελληνική απογραφή πραγματοποιήθηκε το 2011 και αποτέλεσε την τριακοστή απογραφή στην ιστορία του ελληνικού κράτους. Η συγκεκριμένη απογραφή ξεκίνησε το Φεβρουάριο 2011 και ολοκληρώθηκε από άποψη καταγραφής το Μάιο 2011. Με την απογραφή αυτή έγινε προσπάθεια καταγραφής του μόνιμου πληθυσμού της χώρας. Τα πρώτα προσωρινά αποτελέσματα ανακοινώθηκαν τον Ιούλιο του 2011 και παρατηρήθηκε ότι ο πληθυσμός της Ελλάδας για πρώτη φορά ήταν μειωμένος. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Δρεττάκη (2011) η απογραφή αυτή αποκλίνει σε σημαντικό βαθμό από τα στοιχεία εκτίμησης της EUROSTAT. Η διαφορά αυτή είναι της τάξης των 541.910 κατοίκων και αντιστοιχεί στο 5% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Τα τελικά αποτελέσματα ανακοινώθηκαν στις 28 Δεκεμβρίου 2012. Η απογραφή του πληθυσμού πραγματοποιήθηκε από 10-24 Μαΐου και καταγράφηκε ο πληθυσμός ανάλογα με τη μόνιμη κατοικία του.

Στην επίσημη ιστοσελίδα της ΕΛΣΤΑΤ (<http://www.statistics.gr>) υπάρχουν διαθέσιμα τα δεδομένα για την απογραφή του πληθυσμού. Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιούνται τα δεδομένα απογραφής του μόνιμου πληθυσμού ανά Καλλικρατικό δήμο. Οι δήμοι αυτοί προέκυψαν με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» που αποτελεί τη νέα διοικητική διαίρεση της Ελλάδας από το 2011.

#### 3.2 ΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SUOMI NPP-VIIRS

Ένα από τα πιο σημαντικά δορυφορικά περιβαλλοντικά συστήματα της επόμενης γενιάς είναι το Joint Polar Satellite System (JPSS). Αυτό το δορυφορικό σύστημα

προέκυψε από τη συνεργασία δύο υπηρεσιών της National Aeronautics and Space Administration (NASA) και της National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Ιδρύθηκε το 2010 και αποτελεί αναδιάρθρωση του National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS) (Cao et al., 2013).

Ο πρώτος δορυφόρος που ανήκει στο παραπάνω δορυφορικό σύστημα είναι ο National Polar-orbiting Partnership (NPP). Εκτοξεύτηκε επιτυχώς σε μια ηλιοσύγχρονη τροχιά στις 28 Οκτωβρίου 2011. Το ύψος της τροχιάς του δορυφόρου από τη γη είναι 824 km. Επίσης, ο δορυφόρος ολοκληρώνει μια πλήρη τροχιά γύρω από τη γη μέσα σε περίπου 102 min, με αποτέλεσμα να μπορεί να καλύψει τη γη περίπου 14 φορές σε χρονικό διάστημα μίας ημέρας. Λίγο μετά την εκτόξευσή του το όνομα του δορυφόρου άλλαξε σε Suomi NPP ή S-NPP, προς τιμήν του Verner E. Suomi, ενός μετεωρολόγου στο πανεπιστήμιο του Ουισκόνσιν-Μάντισον (Miller et al., 2013).

Στο δορυφόρο S-NPP βρίσκονται πέντε όργανα, τα οποία μέσα από τις παρατηρήσεις της γήινης επιφάνειας έχουν ως σκοπό να προσφέρουν στη NOAA προβλέψεις καιρού και στη NASA δεδομένα για τη μελέτη διάφορων φαινομένων όπως είναι η κλιματική αλλαγή, ο κύκλος του νερού και άλλα (Miller et al., 2013). Ένας από τους πιο σημαντικούς αισθητήρες είναι ο VIIRS. Πρόκειται για ένα σημαντικό ραδιόμετρο που βασίζεται σε προηγούμενα όργανα (Advanced Very-high Resolution Radiometer (AVHRR), Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) και OLS) (Cao et al., 2013).

Το πεδίο αναφοράς του είναι 112,56° κάθετα στη διεύθυνση της τροχιάς του και παρέχει παγκόσμια κάλυψη δύο φορές την ημέρα. Αυτό το ραδιόμετρο σάρωσης περιλαμβάνει 22 φασματικά κανάλια σε μήκη κύματος από 0,4μm μέχρι 12,5 μm, δηλαδή σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν στην ορατή και εγγύς υπέρυθρη περιοχή. Από τα 22 φασματικά κανάλια τα 16 είναι κανάλια μέτριας ανάλυσης (M-bands) με χωρική ανάλυση 750 m στο ναδίρ, τα 5 είναι κανάλια απεικόνισης (I-bands), με χωρική ανάλυση 375 m στο ναδίρ και το τελευταίο είναι ένα παγχρωματικό κανάλι με χωρική ανάλυση 750 m σε όλη τη σάρωση. Επιπρόσθετα, τα 22 κανάλια του VIIRS χωρίζονται σε 14 κανάλια ηλιακής αντανάκλασης (Reflective Solar Bands (RSB)), σε 7 κανάλια θερμικής εκπομπής (Thermal Emissive Bands (TEB)) και όπως αναφέρθηκε παραπάνω και στο παγχρωματικό κανάλι ηλιακής αντανάκλασης Ημέρας/Νύχτας (Day-Night-Band (DNB)). Τα 14 RSB αποτελούνται από 3 κανάλια απεικόνισης ( $I_1$ - $I_3$ ) και από 11 μέτριας ανάλυσης ( $M_1$ - $M_{11}$ ), ενώ τα υπόλοιπα ανήκουν στην κατηγορία των καναλιών θερμικής εκπομπής. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των καναλιών και του VIIRS

γενικότερα είναι ότι υπάρχει βαθμονόμηση των καναλιών του κατά τη διάρκεια της πτήσης του. Επιπλέον, ο αισθητήρας χρησιμοποιεί συγκεκριμένη διαδικασία άθροισης των εικονοστοιχείων, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι μεταβολές στο μέγεθος του εικονοστοιχείου στο τέλος κάθε σάρωσης. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνονται τα δεδομένα στις περιοχές αυτές και η χωρική ανάλυση στο ναδίρ, περιορίζοντας τα μειονεκτήματα των προηγούμενων αισθητήρων (Cao et al., 2013· Miller et al., 2013· Wang and Cao, 2016· Xiong et al., 2016).

### 3.3 ΤΟ ΠΑΓΧΡΩΜΑΤΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΗΜΕΡΑΣ/ΝΥΧΤΑΣ (DNB)

Στον VIIRS μια από τις πιο σημαντικές δυνατότητες είναι το κανάλι DNB, το οποίο είναι ένα παγχρωματικό κανάλι στην ορατή και εγγύς υπέρυθρη περιοχή (500-900 nm). Το συγκεκριμένο κανάλι έχει την ικανότητα να απεικονίζει τη γήινη επιφάνεια όχι μόνο την ημέρα αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συγκεκριμένα, μπορεί να ανιχνεύει χαμηλού επιπέδου ορατό ή εγγύς υπέρυθρο νυχτερινό φως ακόμα και αν αυτό είναι 10 εκατομμύρια φορές πιο αμυδρό από την αντανάκλαση του ηλιακού φωτός (Miller et al., 2013· Lee and Cao, 2016). Τα δεδομένα από το DNB χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως είναι: η κατανάλωση ενέργειας μιας πόλης, οι εποχικές δραστηριότητες, αλλά και ατυχήματα αλιευτικών και επιβατικών πλοίων. Επιπλέον, στο άρθρο των Wang and Cao (2016), οι οποίοι αναφέρονται στις έρευνες των Chen and Nordhaus (2015) και Shi et al. (2014), τονίζεται ότι με τα νυχτερινά φώτα μπορούν να γίνουν έρευνες για εφαρμογές οικονομικής δραστηριότητας και εκτίμησης πληθυσμού. Ακόμα, μπορούν να μελετηθούν φαινόμενα όπως η αυγή, το Βόρειο Σέλας, οι αστραπές και άλλα (Wang and Cao, 2016).

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του καναλιού αυτού είναι η βελτιωμένη χωρική του ανάλυση σε σχέση με τους προηγούμενους αισθητήρες. Αυτό που παίζει σημαντικό ρόλο είναι η οριζόντια χωρική ανάλυση του καναλιού, που προσφέρει μεγάλη χωρική λεπτομέρεια. Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι η οριζόντια χωρική ανάλυση και το διάστημα μεταξύ των εικονοστοιχείων έχουν παρόμοιο μέγεθος, με αποτέλεσμα τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας να παρουσιάζονται αρκετά αντιπροσωπευτικά. Το κανάλι διατηρεί σταθερό το μέγεθος του εικονοστοιχείου, γύρω στα 750 m παίρνοντας δείγματα από ένα πάχος λωρίδας 3000 km και η ανάλυση της εικόνας παραμένει υψηλή σε όλο το μήκος της λωρίδας. Οι

σαρώσεις του DNB πραγματοποιούνται κάθετα στη διεύθυνση της τροχιάς απεικονίζοντας 16 γραμμές κάθε φορά (Miller et al., 2013).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το DNB είναι ένα κανάλι με πολύ μεγάλη ευαισθησία στην ανίχνευση της ακτινοβολίας και έχει τη δυνατότητα να καταγράφει την ακτινοβολία ακόμα και από μία μοναδική λάμπα στο δρόμο. Αυτό το δυναμικό εύρος των εφτά περίπου τάξεων μεγέθους στις σκηνές ημέρας και νύχτας χρησιμοποιεί τρία στάδια ενίσχυσης. Το πρώτο στάδιο χαμηλής ωφέλειας (low-gain stage) χρησιμοποιείται για την ημέρα, το δεύτερο στάδιο της μέσης ωφέλειας (medium-gain stage) για τις περιπτώσεις αμυδρού φωτός την ημέρα και τη νύχτα, δηλαδή στη χαραυγή και στο λυκόφως και το τελευταίο στάδιο της υψηλής ωφέλειας (high-gain stage) χρησιμοποιείται για τη νυχτερινή πλευρά της τροχιάς. Τα δεδομένα που προέρχονται από αυτά τα τρία στάδια ψηφιοποιούνται σε 14 bits (τρίτο στάδιο) και σε 13 bits (πρώτο και δεύτερο στάδιο), ανάλογα με το στάδιο ενίσχυσης (Miller et al., 2013· Wang and Cao, 2016).

Αξίζει να τονιστεί ότι το κανάλι χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που ασχολούνται κυρίως με τα φώτα της νύχτας. Ωστόσο, τα δεδομένα από το φως της ημέρας είναι εξίσου σημαντικά, διότι το κανάλι χρησιμοποιεί τον ηλιακό διαχύτη, ο οποίος βαθμονομεί τα υπόλοιπα κανάλια ανάκλασης. Στη συνέχεια, η βαθμονόμηση αυτή μεταφέρεται στα νυχτερινά δεδομένα, τα οποία δίδονται ως τιμές ακτινοβολίας του καναλιού. Η νυχτερινή ώρα διέλευσης του δορυφόρου S-NPP είναι 1:30 (τοπική ώρα). Τα νυχτερινά δεδομένα παρατηρούνται σε χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων, που αντιστοιχεί στο μισό νυχτερινό κύκλο (Miller et al., 2013).

Σύμφωνα, λοιπόν, με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ο VIIRS σχεδιάστηκε με βελτιωμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με τον προκατόχο του OLS. Τα δορυφορικά συστήματα στα οποία ανήκουν παρουσιάζουν παρόμοιες πολικές τροχιές, ενώ διαφοροποιείται ο χρόνος διέλευσης. Για τον DMSP ο χρόνος διέλευσης ορίζεται το απόγευμα γύρω στις 19:30, ενώ για τον S-NPP είναι αργά το βράδυ μετά τα μεσάνυχτα (1:30). Επίσης, το κανάλι DNB του VIIRS έχει βελτιωμένη χωρική ανάλυση σε σχέση με τον OLS. Το αποτύπωμα του OLS είναι περίπου 5 km στο ναδίρ και επεκτείνεται όσο πλησιάζει στην άκρη της σάρωσης. Αντίθετα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο VIIRS διατηρεί σταθερό το αποτύπωμά του γύρω στα 750 m, για την ακρίβεια 742 m, μέχρι την άκρη της σάρωσης. Ακόμα, η ραδιομετρική ανάλυση του OLS είναι 6 bits, ενώ στην περίπτωση του DNB η κβαντοποίηση γίνεται στα 14 bits. Το κανάλι αυτό μπορεί να ανιχνεύει διάφορα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας με μηδενικό φως

φεγγαριού. Συγκεκριμένα, το όριο ανίχνευσης για τον OLS είναι  $5 \cdot 10^{-10} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$ , ενώ για το DNB είναι  $2 \cdot 10^{-11} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$ . Αξίζει να επισημανθούν δύο ακόμα βασικά πλεονεκτήματα του DNB σε σχέση με τον OLS. Τα δεδομένα του OLS παρουσιάζουν κορεσμό στις κύριες αστικές περιοχές, όπου υπάρχουν πολλά φώτα υψηλής ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το DNB που δεν παρουσιάζει κορεσμό. Τέλος, στον S-NPP γίνεται βαθμονόμηση των δεδομένων πάνω στο αεροσκάφος. Αντίθετα ο αισθητήρας OLS δε διαθέτει αυτό το πλεονέκτημα (Elvidge et al., 2013).

Ο αισθητήρας VIIRS αν και έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με τους προηγούμενους αισθητήρες δεν επιτυγχάνει τα βέλτιστα χαρακτηριστικά ενός ιδεατού συστήματος ανίχνευσης νυχτερινών φώτων, όπως είναι το Nightsat. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει σχεδιαστεί με σκοπό την παρατήρηση των νυχτερινών φώτων σε κατάλληλη χωρική ανάλυση για την ανίχνευση της ανθρώπινης δραστηριότητας το βράδυ. Η κατάλληλη χωρική ανάλυση ορίζεται στα 50-100 m, έτσι ώστε να διακρίνονται κάποια κύρια χαρακτηριστικά του αστικού περιβάλλοντος. Η χωρική ανάλυση που έχει το παγχρωματικό κανάλι του VIIRS δεν είναι επαρκής για την ανίχνευση των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας. Επιπλέον, σε ένα ιδεατό σύστημα προτείνεται η ύπαρξη πολυφασματικού καναλιού με 3 έως 5 κανάλια, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα σε περισσότερες εφαρμογές και να διακρίνονται οι αλλαγές στον τύπο του φωτισμού. Όσον αφορά τα όρια ανίχνευσης ακτινοβολίας καλό θα ήταν να φτάνουν την τιμή των  $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ , έτσι ώστε να εντοπίζονται ακόμα και τα πολύ αμυδρά νυχτερινά φώτα. Ακόμα, το σύστημα εντοπισμού χαμηλής ακτινοβολίας φώτων πρέπει να είναι πολικής τροχιάς για να έχει παγκόσμια κάλυψη και ο χρόνος διέλευσης να είναι σταθερός γύρω στις 10μμ. Ο VIIRS δεν καλύπτει τις δύο προϋποθέσεις, αφού ο χρόνος διέλευσής του είναι μετά τα μεσάνυχτα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να διακριθούν τα φώτα, σε περιοχές που κλείνουν μετά τα μεσάνυχτα. Ο ιδανικός χρόνος εντοπίζεται στο διάστημα 8:30-10:00 μμ, δεδομένου ότι υπάρχουν κάποιες περιοχές τους καλοκαιρινούς μήνες με μεγάλη διάρκεια ημέρας. Τέλος, είναι απαραίτητη η βαθμονόμηση των δεδομένων και η επαρκής λήψη τους, ώστε να δημιουργούνται ετήσιες εικόνες χωρίς σύννεφα και με βαθμονομημένες τιμές ακτινοβολίας (Elvidge et al., 2007).

### 3.4 ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΩΝ ΦΩΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΣΥΝΝΕΦΩΝ (VIIRS DNB CLOUD FREE COMPOSITES)

Η ομάδα EOG (Earth Observation Group) της NOAA, η οποία διαθέτει μεγάλη εμπειρία στη σύνθεση των δεδομένων, έχει ως σκοπό τη σύνθεση νυχτερινών δεδομένων υψηλής ποιότητας του αισθητήρα VIIRS, ώστε να βελτιωθεί η ευαισθησία και η κάλυψη των δεδομένων. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια εικόνα με συγκεκριμένες κατηγορίες (flag image), οι οποίες περιλαμβάνουν το φως της ημέρας, του λυκόφωτος, τα τυχαία φώτα, τον ηλιακό και σεληνιακό φωτισμό, το θόρυβο που προκαλείται από τα δεδομένα στην άκρη της σάρωσης, τα σύννεφα και τα δεδομένα που δεν έχουν τιμές (no data). Οι αλγόριθμοι, που εφαρμόζονται, δημιουργούν σύνθετες εικόνες υψηλής ποιότητας σε πλέγματα 15 arc sec, με αποτέλεσμα η χωρική ανάλυση των εικόνων να είναι περίπου 500 m (Baugh et al., 2013· Kyba et al., 2015).

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι αρχικές συνθέσεις των εικόνων και στους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται. Οι αλγόριθμοι αυτοί βασίζονται στους αλγόριθμους του προηγούμενου αισθητήρα OLS, πάνω στους οποίους εφαρμόζονται κατάλληλες διορθώσεις. Συγκεκριμένα, οι κατηγορίες που αφορούν την ημέρα και το λυκόφως ορίζονται με τη βοήθεια των ηλιακών ζενίθιων γωνιών. Για ζενίθειες γωνίες μικρότερες του 96 προσδιορίζεται η κατηγορία της ημέρας, ενώ για γωνίες μεταξύ 96 και 101 ορίζεται η κατηγορία του λυκόφωτος. Επιπλέον, τα δεδομένα του VIIRS επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τα τυχαία φώτα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι επίγειες ζενίθειες γωνίες του ήλιου μεταξύ των τιμών 90 και 118,5 για να ορίσουν την κατηγορία-σημαία των τυχαίων φώτων και για να περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν τα τυχαία φώτα στα δεδομένα. Η κατηγορία με το όνομα “no data” αναφέρεται σε περιοχές που δε χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των δεδομένων, λόγω του αυξημένου θορύβου που εντοπίζεται σε αυτά. Συνήθως, πρόκειται για τις 4 τελευταίες ζώνες συγκέντρωσης στην άκρη κάθε σάρωσης. Αυτές οι ζώνες συγκέντρωσης δημιουργούν το κάθε εικονοστοιχείο του καναλιού μέσα από κάποιους αισθητήρες, οι οποίοι διατηρούν σταθερή τη χωρική ανάλυση του αισθητήρα. Ακόμα, στην κατηγορία αυτή ανήκουν δεδομένα τα οποία προέρχονται από συμπληρωματικές σαρώσεις και δεν ανταποκρίνονται σε πραγματικές τιμές ακτινοβολίας, οπότε και εξαιρούνται από τη σύνθεση των εικόνων. Επιπρόσθετα, αξίζει να επισημανθεί ότι για να δημιουργηθούν προϊόντα υψηλής ποιότητας θα πρέπει να υπάρχει και μηδενικός σεληνιακός φωτισμός.

Αυτό επιτυγχάνεται με έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί δεδομένα σεληνιακής φάσης, αζιμουθίου και υψομέτρου. Ο αλγόριθμος αυτός θέτει τη σημαία «μηδενικός σεληνιακός φωτισμός» όταν ο σεληνιακός φωτισμός είναι μικρότερος από 0,0005 lux. Η τελευταία και πολύ σημαντική κατηγορία είναι αυτή της ύπαρξης σύννεφων. Τα σύννεφα επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ακτινοβολία. Εάν τα σύννεφα είναι πολύ πυκνά μπορούν να καλύψουν τελείως ένα φως ή εάν είναι αραιής σύστασης να το κάνουν πιο αμυδρό. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μια μάσκα για σύννεφα, που ονομάζεται HCMO, η οποία όμως δε φέρει τα κατάλληλα αποτελέσματα, διότι σε αρκετές περιπτώσεις συγχέει την ύπαρξη σύννεφων με τις λάμπσεις που προκαλούνται από τις καύσεις αερίων. Συνεπώς, για να διορθωθεί η παρουσία των σύννεφων χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του OLS, αφού προηγουμένως πραγματοποιούνται οι κατάλληλες μετατροπές. Ο αλγόριθμος αυτός βασίζεται στη σύγκριση της θερμοκρασίας στο θερμικό κανάλι του αισθητήρα με τη θερμοκρασία της επιφάνειας αναφοράς. Ανάλογα, λοιπόν, με τις διαφορές θερμοκρασίας και τις οριακές τιμές που έχουν τεθεί, προκύπτει αν πρόκειται για σύννεφα ή όχι (Baugh et al., 2013).

Οι παραπάνω κατηγορίες αφορούν το DNB κανάλι και το θερμικό κανάλι (M15). Ανάμεσα στα δύο κανάλια υπάρχουν κάποιες αναντιστοιχίες. Για το λόγο αυτό ακολουθεί η επαναπροβολή και μετέπειτα συνδυάζονται σε μία τελική flag εικόνα. Ως εκ τούτου, τρεις εικόνες επαναπροβάλλονται σε πλέγματα των 15 arc sec: η εικόνα που περιλαμβάνει τις τιμές ακτινοβολίας και οι flag εικόνες των δύο καναλιών. Σύμφωνα με τους Baugh et al. (2013) για να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα θα πρέπει: Daytime: Off, Terminator Zone (twilight): Off, Stray Light: Off, Zero Lunar Illuminance: On, Clouds: Clear και No Data: Off. Ύστερα από τις διαδικασίες αυτές προκύπτουν τρεις εικόνες. Η μια εικόνα περιλαμβάνει τη μέση τιμή ακτινοβολίας των νυχτερινών φώτων, η δεύτερη τον ακέραιο αριθμό των παρατηρήσεων χωρίς σύννεφα και η τρίτη την τυπική απόκλιση της ακτινοβολίας (Baugh et al., 2013). Οι σύνθετες εικόνες αποτελούνται από 6 αρχεία, τα οποία χωρίζονται στον Ισημερινό και καθένα από αυτά εκτείνεται σε γεωγραφικό πλάτος 120°. Για την αφαίρεση των τυχαίων φώτων υπάρχουν δύο διαφορετικές διαμορφώσεις. Η πρώτη αφαιρεί τα τυχαία φώτα (vcmscfg) και η δεύτερη περιλαμβάνει τα επεξεργασμένα τυχαία φώτα μέσα από μια συγκεκριμένη διαδικασία (vcmslcfg).

Τα πρώτα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν και έχουν χρησιμοποιηθεί σε κάποιες έρευνες είναι για το έτος 2012 και 2013. Αρχικά, ήταν διαθέσιμες μόνο οι σύνθετες εικόνες για τον Απρίλιο και τον Οκτώβριο του 2012 και για τον Ιανουάριο του

2013. Για τις συνθέσεις του 2012 υπήρχαν γεωμετρικά σφάλματα πιθανότατα λόγω κάποιου σφάλματος στον υπολογισμό του ναδίου. Συνεπώς, η μέση ακτινοβολία δεν ανταποκρινόταν στο αντίστοιχο εικονοστοιχείο στο έδαφος, αλλά στη γειτονική περιοχή. Το σφάλμα αυτό διορθώθηκε το 2013 (Baugh et al., 2013; Jing et al., 2016). Στο πλαίσιο διεκπεραίωσης αυτής της διπλωματικής εργασίας τα προϊόντα σύνθεσης βελτιώθηκαν και εμπλουτίστηκαν για όλους τους μήνες από τον Απρίλιο 2012 μέχρι τα σημερινά διαθέσιμα δεδομένα. Τα cloud-free composites είναι διαθέσιμα στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα: [http://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download\\_monthly.html](http://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_monthly.html).

Τα προϊόντα αυτά διαθέτουν ακόμα αρκετά μειονεκτήματα. Όπως επιβεβαιώνεται από πολλούς ερευνητές οι σύνθετες εικόνες δεν είναι απαλλαγμένες από τυχαία φώτα, από φώτα που οφείλονται στο Βόρειο Σέλας και από εφήμερα φώτα πλοίων, φωτιών, ηφαιστειών και καύσης αερίων. Επίσης, δεν έχει αφαιρεθεί ο θόρυβος από περιοχές που δεν είναι φωτισμένες (background noise) (Baugh et al., 2013; Jing et al., 2016; Marcantonio et al., 2015; Shi et al., 2014a). Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από διάφορους ερευνητές για την αφαίρεση αυτών των πηγών σφαλμάτων, αλλά και η επεξεργασία των δεδομένων που εφαρμόζεται σε αυτή τη διπλωματική εργασία.



#### 4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από την ιστοσελίδα που αναφέρθηκε παραπάνω για τον Απρίλιο του 2012 και για όλους τους μήνες του έτους 2014. Για κάθε μήνα επιλέγεται το αρχείο που περιέχει μέσα την περιοχή της Ελλάδας (tile 2: 75N/060W). Από τις διαμορφώσεις που είναι διαθέσιμες για την αφαίρεση των τυχαίων φώτων χρησιμοποιείται αυτή που αφαιρεί την επίδραση από τα τυχαία φώτα (vcmcfg). Αξίζει να επισημανθεί ότι αρκετές σύνθετες εικόνες έχουν έλλειψη στοιχείων. Συγκεκριμένα, για τον Ιούνιο 2014 δεν υπάρχουν τιμές ακτινοβολίας για την περιοχή της Ελλάδας, ενώ για το Μάιο και Ιούλιο 2014 τα δεδομένα είναι περιορισμένα σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας. Η έλλειψη στα νυχτερινά δεδομένα πιθανότατα οφείλεται σε ανεπιθύμητο φωτισμό, που εισέρχεται στον αισθητήρα άμεσα ή έμμεσα από την πόρτα του ναδír και από τα ανοίγματα του ηλιακού διαχύτη (Mills et al., 2013). Η επιλογή του Απριλίου 2012 για τη συγκεκριμένη μελέτη βασίζεται στο γεγονός ότι διαθέτει τα περισσότερα δεδομένα καλής ποιότητας και είναι ταυτόχρονα και η πιο κοντινή ημερομηνία στην απογραφή του Μαΐου 2011.

Κάθε σύνθετη εικόνα διαθέτει 28.800 στήλες και 18.000 γραμμές, δηλαδή συνολικά περιλαμβάνει 518.400.000 εικονοστοιχεία. Το κάθε εικονοστοιχείο αντιπροσωπεύει μια μέση τιμή ακτινοβολίας σε μονάδες nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr). Οι αρχικές τιμές ακτινοβολίας ήταν εκφρασμένες σε Watts/(cm<sup>2</sup>\*sr). Ωστόσο για λόγους διευκόλυνσης της επεξεργασίας των δεδομένων από διάφορα λογισμικά, οι τιμές αυτές πολλαπλασιάζονται με τον αριθμό 10<sup>9</sup>. Δεν υπάρχει κάποια μέγιστη τιμή ακτινοβολίας που μπορεί να τεθεί ως όριο στις σύνθετες εικόνες, δεδομένου ότι ο αισθητήρας δεν παθαίνει κορεσμό. Ως ελάχιστη τιμή στα δεδομένα των σύνθετων εικόνων μπορεί να οριστεί η τιμή -1,5 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr).

Τα προϊόντα σύνθεσης των νυχτερινών δεδομένων έχουν δημιουργηθεί στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς, World Geodetic System 1984, το οποίο σύμφωνα με την ονοματολογία που δόθηκε από την European Petroleum Survey Group (EPSG), χαρακτηρίζεται με τον κωδικό 4326. Ωστόσο, στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας επιλέγεται το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ'87). Το συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80, το ίδιο που χρησιμοποιεί και το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς. Η διαφορά των δύο συστημάτων έγκειται σε μια μικρή μετατόπιση ως προς την αρχή των αξόνων. Στη συγκεκριμένη εργασία, πριν από την αλλαγή συστήματος αναφοράς επιτυγχάνεται αποκοπή των σύνθετων εικόνων με βάση ένα διανυσματικό αρχείο. Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει

τους δήμους της Ελλάδας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτη και προκύπτει από τη σελίδα GEODATA.gov.gr. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο όγκος των δεδομένων και πραγματοποιείται με πιο εύκολο και γρήγορο τρόπο η επαναπροβολή των αρχείων στο ΕΓΣΑ'87, το οποίο έχει κωδικό EPSG: 2100.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο τα δεδομένα αυτά δεν έχουν απαλλαγεί από κάποιες πηγές σφαλμάτων. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην επεξεργασία που έχει γίνει σε άλλες μελέτες και στη μέθοδο που χρησιμοποιείται σε αυτή την εργασία, με σκοπό τη βελτίωση των αποτελεσμάτων.

#### 4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα τελευταία χρόνια ο αισθητήρας VIIRS έχει γίνει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές. Πολλές από αυτές τις έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στην Κίνα. Συγκεκριμένα, οι Li et al. (2013) μελετούν τη σχέση μεταξύ του ακαθάριστου προϊόντος στις περιφέρειες της Κίνας και του συνολικού φωτισμού, που προκύπτει από τα νυχτερινά δεδομένα του VIIRS. Τα μοναδικά δεδομένα που ήταν διαθέσιμα εκείνο το χρονικό διάστημα ήταν για το 2012. Ωστόσο, όπως έχει αναφερθεί πολλές τιμές ακτινοβολίας είναι εσφαλμένες, αφού δεν ανταποκρίνονται σε πραγματική ανθρώπινη δραστηριότητα. Για να απομακρυνθούν αυτές οι πηγές σφαλμάτων οι Li et al. (2013) υποθέτουν ότι οι φωτιζόμενες περιοχές κατά το έτος 2010 και 2012 είναι οι ίδιες. Έτσι, επιλέγονται οι θετικές τιμές από τα δεδομένα του αισθητήρα DMSP-OLS για το 2010. Στη συνέχεια η μάσκα αυτή πολλαπλασιάζεται με την εικόνα του VIIRS για να δημιουργηθεί μια τελική εικόνα χωρίς θόρυβο. Επιπλέον, οι τιμές του VIIRS που είναι πάνω από την τιμή 63 (η μέγιστη τιμή του OLS) αντικαθίστανται με την τιμή 63, για να υπάρχει αντιστοιχία με τον OLS. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας η διαδικασία κρίνεται αποτελεσματική και βελτιώνει τα δεδομένα.

Στην προηγούμενη μελέτη στηρίζονται και οι μελετητές Shi et al. (2014a). Το συγκεκριμένο άρθρο στοχεύει στην εκτίμηση της σχέσης μεταξύ των νυχτερινών φώτων με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν και με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Κάποια εικονοστοιχεία έχουν αρνητικές τιμές και σύμφωνα με τους συγγραφείς τα δεδομένα αυτά αποτελούν θόρυβο, που προκαλείται από το υπόβαθρο ή από τις ακραίες τιμές. Οι Shi et al. (2014a) χρησιμοποιούν πάλι τα σταθερά φώτα (stable lights) από τον OLS και εξάγουν τα εικονοστοιχεία που έχουν θετικές τιμές. Εντοπίζονται οι φωτιζόμενες περιοχές στη μια εικόνα, η οποία στη συνέχεια επικαλύπτεται από την εικόνα του VIIRS, έτσι ώστε να διατηρηθούν οι τιμές

ακτινοβολίας του. Τα εικονοστοιχεία που έχουν αρνητικές τιμές αντικαθίστανται από τον αριθμό 0. Τα διορθωμένα δεδομένα διατηρούν ακόμα κάποιες ακραίες τιμές, οι οποίες κρίνεται απαραίτητο να αφαιρεθούν. Για να υλοποιηθεί αυτό χρησιμοποιείται ως μέγιστη τιμή η μέγιστη ακτινοβολία που εντοπίζεται στις τρεις μεγαλουπόλεις της Κίνας. Όποιο στοιχείο ξεπερνάει αυτή την τιμή, λαμβάνει νέα τιμή που ισούται με τη μέγιστη τιμή των 8 γειτόνων του συγκεκριμένου εικονοστοιχείου. Στην περίπτωση που τα 8 γειτονικά στοιχεία διαθέτουν τιμές μεγαλύτερες από τη μέγιστη τιμή, επιλέγεται ως νέα τιμή η μέγιστη τιμή των 8 έμμεσων γειτόνων του κάθε άμεσου γειτονικού εικονοστοιχείου. Η μέθοδος αυτή οδηγεί σε πολύ καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα του VIIRS και περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις αρνητικές συνέπειες, που προκαλούνται από τα φώτα των διυλιστηρίων πετρελαίου, των ξηρών κοιτών των ποταμών και της ερήμου που υπάρχει στην περιοχή της Κίνας. Παρά τα θετικά αποτελέσματα, υπάρχουν ακόμα αρκετά προβλήματα στη διάκριση των πραγματικών φώτων που ανήκουν σε αστικές περιοχές από τα φώτα που οφείλονται σε διάφορες τεχνητές κατασκευές ή σε αντανάκλασεις από ειδικές γήινες επιφάνειες (Shi et al., 2014a).

Στο πλαίσιο των παραπάνω άρθρων πραγματοποιείται προσπάθεια εκτίμησης των νέων νυχτερινών δεδομένων για την εξαγωγή αστικών περιοχών χρησιμοποιώντας στατιστικά δεδομένα. Επίσης, γίνεται προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων αυτών με τα σταθερά φώτα του OLS. Η έρευνα αυτή αναφέρεται πάλι στην περιοχή της Κίνας και συγκεκριμένα σε 12 πόλεις της. Οι συγγραφείς αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν μια οριακή τιμή, η οποία διαχωρίζει τις περιοχές σε δύο κατηγορίες: τις αστικές και τις μη αστικές. Ανάλογα με την οριακή τιμή κάθε φορά δημιουργείται μια εκ νέου εξαγόμενη αστική περιοχή, η οποία συγκρίνεται με την αστική περιοχή που προέρχεται από τα στατιστικά δεδομένα. Η μικρότερη διαφορά αντιστοιχεί στην κατάλληλη οριακή τιμή. Στη συνέχεια, οι εξαγόμενες αστικές περιοχές από τον VIIRS και τον OLS συγκρίνονται με δεδομένα από τον Landsat 8 OLI-TIRS και προκύπτει ότι τα δεδομένα VIIRS αντιπροσωπεύουν καλύτερα τις αστικές περιοχές (Shi et al., 2014b).

Η πιο πρόσφατη μελέτη, που δημοσιεύτηκε από τους Jing et al. (2016), χρησιμοποιεί τα δεδομένα από τον VIIRS για το 2013, δεδομένου ότι τα προϊόντα του 2012 είχαν κάποιο γεωμετρικό σφάλμα. Για την προεπεξεργασία και την αφαίρεση των τιμών, που μπορεί να οφείλονται σε θόρυβο της περιοχής, χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: η μέθοδος που αφαιρεί τον θόρυβο με μάσκα και η μέθοδος που βασίζεται σε μια βέλτιστη οριακή τιμή. Για την πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούνται δεδομένα από τον

OLS και οι θετικές τιμές του λειτουργούν ως μάσκα για τις συνθέσεις εικόνας του VIIRS. Ωστόσο, η μάσκα αυτή που βασίζεται στα σταθερά φώτα του OLS έχει χρονικό και χωρικό περιορισμό. Για το λόγο αυτό προτείνεται η μέθοδος της βέλτιστης οριακής τιμής. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μεγάλη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των φωτισμένων περιοχών και των αστικών περιοχών. Επιλέγεται κάθε φορά μια μικρή οριακή τιμή και υπολογίζεται η φωτισμένη περιοχή. Στη συνέχεια, προκύπτει ο συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα σε αυτή την περιοχή και στην αστική περιοχή. Ο μέγιστος συντελεστής συσχέτισης οδηγεί στη βέλτιστη οριακή τιμή. Επιπλέον, γίνεται αφαίρεση των ακραίων τιμών, που μπορεί να οφείλονται σε φώτα από φωτιές, καύσεις αερίων και άλλα, με βάση τη μέθοδο που περιγράφηκε παραπάνω. Μετά την επεξεργασία των νυχτερινών δεδομένων υπολογίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των αρχικών δεδομένων του VIIRS, των επεξεργασμένων δεδομένων και των σταθερών φώτων του OLS με 12 κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Γενικά, συμπεραίνεται ότι τα επεξεργασμένα φώτα του VIIRS δίνουν καλύτερες συσχετίσεις σε σχέση με τις άλλες πηγές δεδομένων. Οι μέθοδοι επεξεργασίας των φώτων βελτιώνουν τα αποτελέσματα και συγκεκριμένα η μέθοδος της οριακής βέλτιστης τιμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ η άλλη μέθοδος έχει περιορισμούς (Jing et al., 2016).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι τα νυχτερινά δεδομένα μηνιαίας μέσης τιμής του VIIRS έχουν χρησιμοποιηθεί σε λίγες μελέτες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ένας καινούριος αισθητήρας και δεν έχουν δημιουργηθεί τα τελικά προϊόντα όπως στην περίπτωση του OLS. Το γεγονός ότι υπάρχουν κάποια σφάλματα που πρέπει να ερευνηθούν καθιστά απαραίτητη την προεπεξεργασία των προϊόντων. Συνεπώς, στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθόδου που ακολουθήθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία με βάση τις παραπάνω μελέτες.

#### 4.2 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ

Σύμφωνα με τις μελέτες που αναφέρθηκαν παραπάνω κρίνεται απαραίτητη η αφαίρεση ακραίων τιμών, οι οποίες δεν αντιπροσωπεύουν πραγματική ανθρώπινη δραστηριότητα, αλλά μπορεί να οφείλονται σε δραστηριότητες που αυξάνουν πολύ την ακτινοβολία όπως είναι οι πυρκαγιές, οι καύσεις αερίων, τα διυλιστήρια πετρελαίου, τα ναυπηγεία και άλλα. Για να αφαιρεθούν αυτές οι τιμές θα πρέπει αρχικά να τεθεί κάποιο ανώτερο όριο ακτινοβολίας, πάνω από το οποίο οι τιμές θα θεωρούνται ακραίες.

Για το λόγο αυτό επιλέγονται οι δύο μεγαλύτεροι δήμοι της Ελλάδας, ο δήμος Αθηναίων και ο δήμος Θεσσαλονίκης και υπολογίζεται η μέγιστη τιμή από τις μέγιστες τιμές των δύο δήμων. Το όριο που επιλέγεται για την αφαίρεση των ακραίων τιμών είναι η μέγιστη τιμή όλων των μηνών.

**Πίνακας 4.1:** Μέγιστες τιμές ακτινοβολίας σε nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr). Η τελική τιμή που επιλέγεται είναι υπογραμμισμένη στον πίνακα. Για το Δήμο Θεσσαλονίκης δεν υπήρχαν καλής ποιότητας δεδομένα για το Μάιο και Ιούλιο 2014.

Δήμοι	Απρίλιος 2012	Ιανουάριος 2014	Φεβρουάριος 2014	Μάρτιος 2014	Απρίλιος 2014	Μάιος 2014
Αθηναίων	174,54	158,10	101,42	129,37	177,86	139,12
Θεσσαλονίκης	142,51	113,47	99,74	141,95	123,05	-
Δήμοι	Ιούλιος 2014	Αύγουστος 2014	Σεπτέμβριος 2014	Οκτώβριος 2014	Νοέμβριος 2014	Δεκέμβριος 2014
Αθηναίων	117,96	146,17	157,57	<u>291,89</u>	156,77	170,04
Θεσσαλονίκης	-	116,16	136,42	139,77	139,41	151,51

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Αφού επιλέγεται η μέγιστη τιμή, είναι απαραίτητο να βρεθούν τα εικονοστοιχεία που ξεπερνούν αυτές τις τιμές. Οι περισσότερες ακραίες τιμές εντοπίζονται τον Οκτώβριο του 2014. Το μήνα αυτό εντοπίζεται και η μεγαλύτερη τιμή. Γενικά οι ακραίες τιμές εντοπίζονται στην περιοχή Λάρυμνα Φθιώτιδας και στο νησί Ρεβυθούσα. Η Λάρυμνα ανήκει στο Δήμο Λοκρών, όπου υπάρχουν μεταλλεία παραγωγής σιδερονικελίου. Η Ρεβυθούσα είναι ένα ακατοίκητο νησί του Σαρωνικού κόλπου, όπου λειτουργεί ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου. Στο σταθμό αυτόν εκφορτώνονται και παραλαμβάνονται φορτία φυσικού αερίου. Στη συνέχεια το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές και μετατρέπεται σε αέριο. Στην περιοχή αυτή λόγω της καύσης των αερίων εντοπίζονται υψηλές τιμές ακτινοβολίας. Εκτός, από τις δύο αυτές περιπτώσεις εντοπίζονται κάποια εικονοστοιχεία με ακραίες τιμές ακτινοβολίας στη Χίο τον Οκτώβριο του 2014. Οι τιμές αυτές εντοπίζονται σε μια περιοχή της Χίου, όπου δεν υπάρχει εμφανής ανθρώπινη δραστηριότητα, με αποτέλεσμα να υποτεθεί ότι εκείνο το χρονικό διάστημα

είχε ξεσπάσει φωτιά. Πράγματι, όπως επιβεβαιώνεται με πηγή από το διαδίκτυο, στην περιοχή αυτή είχε ξεσπάσει μεγάλης έκτασης φωτιά.

Αφού εντοπίζονται οι ακραίες τιμές κρίνεται απαραίτητο να αντικατασταθούν από νέες τιμές. Για να υλοποιηθεί η διαδικασία αυτή πρέπει να δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος. Σύμφωνα με τις προηγούμενες μελέτες ο αλγόριθμος, που χρησιμοποιήθηκε, αντικαθιστούσε τις ακραίες τιμές με τη μέγιστη τιμή των 8 γειτόνων. Στην εργασία αυτή προτείνονται και δύο ακόμα αλγόριθμοι: ο αλγόριθμος της διαμέσου ή της μέσης τιμής. Στην περίπτωση της μέγιστης τιμής και της διαμέσου υπάρχουν κάποιες περιοχές, όπως η Ρεβυθούσα, που αποτελούνται από λίγα εικονοστοιχεία, τα οποία έχουν τις ίδιες ακραίες τιμές. Αν εφαρμοστεί η μέθοδος της μέγιστης τιμής ή της διαμέσου, η νέα τιμή των εικονοστοιχείων δε θα διαφέρει από την αρχική ακραία τιμή. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται ως εναλλακτική μέθοδος, η μέθοδος της μέσης τιμής, η οποία με τη σειρά της δεν αποδίδει ρεαλιστικές τιμές στα εικονοστοιχεία. Αυτό βασίζεται στη σύγκριση των νέων τιμών με τις τιμές των γειτονικών στοιχείων. Συνεπώς, με βάση όλα τα παραπάνω και αφού το ποσοστό των εικονοστοιχείων με ακραίες τιμές είναι πολύ μικρό σε σχέση με το σύνολο της εικόνας, επιλέγεται η αφαίρεση των ακραίων τιμών από τη σύνθετη εικόνα. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο επεξεργασίας τα εικονοστοιχεία αυτά θεωρούνται ως δεδομένα χωρίς τιμή.

#### 4.3 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

Μετά την αφαίρεση των ακραίων τιμών παρατηρούνται κάποιες τιμές ακτινοβολίας που είναι αρκετά μικρές. Σε κάποιες περιπτώσεις οι τιμές αυτές μπορεί να είναι και αρνητικές. Πιθανότατα οι τιμές αυτές οφείλονται στο θόρυβο που προκαλείται από το υπόβαθρο και δεν εκφράζουν κάποια μορφή ανθρώπινης δραστηριότητας. Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν διάφοροι τρόποι για να διορθωθούν αυτές οι τιμές. Ωστόσο, οι τρόποι αυτοί βασίζονται στα σταθερά φώτα από τον προηγούμενο αισθητήρα και το γεγονός αυτό δημιουργεί κάποια προβλήματα. Αρχικά, ο αισθητήρας OLS δε συμβαδίζει χρονικά με τον VIIS, έχει περιορισμένη χωρική ανάλυση και οι τιμές ακτινοβολίας του φτάνουν σε ένα όριο κορεσμού. Συνεπώς, στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία δε χρησιμοποιούνται τα σταθερά φώτα του OLS, αλλά προτείνονται δύο άλλες μέθοδοι. Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στη μέθοδο της οριακής τιμής των Jing et al. (2016) και η δεύτερη βασίζεται σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας, όπου υπάρχει συσκότιση το βράδυ.

#### 4.3.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΤΙΜΗΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι τιμές ακτινοβολίας δεν ανταποκρίνονται πάντα σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Για να γίνουν αντιληπτές οι τιμές που είναι αρκετά μικρές και που οφείλονται σε κάποιο θόρυβο προτείνεται η μέθοδος επιλογής μιας μικρής οριακής τιμής. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα.

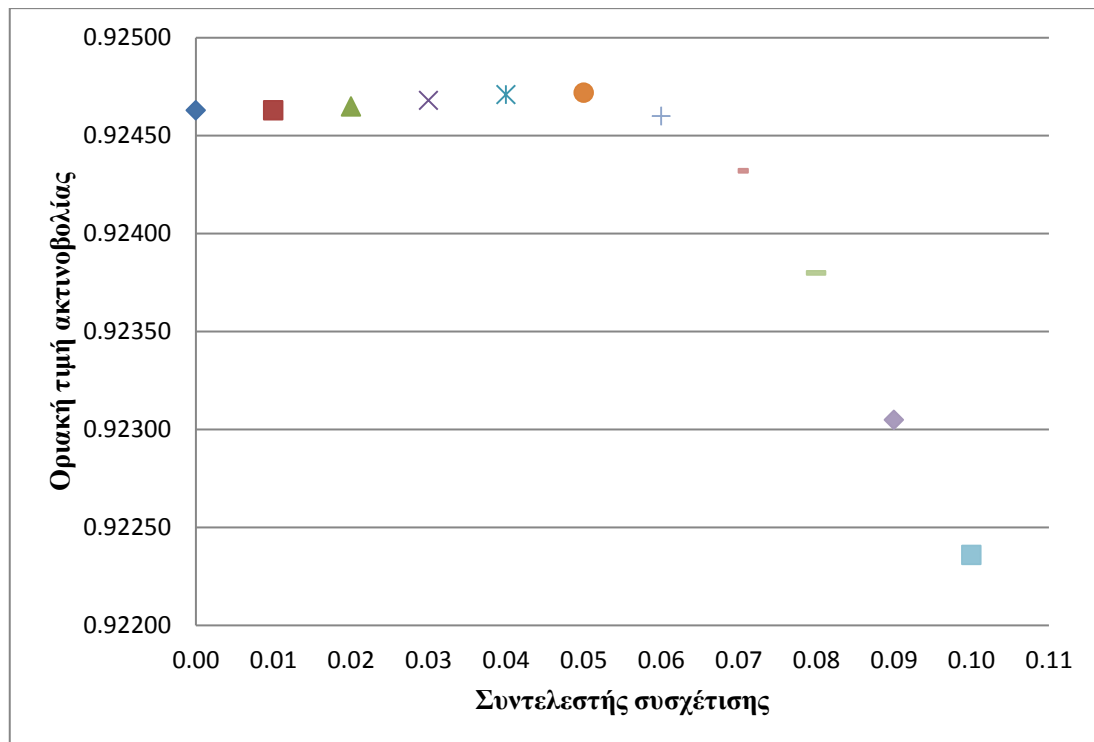
- i. Επιλέγονται οι πιθανές οριακές τιμές, ξεκινώντας από την ελάχιστη τιμή 0,00 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr) μέχρι την τιμή 0,10 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr), με βήμα 0,01.
- ii. Για κάθε οριακή τιμή υπολογίζεται το άθροισμα των νυχτερινών φώτων του Απριλίου 2012 ανά δήμο.
- iii. Υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης των συνολικών νυχτερινών φώτων με τον πληθυσμό της απογραφής 2011 για κάθε οριακή τιμή.
- iv. Η επιλογή της βέλτιστης οριακής τιμής βασίζεται στη μεγαλύτερη συσχέτιση που προκύπτει ανάμεσα στα νυχτερινά φώτα και τον πληθυσμό.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας υπολογισμού των συντελεστών συσχέτισης με βάση τις πιθανές οριακές τιμές. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται και σε ένα διάγραμμα με σκοπό την καλύτερή απεικόνισή τους λόγω των μικρών διαφορών που εντοπίζονται στους συντελεστές συσχέτισης.

**Πίνακας 4.2:** Υπολογισμός του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των συνολικών φώτων του Απριλίου 2012 και του πληθυσμού με βάση μια οριακή τιμή

Οριακή τιμή nanoWatts/(cm <sup>2</sup> *sr)	R <sup>2</sup>
0,00	0,92463
0,01	0,92463
0,02	0,92465
0,03	0,92468
0,04	0,92471
0,05	0,92472
0,06	0,92460
0,07	0,92432
0,08	0,92380
0,09	0,92305
0,10	0,92236

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 4.1:** Απεικόνιση των συντελεστών συσχέτισης με βάση τις πιθανές οριακές τιμές

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Με βάση τον πίνακα 4.2 και το γράφημα 4.1 αποδεικνύεται ότι η μεγαλύτερη συσχέτιση προκύπτει για την οριακή τιμή των 0,05 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr). Οι συντελεστές συσχέτισης έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Ωστόσο, όταν η οριακή τιμή φτάνει στην τιμή των 0,07 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr) οι διαφορές γίνονται μεγαλύτερες και η συσχέτιση των νυχτερινών φώτων με τον πληθυσμό μειώνεται. Συνεπώς, για να βελτιωθούν τα αποτελέσματα και να μειωθεί ο θόρυβος στις νέες σύνθετες εικόνες αφαιρούνται τα εικονοστοιχεία που έχουν τιμές κάτω από την τιμή 0,05 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr). Στη συνέχεια, παρουσιάζεται και ο δεύτερος τρόπος διόρθωσης του θορύβου υποβάθρου και από τους δύο τρόπους χρησιμοποιείται αυτός που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

#### 4.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΣΚΟΤΕΙΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Μια άλλη μέθοδος που προτείνεται ως εναλλακτική είναι αυτή των σκοτεινών αντικειμένων. Με τον όρο αυτό νοούνται κάποιες περιοχές που είναι πλήρως σκοτεινές κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μια καλή περίπτωση για τον Ελλαδικό χώρο είναι η περιοχή του Αγίου Όρους. Στο Άγιο Όρος υπάρχει πλήρης συσκότιση κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε είναι λογικό να μην παρατηρούνται φώτα. Παρόλα αυτά στα



δεδομένα των νυχτερινών φώτων υπήρχαν κάποιες μικρές τιμές ακτινοβολίας. Για την υλοποίηση της παραπάνω μεθόδου ακολουθούνται τα επόμενα βήματα.

- i. Υπολογίζονται οι μέγιστες τιμές ακτινοβολίας για το Άγιο Όρος για όλους τους μήνες.
- ii. Υπολογίζεται η μέγιστη τιμή από όλους τους μήνες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ως μέγιστη τιμή ακτινοβολίας για το Άγιο Όρος εντοπίζεται το Δεκέμβριο 2014 και η τιμή αυτή αντιστοιχεί στα 0,89 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr).
- iii. Υπολογίζεται το άθροισμα των συνολικών νυχτερινών φώτων για τον Απρίλιο 2012.
- iv. Υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των νυχτερινών φώτων και του πληθυσμού.

Ο συντελεστής συσχέτισης των νυχτερινών φώτων με τον πληθυσμό προκύπτει ίσος με 0,8967. Ο συντελεστής αυτός είναι πολύ μικρότερος από τον συντελεστή συσχέτισης της προηγούμενης μεθόδου. Συνεπώς, επιλέγεται ως μέθοδος επεξεργασίας των δεδομένων η μέθοδος της βέλτιστης οριακής τιμής. Επιλέγεται ως ελάχιστη τιμή η τιμή των 0,05 nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr) και τα νυχτερινά φώτα, που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη διπλωματική εργασία, διορθώνονται με βάση την τιμή αυτή. Αφού προεπεξεργάστηκαν τα δεδομένα του VIIRS, γίνεται αναφορά στην επεξεργασία των διορθωμένων δεδομένων και στη μέθοδο της παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του πληθυσμού.

#### 4.4 ΔΕΙΚΤΗΣ SOL (SUM OF LIGHTS)

Η διαδικασία προεπεξεργασίας των δεδομένων με τη μέθοδο της βέλτιστης οριακής τιμής και με την αφαίρεση των ακραίων τιμών στοχεύει στη βελτίωση των αποτελεσμάτων. Ύστερα από τη διαδικασία αυτή έπεται η επεξεργασία των νυχτερινών φώτων με τον δείκτη SOL. Ο δείκτης αυτός, όπως φαίνεται και από τον τίτλο του κεφαλαίου, υπολογίζει τη συνολική νυχτερινή φωτεινότητα. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα μελέτης της ακτινοβολίας σε μια περιοχή σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για τον υπολογισμό του δείκτη SOL ακολουθούνται τα επόμενα βήματα:

1. Χρήση ενός βοηθητικού διανυσματικού αρχείου, που περιλαμβάνει τους δήμους της Ελλάδας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτη
2. Υπολογισμός του δείκτη SOL σύμφωνα με τον τύπο:

$$SOL = \sum_i Radiance_i$$

όπου SOL είναι το άθροισμα των νυχτερινών φώτων και  $Radiance_i$  είναι οι τιμές ακτινοβολίας για μια συγκεκριμένη περιοχή. Ο υπολογισμός του δείκτη πραγματοποιείται με ένα λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), με τη βοήθεια του εργαλείου Zonal Statistics. Το εργαλείο αυτό υπολογίζει κάποια στατιστικά στοιχεία με τη βοήθεια ενός διανυσματικού αρχείου (βήμα i).

### 3. Δημιουργία κανονικοποιημένων διαγραμμάτων

Τα διαγράμματα αυτά, που χρησιμοποιούνται για την καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, βασίζονται στην ποσοστιαία μεταβολή των συνολικών νυχτερινών φώτων κάθε μήνα του έτους 2014 ως προς το μήνα-βάση, το Μάρτιο 2014. Η επιλογή του Μαρτίου ως μήνα-βάση βασίζεται στο γεγονός ότι το μήνα αυτό οι περισσότεροι άνθρωποι βρίσκονται στον τόπο κατοικίας τους.

## 4.5 ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Τα νυχτερινά φώτα υπολογίζονται για τον Απρίλιο 2012, διότι χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του συντελεστή που συνδέει τα νυχτερινά φώτα με τον πληθυσμό της απογραφής του Μαΐου 2011. Για τον υπολογισμό του συντελεστή αυτού πραγματοποιείται απλή γραμμική παλινδρόμηση. Η γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για να γίνει εκτίμηση της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών, με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της μιας μεταβλητής από τις τιμές της άλλης και αντίστροφα. Ονομάζεται απλή παλινδρόμηση, επειδή χρησιμοποιείται μόνο μία μεταβλητή για την εκτίμηση της άλλης. Οι μεταβλητές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις εκτιμώμενες και στις μεταβλητές πρόβλεψης. Στην εργασία αυτή θεωρείται εκτιμώμενη μεταβλητή ο πληθυσμός και μεταβλητή πρόβλεψης τα συνολικά νυχτερινά φώτα, καθώς γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του πληθυσμού, θεωρώντας ότι υπάρχει γραμμική σχέση με τα νυχτερινά φώτα. Για λόγους απλοποίησης του μοντέλου, αλλά και πιο εύκολης ερμηνείας των αποτελεσμάτων, θεωρείται ότι η απλή γραμμική παλινδρόμηση δεν έχει σταθερό όρο, οπότε είναι της μορφής:

$$POP_i = a * SOL_i + \varepsilon_i$$

όπου  $POP_i$  είναι ο πληθυσμός της απογραφής του 2011 για κάθε δήμο,  $a$  ο συντελεστής που προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ του POP και του SOL,  $SOL_i$  είναι τα συνολικά νυχτερινά φώτα για κάθε δήμο και  $\varepsilon_i$  το σφάλμα, που αντιλαμβάνεται ως απόκλιση από το μοντέλο της ευθείας γραμμής.

Μετά τη γραμμική παλινδρόμηση και τον προσδιορισμό του συντελεστή που συνδέει τις δύο μεταβλητές, εφαρμόζεται η σχέση και στα υπόλοιπα δεδομένα. Συγκεκριμένα, γίνεται εκτίμηση του πληθυσμού για τους 50 δήμους της Ελλάδας για όλες τις ημερομηνίες με βάση τον συντελεστή  $a$  και το δείκτη SOL, που υπολογίστηκε παραπάνω. Τέλος, ελέγχεται η ακρίβεια του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και διαχωρίζονται τα νησιά ανάλογα με τη μεταβολή του πληθυσμού στη διάρκεια του έτους.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από την ανάλυση και την επεξεργασία των δεδομένων, που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του δείκτη SOL και τα κανονικοποιημένα διαγράμματα, που χρησιμοποιούνται για την καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, αναλύεται η σχέση που συνδέει τα συνολικά νυχτερινά φώτα με τον πληθυσμό και γίνεται εκτίμηση της ακρίβειας της σχέσης αυτής. Τέλος, προκύπτουν οι εκτιμώμενοι πληθυσμοί για όλους τους μήνες του έτους 2014 και κατηγοριοποιούνται τα νησιά ανάλογα με την αύξηση του πληθυσμού στη διάρκεια του έτους.

### 5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΚΤΗ SOL

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε ανάλυση της προεπεξεργασίας των δεδομένων. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, τα δεδομένα της συγκεκριμένης εργασίας διορθώνονται με βάση τις ακραίες τιμές και την ελάχιστη οριακή τιμή, που παρουσιάστηκε παραπάνω.

Επιπρόσθετα, αξίζει να τονιστεί η διαδικασία που ακολουθείται για τα τελικά αποτελέσματα του δείκτη SOL. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω λόγω της επιρροής από τα τυχαία φώτα, κάποια δεδομένα δεν έχουν τιμές ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει για όλο το μήνα του Ιουνίου, αλλά και για κάποιες περιοχές το Μάιο και τον Ιούλιο. Για να μην υπάρχουν κενά στα συνολικά φώτα ακολουθείται μια διαδικασία συμπλήρωσης των τιμών που λείπουν.

- i. Αν λείπουν οι τιμές από ένα μόνο μήνα (π.χ. Ιούνιος 2014), τότε η τελική τιμή του μήνα αυτού προκύπτει από το μέσο όρο της συνολικής ακτινοβολίας του προηγούμενου και του επόμενου μήνα, δηλαδή:

$$\text{Radiance}_i = \frac{\text{Radiance}_{i-1} + \text{Radiance}_{i+1}}{2}$$

όπου  $\text{Radiance}_i$  είναι τα συνολικά νυχτερινά φώτα του μήνα που δεν έχει δεδομένα,  $\text{Radiance}_{i-1}$  τα συνολικά νυχτερινά φώτα του προηγούμενου μήνα και  $\text{Radiance}_{i+1}$  τα συνολικά νυχτερινά φώτα του επόμενου μήνα.

- ii. Αν λείπουν οι τιμές από δύο συνεχόμενους μήνες (π.χ. Μάιος και Ιούνιος 2014 ή Ιούνιος και Ιούλιος 2014), τότε ο αριστερός μήνας παίρνει τις τιμές του προηγούμενου μήνα και ο άλλος μήνας τις τιμές του επόμενου, δηλαδή:

$$\text{Radiance}_i = \text{Radiance}_{i-1} \text{ και } \text{Radiance}_j = \text{Radiance}_{j+1}$$

όπου  $Radiance_i$  και  $Radiance_j$  είναι τα συνολικά νυχτερινά φώτα των δύο μηνών που δεν έχουν δεδομένα και  $Radiance_{i-1}$  και  $Radiance_{j+1}$ , ο προηγούμενος και επόμενος μήνας αντίστοιχα.

- iii. Η τρίτη και τελευταία περίπτωση συμβαίνει όταν λείπουν τιμές από τρεις μήνες (π.χ. Μάιος, Ιούνιος και Ιούλιος 2014). Σε αυτή την περίπτωση οι ακραίοι μήνες λαμβάνουν τιμές σύμφωνα με το δεύτερο βήμα και στη συνέχεια ο μεσαίος μήνας παίρνει ως τιμή το μέσο όρο του προηγούμενου και επόμενου μήνα, σύμφωνα με το βήμα i.

Συνεπώς, υπολογίζεται ο δείκτης SOL για όλους τους μήνες και συμπληρώνονται τα συνολικά νυχτερινά φώτα σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία. Στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των νυχτερινών φώτων και με έντονο μαύρο χρώμα τονίζονται οι τιμές που υπολογίζονται σύμφωνα με τα προηγούμενα βήματα.

**Πίνακας 5.1:** Ο δείκτης SOL σε τιμές ακτινοβολίας nanoWatts/(cm<sup>2</sup>\*sr) για τους 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας για τον Απρίλιο 2012 και για όλο το έτος 2014. Με έντονο μαύρο χρώμα εμφανίζονται οι τιμές που εκτιμήθηκαν σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία.

Δήμοι	Δείκτης SOL												
	04/2012	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Σαμοθράκης	243	353	279	209	212	<b>212</b>	<b>331</b>	<b>451</b>	451	333	330	206	800
Θάσου	1819	1959	1778	1555	1905	<b>1905</b>	<b>2162</b>	<b>2419</b>	2419	2085	2144	1579	2903
Αλοννήσου	81	122	101	59	76	257	<b>257</b>	<b>213</b>	213	163	137	55	417
Σκιάθου	410	473	335	331	372	<b>372</b>	<b>486</b>	<b>600</b>	600	440	392	323	455
Σκοπέλου	171	235	172	153	139	331	<b>331</b>	<b>362</b>	362	253	205	128	457
Ζακύνθου	6376	5761	5450	5248	5437	5898	<b>6500</b>	7103	6696	5558	5428	4910	6014
Ιθάκης	221	280	228	161	149	197	<b>222</b>	248	310	222	214	121	560
Κέρκυρας	5933	6217	5197	5363	5002	<b>5002</b>	<b>6189</b>	<b>7377</b>	7377	6176	6133	4828	7302
Παξών	95	109	94	78	76	96	<b>96</b>	<b>143</b>	143	95	99	70	165
Κεφαλονιάς	2460	2994	2575	2060	2372	2485	<b>2749</b>	3013	3491	2681	2707	2173	4444
Λευκάδας	2689	2766	2604	2550	2594	2792	<b>2792</b>	<b>3158</b>	3158	2850	2922	2578	3601
Σκύρου	245	289	237	194	185	474	<b>474</b>	<b>446</b>	446	294	299	154	746
Αίγινας	646	645	502	571	551	769	<b>759</b>	750	835	648	618	489	788
Κυθήρων	321	400	360	239	324	412	<b>431</b>	450	521	434	483	164	904
Σαλαμίνας	2928	3301	3071	2988	3318	3254	<b>3589</b>	3924	3450	3309	3112	2935	3387
Ύδρας	90	111	93	62	79	113	<b>117</b>	120	130	92	89	41	197
Ικαρίας	339	408	376	282	326	458	<b>596</b>	734	629	424	387	263	960
Φούρνων Κορσέων	34	39	47	24	38	44	<b>52</b>	60	55	49	56	20	136
Λέσβου	5744	6118	6490	5184	5829	<b>5829</b>	<b>6634</b>	<b>7438</b>	7438	6482	6609	5203	10920
Σάμου	2069	2567	2538	2273	2258	2415	<b>2761</b>	3107	2767	2581	2720	2218	3689
Χίου	2737	2906	2834	2314	2630	3161	<b>4105</b>	5048	3493	3095	3628	2180	5244
Ανδρου	712	811	650	539	559	881	<b>790</b>	698	1164	696	1080	402	1555

Δήμοι	Δείκτης SOL												
	04/2012	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Θήρας	1261	1131	1129	1193	1346	1707	<b>1987</b>	2268	2172	1929	1745	1244	1562
Ιητών	148	214	186	113	159	220	<b>299</b>	379	363	234	221	139	452
Αστυπάλαιας	95	120	153	72	97	168	<b>182</b>	196	186	151	165	112	325
Καλύμνιων	463	515	406	345	419	563	<b>622</b>	681	525	463	501	322	667
Λέρου	691	688	651	607	628	754	<b>797</b>	841	820	783	750	645	833
Πάτμου	149	205	178	189	193	189	<b>261</b>	333	282	220	238	162	306
Καρπάθου	408	501	569	370	463	793	<b>780</b>	766	708	642	693	284	1009
Κάσου	99	98	88	55	87	152	<b>162</b>	172	158	132	148	75	213
Κέας	258	314	252	227	230	350	<b>335</b>	320	448	294	305	137	545
Κύθνου	160	166	147	120	123	210	<b>200</b>	190	235	153	168	71	350
Κω	2960	2964	2796	2584	2966	4251	<b>4404</b>	4557	4113	3916	3907	3006	3539
Νισύρου	53	69	77	52	68	104	<b>115</b>	126	98	83	106	52	166
Σερίφου	118	126	110	88	98	154	<b>184</b>	214	205	110	119	64	236
Σίφνου	205	206	169	157	150	237	<b>287</b>	337	403	231	199	134	354
Μυκόνου	1088	1044	898	921	1101	1482	<b>2102</b>	2722	2431	1884	1478	953	1330
Αμοργού	157	194	195	161	185	224	<b>295</b>	366	295	250	400	162	496
Νάξου - Μικρών Κυκλάδων	1034	1440	1156	1065	1171	1427	<b>1709</b>	1992	1851	1406	1394	1029	2396
Αντιπάρου	71	57	51	38	47	77	<b>140</b>	203	179	93	64	23	147
Πάρου	972	984	836	904	913	1164	<b>1527</b>	1891	1690	1218	1143	759	1523
Ρόδου	13366	11877	12779	12283	12677	14782	<b>15025</b>	15269	14643	14498	15209	12957	15408
Σύμης	115	145	127	93	126	162	<b>177</b>	193	163	147	160	93	250
Σύρου-Ερμούπολης	1108	1006	882	1048	919	1086	<b>1100</b>	1115	1161	935	1017	810	1267
Τήνου	527	642	482	468	439	643	<b>712</b>	780	760	582	685	407	1069
Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου	1118	1515	1354	1150	1182	1977	<b>1977</b>	<b>1726</b>	1726	1373	1345	1093	2864

Δήμοι	Δείκτης SOL												
	04/2012	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Οινουσσών και Ψαρών	78	103	86	48	56	93	<b>163</b>	234	123	100	104	65	274
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	98	113	129	67	108	173	<b>212</b>	251	235	165	156	70	366
Μήλου και Κιμώλου	669	568	504	461	641	783	<b>790</b>	797	892	626	750	331	888
Τήλου, Μεγίστης, Χάλκης	105	109	145	86	125	228	<b>227</b>	227	207	199	207	86	343

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



## 5.2 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

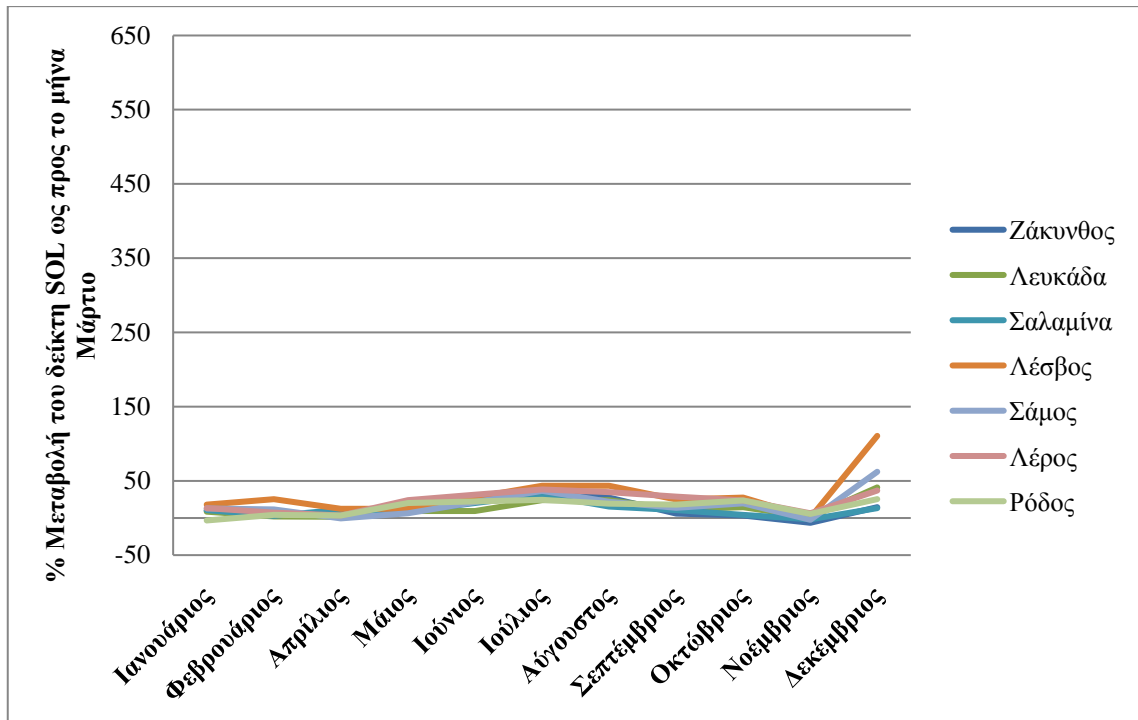
Τα αποτελέσματα του δείκτη SOL δεν μπορούν να αναλυθούν με εύκολο τρόπο ως τιμές ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό επιλέγεται η δημιουργία κανονικοποιημένων διαγραμμάτων. Για να επιτευχθεί αυτό υπολογίζεται η ποσοστιαία μεταβολή των συνολικών νυχτερινών φώτων όλων των μηνών του έτους 2014 ως προς το μήνα-βάση Μάρτιο. Ανάλογα με το χρονικό διάστημα, στο οποίο τα συνολικά νυχτερινά φώτα είναι αυξημένα, διακρίνονται τα νησιά που διαθέτουν κοινά χαρακτηριστικά. Η διάκριση αυτή βοηθάει στη μετέπειτα τελική κατηγοριοποίηση των δήμων.

- i. Τα νησιά Ζάκυνθος, Λευκάδα, Σαλαμίνα, Λέσβος, Σάμος, Λέρος και Ρόδος χαρακτηρίζονται από μικρές αυξομειώσεις στα συνολικά νυχτερινά φώτα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας με τη μεταβολή των συνολικών νυχτερινών φώτων, αλλά και γράφημα για την καλύτερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

**Πίνακας 5.2:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πρώτη ομάδα νησιών

Δήμοι	Ποσοστιαία Μεταβολή του SOL (%)											
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Ζάκυνθος	9,79	3,86	0,00	3,60	12,39	23,87	35,35	27,60	5,91	3,44	-6,44	14,60
Λευκάδα	8,47	2,11	0,00	1,74	9,49	9,49	23,87	23,87	11,77	14,58	1,12	41,22
Σαλαμίνα	10,50	2,78	0,00	11,07	8,90	20,11	31,33	15,46	10,75	4,16	-1,76	13,38
Λέσβος	18,02	25,17	0,00	12,43	12,43	27,95	43,47	43,47	25,02	27,47	0,35	110,63
Σάμος	12,94	11,69	0,00	-0,67	6,28	21,50	36,72	21,77	13,58	19,67	-2,40	62,30
Λέρος	13,24	7,16	0,00	3,40	24,14	31,32	38,49	34,98	29,01	23,46	6,22	37,17
Ρόδος	-3,31	4,04	0,00	3,20	20,34	22,33	24,31	19,22	18,03	23,82	5,48	25,44

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.1:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πρώτη ομάδα νησιών

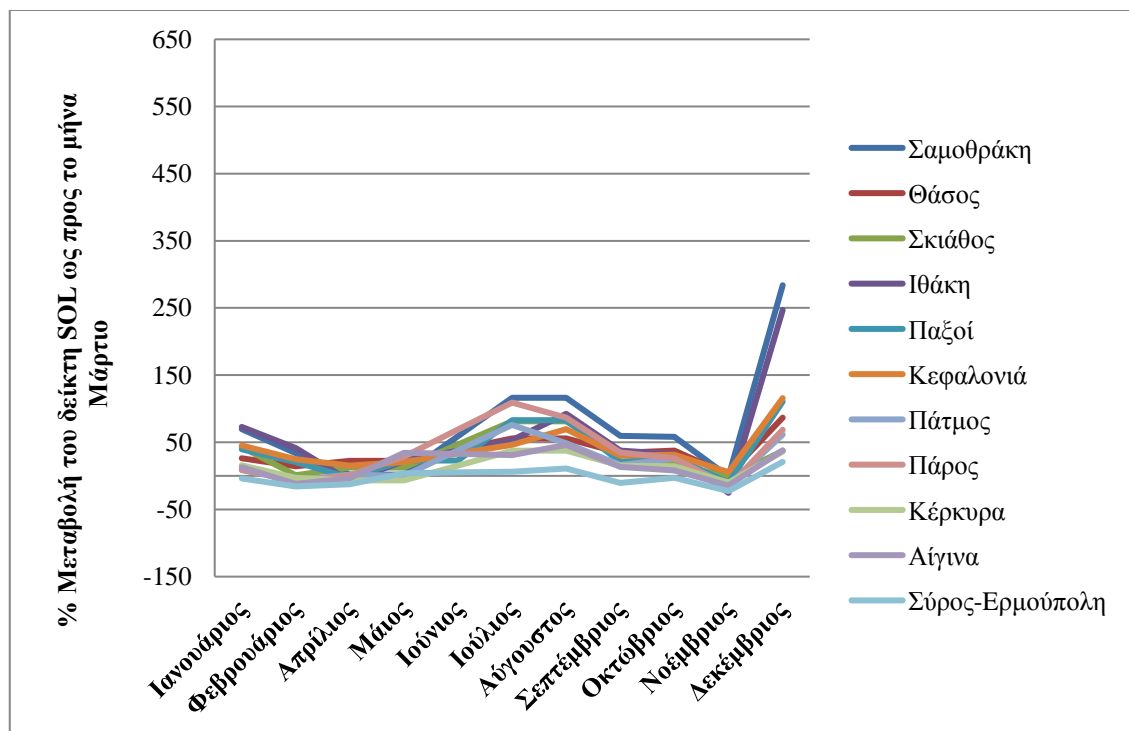
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

- ii. Οι δήμοι της Σαμοθράκης, της Θάσου, της Σκιάθου, της Ιθάκης, των Παξών, της Κεφαλονιάς, της Πάτμου, της Πάρου, της Κέρκυρας, της Αίγινας και της Σύρου χαρακτηρίζονται από αύξηση στα συνολικά νυχτερινά φώτα, η οποία διαρκεί μικρό χρονικό διάστημα και συμβαίνει κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

**Πίνακας 5.3:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για τη δεύτερη ομάδα νησιών

Δήμοι	Ποσοστιαία Μεταβολή του SOL (%)											
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Σαμοθράκη	69,35	34,04	0,00	1,79	1,79	58,93	116,07	116,07	59,62	58,20	-1,07	283,85
Θάσος	25,96	14,34	0,00	22,49	22,49	39,02	55,55	55,55	34,09	37,83	1,53	86,69
Σκιάθος	42,94	1,07	0,00	12,28	12,28	46,76	81,25	81,25	33,03	18,36	-2,40	37,35
Ιθάκη	73,11	41,24	0,00	-7,45	21,73	37,55	53,36	92,24	37,53	32,35	-25,31	246,94
Παξοί	39,37	20,65	0,00	-2,72	22,96	22,96	82,99	82,99	21,15	27,01	-10,02	110,64
Κεφαλονιά	45,36	24,98	0,00	15,15	20,65	33,46	46,27	69,47	30,13	31,42	5,47	115,74
Πάτμος	8,50	-6,07	0,00	2,10	-0,05	37,89	75,84	48,74	16,03	25,66	-14,53	61,52
Πάρος	8,85	-7,51	0,00	1,02	28,74	68,92	109,10	86,85	34,67	26,39	-16,08	68,43
Κέρκυρα	15,93	-3,10	0,00	-6,73	-6,73	15,41	37,54	37,54	15,15	14,36	-9,98	36,15
Αίγινα	12,91	-12,17	0,00	-3,59	34,51	32,84	31,17	46,15	13,34	8,19	-14,46	37,95
Σύρος-Ερμούπολη	-3,99	-15,85	0,00	-12,28	3,62	5,00	6,37	10,79	-10,74	-2,94	-22,67	20,89

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.2:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για τη δεύτερη ομάδα νησιών

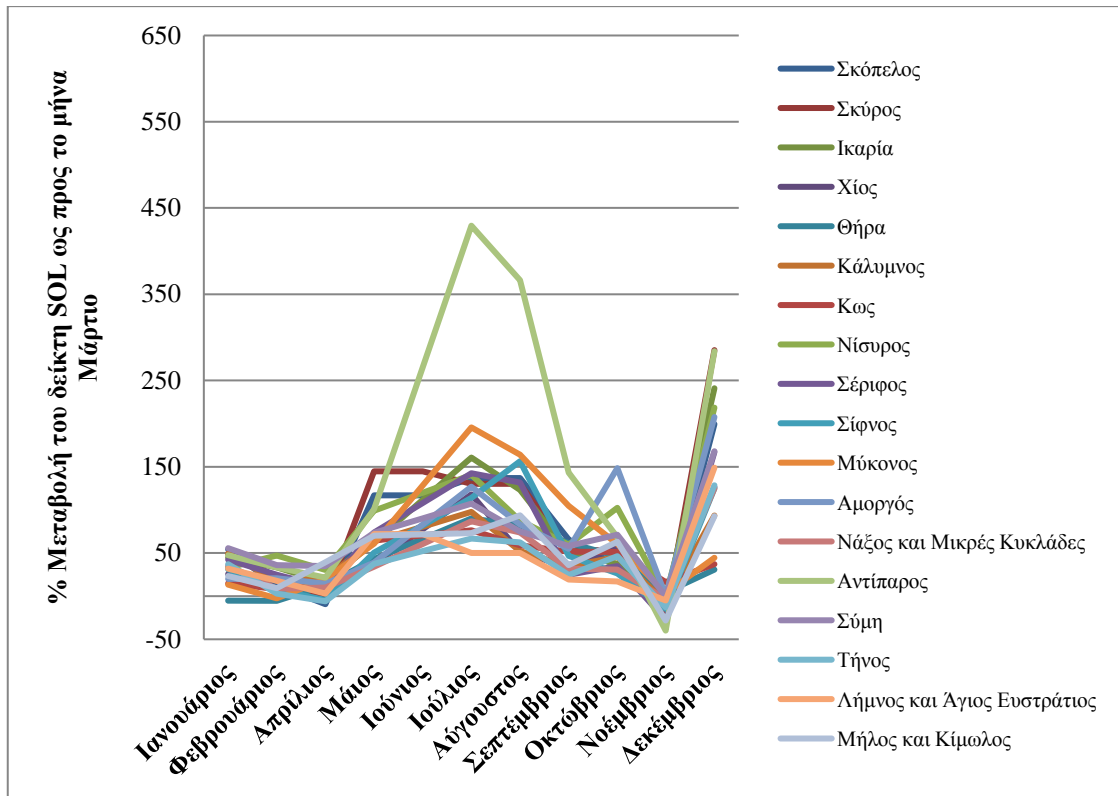
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

- iii. Η Σκόπελος, η Σκύρος, η Ικαρία, η Χίος, η Θήρα, η Κάλυμνος, η Κως, η Νίσυρος, η Σέριφος, η Σίφνος, η Μύκονος, η Αμοργός, η Νάξος, η Αντίπαρος, η Σύμη, η Τήνος, η Λήμνος και η Μήλος έχουν αυξημένα φώτα (>50%) από το μήνα Μάιο μέχρι και τον Αύγουστο. Τον Οκτώβριο και τον Σεπτέμβριο παρατηρούνται αυξημένα φώτα, αλλά όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό όσο το καλοκαίρι.

**Πίνακας 5.4:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τρίτη ομάδα νησιών

Δήμοι	Ποσοστιαία Μεταβολή του SOL (%)											
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Σκόπελος	54,11	12,68	0,00	-9,27	116,85	116,85	136,93	136,93	65,69	34,11	-16,05	199,45
Σκύρος	49,14	22,55	0,00	-4,29	144,88	144,88	130,27	130,27	51,81	54,26	-20,33	285,26
Ικαρία	44,78	33,40	0,00	15,94	62,83	111,78	160,72	123,29	50,77	37,60	-6,72	241,02
Χίος	25,58	22,47	0,00	13,66	36,58	77,37	118,15	50,95	33,74	56,80	-5,80	126,62
Θήρα	-5,24	-5,39	0,00	12,79	43,06	66,58	90,10	82,10	61,69	46,27	4,28	30,94
Κάλυμνος	49,40	17,96	0,00	21,65	63,35	80,53	97,70	52,39	34,50	45,49	-6,47	93,56
Κως	14,71	8,21	0,00	14,78	64,52	70,44	76,36	59,16	51,53	51,18	16,32	36,95
Νίσυρος	32,85	47,07	0,00	30,27	99,25	119,89	140,52	87,50	59,66	102,35	-0,48	218,55
Σέριφος	42,17	24,75	0,00	10,36	73,82	108,08	142,33	131,80	24,84	35,05	-27,39	167,16
Σίφνος	31,20	7,55	0,00	-4,42	50,35	82,18	114,02	156,41	46,68	26,48	-14,77	125,03
Μύκονος	13,34	-2,51	0,00	19,57	60,99	128,31	195,64	163,97	104,57	60,54	3,47	44,48
Αμοργός	20,17	20,81	0,00	14,52	39,08	83,04	127,01	83,03	54,74	148,32	0,43	207,70
Νάξος, Μικρές Κυκλάδες	35,15	8,54	0,00	9,90	33,96	60,47	86,98	73,81	32,03	30,86	-3,39	124,95
Αντίπαρος	47,65	33,35	0,00	21,61	101,08	265,29	429,50	366,40	143,10	68,24	-39,91	284,02
Σύμη	55,63	35,87	0,00	34,77	73,42	90,27	107,12	74,87	58,07	71,12	-0,16	168,01
Τήνος	37,22	3,07	0,00	-6,13	37,51	52,20	66,88	62,48	24,50	46,48	-12,96	128,55
Λήμνος-Άγιος Ευστράτιος	31,74	17,70	0,00	2,79	71,90	71,90	50,02	50,02	19,36	16,89	-4,99	148,98
Μήλος και Κίμωλος	23,43	9,36	0,00	39,21	70,11	71,57	73,04	93,71	35,87	62,93	-28,22	92,77

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.3:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τρίτη ομάδα νησιών

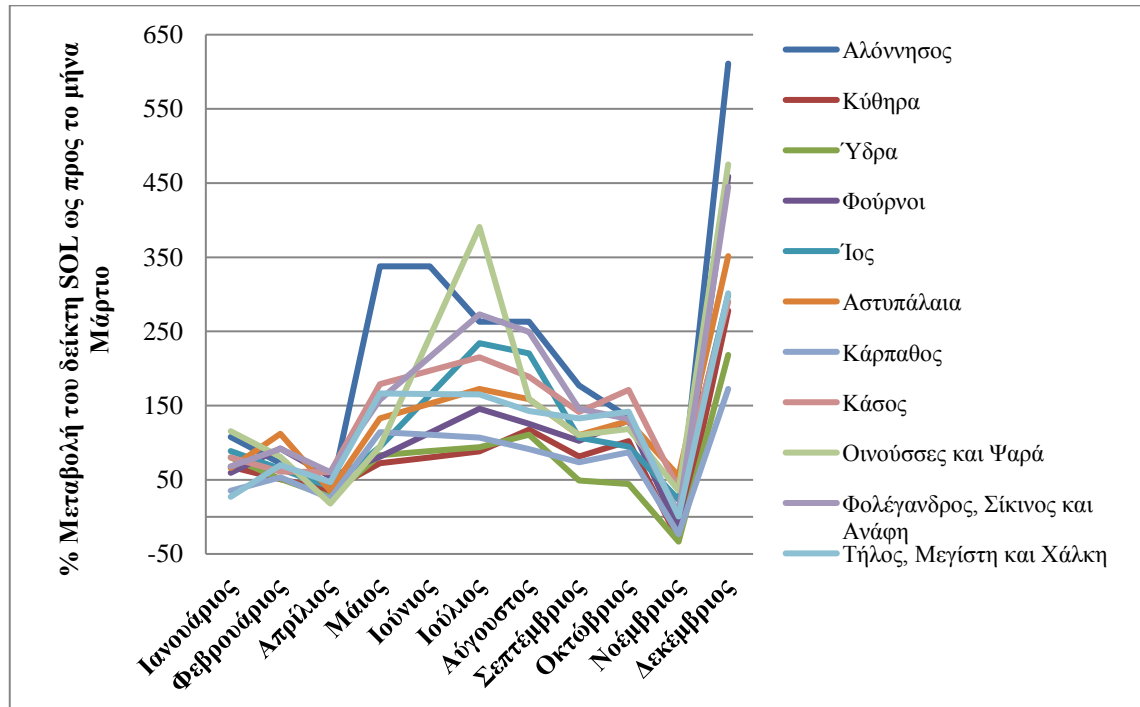
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

- iv. Η Αλόνησος, τα Κύθηρα, η Ύδρα, οι Φούρνοι, η Ίος, η Αστυπάλαια, η Κάρπαθος, η Κάσος, οι Οινούσες και τα Ψαρά, η Φολέγανδρος με τη Σίκινο και την Ανάφη και η Τήλος με τη Μεγίστη και τη Χάλκη παρουσιάζουν ομοιότητες με τα προηγούμενα νησιά, μόνο που σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται αυξημένα φώτα (>50%) σε όλη τη διάρκεια του έτους (εκτός από το Νοέμβριο) σχεδόν σε όλους τους δήμους της κατηγορίας. Σε κάποιες περιπτώσεις η αύξηση τον Ιανουάριο και το Μάρτιο είναι λίγο χαμηλότερη από το ποσοστό του 50%.

**Πίνακας 5.5:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τέταρτη ομάδα νησιών

Δήμοι	Ποσοστιαία Μεταβολή του SOL (%)											
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Αλόνησος	107,52	72,25	0,00	28,69	337,78	337,78	262,87	262,87	177,22	133,95	-5,91	611,04
Κύθηρα	67,39	50,56	0,00	35,40	72,22	80,16	88,09	117,78	81,31	101,88	-31,62	278,00
Ύδρα	79,98	51,23	0,00	27,18	83,26	88,63	93,99	110,65	49,02	44,31	-33,43	218,30
Φούρνοι	59,46	92,12	0,00	54,36	80,98	113,28	145,58	125,29	102,41	130,12	-18,64	458,99
Ίος	88,74	64,40	0,00	40,41	94,45	164,33	234,21	220,34	106,72	94,75	23,02	299,34
Αστυπάλαια	65,83	111,99	0,00	35,14	132,61	152,60	172,59	158,67	110,07	129,37	54,95	351,49
Κάρπαθος	35,30	53,52	0,00	24,97	114,26	110,62	106,97	91,32	73,39	87,11	-23,38	172,43
Κάσος	80,03	61,12	0,00	60,08	178,89	196,97	215,04	188,88	141,27	171,08	37,79	290,09
Οινούσσες και Ψαρά	115,26	80,99	0,00	17,92	94,59	242,67	390,75	158,47	110,32	118,40	35,75	475,06
Φολέγανδρος, Σίκινος, Ανάφη	68,00	91,65	0,00	60,21	157,70	215,43	273,16	249,05	145,51	131,90	4,78	445,02
Τήλος, Μεγίστη, Χάλκη	27,08	69,60	0,00	46,72	166,31	165,73	165,14	142,53	132,83	141,81	0,46	301,33

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.4:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την τέταρτη ομάδα νησιών

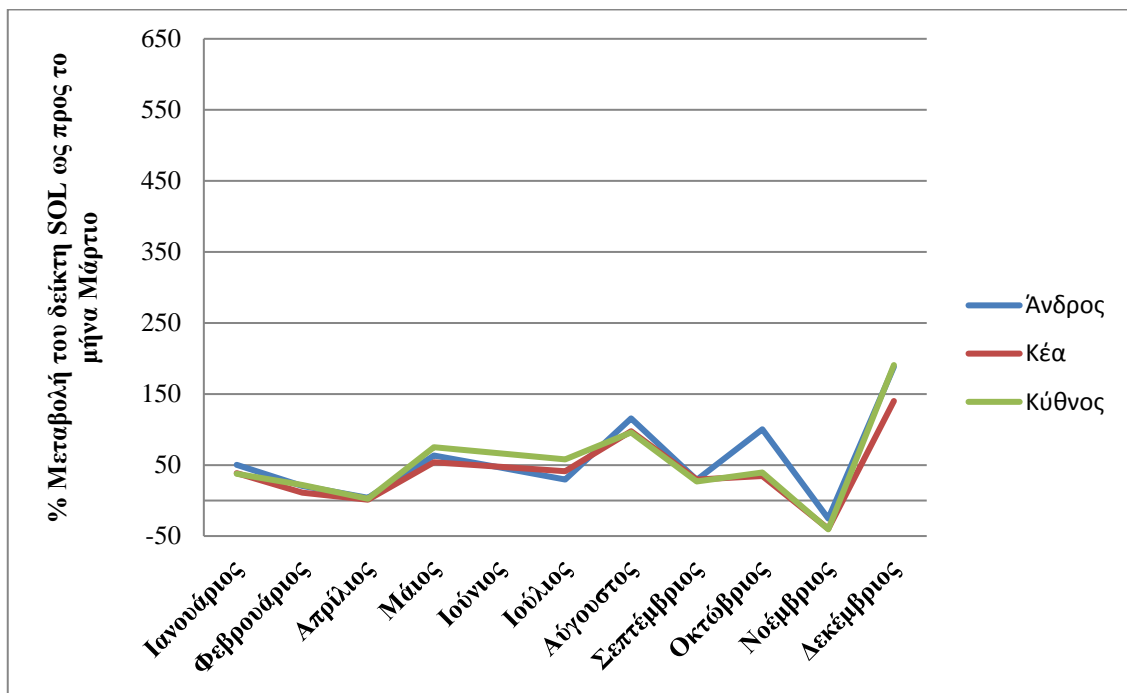
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

- ν. Τα νησιά Κέα, Άνδρος και Κύθνος χαρακτηρίζονται από έντονες αυξομειώσεις στα συνολικά νυχτερινά φώτα κατά τη διάρκεια του έτους.

**Πίνακας 5.6:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πέμπτη ομάδα νησιών

Δήμοι	Ποσοστιαία Μεταβολή του SOL (%)											
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Άνδρος	50,34	20,52	0,00	3,73	63,43	46,46	29,49	115,79	28,96	100,20	-25,41	188,34
Κέα	38,53	11,12	0,00	1,36	54,04	47,57	41,09	97,50	29,52	34,31	-39,70	140,12
Κύθνος	37,86	22,02	0,00	2,32	74,93	66,42	57,92	95,73	27,00	39,58	-40,55	190,73

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.5:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL ως προς το μήνα Μάρτιο για την πέμπτη ομάδα νησιών

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Η γραμμική παλινδρόμηση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξετάζει τη σχέση μεταξύ των συνολικών νυχτερινών φώτων και του πληθυσμού. Τα αποτελέσματα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης προσδιορίζουν ένα συντελεστή  $R^2 = 0,889$ . Η τιμή

αυτή είναι πολύ σημαντική και σημαίνει ότι το υπόδειγμα, που χρησιμοποιείται, εξηγεί μεγάλο μέρος του πληθυσμού στα ελληνικά νησιά. Επιπλέον, αξίζει να τονιστεί ότι από το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε προκύπτει ότι ο πληθυσμός συνδέεται με τα συνολικά νυχτερινά φώτα με τη σχέση:  $POP_i = 10,650 * SOL_i$ .

Με βάση τη σχέση αυτή γίνεται εκτίμηση του πληθυσμού για τους 50 δήμους της Ελλάδας για το μήνα Απρίλιο 2012. Για να εκτιμηθεί η ακρίβεια του μοντέλου υπολογίζεται το σχετικό σφάλμα μεταξύ του πληθυσμού της απογραφής του 2011 και του εκτιμώμενου πληθυσμού για τον Απρίλιο 2012, σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο. Ανάλογα με την απόλυτη τιμή του σχετικού σφάλματος διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- i. υψηλής ακρίβειας, όταν η απόλυτη τιμή του σχετικού σφάλματος είναι μικρότερη ή ίση του 15%,
- ii. μεσαίας ακρίβειας, όταν η απόλυτη τιμή του σχετικού σφάλματος ανήκει στο διάστημα 15% - 30% και
- iii. ανακρίβειας, όταν η απόλυτη τιμή του σχετικού σφάλματος είναι μεγαλύτερη από 30%.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο εκτιμώμενος πληθυσμός, το σχετικό σφάλμα που υπολογίστηκε σε απόλυτη τιμή και η κατηγορία στην οποία ανήκει το νησί.



**Πίνακας 5.7:** Εκτίμηση πληθυσμού για τον Απρίλιο 2012 και υπολογισμός του σχετικού σφάλματος ως προς την απογραφή του πληθυσμού τον Απρίλιο 2011

Δήμοι	Πληθυσμός 2011, Απογραφή Μάιος 2011	Εκτιμώμενος πληθυσμός, Απρίλιος 2012	Σχετικό σφάλμα (%)	Κατηγορία
Κάσου	1084	1059	2,34	Υψηλή ακρίβεια
Κω	33388	31529	5,57	Υψηλή ακρίβεια
Λέρου	7917	7357	7,08	Υψηλή ακρίβεια
Σαμοθράκης	2859	2591	9,37	Υψηλή ακρίβεια
Σερίφου	1420	1256	11,54	Υψηλή ακρίβεια
Κέα	2455	2744	11,77	Υψηλή ακρίβεια
Σκύρου	2994	2611	12,78	Υψηλή ακρίβεια
Θήρας	15550	13427	13,65	Υψηλή ακρίβεια
Μυκόνου	10134	11582	14,29	Υψηλή ακρίβεια
Αμοργού	1973	1677	14,99	Υψηλή ακρίβεια
Κυθήρων	4041	3421	15,35	Μεσαία ακρίβεια
Σίφνου	2625	2186	16,73	Μεσαία ακρίβεια
Κύθνου	1456	1706	17,16	Μεσαία ακρίβεια
Ανδρου	9221	7579	17,80	Μεσαία ακρίβεια
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	1309	1041	20,46	Μεσαία ακρίβεια
Σαλαμίνας	39283	31180	20,63	Μεσαία ακρίβεια
Ιητών	2024	1579	21,98	Μεσαία ακρίβεια
Ρόδου	115490	142343	23,25	Μεσαία ακρίβεια
Αστυπάλαιας	1334	1017	23,80	Μεσαία ακρίβεια
Πάρου	13715	10352	24,52	Μεσαία ακρίβεια
Λευκάδας	22652	28639	26,43	Μεσαία ακρίβεια
Κεφαλονιάς	35801	26204	26,81	Μεσαία ακρίβεια
Ιθάκης	3231	2356	27,09	Μεσαία ακρίβεια
Σκιάθου	6088	4367	28,26	Μεσαία ακρίβεια
Λέσβου	86436	61172	29,23	Μεσαία ακρίβεια
Καρπάθου	6226	4340	30,29	Ανακρίβεια
Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου	17262	11912	30,99	Ανακρίβεια
Σάμου	32977	22031	33,19	Ανακρίβεια
Τήνου	8636	5610	35,04	Ανακρίβεια
Οινουσσών και Ψαρών	1284	834	35,08	Ανακρίβεια
Τήλου, Μεγίστης, Χάλκης	1750	1117	36,19	Ανακρίβεια
Αντιπάρου	1211	760	37,20	Ανακρίβεια
Κέρκυρας	102071	63188	38,09	Ανακρίβεια
Θάσου	13770	19372	40,68	Ανακρίβεια
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	18904	11015	41,73	Ανακρίβεια
Χίου	51390	29153	43,27	Ανακρίβεια
Νισύρου	1008	567	43,78	Ανακρίβεια
Σύρου-Ερμούπολης	21507	11800	45,13	Ανακρίβεια
Αίγινας	13056	6881	47,30	Ανακρίβεια
Πάτμου	3047	1588	47,87	Ανακρίβεια
Ύδρας	1966	959	51,24	Ανακρίβεια
Σύμης	2590	1227	52,61	Ανακρίβεια
Παξών	2300	1015	55,88	Ανακρίβεια
Ικαρίας	8423	3611	57,13	Ανακρίβεια
Σκοπέλου	4960	1820	63,31	Ανακρίβεια
Ζακύνθου	40759	67906	66,60	Ανακρίβεια
Αλοννήσου	2750	865	68,53	Ανακρίβεια
Καλύμνιων	16179	4933	69,51	Ανακρίβεια
Φούρνων Κορσέων	1459	359	75,39	Ανακρίβεια

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.7, στην πρώτη κατηγορία ανήκουν 10 δήμοι, στη δεύτερη κατηγορία 16 δήμοι και στην τελευταία κατηγορία 24 δήμοι. Η ακρίβεια της μεθόδου μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική, αφού το μεγαλύτερο μέρος των δήμων χαρακτηρίζονται από ποσοστό λάθους μικρότερο του 30%. Έγιναν προσπάθειες βελτιστοποίησης των αποτελεσμάτων με την αφαίρεση της Ρόδου, που είναι το μεγαλύτερο πληθυσμιακά νησί και κάποιων μικρών σε έκταση νησιών, αλλά η μέθοδος δε βελτιώνεται σε σημαντικό βαθμό. Συνεπώς, η σχέση  $POP_i = 10,650 * SOL_i$  χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του πληθυσμού για όλο το έτος 2014. Επιπλέον, καλό θα ήταν η ακρίβεια της συγκεκριμένης μεθοδολογίας να συγκριθεί και με την ακρίβεια άλλων μεθόδων εκτίμησης πληθυσμού. Μια προσπάθεια εκτίμησης πληθυσμού με βάση την κατανάλωση ύδατος περιγράφεται στη διπλωματική του Βαβάκου (2011). Ωστόσο, η μεθοδολογία του, που εφαρμόζεται σε δύο περιοχές της Ελλάδας, αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα που αφορούν κυρίως την αξιοπιστία των δεδομένων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας του Βαβάκου (2011) δεν υπάρχει κάποιος ενιαίος τρόπος εκτίμησης του πληθυσμού για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας και η επιτυχία της μεθόδου κρίνεται σε μεγάλο βαθμό από την ορθή καταγραφή των δεδομένων.

#### 5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2014

Με τη βοήθεια του συντελεστή που συνδέει τα νυχτερινά φώτα με τον πληθυσμό γίνεται εκτίμηση του πληθυσμού για όλο το έτος 2014. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η εκτίμηση του εποχικού πληθυσμού στα νησιά σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η εκτίμηση του πληθυσμού βασίζεται στη γραμμική συσχέτισή του με τα συνολικά νυχτερινά φώτα. Συνεπώς, οι μεταβολές του πληθυσμού συμπίπτουν με τις ποσοστιαίες μεταβολές των συνολικών νυχτερινών φώτων, που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις του πληθυσμού. Με βάση όλα αυτά, στο τέλος του 5<sup>ου</sup> κεφαλαίου τυποποιούνται τα νησιά ανάλογα με τη μεταβολή του πληθυσμού στη διάρκεια του έτους.

**Πίνακας 5.8:** Εκτίμηση πληθυσμού για όλο το έτος 2014 για τους 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας

Δήμοι	Εκτίμηση Πληθυσμού											
	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Σαμοθράκης	3761	2976	2221	2260	2260	3529	4798	4798	3545	3513	2197	8524
Θάσου	20864	18939	16563	20288	20288	23027	25765	25765	22211	22829	16817	30922
Αλοννήσου	1297	1077	625	805	2737	2737	2268	2268	1733	1463	588	4445
Σκιάθου	5040	3563	3526	3959	2835	2835	6391	6391	4690	4173	3441	4843
Σκοπέλου	2506	1832	1626	1475	3526	3526	3853	3853	2694	2181	1365	4869
Ζακύνθου	61359	58045	55888	57900	62814	69229	75643	71314	59188	57811	52289	64049
Ιθάκης	2977	2429	1720	1592	2093	2366	2638	3306	2365	2276	1285	5967
Κέρκυρας	66214	55349	57118	53275	53275	65918	78560	78560	65770	65318	51418	77767
Παξών	1160	1004	832	810	1023	1023	1523	1523	1008	1057	749	1753
Κεφαλονιάς	31890	27419	21938	25263	26469	29279	32089	37180	28548	28830	23139	47330
Λευκάδας	29456	27729	27156	27627	29734	29734	33638	33638	30353	31117	27460	38351
Σκύρου	3074	2526	2062	1973	5048	5048	4747	4747	3130	3180	1642	7942
Αίγινας	6871	5345	6085	5866	8185	8084	7982	8894	6897	6584	5205	8395
Κυθήρων	4264	3835	2547	3449	4387	4589	4791	5547	4618	5142	1742	9628
Σαλαμίνας	35160	32704	31819	35342	34650	38219	41787	36737	35241	33144	31259	36077
Ύδρας	1185	995	658	837	1206	1242	1277	1387	981	950	438	2095
Ικαρίας	4341	4000	2998	3476	4882	6350	7817	6695	4521	4126	2797	10225
Φούρνων Κορσέων	413	498	259	400	469	553	637	584	525	596	211	1449
Λέσβου	65162	69113	55215	62080	62080	70647	79214	79214	69031	70383	55407	116300
Σάμου	27336	27035	24205	24043	25725	29409	33093	29473	27492	28965	23623	39286
Χίου	30950	30184	24645	28013	33661	43713	53765	37203	32961	38643	23215	55851
Ανδρου	8636	6923	5744	5958	9387	8413	7438	12395	7407	11499	4284	16562
Θήρας	12040	12021	12706	14330	18176	21165	24153	23137	20543	18584	13250	16637

Δήμοι	Εκτίμηση Πληθυσμού											
	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Ιητών	2276	1983	1206	1694	2345	3188	4031	3864	2493	2349	1484	4817
Αστυπάλαιας	1273	1627	768	1037	1786	1939	2092	1986	1613	1761	1189	3466
Καλύμνιων	5483	4329	3670	4465	5995	6625	7256	5593	4936	5340	3433	7104
Λέρου	7324	6930	6467	6687	8029	8493	8957	8730	8344	7985	6870	8872
Πάτμου	2188	1895	2017	2059	2016	2781	3547	3000	2340	2535	1724	3258
Καρπάθου	5336	6055	3944	4928	8450	8307	8163	7545	6838	7379	3022	10744
Κάσου	1047	937	581	931	1622	1727	1832	1680	1403	1576	801	2268
Κέα	3348	2686	2417	2450	3723	3566	3410	4773	3130	3246	1457	5803
Κύθνου	1765	1562	1280	1310	2240	2131	2022	2506	1626	1787	761	3722
Κω	31570	29780	27522	31590	45278	46907	48536	43803	41702	41608	32014	37691
Νισύρου	739	818	556	725	1108	1223	1338	1043	888	1126	554	1772
Σερίφου	1339	1175	942	1040	1638	1960	2283	2184	1176	1272	684	2517
Σίφνου	2198	1802	1676	1601	2519	3053	3586	4296	2458	2119	1428	3771
Μυκόνου	11115	9560	9806	11725	15787	22389	28991	25885	20060	15743	10147	14168
Αμοργού	2064	2075	1717	1967	2388	3143	3899	3143	2658	4264	1725	5284
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	15331	12313	11344	12467	15197	18204	21211	19717	14977	14845	10959	25518
Αντιπάρου	603	544	408	496	821	1491	2162	1904	992	687	245	1568
Πάρου	10482	8907	9630	9728	12398	16267	20137	17993	12969	12171	8082	16220
Ρόδου	126492	136098	130815	135006	157427	160022	162616	155953	154399	161979	137990	164090
Σύμης	1545	1349	993	1338	1722	1889	2056	1736	1569	1699	991	2661
Σύρου-Ερμούπολης	10714	9391	11160	9790	11564	11717	11870	12363	9961	10831	8630	13490
Τήνου	6834	5133	4980	4675	6848	7580	8311	8092	6200	7295	4335	11382
Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου	16138	14419	12250	12592	21059	21059	18379	18379	14623	14319	11639	30501
Οινουσσών και Ψαρών	1093	919	508	599	988	1740	2492	1312	1068	1109	689	2920

Δήμοι	Εκτίμηση Πληθυσμού											
	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	1202	1372	716	1147	1844	2258	2671	2498	1757	1660	750	3901
Μήλου και Κιμώλου	6054	5364	4905	6829	8344	8416	8487	9502	6664	7992	3521	9455
Τήλου, Μεγίστης, Χάλκης	1157	1545	911	1336	2425	2420	2415	2209	2120	2202	915	3655

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 5.5 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΔΗΜΩΝ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.2 και σύμφωνα με την εκτίμηση του πληθυσμού για όλο το έτος 2014, χωρίζονται οι 50 δήμοι της Ελλάδας σε κάποιες γενικές κατηγορίες ανάλογα με την αύξηση του πληθυσμού στη διάρκεια του έτους.

i. Μεγάλη σεζόν

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι δήμοι, που χαρακτηρίζονται από αύξηση του πληθυσμού σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η αύξηση του πληθυσμού ωστόσο, δεν ξεπερνάει το 50% ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι δήμοι, όπως τονίζεται και στο κεφάλαιο 5.2 είναι: η Ζάκυνθος, η Λευκάδα, η Σαλαμίνα, η Λέσβος, η Σάμος, η Λέρος και η Ρόδος.

ii. Μικρή σεζόν

Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται οι δήμοι, των οποίων η αύξηση του πληθυσμού γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς τους πρώτους μήνες του έτους, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες, κυρίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, είναι πολύ πιο έντονη, λόγω της τουριστικής κίνησης στα νησιά αυτά. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι δήμοι της Σαμοθράκης, της Θάσου, της Σκιάθου, της Ιθάκης, των Παξών, της Κεφαλονιάς, της Πάτμου, της Πάρου, της Κέρκυρας, της Αίγινας και της Σύρου-Ερμούπολης.

iii. Σεζόν μέσης διάρκειας

Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα περισσότερα νησιά της εργασίας αυτής. Η αύξηση του πληθυσμού εντοπίζεται σε πολλούς μήνες του έτους, με τη μεγαλύτερη αύξηση να συμβαίνει στην τουριστική περίοδο, που ξεκινάει από το Μάιο μέχρι και τον Οκτώβριο. Σε κάποια από τα νησιά αυτά η αύξηση του πληθυσμού το καλοκαίρι είναι πολύ υψηλή. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα νησιά που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5.2 (iii και iv). Αναλυτικά είναι οι δήμοι της Σκοπέλου, της Σκύρου, της Ικαρίας, της Χίου, της Θήρας, των Καλύμνιων, της Κω, της Νισύρου, της Σερίφου, της Σίφνου, της Μυκόνου, της Αμοργού, της Νάξου, της Αντιπάρου, της Σύμης, της Τήνου, της Λήμνου, της Μήλου-Κιμώλου, της Αλοννήσου, των Κυθήρων, της Ύδρας, των Φούρνων Κορσέων, των Ιητών, της Αστυπάλαιας, της Καρπάθου, της Κάσου, των Οινουσσών-Ψαρών, της Φολέγανδρου-Σικίνου-Ανάφης και της Τήλου-Μεγίστης-Χάλκης.

iv. Τα νησιά Άνδρος, Κέα και Κύθνος δεν μπορούν να ανήκουν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες. Διακρίνονται μεγάλες αυξομειώσεις στην εποχικότητα του πληθυσμού, ακόμα και μέσα στη θερινή περίοδο. Αξίζει να επισημανθεί η

μεγάλη αύξηση του πληθυσμού στην Άνδρο τον Οκτώβριο του 2014. Το ποσοστό αυτό είναι πολύ μεγάλο και πλησιάζει την αύξηση του πληθυσμού τον Αύγουστο.

Παράλληλα με τα παραπάνω και μελετώντας τα γενικά χαρακτηριστικά όλων των νησιών παρατηρείται μεγάλη αύξηση στα νυχτερινά φώτα τον Δεκέμβριο. Η αύξηση αυτή είναι πολύ σημαντική και κάποιες φορές ξεπερνάει το ποσοστό αύξησης των καλοκαιρινών μηνών. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στις διακοπές των Χριστουγέννων. Από αρχές Δεκεμβρίου όλες οι περιοχές στολίζονται με πολλά και έντονα φώτα, τα οποία είναι αναμμένα κάθε βράδυ για όλο το μήνα του Δεκεμβρίου. Συνεπώς, υπάρχει υπερεκτίμηση του πληθυσμού για το μήνα αυτό, λόγω των πολλών νυχτερινών φώτων που ανιχνεύει ο VIIRS. Επιπλέον, στην ποσοστιαία μεταβολή παρατηρείται μεγάλη αύξηση κυρίως τον Ιούλιο, ενώ μειώνεται σημαντικά τον Σεπτέμβριο και αυξάνεται ξανά τον Οκτώβριο. Η αύξηση των νυχτερινών φώτων και του πληθυσμού τον Οκτώβριο πιθανότατα οφείλεται στην άφιξη κυρίως εισερχόμενου τουρισμού στα νησιά για διακοπές.

Επιπρόσθετα, αξίζει να επισημανθούν κάποιες ειδικές περιπτώσεις νησιών στα κανονικοποιημένα διαγράμματα του κεφαλαίου 5.2. Στο δεύτερο γράφημα προκαλεί το ενδιαφέρον η περίπτωση του δήμου Σύρου-Ερμούπολης. Η Ερμούπολη αποτελεί πρωτεύουσα της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου. Στο παρελθόν ο δήμος ήταν ένα σημαντικό ναυτικό, βιομηχανικό και πολιτιστικό κέντρο, το οποίο βίωσε τα τελευταία χρόνια σε μεγάλο βαθμό τις αρνητικές επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης. Σύμφωνα, με τα δεδομένα της εργασίας αυτής η μεταβολή στα νυχτερινά φώτα και στον πληθυσμό είναι θετική μόνο το χρονικό διάστημα του Μαΐου-Αυγούστου και τον Δεκέμβριο. Η αύξηση αυτή είναι πολύ μικρή και τους θερινούς μήνες δεν ξεπερνάει το 11%. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι η Σύρος επηρεάστηκε αρνητικά το χρονικό διάστημα μετά την οικονομική κρίση και ότι τα στοιχεία για τον τουρισμό είναι πολύ απογοητευτικά. Επίσης, τονίζονται κάποιες ιδιαίτερες περιπτώσεις της τρίτης ομάδας (σεζόν μέσης διάρκειας), που παρουσιάζονται στα γραφήματα 5.3 και 5.4. Η πρώτη περίπτωση αυτής της κατηγορίας είναι η μεγάλη αύξηση που εντοπίζεται τους θερινούς μήνες και ειδικά τον Ιούλιο σε δύο μικρούς δήμους: στο δήμο Αντιπάρου και στο δήμο Οινουσσών και Ψαρών. Ο δήμος Αντιπάρου έχει στενή σχέση με το δήμο Πάρου, λόγω της γεωγραφικής του θέσης και η τουριστική ανάπτυξη της Αντιπάρου συνδέεται πιθανότατα με την υπερχειλίση του ρεύματος που προσελκύει καθημερινά η Πάρος. Το γεγονός αυτό επεξηγεί τη μεγάλη αύξηση των νυχτερινών φώτων τους καλοκαιρινούς

μήνες. Στο δήμο Οινουσσών και Ψαρών, η μεγάλη αύξηση των νυχτερινών φώτων δεν είναι λογική, δεδομένου ότι η τουριστική κίνηση δεν είναι πολύ υψηλή. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια για την προσέλκυση τουριστών στα νησιά αυτά. Η δεύτερη περίπτωση που επισημαίνεται στα δύο διαγράμματα είναι αυτή των δήμων Σκοπέλου, Αλοννήσου και Σκύρου, οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο νησιωτικό σύμπλεγμα των Βορείων Σποράδων. Το χαρακτηριστικό των δήμων αυτών είναι ότι υπάρχει μεγάλη ξαφνική αύξηση του εποχικού πληθυσμού το Μάιο και μειώνεται σχεδόν στο μισό το Σεπτέμβριο. Συμπερασματικά προκύπτει ότι η τουριστική κίνηση στα νησιά αυτά ξεκινάει γρήγορα το Μάιο και μειώνεται σε σημαντικό βαθμό τους φθινοπωρινούς μήνες. Τέλος, στα διαγράμματα 5.3 και 5.5 παρουσιάζεται σημαντική αύξηση των νυχτερινών φώτων τον Οκτώβριο 2014 στους δήμους Αμοργού και Άνδρου, μια αύξηση που φτάνει την τιμή του Αυγούστου.

#### 5.6 ΝΥΧΤΕΡΙΝΑ ΦΩΤΑ ΚΑΙ ΧΡΙΣΤΟΥΓΕΝΝΑ

Σύμφωνα με τους παραπάνω σχολιασμούς τις ημέρες των Χριστουγεννιάτικων εορτών τα νυχτερινά φώτα είναι πολύ έντονα. Αυτό προκύπτει από τις μεγάλες μεταβολές στα νυχτερινά φώτα, οι οποίες συμβαίνουν σε όλους σχεδόν τους δήμους για το μήνα του Δεκεμβρίου. Η αύξηση αυτή δε σηματοδοτεί κάποια έντονη μετακίνηση του πληθυσμού, αλλά οφείλεται στους στολισμούς των περιοχών τις γιορτινές ημέρες. Για να γίνει περισσότερο αντιληπτό το φαινόμενο, η ανάλυση αυτή επεκτείνεται και στα υπόλοιπα έτη από το 2012 μέχρι το 2015, όπου υπάρχουν διαθέσιμα νυχτερινά φώτα για το μήνα Δεκέμβριο. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για την προεπεξεργασία και επεξεργασία των δεδομένων, όπως περιγράφεται αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας. Για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων υπολογίζονται οι μεταβολές των νυχτερινών φώτων ως προς το Δεκέμβριο του 2012. Επιλέγεται ο συγκεκριμένος μήνας, διότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις ο δείκτης SOL το 2012 έχει τη μικρότερη τιμή σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονιές. Οι ποσοστιαίες μεταβολές απεικονίζονται και σε διαγράμματα, τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες για να γίνουν περισσότερο αντιληπτές οι διαφορές στις εορτές των διαφόρων ετών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με τα αποτελέσματα του δείκτη SOL για το μήνα Δεκέμβριο για τα έτη 2012-2015 και ακολούθως παρουσιάζονται οι τρεις ομάδες κατηγοριοποίησης με την ποσοστιαία μεταβολή των νυχτερινών φώτων και με το αντίστοιχο διάγραμμα, που απεικονίζει γραφικά αυτές τις διαφορές.



**Πίνακας 5.9:** Υπολογισμός του δείκτη SOL για το μήνα Δεκέμβριο για τα έτη 2012-2015

Δήμοι	Δείκτης SOL			
	Δεκέμβριος 2012	Δεκέμβριος 2013	Δεκέμβριος 2014	Δεκέμβριος 2015
Σαμοθράκης	202	308	800	294
Θάσου	1764	2265	2903	2023
Αλοννήσου	75	135	417	131
Σκιάθου	318	479	455	402
Σκοπέλου	184	225	457	218
Ζακύνθου	4568	5441	6014	5215
Ιθάκης	117	205	560	243
Κέρκυρας	5752	6419	7302	6230
Παξών	77	95	165	92
Κεφαλονιάς	1766	2662	4444	2752
Λευκάδας	1974	2651	3601	2916
Σκύρου	187	283	746	299
Αίγινας	601	646	788	720
Κυθήρων	168	456	904	403
Σαλαμίνας	3397	3844	3387	3362
Ύδρας	69	137	197	111
Ικαρίας	354	400	960	393
Φούρνων Κορσέων	23	50	136	45
Λέσβου	4782	6700	10920	6805
Σάμου	1849	2688	3689	2422
Χίου	2114	3134	5244	2865
Ανδρου	542	683	1555	754
Θήρας	1071	1200	1562	1261
Ιητών	137	193	452	192
Αστυπάλαιας	78	138	325	140
Καλύμνιων	340	527	667	481
Λέρου	758	751	833	795
Πάτμου	185	198	306	192
Καρπάθου	332	602	1009	483
Κάσου	81	117	213	92
Κέας	187	284	545	265
Κύθνου	86	167	350	155
Κω	2640	3276	3539	3230
Νισύρου	36	72	166	80
Σερίφου	56	117	236	132
Σίφνου	143	220	354	241
Μυκόνου	973	1021	1330	1213
Αμοργού	77	186	496	219
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	925	1199	2396	1329
Αντιπάρου	33	60	147	70
Πάρου	846	986	1523	1093
Ρόδου	11152	13371	15408	13398
Σύμης	91	176	250	145
Σύρου-Ερμούπολης	875	985	1267	1126
Τήνου	475	533	1069	637
Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου	977	1420	2864	1499
Οινουσσών και Ψαρών	46	124	274	105
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	58	135	366	141
Μήλου και Κιμώλου	396	560	888	566
Τήλου, Μεγίστης, Χάλκης	84	153	343	154

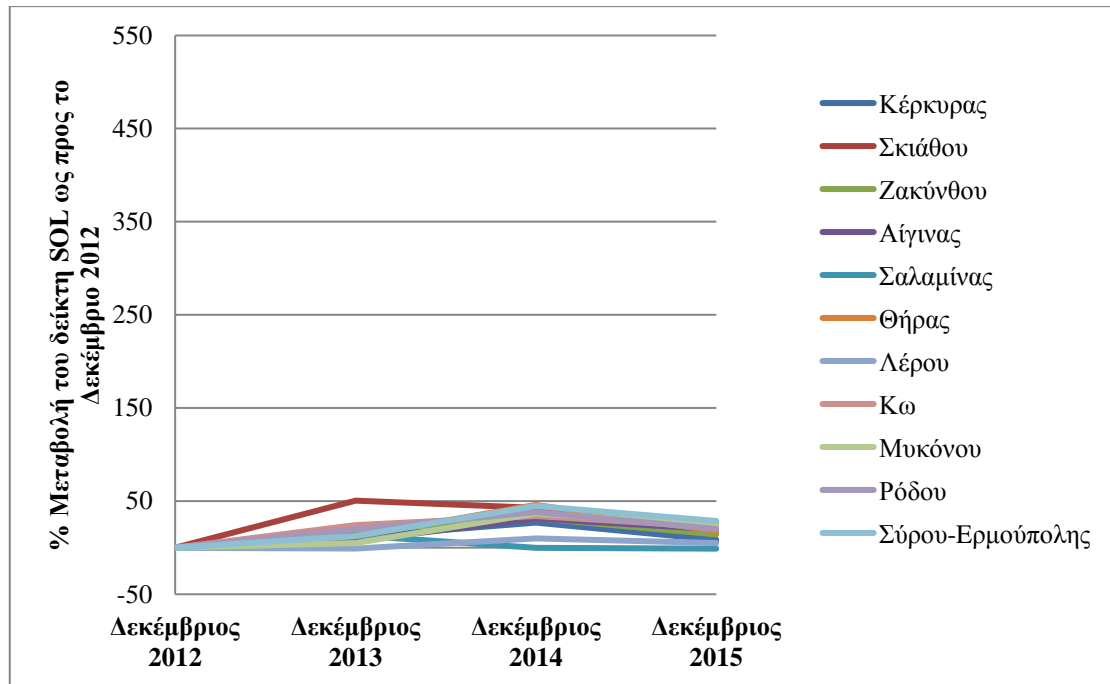
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές του δείκτη SOL ως προς το Δεκέμβριο 2012 και οι δήμοι κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα χαρακτηρίζεται από μικρές διαφορές στα νυχτερινά φώτα του Δεκεμβρίου στην πάροδο των χρόνων. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στη Λέρο και στη Σαλαμίνα, οι διαφορές είναι πολύ μικρές, σχεδόν αμελητέες. Συνεπώς, τα νησιά αυτά δεν έχουν διαφοροποιήσει τον τρόπο στολισμού στις εορτές των Χριστουγέννων και αποδεικνύεται πιθανότατα ότι ο στολισμός και ο φωτισμός αυτών των περιοχών δεν επηρεάστηκαν από τις ιδιαίτερες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες της χώρας. Στον πίνακα παρουσιάζονται τα νησιά αυτά και απεικονίζονται οι ποσοστιαίες διαφορές των νυχτερινών φώτων τους ως προς το μήνα Δεκέμβριο 2012.

**Πίνακας 5.10:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για την πρώτη ομάδα κατηγοριοποίησης

Δήμοι	Μεταβολή SOL (%)			
	Δεκέμβριος 2012	Δεκέμβριος 2013	Δεκέμβριος 2014	Δεκέμβριος 2015
Κέρκυρας	0,00	11,59	26,94	8,31
Σκιάθου	0,00	50,50	42,94	26,47
Ζακύνθου	0,00	19,12	31,66	14,16
Αίγινας	0,00	7,54	31,23	19,89
Σαλαμίνας	0,00	13,17	-0,27	-1,01
Θήρας	0,00	12,06	45,92	17,78
Λέρου	0,00	-0,94	9,95	4,91
Κω	0,00	24,08	34,03	22,34
Μυκόνου	0,00	4,95	36,72	24,67
Ρόδου	0,00	19,90	38,15	20,14
Σύρου-Ερμούπολης	0,00	12,55	44,77	28,65

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Γράφημα 5.6:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για την πρώτη ομάδα κατηγοριοποίησης

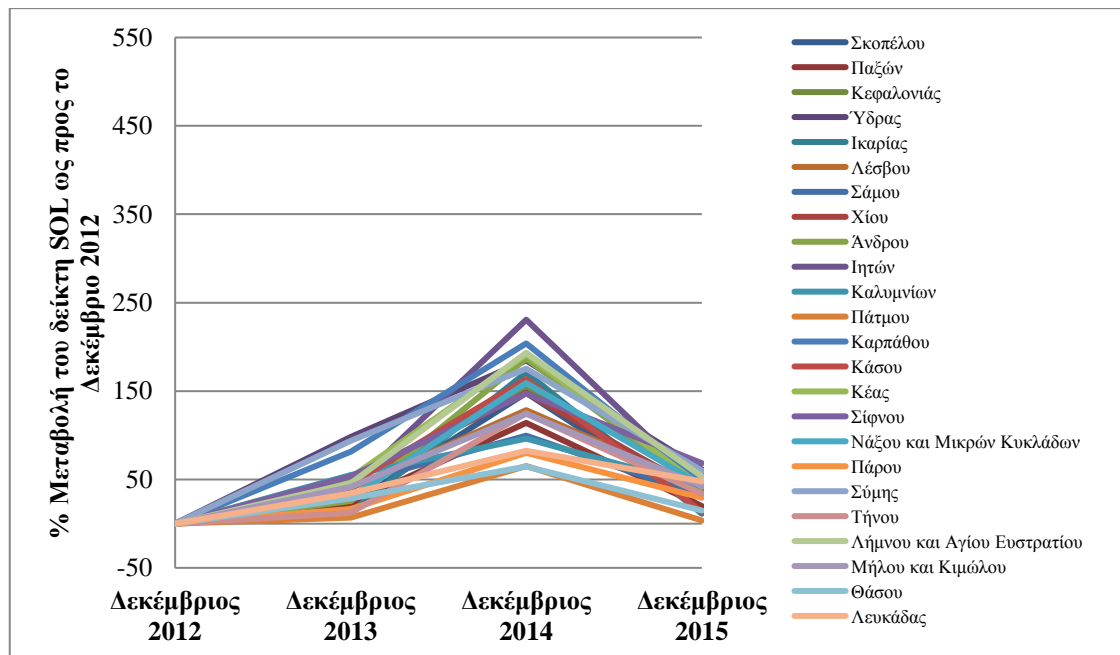
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Η δεύτερη και η τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης έχουν αρκετά κοινά μεταξύ τους. Οι δύο ομάδες, που περιλαμβάνουν τους υπόλοιπους δήμους της εργασίας, παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση στα νυχτερινά φώτα το Δεκέμβριο του 2014. Αντίθετα, το 2013 και το 2015 παρουσιάζουν χαμηλότερα ποσοστά φωτισμού. Αξίζει να επισημανθεί ότι όλες οι μεταβολές σε σχέση με το Δεκέμβριο 2012 είναι θετικές, δηλαδή υπάρχει αύξηση στα νυχτερινά φώτα. Τα χαμηλά ποσοστά φωτισμού το Δεκέμβριο 2012 μπορεί να εξηγούνται από τις ιδιαίτερες συνθήκες που αντιμετωπίζει η χώρα τα τελευταία χρόνια. Η οικονομική κρίση ίσως επέβαλε περιορισμούς στο φωτισμό των περιοχών και με την πάροδο των ετών η κατάσταση αυτή άρχισε πιθανότατα να αλλάζει. Η διαφορά στις δύο ομάδες είναι ότι στην πρώτη περίπτωση οι διαφορές μεταξύ του Δεκεμβρίου 2014 από τα άλλα δύο έτη είναι πολύ μικρότερες από την άλλη ομάδα, όπου το ποσοστό μεταβολής φτάνει μέχρι και την τιμή περίπου 545%. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα για τη δεύτερη και την τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης.

**Πίνακας 5.11:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για τη δεύτερη ομάδα κατηγοριοποίησης

Δήμοι	Μεταβολή SOL (%)			
	Δεκέμβριος 2012	Δεκέμβριος 2013	Δεκέμβριος 2014	Δεκέμβριος 2015
Θάσου	0,00	28,42	64,63	14,71
Σκοπέλου	0,00	22,16	147,89	18,36
Παξών	0,00	23,17	113,98	19,82
Κεφαλονιάς	0,00	50,73	151,60	55,82
Λευκάδας	0,00	34,27	82,40	47,69
Ύδρας	0,00	98,18	184,64	61,03
Ικαρίας	0,00	12,80	171,06	11,08
Λέσβου	0,00	40,10	128,36	42,31
Σάμου	0,00	45,40	99,50	30,97
Χίου	0,00	48,25	148,03	35,48
Ανδρου	0,00	25,85	186,67	38,97
Ιητών	0,00	41,35	230,72	40,38
Καλυμνίων	0,00	55,12	96,23	41,56
Πάτμου	0,00	6,90	65,20	3,44
Καρπάθου	0,00	81,36	203,89	45,37
Κάσου	0,00	45,30	163,46	13,53
Κέας	0,00	52,05	191,31	41,53
Σίφνου	0,00	53,62	147,17	68,57
Νάξου και Μικρών Κυκλάδων	0,00	29,60	159,09	43,66
Πάρου	0,00	16,61	80,11	29,24
Σύμης	0,00	93,85	175,33	60,24
Τήνου	0,00	12,10	124,79	34,05
Λήμνου και Αγίου Ευστατίου	0,00	45,45	193,27	53,51
Μήλου και Κιμώλου	0,00	41,55	124,27	42,86

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

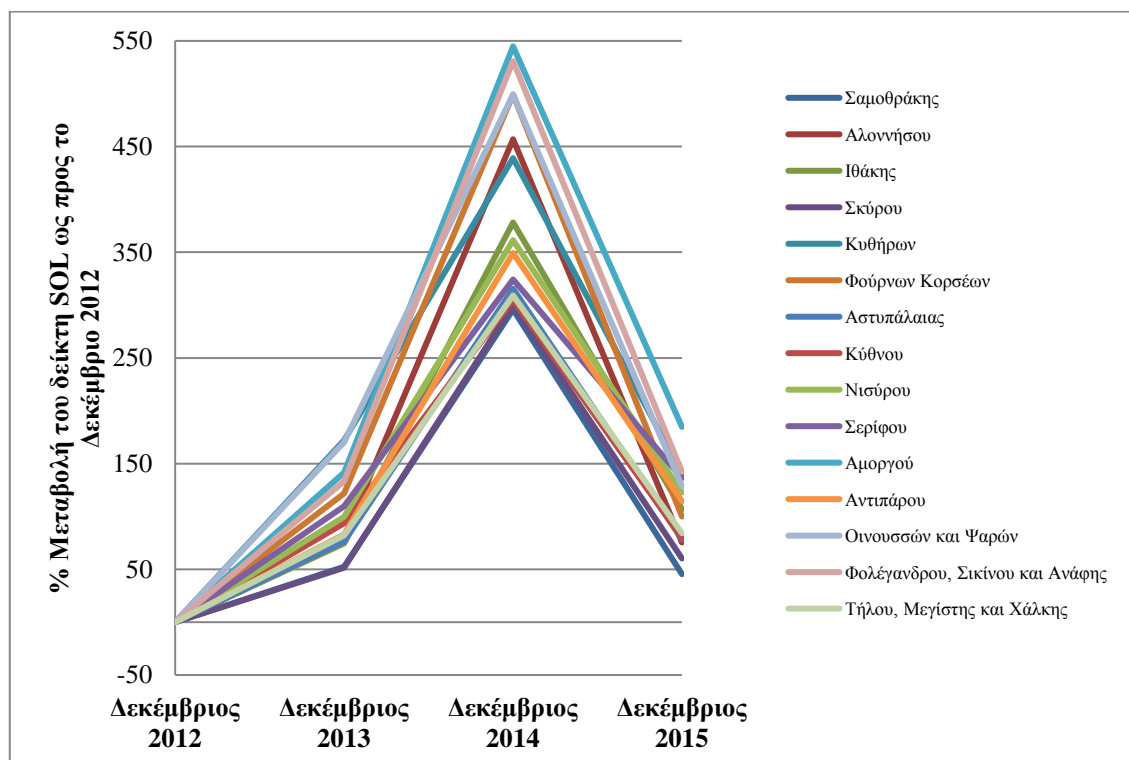
**Γράφημα 5.7:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για τη δεύτερη ομάδα κατηγοριοποίησης

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

**Πίνακας 5.12:** Ποσοστιαία μεταβολή του δείκτη SOL για την τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης

Δήμοι	Μεταβολή SOL (%)			
	Δεκέμβριος 2012	Δεκέμβριος 2013	Δεκέμβριος 2014	Δεκέμβριος 2015
Σαμοθράκης	0,00	52,31	295,84	45,57
Αλοννήσου	0,00	80,14	456,94	75,37
Ιθάκης	0,00	74,60	378,18	107,04
Σκύρου	0,00	51,46	299,83	60,26
Κυθήρων	0,00	172,09	439,09	140,57
Φούρνων Κορσέων	0,00	121,76	499,32	99,86
Αστυπάλαιας	0,00	76,36	315,48	78,52
Κύθνου	0,00	93,50	304,90	79,72
Νισύρου	0,00	99,51	361,37	122,63
Σερίφου	0,00	109,57	324,27	136,20
Αμοργού	0,00	141,31	544,82	184,76
Αντιπάρου	0,00	82,96	349,29	114,42
Οινουσσών και Ψαρών	0,00	170,25	499,23	128,79
Φολέγανδρου, Σικίνου, Ανάφης	0,00	133,20	530,87	142,50
Τήλου, Μεγίστης, Χάλκης	0,00	82,13	309,12	84,08

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

**Γράφημα 5.8:** Απεικόνιση της ποσοστιαίας μεταβολής του δείκτη SOL για την τρίτη ομάδα κατηγοριοποίησης

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επιπλέον, προτείνονται μελλοντικές εργασίες που μπορούν να υλοποιηθούν για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων και για την εξέλιξη της έρευνας στον τομέα του πληθυσμού και του τουρισμού.

Ο αισθητήρας VIIRS είναι ένα καινούριο όργανο πάνω στο δορυφόρο S-NPP, που έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με τον προκατόχο του OLS. Τα πλεονεκτήματα του VIIRS σε σχέση με τον OLS είναι ότι διαθέτει καλύτερη χωρική ανάλυση και διακριτική ικανότητα, ότι γίνεται βαθμονόμηση των δεδομένων πάνω στο αεροσκάφος και δεν παθαίνει κορεσμό στις αστικές περιοχές. Για τους λόγους αυτούς επιλέγονται τα νυχτερινά δεδομένα του VIIRS για την εκτίμηση του εποχικού πληθυσμού στους 50 νησιωτικούς δήμους της Ελλάδας.

Παρά τα πλεονεκτήματα του αισθητήρα, υπάρχουν αρκετά προβλήματα στα δεδομένα του, τα οποία δεν έχουν λυθεί μέχρι στιγμής. Οι συνθέσεις των νυχτερινών δεδομένων δεν είναι απαλλαγμένες από τυχαία φώτα που οφείλονται στο Βόρειο Σέλας και από εφήμερα φώτα πλοίων, φωτιών, ηφαιστείων και καύσης αερίων. Η μεθοδολογία αφαίρεσης των ακραίων τιμών, που χρησιμοποιείται σε αυτή την εργασία, επιβεβαιώνει τον εντοπισμό τέτοιων περιοχών, όπου για παράδειγμα υπάρχουν μεταλλεία ή σταθμοί επεξεργασίας αερίων. Επίσης, εντοπίζονται πυρκαγιές, όπως στην περίπτωση της Χίου τον Οκτώβριο 2014. Παράλληλα με τα παραπάνω, επιβεβαιώνεται ότι υπάρχουν κάποιες μικρές τιμές ακτινοβολίας στα δεδομένα που δεν αντιπροσωπεύουν κάποια ανθρώπινη δραστηριότητα, αλλά πρόκειται για θόρυβο του υποβάθρου. Η μεθοδολογία, που επιλέγεται για την αφαίρεση του θορύβου αυτού, δίνει τον μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ του πληθυσμού και των νυχτερινών φώτων. Εκτός από τις μεθόδους, που αναφέρονται σε αυτή την εργασία, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν και άλλες, με σκοπό τη βέλτιστη αφαίρεση αυτών των πηγών σφαλμάτων. Για παράδειγμα προτείνεται η αφαίρεση του θορύβου υποβάθρου με τη χρήση δύο διαφορετικών σύνθετων εικόνων του VIIRS. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον υπολογισμό των διαφορών ανάμεσα στην τιμή ακτινοβολίας που έχει ένα εικονοστοιχείο στη μία εικόνα και στην τιμή ακτινοβολίας που έχει στην άλλη εικόνα. Αν οι διαφορές σε κάποιο εικονοστοιχείο είναι ακραίες, τότε το συγκεκριμένο εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται ως ασταθές και η ακτινοβολία του πιθανότατα δεν οφείλεται σε πραγματικό φωτισμό, αλλά σε κάποιο θόρυβο. Επιπρόσθετα, στα

νυχτερινά δεδομένα του VIIRS εντοπίζεται έλλειψη στοιχείων κυρίως τον Ιούνιο, η οποία πιθανότατα οφείλεται σε ανεπιθύμητο φως που εισέρχεται στο θάλαμο του αισθητήρα. Συνεπώς, η συμπλήρωση των στοιχείων με τη μέθοδο που αναφέρθηκε στο 5.1, κρίνεται απαραίτητη για τη μετέπειτα επεξεργασία των νυχτερινών φώτων.

Τα συνολικά νυχτερινά φώτα, που υπολογίζονται από τον δείκτη SOL, αποδεικνύεται ότι συνδέονται γραμμικά με τον πληθυσμό. Ο συντελεστής, που προσδιορίζει το μοντέλο παλινδρόμησης μεταξύ των νυχτερινών φώτων του Απριλίου 2012 και του πληθυσμού της απογραφής του Μαΐου 2011, είναι αρκετά ικανοποιητικός ( $R^2 = 0,889$ ). Επιπλέον, ο υπολογισμός του σχετικού σφάλματος επιβεβαιώνει ότι τα νυχτερινά φώτα του VIIRS εκτιμούν με καλή ακρίβεια τον εποχικό πληθυσμό. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των δήμων έχουν μικρό σχετικό σφάλμα. Στο σημείο αυτό προτείνεται ως μελλοντική εργασία η σύγκριση της ακρίβειας αυτής με την ακρίβεια που προκύπτει από άλλες μεθόδους, όπως είναι για παράδειγμα η μέθοδος εκτίμησης πληθυσμού που βασίζεται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή στα ακίνητα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εργασίας, οι δήμοι διαχωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το χρονικό διάστημα διαμονής των τουριστών στην περιοχή. Οι κατηγορίες αυτές (μεγάλη σεζόν, μικρή σεζόν και σεζόν μέσης διάρκειας), προκύπτουν από τον υπολογισμό της ποσοστιαίας μεταβολής των νυχτερινών φώτων και από τα αντίστοιχα διαγράμματα. Τα περισσότερα νησιά ανήκουν στη σεζόν μέσης διάρκειας με πολύ μεγάλα ποσοστά αύξησης πληθυσμού την περίοδο Μαΐου-Οκτωβρίου. Επιπλέον, ο υπολογισμός των συνολικών νυχτερινών φώτων και οι ποσοστιαίες μεταβολές ως προς το μήνα Μάρτιο, αποδεικνύουν μεγάλη αύξηση στα φώτα του Δεκεμβρίου. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στον έντονο φωτισμό των περιοχών λόγω του εορτασμού των Χριστουγέννων. Συνεπώς, τα νυχτερινά φώτα τον Δεκέμβριο δεν αντιπροσωπεύουν ρεαλιστικά την ύπαρξη ανθρώπινου πληθυσμού. Για να επιβεβαιωθεί το φαινόμενο αυτό, υπολογίζεται ο δείκτης SOL και για τα υπόλοιπα διαθέσιμα έτη (2012-2015). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο νυχτερινός φωτισμός είναι πολύ μικρότερος τον Δεκέμβριο του 2012 σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονιές, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται τον Δεκέμβριο του 2014. Οι μικρές τιμές το 2012 πιθανότατα οφείλονται στις αρνητικές επιδράσεις που βίωσε η Ελλάδα τα πρώτα χρόνια της οικονομικής κρίσης. Τέλος, καλό θα ήταν να μπορεί να γίνει σύγκριση των νυχτερινών φώτων του Δεκεμβρίου στο χρονικό διάστημα πριν την κρίση. Όμως, ο αισθητήρας VIIRS δε διαθέτει δεδομένα πριν από τον Απρίλιο 2012.

Συμπερασματικά, λοιπόν, προκύπτει ότι ο αισθητήρας VIIRS έχει πολύ καλές προδιαγραφές και τα δεδομένα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη εποχικού πληθυσμού. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων. Τα προβλήματα αυτά εντοπίζονται κυρίως στη μόλυνση που προκαλείται στα δεδομένα από τα τυχαία φώτα, αλλά και στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τρόπος αφαίρεσης των ακραίων τιμών και του θορύβου υποβάθρου. Αν αντιμετωπιστούν όλα αυτά, υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί ένα τελικό προϊόν χωρίς τα παραπάνω μειονεκτήματα, με σκοπό τη χρησιμοποίησή του σε μελλοντικές έρευνες υψηλής ακρίβειας.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Αλόννησος. (1998α) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 3, σελ. 125-126), Αθήνα : Δομή

Αστυπάλαια. (1998β) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 5, σελ. 283-284), Αθήνα : Δομή

Βαβάκος, Μ. (2011) *Έμμεση εκτίμηση εποχιακών πληθυσμιακών διακυμάνσεων*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος

Δωδεκάνησα ή Δωδεκάνησος. (1998γ), Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 10, σελ. 282-289), Αθήνα : Δομή

Δοξόπουλος, Γ. (2013) *Δείκτες τουριστικής ανάπτυξης: Η περίπτωση των Σποράδων*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη

Δρεττάκης, Μ. (2011) ‘Ποιος είναι ο πραγματικός πληθυσμός της χώρας;’, *Ελευθεροτυπία*

Επτάνησα ή Επτάνησος. (1998δ) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 12, σελ. 128-136), Αθήνα : Δομή

Καθαράκης, Δ. (2006) *Flora Sporadum: Καταγραφή της χλωρίδας των Βορείων Σποράδων και οι μεταξύ τους φυτογεωγραφικές συνδέσεις*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Πάτρα

Καρακίτσος, Σ. (2006) “*Flora Ionica*”: *Καταγραφή της χλωρίδας των Ιονίων νήσων και οι μεταξύ τους φυτογεωγραφικές συνδέσεις*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Πάτρα

Κεμερλή, Μ.-Α. (2014), *Μελέτη της τουριστικής κατάστασης στη νήσο Λέσβο*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Θεσσαλονίκη

Κυκλάδες. (1998ε) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 19, σελ. 86-98), Αθήνα : Δομή

Λειβαδάρα, Μ. (2011) *Η διαμόρφωση της φυσιογνωμίας και της εξελικτικής πορείας της Ερμούπολης ως αστικού και βιομηχανικού κέντρου*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων, Ερμούπολη

Μαριολάκος, Η., Φουντούλης, Ι. και Θεοχάρης, Δ. (2001) ‘Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Σαλαμίνας’, Πρακτικά 9ου Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, **XXXIV** (1), σελ. 165-173

Σκιάθος. (1998στ) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 31, σελ. 145-146), Αθήνα : Δομή

Σκόπελος. (1998ζ) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 31, σελ. 159-160), Αθήνα : Δομή

Σκύρος. (1998η) Στη *Νέα Δομή* (Τόμος 31, σελ. 181), Αθήνα : Δομή

Τάταρης, Α. και Σίδερης, Χ. (1989) ‘Γεωλογική δομή του Νότιου Αιγάλεω και συσχετισμός προς την απέναντι περιοχή της Σαλαμίνας’, *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, **23** (1), σελ. 303-320

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Amaral, S., Câmara, G., Monteiro, A.-M.-V., Quintanilha, J.-A., Elvidge, C. D. (2005) ‘Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data’, *Computers, Environment and Urban Systems*, **29**, pp. 179-195

Anderson, S. J., Tuttle, B. T., Powell, R. L., Sutton, P. C. (2010) ‘Characterizing relationships between population density and nighttime imagery for Denver, Colorado: issues of scale and representation’, *International Journal of Remote Sensing*, **31** (21), pp. 5733-5746

- Ashworth, J. and Thomas, B. (1999) 'Patterns of seasonality in employment in tourism in the UK', *Applied Economics Letter*, **6** (11), pp. 735-739
- Ball, R. M. (1988) 'Seasonality: a problem for workers in the tourism labour market?', *Service Industries Journal*, **8** (4), pp. 501-513
- Baugh, K., Hsu F.-C., Elvidge, C. and Zhizhin, M. (2013) 'Nighttime Lights Compositing Using the VIIRS Day-Night Band: Preliminary Results', *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, **35**, pp. 70-86
- Briassoulis, H. (1993) 'Tourism in Greece', in Pompl, W. and Lavery, P. (Eds), *Tourism in Europe: Structures and Developments*, Oxford: CAB International, pp. 285-301
- Buhalis, P. (1999) 'Tourism on the Greek Islands: Issues of Peripherality, Competitiveness and Development', *INTERNATIONAL JOURNAL OF TOURISM RESEARCH*, **1**, pp. 341-358
- Butler, R. W. (1994) 'Seasonality in tourism: issues and problems', in Seaton, A. V. (Ed.), *Tourism: The state of the art*, Chichester: Wiley, pp. 332-339
- Butler, R. W. (2001) 'Seasonality in tourism: issues and implications', in Baum, T. and Lundtorp, S. (Eds.), *Seasonality in Tourism*, Oxford: Pergamon, Elsevier, pp. 5-22
- Cao, C. and Bai, Y. (2014) 'Quantitative Analysis of VIIRS DNB Nightlight Point Source for Light Power Estimation and Stability Monitoring', *Remote Sensing*, **6**, pp. 11915-11935
- Cao, C., Xiong, X. J., Wolfe, R., DeLuccia, F., Liu, Q. M., Blonski, S., Lin, G. G., Nishihama, M., Pogorzala, D., Oudrari, H., Hillger, D. (2013) 'Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Sensor Data Record (SDR) User's Guide', Washington, DC, pp. 1-43
- Chen, X. and Nordhaus, W. (2015) 'A test of the new VIIRS lights data set: Population and economic output in Africa', *Remote Sensing*, **7**, 4937

Coccosis, H. (1987) 'Planning for islands', *Ekistics*, **54** (323-4), pp. 84-87

Coccosis, H. (2002) 'Island Tourism Development and Carrying Capacity', in Apostolopoulos, Y. and Gayle, D. (eds), *Island Tourism and Sustainable Development, Carribean, Pacific and Mediterranean Experiences*, London: Praeger, Westport, Connecticut, pp. 131-143

Coccosis, H. and Parpairis, A. (2000) 'Tourism and the environment-some observations on the concept of carrying capacity', in Briassoulis, H. and van der Straaten, J. (eds), *Tourist and Environment: Regional, Economic and Policy Issues*, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, pp. 331-344

Doll, C.-N.-H. and Muller, J.-P. (2000) 'A comparison of different techniques applied to the UK to map socio-economic parameters: implications for modeling the human dimensions of global change', *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **XXXIII** (B4), pp. 222-229

EIU (1986) Greece. London: Economist Intelligence Unit, International Tourist Reports, National Report No. 3, pp. 45-60

EIU (1990) Greece. London: Economist Intelligence Unit, International Tourist Reports, National Report No. 4, pp. 45-62.

EIU (1993) *Greece-Country Profile 1992-1993: Annual Survey of Political and Economic Background*, London: Economist Intelligence Unit

Elvidge, C. D., Baugh, K., Zhizhin, M. and Hsu, F.-C. (2013) 'Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights', *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, **35**, pp. 62-69

Elvidge, C. D., Cinzano, P., Pettit, D. R., Arvesen, J., Sutton, P., Small, C., Nemani, R., Longcore, T., Rich, C., Safran, J., Weeks, J., Ebener, S. (2007) 'The Nightsat mission concept', *International Journal of Remote Sensing*, **28** (12), pp. 2645-2670

Fernandez-Morales A., Cisneros-Martínez J. D. and McCabe S. (2016) 'Seasonal concentration of tourist demand: Decomposition analysis and marketing implications', *Tourism Management*, **56**, pp. 172-190

GNTTO (1993) *Tourism Towards the 2000*, Athens: Greek National Tourism Organisation (In Greek)

Grant, M., Human, B. and Le Pelley, E. (1997) 'Seasonality', in British Tourist Authority & English Tourist Board, *Insights-Tourism Intelligence Papers*, 9, pp. A5 A9

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J. M. (2008) 'Global Change and the Ecology of Cities', *Science*, **319**, pp. 756-760

Higham, J. and Hinch, T. (2002) 'Tourism, sport, and seasons: the challenges and potential of overcoming seasonality in the sport and tourism sectors', *Tourism Management*, **23**, pp. 175-185

Jang, S. (2004) 'Mitigating tourism seasonality: a quantitative approach', *Annals of Tourism Research*, **31** (4), pp. 819-836

Jing, X., Shao, X., Cao, C., Fu, X., Yan, L. (2016) 'Comparison between the Suomi NPP Day-Night Band and DMSP-OLS for Correlating Socio-Economic Variables at the Provincial Level in China', *Remote Sensing*, **8**, 17

Kyba, C. M., Garz, S., Kuechly, H., Sánchez de Miguel, A., Zamorano, J., Fischer, J., Hölker, F. (2015) 'High-Resolution Imagery of Earth at Night: New Sources, Opportunities and Challenges', *Remote Sensing*, **7**, pp. 1-23

Komilis, P. (1987) *Spatial Analysis of Tourism in Greece*, Centre of Planning and Economic Research. (In Greek)

Konsolas, N. (1994) *Peripheral Structure and Development Policy*, Athens: Epilogi, pp. 146-154 (In Greek)

- Konsolas, N. and Zacharatos, G. (1993) 'Regionalization of tourism activity in Greece: problems and policies', in Briassoulis, H. and Van der Straaten, J. (Eds), *Tourism and Environment: Regional Economic and Policy Issues*, Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, pp. 57-65
- Lee, S. and Cao, C. (2016) 'Suomi NPP VIIRS Day/Night Band Stray Light Characterization and Correction Using Calibration View Data', *Remote Sensing*, **8** (2)
- Leontidou, L. (1991) 'Greece: prospects and contradictions of tourism in the 1980s', in Williams, A., M. and Shaw, G., J. (Eds), *Tourism and Economic Development: Western European Experiences*, 2<sup>nd</sup> ed., London: Belhaven Press, pp. 94-106.
- Li, X., Xu, H., Chen, X. and Li, C. (2013) 'Potential of NPP-VIIRS Nighttime Light Imagery for Modeling the Regional Economy of China', *Remote Sensing*, **5**, pp. 3057-3081
- Liu, Q., Sutton, P. C. and Elvidge C. D. (2011) 'Relationships between Nighttime Imagery and Population Density for Hong Kong', *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, **31**, pp. 79-90
- Loukissas, P. (1982) 'Tourism's regional development impacts: a comparative analysis of the Greek islands', *Annals of Tourism Research*, **9** (4), pp. 523-543
- Manning, R. E. and Powers, L. A. (1984) 'Peak and off-peak use: redistributing the outdoor recreation/tourism load', *Journal of Travel Research*, **23** (2), pp. 25-31
- Marcantonio, M., Pareeth, S., Rocchini, D., Metz, M., Garzon-Lopez, C. X., Neteler, M. (2015) 'The integration of Artificial Night-Time Lights in landscape ecology: A remote sensing approach', *Ecological Complexity*, **22**, pp. 109–120
- Miller, S. D., Straka, W., Mills, S. P., Elvidge, C. D., Lee, T. F., Solbrig, J., Walther, A., Heidinger, A. K., Weiss, S. C. (2013) 'Illuminating the Capabilities of the Suomi National Polar-Orbiting Partnership (NPP) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band', *Remote Sensing*, **5**, pp. 6717-6766

Mills, S., Weiss, S. and Liang, C. (2013) 'VIIRS day/night band (DNB) stray light characterization and correction', in Butler, J. J., Xiong, X., Gu, X. (eds), *Earth Observing Systems XVIII*, San Diego, California, United States

OECD (1992) *Greece, Tourism Policy and International Tourism in OECD Member Countries*, Paris: OECD, pp. 70-78

Papadopoulos, S. (1989) 'Greek marketing strategies in the Europe tourism market', *The Service Industries Journal*, **9** (2), pp. 297-314

Papatheodorou, A. and Arvanitis, P. (2014) 'Tourism and the economic crisis in Greece – Regional perspectives', *Région et Développement*, **39**, pp. 183-203

SETE (2014) The Importance of Tourism for Greece

Seto, K. C, Güneralp, B. and Hutya, L. R. (2012) 'Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109** (40), pp. 16083-16088

Shi, K., Yu, B., Huang, Y., Hu, Y., Yin, B., Chen, Z., Chen, L., Wu, J. (2014a) 'Evaluating the Ability of NPP-VIIRS Nighttime Light Data to Estimate the Gross Domestic Product and the Electric Power Consumption of China at Multiple Scales: A Comparison with DMSP-OLS Data', *Remote Sensing*, **6**, pp. 1705-1724

Shi, K., Huang, C., Yu, B., Yin, B., Huang, Y., Wu, J. (2014b) 'Evaluation of NPP VIIRS night-time light composite data for extracting built-up urban areas', *Remote Sensing Letters*, **5** (4), pp. 358-366

Sutcliffe, C.-M.-S. and Sinclair, M. T. (1980) 'The measurement of seasonality within the tourist industry: an application to tourist arrivals in Spain', *Applied Economics*, **12**, pp. 429-441

Sutton, P, Roberts, D., Elvidge, C. and Baugh, K. (2001) 'Census from Heaven: An estimate of the global human population using night-time satellite imagery', *International Journal of Remote Sensing*, **22** (16), pp. 3061-3076

Tobler, W. (1969) 'Satellite confirmation of settlement size coefficient', *Area*, **1** (3), pp. 30-34

United Nations World Tourism Organization [UNWTO] (2013) Tourism Highlights, Madrid: UNWTO

Wang, W. and Cao, C. (2016) 'Monitoring the NOAA Operational VIIRS RSB and DNB Calibration Stability Using Monthly and Semi-Monthly Deep Convective Clouds Time Series', *Remote Sensing*, **8** (1)

Xiong, X., Butler, J., Chiang, K., Efremova, B., Fulbright, J., Lei, N., McIntire, J., Oudrari, H., Wang, Z., Wu, A. (2016) 'Assessment of S-NPP VIIRS On-Orbit Radiometric Calibration and Performance', *Remote Sensing*, **8** (2)

Zacharatos, G. (1988) 'The simplistic empiricism: tourism policy and the time of crisis (1992)', *Synchrona Themata*, **11**, May, pp. 21-26. (In Greek)

Zacharatos, G. (1989) 'The problems and perspectives of tourism in Greece', in Katsoulis, H., Giannitsis, T. and Kazakos, P. (Eds), *Politics and Society, Economy and Foreign Relationships*. Athens: Papazisis, pp. 273-289 (In Greek)

#### ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Ανοιχτά γεωχωρικά δεδομένα και υπηρεσίες (GEODATA) Διαθέσιμο στο: <http://geodata.gov.gr/> [Τελευταία πρόσβαση: 27/08/2016]

Ελληνική Στατιστική Αρχή, Διαθέσιμο στο: <http://www.statistics.gr/> [Τελευταία πρόσβαση 11/07/2016]



National Centers For Environmental Information, VIIRS DNB Cloud Free Composites,  
Available at: [https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download\\_monthly.html](https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_monthly.html) [Last  
access 23/12/2016]