



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ : Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και
Εφαρμοσμένων Οικονομικών**

ΤΜΗΜΑ : Γεωγραφίας

Χωρική Κατανομή Ηλιοφάνειας στον Ελλαδικό Χώρο

**Με Βάση Τα Δεδομένα Του Δικτύου Των Μετεωρολογικών Σταθμών Της
ΕΜΥ.**

Πτυχιακή εργασία

Κασσάρα Σπυριδούλα



Αθήνα, 2018



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ : Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και
Εφαρμοσμένων Οικονομικών**

ΤΜΗΜΑ : Γεωγραφίας

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Κατσαφάδος Πέτρος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Καλογήρου Σταμάτης

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Καρύμπαλης Ευθύμιος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Κασσάρα Σπυριδούλα

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Πέτρο Κατσαφάδο, για την ανάθεση και την επίβλεψη της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Η καθοδήγηση και η υποστήριξή του αποτέλεσαν απαραίτητα συστατικά για την ορθή εκπόνησή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για τα απαραίτητα στοιχεία που μου δόθηκαν για την υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας και ιδιαίτερα τον κ. Παναγιώτη Σκριμιζέα για την στήριξη και πολύτιμη βοήθειά του. Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την ενθάρρυνση και την στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	7
Abstract	8
Κατάλογος Πινάκων.....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Χαρτών.....	10
Κεφ.1. Εισαγωγή.....	12
Κεφ.2. Ηλιοφάνεια.....	15
2.1 Ορισμός και μέτρηση.....	15
2.1.1 Ώρα ηλιοφάνειας.....	16
2.1.2 Διάρκεια της ημέρας.....	16
2.1.3 Γεωγραφική κατανομή.....	17
2.2 Απόκλιση Ηλίου.....	19
2.2.1 Απόκλιση Ηλίου για τον ημερήσιο ηλιακό κύκλο.....	20
2.3 Αζιμούθια γωνία.....	22
2.4 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.....	23
2.4.1 Γενικά για τα ΣΓΠ.....	23
2.5 ArcGIS.....	23
2.5.1 Μέθοδοι παρεμβολής σε ArcGIS Spatial Analyst.....	24
2.6 Χαρτογραφική απόδοση.....	28
2.6.1 Γενικά.....	28
2.6.2 Τα στοιχεία ενός χάρτη.....	29
2.6.3 Ο ψηφιακός χάρτης.....	29
Κεφ. 3. Μεθοδολογία.....	31
3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία EMY (1981 - 2000).....	31
3.2 Δημιουργία feature class με τα απαιτούμενα δεδομένα για κάθε σταθμό....	35
3.3 Παλινδρόμηση.....	38

3.3.1 Εκτέλεση γραμμικής παλινδρόμησης.....	42
3.4 Εφαρμογή της σχέσης στο χώρο.....	50
Κεφ. 4.Αποτελέσματα.....	53
4.1 Σύγκριση αρχικών χαρτών με τους τελικούς χάρτες.....	53
4.2 Απεικόνιση αποτελεσμάτων.....	57
4.2.1 Απεικόνιση αποτελεσμάτων σε ετήσια βάση.....	57
4.2.2 Απεικόνιση αποτελεσμάτων ανά εποχή.....	61
Κεφ. 5. Συμπεράσματα.....	75
Κεφ. 6. Βιβλιογραφία.....	78
6.1 Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία.....	78
6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	78
6.3 Βιβλιογραφία διαδικτύο.....	80

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία χαρτών και η χαρτογράφηση της κατανομής της ηλιοφάνειας στον ελλαδικό χώρο και η ανάλυση των αποτελεσμάτων ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνται από παρατηρήσεις 20 ετών (1981 - 2000) σε 44 μετεωρολογικούς σταθμούς ανά την Ελλάδα. Αφορούν διάφορες μεταβλητές που προσδιορίζουν την ηλιοφάνεια μιας περιοχής. Η δημιουργία των κλιματικών χαρτών που περιλαμβάνονται έγινε με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα του λογισμικού πακέτου ArcGIS. Στο περιβάλλον ArcMap έγινε η επιλογή της κατάλληλης χαρτογραφικής απόδοσης.

Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έγινε μελέτη της συσχέτισης μεταξύ γεωφυσικών παραμέτρων (υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμός και γεωγραφικό πλάτος) που αντιστοιχούν στο γεωγραφικό σημείο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα κατάλληλα μετεωρολογικά δεδομένα όπου έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία προέκυψαν ετήσιοι και εποχιακοί χάρτες ηλιοφάνειας. Τα παραγόμενα δημιουργήθηκαν σε χαρτί A3 και σε κλίμακα 1:3.000.000, στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλιοφάνεια, ΣΓΠ, αλινδρόμηση, κλίση, υψόμετρο, προσανατολισμός

Abstract

The aim of this paper is to create maps and map the distribution of sunshine in Greece and to analyze the results in order to draw conclusions about the solar potential of Greece. The data used consists of observations of 20 years (1981-2000) in 44 meteorological stations across Greece. They refer to several variables that determine the sunshine of an area. The creation of the climate maps included was made using the Geographical Information Systems, in particular the ArcGIS package software. In the ArcMap environment, the appropriate cartographic performance was selected.

However, in the present study we studied the correlation between geophysical parameters (altitude, slope, aspect and latitude) corresponding to the geographical point. Appropriate meteorological data were used for this purpose, where after proper treatment, annual and seasonal sunshine were produced. The produced ones were created on paper A3 and on a scale of 1: 3,000,000 in the projection system EGSA 87.

Keywords: Sunshine, GIS, Ordinary Least Square, slope, altitude, aspect

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν.1: Στοιχεία Μετεωρολογικών Σταθμών.....	σ.32
Πίν.2 : Απόσπασμα πίνακα αποτελεσμάτων της παλινδρόμησης, όπου φαίνονται οι εκτιμώμενες τιμές της ηλιοφάνειας και γίνεται σύγκρισή τους με τις μετρημένες τιμές μέσω της απόκλισης και της τυποποιημένης απόκλισης.....	σ.42
Πίν.3 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για τη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια.....	σ.48
Πίν.4 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια....	σ.49
Πίν.5 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια.....	σ.49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.1 : Απόκλιση Ηλίου.....	σ.19
Εικ.2 : Ηλιακός χρόνος $T=0$	σ.20
Εικ.3 Ηλιακός χρόνος $T=12$	σ.21
Εικ.4 : Ηλιακός χρόνος T για μία τυχαία στιγμή.....	σ.21
Εικ.5 : Αζιμούθια γωνία.....	σ.22
Εικ.6 : Μέθοδος παρεμβολής IDW.....	σ.24
Εικ.7 : Μέθοδος παρεμβολής Kriking.....	σ.25
Εικ.8 : Μέθοδος παρεμβολής Natural Neighbor.....	σ.25
Εικ.9 : Μέθοδος παρεμβολής Splin.....	σ.26
Εικ.10 : Διάγραμμα παρεμβολής.....	σ.27
Εικ.11 : Πολυώνυμο παρεμβολής.....	σ.27
Εικ.12 : Διάγραμμα μέσης μηνιαίας και ετήσιας ηλιοφάνειας και πίνακας μηνιαίων τιμών....	σ.34

Εικ.13 : Διάγραμμα μέσης μηνιαίας και ετήσιας ηλιοφάνειας και πίνακας μηνιαίων τιμών....	σ.35
Εικ.14 : Το πλαίσιο της εντολής Project στο ArcGIS.....	σ.36
Εικ.15 : Τα πλαίσια των εντολών Aspect και slope με τις οποίες δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα αρχεία εικόνων.....	σ.37
Εικ.16 : Απόσπασμα των κυκλικών τομέων 45 μοιρών σε Ανατολή – Δύση για την εύρεση των μέγιστων υψομέτρων.....	σ.38
Εικ.17 : Κριτήριο κανονικότητας μέσης ετήσιας ηλιοφάνειας.....	σ.41
Εικ.18 :Το πλαίσιο της εντολής Ordinary Least Square στο ArcGIS.....	σ.42
Εικ.19 : Συντελεστής εξίσωσης της παλινδρόμησης και στατιστικά στοιχεία.....	σ.44
Εικ.20 : Διαγνωστικά στοιχεία και συντελεστές αξιολόγησης.....	σ.45
Εικ.21 : Παραγόμενα διαγράμματα και ιστόγραμμα διασποράς για κάθε παλινδρόμησης.....	σ.46
Εικ.22 : Ιστόγραμμα τυποποιημένων αποκλίσεων.....	σ.47
Εικ.23 : Διάγραμμα διασποράς τυποποιημένων αποκλίσεων.....	σ.47
Εικ.24 : Απόσπασμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους που χρησιμοποιήθηκε.....	σ.51
Εικ.25 : Το πλαίσιο της εντολής Raster calculator στο ArcGIS.....	σ.52

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1 : Μετεωρολογικός χάρτης.....	σ.31
Χάρτης 2 :Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση – διαφορετικά κατώφλια.....	σ.53
Χάρτης 3 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση – ενιαία κατώφλια.....	σ.54
Χάρτης 4 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι – διαφορετικά κατώφλια.....	σ.55
Χάρτης 5 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι – ενιαία κατώφλια.....	σ.56
Χάρτης 6 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση.....	σ.58

Χάρτης 7 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση.....	σ.59
Χάρτης 8 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση.....	σ.60
Χάρτης 9 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα.....	σ.62
Χάρτης 10: Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα.....	σ.63
Χάρτης 11 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα.....	σ.64
Χάρτης 12 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη.....	σ.65
Χάρτης 13 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη.....	σ.66
Χάρτης 14 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη.....	σ.67
Χάρτης 15 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι.....	σ.68
Χάρτης 16 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι.....	σ.69
Χάρτης 17 :Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι.....	σ.70
Χάρτης 18 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο.....	σ.71
Χάρτης 19 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο.....	σ.72
Χάρτης 20 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο.....	σ.73

ΚΕΦ. 1: Εισαγωγή

Στον τωρινό και ταχεία εξελισσόμενο τεχνολογικά κόσμο, ο ήλιος είναι η σταθερά πηγή ενέργειας έχοντας ως μόνα εμπόδια τη νεφοκάλυψη και τα έντονα ανάγλυφα της επιφάνειας της Γης. Για την εκτίμησή της ηλιοφάνειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από δορυφόρους (μετεωρολογικά, γεωφυσικά), από μετεωρολογικούς σταθμούς και από τοπικές μετρήσεις. Επίσης κατασκευάζονται μοντέλα υπολογισμού της, γίνονται παλινδρομήσεις βάσει των μετρήσεων ή και χρησιμοποιούνται διάφορα προγράμματα, που μπορούν να διευκολύνουν την εκτίμηση της ηλιοφάνειας, όπως τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).

Παρόμοιες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί παγκοσμίως και έχουν αναπτυχθεί διάφορων ειδών μοντέλα με σκοπό την εκτίμηση της ηλιοφάνειας. Στα Great Plains των ΗΠΑ ο Tarpley (1976) χρησιμοποίησε μετρήσεις από πυρανόμετρα, νεφοκάλυψη, είδος νεφών και ποσοστό νερού στην ατμόσφαιρα από μετεωρολογικούς δορυφόρους. Σε μερικές πιο σύγχρονες μελέτες, εκτίμησης, κατασκευάστηκαν μοντέλα για τον υπολογισμό της τα οποία δεν λαμβάνουν υπόψη την νεφοκάλυψη, όπως των Allen et al. (2006) στις ΗΠΑ, των Kumar et al. (2001) στη Νέα Ζηλανδία και των Donatelli et al. (2006) με λογισμικό GSRad στην Ιταλία, όπου αναπτύχθηκαν μοντέλα ή και αλγόριθμοι για τον υπολογισμό της ηλιοφάνειας στη Γη και με βάση τη διαπερατότητα της ατμόσφαιρας. Από τους Suri and Horficka (2004) έχει αναπτυχθεί το μοντέλο r.sun το οποίο μπορεί να κάνει μετρήσεις για την κεντρική και ανατολική Ευρώπη με βάση το ανάγλυφο. Αντίστοιχα οι Rich and Dubayan (1995) έχουν αναπτύξει το μοντέλο ATM (Atmospheric and Topographic Model) και το SOLARFLUX (βασισμένο σε ΣΓΠ) τα οποία μπορούν να υπολογίσουν την ηλιοφάνεια βάση της ατμόσφαιρας, τη νεφοκάλυψη, το ανάγλυφο αλλά και τις σκιάσεις του αναγλύφου. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε μια πιο ευρεία κλίμακα υπολογισμού είναι των Tobiska et al. (2000), όπου κατασκευάστηκε το μοντέλο SOLAR2000 για την εκτίμηση της ηλιοφάνειας στη Γη αλλά και σε άλλους πλανήτες πέρα από την Γη, και ο βασικός του σκοπός είναι η κατανόηση του πως ο ήλιος διαφέρει φασματικά με τη πάροδο του χρόνου και από τις ακτίνες X μέχρι τα υπέρυθρα μήκη κύματος. Σε μια ακόμα πιο πρόσφατη μελέτη Mellit and Pavan (2010) στην Ιταλία, έγινε εκτίμηση της ηλιοφάνειας με την κατασκευή ενός μοντέλου που χρησιμοποιεί τεχνητό νευρωνικό (artificial neural network), όπου λαμβάνονται υπόψη πολλές ατμοσφαιρικές μεταβλητές αλλά μόνο το γεωγραφικό πλάτος από γεωγραφικές μεταβλητές. Το μοντέλο που κατασκεύασαν πραγματοποιεί και υπολογισμούς για την προβλεπόμενη ηλιοφάνεια συνδυαστικά με την εκτιμώμενη. Ο Marquez και Coimbra (2011)

παρομοίως με τους Mellit και Pavan (2010) κατασκεύασαν ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί τεχνητό νευρωτικό δίκτυο, στο οποίο εισάγονται εκτιμώμενες μετεωρολογικές μεταβλητές, υπολογισμένες από την Εθνική Υπηρεσία Καιρού των ΗΠΑ, και με την βοήθεια υπολογισμών μέσω των σφαλμάτων πραγματοποιείται μία πιο ρεαλιστική εκτίμηση της ηλιοφάνειας. Στην Ελλάδα, οι πρώτες μετεωρολογικές παρατηρήσεις γίνονται από το Αστεροσκοπείο Αθηνών το 1839 ενώ το 1890 αρχίζει να λειτουργεί ένα μικρό δίκτυο 7 μετεωρολογικών σταθμών στη χώρα. Η Μετεωρολογική Υπηρεσία της Ελλάδας ιδρύθηκε αργότερα το 1931 όπου πλέον έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί ένα δίκτυο σταθμών σε ολόκληρη την χώρα. Λειτουργεί 8 αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς, 3 σταθμούς ανώτερης ατμόσφαιρας δίκτυο radar ενώ χρησιμοποιεί και το δορυφορικό σύστημα PROTEAS όπου παρέχει μετρήσεις καθ' ύψος σε μια ευρύτερη περιοχή της χώρας.

Στην παρούσα εργασία εκτιμάται η κατανομή της ηλιοφάνειας στον Ελλαδικό χώρο με βάση το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας της Ελλάδας, χρησιμοποιώντας δεδομένα από το δορυφορικό σύστημα PROTEAS, με τη χρήση σχετικής μεθοδολογίας αλλά και εργαλείων του προγράμματος ArcGIS (ESRI) που διευκολύνουν τον υπολογισμό αλλά και την ταχύτητά του μέσω του ArcMap όπου και δημιουργούνται χάρτες εκτίμησης της ηλιοφάνειας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνται από παρατηρήσεις 20 ετών σε 44 μετεωρολογικούς σταθμούς ανά την Ελλάδα. Αφορούν διάφορες μεταβλητές που προσδιορίζουν την ηλιοφάνεια μιας περιοχής. Η δημιουργία των κλιματικών χαρτών που περιλαμβάνονται έγινε με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα του λογισμικού πακέτου ArcGIS. Στο περιβάλλον ArcMap έγινε η επιλογή της κατάλληλης χαρτογραφικής απόδοσης. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έγινε μελέτη της συσχέτισης μεταξύ γεωφυσικών παραμέτρων (υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμός και γεωγραφικό πλάτος) που αντιστοιχούν στο γεωγραφικό σημείο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα κατάλληλα μετεωρολογικά δεδομένα όπου έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία προέκυψαν χάρτες ωρών ηλιοφάνειας καθώς και διαγράμματα της εν λόγω συσχέτισης.

Συνεπώς, στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία χαρτών και η χαρτογράφηση της κατανομής της ηλιοφάνειας στον ελλαδικό χώρο και η ανάλυση των αποτελεσμάτων ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναλύεται η εκτίμηση της ηλιοφάνειας, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τα αποτελέσματα και ο σχολιασμός τους και τέλος τα συμπεράσματα της εργασίας.

ΚΕΦ. 2: Ηλιοφάνεια

Στο κεφάλαιο αυτό, αναλύεται ο ορισμός της ηλιοφάνειας, ώρες ηλιοφάνειας καθώς και η απόκλιση του ηλίου, το αζιμούθιο και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών με βάση των οποίων έγινε η χαρτογράφηση.

2.1. Ορισμός και Μέτρηση

Λαμβάνοντας υπόψη τη θεωρητική μέγιστη διάρκεια της ημέρας για μια δεδομένη τοποθεσία, υπάρχει επίσης μια πρακτική εξέταση σημείο στο οποίο η ποσότητα του φωτός της ημέρας είναι επαρκής για να αντιμετωπίζεται ως «ηλιοφάνεια ώρα». "Bright" ώρες ηλιοφάνειας αντιπροσωπεύουν τις συνολικές ώρες, όταν το φως του ήλιου είναι ισχυρότερη από ό, τι ένα συγκεκριμένο όριο, σε αντίθεση με μόνο "ορατό" ώρες. Σύμφωνα με το Αυστραλιανό γραφείο Μετεωρολογίας (BMO) "Ορατό" ήλιο, για παράδειγμα, συμβαίνει γύρω από την ανατολή και δύση του ηλίου, αλλά δεν είναι αρκετά ισχυρή για να διεγείρει τον αισθητήρα. Η μέτρηση γίνεται από όργανα ονομάζονται καταχωρητές ηλιοφάνεια. Για το συγκεκριμένο σκοπό της καταγραφής της διάρκειας ηλιοφάνειας, Campbell-Stokes καταγραφής χρησιμοποιούνται, τα οποία χρησιμοποιούν ένα σφαιρικό γυάλινο φακό να εστιάσει τις ακτίνες του ήλιου σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ταινία. Όταν η ένταση υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο κατώφλι, οι εγκαύματα ταινία. Το συνολικό μήκος του ίχνους έγκαυμα είναι ανάλογη με τον αριθμό των φωτεινών ωρών. Ένας άλλος τύπος εγγραφής είναι η συσκευή εγγραφής ηλιοφάνεια Jordan. Νεώτερα, ηλεκτρονικές συσκευές εγγραφής έχουν πιο σταθερή ευαισθησία από εκείνη του χαρτοταινία.

Με σκοπό την εναρμόνιση των δεδομένων μετριέται σε όλο τον κόσμο, το 1962 ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) ορίζεται ένα τυποποιημένο σχεδιασμό της συσκευής Campbell-Stokes, που ονομάζεται Ενδιάμεση Αναφορά Sunshine Recorder (IRSR). Το 2003, η διάρκεια ηλιοφάνειας ήταν τελικά ορίζεται ως η περίοδος κατά την οποία άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας υπερβαίνει το όριο των $120 \text{ W} / \text{m}^2$, WMO (2004).

2.1.1. Ώρα Ηλιοφάνειας

Διάρκεια ηλιοφάνειας ή ώρα ηλιοφάνεια είναι κλιματολογικές δείκτη, μετρώντας διάρκεια της ηλιοφάνειας σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (συνήθως, μια μέρα ή ένα χρόνο) για μια δεδομένη τοποθεσία πάνω στη Γη, συνήθως εκφράζονται ως μέση τιμή κατά τη διάρκεια αρκετών ετών. Είναι μια γενική ένδειξη της θολότητας μιας τοποθεσίας, και ως εκ τούτου διαφέρει από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μετρά τη συνολική ενέργεια που παραδίδονται από το φως του ήλιου σε μια δεδομένη περίοδο.

Η ώρα ηλιοφάνειας εκφράζεται συνήθως σε ώρες ανά έτος, ή (κατά μέσο όρο) ώρες την ημέρα. Το πρώτο μέτρο δείχνει την γενική ευήλιο μιας τοποθεσίας σε σύγκριση με άλλα μέρη, ενώ η δεύτερη επιτρέπει τη σύγκριση της ηλιοφάνειας σε διάφορες εποχές στην ίδια θέση. Ένας άλλος συχνά χρησιμοποιούμενο μέτρο είναι το ποσοστό αναλογίας καταγράφονται φωτεινό ηλιοφάνεια και τη διάρκεια της ημέρας στην παρατηρούμενη περίοδο.

Μια σημαντική χρήση των δεδομένων διάρκειας ηλιοφάνειας είναι να χαρακτηρίζουν το κλίμα των περιοχών, ιδιαίτερα των θερέτρων υγείας. Αυτό λαμβάνει επίσης υπόψη την ψυχολογική επίδραση του ισχυρού ηλιακού φωτός για την ανθρώπινη ευημερία. Είναι συχνά χρησιμοποιείται για την προώθηση των τουριστικών προορισμών.

2.1.2 Διάρκεια της ημέρας

Αν ο Ήλιος ήταν να είναι πάνω από τον ορίζοντα του 50% του χρόνου για ένα πρότυπο έτος που αποτελείται από 8.760 ώρες, εμφανής η μέγιστη διάρκεια της ημέρας θα είναι 4.380 ώρες για κάθε σημείο της Γης. Ωστόσο, υπάρχουν φυσικά και αστρονομικά αποτελέσματα που αλλάζουν αυτήν την εικόνα. Δηλαδή, ατμοσφαιρική διάθλαση επιτρέπει ο Ήλιος να είναι ακόμα ορατό ακόμα και όταν θέτει φυσικά κάτω από τον ορίζοντα. Για το λόγο αυτό, η μέση διάρκεια της ημέρας (αγνοώντας αποτελέσματα cloud) είναι η μεγαλύτερη στις πολικές περιοχές, όπου η φαινομενική Sun ξοδεύει τον περισσότερο χρόνο γύρω από τον ορίζοντα. Μέρη στο Αρκτικό Κύκλο έχουν τη μεγαλύτερη συνολική ετήσια διάρκεια της ημέρας, 4.647 ώρες, ενώ το Βόρειο Πόλο λαμβάνει 4575. Λόγω της ελλειπτικής φύσης της τροχιάς της Γης, το νότιο ημισφαίριο

δεν είναι συμμετρική: η Ανταρκτική Circle , με 4.530 ώρες της ημέρας, λαμβάνει πέντε ημέρες κάτω από τον ήλιο από τα αντίποδες . Ο Ισημερινός έχει συνολική διάρκεια της ημέρας των 4.422 ώρες ετησίως, WMO (2004).

2.1.3 Γεωγραφική Κατανομή

Η διάρκεια ηλιοφάνειας ακολουθεί μια γενική γεωγραφική κατανομή: ξηρές περιοχές στα υποτροπικά γεωγραφικά πλάτη (περίπου 25 ° έως 40 ° Βορρά / Νότου) έχουν τις υψηλότερες τιμές ηλιοφάνειας, γιατί αυτά είναι τα σημεία των ανατολικών πλευρών των υποτροπικών συστημάτων υψηλής πίεσης , που συνδέονται με το μεγάλης κλίμακας κάθοδος του αέρα από το τροπόπαυση ανώτερου επιπέδου. Πολλά από τα ξηρότερο κλίμα στον κόσμο βρίσκονται δίπλα στις ανατολικές πλευρές των υποτροπικά υψηλά, οι οποίες φέρνουν πολύ υψηλή ατμοσφαιρική σταθερότητα, λίγη ανατροπή συναγωγής, και πολύ χαμηλή υγρασία και σύννεφο κάλυμμα. Περιοχές της ερήμου, με σχεδόν σταθερή υψηλή πίεση ψηλά και σπάνια συμπύκνωση, όπως τη Βόρεια Αφρική , η Νοτιοδυτική Ηνωμένες Πολιτείες , Δυτική Αυστραλία , και την Μέση Ανατολή παραδείγματα -είναι του ζεστού, ηλιόλουστη, ξηρά κλίματα όπου οι τιμές διάρκεια ηλιοφάνειας είναι πολύ υψηλές. Ο ουρανός είναι σαφές σε αυτές τις περιοχές, και ο καιρός είναι καλός είναι σχεδόν αέναη. Η φθίνουσα υποκατάστημα του κυττάρου Hadley και τη μακροπρόθεσμη έλλειψη ατμοσφαιρικές διαταραχές βοηθά να εξηγήσει τη φαινομενικά ατελείωτη προσφορά των ηλιόλουστο, χωρίς σύννεφα ημέρες στις ερήμους. Οι συνθήκες χαμηλής θόλωσης συνήθως σχετίζεται με έλλειψη βροχοπτώσεων, όπως φαίνεται σε αυτές τις ξηρές περιοχές.

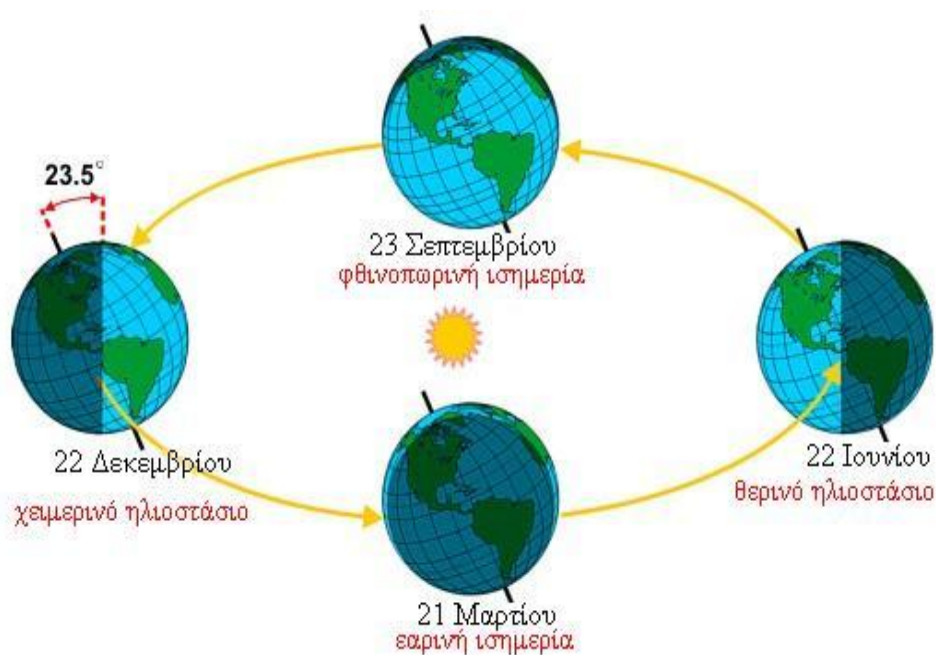
Οι δύο μεγάλες περιοχές, σύμφωνα με το NOAA (2004), με την υψηλότερη διάρκεια ηλιοφάνειας, μετριέται ως ετήσιος μέσος όρος, είναι η κεντρική και η ανατολική έρημο Σαχάρα -όπου υπάρχει έρημος κυρίως σε χώρες όπως η Αίγυπτος , το Σουδάν , τη Λιβύη , το Τσαντ και το Νίγηρα -και τη Νοτιοδυτική Ηνωμένες Πολιτείες (Αριζόνα , Καλιφόρνια , Νεβάδα). Η πόλη υποστηρίζοντας τον επίσημο τίτλο της πιο ηλιόλουστο στον κόσμο είναι Yuma, Αριζόνα , με πάνω από 4.000 ώρες (περίπου 91% του χρόνου της ημέρας) ηλιοφάνειας ετησίως αλλά πολλές κλιματολογικές βιβλία προτείνουν μπορεί να υπάρξει πιο ηλιόλουστες περιοχές στη Βόρεια Αφρική στη ζώνη που περιλαμβάνει βόρειο Τσαντ και τις Τιμπέστι βουνά , το Βόρειο Σουδάν, νότια της Λιβύης, και την άνω Αίγυπτο , ετήσια διάρκεια ηλιοφάνειας εκτιμάται πάνω από 4.000

ώρες. Υπάρχει επίσης ένα μικρότερο, απομονωμένη περιοχή της μέγιστης ηλιοφάνειας στην καρδιά του δυτικού τμήματος της ερήμου Σαχάρας γύρω από το Eglab Massif και την Erg Chech , κατά μήκος των συνόρων της Αλγερίας , τη Μαυριτανία και το Μάλι όπου γίνεται υπέρβαση των 4.000 ωρών. Ορισμένα μέρη στο εσωτερικό της Αραβικής Χερσονήσου λαμβάνουν 3,600-3,800 ώρες ηλιοφάνειας ετησίως. Η περιοχή με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στον κόσμο (πάνω από 3.000 ώρες ετησίως ηλιοφάνεια) είναι η Βόρεια Αφρική. Ο πιο ηλιόλουστος μήνας στον κόσμο είναι ο Δεκέμβριος στην Ανατολική Ανταρκτική, με σχεδόν 23 ώρες λαμπερό ήλιο καθημερινά.

Αντίθετα, υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη (πάνω από 50 ° βόρεια / νότια) βρίσκεται σε θυελλώδεις δυτικοί έχουν πολύ θολά και πιο ασταθείς καιρικές συνθήκες, και συχνά έχουν τις χαμηλότερες τιμές της διάρκειας ηλιοφάνειας ετησίως. Με βάση τον Godar et al. (2009), εύκρατο ωκεάνιο κλίμα, όπως αυτές στην βορειοδυτική Ευρώπη , στη δυτική ακτή του Καναδά , και τις περιοχές της Νέας Ζηλανδίας, Νότιο Νησί έχουν για παράδειγμα είναι δροσερά, με συννεφιά, και υγρά κλίματα όπου οι τιμές διάρκειας ηλιοφάνειας είναι πολύ χαμηλές. Οι περιοχές με τη χαμηλότερη ηλιοφάνεια βρίσκονται σε ετήσια βάση κυρίως πάνω από τις πολικές ωκεανούς, καθώς και τμήματα της βόρειας Ευρώπης, νότια Αλάσκα, βόρεια Ρωσία, και οι περιοχές κοντά στην θάλασσα του Okhotsk . Η νέφωση η χώρα στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι Cold Bay, Αλάσκα , με μέσο όρο 304 ημέρες από βαριά συννεφιά (που καλύπτουν πάνω από τα 3/4 του ουρανού), με βάση το WMO (2008). Εκτός από αυτές τις πολικές ωκεάνια κλίματα, ορισμένες λεκάνες χαμηλό γεωγραφικό πλάτος που περικλείεται από βουνά, όπως το Σιτσουάν και Ταϊπέι Λεκάνες , μπορεί να έχει διάρκεια ηλιοφάνειας τόσο χαμηλά όσο 1.000 ώρες ετησίως, καθώς ο κρύος αέρας βυθίζεται σταθερά για να σχηματίσουν ομίχλες που άνεμοι δεν μπορεί να διαλύσει. Οι Chengdu και Chongqing , με μεταξύ 1.100 και 1.200 ώρες ηλιοφάνειας ανά έτος, είναι οι πιο απαισιόδοξες πόλεις στον κόσμο με πληθυσμό πάνω από 250.000, σύμφωνα με Domrös et al. .

2.2 Απόκλιση του Ηλίου

Η απόκλιση του ηλίου σχετίζεται με τη θέση του ηλίου σε σχέση με τη Γη, όπου ουσιαστικά είναι η γωνιαία απόσταση του ήλιου βόρεια (στο βόρειο ημισφαίριο) από τον ισημερινό της Γης. Η περιστροφή της Γης γύρω από τον ήλιο έχει μια κλίση, η οποία χαρακτηρίζεται από την κλίση που σχηματίζει ο ισημερινός της Γης με το επίπεδο της τροχιάς της Γης γύρω από τον ήλιο, και είναι 23,5 μοίρες.

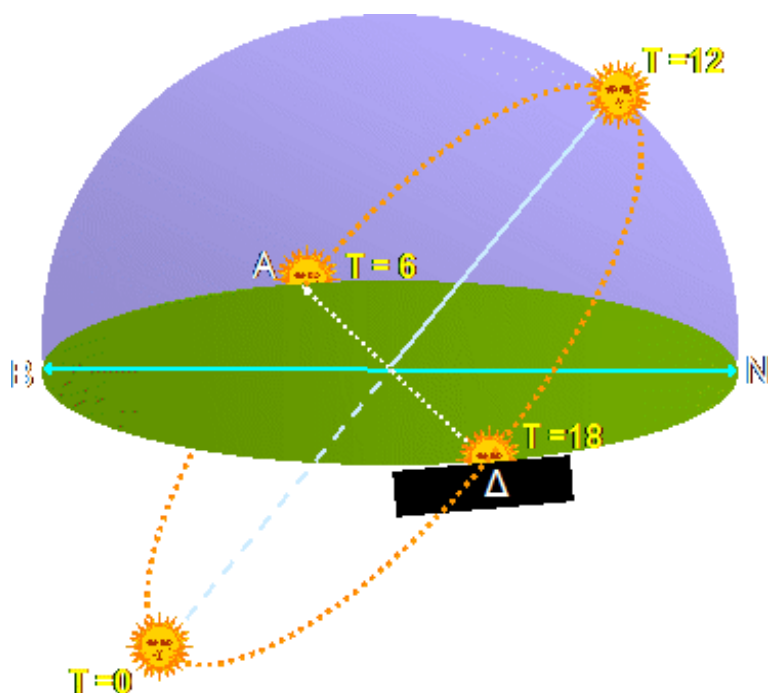


Εικόνα 1 : Απόκλιση Ηλίου

Καθώς η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο η απόκλιση κυμαίνεται από -23,45 στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο), σε 0 στις ισημερίες 22 Μαρτίου και 23 Σεπτεμβρίου, μέχρι 23,45 μοίρες στις 22 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) (solar basics, 2016).

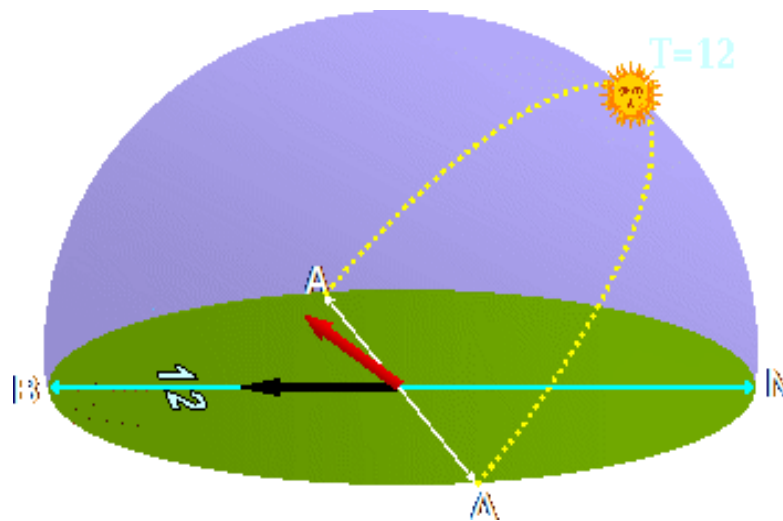
2.2.1 Απόκλιση του Ηλίου για τον ημερήσιο Ηλιακό κύκλο

Σύμφωνα με τον Γιαννάκας (2016), το ηλιακό ρολόι δείχνει τον αληθή ηλιακό χρόνο ενός τόπου. Ο αληθής ηλιακός χρόνος (T) μετράται με αρχή το μεσονύκτιο (κάτω μεσουράννηση του Ήλιου) όπου $T=0$ έτσι ώστε ο ημερήσιος κύκλος του Ήλιου να αντιστοιχεί σε 24 ίσες μεταξύ τους ηλιακές ώρες (σχήμα 2)



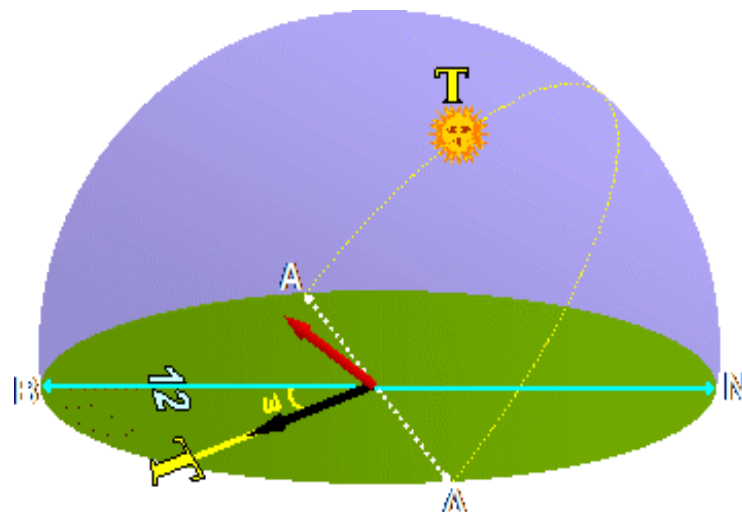
Εικόνα 2 : Ηλιακός χρόνος $T=0$

Όταν ο Ήλιος μεσουρανάει άνω (αληθής μεσημβρία) η σκιά του γνώμονα συμπίπτει με τη μεσημβρινή γραμμή και το ηλιακό ρολόι δείχνει 12 (σχήμα 3).



Εικόνα 3 : Ηλιακός χρόνος $T=12$

Για μια τυχαία θέση του Ήλιου (πάνω από τον ορίζοντα) η σκιά του γνώμονα σχηματίζει με την μεσημβρινή γραμμή μία γωνία (ω) που ονομάζεται ωρική γωνία του αληθούς ηλιακού χρόνου T (σχήμα 4)

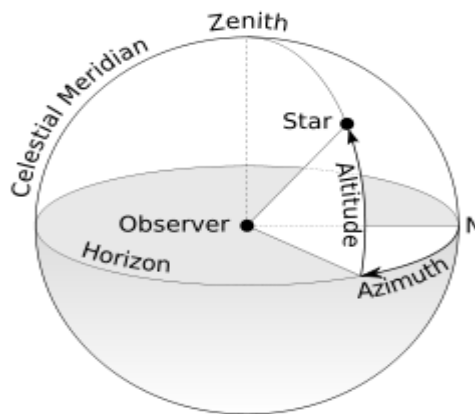


Εικόνα 4: Ηλιακός χρόνος T για μια τυχαία στιγμή

Ο υπολογισμός των γωνιών ω μας επιτρέπει να χαράξουμε τις ωρικές γραμμές της ωρολογιόπλακας και αυτό κάνει το ηλιακό ρολόι όργανο μέτρησης του αληθούς ηλιακού χρόνου.

2.3. Αζιμούθια Γωνία

Η αζιμούθια γωνία είναι σαν μια πυξίδα που δείχνει την κατεύθυνση από την οποία έρχεται το φως του ηλίου. Στο βόρειο ημισφαίριο κατά το καταμεσήμερο, ο ήλιος βρίσκεται ακριβώς στο νότο με γωνία 0° . Στις ισημερινές ο ήλιος ανατέλλει ακριβώς στην ανατολή -90° και δύει ακριβώς στη δύση (pvducation 2016).



Εικόνα 5 : Αζιμούθια γωνία

2.4. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών

2.4.1 Γενικά για τα ΣΓΠ

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographical Information System) είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, ανάλυσης, διαχείρισης και απεικόνισης πληροφοριών σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης. Στον όρο ΓΣΠ συμπεριλαμβάνεται τόσο το λογισμικό και ο μηχανικός εξοπλισμός όσο και οι διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό που το πραγματοποιούν. Κύριο χαρακτηριστικό των ΓΣΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, Κουτσόπουλος (2006).

Σύμφωνα με τον ορισμό κατά τον Burrough, τα ΓΣΠ αποτελούν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου», Burrough A. Peter (1986).

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ΓΣΠ, σε σχέση με τους απλούς χάρτες, είναι ότι η διαχείριση των δεδομένων είναι ανεξάρτητη από την αναπαράστασή τους, δηλαδή τα ίδια δεδομένα μπορούν διαχειριστούν και να αναπαρασταθούν με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Παράλληλα, η χρήση υπολογιστών παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης και ανάλυσης μεγάλων ποσοτήτων χωρικών δεδομένων γρήγορα, εύκολα και με μεγάλη ακρίβεια.

2.5. ArcGIS

Το λογισμικό πακέτο ArcGIS σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από την εταιρία ERSI ώστε να παρέχει τη δυνατότητα παραγωγής ποικίλων θεματικών χαρτών καθώς και την εφαρμογή GIS μέσω μιας ενιαίας πλατφόρμας εισαγωγής, επεξεργασίας, ανάλυσης, συντήρησης και διάχυσης των γεωγραφικών δεδομένων.

Το ArcGIS αποτελείται από τρεις βασικές εφαρμογές το ArcMap, το ArcToolbox και το ArcCatalog. Το ArcMap είναι ουσιαστικά ένα desktop GIS πακέτο μέσω του οποίου μπορούν να δημιουργηθούν χάρτες από επίπεδα χωρικής πληροφορίας, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να επιλεγούν χωρικά και μη χωρικά στοιχεία μέσα από αναζητήσεις. Επίσης, μπορούν να

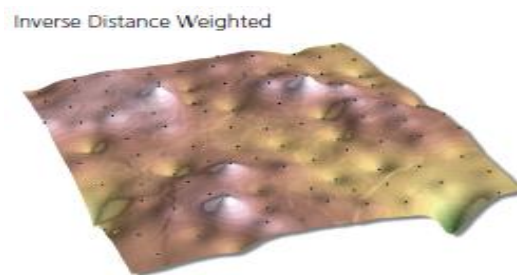
δημιουργηθούν διαφορετικές απεικονίσεις ενός χάρτη, επιλέγοντας την εκάστοτε κατάλληλη χαρτογραφική απόδοση.

Το ArcToolbox περιέχει διάφορα εργαλεία χωρικής ανάλυσης όπως εργαλεία γεωεπεξεργασίας, μετατροπής δεδομένων, διαχείρισης χαρτογραφικών φύλλων, αλληλεπίθεση επιπέδων κλπ. ενώ το ArcCatalog είναι μια εφαρμογή διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων, Κουτσόπουλος (2005).

2.5.1 Μέθοδοι Παρεμβολής σε ArcGIS Spatial Analyst

IDW

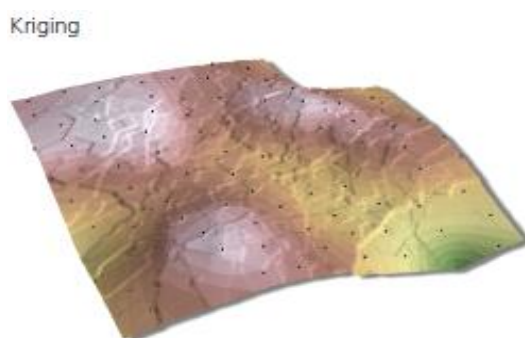
Η IDW (Αντίστροφη Σταθμισμένη Απόσταση) είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιεί μια μέθοδο παρεμβολής όπου υπολογίζει τις τιμές των κελιών από το μέσο όρο των τιμών των σημείων δεδομένων του δείγματος στη γειτονιά του κάθε κυττάρου επεξεργασίας. Όσο πιο κοντά ένα σημείο είναι στο κέντρο του κυττάρου που εκτιμάται, η μεγαλύτερη επιρροή, ή το βάρος, έχει στη διαδικασία μέσης τιμής (σχήμα 6).



Εικόνα 6 : IDW

Kriging

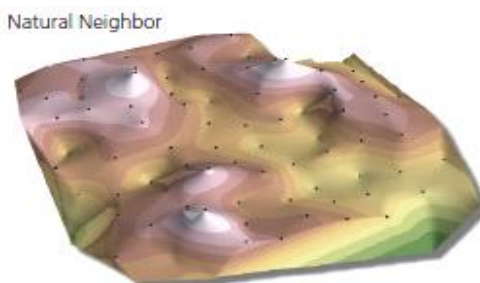
Kriging είναι μια προηγμένη γεωστατιστική διαδικασία που παράγει κατ'εκτίμηση επιφάνεια από διάσπαρτα σύνολα σημείων με z-τιμές. Περισσότερο από ό, τι άλλες μεθόδους παρεμβολής, μια διεξοδική διερεύνηση της χωρικής συμπεριφοράς του φαινομένου που αντιπροσωπεύεται από τα z-τιμές θα πρέπει να γίνει πριν επιλέξουμε την καλύτερη μέθοδο εκτίμησης για τη δημιουργία της επιφάνειας εξόδου (σχήμα 7).



Εικόνα 7 : Kriking

Natural neighbor

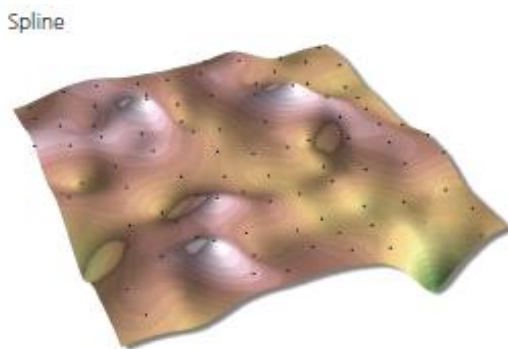
Η συγκεκριμένη παρεμβολή βρίσκει το κοντινότερο υποσύνολο των δειγμάτων εισόδου σε ένα σημείο επερώτησης και εφαρμόζει τα βάρη τους με βάση την αναλογική περιοχή για να παρεμβάλει μια τιμή (Sibson, 1981). Είναι επίσης γνωστή ως Sibson ή «area-stealing» παρεμβολή (σχήμα 8).



Εικόνα 8 : Natural Neighbor

Spline

Η Spline είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιεί μια μέθοδο παρεμβολής που υπολογίζει τιμές χρησιμοποιώντας μια μαθηματική συνάρτηση που ελαχιστοποιεί τη συνολική επιφάνεια καμπυλότητα, με αποτέλεσμα μια λεία επιφάνεια που περνά ακριβώς από τα σημεία εισόδου (σχήμα 9).

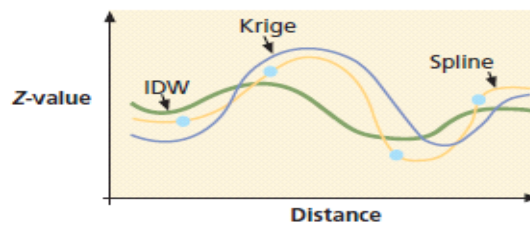


Εικόνα 9 : Splin

Topo to Raster

Οι Topo to Raster και Topo to Raster από το αρχείο είναι εργαλεία που χρησιμοποιούν μια τεχνική παρεμβολής που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να δημιουργήσουμε μια επιφάνεια που αντιπροσωπεύει περισσότερο μια φυσική αποστράγγιση της επιφάνειας και καλύτερες κορυφογραμμές και τα δίκτυα ρεύματος από τα δεδομένα περιγράμματος εισόδου (σχήμα 10).

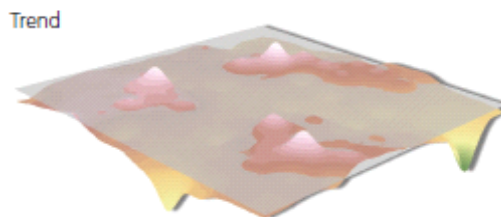
Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται βασίζεται σε εκείνη του ANUDEM, που αναπτύχθηκε από Hutchinson et al στο Εθνικό Πανεπιστήμιο της Αυστραλίας.



Εικόνα 10 : Διάγραμμα Παρεμβολής

Trend

Η Τάση είναι ένα παγκόσμιο πολυώνυμο παρεμβολής που ταιριάζει σε μια λεία επιφάνεια και ορίζεται από μια μαθηματική συνάρτηση (ένα πολυώνυμο) στα σημεία του δείγματος εισόδου. Η επιφάνεια τάση αλλάζει σταδιακά και συλλαμβάνει μεγάλα πρότυπα κλίμακας στα δεδομένα (σχήμα 11).



Εικόνα 11 : Πολυώνυμο παρεμβολής

2.6. Χαρτογραφική απόδοση

2.6.1. Γενικά

Ο χάρτης, σύμφωνα με τον Τσούλο (2004), αποτελεί το κύριο μέσο μετάδοσης της γεωγραφικής πληροφορίας. Οι χάρτες παραδοσιακά μορφώνουν το κύριο σύστημα αποθήκευσης και παρουσίασης της χωρικής πληροφορίας και αυτό γιατί ο χάρτης οριζόμενος ως η γραφική αναπαράσταση της γεωγραφίας (μορφή του χώρου, χωρικά φαινόμενα και χωρικοί αλληλοσυσχετισμοί) ενός τμήματος της επιφάνειας της γης, σε όλες τις μορφές και διαστάσεις του, παρέχει μια άμεση εποπτεία του χώρου, με ελεγμένη ακρίβεια και πληρότητα και επομένως παραμένει ένας βασικός τρόπος επικοινωνίας.

Τρία είναι τα βασικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν πριν την οριστική κατασκευή ενός χάρτη:

- Γιατί κατασκευάζεται ο χάρτης αυτός;
- Ποιος θα χρησιμοποιήσει το χάρτη;
- Πώς θα παρουσιαστεί ο χάρτης;

Σχετικά με το σκοπό του χάρτη πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε χάρτης περιέχει δύο στοιχεία της γεωγραφικής πληροφορίας, τη θέση και τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις θέσεις αυτές. Από τις δύο αυτές κατηγορίες πληροφοριών προκύπτουν σχέσεις σε όλους τους δυνατούς τοπολογικούς, ποσοτικούς και ποιοτικούς συνδυασμούς, όπως αποστάσεις, κατευθύνσεις, γειτονιά, χωρικά πρότυπα, δίκτυα, χωρικοί αλληλοσυσχετισμοί κλπ. .

Ένας χάρτης αποτελεί ένα πολύ δυνατό εργαλείο χωρικής ανάλυσης που μπορεί όμως να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό από την πληθώρα των διαφορετικών χωρικών σχέσεων και φαινομένων που παρουσιάζει η πραγματικότητα.

Όμως, δεν αρκεί μόνο να οριστεί με ακρίβεια και σαφήνεια ο σκοπός χρήσης ενός χάρτη. Η γνώση του αποδέκτη και τελικού χρήστη ενός χάρτη αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχή κατασκευή ενός χάρτη. Πάντοτε πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η δυνατότητα των υποψηφίων χρηστών να ερμηνεύουν πληροφορίες που εμπεριέχονται σε αυτόν. Οι δυνατότητες αναγνώρισης των στοιχείων ενός χάρτη εξαρτώνται από τις γνώσεις και την εμπειρία των χρηστών, η οποία όμως μπορεί να διαφοροποιείται μεταξύ διαφορετικών ομάδων χρηστών.

Για παράδειγμα, άλλη είναι η εμπειρία και η γνώση ενός τοπογράφου μηχανικού όταν εξετάζει τα στοιχεία ενός τοπογραφικού χάρτη και άλλη η γνώση ενός υπαλλήλου ή επιστήμονα άλλης ειδικότητας. Αυτό σημαίνει ότι όταν κατασκευάζουμε τοπογραφικούς χάρτες για παράδειγμα, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη σε ποιους αυτοί απευθύνονται και για ποιο σκοπό. Άλλες είναι οι τοπογραφικές πληροφορίες που εμπεριέχονται σε ένα τοπογραφικό χάρτη που απευθύνεται σε τοπικούς φορείς για πάσα χρήση και άλλες αυτές που εμπεριέχονται σε ένα χάρτη που απευθύνεται σε επιστημονικά ιδρύματα, ινστιτούτα και φορείς με ειδικευμένους γνώστες του συγκεκριμένου αντικειμένου.

2.6.2 Τα στοιχεία ενός χάρτη

Τα στοιχεία που αποτελούν τα δομικά υλικά της δημιουργίας ενός χάρτη ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Γραφικά ή γεωγραφικά (σημεία, γραμμές επιφάνειες)
- Χαρτογραφικά (κλίμακα, προβολή, σύμβολα)
- Εποπτικά (τίτλος, υπόμνημα, δείκτης προσανατολισμού).

Η μεγάλη σημασία των στοιχείων αυτών στη δημιουργία ενός επιτυχημένου χάρτη μπορεί να αποδοθεί επιγραμματικά ως εξής : «Ένας χάρτης χωρίς τα γραφικά – γεωγραφικά στοιχεία δεν μπορεί να υπάρχει, χωρίς τα χαρτογραφικά δεν αξίζει να υπάρχει και χωρίς τα εποπτικά δεν επιθυμούμε να υπάρχει».

2.6.3 Ο ψηφιακός χάρτης

Ένας ψηφιακός χάρτης θεωρείται και σαν διαδραστικός χάρτης (interactive map), γιατί δίνει την δυνατότητα στο χρήστη του χάρτη αυτού, εκτός από την παραδοσιακή εκτύπωση ενός ελκυστικού χάρτη, να θέσει ερωτήματα και να πάρει απαντήσεις. Οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να συνδέσουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα βάσεων δεδομένων με άλλα υποστηρικτικά έγγραφα. Στο ArcMap υπάρχουν δύο καταστάσεις σχετικά με τη χαρτογραφική απόδοση. Η πρώτη είναι αυτή της εμφάνισης χάρτη (Data View) και η δεύτερη αυτή της εκτύπωσης χάρτη (Layout View).

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αποτελεί το τελευταίο και σημαντικότερο στάδιο της εφαρμογής των ΓΣΠ. Στόχος της χαρτογραφικής απόδοσης είναι η ορθή

πληροφόρηση των χρηστών του με σαφήνεια και πληρότητα.

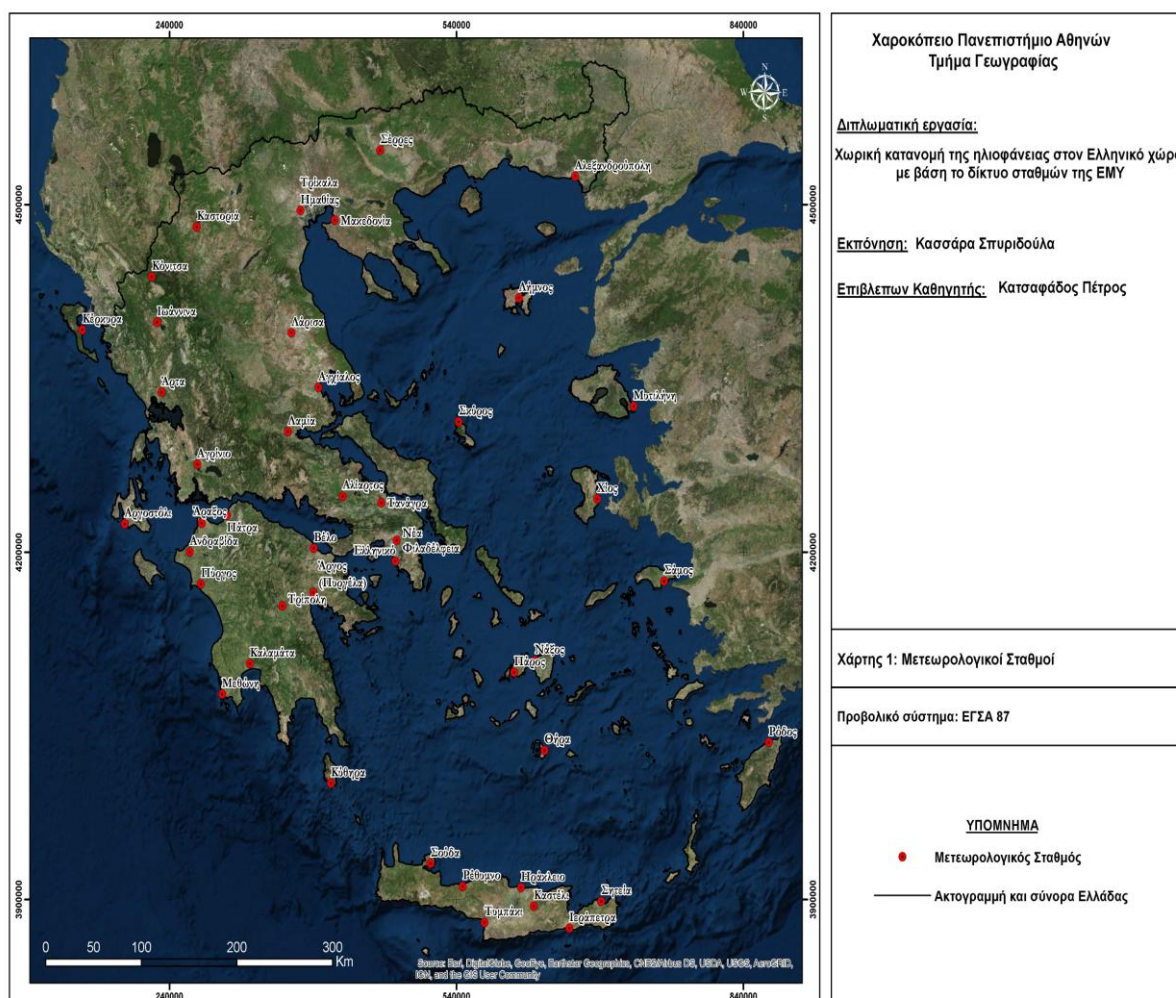
Το περιβάλλον ArcMap δίνει μία πληθώρα επιλογών απόδοσης των μετεωρολογικών δεδομένων ανά σταθμό. Στόχος ήταν η βέλτιστη επιλογή κατά περίπτωση ώστε να γίνεται άμεσα αντιληπτό το αποτέλεσμα και από άτομα μη εξοικειωμένα στην ανάγνωση χαρτών.

ΚΕΦ. 3: Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η ακολουθόμενη μεθοδολογία για την υλοποίηση των χαρτών ηλιοφάνειας. Επίσης, παρουσιάζονται και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι απαραίτητες ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν.

3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία EMY (1981 – 2000)

Στον χάρτη 1 βλέπουμε την απεικόνιση των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.



Χάρτης 1 : Μετεωρολογικοί σταθμοί

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται τα μετεωρολογικά στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας.

α/α	Όνομα σταθμού	Μήνες Χωρίς Δεδομένα (No Data)	α/α	Όνομα σταθμού	Μήνες Χωρίς Δεδομένα (No Data)
1	Αγρίνιο		15	Κεφαλονιά	
2	Αγχίαλος		16	Κέρκυρα	
3	Αλεξανδρούπολη		17	Κόνιτσα	
4	Αλίατρος		18	Κύθηρα	
5	Ανδραβίδα		19	Λαμία	
6	Άραξος	Νοέμβριος 1986	20	Λάρισα	
7	Άργος		21	Λήμνος	
8	Άρτα		22	Μεθώνη	
9	Βέλο		23	Μίκρα	Οκτώβρης 1992 και Νοέμβρης 1996
10	Ιεράπετρα		24	Μυτηλίνη	
11	Ιωάννινα		25	Ν. Φιλαδέλφια	
12	Καλαμάτα	Αύγουστος 1992	26	Νάξος	
13	Καστέλι		27	Πάρος	
14	Καστοριά		28	Πάτρα	

α/α	Όνομα σταθμού	Μήνες Χωρίς Δεδομένα (No Data)
29	Πύργος	
30	Ρέθυμνο	Αύγουστος 1981
31	Ρόδος	
32	Σάμος	
33	Σαντορίνη	
34	Σέρρες	
35	Σητεία	Ιούλιος 1988
36	Σκύρος	
37	Σούδα	
38	Τανάγρα	
39	Τρίκαλα	
40	Τρίπολη	
41	Τυμπάκι	
42	Χίος	Μάιος 1992, Ιούνιος 1992, Ιούλιος 1992, Αύγουστος 1992
43	Ελληνικό	Ιούνιος 1979
44	Ηράκλειο	

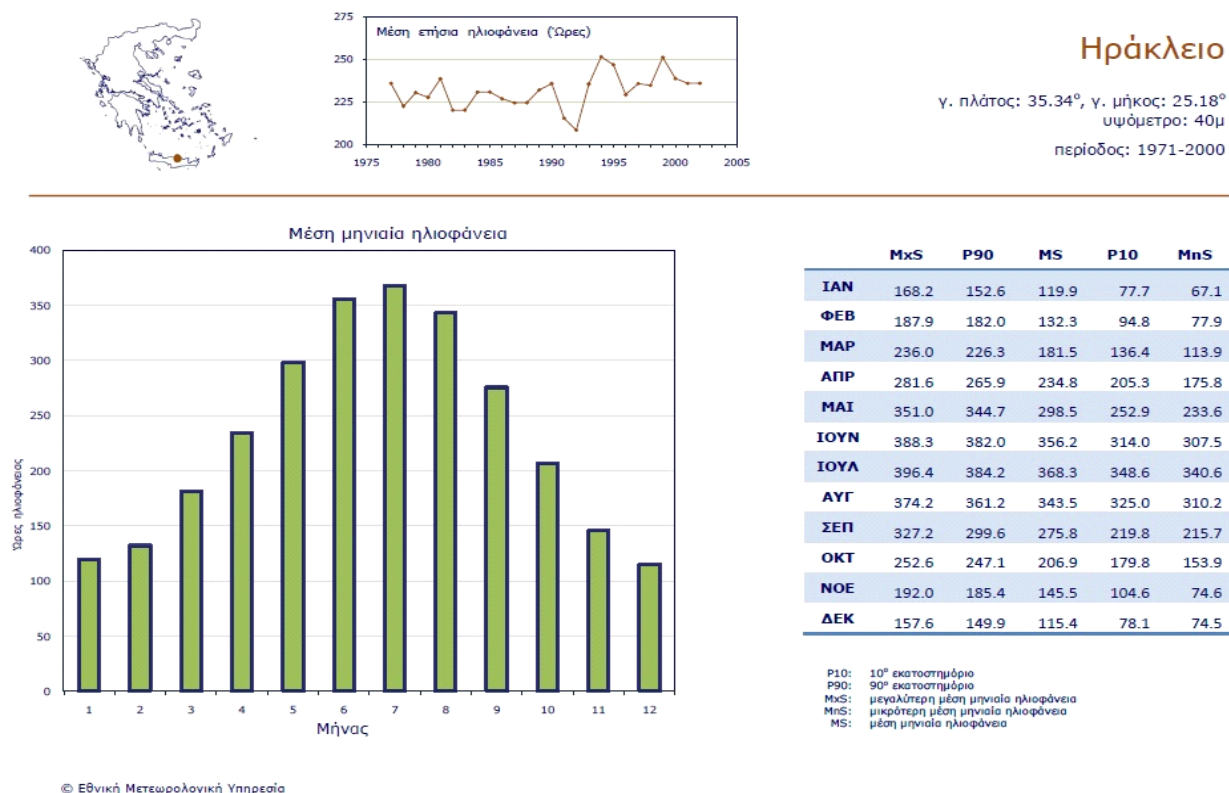
Πίνακας 1 : Στοιχεία Μετεωρολογικών Σταθμών

Πιο αναλυτικά βλέπουμε τους μήνες από σταθμούς που δεν έδιναν πληροφορία για την ηλιοφάνεια, για παράδειγμα ο σταθμός της Χίου τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο δεν έδινε πληροφορίες είτε γιατί μπορεί ο σταθμός να είχε κλείσει είτε για κάποιου τεχνικού

προβλήματος. Το ίδιο ισχύει και για τους υπόλοιπους σταθμούς χωρίς δεδομένα (No Data).

Για τους σταθμούς που δεν υπήρχαν δεδομένα έγινε ομογενοποίηση των δεδομένων και εφαρμόστηκε μια σχέση η οποία αφορούσε την αφαίρεση του προηγούμενου από τον επόμενο μήνα (ανάλογα ποιος μήνας είχε μεγαλύτερη ηλιοφάνεια) και γινόταν η διαίρεση τους δια του 2. Έτσι συμπληρώθηκαν τα κενά και προχώρησε η εκτίμηση της ηλιοφάνειας.

Τέλος από αυτά τα στοιχεία της ΕΜΥ παρακάτω απεικονίζονται κάποια διαγράμματα για κάποιους σταθμούς, για παράδειγμα του Ηρακλείου και της Αλεξανδρούπολης όπου βλέπουμε την μέση ετήσια ηλιοφάνεια με βάση τα δεδομένα που έδωσε ο σταθμός, την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια καθώς και έναν πίνακα με τα στοιχεία που έδινε ο σταθμός με βάση τα οποία έγιναν τα διαγράμματα (σχήμα 12 και σχήμα 13).

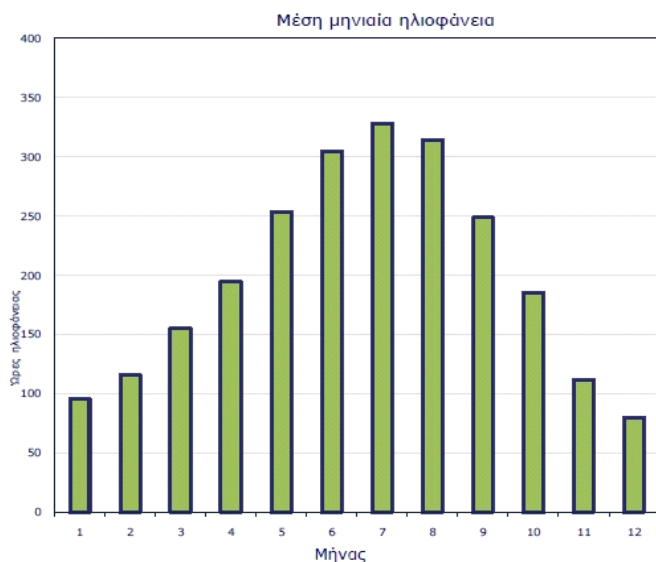


Εικόνα 12 : Διάγραμμα μέσης μηνιαίας και ετήσιας ηλιοφάνειας και Πίνακας μηνιαίων τιμών.



Αλεξανδρούπολη

γ. πλάτος: 40.86°, γ. μήκος: 25.95°
υψόμετρο: 5μ
περίοδος: 1971-2000



© Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

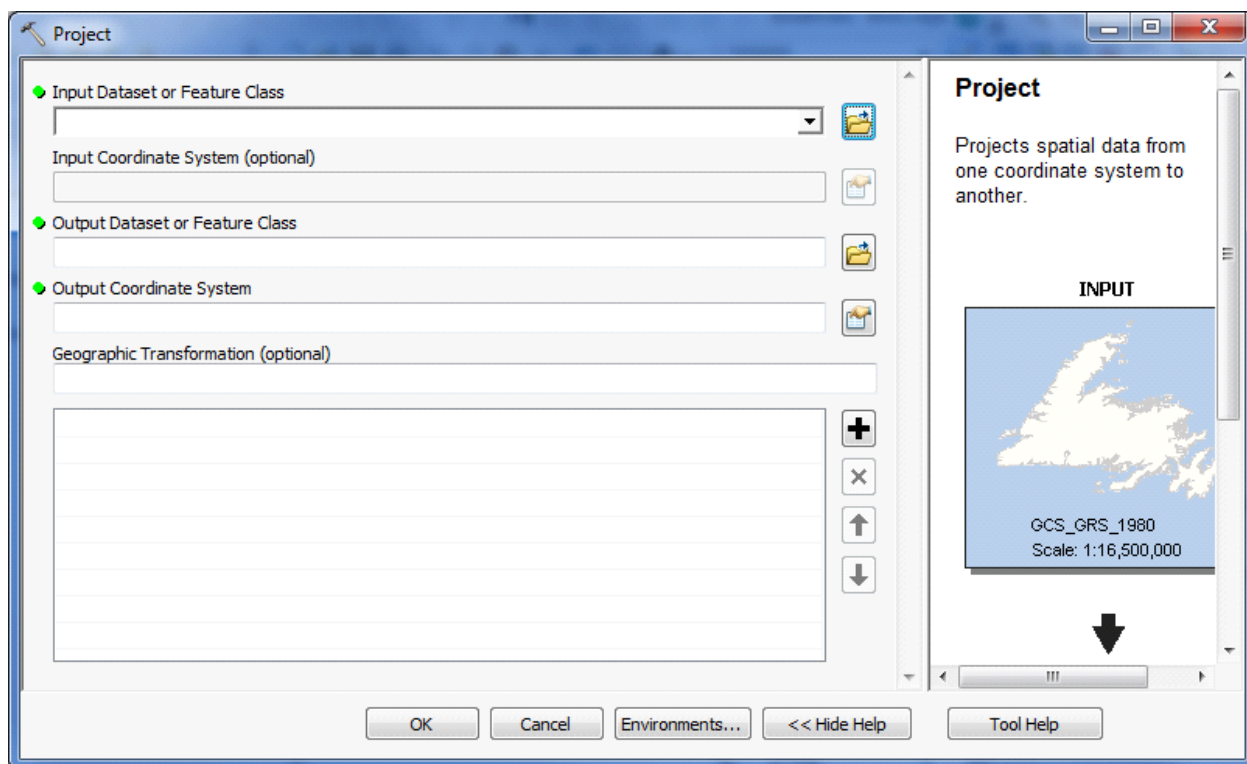
	MxS	P90	MTS	P10	MnS
ΙΑΝ	157.5	137.7	95.6	59.1	50.4
ΦΕΒ	156.3	156.1	115.6	78.7	46.9
ΜΑΡ	250.7	191.6	154.8	110.5	94.3
ΑΠΡ	274.3	253.7	194.6	134.7	122.7
ΜΑΙ	316.5	298.0	253.5	195.0	186.1
ΙΟΥΝ	362.1	348.8	304.5	262.5	247.4
ΙΟΥΛ	373.4	361.6	328.2	289.1	278.8
ΑΥΓ	368.5	358.9	314.2	270.7	268.8
ΣΕΠ	286.8	283.6	248.5	214.8	171.0
ΟΚΤ	219.0	216.1	184.7	141.8	122.7
ΝΟΕ	157.6	145.0	111.4	79.7	67.7
ΔΕΚ	119.7	99.4	79.3	56.4	49.2

P10: 10^ο εκατοστημόριο
P90: 90^ο εκατοστημόριο
MxS: μεγαλύτερη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια
MnS: μικρότερη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια
MS: μέση μηνιαία ηλιοφάνεια

Εικόνα 13 : Διάγραμμα μέσης μηνιαίας και ετήσιας ηλιοφάνειας και Πίνακας μηνιαίων τιμών

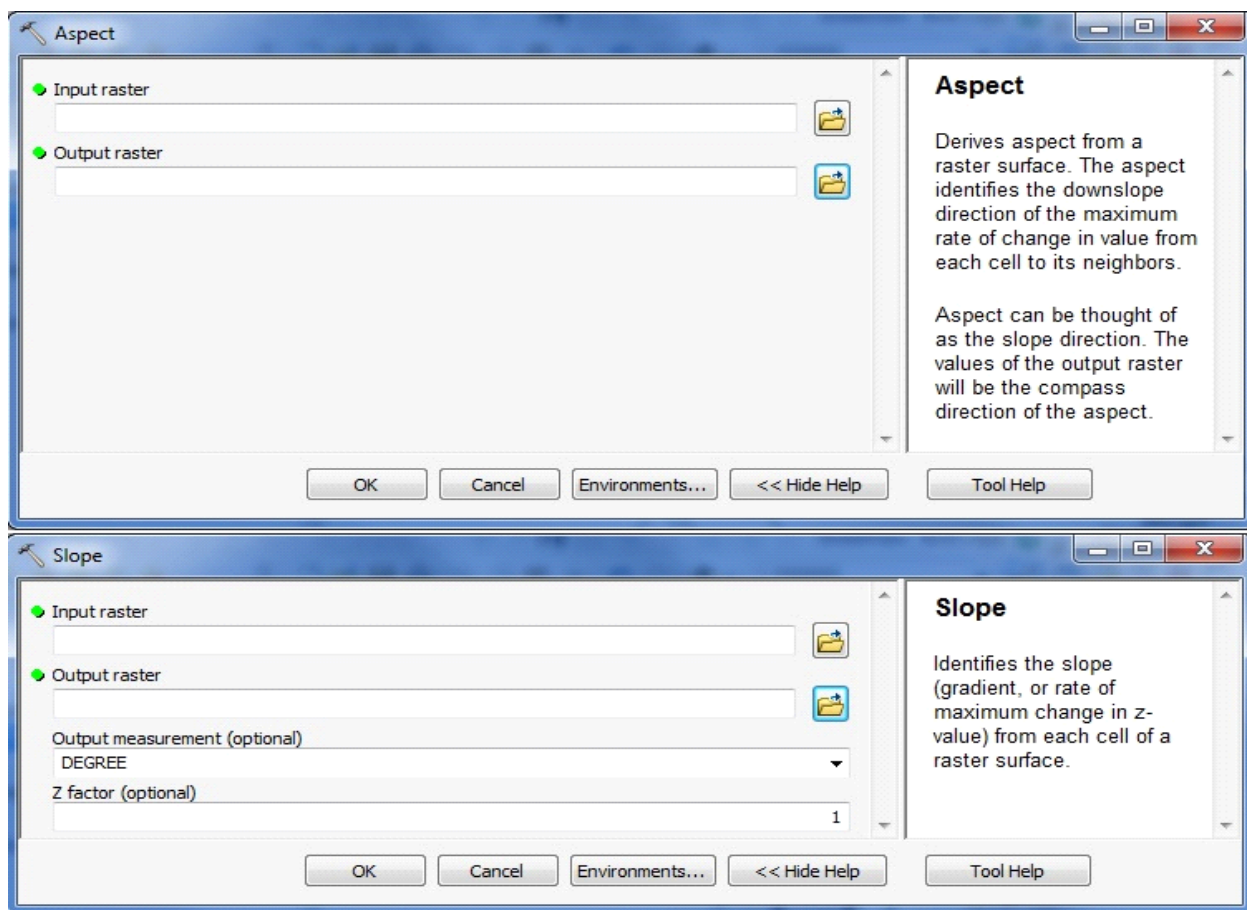
3.2. Δημιουργία του feature class με τα απαιτούμενα δεδομένα για κάθε σταθμό

Αρχικά έγινε εισαγωγή στο λογισμικό ArcGIS του σημειακού feature class των μετεωρολογικών σταθμών, που περιέχει τις πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος και την ελάχιστη, μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια για κάθε σταθμό. Τα αρχεία από το γεωγραφικό σύστημα WGS84 προβλήθηκαν στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 με την εντολή Data Management tools » Projections and Transformations » Project. Η εντολή project (σχήμα 14) επιτρέπει την προβολή χωρικών δεδομένων από ένα σύστημα αναφοράς σε ένα άλλο, όπου και χρησιμοποιήθηκε για την προβολή των αρχείων από το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα (WGS 84) στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87).



Εικόνα 14 : Το πλαίσιο της εντολής Project στο ArcGIS

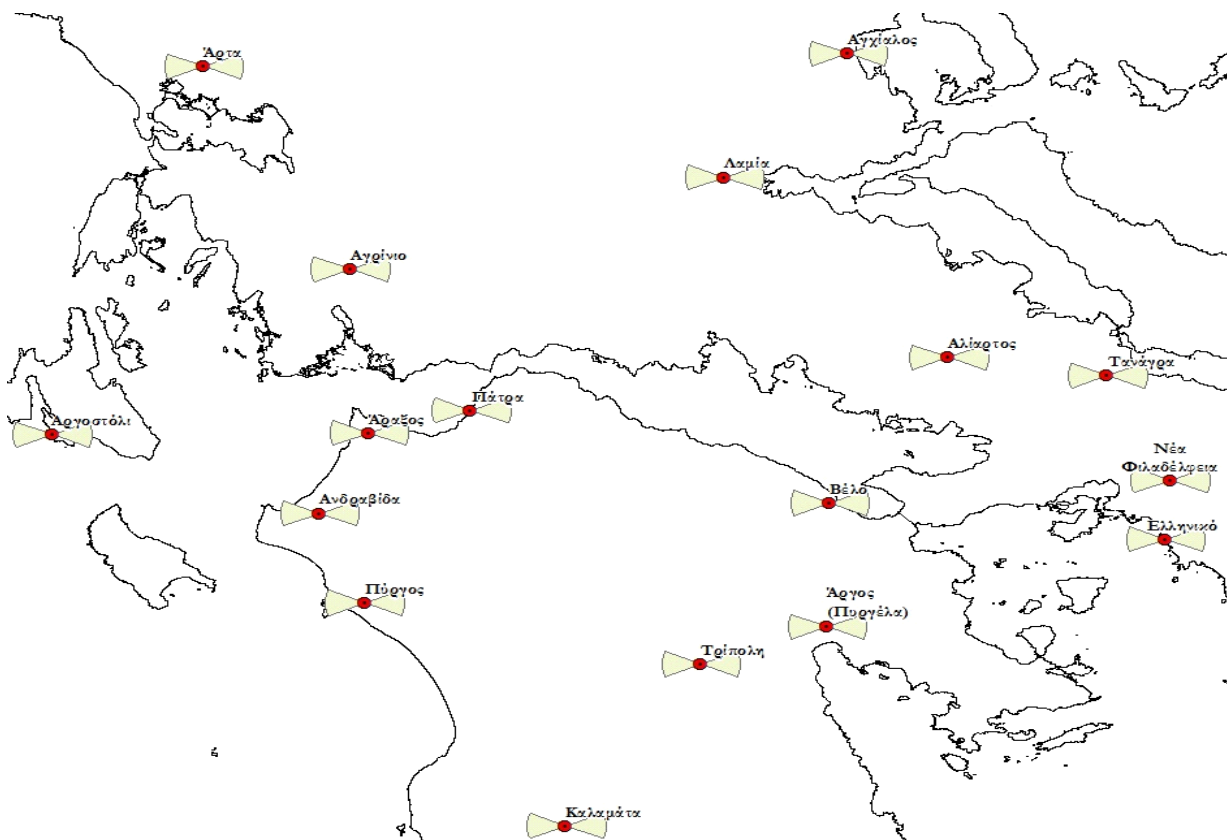
Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε το raster αρχείο που περιλαμβάνει την κλίση σε κάθε σημείο του μοντέλου εδάφους (ήτοι σε κάθε κελί του raster αρχείου) με την εντολή Spatial Analyst Tools » Surface » Slope και του raster αρχείου που περιλαμβάνει τον προσανατολισμό σε κάθε σημείου του μοντέλου εδάφους με την εντολή Spatial Analyst Tools » Surface » Aspect. (σχήμα 15).



Εικόνα 15 : Τα πλαίσια των Εντολών Aspect (Προσανατολισμός) και Slope (Κλίση) με τις οποίες δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα αρχεία εικόνας.

όπως επίσης και ενός νέου αρχείου για τους μετεωρολογικούς σταθμούς που περιλαμβάνει τις πληροφορίες του υψομέτρου, της κλίσης και του προσανατολισμού για κάθε σταθμό με βάση τα παραπάνω raster αρχεία με την εντολή Spatial Analyst Tools » Extraction » Extract multi values to points.

Με την χρήση του λογισμικού Autocad έγινε η δημιουργία ενός σχήματος με τους κυκλικούς τομείς, εντός των οποίων αναζητούνται τα μέγιστα υψόμετρα σε Ανατολή και Δύση. Κάθε σχήμα τοποθετείται στη θέση κάθε σταθμού. Δημιουργούνται έτσι 44 σχήματα ή 88 κυκλικοί τομείς. (Εικόνα 16)



Εικόνα 16 : Απόσπασμα των κυκλικών τομέων 45° σε Ανατολή – Δύση για την εύρεση των μέγιστων υψομέτρων.

Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή των σχημάτων στο ArcGIS και περικοπή του μοντέλου εδάφους με βάση τα σχήματα αυτά με την εντολή Data Management tools » Raster » Raster Processing » Clip και με την εντολή Spatial Analyst Tools » Zonal » Zonal Statistics έγινε η εύρεση του μέγιστου υψομέτρου στο μοντέλο εδάφους εντός κάθε σχήματος. Τέλος, έγινε η αντιγραφή των τιμών που έδωσε η προηγούμενη εντολή σε 2 νέες στήλες στο αρχείο των μετεωρολογικών σταθμών (max east και max west) και πλέον, το αρχείο των σταθμών περιλαμβάνει όλες τις τιμές για τις ζητούμενες μεταβλητές σε διαφορετικές στήλες.

3.3 Παλινδρόμηση

Στόχος της ερμηνευτικής ανάλυσης χωρικών δεδομένων, σύμφωνα με τον Καλογήρου (2015), είναι να εκφράσει τις χωρικές σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος ώστε να μελετηθεί ποιοι παράγοντες επηρεάζουν ένα φαινόμενο. Αυτό γίνεται μέσω της εύρεσης εμπειρικών αποδείξεων

που να αποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές και θεωρητικά επιτρεπτές συσχετίσεις μεταξύ του φαινομένου και των παραγόντων που το επηρεάζουν. Μια κατηγορία ερμηνευτικών μεθόδων που βοηθούν στη σε βάθος μελέτη φαινομένων τόσο στις κοινωνικές επιστήμες όσο και στις γεωεπιστήμες είναι η μοντελοποίηση κατά την οποία ορίζεται και βαθμονομείται ένα στατιστικό μοντέλο. Ένα στατιστικό μοντέλο βαθμονομείται με κάποια τεχνική. Στην ορολογία της παλινδρόμησης η διαδικασία μελέτης της σχέσης αιτίας – αποτελέσματος μεταξύ ενός φαινομένου και των παραγόντων που το επηρεάζουν αφορά τα στατιστικά μέτρα που ορίζουν τη σχέση μιας εξαρτημένης μεταβλητής και ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών, αντίστοιχα. Ουσιαστικά η εξαρτημένη μεταβλητή είναι μια ποσοτικοποίηση του φαινομένου, όπου στην συγκεκριμένη εργασία πρόκειται για την ηλιοφάνεια, ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές, όπου πρόκειται για την κλίση, τον προσανατολισμό, το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος καθώς και ανατολή και δύση όπου και στην συνέχεια θα δούμε ότι δεν επηρεάζουν κάπου αυτές οι δυο μεταβλητές, αφορούν ποσοτικές εκφράσεις των παραγόντων που επηρεάζουν το φαινόμενο αυτό. Ο υπολογισμός παραμέτρων που προσδιορίζουν το είδος και το βαθμό σχέσης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης επιτρέπουν την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τους παράγοντες που σχετίζονται και κατά πάσα πιθανότητα επηρεάζουν ένα φαινόμενο οδηγώντας στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου αυτού.

Η μέθοδος εκτίμησης των παραμέτρων είναι η Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων (Ordinary Least Squares -OLS- Regression) όπου το μοντέλο περιλαμβάνει αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές, με το μοντέλο απλής γραμμικής, θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των παρατηρηθεισών και των εκτιμημένων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής y , όπου m είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών και η εξίσωση της πολλαπλής παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

$$\hat{y}_i = \hat{b}_0 + \sum_{k=1}^m \hat{b}_k \cdot x_{ki}$$

Γενικά είναι απαραίτητο να τεθούν οι προϋποθέσεις για το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, η εξαρτημένη μεταβλητή πρέπει να είναι μια γραμμική συνάρτηση της ανεξάρτητης μεταβλητής, θα πρέπει επίσης να έχει μια σταθερή διακύμανση και να ακολουθεί κανονική κατανομή. Όπως αναφέρει ο Kalogirou (2003), με βάση τον Fox (1997, σελ. 116): «σύμφωνα με τις παραδοχές

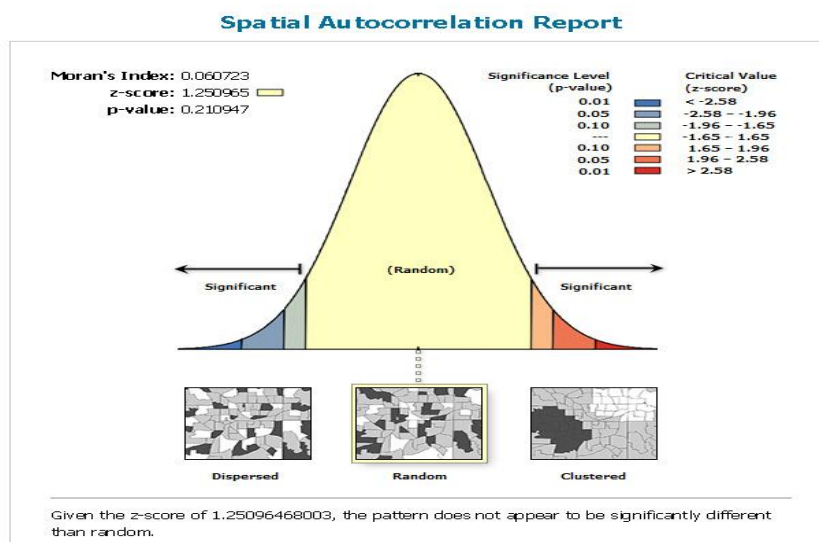
του μοντέλου παλινδρόμησης, οι συντελεστές ελαχίστων τετραγώνων (least-squares coefficients) έχουν ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες ως εκτιμητές των συντελεστών παλινδρόμησης του πληθυσμού. Οι συντελεστές ελαχίστων τετραγώνων είναι: γραμμικές συναρτήσεις των δεδομένων και ως εκ τούτου έχουν απλές κατανομές δειγματοληψίας, αμερόληπτες εκτιμήτριες των συντελεστών παλινδρόμησης του πληθυσμού, που είναι οι πιο αποδοτικές αμερόληπτες εκτιμήτριες των συντελεστών παλινδρόμησης του πληθυσμού, εκτιμήτριες μέγιστης πιθανοφάνειας και έχουν κανονική κατανομή».

Για τα κριτήρια κανονικότητας είναι αναγκαίος ο έλεγχος της μη ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ώστε να ικανοποιείται το σχετικό κριτήριο της ανεξαρτησίας. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι ο Pearson. Αρχικά υπολογίζουμε τις μέσες τιμές κάθε μεταβλητής, μ_x και μ_y καθώς και τις τυπικές αποκλίσεις τους σ_x και σ_y , αντίστοιχα. Ο συντελεστής συσχέτισης ρ μετρά το βαθμό γραμμικής συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών και υπολογίζεται ως $\rho = \text{COV}(X,Y)/\sigma_x\sigma_y$ όπου $\text{COV} = \text{covariance}$ είναι η συνδιακύμανση των X,Y . Οι τιμές που μπορεί να λάβει το ρ είναι στο διάστημα $[-1,1]$, δηλαδή $-1 \leq \rho \leq 1$ και ερμηνεύονται ως εξής:

- $\rho = -1$ σημαίνει πλήρης αρνητική γραμμική συσχέτιση
- $\rho = 1$ σημαίνει πλήρης θετική γραμμική συσχέτιση
- $\rho = 0$ σημαίνει ότι δεν υπάρχει καμία γραμμική συσχέτιση

Όσο μεγαλώνει το ρ σε απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλώνει και η συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών.

Σε excel διενεργήθηκε ο έλεγχος συσχέτισης Pearson Correlation Coefficient μεταξύ των μεταβλητών κάθε παλινδρόμησης όπου "Αν δύο ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν συσχέτιση πάνω από 0,6 ή 0,8 θα πρέπει η μία εκ των δύο να απουσιάζει από το μοντέλο", όμως οι τιμές που προέκυψαν δεν έδειξαν ισχυρή συσχέτιση. Γενικά η κατανομή έχει να κάνει με τα κατάλοιπα των αποτελεσμάτων που πρέπει να έχουν κανονική κατανομή, έτσι διενεργήθηκε ο έλεγχος Moran για να φανεί αν οι μεταβλητές και τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης. Ένα παράδειγμα είναι της μέσης ετήσιας ηλιοφάνειας,



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	0.060723
Expected Index:	-0.023810
Variance:	0.004566
z-score:	1.250965
p-value:	0.210947

Dataset Information

Input Feature Class:	MET_STATIONS_EGSA_SEASON_LHM1
Input Field:	RESIDUAL
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	204909.3512 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

file:///C:/Users/USER1/Desktop/Moransl_Result4.html

1/1

Εικόνα 17: Κριτήριο κανονικότητας μέσης ετήσιας ηλιοφάνειας

όπου διακρίνουμε ότι το μοντέλο ακολουθεί μια κανονική κατανομή καθώς ο συντελεστής p-value είναι μικρότερος της μονάδας (1) και μεγαλύτερος του -1 όπου η τιμή του είναι $p=0,2$ ($-1 \leq p \leq 1$).

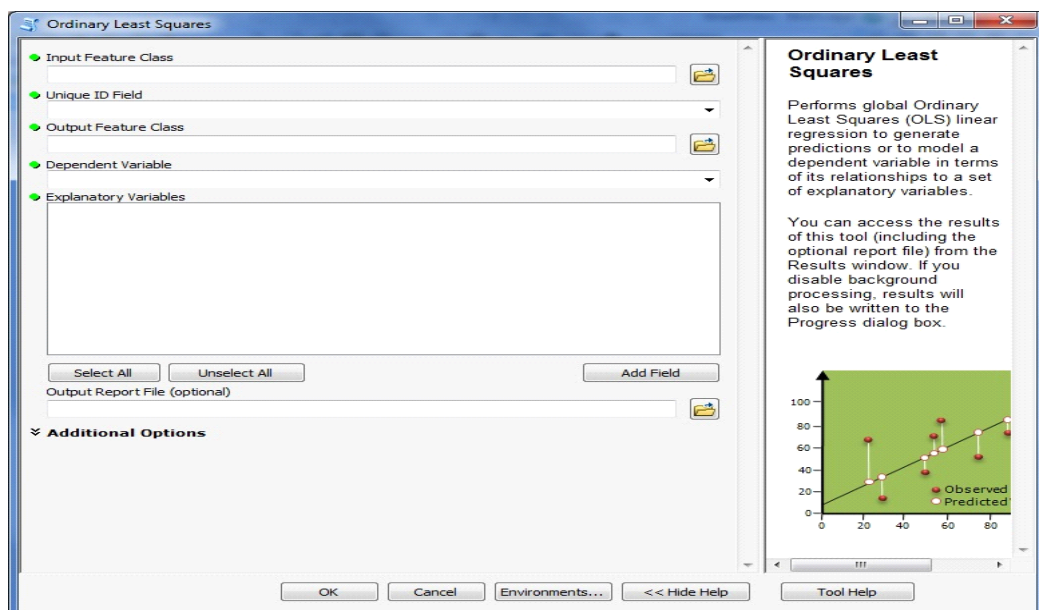
Οι εξαρτώμενες και ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι αριθμητικά πεδία που περιέχουν μια ποικιλία τιμών. Το OLS (Ordinary Least Square) δεν μπορεί να επιλύσει όταν οι μεταβλητές έχουν την ίδια τιμή (όλες οι τιμές για ένα πεδίο είναι 9,0 για παράδειγμα). Οι μέθοδοι γραμμικής παλινδρόμησης, όπως το OLS, δεν είναι κατάλληλες για την πρόβλεψη δυαδικών

αποτελεσμάτων (για παράδειγμα, όλες οι τιμές για την εξαρτημένη μεταβλητή είναι είτε 1 είτε 0). Το πεδίο Μοναδικό αναγνωριστικό συνδέει τις προβλέψεις μοντέλων με κάθε χαρακτηριστικό. Συνεπώς, οι μοναδικές τιμές αναγνωριστικού πρέπει να είναι μοναδικές για κάθε χαρακτηριστικό και συνήθως πρέπει να είναι ένα μόνιμο πεδίο που παραμένει με την κλάση χαρακτηριστικών.

Η ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για τη κατανόηση, το μοντέλο, την πρόβλεψη και / ή την εξήγηση σύνθετων φαινομένων. Συνήθως, στην ανάλυση παλινδρόμησης δεν είναι πάντα εύκολο να βρούμε μια σειρά επεξηγηματικών μεταβλητών που θα επιτρέψουν να απαντήσουμε στην ερώτηση ή να εξηγήσουμε το σύνθετο φαινόμενο που προσπαθούμε να μοντελοποιήσουμε. Όμως, όταν τρέχουμε το εργαλείο παλινδρόμησης Ordinary Least Squares (OLS), παρουσιάζεται ένα σύνολο διαγνωστικών που μπορεί να μας βοηθήσει να καταλάβουμε αν έχουμε ένα σωστά καθορισμένο μοντέλο, όπου είναι αυτό που εμπιστευόμαστε.

3.3.1 Εκτέλεση της Γραμμικής παλινδρόμησης

Το επόμενο βήμα ήταν η εκτέλεση της εντολής Spatial Statistics Tools » Modeling Spatial Relationships » Ordinary Least Squares (σχήμα 18). Το αποτέλεσμα της εντολής είναι μια σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες.



Εικόνα 18 : Το πλαίσιο της εντολής Ordinary Least Squares στο ArcGIS.

Το μοντέλο τρέχει την σχέση για κάθε σταθμό και δίνει την προβλεπόμενη τιμή, την οποία συγκρίνει με την πραγματική. Δημιουργεί πίνακες συσχέτισης μεταξύ των τιμών, καθώς και πίνακες αξιολόγησης του μοντέλου. Γενικά με την εκτέλεση της γραμμικής παλινδρόμησης δημιουργούνται προβλέψεις ή μοντελοποιήσεις μιας εξαρτημένης μεταβλητής από την άποψη των σχέσεων της σε ένα σύνολο επεξηγηματικών μεταβλητών.

Οι εκτιμώμενες τιμές της ηλιοφάνειας αποτυπώνονται σε έναν καινούργιο πίνακα και γίνεται σύγκρισή τους με τις πραγματικές μετρημένες τιμές ώστε να φανεί η απόκλιση μεταξύ των τιμών (Πίνακας 2). Επιπλέον, δίνεται και η τυποποιημένη απόκλιση (standardized residual), η οποία αποτελεί ένα δείκτη του πόσο συμβάλλει κάθε παρατήρηση στη συνολική απόκλιση των τιμών της παλινδρόμησης. Η εντολή Ordinary Least Squares έχει σχεδιαστεί εξ' ορισμού ώστε να παρουσιάζει τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης κατηγοριοποιώντας τα βάσει της τυποποιημένης απόκλισης.

Μοναδικό ID	Μέση Μηνιαία Ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη	Εκτιμώμενη τιμή ηλιοφάνειας από την παλινδρόμηση	Απόκλιση εκτιμώμενης τιμής ηλιοφάνειας από την τιμή που μετρήθηκε	Τυποποιημένη απόκλιση
1	194.198333	201.417696	-7.219362	-0.665247
2	194.975	182.552531	12.422469	1.144702
3	193.651667	207.789549	-14.137882	-1.302773
4	203.208333	207.122789	-3.914456	-0.360708
5	202.205	205.05689	-2.85189	-0.262795
6	181.966667	192.153552	-10.186885	-0.938698
7	217.763333	216.066483	1.69685	0.156361
8	179.215	195.050049	-15.835049	-1.459163
9	210.668333	211.110209	-0.441875	-0.040718
10	221.798333	212.193368	9.604965	0.885075
11	214.458333	219.346287	-4.887954	-0.450414
12	214.705	217.783159	-3.078159	-0.283645
13	235.761667	219.502626	16.25904	1.498233
14	234.75	226.683473	8.066527	0.743312
15	216.49	223.594813	-7.104813	-0.654692

Πίνακας 2 : Απόσπασμα πίνακα αποτελεσμάτων της παλινδρόμησης, όπου φαίνονται οι εκτιμώμενες τιμές της ηλιοφάνειας και γίνεται σύγκρισή τους με τις μετρημένες τιμές μέσω της απόκλισης και της τυποποιημένης απόκλισης.

Η εντολή εκτελέστηκε αρχικά τρεις φορές με εξαρτημένη μεταβλητή την ελάχιστη, μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια αντίστοιχα, με χρονική βάση το έτος και ανεξάρτητες μεταβλητές τις 5 υπόλοιπες που είχαν ήδη υπολογιστεί. Ο πρώτος πίνακας που παράγεται παρουσιάζει τους συντελεστές της εξίσωσης της παλινδρόμησης και διάφορα στατιστικά στοιχεία (σχήμα 19). Η στήλη των συντελεστών (coef) δίνει ουσιαστικά την εξάρτηση της ηλιοφάνειας από τους υπόλοιπους παράγοντες. Σε όλες τις εκτελέσεις, διεφάνη ότι οι παράγοντες του μέγιστου υψομέτρου σε Ανατολή και Δύση δεν επηρέαζαν καθόλου την παραγόμενη σχέση και σε συνδυασμό με τη δυσκολία στη χρήση τους λόγω του μεγάλου όγκου της πληροφορίας. Αντίθετα, οι υπόλοιποι παράγοντες είχαν πιο άμεση συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Table										
COEFF_ANOIKSH_AVERAGE_4										
	OBJECTID *	Variable	Coef	StdError	t Stat	Prob	Robust SE	Robust t	Robust Pr	StdCoef
▶	1	Intercept	532.554295	38.25037	13.922853	0	32.745663	16.263354	0	0
	2	H_DTM_EGSA	-0.041045	0.010055	-4.081899	0.000214	0.011964	-3.430585	0.001438	-0.356603
	3	SLOPE_EGSA	0.052517	0.721133	0.072825	0.942318	0.68732	0.076408	0.939486	0.006508
	4	ASPECT_EGS	0.005858	0.018177	0.322298	0.748949	0.018518	0.316369	0.75341	0.02824
	5	LAT1	-8.029051	0.994173	-8.076113	0	0.869533	-9.233751	0	-0.719752

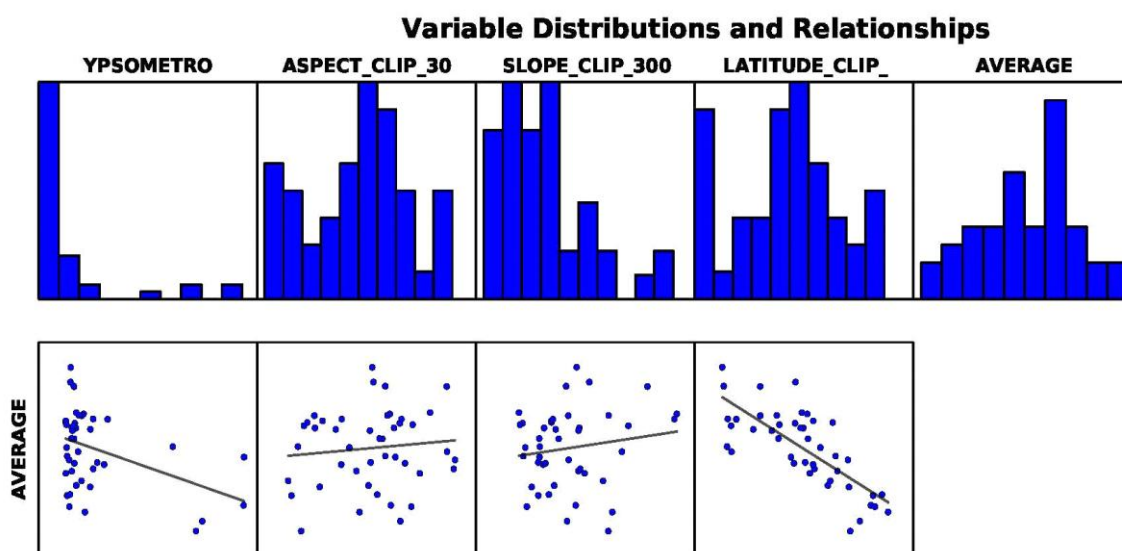
Εικόνα 19 : Συντελεστές της εξίσωσης της παλινδρόμησης και στατιστικά στοιχεία της διαδικασίας, όπως προκύπτουν από την εκτέλεση της εντολής Ordinary Least Squares στο ArcGIS. (Εδώ φαίνονται τα αποτελέσματα για την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την άνοιξη)

Ο επόμενος πίνακας που προκύπτει από τη διαδικασία της παλινδρόμησης παρουσιάζει μια σειρά από δείκτες και συντελεστές αξιολόγησής της (σχήμα 20). Ο πιο σημαντικός δείκτης είναι ο R^2 , ο οποίος παρουσιάζει σε τι ποσοστό μπορεί να εξηγηθεί η συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής από το μοντέλο.

Table			
DIAGN_ANOIKSH_AVERAGE_4			
OBJECTID *	Diag Name	Diag Value	Definition
1	AIC	341.382895	Akaike's Information Criterion: A relative measure of performance used to compare models; the smaller AIC indicates the superior model.
2	AICc	343.653166	Corrected Akaike's Information Criterion: second order correction for small sample sizes.
3	R2	0.70671	R-Squared, Coefficient of Determination: The proportion of variation in the dependent variable that is explained by the model.
4	AdjR2	0.676629	Adjusted R-Squared: R-Squared adjusted for model complexity (number of variables) as it relates to the data.
5	F-Stat	23.493535	Joint F-Statistic Value: Used to assess overall model significance.
6	F-Prob	0	Joint F-Statistic Probability (p-value): The probability that none of the explanatory variables have an effect on the dependent variable.
7	Wald	103.549346	Wald Statistic: Used to assess overall robust model significance.
8	Wald-Prob	0	Wald Statistic Probability (p-value): The computed probability, using robust standard errors, that none of the explanatory variables have an effect on the dependent variable.
9	K(BP)	5.961145	Koenker's studentized Breusch-Pagan Statistic: Used to test the reliability of standard error values when heteroskedasticity (non-constant variance) is present.
10	K(BP)-Prob	0.202069	Koenker (BP) Statistic Probability (p-value): The probability that heteroskedasticity (non-constant variance) has not made standard errors unreliable.
11	JB	1.392887	Jarque-Bera Statistic: Used to determine whether the residuals deviate from a normal distribution.
12	JB-Prob	0.498355	Jarque-Bera Probability (p-value): The probability that the residuals are normally distributed.
13	Sigma2	117.769087	Sigma-Squared: OLS estimate of the variance of the error term (residuals).

Εικόνα 20 : Διαγνωστικά στοιχεία και συντελεστές αξιολόγησης της παλινδρόμησης, όπως προκύπτουν από την εκτέλεση της εντολής Ordinary Least Squares στο ArcGIS. Πέραν των τιμών, δίνεται και μια επεξήγηση για κάθε δείκτη.

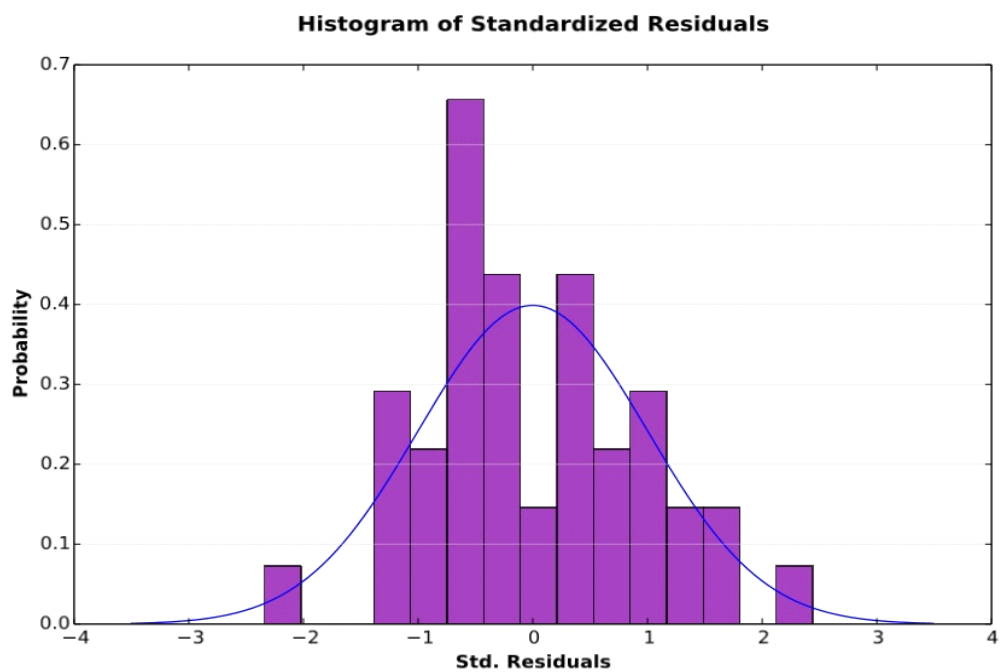
Οι σχέσεις μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και καθεμιάς από τις ανεξάρτητες απεικονίζονται σε ιστογράμματα και διαγράμματα διασποράς (σχήμα 21). Τα διαγράμματα αυτά ουσιαστικά αποτυπώνουν αν υπάρχει αρνητική ή θετική σχέση και παράλληλα το κατά πόσο οι τιμές για κάθε σταθμό ακολουθούν την τελική σχέση που προκύπτει.



Εικόνα 21 : Παραγόμενα ιστογράμματα και διαγράμματα διασποράς για κάθε παλινδρόμηση.

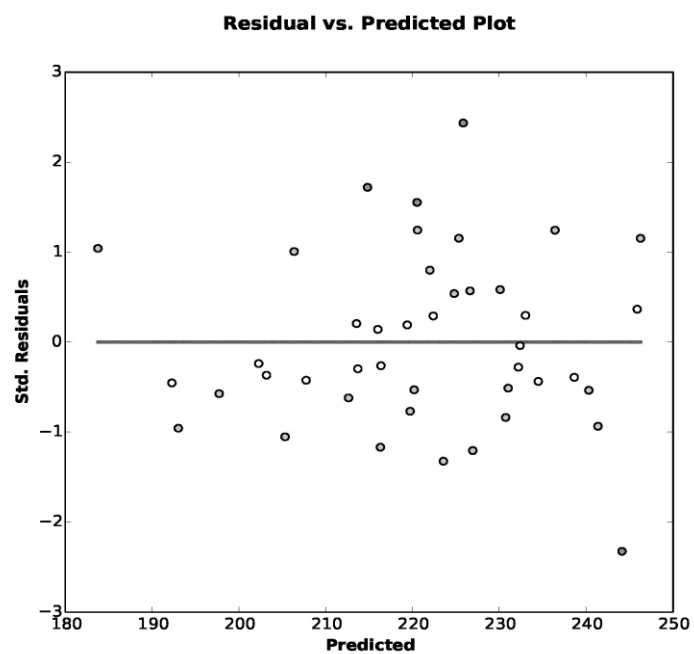
Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα αξιολογήθηκε η συσχέτιση κάθε σταθμού με το τελικό αποτέλεσμα, ώστε να διαφανεί αν υπάρχουν σταθμοί των οποίων οι μετρήσεις δυσχεραίνουν την επίλυση. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η παλινδρόμηση που πραγματοποιήθηκε για την μέση ετήσια ηλιοφάνεια, κατά την οποία διαπιστώθηκε από το διάγραμμα διασποράς ότι σταθμός της Λήμνου έχει τιμές που διαφοροποιούνται σημαντικά σε σχέση με την κατανομή που ακολουθεί το υπόλοιπο δείγμα. Έτσι, αποφασίστηκε η διαγραφή του, ώστε το μοντέλο της παλινδρόμησης να αποδώσει ακριβέστερα τη σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες.

Άλλα διαγράμματα επεξηγηματικά της διαδικασίας της παλινδρόμησης είναι το ιστόγραμμα και το διάγραμμα διασποράς των τυποποιημένων αποκλίσεων (σχήμα 22 και 23).



Ideally the histogram of your residuals would match the normal curve, indicated above in blue. If the histogram looks very different from the normal curve, you may have a biased model. If this bias is significant it will also be represented by a statistically significant Jarque-Bera p-value (*).

Εικόνα 22 : Ιστόγραμμα τυποποιημένων αποκλίσεων



Εικόνα 23 : Διάγραμμα διασποράς τυποποιημένων αποκλίσεων.

Συνεκτιμώντας τα αποτελέσματα αλλά και τους δείκτες αξιολόγησης που παρουσιάστηκαν παραπάνω, προέκυψαν τα βασικά χαρακτηριστικά για κάθε παλινδρόμηση, όπως αυτά παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 3, 4 και 5. Οι πίνακες αναφέρονται α) στο εύρος των πραγματικών τιμών β) στο εύρος τιμών παλινδρόμησης γ) στις μεταβλητές που αφορά αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή της παλινδρόμησης, δ) στην αξιοπιστία (R2) ε) στις σημαντικές μεταβλητές που είναι αυτές που χρησιμοποιήθηκαν σαν τελικές μεταβλητές και έδωσαν ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα και τέλος στ) στην αφαίρεση σταθμών που είναι η σταθμοί που στην χρησιμοποίηση τους δεν έδιναν κάποιο αξιόπιστο αποτέλεσμα όπως για παράδειγμα στη μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια για την εποχή καλοκαίρι δεν χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί Αλιάρτος και Νέα Φιλαδέλφεια.

1		Μέση μηνιαία Ηλιοφάνεια				
2		Έτος	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
3	Εύρος πραγματικών τιμών	106-258	93-160	179-258	295-379	155-243
4	Εύρος τιμών παλινδρόμησης	107-250	56-150	96-255	198-365	76-233
5	Μεταβλητές	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος
6	Αξιοπιστία (R2) %	68	51	71	56	65
7	Σημαντικές μεταβλητές	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος
8	Αφαίρεση σταθμών	Λήμνος	-	-	Σάμος	-
9						
10						
11						
12						

Πίνακας 3 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για τη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια.

1	Ελάχιστη μηνιαία Ηλιοφάνεια				
2	Έτος	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
3	27-99	27-99	60-170	160-327	40-127
4	(-199)0-99	(-199)0-99	(-45)0-150	82-318	(-14)0-106
5	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος
6	59	59	42	56	29
7	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος
8	Λήμνος	-	-	-	Σάμος
9					
10					
11					
12					

Πίνακας 4 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια

1	Μέγιστη μηνιαία Ηλιοφάνεια				
2	Έτος	Χειμώνας	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
3	347-413.5	157-240	293-365	288-414	248-351
4	297-404	111-219	229-386	296-403	184-325
5	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Κλίση Προσανατολισμός Γεωγραφικό πλάτος
6	29	22	55	29	40
7	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Προσανατολισμός	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος
8	Σάμος, Νέα Φιλαδέλφεια	-	-	Αλιάρτος, Νέα Φιλαδέλφεια	Σάμος
9					
10					
11					
12					

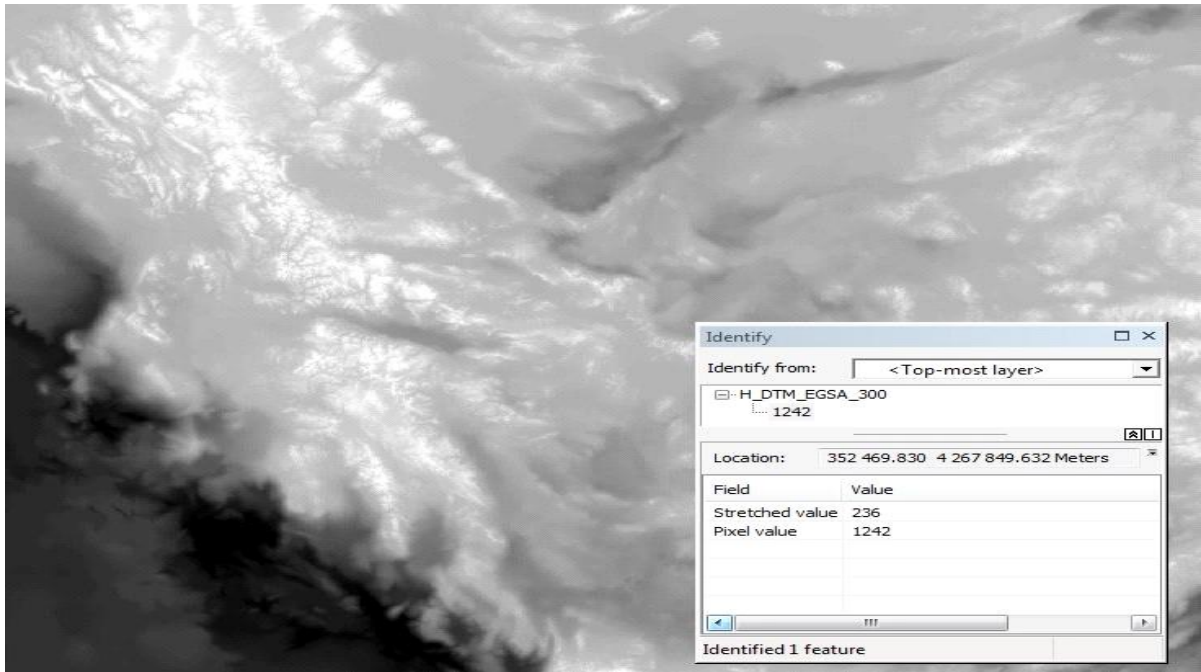
Πίνακας 5 : Κύρια χαρακτηριστικά των παλινδρομήσεων για τη μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια.

Συμπερασματικά, από τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε παλινδρόμησης προέκυψε ότι η μέση ηλιοφάνεια εξαρτάται σημαντικά μόνο από το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο. Το ίδιο ισχύει και για τη μέγιστη ηλιοφάνεια. Αντίθετα, για την ελάχιστη ηλιοφάνεια προέκυψε σημαντική επίδραση τόσο από την κλίση, όσο και από τον προσανατολισμό της περιοχής. Δεν βρέθηκε πουθενά συσχέτιση της ηλιοφάνειας με τα μέγιστα υψόμετρα σε Ανατολή και Δύση και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν 4 μεταβλητές αντί των 6.

3.4 Εφαρμογή της σχέσης στο χώρο – Κατασκευή χαρτών ηλιοφάνειας

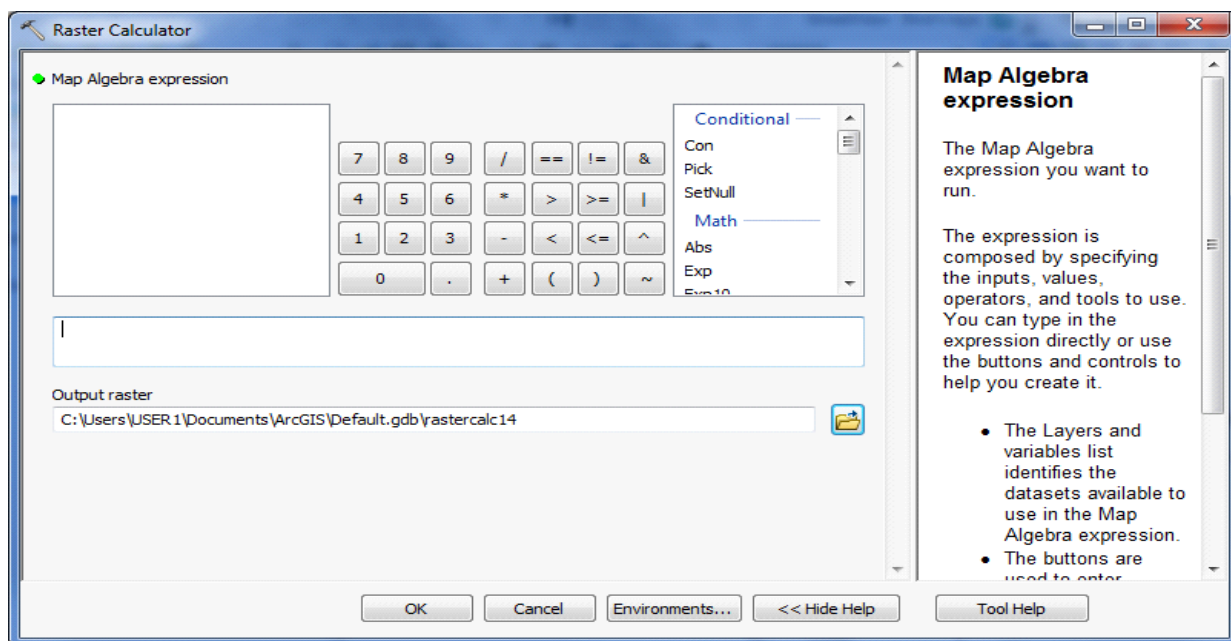
Επειδή τα raster αρχεία είναι πολύ μεγάλα (μέγεθος κελιού 100m) και δεν μπορεί να γίνει επεξεργασία τους για να βρεθεί το γεωγραφικό πλάτος σε κάθε κελί, έγινε μια γενίκευση του μοντέλου εδάφους με νέο μέγεθος κελιού στα 300m. Έτσι δημιουργήθηκαν εκ νέου τα raster αρχεία της κλίσης και του προσανατολισμού. Με την εντολή Conversion Tools » From Raster » Raster to points, δημιουργείται ένα feature class, το οποίο περιλαμβάνει ένα σημείο για κάθε κελί του μοντέλου εδάφους. Στη συνέχεια στο νέο feature class δημιουργείται μια καινούργια στήλη, όπου καταχωρείται το γεωγραφικό πλάτος με την εντολή Calculate Geometry και με την εντολή Conversion Tools » To Raster » Point to Raster, δημιουργείται ένα raster αρχείο, όπου για κάθε κελί απεικονίζεται η τιμή του γεωγραφικού πλάτους.

Ωστόσο, το μοντέλο εδάφους περιλαμβάνει σημεία με αρνητικά υψόμετρα (υποθαλάσσια σημεία). Στο αρχείο που προέκυψε από την εντολή Raster to points, αντικαθίστανται τα υψόμετρα αυτά με την τιμή 0 με την εντολή Field Calculator στη στήλη των υψομέτρων. Ο λόγος που έγινε αυτό είναι γιατί οι αρνητικές τιμές θα έδιναν «ψεύτικες» τιμές της ηλιοφάνειας στον τελικό χάρτη κι έτσι έγινε η αντικατάστασή τους. Στη συνέχεια, με την εντολή Conversion Tools » To Raster » Point to Raster, επαναδημιουργείται το μοντέλο εδάφους με τα καινούργια υψόμετρα. Στο ArcGIS έγινε εισαγωγή του raster αρχείου που περιλαμβάνει το ψηφιακό μοντέλο εδάφους όπου για κάθε εικονοστοιχείο του αρχείου είναι γνωστή η τιμή του υψομέτρου. (σχήμα 24)



Εικόνα 24 : Απόσπασμα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που χρησιμοποιήθηκε. Για κάθε εικονοστοιχείου του αρχείου είναι γνωστή η τιμή του υψομέτρου.

Έπειτα εφαρμόζονται οι σχέσεις που υπολογίστηκαν με τη γραμμική παλινδρόμηση για τα raster αρχεία που δημιουργήθηκαν με την εντολή Spatial Analyst Tools » Map Algebra » Raster Calculator (σχήμα 25) και κατασκευάζονται έτσι τα raster αρχεία της μέγιστης, της μέσης και της ελάχιστης ηλιοφάνειας. Οι τιμές κατηγοριοποιούνται σε πέντε κλάσεις και αποδίδονται χρωματικά με μια παλέτα που απεικονίζει με πράσινο τις μικρές τιμές της ηλιοφάνειας και με κόκκινο τις μεγάλες τιμές.



Εικόνα 25 : Το πλαίσιο της εντολής Raster Calculator στο ArcGIS η οποία επιτρέπει την εκτέλεση αριθμητικών πράξεων μεταξύ αρχείων εικόνας, με βάση την τιμή κάθε εικονοστοιχείου.

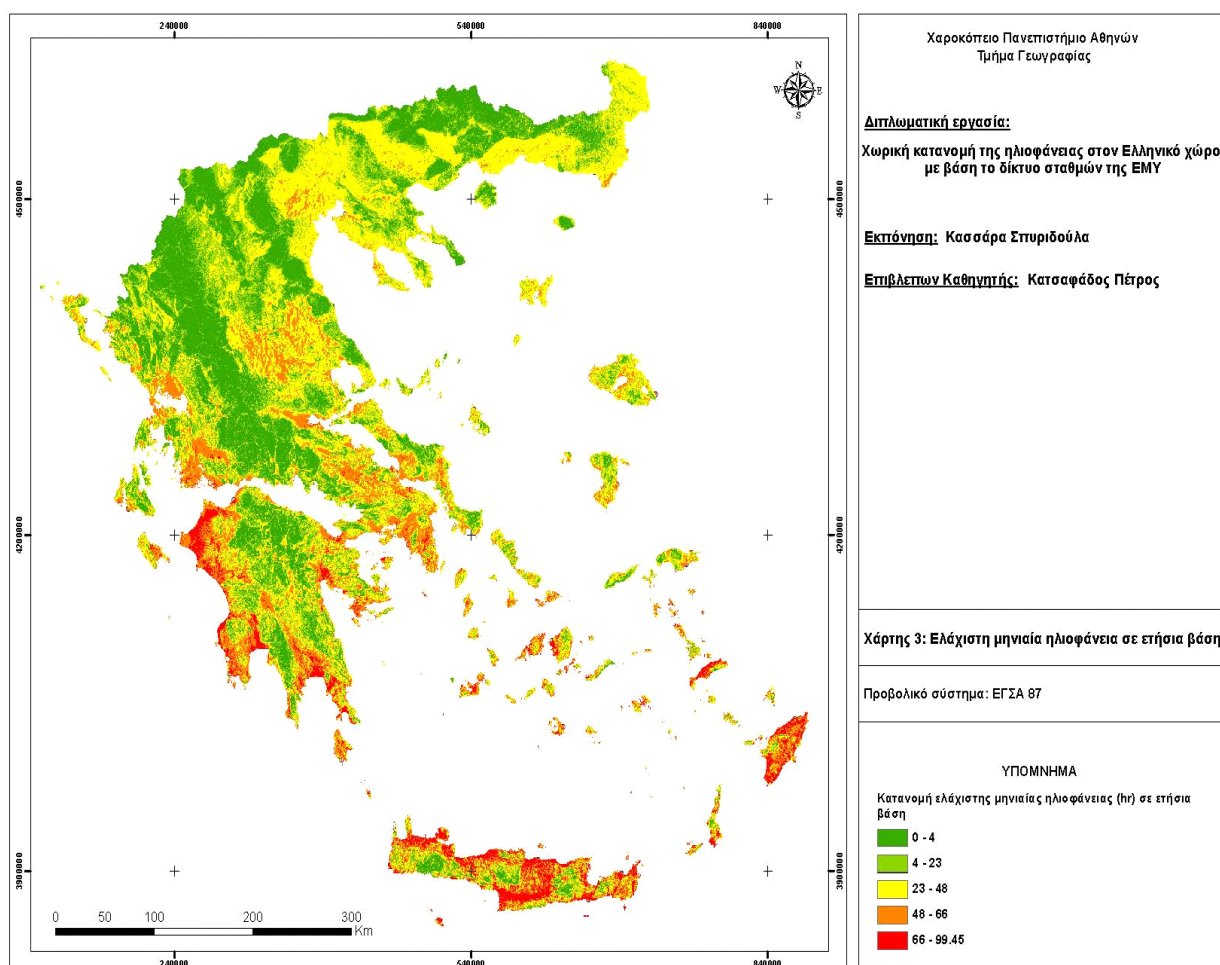
Ακολούθησε η εισαγωγή στο ArcGIS του αρχείου *periphereies* που ελήφθη από τον ιστότοπο geodata.gov.gr, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις περιφέρειες της χώρας και αποτελεί ουσιαστικά ένα πολύγωνο της χερσαίας έκτασης της Ελλάδας. Εφόσον πραγματοποιήθηκε και η περικοπή των αρχείων της ηλιοφάνειας βάσει του *feature class periphereies*, με την εντολή *Data Management tools » Raster » Raster Processing » Clip*, δημιουργήθηκαν τα τελικά αρχεία που περιλαμβάνουν όλη τη χερσαία έκταση της χώρας και μόνο αυτή. Τέλος, δημιουργήθηκαν οι τελικοί χάρτες σε χαρτί A3 και σε κλίμακα 1:3.000.000, στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87.

ΚΕΦ. 4: Αποτελέσματα

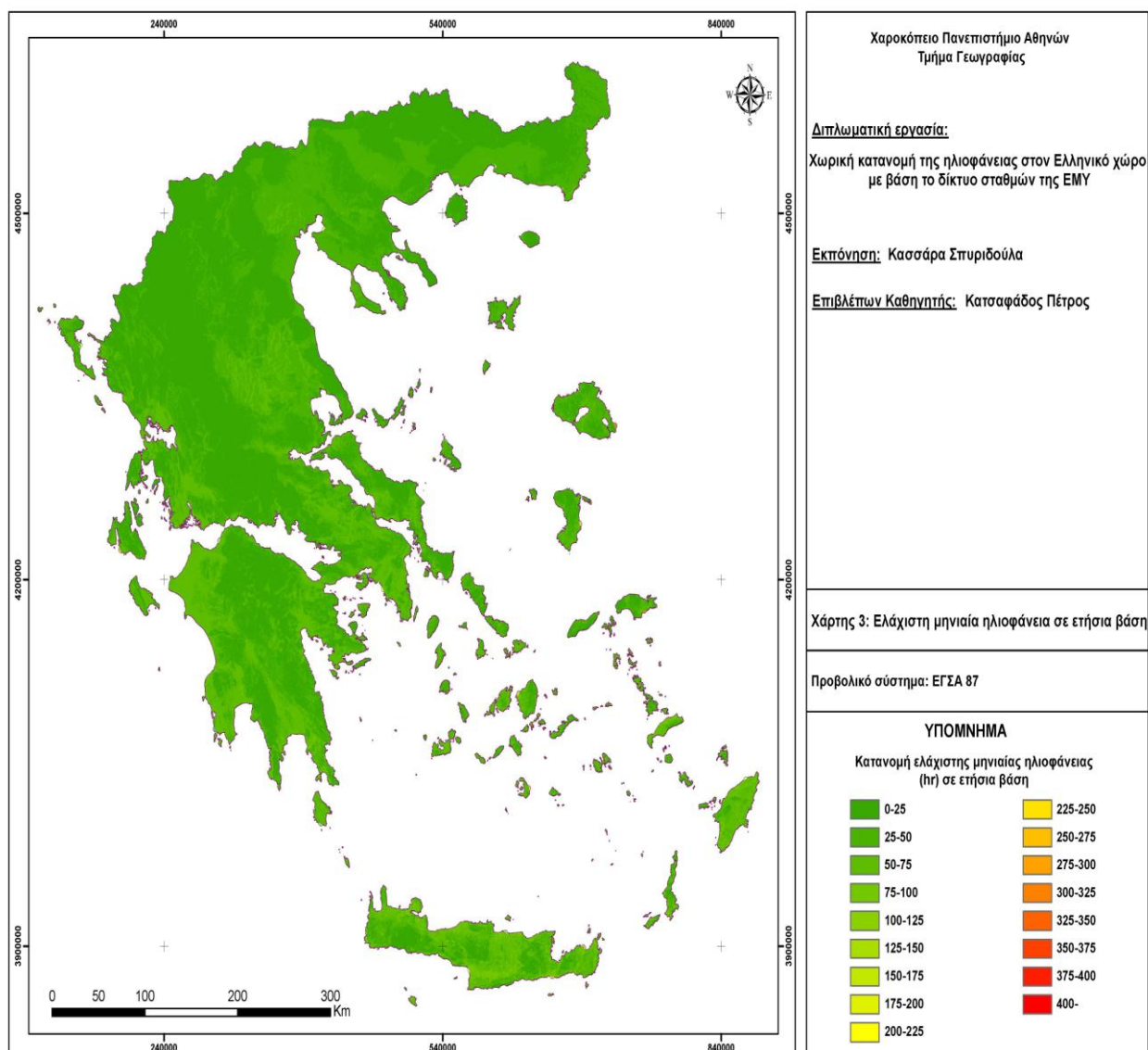
Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε την απεικόνιση των τελικών χαρτών καθώς και μια σύγκριση με αρχικούς χάρτες οι οποίοι είχαν δημιουργηθεί με διαφορετικά κατώφλια.

4.1. Σύγκριση αρχικών χαρτών με τελικούς χάρτες

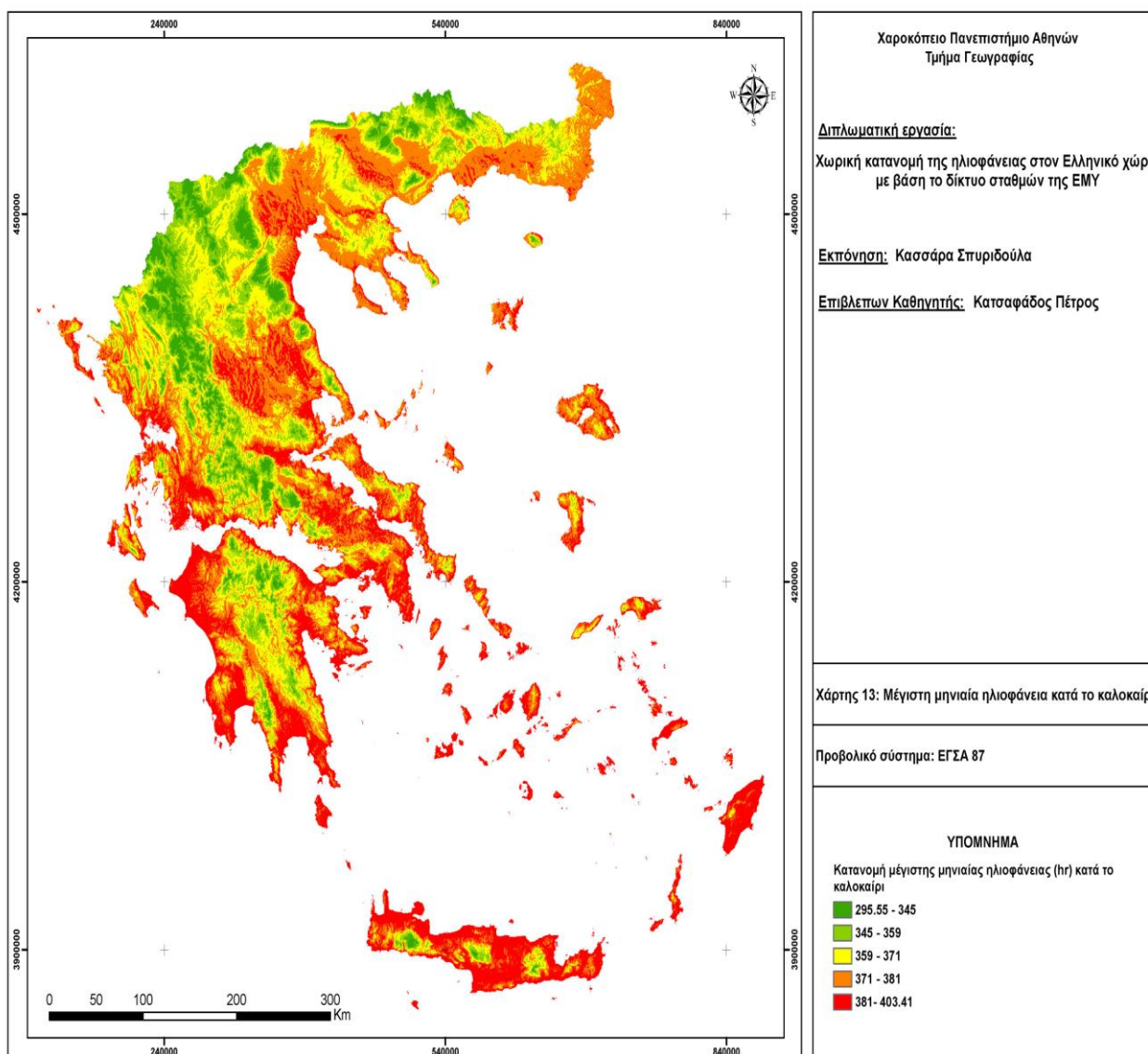
Στην αρχή δημιουργήθηκαν χάρτες με διαφορετικά κατώφλια ώστε να φαίνεται η χωρική κατανομή της ηλιοφάνειας αλλά στο τέλος δημιουργήθηκαν οι χάρτες με τα ενιαία κατώφλια ώστε να μπορεί να γίνει η άμεση σύγκριση μεταξύ τους ακόμα και αν στους χάρτες με τα διαφορετικά κατώφλια αποδίδεται καλύτερα το εύρος τους. Παρακάτω βλέπουμε κάποιους με διαφορετικά κατώφλια (χάρτης 2 και 4) και τους αντίστοιχους με τα ενιαία κατώφλια (χάρτης 3 και 5)



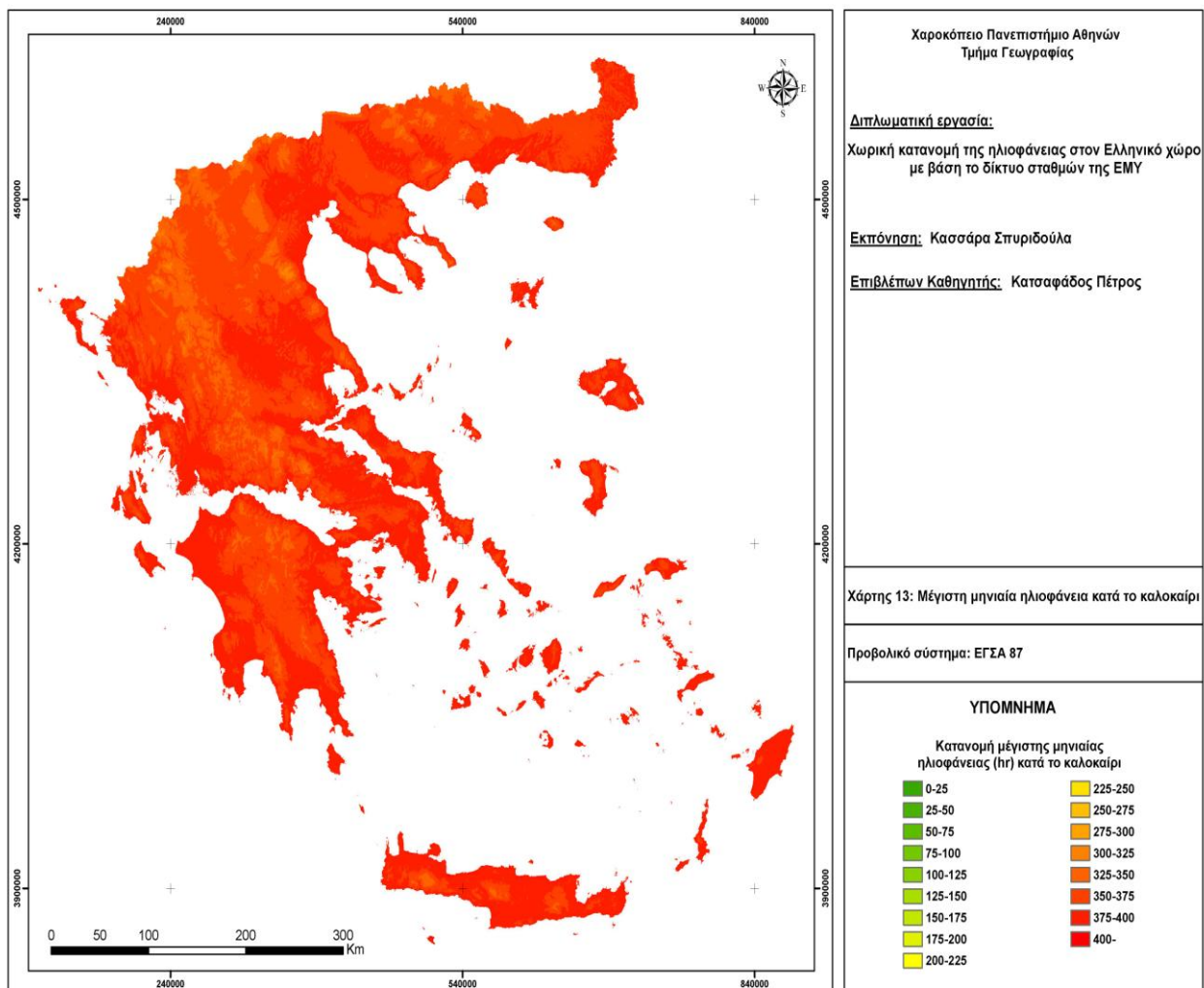
Χάρτης 2 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση - Διαφορετικά κατώφλια



Χάρτης 3: Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση - Ενιαία κατώφλια



Χάρτης 4: Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι - Διαφορετικά κατώφλια



Χάρτης 5 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι - Ενιαία κατώφλια

Οι τελικοί χάρτες, με τα ενιαία κατώφλια, που χρησιμοποιήθηκαν βλέπουμε ότι έχει επιλεχθεί μια παλέτα χρωμάτων η οποία αποτελείται από το πράσινο που είναι η λιγότερη ηλιοφάνεια μέχρι το κόκκινο που είναι η περισσότερη. Έχει χωριστεί σε 17 κλάσεις και ανά 25 ώρες ηλιοφάνειας έτσι ώστε να φαίνονται πιο διακριτά τα αποτελέσματα. Γενικά, τα εύρη σε κάθε χάρτη είναι διαφορετικά αλλά επιλέχθηκαν οι ίδιες κλάσεις παντού για να μπορεί να γίνει καλύτερα η σύγκριση μεταξύ τους.

Τέλος, μπορούμε να διακρίνουμε παντού ότι πάνω στην Πίνδο έχουμε τις μικρότερες ηλιοφάνειες και αυτό μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη της οροσειράς της Πίνδου είτε σε κάποια άλλα εμπόδια, όπως σύννεφα, που για την συγκεκριμένη περίοδο να αποτέλεσαν εμπόδιο

για την ύπαρξη μεγαλύτερων τιμών ηλιοφάνειας. Αντίθετα, στα νησιά και τα παραλιακά μέρη προς το νότο παρατηρείται να έχει τις μεγαλύτερες τιμές, όπως διακρίνεται και στην απεικόνιση των (16) τελικών χαρτών όπου αποτελούνται από :

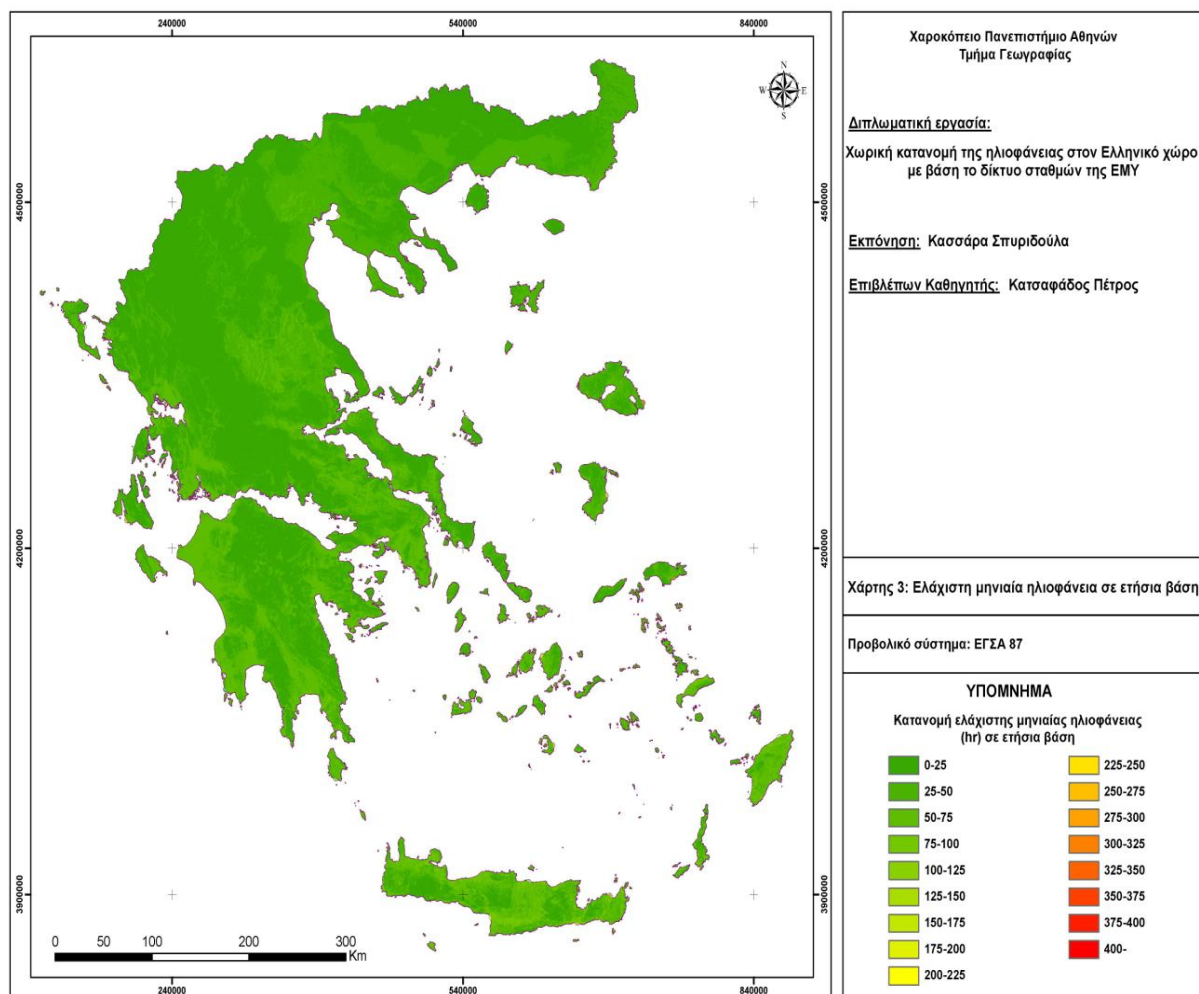
- Ένα (1) μετεωρολογικό χάρτη με την απεικόνιση των 44 σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν,
- τρεις (3) χάρτες σε ετήσια βάση που απεικονίζουν την ελάχιστη μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια,
- τρεις (3) χάρτες κατά τον χειμώνα όπου απεικονίζουν την ελάχιστη μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια,
- τρεις (3) χάρτες κατά την άνοιξη όπου απεικονίζουν την ελάχιστη μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια,
- τρεις (3) χάρτες κατά το καλοκαίρι όπου απεικονίζουν την ελάχιστη μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια και
- τρεις (3) χάρτες κατά το φθινόπωρο όπου απεικονίζουν την ελάχιστη μέση και μέγιστη ηλιοφάνεια.

4.2 Απεικόνιση αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό απεικονίζονται οι χάρτες όπου διακρίνεται η κατανομή της ηλιοφάνειας στον Ελλαδικό χώρο με βάση το δίκτυο των σταθμών της ΕΜΥ, οι οποίοι διακρίνονται σε χάρτες ετήσιας βάσης και σε εποχιακούς χάρτες. Τέλος, σχολιάζεται με βάση το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας σε ποιες περιοχές θα ήταν επιτρεπτό να δημιουργηθούν φωτοβολταϊκά πάρκα.

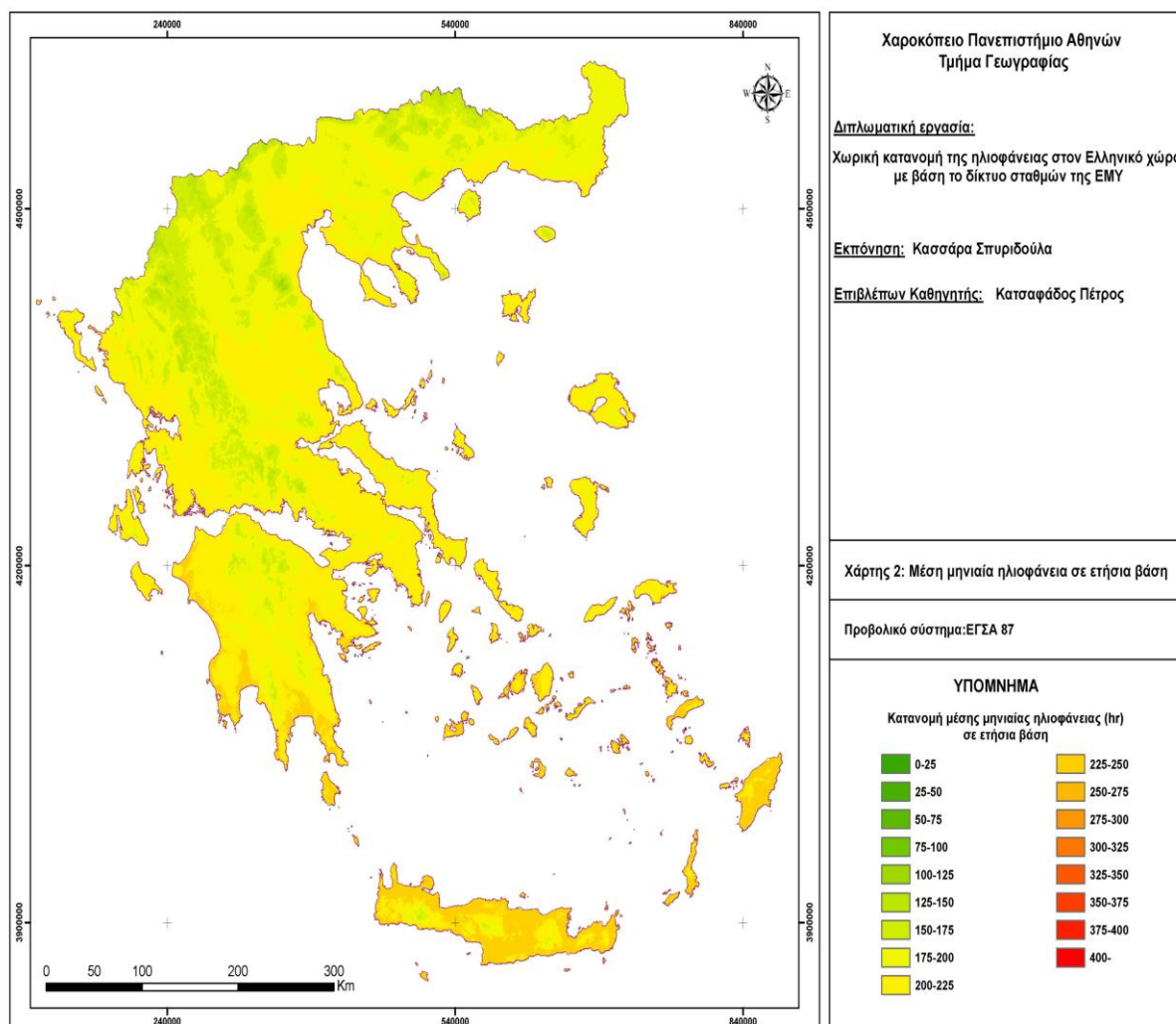
4.2.1 Χάρτες σε ετήσια βάση

Οι χάρτες διακρίνονται σε ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια, μέση μηνιαία ηλιοφάνεια και μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια. Για την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια πήραμε την μικρότερη τιμή των 20 ετών, για την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια υπολογίσαμε τον μέσο όρο των 20 ετών και για την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια πήραμε την μέγιστη τιμή των 20 ετών.



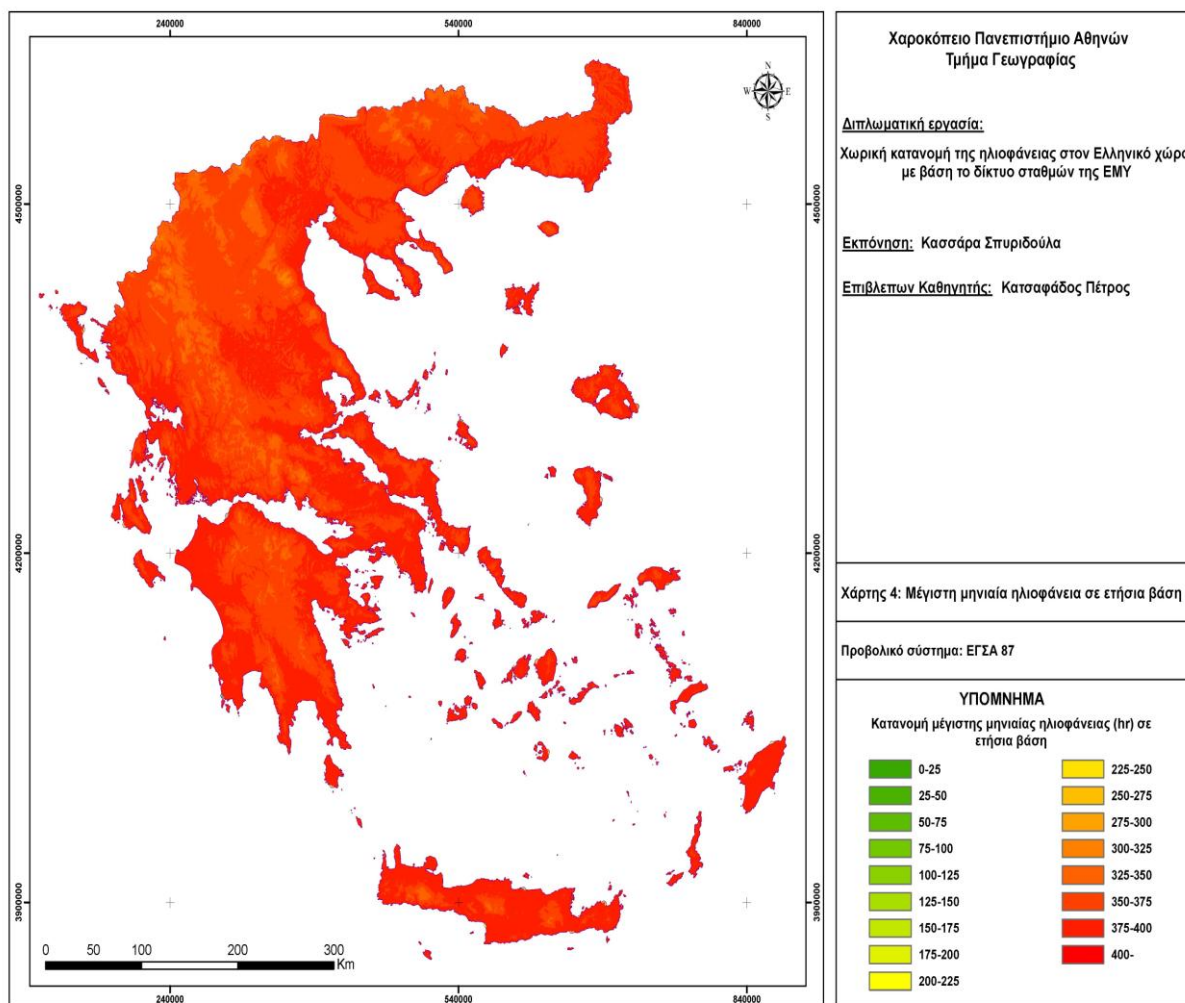
Χάρτης 6 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση

Στον παραπάνω χάρτη 6 βλέπουμε ότι η ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια επικρατεί κυρίως στις βορειότερες περιοχές όπου και στην Πίνδο διακρίνουμε τις χαμηλότερες τιμές καθώς ένα σημαντικό εμπόδιο, για την αύξηση των μετρήσεων, που υπάρχει είναι η οροσειρά της Πίνδου που πιθανώς οφείλεται στη νεφοκάλυψη.



Χάρτης 7 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση

Στον παραπάνω χάρτη παρατηρείται πως όσο μικρότερο είναι το γεωγραφικό πλάτος (δηλαδή όσο πιο νότια) και οι περιοχές πλησιάζουν στον ισημερινό, τόσο μεγαλύτερες τιμές ηλιοφάνειας έχουμε. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στον ισημερινό δέχονται περισσότερο ηλιακό δυναμικό εφόσον βρίσκονται πιο κοντά στον ήλιο από οποιαδήποτε άλλη περιοχή πάνω στην Γη. Όσον αφορά τις πλαγιές με βάση τον προσανατολισμό τους, οι νότιες πλαγιές δέχονται την περισσότερη ηλιοφάνεια καθώς η Ελλάδα βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο της Γης και αναλογικά ο ήλιος "βλέπει" την Ελλάδα από τον νότο. Αντίστοιχα, οι βόρειες πλαγιές δέχονται λιγότερη ηλιοφάνεια.



Χάρτης 8 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια σε ετήσια βάση

Με βάση τον χάρτη 8 διακρίνουμε ότι οι νότιες περιοχές του Ελλαδικού χώρου έχουν αυξημένη ηλιοφάνεια. Πιο συγκεκριμένα η Κρήτη, η Ρόδος αλλά και τα Δωδεκάνησα, ως από τα πιο νότια σημεία της Ελλάδας, έχουν μεγαλύτερη ηλιοφάνεια από άλλες περιοχές. Αντίθετα, δυτικά από την οροσειρά της Πίνδου, ειδικά σε πλαγιές με μεγάλη κλίση, παρουσιάζονται σχετικά χαμηλά επίπεδα ηλιοφάνειας, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη νεφοκάλυψη που υπάρχει στις περιοχές αυτές. Τέλος παρατηρείται πως όλες οι νότιες άκρες της ηπειρωτικής Ελλάδας έχουν σχετικά υψηλή ηλιοφάνεια.

Συμπερασματικά, για τους χάρτες σε ετήσια βάση διακρίνουμε ότι κυρίως οι νησιωτικές περιοχές και τα παράλια της χώρας όπως η πεδιάδα της Λάρισας, τα παράλια της δυτικής και κεντρικής Ελλάδας, έχουν μια αύξηση στην κατανομή της ηλιοφάνειας και αυτό οφείλεται στο

χαμηλό τους υψόμετρο, καθώς οι αέριες μάζες δεν βρίσκουν κάποιο εμπόδιο αλλά και στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποιο γεωφυσικό εμπόδιο στις συγκεκριμένες περιοχές.

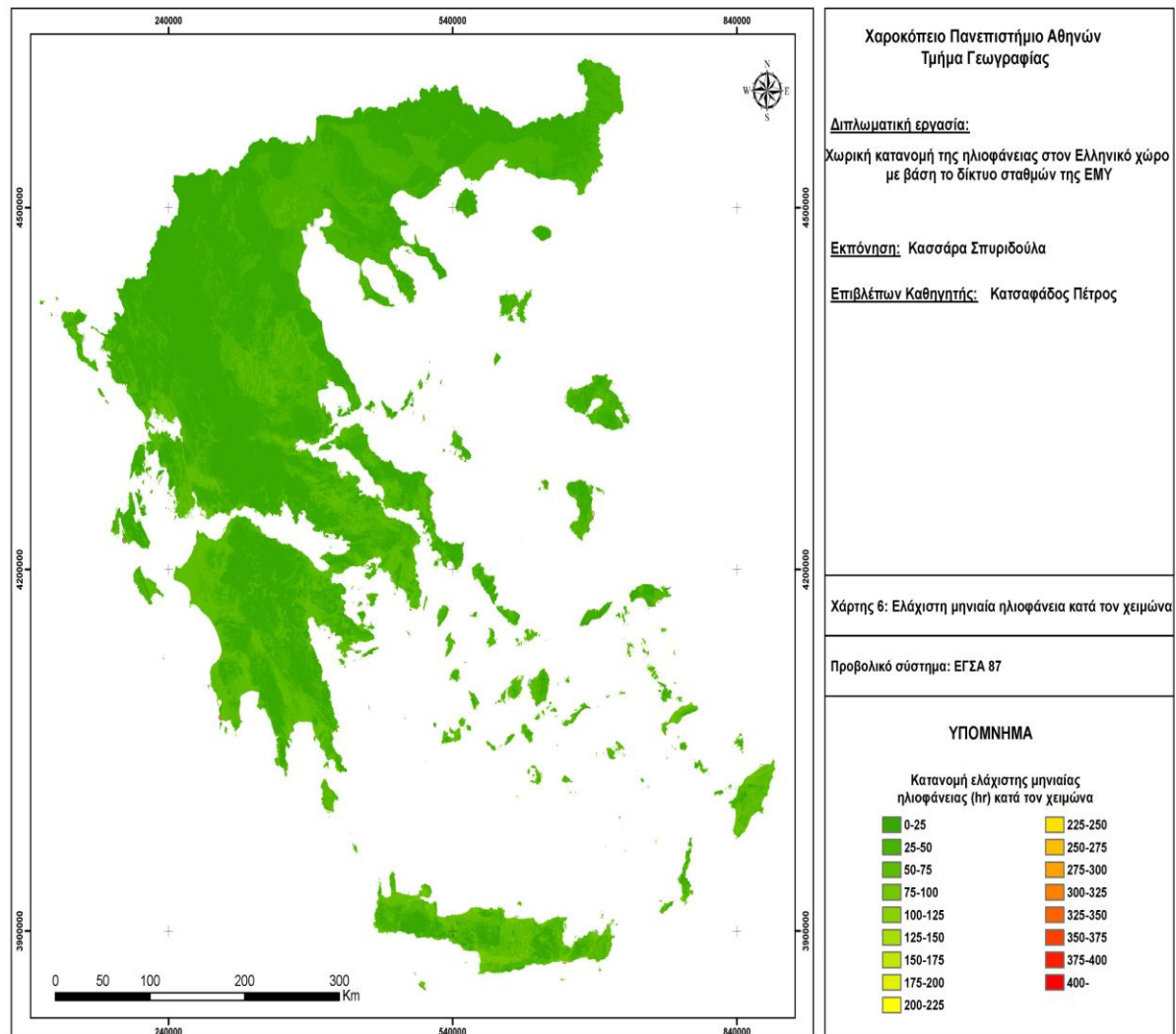
4.2.2 Χάρτες ανά Εποχές

Οι χάρτες διακρίνονται σε ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια, μέση μηνιαία ηλιοφάνεια και μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια. Για την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια πήραμε την μικρότερη τιμή των 20 ετών για κάθε εποχή, για την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια υπολογίσαμε τον μέσο όρο των 20 ετών για κάθε εποχή και για την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια πήραμε την μέγιστη τιμή των 20 ετών για κάθε εποχή αντίστοιχα.

Όσον αφορά την ταξινόμηση της ηλιοφάνειας στον Ελλαδικό χώρο ισχύει η ίδια λογική όπως και στον χάρτη 7. Όσο μικρότερο είναι το γεωγραφικό πλάτος και ο προσανατολισμός της κλίσης είναι νότιος, τόσο η ηλιοφάνεια είναι αυξημένη. Σχετικά με την κατανομή της ηλιοφάνειας μέσα στις εποχές, κατά το καλοκαίρι υπάρχει η μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, μετά ακολουθεί η άνοιξη, ύστερα το φθινόπωρο και τέλος ο χειμώνας.

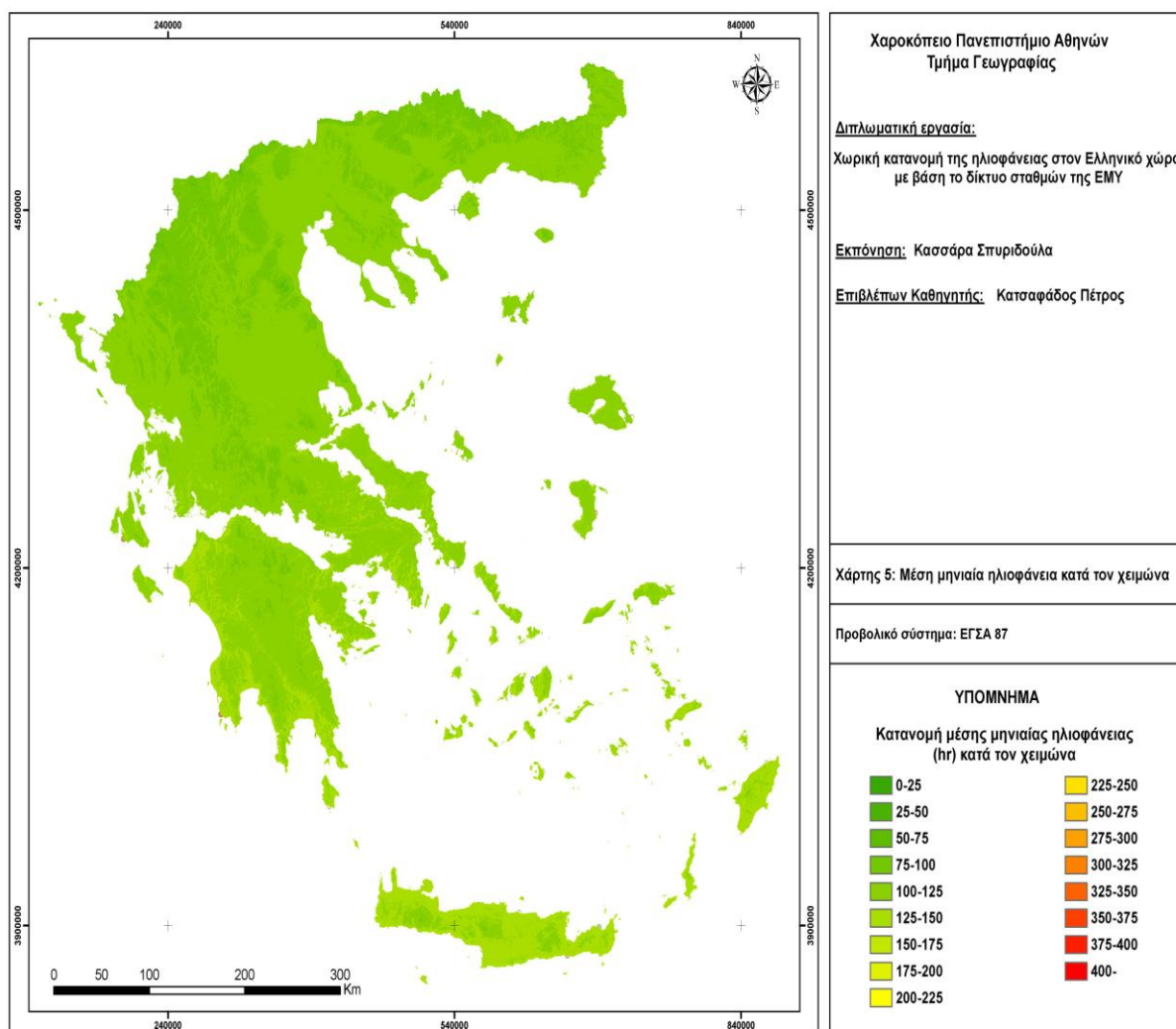
- Κατά την περίοδο του Χειμώνα:

Τον χειμώνα παρουσιάζεται ελάχιστο 0 το οποίο συνεπάγεται ότι υπάρχουν απότομες βόρειες πλαγιές οι οποίες δεν έχουν καθόλου ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα.



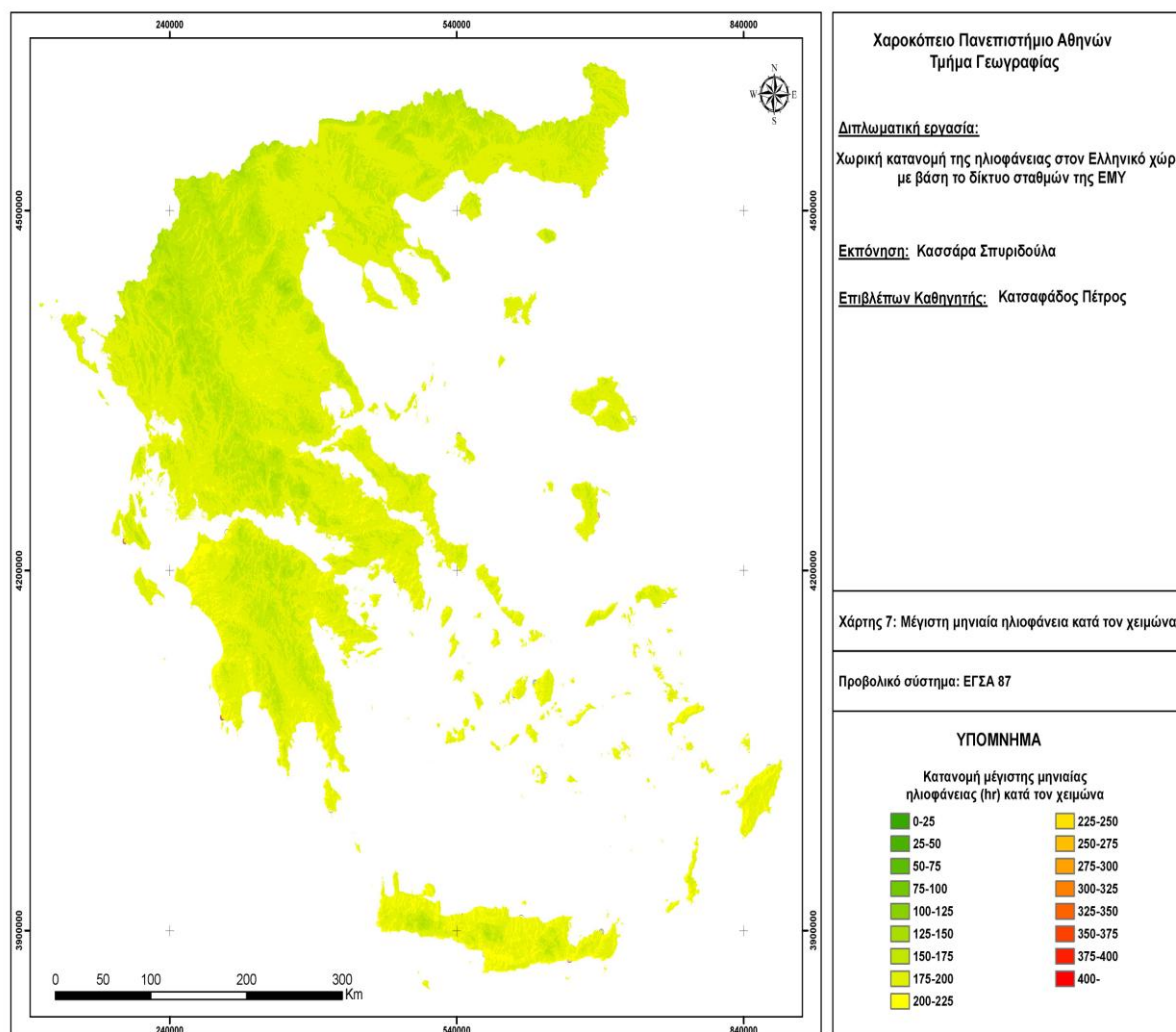
Χάρτης 9 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα

Στον χάρτη 9 παρατηρούμε την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον χειμώνα, διακρίνουμε ότι οι χαμηλότερες τιμές βρίσκονται κυρίως στην περιοχή της Πίνδου και αυτό μπορεί να οφείλεται στην μεγάλη οροσειρά της Πίνδου κυρίως από τις αυξημένες νεφώσεις που υπάρχουν εκεί, όπου φτάνουν τις 25 με 75 ώρες ηλιοφάνειας. Επίσης υπάρχουν απότομες βόρειες πλαγιές οι οποίες δεν έχουν καθόλου ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα.



Χάρτης 10 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα

Στον χάρτη 10 παρατηρούμε την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον χειμώνα, διακρίνουμε ότι επικρατεί μια μέση τιμή σε όλη την χώρα περίπου 50 με 100 ώρες ηλιοφάνειας όπου εξασθενεί λίγο προς τις νότιες περιοχές φτάνοντας τις 150 με 175 ώρες ηλιοφάνειας και αυτό συμβαίνει διότι όσο το γεωγραφικό πλάτος είναι μικρότερο (δηλαδή όσο πιο νότια) και οι περιοχές πλησιάζουν στον ισημερινό, τόσο η ηλιοφάνεια παίρνει μεγαλύτερες τιμές.

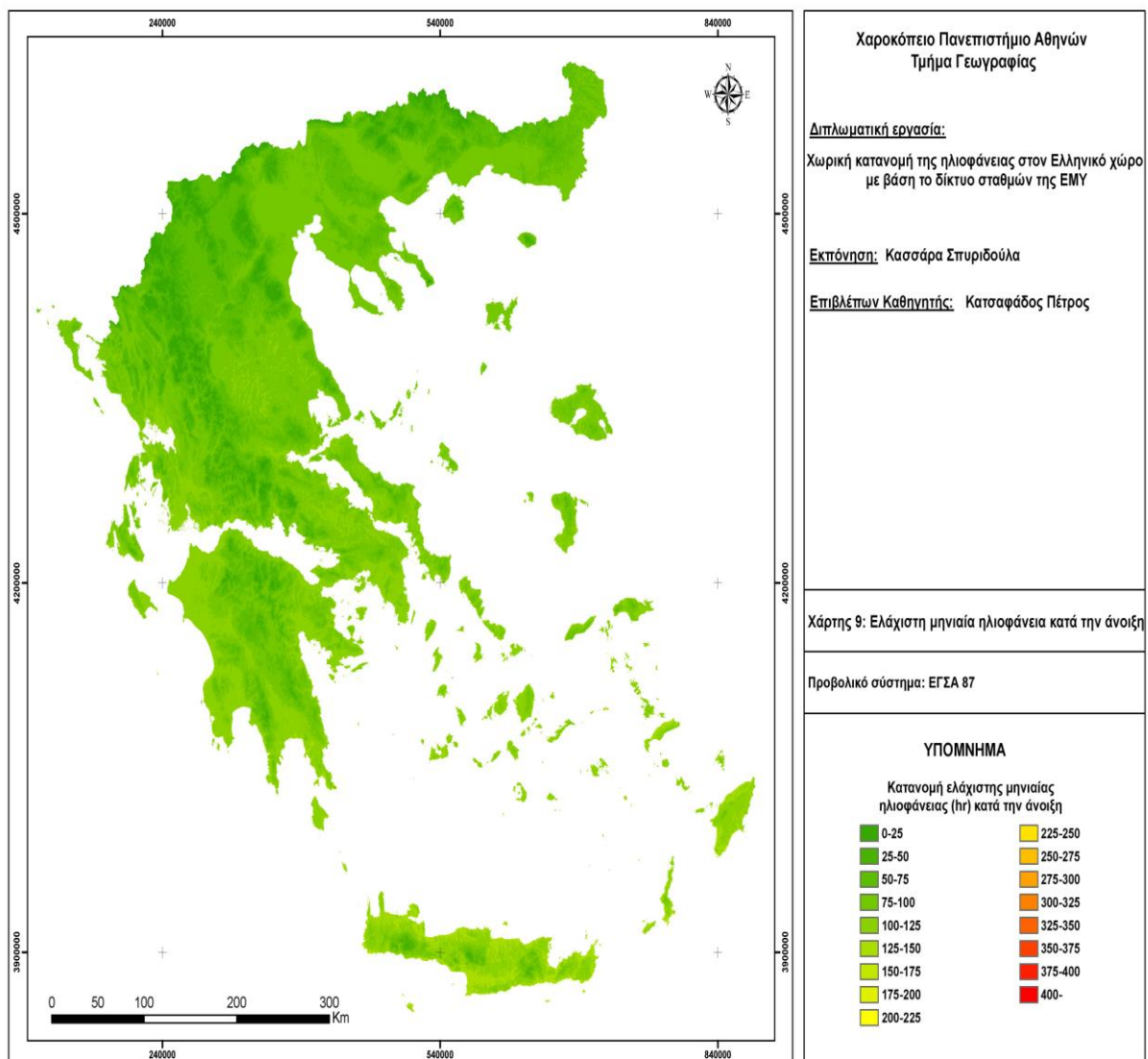


Χάρτης 11 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον Χειμώνα

Στον χάρτη 11 παρατηρούμε την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά τον χειμώνα, όπου η τιμή της φτάνει τις 225 με 250 ώρες ηλιοφάνειας περίπου, οι οποίες παρατηρούνται κυρίως προς τις νότιες περιοχές λόγω της κοντινής αποστάσεως αυτών των περιοχών με τον ισημερινό.

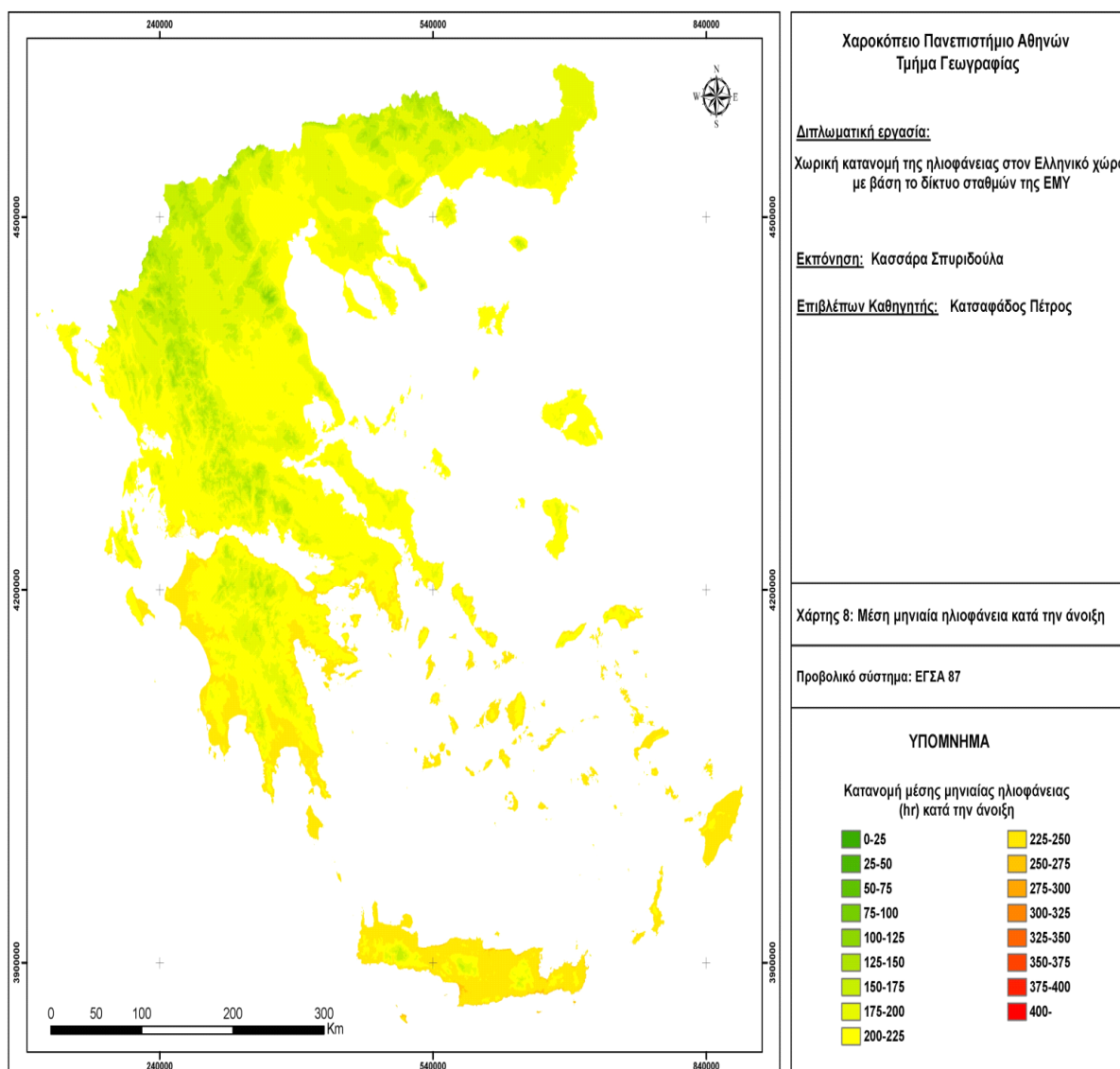
Συγκρίνοντας τους χάρτες της μηνιαίας ηλιοφάνειας κατά την περίοδο του χειμώνα μπορούμε να δούμε ότι οι βορειότερες περιοχές έχουν χαμηλότερη ηλιοφάνεια καθώς στον βορρά οι αέριες μάζες ψήχονται και έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλότερες τιμές. Ενώ η δυτική Πελοπόννησος, κυρίως, και τα νοτιότερα νησιά παρουσιάζουν μια αύξηση στην κατανομή της ηλιοφάνειας. Στην Πελοπόννησο το υψόμετρο είναι κυρίως χαμηλό και διευκολύνει την αύξηση τιμών ενώ οι νοτιότερες περιοχές της χώρας βρίσκονται πιο κοντά στον ισημερινό που έχει σαν αποτέλεσμα το κλίμα να είναι πιο ζεστό.

- Κατά την περίοδο της Άνοιξης:



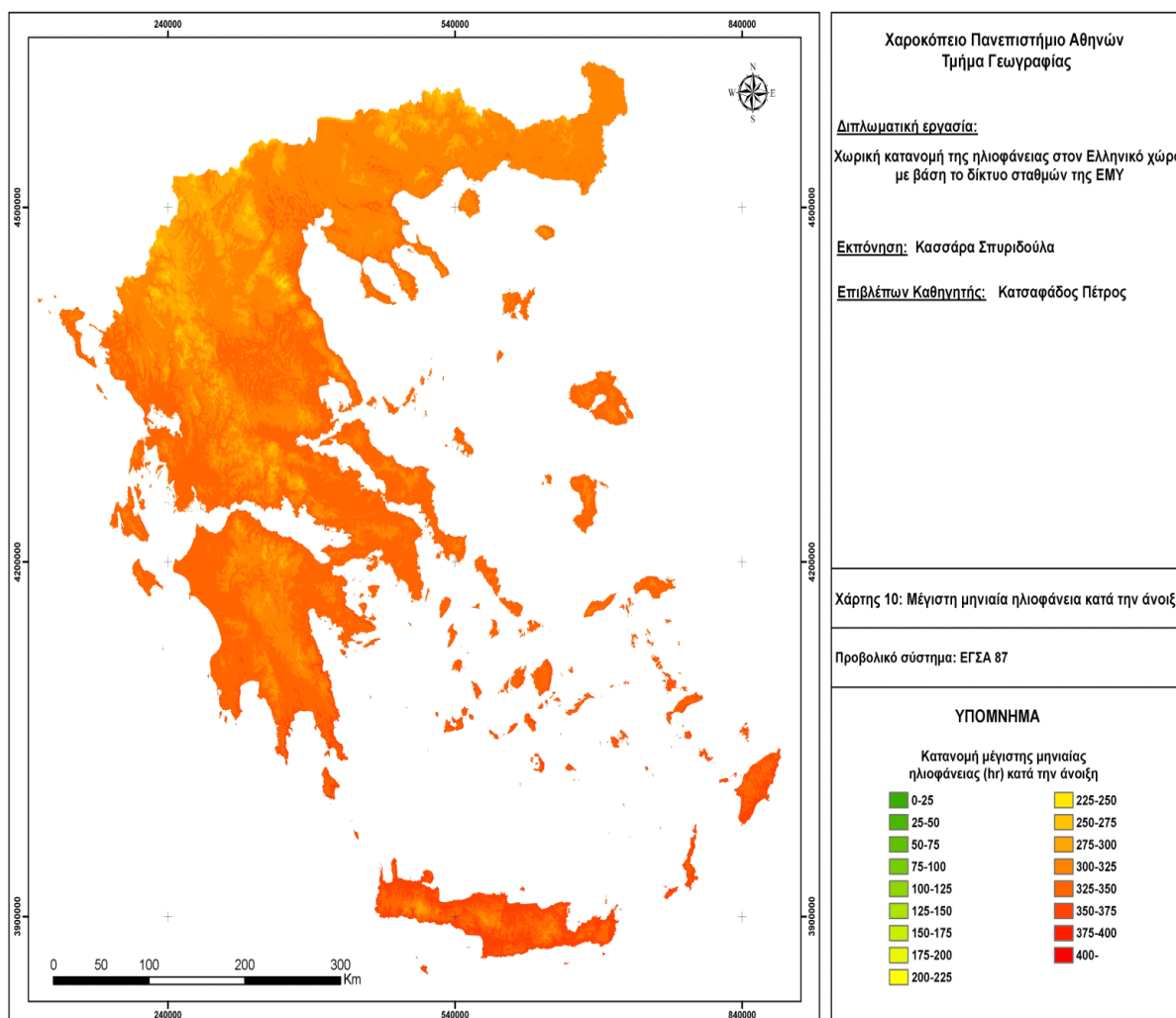
Χάρτης 12 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη

Στον χάρτη 12 παρατηρούμε την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη, στην περιοχή της Πίνδου και γύρω από αυτή την περιοχή διακρίνουμε τις μικρότερες ώρες ηλιοφάνειας που είναι περίπου 25 με 75, αυτό οφείλεται κυρίως στην οροσειρά της Πίνδου όπου εμποδίζεται η αύξηση των τιμών της ηλιοφάνειας ενώ προς τις νότιες περιοχές η τιμές φτάνουν μέχρι 175 ώρες ηλιοφάνειας.



Χάρτης 13 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη

Στον χάρτη 4.13 παρατηρούμε την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη όπου οι τιμές της φτάνουν τις 100 με 125 ώρες ηλιοφάνειας στις βόρειες περιοχές και τις 250 με 275 ώρες ηλιοφάνειας στις νότιες περιοχές όπου βρίσκονται κοντά στον ισημερινό όπου και το κλίμα είναι πιο θερμό.



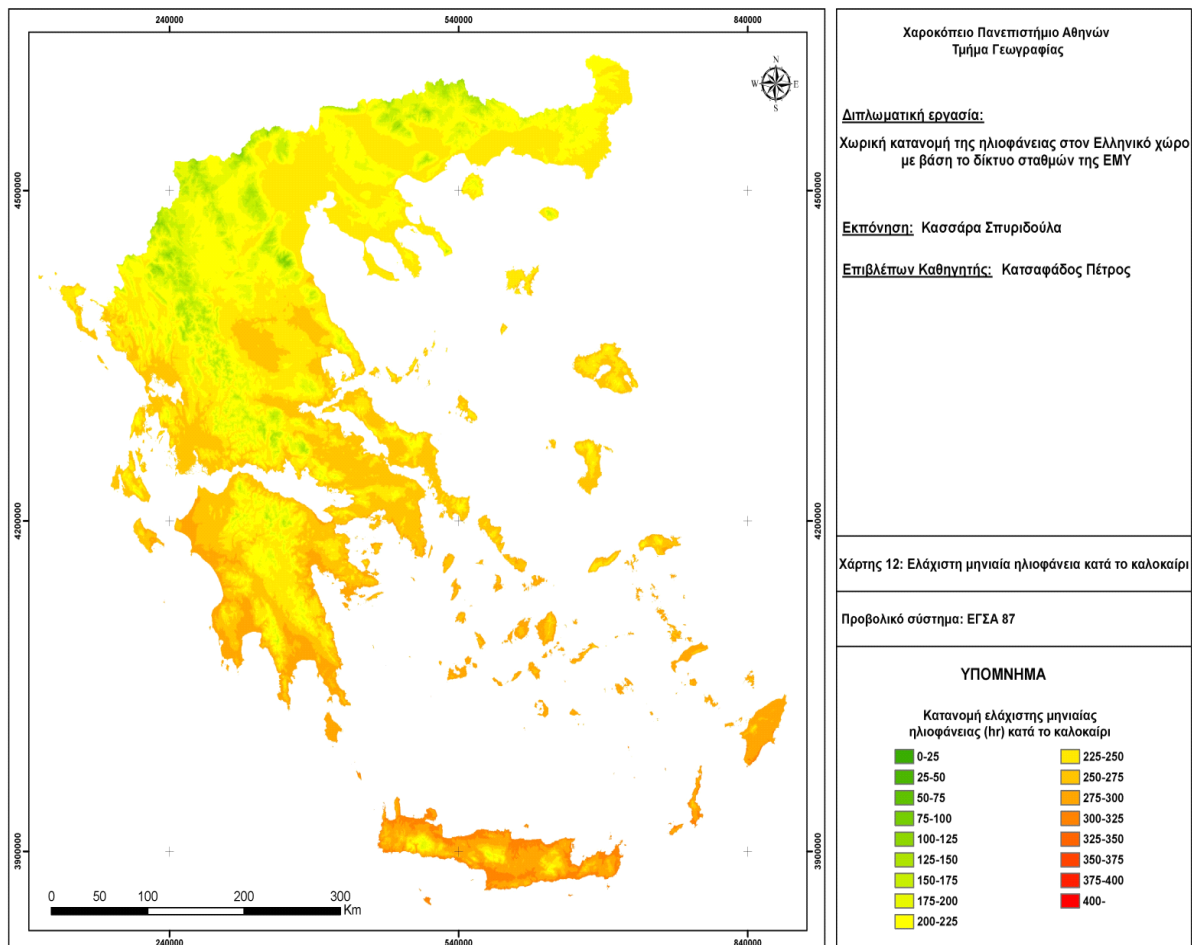
Χάρτης 14 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά την Άνοιξη

Στον χάρτη 14 παρατηρούμε την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια όπου οι διακρίνουμε ότι οι ώρες ηλιοφάνειας κυρίως στην περιοχή της Πίνδου φτάνουν τις 225 με 250 ώρες, λόγω του μεγάλου εμποδίου, την οροσειρά της Πίνδου, ενώ στις νότιες περιοχές βλέπουμε αυξημένες τιμές περίπου 375 ώρες ηλιοφάνειας ενώ υπάρχουν και σημεία σε αυτές τις περιοχές όπου οι τιμές είναι μικρότερες λόγω κάποιων εμποδίων εκείνη την περίοδο, σύννεφα, είτε κάποιων βουνών όπου υπάρχουν εκεί.

Κατά την περίοδο της Άνοιξης διακρίνουμε ότι οι περιοχές με την μεγαλύτερη κατανομή ηλιοφάνειας είναι κυρίως η δυτική και νότια Πελοπόννησος, η δυτική Ελλάδα, η πεδιάδα της Λάρισας και οι νησιωτικές περιοχές. Αυτή η αύξηση οφείλεται στις χαμηλές νεφώσεις λόγω

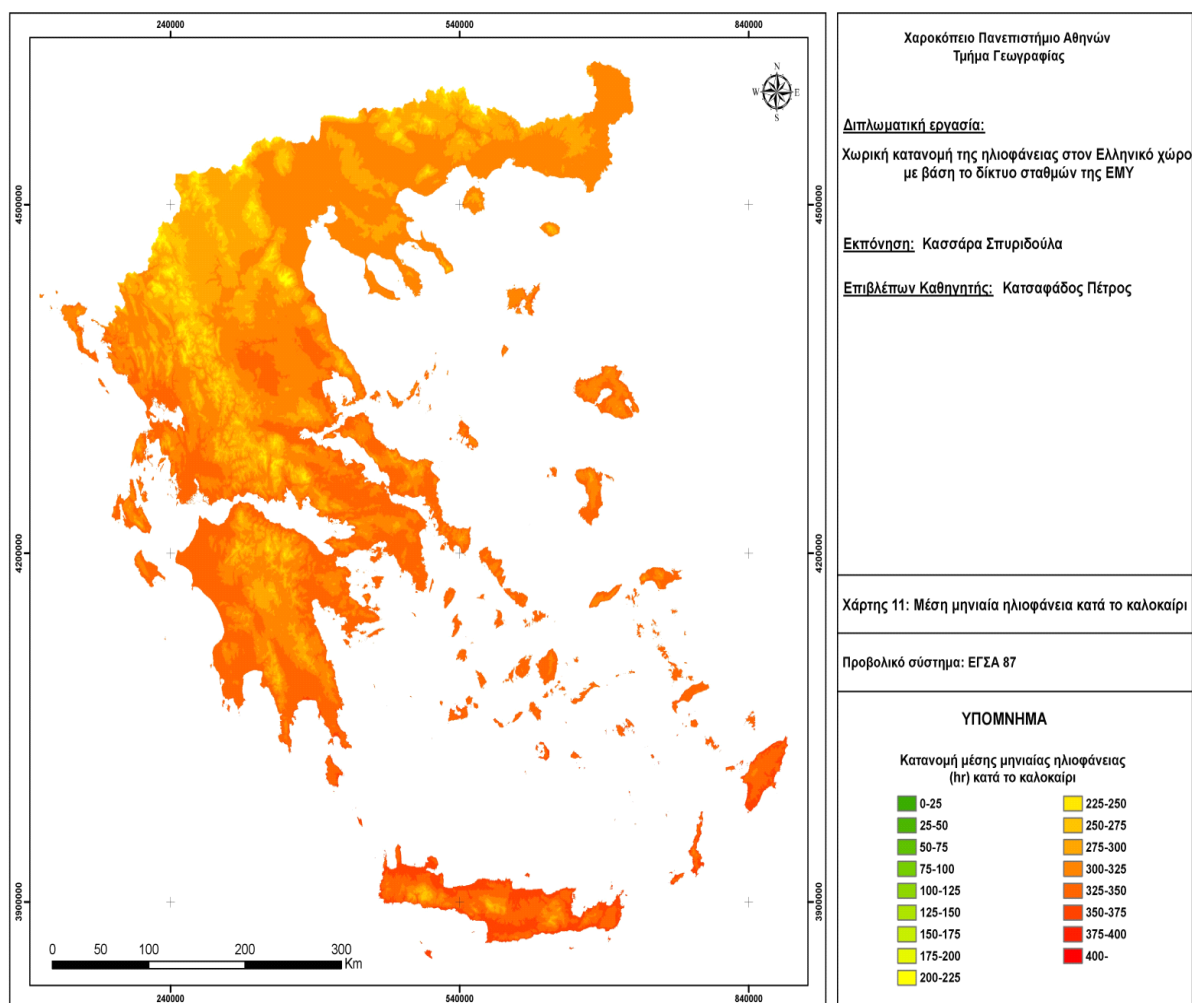
εποχής καθώς και στο υψόμετρο που δεν είναι υψηλό. Οι περιοχές με υψηλό υψόμετρο όπως στις ηπειρωτικές περιοχές, σε κάποια σημεία της Κρήτης καθώς και της Πελοποννήσου και στις βόρειες περιοχές της Ελλάδας έχει ως αποτέλεσμα την χαμηλή κατανομή ηλιοφάνειας για τις συγκεκριμένες περιοχές.

- Κατά την περίοδο του Καλοκαιριού:



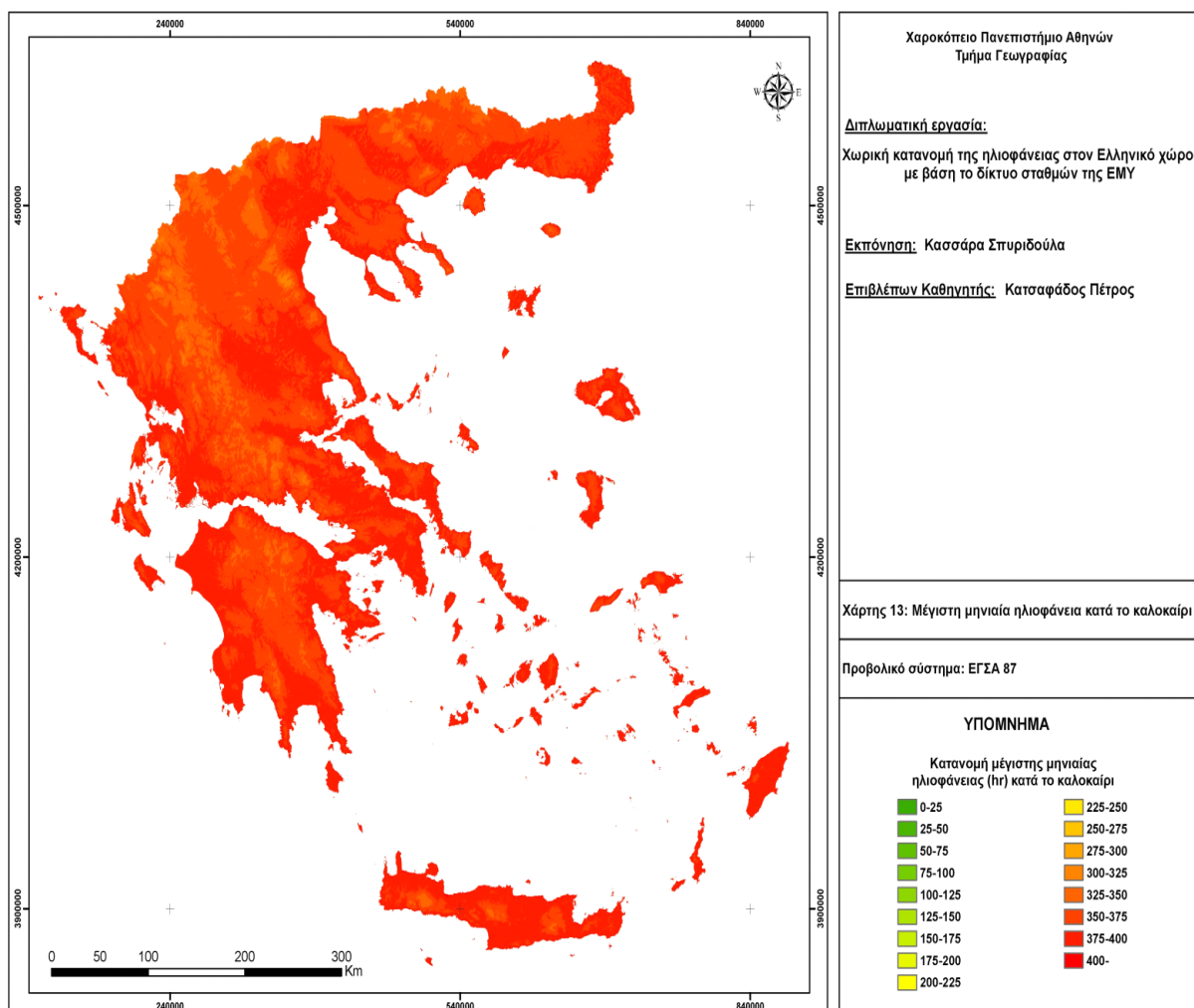
Χάρτης 15 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι

Στον χάρτη 15 παρατηρούμε την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι όπου οι τιμές έχουν αυξηθεί λόγω του θερινού ηλιοστασίου όπου και οι βόρειες περιοχές έχουν περίπου 125 με 150 ώρες ηλιοφάνειας για τις περιοχές που έχουν εμπόδια όπως στην Πίνδο και περίπου 225 με 250 ώρες ηλιοφάνειας έχουν οι πιο βόρειες και κεντρικές περιοχές της χώρας. Ενώ 325 με 350 ώρες ηλιοφάνειας έχουν οι νότιες περιοχές οι οποίες βρίσκονται πιο κοντά στον ισημερινό.



Χάρτης 16 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι

Στον χάρτη 16 παρατηρούμε την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι όπου διακρίνουμε ότι σχεδόν σε όλη την χώρα επικρατούν 300 με 375 ώρες ηλιοφάνειας εκτός την περιοχή της Πίνδου όπου υπάρχουν 225 με 270 ώρες ηλιοφάνειας λόγω της οροσειράς της Πίνδου και στις νοτιότερες περιοχές όπου φτάνουν τις 400 ώρες ηλιοφάνειας διότι είναι τα πλησιέστερα σημεία στον ισημερινό.



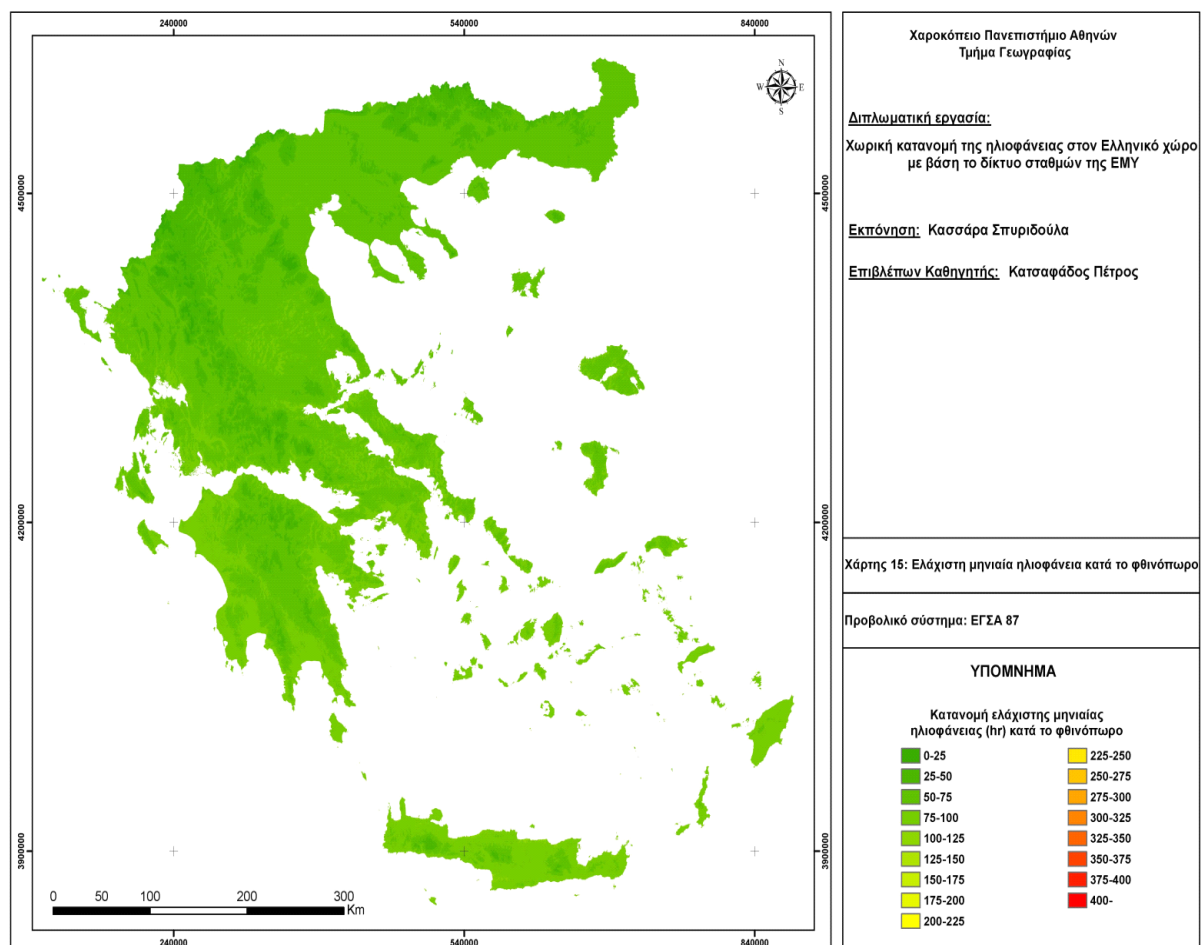
Χάρτης 17 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Καλοκαίρι

Στον χάρτη 17 παρατηρούμε την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το καλοκαίρι όπου διακρίνουμε, για εκείνο το διάστημα των 20 ετών, όλη η χώρα είχε 375 με 400 ώρες ηλιοφάνειας εκτός από τις περιοχές της Πίνδου, κάποιες της Πελοποννήσου και της Κρήτης όπου είχαν περίπου 300 με 350 ώρες ηλιοφάνειας λόγω κάποιων εμποδίων όπως τα βουνά.

Συμπερασματικά κατά την περίοδο του καλοκαιριού η αύξηση της κατανομής της ηλιοφάνειας είναι περισσότερο διακριτή στις βόρειες περιοχές της χώρας και αυτό οφείλεται στο πέρασμα από το χειμερινό στο θερινό ηλιοστάσιο όπου οι αέριες μάζες είναι πιο θερμές και στις βόρειες περιοχές στα σημεία με το χαμηλό υψόμετρο και κλίση οι τιμές αυξάνονται, ενώ στην περιοχή της Πελοποννήσου βλέπουμε ότι και πάλι οι τιμές της ηλιοφάνειας είναι αυξημένες όπως και

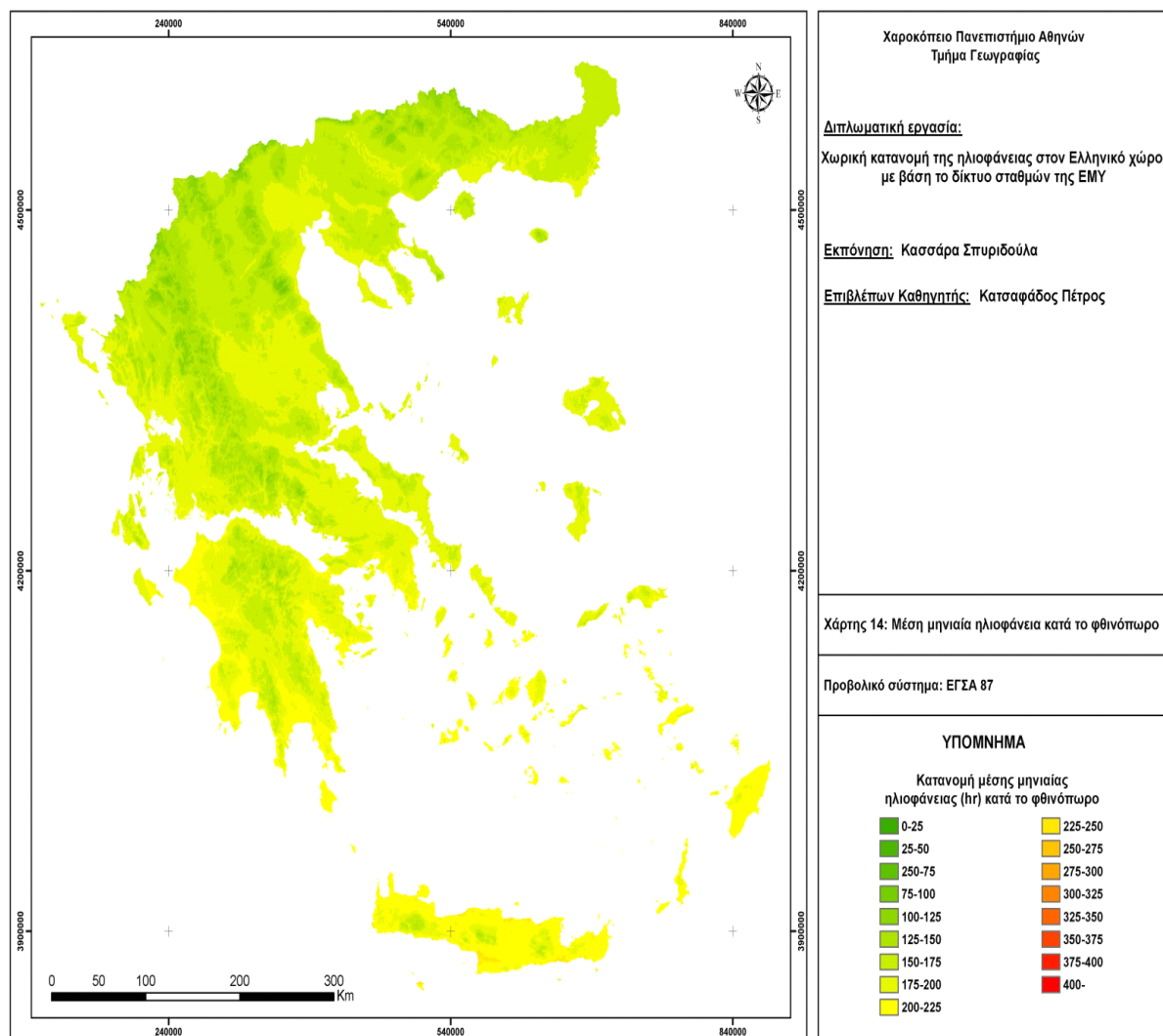
στις προηγούμενες εποχές καθώς και στις νησιωτικές περιοχές αλλά και στην δυτική Ελλάδα και στην Αττική. Λίγες είναι οι περιοχές της Ελλάδας με χαμηλή κατανομή ηλιοφάνειας και αυτές είναι οι ηπειρωτικές περιοχές λόγω της οροσειράς της Πίνδου όπου το υψόμετρο εμποδίζει τις θερμές αέριες μάζες να κατέβουν και τις ψύχει αλλά και σε κάποια σημεία της Πελοποννήσου και της Κρήτης όπου υπάρχει αρκετό υψόμετρο και εκεί λόγω ορισμένων βουνών.

- Κατά την περίοδο του Φθινοπώρου:



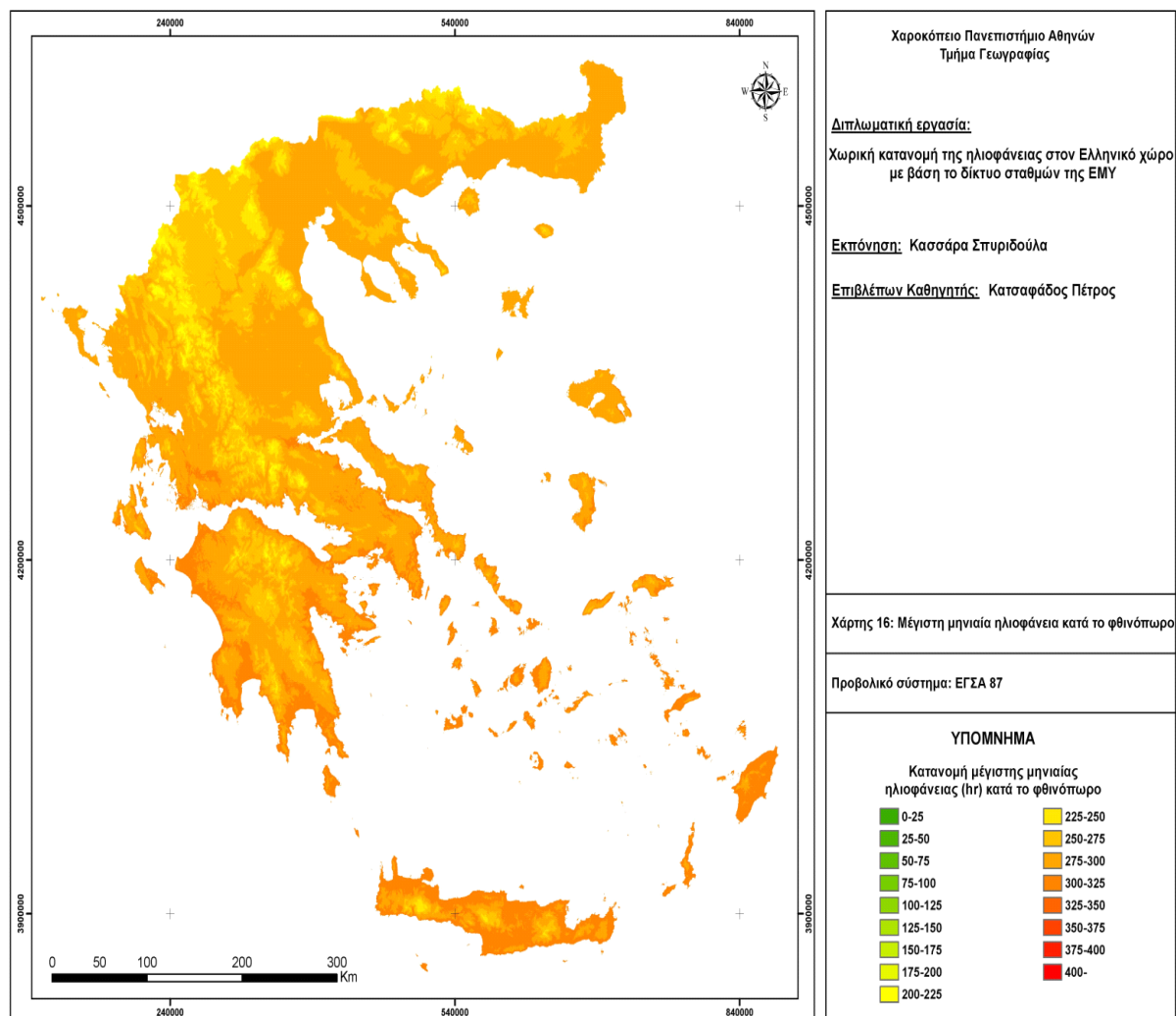
Χάρτης 18 : Ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο

Στον χάρτη 18 παρατηρούμε την ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το φθινόπωρο όπου διακρίνουμε ότι όλη η χώρα είχε 100 με 125 ώρες ηλιοφάνειας για εκείνη την περίοδο εκτός από τις νότιες περιοχές όπου είχαν 125 με 150 ώρες ηλιοφάνειας, μια μικρή αύξηση λόγω την κοντινή τους απόσταση με τον ισημερινό.



Χάρτης 19 : Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο

Στον χάρτη 19 παρατηρούμε την μέση μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το φθινόπωρο όπου οι ώρες ηλιοφάνειας, για το διάστημα των 20 ετών, κυρίως στην κεντρική και νότια περιοχή της χώρας ήταν περίπου 175 με 225 ώρες ενώ στις βόρειες περιοχές και στις περιοχές της Πίνδου έφταναν τις 100 με 150 ώρες ηλιοφάνειας.



Χάρτης 20 : Μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το Φθινόπωρο

Στον χάρτη 20 παρατηρούμε την μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια κατά το φθινόπωρο όπου στην περιοχή της Πίνδου οι ώρες ηλιοφάνειας ήταν περίπου 200 με 250 όπως και σε κάποια σημεία της Πελοποννήσου και της Κρήτης λόγω κάποιων εμποδίων όπως βουνά, ενώ στην υπόλοιπη χώρα έφτασαν τις 250 με 325 ώρες ηλιοφάνειας όπου οι μεγαλύτερη τιμή ανήκει κυρίως στις νότιες περιοχές οι οποίες βρίσκονται και πιο κοντά στον ισημερινό.

Κατά την περίοδο του φθινοπώρου παρατηρούμε ότι η κατανομή της ηλιοφάνειας κινείται σχεδόν όπως κατά την περίοδο της άνοιξης όπου οι περιοχές με την μεγαλύτερη κατανομή ηλιοφάνειας είναι κυρίως η δυτική και νότια Πελοπόννησος, η δυτική Ελλάδα, η πεδιάδα της Λάρισας και οι νησιωτικές περιοχές.

Συνοψίζοντας, από την σύγκριση που έγινε μεταξύ των εποχών, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η περιοχή της Πελοποννήσου, της Κρήτης και των νησιωτικών περιοχών παρουσιάζει μια σταθερή και αυξανόμενη κατανομή της ηλιοφάνειας όπως επίσης και οι περιοχές της Δυτικής και Ανατολικής Ελλάδας (Λάρισα και Αττική) όχι τόσο σημαντική όσο οι προηγούμενες περιοχές.

Εν ολίγοις θα μπορούσαμε να προτείνουμε ως κατάλληλες περιοχές για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων κυρίως στη νότια και δυτική πλευρά της Πελοποννήσου καθώς και τις νησιωτικές περιοχές της χώρας, χωρίς όμως να αποκλείσουμε της περιοχές της Δυτικής Ελλάδας, την Αττική και την πεδιάδα της Λάρισας.

ΚΕΦ. 5: Συμπεράσματα

Γενικά αυτή καθαυτή η διαδικασία της παλινδρόμησης με τα εργαλεία του ArcGIS είναι αρκετά απλή και εύκολη, και παράλληλα δίνει αναλυτικά αποτελέσματα και πλήθος δεικτών αξιολόγησης. Εντούτοις απαιτεί χρόνο η συγκέντρωση και επεξεργασία των διαφόρων δεδομένων, ώστε να είναι έτοιμα να εισαχθούν στην διαδικασία. Επιπλέον, απαιτείται μεγάλος χρόνος για την κατανόηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων, καθώς και την επανάληψη της διαδικασίας, ώστε να αποτυπωθούν οι σχέσεις που εκφράζουν καλύτερα το μοντέλο (π.χ. αφαίρεση σταθμών που έχουν ασυνήθιστα μεγάλες αποκλίσεις, προσθαφαίρεση μεταβλητών ανάλογα με το βαθμό που επηρεάζουν το μοντέλο).

Η αύξηση της ακρίβειας απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων (πχ μοντέλο εδάφους υψηλής ανάλυσης), γεγονός που αυξάνει κατακόρυφα το χρόνο επεξεργασίας και δυσχεραίνει την επεξεργασία. Είναι απαραίτητη η χρήση υπολογιστών με υψηλές δυνατότητες μνήμης και επεξεργασίας δεδομένων.

Σε όλη τη διαδικασία φάνηκε ότι το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος αποτελούν τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της ηλιοφάνειας. Το γεωγραφικό πλάτος ειδικά έχει πολύ μεγάλο βαθμό συσχέτισης με την ηλιοφάνεια, γεγονός που οφείλεται στην καλή χωρική κατανομή των σταθμών στον άξονα Βορράς – Νότος. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζουν η κλίση και ο προσανατολισμός.

Τα μέγιστα υψόμετρα σε Ανατολή και Δύση δεν επηρέασαν καθόλου τις προκύπτουσες εξισώσεις παλινδρόμησης, αν και χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικά δεδομένα και για αυτό αφαιρέθηκαν από την υπόλοιπη διαδικασία. (και λόγω της δυσκολίας στη διαχείρισή τους λόγω μεγάλου όγκου δεδομένων στο επίπεδο όλης της Ελλάδας).

Γενικά προσαρμόζονται οι κατανομές στα δεδομένα που υπάρχουν σε ένα επίπεδο αρχικά ικανοποιητικό. Στις περισσότερες εκτελέσεις το μοντέλο της παλινδρόμησης δίνει σχέσεις που έχουν αξιοπιστία κοντά ή πάνω από 50%.

Η μέση μηνιαία ηλιοφάνεια εξαρτάται κυρίως από το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος. Οι εξισώσεις που προκύπτουν από την παλινδρόμηση είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικές ως προς την αξιοπιστία τους. Γενικά οι μέσες τιμές του φαινομένου δείχνουν να εξηγούνται καλύτερα, σε σχέση με τις ακραίες τιμές (ελάχιστη - μέγιστη). Στην ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια υπεισέρχεται πιο αποφασιστικά και ο παράγοντας προσανατολισμός, δίνοντας και μεγαλύτερη αξιοπιστία στο μοντέλο. Ενώ η μέγιστη μηνιαία ηλιοφάνεια εξαρτάται κυρίως από το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος. Εντούτοις η αξιοπιστία των παραγόμενων μοντέλων παλινδρόμησης είναι μικρή, γεγονός που καταδεικνύει ότι η μέγιστη ηλιοφάνεια δεν μπορεί να εξηγηθεί ικανοποιητικά από τους παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν.

Η σχέση μεταξύ υψομέτρου και ηλιοφάνειας φαίνεται αρνητική (όσο μεγαλώνει το υψόμετρο, μειώνεται η ηλιοφάνεια), κάτι που δεν είναι απαραίτητα σωστό.

Η προβλεπόμενη ηλιοφάνεια σε όλες σχεδόν τις παλινδρομήσεις έχει υποεκτιμηθεί, γεγονός που αποτυπώνεται ευκρινέστερα στη μέγιστη και στην ελάχιστη μηνιαία ηλιοφάνεια. Αυτό οφείλεται στην ισχυρή αρνητική σχέση που δημιουργείται μεταξύ της ηλιοφάνειας και του γεωγραφικού πλάτους και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποια άλλη μεταβλητή που να επηρεάζει ισχυρά θετικά την ηλιοφάνεια. Επιπλέον, παίζει σημαντικό ρόλο η αρνητική σχέση μεταξύ υψομέτρου και ηλιοφάνειας οπότε στα μεγάλα υψόμετρα μειώνεται δραστικά το τελικό αποτέλεσμα

.

Οι περισσότεροι σταθμοί βρίσκονται σε αστικά κέντρα και παραθαλάσσιες περιοχές, που εξορισμού δεν έχουν μεγάλα υψόμετρα. Οι 36 από τους 44 σταθμούς έχουν υψόμετρο μικρότερο από 100μ ενώ δεν υπάρχει σταθμός με υψόμετρο που να πλησιάζει καν τα 1000μ. Άρα η κατανομή των σταθμών ως προς το υψόμετρο δεν είναι ικανοποιητική. Εντούτοις, το υψόμετρο επηρεάζει σημαντικά τα μοντέλα. Αν υπήρχε καλύτερη κατανομή θα φαινόνταν πιθανότατα ακόμα ισχυρότερη εξάρτηση από το υψόμετρο.

Γενικά η ηλιοφάνεια τείνει να υποτιμάται στους ηπειρωτικούς σταθμούς και να υπερεκτιμάται στους νησιωτικούς σταθμούς που έχουν μικρά υψόμετρα και σε ορισμένους που βρίσκονται πιο κοντά στον ισημερινό.

ΚΕΦ. 6: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, «Κλιματικά Στοιχεία των Σταθμών της Ε.Μ.Υ. , Τεύχος Α», Αθήνα 1999,
- Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλάκης, 2005, «Εφαρμογές λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια», Αθήνα,
- Κουτσόπουλος Κ., 2006, «Ανάλυση χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές, Τόμος Ι», Αθήνα,
- NOAA , 2004, Κατάταξη των πόλεων με βάση τον ετήσιο δυνατό ήλιο,
- Ορισμοί για άλλες καθημερινές στοιχεία , Αυστραλιανό Γραφείο Μετεωρολογίας (BMO),
- Σαλονικίδη Α. , 2016, "Εκτίμηση και ανάλυση του ηλιακού δυναμικού στον ελλαδικό χώρο με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα,
- Σκριμιζέας Π. , 2014, Εφαρμογές χωρικής ανάλυσης κλιματικών δεδομένων χαρτογράφησης βροχομετρικών δεδομένων στον Ελληνικό χώρο, Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα,
- Τσούτσος Λ. , 2004, Ψηφιακή Χαρτογραφία, Αθήνα,
- Φαρμάκη Α. , 2015, Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδος, Διπλωματική εργασία, Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα,
- WMO, 2008, Η μέτρηση της ηλιοφάνειας Διάρκεια", Οδηγός για Μετεωρολογικά Όργανα και Μέθοδοι Παρατήρησης (PDF).

6.2 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Burrough A. Peter, 1986, «Principles of Geographical Information Systems of Land Resources assessment»,
- Domrös, Manfred Peng, Gongbing, Το κλίμα της Κίνας, σελ. 75-78, ISBN 9783540187684
- Donatelli M., Carlini L.and Bellocchi G., 2006, "Asoftwarecomponent for estimating solar radiation", Environmental Modelling & Software, vol. 21, pp. 411 – 416

- Dubayah R. and Rich P. M., 1995, "Topographic solar radiation models for GIS" , Int. J. Geographical Information Systems, vol. 9, no. 4, pp. 405 – 419
- Godar, Alain Tabeaud, Martine, 2009, Les climats: Mécanismes, variabilit, Armand Colin, ISBN 9782200246044
- Kalogirou, S. 2003. *The statistical analysis and modelling of internal migration flows within England and Wales* (Doctoral dissertation). Retrieved from eThesis, Newcastle University Library (201 29808 1).
- Fox, J. , 1997, *Applied Regression Analysis, Linear Models, and Related Methods*. London: Sage. , pp.116
- Ksenija Zaninovic, 2008, «Klimatski Atlas Hrvatske», Zagreb
- Kumar L., Skidmore A.K and Knowles E., 1997 , "Modeling topographic variation in solar radiation in a GIS environment" , International Journal of Geographic Information Science , vol. 11, pp. 475 – 497
- Marquez R., Coimbra C.F.M., 2011, " Forecasting of global and direct solar irradiance using stochastic learning methods, ground experiments and the NWS database" , Solar Energy, vol. 85, pp. 746 – 756
- Mellit A. and Pavan A.M., 2010, "A 24-h forecast of solar irradiance using artificial neural network: Application for performance prediction of a grid-connected PV plant at Trieste, Italy" , Solar Energy, vol. 84, pp. 807 – 821
- Suri M. and Hofierka J., 2004, "A New GIS – based Solar Radiation Model and its Application to Photovoltaic Assessments" , Blackwell Publishing Ltd., Transactions in GIS 8, no 2, pp. 175 – 190
- Tarpley J.D. , 1976 , "Estimating Incident Solar Radiation at the Surface from Geostationary Satellite Data" , Journal of Applied Meteorology, vol. 18 , pp. 1172 – 1181
- Tian Y,Q., Davies – Colley R.J., Gong P. and Thorrold B.W., 2001, "Estimating solar radiation on slopes of arbitrary aspect" , Agricultural and Forest Meteorology, vol. 57, pp. 109
- Tobiska W.K., Woods T., Eparvier F., Viereck R., Floyd L., Bouwer D., Rottman G. and White O.R., 2000, "The SOLAR2000 empirical solar irradiance model and forecast tool" , Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, vol. 62, pp. 1233 – 1250

6.3 Βιβλιογραφία Διαδικτύου

Γιαννάκας Ν., 2016, Sundials. Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <http://sundials.gr/reading.html>

Καλογήρου Σ., 2015, Χωρική Ανάλυση: Μεθοδολογία και εφαρμογές με τη γλώσσα R, Αθήνα, σ. 106 - 109, σ. 146, Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5029>

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) 2015. Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=446>

University of Southern California (USC) 2016, solar basics. Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <http://www.usc.edu/dept-00/dept/architecture/mbs/tools/thermal/solarbasic.html>

Physics and Astronomy 2016, Azimuth. Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <http://www.j-giesen.de/SunCompass/azimuth/index.html>

Photovoltaic Education Network 2016, Pveducation. Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα <http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight>

ArcGIS, Ordinary Least Square (OLS). Εύρεση στις 8 Φεβρουαρίου 2018 στην ιστοσελίδα www.proarcgis.com

