

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ
ΠΟΡΟΥΣ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΠΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ
ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΚΡΙΤΖΑΠΗ Κ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων

Καλύβας Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2011

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ
ΠΟΡΟΥΣ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΠΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ
ΧΩΡΟ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΚΡΙΤΖΑΠΗ Κ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων

Καλύβας Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2011

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΠΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ
ΧΩΡΟ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΚΡΙΤΖΑΠΗ Κ. ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων της Διατριβής

Καλύβας Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καλύβας Διονύσιος, Επίκουρος Καθηγητής

Μουστάκας Νικόλαος, Καθηγητής

Αλεξανδρής Σταύρος, Λέκτορας

ΑΘΗΝΑ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Καλύβα Διονύσιο για την ανάθεση του θέματος και την επίβλεψη της μεταπτυχιακής μου μελέτης καθώς και για την παροχή χρήσιμων συμβουλών και πολύτιμων δεδομένων η απουσία των οποίων θα είχε ως αποτέλεσμα την αποτυχία της παρούσας εργασίας. Ακόμα τον ευχαριστώ για τη φιλοξενία που μου προσέφερε στο χώρο του εργαστηρίου της Ερευνητικής Μονάδας GIS του ΓΠΑ και τη δυνατότητα που μου παρείχε για τη χρησιμοποίηση όλου του απαραίτητου υλικοτεχνικού εξοπλισμού. Οι παρατηρήσεις και οι διορθώσεις του Καθηγητή κ. Μουστάκα Νικόλαου που ήταν το δεύτερο μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής αποτέλεσαν βασικότατο εργαλείο για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας και τον ευχαριστώ εξίσου. Επίσης ευχαριστώ το μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής τον Λέκτορα κ. Αλεξανδρή Σταύρο για την καταλυτική του συμβολή στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Από αυτήν την θέση θεωρώ μεγάλη υποχρέωση να ευχαριστήσω κάποιους φίλους, χωρίς την βοήθεια των οποίων η συγκεκριμένη μελέτη δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Πρώτα από όλα θέλω να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας κ. Δήμου Παρασκευή και τον γεωπόνο κ. Κολοβό Χρόνη για την αμέριστη συμπαράστασή τους καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την εκτέλεση των ερευνητικών εργασιών μου με ειδικά λογισμικά GIS, χωρικής ανάλυσης και γεωστατιστικής.

Μεγάλη παράληψη θα ήταν εάν τελείωνα τις σκέψεις μου χωρίς να ευχαριστήσω την οικογένειά μου η οποία μου προσέφερε ηθική και οικονομική στήριξη για να μπορέσω να πραγματοποιήσω μεταπτυχιακές σπουδές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βροχόπτωση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς παράγοντες. Χαρακτηριστικό της γνώρισμα είναι η χωρική μεταβλητότητα καθώς και ότι ένα μεγάλο πλήθος παραγόντων όπως η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο κ.α., επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της. Η κατανομή της, αποτελεί σημαντική πληροφορία για ερευνητές και επιστήμονες πολλών ειδικοτήτων. Επειδή όμως, είναι γνωστό ότι καμία μέθοδος χωρικής παρεμβολής δεν μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη στην απόδοση της βέλτιστης κατανομής της βροχόπτωσης για όλες ανεξαιρέτως τις περιοχές και όλα τα τοπογραφικά ανάγλυφα είναι σημαντικό να συγκριθούν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων στα ίδια δεδομένα. Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται στην αξιολόγηση διάφορων τεχνικών χωρικής παρεμβολής για την πρόβλεψη της χωρικής κατανομής της βροχόπτωσης στο πολύπλοκο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιφέρειας της Θεσσαλίας συνολικής έκτασης 14.036 km². Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα από 35 μετεωρολογικούς σταθμούς από μια χρονοσειρά είκοσι ετών (1975 – 1995). Τα δεδομένα αυτά αποτελούν μέσες αθροιστικές μηνιαίες τιμές ύψους βροχής. Οι διαφορετικές μέθοδοι χωρικής παρεμβολής που εφαρμόστηκαν είναι η μέθοδος της σταθμισμένης αντίστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighted - IDW), η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση (Geographically Weighted Regression) και οι γεωστατιστικές μέθοδοι Ordinary kriging (OK) και Co-kriging (CK). Στις μεθόδους GWR και CK χρησιμοποιήθηκαν ως βοηθητικές οι τιμές του τοπογραφικού υψομέτρου και της κλίσης που προήλθαν από το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου (Digital Elevation Model). Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα της σύγκρισης (των τεσσάρων μεθόδων) μέσω της διαδικασίας του cross validation απέδειξαν την υπεροχή της μεθόδου GWR καταδεικνύοντας παράλληλα την σημαντική διαφορά των τιμών έναντι των άλλων μεθόδων.

Λέξεις - κλειδιά: IDW, Ordinary Kriging, Co-kriging, GWR, ψηφιακό μοντέλο υψομέτρου, Cross validation.

ABSTRACT

The rainfall constitutes one of the more important atmospheric factors. Main characteristic of rainfall is its spatial variability which is attributed to the fact that a series of variables including the geographical position, the altimeter, etc influence its traits. As known the distribution of rainfall consist important information for researchers and scientists of several scientific fields. However it is a common fact that no single method can be considered suitable for the estimation of the optimal rainfall distribution for all regions and all topographic reliefs. For this reason it is important to compare the statistical results that will be produced from the application of different methods in the same dataset. The objective of the present study is the evaluation of various techniques for the forecasting of rainfall distribution in the complicated topographic relief of Thessaly (Greece) that covers an area of 14.036 km². For the achievement of this objective were used mean annual and monthly precipitation data from 35 meteorological stations during a 20 year period. The different methods that were evaluated were Inverse Distance Weighted (IDW), Geographically Weighted Regression (GWR), Ordinary kriging (OK), and Co-kriging (CK). Elevation and slope values generated from Digital Elevation Model (DEM) were used as secondary variables by the Geographically Weighted Regression and Co-kriging models. Finally the results from the comparative analysis (Cross validation) of the abovementioned methods proved the GWR procedure as the best method for predicting the distribution of rainfall.

Key words: Inverse Distance Weighted, Ordinary Kriging, Co-kriging, Geographically weighted regression, Digital Elevation Model, Cross validation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ	10
2. ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	14
2.1. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	15
2.2. ΜΗ ΧΩΡΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	17
2.3. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	22
2.4. ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (DEM).....	25
2.5. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ	29
2.5.1. Μέθοδοι τοπικών εκτιμήσεων	30
2.5.1.1. Παρεμβολή Inverse Distance Weighted (IDW).....	31
2.5.1.2. Παρεμβολή Γεωγραφικά Σταθμισμένης Παλινδρόμησης (Geographically Weighted Regression).....	32
2.6. ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	35
2.6.1. Θεωρία περιφερειακής μεταβλητής	36
2.6.2. Ημιβαριόγραμμα	38
2.6.2.1. Χαρακτηριστικά ημιβαριογράμματος	39
2.6.2.2. Τύποι ημιβαριογράμματος.....	41
2.6.2.3. Μοντέλα ημιβαριογράμματος	41
2.6.3. Ανισοτροπία	45
2.6.4. Γεωστατιστικές μέθοδοι εκτιμήσεων	47
2.6.4.1. Παρεμβολή Kriging.....	47
2.6.4.2. Παρεμβολή Co-Kriging	50
2.7. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ	52

3. ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ:ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	55
3.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	55
3.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	56
3.3. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	59
3.4. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	63
3.5. ΨΗΦΙΑΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	64
3.6. ΜΗ ΧΩΡΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	67
3.7. ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	73
3.8. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ IDW	76
3.9. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ GWR.....	79
3.10. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ Ordinary Kriging.....	86
3.11. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ Co - Kriging.....	89
4. ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ:ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	116

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κατανομή της συνολικής κατακρήμνισης στην Ελλάδα.....	16
Εικόνα 2: Παράδειγμα Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου (DEM).....	25
Εικόνα 3: Σχηματική αποτύπωση κόμβων και τριγωνικού δικτύου.....	27
Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση επιφάνειας εδάφους με τρίγωνο.....	28
Εικόνα 5: Τυπικό ημιβαριόγραμμα με τις βασικές παραμέτρους.....	39
Εικόνα 6: Σφαιρικό μοντέλο.....	42
Εικόνα 7: Εκθετικό μοντέλο.....	42
Εικόνα 8: Γραμμικό μοντέλο.....	43
Εικόνα 9: Gaussian μοντέλο.....	44
Εικόνα 10: Βαριόγραμμα που περιγράφει τη γεωμετρική ανισοτροπία στις δυο διευθύνσεις.....	46
Εικόνα 11: Βαριόγραμμα που περιγράφει τη ζωνική ανισοτροπία στις δυο διευθύνσεις.....	46
Εικόνα 12: Το μοντέλο του ordinary kriging.....	48
Εικόνα 13: Πίνακας δεδομένων σε περιβάλλον ArcMap.....	63
Εικόνα 14: Ιστόγραμμα μέσου ετήσιου ύψους βροχής.....	68
Εικόνα 15: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ετήσιου ύψους βροχής.....	69
Εικόνα 16: Ιστόγραμμα μέσο ύψος βροχής ψυχρής περιόδου.....	69
Εικόνα 17: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου.....	70
Εικόνα 18: Ιστόγραμμα μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου.....	70
Εικόνα 19: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.....	71
Εικόνα 20: Διάγραμμα Trend Analysis του μέσου ετήσιου ύψους βροχής.....	74
Εικόνα 21: Διάγραμμα Trend Analysis του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου.....	74

Εικόνα 22: Διάγραμμα *Trend Analysis* του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.....74

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Πίνακας μέσων ετήσιων τιμών και μέσων τιμών θερμής και ψυχρής περιόδου του ύψους βροχής.....	62
Πίνακας 2: Ποσοστό έκτασης (%) που καταλαμβάνει η κάθε κλάση υψομέτρου στην περιοχή μελέτης.....	65
Πίνακας 3: Ποσοστό έκτασης (%) που καταλαμβάνει η κάθε κλάση κλίσης στην περιοχή μελέτης.....	66
Πίνακας 4: Πίνακας αποτελεσμάτων βασικών στατιστικών μεγεθών του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια των τριών περιόδων αναφοράς.....	67
Πίνακας 5: Πίνακας αποτελεσμάτων συντελεστή ασυμμετρίας, κύρτωσης και ελέγχου Kolmogorov-Smirnov.....	71
Πίνακας 6: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ετήσιου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων.....	72
Πίνακας 7: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου.....	72
Πίνακας 8: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου.....	73
Πίνακας 9: Πίνακας αποτελεσμάτων ολικού δείκτη Moran' s I.....	75
Πίνακας 10: Δείκτες αξιολόγησης της πρόβλεψης των τιμών του μέσου ύψους βροχής με χρήση της χωρικής παρεμβολής IDW.....	76
Πίνακας 11: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.....	79
Πίνακας 12: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής της ψυχρής περιόδου.....	81
Πίνακας 13: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής της θερμής περιόδου.....	84
Πίνακας 14: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Ordinary Kriging μεθόδου.....	86
Πίνακας 15: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Ordinary Kriging.....	87

Πίνακας 16: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.	89
Πίνακας 17: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.	90
Πίνακας 18: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.	92
Πίνακας 19: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.	93
Πίνακας 20: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.	95
Πίνακας 21: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.	95
Πίνακας 22: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για τις τρεις περιόδους.	99
Πίνακας 23: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.	100
Πίνακας 24: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ύψος βροχής κατά τη ψυχρή περίοδο.	104
Πίνακας 25: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ύψος βροχής κατά τη θερμή περίοδο.	107

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Χαρτογραφική απεικόνιση της Περιφέρειας Θεσσαλίας με ένθετη δορυφορική εικόνα της ίδιας περιοχής.	56
Χάρτης 2: Γεωγραφικές θέσεις μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης.	60
Χάρτης 3: Χάρτης υψομέτρου περιοχής μελέτης.	64
Χάρτης 4: Χάρτης κλίσης περιοχής μελέτης.	66
Χάρτης 5: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο IDW.	77
Χάρτης 6: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο IDW.	77
Χάρτης 7: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο IDW.	78
Χάρτης 8: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	80
Χάρτης 9: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	80
Χάρτης 10: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	81
Χάρτης 11: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	82
Χάρτης 12: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	83
Χάρτης 13: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	83
Χάρτης 14: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	84
Χάρτης 15: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	85
Χάρτης 16: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.	85

Χάρτης 17: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο <i>Ordinary Kriging</i>	87
Χάρτης 18: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο <i>Ordinary Kriging</i>	88
Χάρτης 19: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο <i>Ordinary Kriging</i>	88
Χάρτης 20: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	90
Χάρτης 21: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	91
Χάρτης 22: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	91
Χάρτης 23: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	93
Χάρτης 24: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	94
Χάρτης 25: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	94
Χάρτης 26: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	96
Χάρτης 27: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	97
Χάρτης 28: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	97
Χάρτης 29: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο <i>IDW</i>	102
Χάρτης 30: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>GWR</i>	102
Χάρτης 31: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής την μέθοδο <i>Ordinary-Kriging</i>	103
Χάρτης 32: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	103

Χάρτης 33: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο <i>IDW</i>	105
Χάρτης 34: Χάρτης πρόβλεψης μέσο ύψος βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>GWR</i>	105
Χάρτης 35: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο <i>Ordinary-Kriging</i>	106
Χάρτης 36: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	106
Χάρτης 37: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο <i>IDW</i>	108
Χάρτης 38: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο <i>GWR</i>	108
Χάρτης 39: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο <i>Ordinary-Kriging</i>	109
Χάρτης 40: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο <i>Co-Kriging</i>	109

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ

Η παραλλακτικότητα των μετεωρολογικών δεδομένων είναι αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής κίνησης των εναέριων μαζών και των πολύπλοκων βιογεωκλιματικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με συγκεκριμένες τοποθεσίες και φυσιογραφίες τοπογραφικών αναγλύφων (*Diotato, 2005*). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η κατανομή των βροχοπτώσεων στις ορεινές περιοχές δεν είναι κατά απόλυτο τρόπο γνωστή, μερικώς εξαιτίας της πολυπλοκότητας της τοπογραφίας των περιοχών αυτών και μερικώς λόγω της έλλειψης βροχομετρικών δεδομένων (*Prudhomme and Reed, 1999*). Σύμφωνα με τους Johansson και Chen, (2003) η χαρτογράφηση της βροχόπτωσης των ορεινών περιοχών είναι ιδιαίτερος σημαντική διότι συνήθως οι μετεωρολογικοί σταθμοί εντοπίζονται στις πεδιάδες όπου η πρόσβαση είναι ευκολότερη και τα βροχομετρικά δεδομένα που παρουσιάζουν δεν ανταποκρίνονται στις υψηλότερες βροχοπτώσεις των ορεινών περιοχών.

Η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.) χαρακτηρίζει ως ημιορεινές τις κοινότητες που η εδαφική περιοχή τους βρίσκεται στους πρόποδες των βουνών ή η έκτασή τους μοιράζεται η μισή περίπου στην πεδιάδα και η άλλη μισή στο βουνό, αλλά πάντα με υψόμετρο μέχρι 800 μέτρα, για το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της κοινότητας. Ορεινές χαρακτηρίζονται οι κοινότητες που είτε το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκεται σε υψόμετρο άνω των 800 μέτρων ή η εδαφική τους επιφάνεια είναι πολύ κεκλιμένη, χωρίζεται δε από χαράδρες ή καλύπτεται από ορεινούς όγκους που δημιουργούν πολλαπλές εδαφικές πτυχώσεις με υψομετρικές διαφορές μεγαλύτερες από 400 μέτρα (*Ε.Σ.Υ.Ε. 1995*). Μετά την απογραφή του 1991, καταγράφηκαν στην Ελλάδα 1.505 ημιορεινές και 2.138 ορεινές κοινότητες οι οποίες καταλαμβάνουν περίπου 94 εκατομμύρια στρέμματα, δηλαδή το 71% (42% ορεινό και 29% ημιορεινό) του συνόλου της έκτασης της χώρας (132 εκατ. στρέμματα) (*Παπαδημάτου κ.α., 2001*).

Δεδομένου των ανωτέρω στοιχείων η Ελλάδα χαρακτηρίζεται ως μια κατεξοχήν ορεινή χώρα και είναι λογικό εξαιτίας της φύσης του αναγλύφου της

να υπάρχουν ελλείψεις ως προς τη βροχομετρική πληροφορία στις ορεινές περιοχές της. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνεισφορά προς την κατεύθυνση της κάλυψης αυτών των ελλείψεων – σε μία μικρή περιοχή - δεδομένου ότι εξετάζει την επίδραση συγκεκριμένων τοπογραφικών συνθηκών στην χωρική κατανομή κλιματικών δεδομένων, που παρέχονται από το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών των υπηρεσιών της Ε.Μ.Υ, της Δ.Ε.Η. και του υπουργείου ΥΠ.Ε.ΧΩ.ΔΕ στην περιφέρεια της Θεσσαλίας, με σκοπό να παρουσιασθεί η ορθότερη δυνατή αποτύπωση των βροχομετρικών δεδομένων ιδιαίτερα σε περιοχές που το δίκτυο των σταθμών είναι ανεπαρκές.

Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες παραδοσιακές μέθοδοι εκτίμησης των τιμών της βροχόπτωσης σε σημεία που δεν υπάρχουν μετρήσεις όπως η μέθοδος του μέσου όρου των τιμών των σταθμών, η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen, η μέθοδος της σταθμισμένης αντίστροφης απόστασης (IDW) και η μέθοδος των ισοϋετών καμπυλών (Thiessen 1911, Shepard 1968, McCuen 1989). Ως εναλλακτικές των συμβατικών-παραδοσιακών μεθόδων χρησιμοποιούνται επίσης και οι γεωστατιστικές μέθοδοι για την εκτίμηση των τιμών της βροχόπτωσης οι οποίες στηρίζονται στη θεωρία των περιφερειακών μεταβλητών και παρέχουν ένα σύνολο στατιστικών εργαλείων που βοηθούν στην ανάλυση της χωρικής συσχέτισης των παρατηρήσεων στη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων (Mair και Fares, 2011, Goovaerts, 1997). Σύμφωνα με πάρα πολλούς ερευνητές οι γεωστατιστικές μέθοδοι εκτιμούν καλύτερα την βροχόπτωση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους (Bacchi και Kottegoda 1995, Christel και Reed 1999, Goovaerts 2000, Camping et al. 2001, Drogue et al. 2002, Buytaert et al. 2006). Η κύρια γεωστατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στις περιβαλλοντικές επιστήμες είναι η μέθοδος kriging ενώ μια επέκταση της μεθόδου αυτής αποτελεί η μέθοδος Co-kriging, η οποία λαμβάνει υπόψη, στην εκτίμηση μιας τιμής ορισμένης μεταβλητής, τιμές δευτερευόντων μεταβλητών. Επομένως ένα άλλο πλεονέκτημα της γεωστατιστικής είναι η δυνατότητα συμπερίληψης ενός πιο πυκνού δικτύου δευτερευόντων μεταβλητών (π.χ. υψόμετρο, κλίση εδάφους) εκτός των πρωτογενών δεδομένων (βροχόπτωση) προκειμένου να υπολογιστούν

καλύτερα οι τιμές της βροχόπτωσης. Η χρήση τοπογραφικών παραμέτρων ως πηγή βοηθητικών πληροφοριών για υδρο-κλιματολογικές μεταβλητές έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές την τελευταία δεκαετία (*Bogaert et al., 1995, Martinez-Cob, 1996, Pardo-Iguzquiza, 1998, Deirasme et al., 2000, Gomez-Hernandez και Cassiraga, 2000, Goovaerts, 2000*). Ειδικότερα για τις ορεινές περιοχές οι Price et al (2000) θεωρούν απαραίτητη την συμπερίληψη του παράγοντα υψομέτρου ως ανεξάρτητης μεταβλητής σε οποιαδήποτε προσπάθεια χωρικής παρεμβολής.

Παράλληλα με τις παραπάνω μεθόδους, τα τελευταία χρόνια μια απλή μέθοδος αλλά πολύ δυνατή όπως έχει αποδείξει κατά την εφαρμογή της από ερευνητές (*I. B. Gundogdu et al., 2010, A. Matkan et al., 2010, P. A. Bostan et al., 2010*) έρχεται να αντιμετωπίσει τις προαναφερθείσες μεθόδους. Πρόκειται για την μέθοδο τοπικής εκτίμησης των τιμών της εκάστοτε μελετώμενης μεταβλητής, καλούμενη ως GWR (Geographically Weighted Regression) ή άλλως παρεμβολή Γεωγραφικά Σταθμισμένης Παλινδρόμησης.

Επειδή είναι γνωστό ότι καμία μέθοδος παρεμβολής δεν μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη για όλες ανεξαιρέτως τις περιοχές και όλα τα τοπογραφικά ανάγλυφα είναι σημαντικό να συγκριθούν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων στα ίδια δεδομένα. Προς την κατεύθυνση αυτή θα χρησιμοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός ολοκληρωμένου Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος και της γεωστατιστικής προσέγγισης προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των καθοριστικών τοπογραφικών παραγόντων στην χωρική παρεμβολή της βροχόπτωσης στην περιφέρεια της Θεσσαλίας η οποία προέρχεται από τα βροχομετρικά σημειακά δεδομένα των 35 μετεωρολογικών σταθμών.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας αρχικά πραγματοποιήθηκε η χωρική παρεμβολή των τιμών της βροχόπτωσης σύμφωνα με την μέθοδο του ordinary kriging. Στη συνέχεια εισήχθησαν δύο βοηθητικές τοπογραφικές μεταβλητές, το υψόμετρο και η κλίση του εδάφους, για την εκτίμηση της χωρικής παρεμβολής της βροχόπτωσης με την μέθοδο του co-kriging. Τέλος τα αποτελέσματα των μεθοδολογιών συγκρίθηκαν με την βοήθεια της τεχνικής

cross-validation ενώ εξακριβώθηκαν οι περιπτώσεις χρήσης και η αποτελεσματικότητά τους.

2. ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

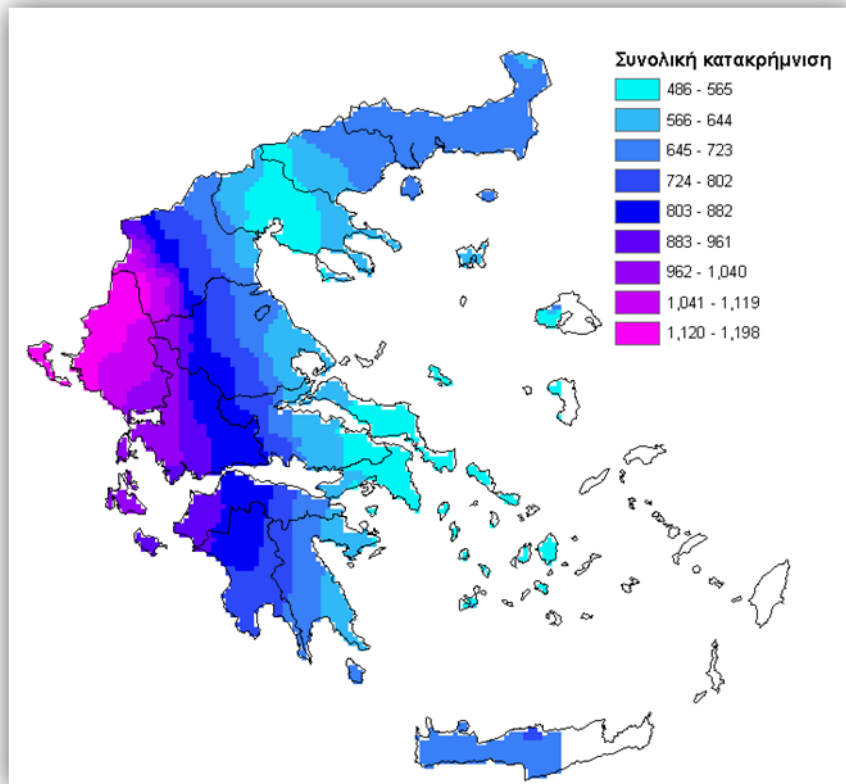
Η Ελλάδα, χαρακτηρίζεται από μια εκτεταμένη ακτογραμμή και ένα έντονο ανάγλυφο (ορογραφία), χαρακτηριστικά, τα οποία συνθέτουν έναν πολύ σημαντικό συντελεστή διαμόρφωσης του κλίματός της.

Συγκεκριμένα παρουσιάζει έναν ιδιόμορφο οριζόντιο – κατακόρυφο διαμελισμό. Το δυτικό τμήμα της περιοχής, που αποτελεί τη σπονδυλική στήλη της Χέρσου, είναι στο μεγαλύτερο μέρος του ορεινό, με ελάχιστες και μικρές σε έκταση πεδιάδες. Αντίθετα, στο ανατολικό τμήμα συγκεντρώνονται οι περισσότερες πεδινές εκτάσεις.

Το κλίμα που επικρατεί στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακού τύπου. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι οι ήπιοι υγροί χειμώνες και τα σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Ωστόσο, το κλίμα της Ελλάδας παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή, στα πλαίσια βέβαια των μεσογειακών κλιματικών συνθηκών.

Σημαντικό ρόλο στην διαφορετική κατανομή της βροχόπτωσης μεταξύ δυτικής και ανατολικής Ελλάδας διαδραματίζει η οροσειρά της Πίνδου. Εξαιτίας λοιπόν της παρουσίας της οι υετοφόροι άνεμοι που πνέουν από δυτικές διευθύνσεις υποχρεώνονται να κινηθούν ανοδικά. Επομένως οι πλούσιες σε υδρατμούς αέριες μάζες ψύχονται οπότε οι υδρατμοί συμπυκνώνονται και πέφτουν με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στις δυτικές πλαγιές των ορεινών όγκων (τρόπος δημιουργίας **ορογραφικών ή αναγλύφου βροχοπτώσεων**). Έτσι λοιπόν οι αέριες μάζες διέρχονται θερμές και ξηρές στις ανατολικές πλαγιές και διαμορφώνουν το υγρό κλίμα της βόρειας και δυτικής Ελλάδας σε ξηρό στην ανατολική Ελλάδα (Φλόκας, 1997).

Η Πίνδος εμποδίζει τους υγρούς δυτικούς ανέμους να φτάσουν στην ανατολική χώρα. Όπως παρατηρείται, στην εικόνα 1 στη δυτική Ελλάδα σημειώνονται μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης που κυμαίνονται από 800 έως 1200 mm βροχής ενώ στην ανατολική οι μέσες ετήσιες τιμές φθάνουν μέχρι τα 700 mm. Επίσης υψηλές τιμές βροχόπτωσης παρατηρούνται σε περιοχές με μορφολογικές εξάρσεις όπως οι ορεινοί όγκοι του Ολύμπου, του Ψηλορείτη, του Ταΰγετου κ.λπ.



Εικόνα 1: Κατανομή της συνολικής κατακρήμνισης στην Ελλάδα.

(Πηγή: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο)

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο περιόδους με διαφορετικά χαρακτηριστικά: **Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο** που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και **τη θερμή και άνομβρη εποχή** που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

2.2. ΜΗ ΧΩΡΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τη στατιστική ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων. Έτσι λοιπόν πρέπει να γίνουν σαφείς οι βασικές στατιστικές έννοιες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν.

Αρχικά, ο πατέρας της σύγχρονης στατιστικής Ronald Fisher (1890-1962) ορίζει την στατιστική ως ένα σύνολο αρχών και μεθοδολογιών για:

- Το σχεδιασμό της διαδικασίας συλλογής δεδομένων
- Τη συνοπτική και αποτελεσματική παρουσίαση τους
- Την ανάλυση και εξαγωγή αντίστοιχων συμπερασμάτων.

Οι βασικές μορφές της στατιστικής είναι αυτές της περιγραφικής στατιστικής και της επαγωγικής στατιστικής. Η μεν πρώτη ασχολείται με την περιγραφή των δεδομένων του δείγματος και η δεύτερη με την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τον πληθυσμό.

Τα χαρακτηριστικά ως προς τα οποία εξετάζουμε έναν πληθυσμό καλούνται μεταβλητές. Οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει μία μεταβλητή ονομάζονται τιμές της μεταβλητής. Οι μεταβλητές με τη σειρά τους διακρίνονται σε ποιοτικές ή κατηγορικές και ποσοτικές. Οι ποιοτικές μεταβλητές μπορεί να είναι είτε ονομαστικού τύπου στις οποίες οι τιμές αναφέρονται μόνο σε κατηγορίες, π.χ. ομάδα αίματος είτε διατακτικού τύπου στις οποίες οι συγκρίσεις της μορφής «μεγελύτερη», «μικρότερη» ή «ίση» έχουν νόημα, π.χ. απάντηση σε ερωτηματολόγιο ικανοποίησης.

Οι ποσοτικές μεταβλητές μπορεί να είναι είτε συνεχείς είτε διακριτές. Συνεχείς είναι οι μεταβλητές που μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα τιμών. Διακριτές είναι οι μεταβλητές που μπορούν να πάρουν διακριτές (μεμονωμένες) τιμές. Με αντίστοιχο τρόπο διακρίνουμε και τα δεδομένα μας (Τσαγρής, 2008).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Η περιγραφική στατιστική συνίσταται στην παρουσίαση των δεδομένων για μια οποιαδήποτε τυχαία μεταβλητή με χρήση στατιστικών πινάκων και διαγραμμάτων καθώς και μέσω υπολογισμού συνοπτικών μέτρων. Οι πίνακες, τα διαγράμματα και τα μέτρα μας βοηθούν να παρατηρήσουμε σημαντικά χαρακτηριστικά των δεδομένων, όπως η κεντρική τάση, το εύρος και η συμμετρικότητά τους (Κουγιουμτζής, 2011).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα στατιστικά περιγραφικά μέτρα χωρίζονται σε μέτρα κεντρικής τάσης, μέτρα θέσης, μέτρα διασποράς και μέτρα συμμετρίας.

➤ **Μέτρα κεντρικής τάσης**

Οι μετρήσεις της κεντρικής τάσης αφορούν την εύρεση μιας τιμής αντιπροσωπευτικής ενός δείγματος. Τα κυριότερα μέτρα κεντρικής τάσης που εξετάστηκαν είναι η μέγιστη και ελάχιστη τιμή και η μέση τιμή ή αριθμητικός μέσος (Mean).

Η μέση τιμή ορίζεται ως το άθροισμα των τιμών των παρατηρήσεων του δείγματος, προς το πλήθος των παρατηρήσεων.

➤ **Μέτρα θέσης**

Προσδιορίζουν ένα κεντρικό σημείο γύρω από το οποίο τείνουν να συγκεντρώνονται τα δεδομένα. Τα κυριότερα μέτρα θέσης είναι:

A) Διάμεσος (Median). Η διάμεσος είναι μια απλή μέτρηση της κεντρικής τάσης. Είναι η τιμή που διαιρεί την κατανομή των τιμών της μεταβλητής σε δύο ίσα μέρη, όταν οι τιμές που παίρνει η μεταβλητή τοποθετηθούν σε αύξουσα σειρά. Όταν το πλήθος των τιμών της μεταβλητής είναι περιττό, η εύρεση της διαμέσου είναι απλούστερη, δεδομένου ότι το μέσο της σειράς

ταυτίζεται με μία και μόνο τιμή. Αν το μέσο της σειράς βρίσκεται μεταξύ δύο ανόμοιων τιμών, ως διάμεσος λαμβάνεται το ημιάθροισμά τους.

B) Επικρατούσα Τιμή ή Σημείο, ονομάζεται η τιμή εκείνης της μεταβλητής στην οποία αντιστοιχεί η μεγαλύτερη συχνότητα.

Γ) Τα εκατοστημόρια είναι τιμές του δείγματος οι οποίες χωρίζουν την κατανομή των τιμών του δείγματος σε τέσσερα ίσα μέρη. Για παράδειγμα το πρώτο τεταρτημόριο είναι η τιμή του δείγματος η οποία έχει την εξής ιδιότητα: το 25% των παρατηρήσεων βρίσκεται κάτω από αυτήν την τιμή. Το δεύτερο τεταρτημόριο είναι η τιμή που αφήνει το 50% των παρατηρήσεων κάτω από αυτή. Το τρίτο τεταρτημόριο είναι η τιμή για την οποία ισχύει ότι το 25% των παρατηρήσεων βρίσκεται πάνω από αυτή. Η διάμεσος είναι η τιμή που χωρίζει τις παρατηρήσεις του δείγματος στη μέση. Η κορυφή αποτυπώνει την παρατήρηση με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.

➤ Μέτρα Διασποράς

Σε μια κατανομή συχνοτήτων μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε πως διασπείρονται οι τιμές της μεταβλητής γύρω από τη μέση τιμή ή και μεταξύ τους. Επομένως είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση στατιστικών παραμέτρων που μετρούν το βαθμό διασποράς των τιμών μιας μεταβλητής. Μέτρα διασποράς αποτελούν:

A) Το εύρος (range). Είναι η διαφορά της μεγαλύτερης παρατήρησης από τη μικρότερη. Το εύρος αποτελεί ένα πρόχειρο μέτρο διασποράς καθώς βασίζεται μόνο στις ακραίες παρατηρήσεις και επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος του δείγματος διότι η ένταξη μιας καινούριας παρατήρησης μπορεί να αλλάξει την τιμή της μικρότερης ή της μεγαλύτερης παρατήρησης.

B) Διακύμανση (Variance). Η διακύμανση είναι ο μέσος όρος των τετραγωνικών αποκλίσεων των τιμών από το μέσο όρο και δηλώνει πόσο απέχουν οι παρατηρήσεις από τη μέση τιμή.

Γ) Τυπική απόκλιση (Standard Deviation). Η τυπική απόκλιση ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα της διασποράς και αποτελεί ένα μέτρο μεταβλητότητας. Εκφράζεται στη μονάδα μέτρησης του χαρακτηριστικού που μας ενδιαφέρει. Όταν συγκρίνουμε δύο ομάδες δεδομένων, αυτή με τη μικρότερη τυπική απόκλιση έχει πιο ομοιογενείς παρατηρήσεις.

Δ) Συντελεστής παραλλακτικότητας (Coefficient of Variation) αποτελεί ένα μέτρο ομοιογένειας του δείγματος. Χρησιμοποιείται στην σύγκριση μεταβλητών οι οποίες είτε εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης, είτε έχουν διαφορετικές μέσες τιμές. Ορίζεται ως το πηλίκο της τυπικής απόκλισης προς τη μέση τιμή εκπεφρασμένο επί τοις εκατό. Δεχόμαστε ότι ένα δείγμα είναι ομοιογενές όταν η τιμή του συντελεστή δεν ξεπερνά το 10%.

➤ Μέτρα Συμμετρίας

Τα μέτρα συμμετρίας παρέχουν πληροφορίες ενδεικτικές του κατά πόσο η εξεταζόμενη κατανομή πλησιάζει ή όχι την κανονική κατανομή. Μέτρα συμμετρίας αποτελούν η ασυμμετρία (skewness) και η κύρτωση (Κουγιουμτζής, 2011).

Α) Συντελεστής ασυμμετρίας (skewness) δίνει πληροφορίες για την ασυμμετρία της κατανομής των δεδομένων. Ο συντελεστής ασυμμετρίας υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{Skewness} = \frac{\sum(x - \bar{x})^3}{n\sigma^3}$$

Όπου \bar{x} ο μέσος όρος, σ η τυπική απόκλιση και n ο αριθμός των δεδομένων.

Τιμές κοντά στο μηδέν παρέχουν ενδείξεις ότι η κατανομή των παρατηρήσεων είναι συμμετρική. Αρνητικές τιμές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι ένδειξη ότι η κατανομή παρουσιάζει αρνητική ή αριστερή ασυμμετρία. Τέλος η κατανομή είναι θετικά ή δεξιά ασύμμετρη όταν έχουμε θετικές τιμές του συντελεστή ασυμμετρίας. Όταν η κατανομή είναι θετικά ασύμμετρη ο μέσος των παρατηρήσεων είναι μεγαλύτερος από τη διάμεσο η οποία είναι μεγαλύτερη με τη σειρά της από την κορυφή. Το ακριβώς αντίθετο ισχύει για την

περίπτωση της αρνητικής ασυμμετρίας. Δηλαδή ο μέσος είναι μικρότερος από τη διάμεσο η οποία είναι μικρότερη από την κορυφή. Για την περίπτωση της συμμετρικής κατανομής αυτά τα τρία μέτρα ταυτίζονται.

B) Ο συντελεστής κύρτωσης (kurtosis) αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των παρατηρήσεων μιας κατανομής γύρω από τη μέση τιμή και τα άκρα της κατανομής. Ο συντελεστής κύρτωσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{Kurtosis} = \frac{\sum(x-\bar{x})^4}{n\sigma^4}$$

Αρνητικές τιμές σημαίνουν ότι η κατανομή είναι πλατύκυρτη ενώ θετικές τιμές ότι είναι λεπτόκυρτη. Τιμές κοντά στο μηδέν είναι ένδειξη ότι η κατανομή είναι μεσόκυρτη.

Στατιστικός έλεγχος κανονικότητας των τιμών

Ο έλεγχος της κανονικότητας των τιμών πραγματοποιείται εξετάζοντας την κύρτωση και την ασυμμετρία, δημιουργώντας τα ιστογράμματα και εν συνεχεία συγκρίνοντάς τα με τα διαγράμματα κανονικής κατανομής και τέλος με την εφαρμογή Kolmogorov – Smirnov (K – S test).

Η εφαρμογή του Kolmogorov – Smirnov (K – S test) είναι η μη παραμετρική διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε και βασίζεται στον έλεγχο της συμβατότητας της κατανομής των δεδομένων μας με την κανονική κατανομή (normal distribution). Η πληροφορία αυτή είναι απαραίτητη για το τυχόν αναγκαίο μετασχηματισμό των μεταβλητών (Καλύβας, 1989). Δημιουργούνται λοιπόν δυο υποθέσεις, η μηδενική η οποία στηρίζει ότι η υπό έλεγχο κατανομή δε διαφέρει από την κανονική κατανομή και μια εναλλακτική υπόθεση η οποία στηρίζει ότι η υπό έλεγχο κατανομή διαφέρει από την κανονική. Ο έλεγχος γίνεται από τα αποτελέσματα της εφαρμογής και συγκεκριμένα από την τιμή Z του τεστ και το επίπεδο σημαντικότητας (2-tailed p-value). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίζεται ίσο με 0.05 ή 5%. Αν επομένως η p-value είναι μικρότερη από 0.05 απορρίπτουμε την υπόθεση της κανονικότητας των δεδομένων.

Έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών

Ο όρος συσχέτιση αναφέρεται στο βαθμό συνάφειας - αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους σχετίζονται οι μεταβλητές. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης Pearson καλείται να εξετάσει το είδος και την ύπαρξη συσχέτισης. Συμβολίζεται με το r και δίνεται από τον τύπο:

$$r = \frac{cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N - 1)\sigma_x \sigma_y}$$

Όπου cov_{xy} είναι η συνδιακύμανση των μεταβλητών x , y και σ_x, σ_y οι τυπικές αποκλίσεις (standard deviation) αυτών.

Οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης κυμαίνονται: από -1 έως +1. Η τιμή -1 δείχνει μια καθαρά αρνητική σχέση μεταξύ των δυο μεταβλητών. Συγκεκριμένα, όταν οι τιμές της μιας μεταβλητής αυξάνουν, οι τιμές της άλλης μεταβλητής μειώνονται. Ομοίως, η τιμή +1 δείχνει μια στενά θετική σχέση μεταξύ των δυο μεταβλητών. Συγκεκριμένα, όταν οι τιμές της μιας μεταβλητής αυξάνουν, οι τιμές της άλλης μεταβλητής αυξάνουν επίσης.

2.3. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το αμέσως επόμενο στάδιο επεξεργασίας μετά τις μη χωρικές στατιστικές αναλύσεις, αφορά τη χωρική ανάλυση των εξεταζόμενων δεδομένων. Ως χωρική ανάλυση νοείται η διαδικασία μέσω της οποίας ελέγχεται, πλέον χωρικά, η συμπεριφορά των δεδομένων με απώτερο σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, που δεν είναι άλλα παρά αυτά που κυρίως πραγματεύεται η βασική αρχή της γεωστατιστικής, δηλαδή η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης μεταξύ των δεδομένων.

Χωρική αυτοσυσχέτιση (spatial autocorrelation) ορίζεται η σχέση μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής που προέρχεται από τη γεωγραφική διεύθυνση των περιοχών στις οποίες παρατηρούνται αυτές οι τιμές. Μετρά την ομοιότητα των δεδομένων μέσα στην περιοχή, τον βαθμό στον οποίο ένα χωρικό φαινόμενο

αυτοσυσχετίζεται στην περιοχή αυτή (Cliff and Ord 1973), το επίπεδο αλληλοεξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών, τη φύση και την ένταση της αλληλοεξάρτησης.

Τα εργαλεία χωρικής αυτοσυσχέτισης εξετάζουν εάν η παρατηρηθείσα τιμή μιας μεταβλητής σε μια περιοχή είναι ανεξάρτητη από τις τιμές της μεταβλητής στις γειτονικές θέσεις. Η χωρική αυτοσυσχέτιση μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική. Στην θετική χωρική αυτοσυσχέτιση παρατηρούνται παρόμοιες τιμές σε κοντινές αποστάσεις – θέσεις, αντιθέτως στην αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση παρατηρούνται ανόμοιες τιμές σε κοντινές θέσεις.

Υπάρχουν πολλοί δείκτες μέτρησης της χωρικής αυτοσυσχέτισης:

- Ολικοί (global). Οι δείκτες αυτοί μετρούν την χωρική αυτοσυσχέτιση σε ολόκληρη την περιοχή. Ολικούς δείκτες αποτελούν οι: Moran' s I (Moran, 1948) και Geary' s C (Geary, 1954)
- Τοπικοί (local). Οι δείκτες αυτοί, εντοπίζουν τοπικές μεταβολές της χωρικής αυτοσυσχέτισης. Τέτοιοι δείκτες είναι οι: local Moran' s I (Anselin, L., 1995), local Getis G και G^* και Gearcy G.

Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση του ολικού δείκτη Moran' s I, για τον οποίο θα γίνει και εκτενής αναφορά στη συνέχεια.

Οι τιμές που προκύπτουν χρησιμοποιώντας τον Moran' s I κυμαίνονται μεταξύ -1 και +1. Οι θετικές τιμές δηλώνουν την ύπαρξη της θετικής χωρικής αυτοσυσχέτισης, εν αντιθέσει με τις αρνητικές τιμές που δηλώνουν την ύπαρξη αρνητικής χωρικής αυτοσυσχέτισης. Πλησιάζοντας οι τιμές το +/- 1 η αυτοσυσχέτιση χαρακτηρίζεται ως ισχυρή, ενώ η μηδενική τιμή του δείκτη δηλώνει απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης. Με άλλα λόγια μια τιμή του δείκτη Moran's I η οποία πλησιάζει το +1 δηλώνει ότι η εξεταζόμενη θέση έχει την ίδια τιμή με τις γειτονικές της. Στην αντίθετη περίπτωση που η τιμή του δείκτη προσεγγίζει το -1 τότε η εξεταζόμενη θέση παρουσιάζει τιμή η οποία θεωρείται ακραία σε σχέση με τις τιμές των γειτονικών θέσεων και ενδεχομένως να χρειάζεται να αποβληθεί από το δείγμα (Lalor and Zhang, 2001). Ο υπολογισμός του δείκτη Moran' s I προκύπτει από τον εξής τύπο:

$$I = \frac{n}{S_0} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}$$

Όπου: x η τιμή της μεταβλητής στα σημεία i και j που έγιναν μετρήσεις

\bar{x} : ο μέσος όρος της μεταβλητής x

W_{ij} : συντελεστής βαρύτητας που εξαρτάται από την απόσταση των σημείων i και j. Για τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας χρησιμοποιείται συνήθως η συνάρτηση αντίστροφης απόστασης των θέσεων.

$$\text{Και } S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

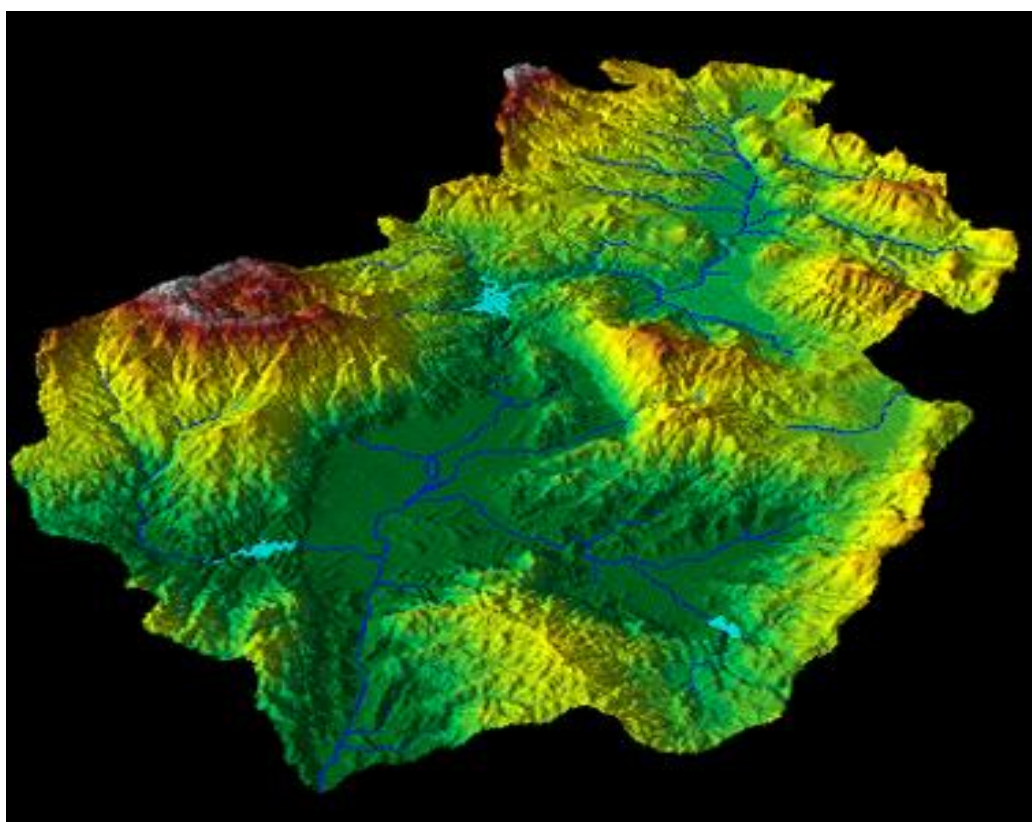
Μαζί με τον δείκτη Moran' s I συνήθως υπολογίζεται η τιμή p και η τιμή Z-score, οι οποίες αξιολογούν την τιμή του δείκτη. Η χρήση τους βέβαια προϋποθέτει κανονική κατανομή των δεδομένων. Ουσιαστικά το Z-score αποτελεί ένα τεστ στατιστικής σημαντικότητας και αποτελεί μέτρο της τυπικής απόκλισης δηλώνοντας το πόσες φορές επί την τυπική απόκλιση απέχει η εξεταζόμενη τιμή από το μέσο όρο. Πιο συγκεκριμένα, σε όλες τις στατιστικές δοκιμές δημιουργείται μια μηδενική υπόθεση στην περίπτωση αυτή η μηδενική υπόθεση στηρίζει ότι δεν υπάρχει χωρική συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών ή των τιμών που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά αυτά στην περιοχή μελέτης. Η τιμή Z-score, βοηθά στην απόφαση του αν θα πρέπει να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση, αντίστοιχα η τιμή p δηλώνει την βεβαιότητα.

Ως κρίσιμη τιμή του Z-score ορίζεται η τιμή 1,96 σε επίπεδο σημαντικότητας p ίσο με 0,05 ή άλλως 95% πιθανότητα. Αν λοιπόν το Z-score είναι μεταξύ του -1,96 και +1,96 τότε η τιμή p θα είναι μεγαλύτερη από 0,05 οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση του στατιστικού τεστ. Αντίθετα όταν η τιμή του Z-score είναι μικρότερη του -1,96, το σημείο θεωρείται ακραία τιμή ενώ εάν τιμή του Z-score είναι μεγαλύτερη του 1,96 τότε το εξεταζόμενο σημείο δεν διαφέρει σημαντικά από τα γειτονικά του. (Arcgis desktop help, v.9.3)

2.4. ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (DEM)

Η επιφάνεια της γης είναι μια συνεχής επιφάνεια με μεταβολές υψομέτρου. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αναπαράστασης των επιφανειών σε ψηφιακή μορφή όταν έχουμε στη διάθεσή μας πεπερασμένα όρια αποθήκευσης. Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους (Εικόνα 2) χρησιμοποιούνται ως ένας τρόπος αναπαράστασης τέτοιων επιφανειών δίνοντας ένα ποσοτικό μοντέλο της τοπογραφικής ιδιότητας του υψομέτρου σε ηλεκτρονική μορφή.

Η χωρική διακριτική ικανότητα ή η ανάλυση ενός DEM αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ των κόμβων ενός τετραγωνικού χωρικού πλέγματος. Ανάλογα με την ιδιότητα του ανάγλυφου την οποία θέλουμε να μελετήσουμε κατασκευάζουμε και ψηφιακό μοντέλο εδάφους με την αντίστοιχη χωρική διακριτική ικανότητα. Δεδομένα υψομέτρου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός DEM τα οποία παρέχονται συνήθως από τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 2: Παράδειγμα Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρου (DEM).

Χρήσεις των Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρου

1. Καθορισμός ιδιοτήτων του ανάγλυφου όπως υψόμετρο, κλίση και προσανατολισμός σε οποιοδήποτε σημείο.
2. Ανίχνευση χαρακτηριστικών του ανάγλυφου όπως υδρογραφικά δίκτυα, υδροκρίτες, κορυφές και βυθίσεις του τοπίου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση της παρούσας εργασίας τα υψομετρικά δεδομένα παραχωρήθηκαν από την ερευνητική μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Στα ΓΠΣ τα DEM μοντελοποιούνται με κανονικά πλέγματα (υψομετρικούς πίνακες) και ακανόνιστα τριγωνικά δίκτυα (TINs). Οι δύο μορφές είναι αντιστρεπτές μεταξύ τους και το αν θα χρησιμοποιηθεί η μία ή άλλη εξαρτάται από το είδος της ανάλυσης που απαιτείται.

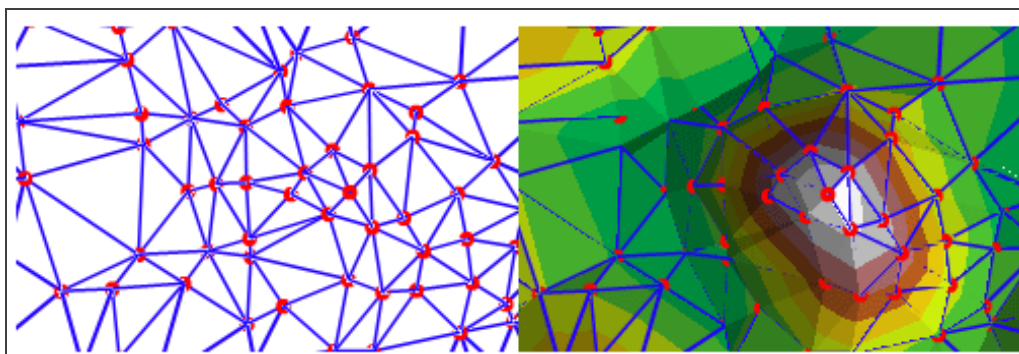
Οι υψομετρικοί πίνακες είναι η πιο διαδεδομένη μορφή για την παράσταση των υψομετρικών επιφανειών. Αρχικά προέκυψαν από τις ποσοτικές μετρήσεις στερεοσκοπικών αεροφωτογραφιών.

Ο υψομετρικός πίνακας μπορεί να δημιουργηθεί από χωρική εκτίμηση από κανονικά ή ακανόνιστα σημειακά δεδομένα με τον ίδιο τρόπο όπως και άλλα ποσοτικά δεδομένα. Λόγω της ευκολίας με την οποία χειρίζονται οι υπολογιστές τους πίνακες, ιδιαίτερα στα ΓΠΣ, οι υψομετρικοί πίνακες είναι η πιο διαθέσιμη μορφή DEM (Κόλλια-Κουσουρή, 2000).

Τριγωνικά δίκτυα (TINs)

Το μοντέλο TIN διαιρεί την επιφάνεια μελέτης σε τρίγωνα. Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αποτυπώνονται μέσω σημείων που ουσιαστικά αποτελούν τους κόμβους του τριγωνικού δικτύου. Με αυτή την έννοια η τριγωνοποίηση σημαίνει ότι όλα τα σημεία ενώνονται μεταξύ τους μετατρέπόμενα σε ένα σύνολο πλευρών τριγώνων που καλύπτουν ολόκληρη την περιοχή μελέτης (Κουτσόπουλος, 2005).

Το TIN είναι ένα μοντέλο ανάγλυφου που χρησιμοποιεί ένα φύλλο από συνδεδεμένες τριγωνικές επιφάνειες βασισμένες στη Delaunay τριγωνοποίηση (Delaunay, 1934) ή σε ακανόνιστα κατανομημένα σημεία δεδομένων.



Εικόνα 3: Σχηματική αποτύπωση κόμβων και τριγωνικού δικτύου.

(Πηγή: Arcgis desktop help, v.9.3. "About TIN surfaces")

Αντίθετα με τους υψομετρικούς πίνακες το TIN παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (Meijerink et al, 1994):

- Η αποτελεσματικότητα της δομής των δεδομένων ως προς την ανάλυση των χαρακτηριστικών της επιφανείας όπως π.χ. η ανάλυση των κλίσεων και η εύκολη δημιουργία ισοϋψών καμπύλων.
- Το μέγεθος και το σχήμα κάθε τριγώνου μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με την απαιτούμενη μορφολογία του εδάφους.
- Η δυνατότητα ενσωμάτωσης των γραμμών διάσπασης κατά μήκος των πλευρών του τριγώνου.
- Ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών μιας επιφανείας (π.χ. κλίσεις).

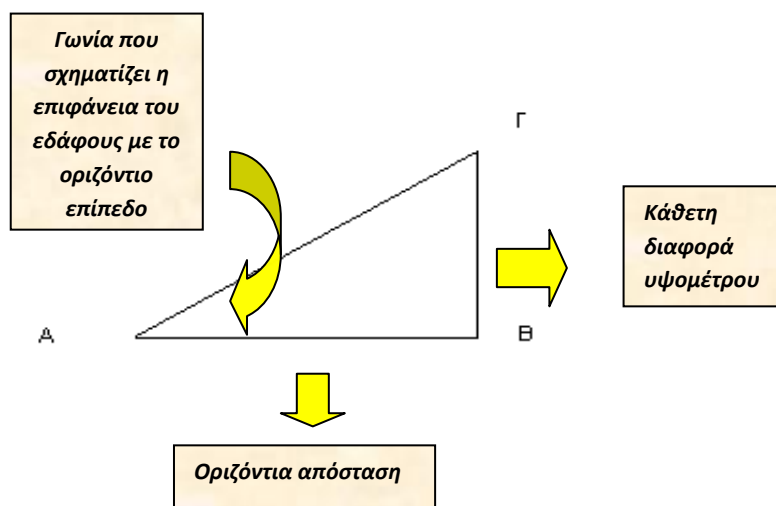
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ

Ο υπολογισμός της κλίσης αποτελεί παράγωγη διαδικασία των DEM. Στην παρούσα μελέτη η κλίση υπολογίστηκε για κάθε εικονοστοιχείο (pixel) στα πλεγματικά (raster) δεδομένα. Έτσι λοιπόν η κλίση στα πλεγματικά δεδομένα

ορίζεται ως το μέγιστο ποσοστό αλλαγής της τιμής του υψομέτρου για κάθε εικονοστοιχείο σε σχέση με τα γειτονικά του.

Η μέγιστη μεταβολή του υψομέτρου σε συνάρτηση με την απόσταση μεταξύ του κάθε εικονοστοιχείου με κάθε ένα από τα γειτονικά του έχει σαν αποτέλεσμα την αναγνώριση της υψομετρικής διαφοράς. Στα παραγόμενα πλεγματικά δεδομένα κάθε εικονοστοιχείο έχει μια τιμή κλίσεως. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της κλίσεως τόσο πιο επίπεδη είναι η επιφάνεια του εδάφους, αντίστοιχα, όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της κλίσεως τόσο πιο απότομη είναι η επιφάνεια του εδάφους.

Η τιμή της προκύπτει από τον υπολογισμό της εφαπτομένης της γωνίας που σχηματίζει η επιφάνεια του εδάφους με το οριζόντιο επίπεδο. Η εφαπτομένη υπολογίζεται από τη διαίρεση της κάθετης διαφοράς υψομέτρου μεταξύ δύο σημείων με την οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων. Αν φανταστούμε την επιφάνεια σε τομή μπορούμε να ορίσουμε ένα νοητό τρίγωνο ΑΒΓ.



Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση επιφάνειας εδάφους με τρίγωνο.

Στον σχεδιασμό η κλίση συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό, που αντιστοιχεί στην εφαπτομένη της γωνίας πολλαπλασιασμένη επί εκατό.

2.5. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Χωρική παρεμβολή (interpolation) καλείται η διαδικασία μέσω της οποίας προβλέπονται οι τιμές συγκεκριμένων ιδιοτήτων σε θέσεις που δεν έχουν καταγραφεί χρησιμοποιώντας τιμές των ιδιοτήτων αυτών σε θέσεις που υπάρχουν δεδομένα. Με την παρεμβολή τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεση μας από σημειακές παρατηρήσεις μετατρέπονται σε συνεχή πεδία (continuous fields) (Burrough & McDonnell, 1998). Η παρεμβολή θεωρείται αναγκαία όταν:

- Η επιφάνεια που μελετάται έχει διαφορετική ευκρίνεια (spatial resolution), μέγεθος κυψελίδας ή προσανατολισμό από αυτά που απαιτούνται. Παράδειγμα αποτελεί η μετατροπή σκαναρισμένων εικόνων (π.χ. έγγραφα, αεροφωτογραφίες ή εικόνες δορυφορικής τηλεπισκόπησης) από ένα δικτυωτό πλέγμα με δεδομένο μέγεθος και προσανατολισμό σε άλλο.
- Όταν μια συνεχής επιφάνεια αντιπροσωπεύεται από ένα μοντέλο δεδομένων διαφορετικό από αυτό που απαιτείται. Παράδειγμα αποτελεί ο μετασχηματισμός μιας συνεχούς επιφάνειας από ένα είδος πλεγματικής αναπαράστασης σε άλλο π.χ. από TIN ή από πολύγωνα διανυσματικού μοντέλου σε κανονικό τετραγωνικό πλέγμα.
- Όταν τα δεδομένα που έχουμε δεν καλύπτουν όλη την περιοχή που μελετάται, δηλαδή προκύπτουν από δειγματοληψία.

Η διαδικασία της παρεμβολής βρίσκει έρεισμα σε δύο βασικές υποθέσεις. Η πρώτη θεωρεί την επιφάνεια που εκφράζει το υπό εξέταση χαρακτηριστικό ως συνεχή και επομένως η τιμή σε κάθε θέση μπορεί να υπολογιστεί αν υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία για την εν λόγω επιφάνεια. Η δεύτερη υπόθεση αφορά την ύπαρξη χωρικής εξάρτησης μεταξύ των τιμών του υπό εξέταση χαρακτηριστικού.

Οι μέθοδοι της χωρικής παρεμβολής χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στις μεθόδους τοπικών εκτιμήσεων, στις μεθόδους γενικευμένων εκτιμήσεων και στις γεωστατιστικές μεθόδους εκτιμήσεων. Οι μέθοδοι τοπικών εκτιμήσεων και οι γεωστατιστικές μέθοδοι εκτιμήσεων θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας.

Στις μεθόδους γενικευμένων εκτιμήσεων, η πρόβλεψη της τιμής ενός σημείου πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το σύνολο των τιμών των δεδομένων που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης. Στις γενικευμένες μεθόδους περιλαμβάνονται τα μοντέλα ταξινόμησης, και οι επιφάνειες τάσης.

2.5.1. Μέθοδοι τοπικών εκτιμήσεων

Στις μεθόδους τοπικών εκτιμήσεων, η πρόβλεψη της τιμής ενός σημείου προκύπτει από τα υπάρχοντα δεδομένα των σημείων που βρίσκονται στην άμεσα γειτονική περιοχή του. Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτών των προσεγγίσεων είναι ότι η εκτίμηση βασίζεται σε πληροφορίες που αφορούν περιοχές κοντά στο υπό εκτίμηση σημείο και επομένως καταγράφουν τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν γειτονικές περιοχές.

Σε αυτού του είδους την προσέγγιση η χωρική παρεμβολή περιλαμβάνει:

- α) τον καθορισμό μιας περιοχής ή γειτονίας αναζήτησης γύρω από το σημείο που πρόκειται να εκτιμηθεί, αυτό αποτελεί και ένα βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής,
- β) την εύρεση σημείων εντός της γειτονίας,
- γ) την επιλογή μιας μαθηματικής συνάρτησης για την αναπαράσταση της μεταβολής που παρατηρείται σε αυτό το μικρό αριθμό σημείων και
- δ) την επαναληπτική εφαρμογή των παραπάνω βημάτων προκειμένου να υπολογισθεί η τιμή της συνάρτησης σε κάθε σημείο ενός κανονικού πλέγματος.

Παραδείγματα μεθόδων τοπικών εκτιμήσεων αποτελούν τα πολύγωνα Thiessen, η μέθοδος Inverse Distance Weighted (IDW), η μέθοδος GWR, τα Splines και τα TIN.

2.5.1.1. Παρεμβολή Inverse Distance Weighted (IDW)

Οι μέθοδοι παρεμβολής της αντίστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighted) συνδυάζουν την ιδέα της εγγύτητας που πρεσβεύουν τα πολύγωνα Thiessen με τη σταδιακή μεταβολή των επιφανειών τάσης (Burrough & McDonnell, 1998).

Η υπόθεση που ισχύει εδώ είναι ότι η τιμή μιας μεταβλητής z σε ένα σημείο στο οποίο δεν έχει προηγηθεί μέτρηση της μεταβλητής είναι ένας μέσος όρος των σημείων που έχουν μετρήσεις και υπάρχουν εντός της γειτονίας του μη μετρούμενου σημείου.

Αυτός ο μέσος όρος έχει υπολογιστεί από έναν αλγόριθμο ο οποίος δίνει συντελεστές βαρύτητας στα σημεία των δεδομένων με βάση την απόστασή τους από το μη μετρούμενο.

Τυπικά τα αρχικά σημεία δεδομένων βρίσκονται τοποθετημένα σε κανονικό πλέγμα ή είναι ακανόνιστα κατανομημένα σε μια περιοχή και οι παρεμβολές γίνονται σε θέσεις ενός πιο πυκνού κανονικού πλέγματος προκειμένου να δημιουργηθεί ο χάρτης (Κόλλια-Κουσουρή, 2000).

Οι **μέθοδοι σταθμισμένου με την απόσταση μεταβλητού μέσου**, που χρησιμοποιεί η οικεία παρεμβολή, υπολογίζουν την τιμή της ιδιότητας $z'(x_0)$ σε ένα σημείο x_0 από τις τιμές $z(x_i)$ των x_i γειτονικών σημείων σύμφωνα με την εξίσωση:

$$z'(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(x_i), \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

όπου τα **βάρη λ_i** δίνονται από τον τύπο:

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-2}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-2}} \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, n$$

Η μέθοδος παρεμβολής της αντίστροφης απόστασης χρησιμοποιείται ευρέως στα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα προκειμένου να δημιουργηθούν πλεγματικές επιστρώσεις από σημειακά δεδομένα. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρεμβολής είναι από τη φύση της ακριβής εφόσον παράγει άπειρο όταν $\sum(d_{ij}) = 0$, δηλαδή στα σημεία δεδομένων. Έτσι εάν οι συντεταγμένες σε σημεία του πλέγματος συμπίπτουν με ένα σημείο δεδομένων τότε η μετρημένη τιμή εγγράφεται στο σημείο του πλέγματος για να αποφευχθούν οι αδύνατες τιμές.

Η μορφή του χάρτη εξαρτάται από την ομαδοποίηση των δεδομένων και από την παρουσία άστοχων σημείων δηλαδή σημείων που δεν έχουν εκτιμηθεί σωστά. Συνήθως οι μέθοδοι αυτές δημιουργούν αυγοειδείς σχηματισμούς γύρω από τα σημεία δεδομένων με τιμές που διαφέρουν σημαντικά από τις γειτονικές τους.

Η μέθοδος δεν έχει εσωτερικό τρόπο ελέγχου της ποιότητας των παρεμβολών έτσι η ποιότητα του χάρτη είναι δυνατόν να ελεγχθεί μόνο με επιπλέον παρατηρήσεις του ίδιου support με τις αρχικές (Κόλλια-Κουσουρή, 2000), με ένα σετ δηλαδή παρατηρήσεων που εμφανίζουν ίδια χαρακτηριστικά κατανομής με τις παρατηρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την παρεμβολή.

2.5.1.2. Παρεμβολή Γεωγραφικά Σταθμισμένης Παλινδρόμησης (Geographically Weighted Regression)

Η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση αποτελεί μια σύγχρονη συμβολή στην μοντελοποίηση χωρικών ετερογενών διεργασιών (Brunsdon et al, 1996, Fotheringham et al, 2002). Η θεμελιώδης ιδέα που διέπει την μέθοδο GWR είναι ότι οι τιμές των παραμέτρων είναι σε θέση να εκτιμηθούν σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής μελέτης, δεδομένης της εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ή ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες έχουν μετρηθεί σε γνωστές θέσεις (Charlton et al, 2009). Η διαφορά της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έγκειται στο γεγονός ότι στη γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση οι παρατηρήσεις οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη

διαμόρφωση του υποδείγματος σταθμίζονται με βάρος τη γεωγραφική τους θέση. (Καραχάλιου, 2010)

Σύμφωνα με τους Fotheringham και Wong (Rogerson, 2001) η παλινδρόμηση είναι δυνατόν να καταλήξει σε τελείως διαφορετικά συμπεράσματα ανάλογα με το χωρικό πεδίο αναφοράς. Η διαπίστωση ότι ο χώρος χαρακτηρίζεται από έντονες διαφοροποιήσεις ενισχύει τη μετάβαση της ανάλυσης από το υπερτοπικό επίπεδο (global) στο τοπικό επίπεδο (local) με τη δυναμική εισαγωγή της χωρικής παραμέτρου (location).

Για τη γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση ισχύει:

$$y_i = \sum_j X_{ij} \beta_j(\rho_i) + \varepsilon_i$$

όπου ρ_i είναι η γεωγραφική τοποθεσία της παρατήρησης i . Στη συγκεκριμένη μέθοδο κάθε παράμετρος $\beta_j(\rho_i)$ του μοντέλου παλινδρόμησης, θα αναφέρεται ως β_{ij} , και θα εκφράζεται συναρτήσει των χωρικών θέσεων των παρατηρήσεων.

Εάν σχεδιάζουμε έναν κύκλο ακτίνας r γύρω από συγκεκριμένο ρ_i και υπολογίσουμε ένα μοντέλο παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας μόνο τις παρατηρήσεις που βρίσκονται μέσα στον κύκλο, τότε το β_j που θα παραχθεί μπορεί να θεωρηθεί ως εκτίμηση των συσχετίσεων των παρατηρήσεων μέσα και γύρω από το ρ_i . Με λίγα λόγια πρόκειται δηλαδή για εκτιμήσεις του β_{ij} . Υπολογίζοντας το β_{ij} για κάθε ρ_i υπολογίζεται ένα σύνολο εκτιμήσεων των χωρικά διαφοροποιημένων παραμέτρων (Brunsdon, 1998).

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον προσδιορισμό της ακτίνας r . Κάθε παρατήρηση k (για συγκεκριμένη περιοχή ρ_i) σταθμίζεται με βάρος W_{ik} έτσι ώστε (Brunsdon, 1998):

$$w_{ik} = \begin{cases} 1 - (d_{ik}/h)^2 & d_{ik} < r \\ 0 & d_{ik} > r \end{cases}$$

Ο υπολογισμός του εύρους (kernel bandwidth) εφόσον δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία (ανάλογα με την υπό εξέταση περίπτωση) βασίζεται στη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων:

$$h = \sqrt{\frac{\sum_i \{y_i - \check{y}_i(h)\}^2}{n}}$$

Όπου $\check{y}_i(h)$ είναι η προβλεπόμενη τιμή του y_i που υπολογίζεται σε μια γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση εφόσον για κάθε παρατήρηση i η εκτίμηση του y_i γίνει με την αφαίρεση της i -οστής τιμής (για την αποφυγή σημαντικών στατιστικών σφαλμάτων). (Brunsdon, 1998).

Υπολογισμός δεικτών

Ο συντελεστής προσδιορισμού αποτελεί έναν ευρέως χρησιμοποιούμενο στατιστικό δείκτη της παλινδρόμησης και της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης. Η εξίσωση σύμφωνα με την οποία υπολογίζεται ο εν λόγω δείκτης στην περίπτωση της γεωγραφικά σταθμισμένης παλινδρόμησης παρουσιάζεται στη συνέχεια:

$$r_i^2 = \frac{\sum_j w_{ij} (y_i - \bar{y})^2}{\sum_j w_{ij} (y_i - \hat{y})^2}$$

ο αριθμητής προκύπτει από το σύνολο του αθροίσματος των τετραγώνων και ο παρονομαστής αποτελεί το γεωγραφικά σταθμισμένο άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων. (Κυρατσώ, Γ., Μηλάκα, Φ., 2004).

2.6. ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Οι προαναφερόμενες μέθοδοι χωρικής παρεμβολής, δεν διαθέτουν τεχνικές εκτίμησης της ποιότητας των προβλέψεων. Ο μόνος τρόπος αξιολόγησης της καταλληλότητας της πρόβλεψης είναι ο υπολογισμός των εκτιμώμενων τιμών για μια ομάδα σημείων που δεν χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου χωρικής παρεμβολής (Burrough & McDonnell, 1998).

Επίσης, δεν υπάρχει για αυτές τις μεθόδους κάποια τεχνική που να υποδεικνύει ποιες είναι οι καλύτερες τιμές παραμέτρων που μπορεί να επιλεγθούν, με στόχο την τελειοποίηση του αποτελέσματος. Τέτοιες παράμετροι είναι ο αριθμός των σημείων που χρειάζεται να συνεισφέρουν στην πρόβλεψη, το μέγεθος, ο προσανατολισμός και το σχήμα της γειτονίας αναζήτησης. Επιπλέον, τα βάρη υπολογίζονται με απλουστευμένο τρόπο ως απλή συνάρτηση της απόστασης, ενώ δεν εξετάζονται τα σφάλματα που σχετίζονται με τις τιμές που «παρεμβάλλονται».

Τα παραπάνω προβλήματα έχουν συμβάλει στην ευρεία αναγνώριση και εξάπλωση των γεωστατιστικών μεθόδων παρεμβολής, οι οποίες αναπτύχθηκαν ξεχωριστά από τους G. Matheron και D.G.Krige στα μέσα της δεκαετίας του '60 (Burrough & McDonnell, 1998).

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι επιλύουν τα προβλήματα των μεθόδων παρεμβολής που προαναφέρθηκαν και εξασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή πρόβλεψη των τιμών βάσει των υποθέσεων που υιοθετούνται. Οι γεωστατιστικές μέθοδοι βασίζονται στη διαπίστωση ότι η χωρική μεταβολή των ιδιοτήτων που παίρνουν τιμές σε συνεχές πεδίο είναι τόσο ακανόνιστη, ώστε δεν μπορεί να αντιπροσωπευθεί ικανοποιητικά από μια απλή μαθηματική συνάρτηση, αλλά από μια τυχαία κατανομή. Σε αυτή την περίπτωση η ιδιότητα ονομάζεται “regionalized” μεταβλητή (Burrough & McDonnell, 1998).

2.6.1. Θεωρία περιφερειακής μεταβλητής

Ως τυχαία μεταβλητή ορίζεται η μεταβλητή που μπορεί να πάρει μια τιμή από ένα σύνολο μερικών πιθανών τιμών σύμφωνα με το νόμο των πιθανοτήτων. Μπορεί να διακριθεί σε διακριτή ή συνεχή ανάλογα με το αν λαμβάνει πεπερασμένο πλήθος τιμών ή οποιαδήποτε τιμή εντός ενός διαστήματος τιμών αντίστοιχα. Η διακύμανση μιας τυχαίας μεταβλητής Z , όπως π.χ. της βροχόπτωσης, σε οποιαδήποτε θέση i δίνεται από τον τύπο:

$$Z_i = m + \varepsilon_i$$

Όπου m ο μέσος όρος και ε ένας καθαρά τυχαίος όρος που προέρχεται από πληθυσμό με μέση τιμή 0, διακύμανση σ^2 και κανονική κατανομή (Καλύβας, 1989).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η θεωρία της τυχαίας μεταβλητής δεν εξετάζει τη μεταβλητότητα μιας ιδιότητας σε συνάρτηση με τη γεωγραφική της θέση. Με το θέμα αυτό ασχολείται η επιστήμη της γεωστατιστικής όπου αντικαθίστανται οι τυχαίες μεταβλητές από άλλες τις λεγόμενες περιφερειακές (τοπικές- γεωγραφικές) μεταβλητές.

Μια περιφερειακή μεταβλητή είναι μια μαθηματική συνάρτηση $z(x)$ που παίρνει τιμές σε κάθε σημείο x με συντεταγμένες x_u, x_v, x_w , όταν αναφερόμαστε στις τρεις διαστάσεις. Πολλές φορές οι ιδιότητες που πρέπει να περιγραφούν μέσω τέτοιων συναρτήσεων είναι δυνατόν να μεταβάλλονται τόσο ποικιλότροπα, ώστε να είναι αδύνατον να περιγραφούν απευθείας με μαθηματικό τρόπο.

Χρησιμοποιώντας την έννοια της τυχαίας μεταβλητής μπορεί να οριστεί η περιφερειακή μεταβλητή $z(x)$ ως η τυχαία μεταβλητή που παίρνει διαφορετικές τιμές ανάλογα με τη θέση x σε μια περιοχή. Αν θεωρήσουμε όλες τις τιμές $Z(x)$ για όλα τα x μίας έκτασης τότε η περιφερειακή μεταβλητή $z(x)$ είναι μέλος ενός συνόλου τυχαίων μεταβλητών $Z(x)$ για όλες τις θέσεις x . αυτό το σύνολο ονομάζεται τυχαία κατανομή $Z(x)$ γιατί συνδέει τη τυχαία μεταβλητή Z με κάθε θέση x (Καλύβας, 1989).

Η έκφραση της περιφερειακής μεταβλητής $z(x)$ μέσω της τυχαίας κατανομής $Z(x)$ έχει λειτουργική σημασία μόνο όταν αναφέρεται σε όλο ή σε μέρος του νόμου των πιθανοτήτων που αποκλειστικά καθορίζει την τυχαία συνάρτηση (Journel and Huizbregts, 1978).

Προφανώς υπάρχει αδυναμία καθορισμού του νόμου των πιθανοτήτων από μια μόνο έκφραση της τυχαίας κατανομής $Z(x)$ με αποτέλεσμα να απαιτούνται πολλές εκφράσεις $z_1(x), z_2(x), \dots, z_k(x)$, της τυχαίας κατανομής $Z(x)$. Επειδή όμως έχουμε δυνατότητα μόνο ενός συνόλου τιμών $z(x_i)$ στις θέσεις x_i είναι απαραίτητο να γίνουν ορισμένες υποθέσεις που εισάγουν διάφορους βαθμούς ομοιογένειας στο χώρο και συνθέτουν την υπόθεση της στασιμότητας (Stationarity) (Καλύβας, 1989). Αναλυτικά έχουμε:

Η Θεωρία της Περιφερειακής Μεταβλητής υποθέτει ότι η χωρική διακύμανση κάθε μεταβλητής μπορεί να εκφραστεί ως άθροισμα τριών συνιστωσών (Burrough & McDonnell, 1998):

- Μίας δομικής συνιστώσας που έχει ένα σταθερό μέσο ή τάση $m(x)$.
- Μίας τυχαίας, αλλά χωρικά συσχετισμένης συνιστώσας, γνωστή ως η διακύμανση της περιφερειακής μεταβλητής $[\varepsilon'(x)]$.
- Μίας τυχαίας αλλά μη χωρικά συσχετισμένης συνιστώσας, που αντιπροσωπεύει τα σφάλματα μετρήσεων και τη χωρική διακύμανση πολύ μεγάλης κλίμακας και ακολουθεί κανονική κατανομή και αποκαλείται «θόρυβος», ε'' .

Έτσι λοιπόν, έστω x είναι η θέση σε μονοδιάστατο, 2-διάστατο, ή 3-διάστατο χώρο. Τότε η τιμή της τυχαίας μεταβλητής Z στο x δίνεται από την εξίσωση:

$$Z(x) = m(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon''$$

Η αναμενόμενη τιμή της regionalized μεταβλητής είναι ίδια για κάθε θέση της υπο εξέταση περιοχής, οπότε λέμε ότι χαρακτηρίζεται από σταθερότητα πρώτης τάξης Άρα ισχύει:

$$E[Z(x)] = m$$

όπου m ο μέσος όρος

Η $m(x)$ ισούται με τη μέση τιμή στην περιοχή του δείγματος, οπότε ο μέσος όρος ή αναμενόμενη διαφορά μεταξύ δύο θέσεων x και $x + h$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση h θα ισούται με το μηδέν.

$$E [Z(x) - Z(x+h)] = 0$$

Όπου: $Z(x)$, $Z(x+h)$ είναι οι τιμές της τυχαίας μεταβλητής Z στις θέσεις x και $x+h$.

Επίσης η σταθερότητα δεύτερης τάξης ισχύει όταν η διακύμανση υπάρχει για κάθε ζεύγος σημείων και εξαρτάται από την απόσταση h που τα χωρίζει και όχι από τη θέση τους στο χώρο, οπότε :

$$E\{[Z(x)-Z(x+h)]^2\} = E\{[\varepsilon'(x)-\varepsilon'(x+h)]^2\} = 2\gamma(h)$$

όπου $\gamma(h)$ είναι γνωστή ως ημιβαριόγραμμα (variogram).

Οι δύο παραπάνω συνθήκες α) για τη σταθερή διαφορά και β) για τη διακύμανση, αποτελούν τις αναγκαίες προϋποθέσεις για την ισχύ της της θεωρίας της περιφερειακής μεταβλητής (γενική υπόθεση στασιμότητας) (Burrough & McDonnell, 1998).

Όταν ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες η ημιδιακύμανση μπορεί να προσδιοριστεί από τα δεδομένα μας με την εξίσωση:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n \{z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})\}^2$$

2.6.2. Ημιβαριόγραμμα

Η κατασκευή του βαριογράμματος από το σύνολο των δεδομένων, αποτελεί τη βασική διεργασία πριν της εφαρμογής της γεωστατιστικής μεθόδου kriging.

Βαριόγραμμα (variogram) ή **συνάρτηση συνδιακύμανσης (covariance function)** ονομάζεται η συνάρτηση που συσχετίζει το $\gamma(h)$ με το h , και δεν είναι άλλη από την:

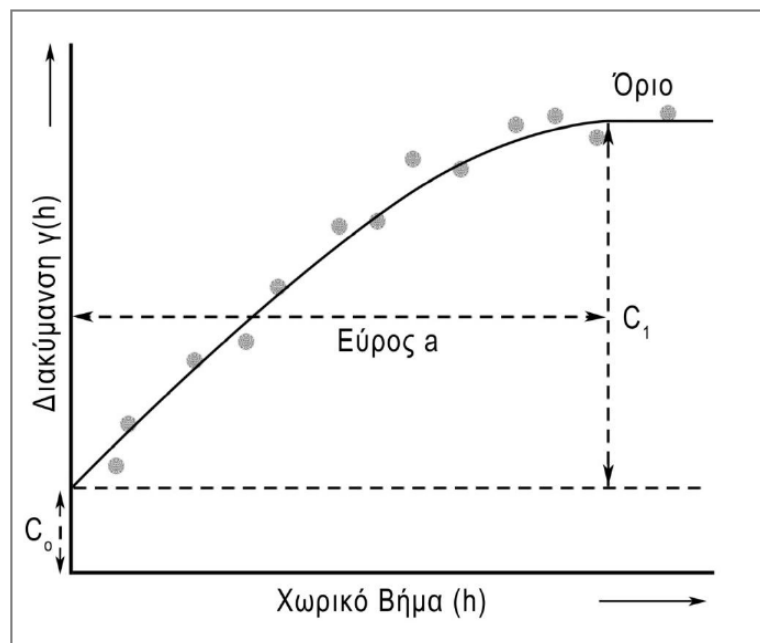
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \cdot \sum_{i=1}^N [z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2,$$

Το βαριόγραμμα εκφράζει μαθηματικά τον τρόπο που η διακύμανση μιας ιδιότητας μεταβάλλεται καθώς η απόσταση και η κατεύθυνση που χωρίζει δύο σημεία μεταβάλλεται. Αποτελεί ένα βασικό διαγνωστικό εργαλείο για τον χωρικό χαρακτηρισμό μιας χωρομεταβλητής.

Το διάγραμμα που απεικονίζει τον τρόπο μεταβολής της εκτίμησης του $\gamma(h)$ με το h ονομάζεται **πειραματικό βαριόγραμμα (experimental variogram)**. Το πρότυπο βαριόγραμμα είναι μια απλή μαθηματική συνάρτηση η οποία μοντελοποιεί την τάση του πειραματικού βαριογράμματος.

2.6.2.1. Χαρακτηριστικά ημιβαριογράμματος

Σε ένα τυπικό ημιβαριόγραμμα όπως της εικόνας οι παράμετροι που παρατηρούνται είναι οι εξής:



Εικόνα 5: Τυπικό ημιβαριόγραμμα με τις βασικές παραμέτρους.

A. **Εύρος a (range)**. Αποτελεί το τμήμα του βαριογράμματος που δείχνει συνεχή αύξηση της ημιδιακυμάνσεως αυξανόμενης της απόστασης της δειγματοληψίας h . Το εύρος ουσιαστικά προσδιορίζει την περιοχή

επίδρασης ενός δείγματος (Καλύβας, 1989). Αποτελεί μία πολύ σημαντική παράμετρο γιατί περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών περιοχών εξαρτώνται από την χωρική απόσταση των περιοχών αυτών. Μέσα στα όρια του εύρους, οι θέσεις των παρατηρήσεων τείνουν να είναι όμοιες σε κοντινές αποστάσεις. Αντιθέτως σε αποστάσεις μεγαλύτερες του range παρατηρείται απουσία συσχέτισης εκτός αν υπάρχει περιοδικότητα στη μελετώμενη ιδιότητα (Burrough & McDonnell, 1998).

B. Όριο (sill). Είναι η τιμή στην οποία η αύξηση της ημιδιακύμανσης σταθεροποιείται. Πρακτικά εισάγει το συλλογισμό ότι σε μεγάλες αποστάσεις η συμπεριφορά της εξεταζόμενης μεταβλητής είναι τυχαία και δεν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ της τιμής σε μια θέση με την τιμή σε κάποια άλλη θέση (Καλύβας, 1989).

Γ. Nugget C₀. Η nugget διακύμανση αντικατοπτρίζει το ποσοστό της διακύμανσης που οφείλεται σε λάθη μετρήσεων σε συνδυασμό με τα λάθη που προέρχονται από τη χωρική διαφοροποίηση σε αποστάσεις μικρότερες των αποστάσεων των δεδομένων (Burrough & McDonnell, 1998).

Στις περιπτώσεις που το nugget ταυτίζεται με το sill, παρατηρείται απουσία χωρικής συσχέτισης, φαινόμενο γνωστό και ως nugget effect (Cressie N.A.C., 1993). Η χωρική εξάρτηση μπορεί να εκτιμηθεί από το λόγο:

$$\text{Nugget} / (\text{nugget} + \text{partial sill}) \times 100$$

Αν ο λόγος παίρνει τιμές μικρότερες ή ίσες με 25% τότε υπάρχει ισχυρή χωρική εξάρτηση, αν οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 26-75% υπάρχει σχετική χωρική εξάρτηση και τέλος αν οι τιμές είναι πάνω από 75% υπάρχει ασθενή χωρική εξάρτηση (Cambardella C A. et al., 1994).

2.6.2.2. Τύποι ημιβαριογράμματος

Μεταβατικά (transitive). Είναι το τυπικό βαριόγραμμα όπου η διακύμανση σε μικρές αποστάσεις αυξάνεται και φθάνει ένα όριο. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη συγκεκριμένου εύρους.

Καθαρού nugget effect ή τυχαία. Αυτά φανερώνουν την έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των δειγμάτων.

Συνεχή. Το βαριόγραμμα έχει παραβολική μορφή και δείχνει συνεχή αύξηση της διακύμανσης.

Γραμμικά. Τα βαριογράμματα αυτού του τύπου απεικονίζουν γραμμική μεταβολή της συσχέτισης μεταξύ των δειγμάτων (Καλύβας, 1989).

2.6.2.3. Μοντέλα ημιβαριογράμματος

Τέσσερα είναι τα βασικά μοντέλα (μορφές) του βαριογράμματος. Αυτά είναι:

I. Σφαιρικό Μοντέλο (spherical)

Μετά από διερεύνηση διαφορετικών μοντέλων διαπιστώθηκε ότι το σφαιρικό αντιπροσωπεύει καλύτερα τα ημιβαριογράμματα των δεδομένων της παρούσας εργασίας και για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε.

Οι συναρτήσεις που διέπουν το μοντέλο είναι:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right\} \text{ για } 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \quad \text{για } h \geq a$$

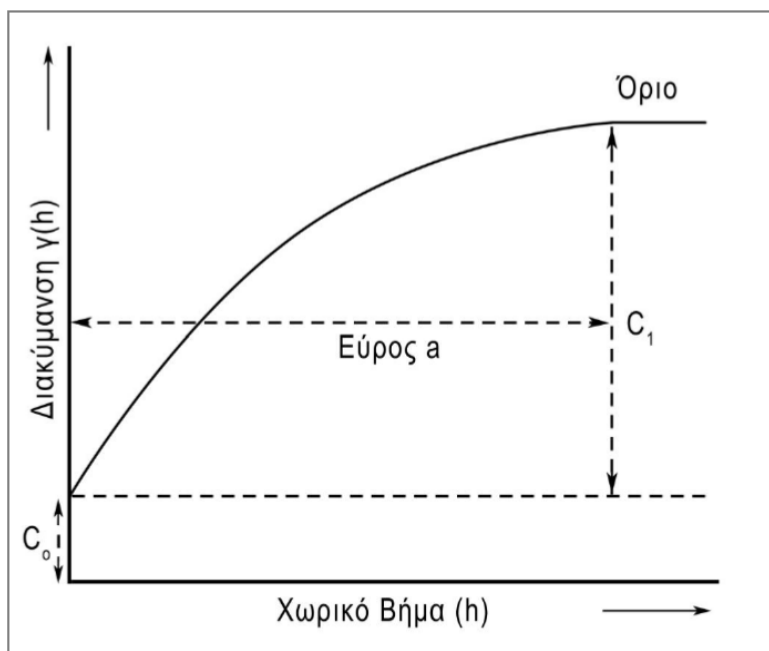
$$\gamma(0) = 0$$

όπου a: range

h: απόσταση μεταξύ δύο θέσεων

C_0 : διακύμανση nugget

$C_0 + C_1$: αντιστοιχεί στο sill



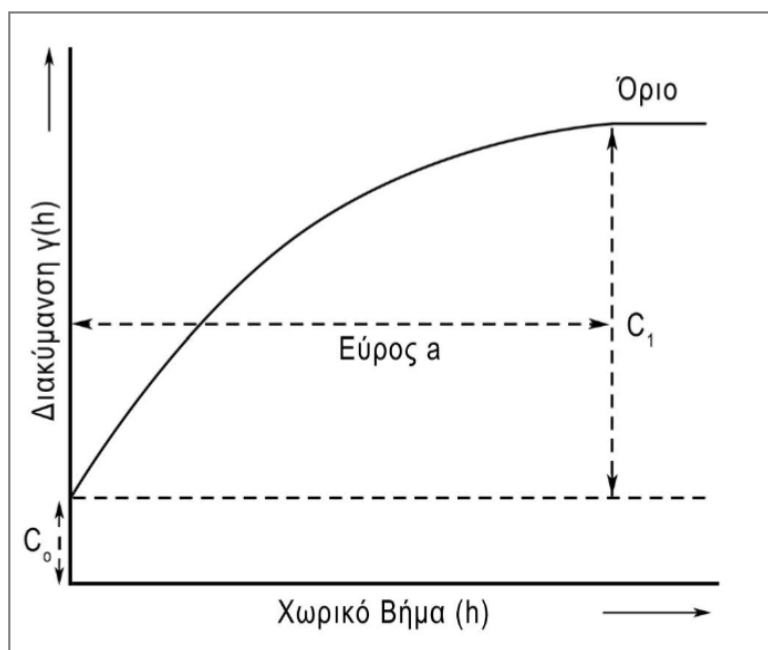
Εικόνα 6: Σφαιρικό μοντέλο.

II. Εκθετικό Μοντέλο

Η συνάρτηση που διέπει το μοντέλο είναι:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1\{1-\exp(-h/a)\} \text{ για } |h| > 0$$

$$\gamma(h) = 0$$



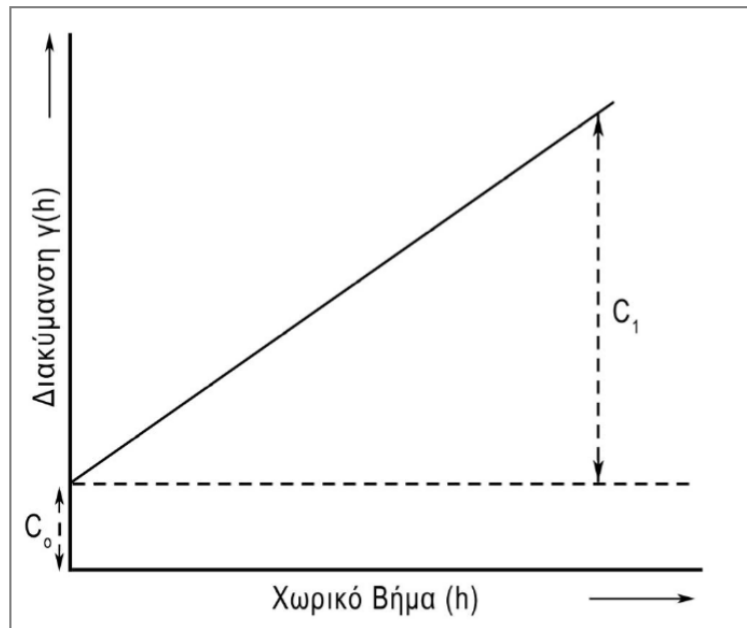
Εικόνα 7: Εκθετικό μοντέλο.

III. Γραμμικό Μοντέλο

Η συνάρτηση που διέπει το μοντέλο είναι:

$$\gamma(h) = C_0 + bh$$

όπου b:είναι η κλίση της γραμμής



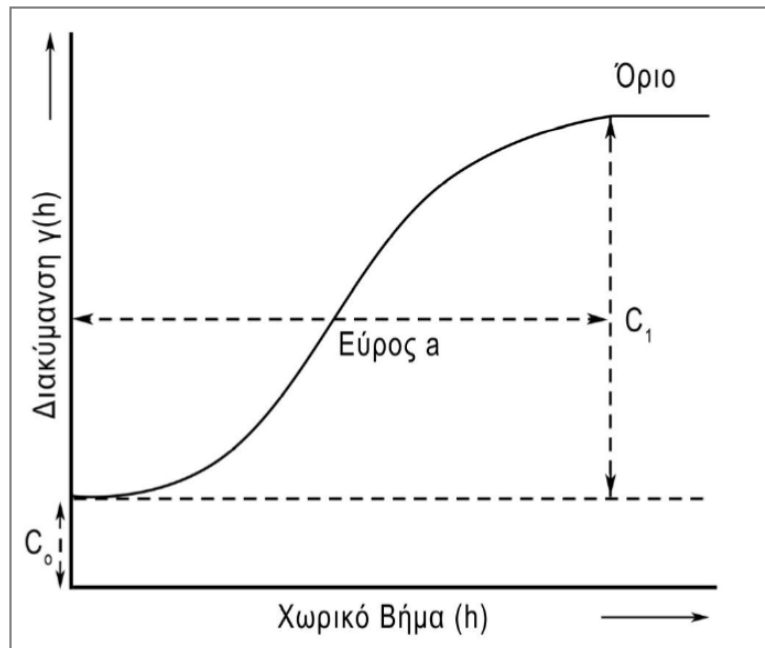
Εικόνα 8: Γραμμικό μοντέλο.

IV. Gaussian Μοντέλο

Η συνάρτηση που διέπει το μοντέλο είναι:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1\{1 - \exp(-|h|^2/a^2)\}$$

$$\gamma(0) = 0$$



Εικόνα 9: Gaussian μοντέλο.

Το μοντέλο Gaussian συμπεριφέρεται ως παραβολή στο αρχικό του στάδιο και έτσι είναι σε θέση να παρουσιάζει ανεπαίσθητες αποκλίσεις ιδιοτήτων. Εντούτοις, η χρησιμοποίησή του χωρίς την επίδραση του nugget, μπορεί να δημιουργήσει αριθμητικές αστάθειες στην διαδικασία του kriging.

Εν αντιθέσει, το σφαιρικό και το εκθετικό μοντέλο, με την γραμμική τους αρχική συμπεριφορά, αντιπροσωπεύουν καλύτερα ιδιότητες με μεγαλύτερη μεταβλητότητα μικρού εύρους (Bohling, 2005).

Τα παραπάνω μοντέλα πλην του γραμμικού ανήκουν στην κατηγορία των μεταβατικών βαριογραμμάτων (transitive variograms) καθώς η δομή της χωρικής συσχέτισης μεταβάλλεται σε σχέση με την απόσταση. Στα μη μεταβατικά βαριογράμματα (no transitive) δεν παρατηρείται σταθεροποίηση εντός της περιοχής των δεδομένων. Δεν υπάρχει δηλαδή όριο (sill). Τα βαριογράμματα αυτού του είδους μοντελοποιούνται με το γραμμικό μοντέλο.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα μοντέλα βαριογραμμάτων, όπως το εκθετικό και το Gaussian, δεν έχουν πραγματικό εύρος (range). Σ' αυτή την περίπτωση το range ονομάζεται "effective". Το "effective" range αντιπροσωπεύει την απόσταση όπου η τιμή του βαριογράμματος αποτελεί το

95% της οριακής τιμής (sill). Στην πραγματικότητα όμως το βαριόγραμμα είναι ασυμπτωτικό του sill και ποτέ δεν το τέμνει (Mayers, 2006).

2.6.3. Ανισοτροπία

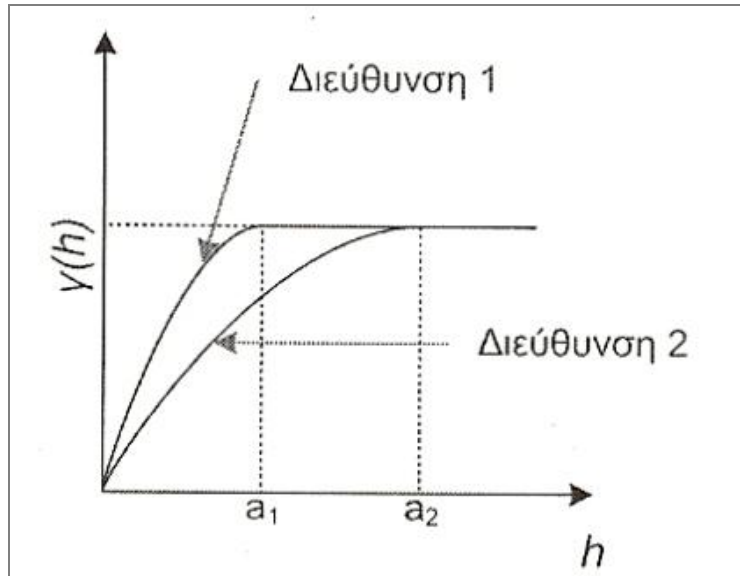
Το βαριόγραμμα υπολογίζει την διακύμανση από όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, με μοναδικό περιοριστικό παράγοντα την απόσταση μεταξύ των θέσεων (lag) ανεξαρτήτως διεύθυνσης. Η λογική αυτή είναι βάσιμη μόνο στις περιπτώσεις όπου, οι υπό εξέταση ιδιότητες μεταβάλλονται με όμοιο τρόπο σε όλες τις διευθύνσεις. Οι ιδιότητες αυτές καλούνται ισότροπες.

Υπάρχουν όμως, πολλά δεδομένα-ιδιότητες που εκθέτουν την ύπαρξη της ανισοτροπίας. Παράδειγμα αποτελούν και τα δεδομένα βροχόπτωσης της παρούσας εργασίας, όπου παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στη συμπεριφορά του βαριογράμματος στις περιπτώσεις που οι καμπύλες εκτείνονταν σε διαφορετικές διευθύνσεις.

Η ύπαρξη ανισοτροπίας αντικατοπτρίζεται στα βαριογράμματα μέσω διαφορετικών κλίσεων. Υπάρχουν δυο είδη ανισοτροπίας:

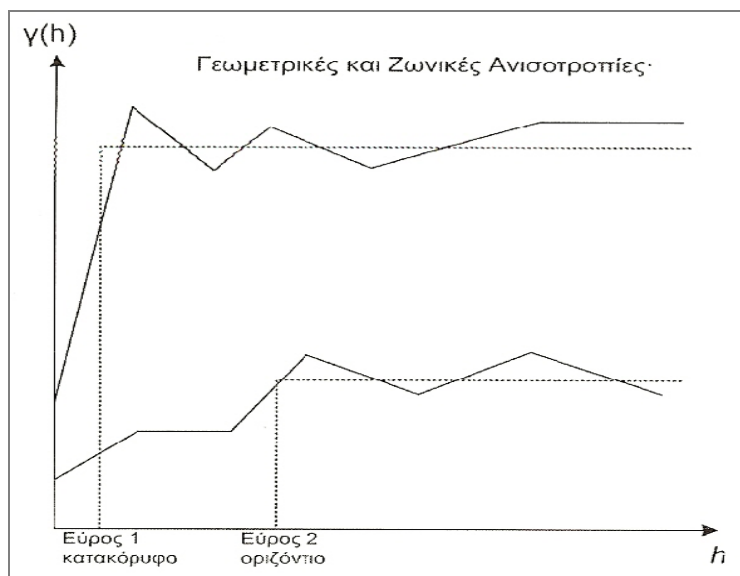
1. Γεωμετρική ανισοτροπία
2. Ζωνική ανισοτροπία

Το πιο σημαντικό είδος ανισοτροπίας είναι η γεωμετρική ανισοτροπία που παρατηρείται όταν η μεταβολή για μια δεδομένη απόσταση h σε μια διεύθυνση είναι ισοδύναμη με τη μεταβολή μεταξύ δύο σημείων σε απόσταση k φορές την h , σε μια άλλη διεύθυνση. Ο συντελεστής k καλείται λόγος ανισοτροπίας και εκφράζει το σχετικό μέγεθος των διαφοροποιήσεων των μεταβολών στις εξεταζόμενες διευθύνσεις (Καλύβας, 1989).



Εικόνα 10: Βαριόγραμμα που περιγράφει τη γεωμετρική ανισοτροπία στις δυο διευθύνσεις.

Στη ζωνική ανισοτροπία η παρατηρούμενη ανισοτροπία δεν μπορεί να μειωθεί με ένα απλό γραμμικό μετασχηματισμό της απόστασης δειγματοληψίας (Journel and Huijbrects, 1978).



Εικόνα 11: Βαριόγραμμα που περιγράφει τη ζωνική ανισοτροπία στις δυο διευθύνσεις.

2.6.4. Γεωστατιστικές μέθοδοι εκτιμήσεων

2.6.4.1. Παρεμβολή Kriging

Η παρεμβολή Kriging συνιστά μια γεωστατιστική μέθοδο εκτίμησης που στηρίζεται στις υπολογιζόμενες παραμέτρους των στατιστικών μοντέλων (βαριογράμματα) για την **αμερόληπτη** και **βέλτιστη** (Καλύβας, 1989) εκτίμηση των regionalized μεταβλητών σε θέσεις που δεν υπάρχουν δεδομένα, χρησιμοποιώντας το σύνολο των τιμών και τις πληροφορίες που μας παρέχει το βαριόγραμμα (Burrough & McDonnell, 1998).

Το όνομα της μεθόδου δόθηκε προς τιμήν του Νοτιοαφρικανού μεταλλειολόγου μηχανικού D.G.Krige, που ήταν ο πρωτοπόρος στην εφαρμογή γεωστατιστικών μεθόδων στη διερεύνηση των κοιτασμάτων ορυκτών.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου Kriging έναντι των άλλων μεθόδων χωρικής παρεμβολής έγκειται στο γεγονός ότι η Kriging μέθοδος έχει την ικανότητα αφενός μεν σε σημεία όπου υπάρχει συσσώρευση δεδομένων, την αποφυγή της μεροληπτικής εκτίμησης, αφετέρου δε, να παρέχει ένα μέτρο της ακρίβειας των προβλέψεων για την επιφάνεια που υπολογίστηκε.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τον υπολογισμό ενός βέλτιστου συνδυασμού σταθμικών συντελεστών (weights) για κάθε μια από τις γνωστές τιμές κατά τέτοιο τρόπο ώστε το άθροισμα των γινομένων να δίνει αμερόληπτη εκτίμηση της προσδιοριζόμενης τιμής, καθώς και η προσδιοριζόμενη διακύμανση να είναι η ελάχιστη δυνατή (Καλύβας, 1989).

Η γενική σχέση που προσδιορίζει την τιμή μιας ιδιότητας Z σε μια θέση s_0 δίνεται από την σχέση:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$$

Όπου: λ_i : οι σταθμικοί συντελεστές (τα βάρη)

$\hat{Z}(s_0)$: η εκτιμώμενη τιμή στη θέση s_0

$Z(s_i)$: οι γνωστές τιμές της υπό εξέταση ιδιότητας

Είδη Kriging:

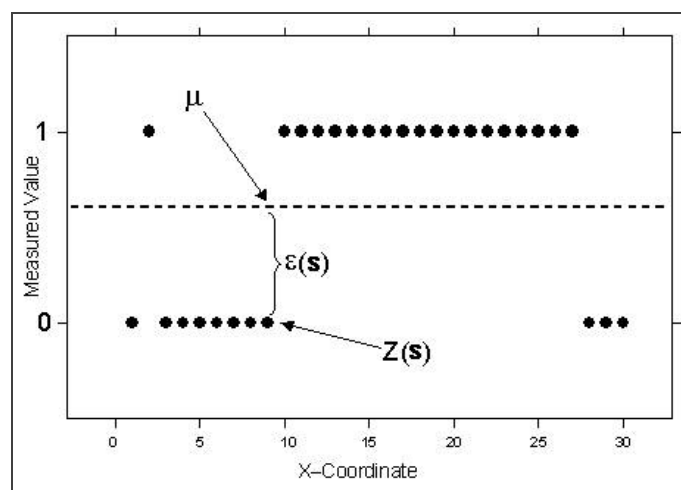
➤ **Ordinary Kriging**

Η μέθοδος Ordinary Kriging είναι ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος τύπος, είναι ένας τρόπος χωρικής παρεμβολής κατά τον οποίο κάθε τιμή είναι μέσος όρος με βάρη των τιμών των παρατηρήσεων στην περιοχή όπου ανήκει (Κόλλια-Κουσουρή, Β., 2000). Η εφαρμογή του έγκειται στην υπόθεση ενός σταθερού αλλά άγνωστου μέσου όρου μ . Το Ordinary Kriging στηρίζεται στην χωρική εξίσωση:

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

Όπου: μ είναι ο μέσος όρος,

$Z(s)$ είναι η συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής σταθερότητας.



Εικόνα 12: Το μοντέλο του ordinary kriging.

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο της θεωρίας της περιφερειακής μεταβλητής, η τιμή μιας μεταβλητής (χωρικής) μπορεί να εκφραστεί ως άθροισμα των συνιστωσών:

- i. Μιας συνιστώσας που έχει σταθερό μέσο (στην προκειμένη το μ ο μέσος όρος)
- ii. Μιας χωρικά συσχετισμένης συνιστώσας γνωστή ως διακύμανση.

Η διακύμανση προκύπτει από την αφαίρεση της τιμής του μέσου όρου μ που είναι σταθερός για ολόκληρη την περιοχή (Cressie, 1993) από τις παρατηρούμενες τιμές σε κάθε σημείο του χώρου μελέτης.

Οι παραπάνω εκτιμήσεις αποτελούν ένα γραμμικό συνδυασμό της μορφής:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Όπου: $\hat{Z}(s_0)$: η εκτιμώμενη τιμή στη θέση s_0

$Z(s_i)$: οι γνωστές τιμές της υπό εξέταση ιδιότητας

λ_i : οι σταθμικοί συντελεστές (τα βάρη)

Τα βάρη υπολογίζονται από τη χωρική διακύμανση που βασίζεται στο μοντέλο του βαριογράμματος που δίνεται από τον τύπο:

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2} \cdot \text{VAR}[Z(s) - Z(s + \mathbf{h})]$$

Όπου: $Z(s)$, $Z(s+h)$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση h , το διάνυσμα h ονομάζεται και «χρονική καθυστέρηση» (lag).

➤ **Simple Kriging**

Η μέθοδος Simple Kriging είναι από μαθηματικής απόψεως ο πιο απλός τύπος. Το Simple Kriging στηρίζεται στην χωρική εξίσωση:

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

Η υπόθεση που στηρίζει την εφαρμογή του είναι ότι το μ είναι γνωστό και σταθερό για όλη την περιοχή μελέτης. Επειδή όμως η υπόθεση αυτή είναι πολύ περιοριστική και σχεδόν απαγορευτική για δεδομένα από το φυσικό περιβάλλον, εφαρμόζεται συχνότερα το ordinary kriging στο οποίο χρησιμοποιείται ένας τοπικός μέσος όρος (ο μέσος των σημείων από τα οποία υπολογίζεται η τιμή σε μια νέα θέση).

2.6.4.2. Παρεμβολή Co-Kriging

Η μέθοδος αυτή αποτελεί επέκταση της μεθόδου Kriging. Το Co-Kriging, χρησιμοποιεί πληροφορίες από διάφορους τύπους μεταβλητών. Έτσι λοιπόν, η χρήση των δευτερευόντων μεταβλητών που σχετίζονται με την κύρια μεταβλητή ενδιαφέροντος έχει ως στόχο την καλύτερη δυνατή εκτίμηση της πρόβλεψης (ESRI-Using ArcGIS Geostatistical Analyst, 2001).

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου μια μεταβλητή δεν έχει μετρηθεί σε μεγάλο αριθμό θέσεων και τότε, οι εκτιμήσεις που θα προκύψουν δεν θα είναι στατιστικά αποδεκτές. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η μέθοδος Co-Kriging βοηθά αποτελεσματικά λαμβάνοντας υπόψη τιμές από τη χωρική μεταβολή μεταβλητών (οι οποίες συσχετίζονται στατιστικά με την κύρια μεταβλητή) των οποίων ο αριθμός των θέσεων είναι ικανοποιητικός (Καλύβας, 1989).

Μέσω της Co-Kriging μεθόδου, η τιμή της μεταβλητής U (με ελάχιστες τιμές) στη θέση χ_0 υπολογίζεται ως η σταθμισμένη μέση τιμή των τιμών από γνωστές θέσεις της συμμεταβλητής W . Έστω λοιπόν k οι τιμές της και n_w οι θέσεις των τιμών της. Η τιμή της μεταβλητής U στη θέση χ_0 εκτιμάται από την εξίσωση:

$$\hat{Z}_U(\chi_0) = \sum_{k=1}^W \sum_{i=1}^{n_w} \lambda_{ik} Z(\chi_{ik}) \quad \text{για όλα τα } W_k$$

Για την αποφυγή των λαθών οι σταθμικοί συντελεστές (τα βάρη) θα πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω συνθήκες:

$$\sum_{i=1}^{n_w} \lambda_{ik} = 1, \quad \text{για } W = U$$

$$\sum_{i=1}^{n_w} \lambda_{ik} = 0, \quad \text{για όλα } W_k \neq U$$

Η πρώτη συνθήκη υπονοεί ότι πρέπει να υπάρχει μια παρατήρηση ως ελάχιστη της μεταβλητής U για να είναι δυνατό το co-kriging.

Υπάρχει μια εξίσωση για κάθε συνδυασμό θέσης και μεταβλητής για να εκτιμηθεί η τιμή της μεταβλητής j στη θέση x_0 . Η εξίσωση για τη θέση g της μεταβλητής k δίνεται από:

$$\sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^{n_w} \lambda_{ij} \gamma_{ij}(x_{ij}, x_{gk}) + m_k = \gamma_{YW}(X_0, X_{gk})$$

Για όλα τα g από 1 έως n_w και για όλα τα k από το 1 έως το W , όπου m_k είναι ο συντελεστής lagrange. Οι παραπάνω εξισώσεις δημιουργούν το σύστημα co-kriging (Burrough & McDonnell, 1998).

Η Co-Kriging μέθοδος έχει νόημα μόνο αν οι τιμές δυο διαφορετικών μεταβλητών έχουν συλλεχθεί από διαφορετικά σημεία. Ειδάλλως οι εκτιμήσεις του Co-Kriging δεν θα διαφέρουν από εκείνες του Kriging (Burrough & McDonnell, 1998).

2.7. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας μελέτης, προέκυψε το συμπέρασμα ότι σε κάθε εργασία είναι σημαντικό να συγκρίνονται τα στατιστικά αποτελέσματα που προκύπτουν, με αυτά από τη χρήση εναλλακτικών μεθόδων και διαφορετικών δευτερευουσών μεταβλητών που εφαρμόζονται στα ίδια δεδομένα ή για την ίδια περιοχή μελέτης (Gundogdu et al, 2010).

Η αξιολόγηση των διαφορετικών μεθόδων παρεμβολής ως προς την ακρίβεια των εξαγόμενων αποτελεσμάτων τους μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την μέθοδο cross validation.

Η μέθοδος cross validation συνιστά μια πρακτική που χρησιμοποιεί τις εξισώσεις της μεθόδου kriging αναδρομικά για να ελέγξει το μοντέλο βαριογράμματος με την μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης (Burrough & McDonnell, 1998). Η μέθοδος περιλαμβάνει την διαδοχική εξαίρεση μιας τιμής ενός σημείου εκ του συνόλου και υπολογισμό αυτής από τις τιμές των υπολοίπων. Η διαδικασία ακολουθείται για το σύνολο των δεδομένων και στη συνέχεια ακολουθεί η σύγκριση μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής για κάθε σημείο.

Η εφαρμογή της μεθόδου πραγματοποιείται με τον υπολογισμό διαφόρων των πραγματικών και των εκτιμώμενων τιμών. Οι δείκτες αυτοί είναι (ESRI-Using ArcGIS Geostatistical Analyst, 2001):

1. Mean prediction error

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - Z(s_i)]}{n}$$

2. Root – mean – square prediction errors

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - Z(s_i)]^2}{n}}$$

3. Average kriging standard error

$$\text{ASE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\sigma}(s_i)}{n}}$$

4. Mean standardized prediction errors

$$\text{MSPE} = \frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - Z(s_i)] / \hat{\sigma}(s_i)}{n}$$

5. Root - mean – square standardized prediction errors

$$\text{RMSSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - Z(s_i)] / \hat{\sigma}(s_i)}{n}}$$

Όπου: $\hat{Z}(s_i)$ είναι η εκτιμώμενη τιμή στη θέση s_i από τη μέθοδο της cross validation,

$Z(s_i)$ είναι η παρατηρούμενη τιμή στη θέση s_i και

$\hat{\sigma}(s_i)$ είναι το τυπικό σφάλμα της πρόβλεψης για την θέση s_i

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πρέπει το ME να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στο μηδέν και το RMSE όσο πιο μικρό γίνεται γεγονός το οποίο σημαίνει ότι οι προβλέψεις είναι αμερόληπτες και κοντά στις πραγματικές τιμές αντίστοιχα.

Οι τιμές του ASE χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν την μεταβλητότητα των προβλέψεων από τις μετρημένες τιμές. Επομένως το ASE πρέπει να είναι ίδιο με το RMSE προκειμένου να αξιολογηθεί σωστά η μεταβλητότητα των προβλέψεων. Αν η τιμή του ASE είναι μεγαλύτερη από το RMSE σημαίνει ότι οι τιμές των προβλέψεων είναι υπερεκτιμημένες. Αν αντιθέτως το ASE είναι μικρότερο από το RMSE τότε οι προβλέψεις είναι υποεκτιμημένες. Οι τιμές του RMSSE θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στην μονάδα, ενώ αυτές του SME να είναι όσο το δυνατό μικρότερες.

Στην παρούσα μελέτη μέτρο σύγκρισης των μεθόδων αποτέλεσε κυρίως ο δείκτης Root – mean – square prediction errors (RMSE), ο οποίος υπολογίστηκε και για τις τέσσερις μεθόδους παρεμβολής.

3. ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ:ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

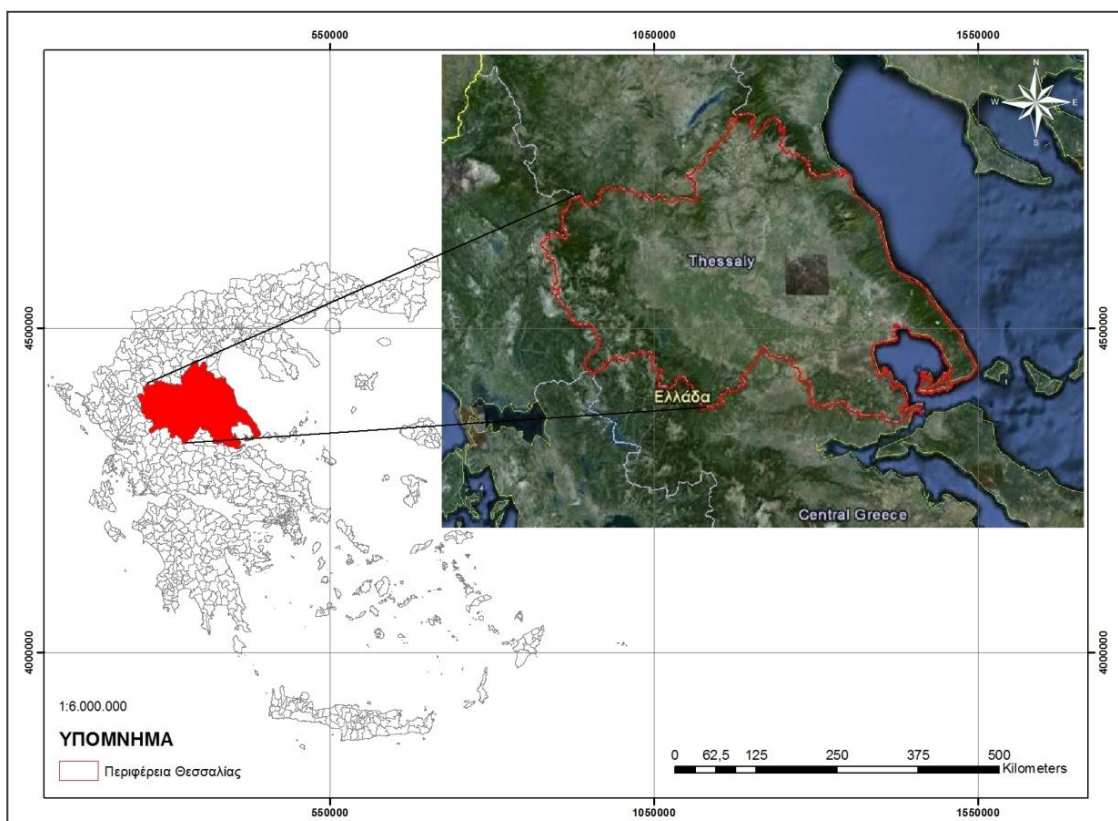
Ως περιοχή μελέτης της παρούσας διατριβής επιλέχθηκε να είναι η Περιφέρεια Θεσσαλίας. Η επιλογή της περιοχής στηρίχθηκε στους ακόλουθους συλλογισμούς:

- I. Η παροχή του μέγιστου δυνατού όγκου διαθέσιμων δεδομένων μιας ικανοποιητικής χρονοσειράς είκοσι ετών (1975-1995) από τις υπηρεσίες της Ε.Μ.Υ, της Δ.Ε.Η. και του υπουργείου ΥΠ.Ε.ΧΩ.ΔΕ, που καθιστά δυνατή την εφαρμογή μεθόδων γεωστατιστικής ανάλυσης.
- II. Η επιλεγείσα περιοχή ειδικότερα, παρέχει το πλεονέκτημα της εναλλαγής της γεωμορφολογίας καθώς το έδαφος της είναι κατά το ένα ήμισυ ορεινό-ημιορεινό και κατά το άλλο ήμισυ πεδινό. Η έντονη αυτή διαφορά της γεωμορφολογίας επιτρέπει μια πιο αντιπροσωπευτική μελέτη της κατανομής του μέσου ύψους βροχής (που αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας), καταδεικνύοντας τις διαφοροποιήσεις της, εξαιτίας του αναγλύφου. Επίσης προσφέρει την δυνατότητα εξέτασης δευτερευόντων παραγόντων που είναι δυνατόν να επιδρούν στην κατανομή των βροχοπτώσεων όπως η κλίση που σε πεδινά εδάφη επί παραδείγματι, θα ήταν αδύνατη.
- III. Ο αριθμός των θέσεων καταγραφής των δεδομένων (βροχομετρικών) και η χωρική τους κατανομή στην έκταση της περιοχής μελέτης ικανοποιεί το ελάχιστο των απαιτήσεων για την εφαρμογή της γεωστατιστικής.

Εκμεταλλεούμενοι τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα, έγινε χρήση της γεωστατιστικής θεωρίας για την αξιοποίηση του υπάρχοντος όγκου δεδομένων.

3.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Θεσσαλία είναι γεωγραφικό διαμέρισμα της Ελλάδας. Καλύπτει το ανατολικό μέρος του βορείου τμήματος της κεντρικής Ελλάδος. Επίσης, αποτελεί μία από τις 13 διοικητικές περιφέρειες της Ελλάδας. Αποτελείται από τους νομούς Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας και Τρικάλων.



Χάρτης 1: Χαρτογραφική απεικόνιση της Περιφέρειας Θεσσαλίας με ένθετη δορυφορική εικόνα της ίδιας περιοχής.

Η συνολική της έκταση είναι 14.036 km² και αντιπροσωπεύει περίπου το 11% της συνολικής έκτασης της ελληνικής επικράτειας. Συνορεύει βόρεια με τις περιφέρειες της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, νότια με την περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος, δυτικά με την περιφέρεια Ηπείρου, ενώ Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος.

Ο Θεσσαλικός χώρος περιλαμβάνει την πεδινή και την ορεινή Θεσσαλία. Η ορεινή Θεσσαλία περιβάλλει την πεδινή Θεσσαλία την οποία διαιρεί σε δυο τμήματα, την δυτική και την ανατολική πεδινή Θεσσαλία.

Η ορεινή Θεσσαλία έχει έκταση 9.550 km² και περιλαμβάνει το 66,5% της ολικής επιφάνειας της Θεσσαλίας. Σαν ορεινή Θεσσαλία θεωρούμε την περιοχή με απόλυτο υψόμετρο άνω των 200 m. Το βόρειο τμήμα της καταλαμβάνεται από την οροσειρά του Ολύμπου.

Το ανατολικό τμήμα της ορεινής Θεσσαλίας καταλαμβάνεται από τα όρη Όσσα και Πήλιο. Οι δυο αυτοί ορεινοί όγκοι διαχωρίζονται με την οροσειρά του Ολύμπου από τα στενά των Τεμπών τα οποία διαπερνά ο Πηνειός ποταμός ο οποίος εκβάλλει στο Αιγαίο.

Το νότιο τμήμα καταλαμβάνεται από το Χαλκαδόνιο όρος με μέγιστο υψόμετρο 725 m. και τμήμα του Ναρθακίου όρους με μέγιστο υψόμετρο 1011 m.

Το δυτικό τμήμα καλύπτεται από τμήμα της οροσειράς της Πίνδου.

Τέλος, στο κέντρο της πεδινής Θεσσαλίας δημιουργείται μια επιμήκης ράχη, αποτελούμενη από τα όρη του Ζάρκου, Τιάνου, Φυλλίου και Χαλκηδονίου. Η ράχη αυτή διαχωρίζει την πεδινή Θεσσαλία σε ανατολικό και δυτικό τμήμα. Τα δύο τμήματα επικοινωνούν μεταξύ τους με το στενό της Πηνειάδας. Το ανατολικό τμήμα ονομάζεται λεκάνη της Λάρισας ενώ το τμήμα της πεδιάδας η οποία εκτείνεται δυτικά της Κεντρικής Θεσσαλίας ονομάζεται λεκάνη των Τρικάλων. Το μεγαλύτερο μέρος των δυο αυτών λεκανών έχουν ύψος χαμηλότερο των 100 m.

Η πεδινή Θεσσαλία καταλαμβάνει έκταση 4.520 km² δηλαδή αποτελεί το 33,5% του ολικού Θεσσαλικού χώρου. Το υψόμετρό της κυμαίνεται από 45 m. μέχρι 200 m..

Όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, αν και το κλίμα της Θεσσαλίας, κατατάσσεται στο μεσογειακό, έχει χαρακτηριστικά που προσομοιάζουν με εκείνα του ηπειρωτικού κλίματος, εξαιτίας του φυσικού αποκλεισμού από τη θάλασσα.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, η βροχόπτωση στη Θεσσαλία ακολουθεί σε γενικές γραμμές ένα ενιαίο κλιματικό σύστημα και εκδηλώνεται με τη μορφή ήπιων συμβάντων, ενώ κατά τους θερινούς μήνες είναι έντονη η δημιουργία

μικροκλιματικών συνθηκών με εκδήλωση βροχόπτωσης υπό μορφή έντονων έως βίαιων φαινομένων μικρής διάρκειας και εξαιρετικά μεγάλης έντασης.

Οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένες ιδιαίτερα στα ορεινά ενώ συχνές χαλαζοπτώσεις παρατηρούνται κυρίως κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στα βόρεια και κατά τους μήνες Φεβρουάριο έως Απρίλιο στα νοτιοανατολικά.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 15,4 °C έως 15,8 °C, με τη μέση μέγιστη να φθάνει τους 33,2 °C τον Ιούλιο και τη μέση ελάχιστη τους -0,4 °C τον Ιανουάριο. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και Αύγουστος, ενώ οι πιο ψυχροί μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Οι παγετοί είναι συχνοί και εμφανίζονται κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Απριλίου.

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία του αέρα κυμαίνονται από 62% έως 68%. Οι μήνες Ιούνιος και Ιούλιος έχουν τις μικρότερες τιμές, ενώ οι μήνες Δεκέμβριος και Ιανουάριος έχουν τις μεγαλύτερες τιμές.

Στο Θεσσαλικό χώρο η μέση ένταση των ανέμων δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή και κυμαίνεται από 0 έως 1,0 m/sec. Κυριαρχούν δύο χαρακτηριστικοί τύποι ανέμων, οι 'ετήσιοι' άνεμοι και ο 'λίβας'. Οι 'ετήσιοι' άνεμοι οφείλονται στο συνδυασμό της επέκτασης του θερινού θερμικού χαμηλού από την περιοχή της Ασίας και του αντικυκλώνα του Ατλαντικού προς την Ν.Α Ευρώπη.

Οι άνεμοι αυτοί αρχίζουν να πνέουν από τα μέσα Ιουλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου όπου σημειώνεται η μεγαλύτερη ένταση και συχνότητά τους. Στην ημερήσια πορεία τους, το μέγιστο εμφανίζεται το απόγευμα, ενώ το βράδυ η έντασή τους σταδιακά μηδενίζεται λόγω της αυξημένης ευστάθειας του επιφανειακού στρώματος. Ο 'λίβας' είναι ξηρός και θερμός τοπικός άνεμος που πνέει το Μάιο και στις αρχές Ιουνίου.

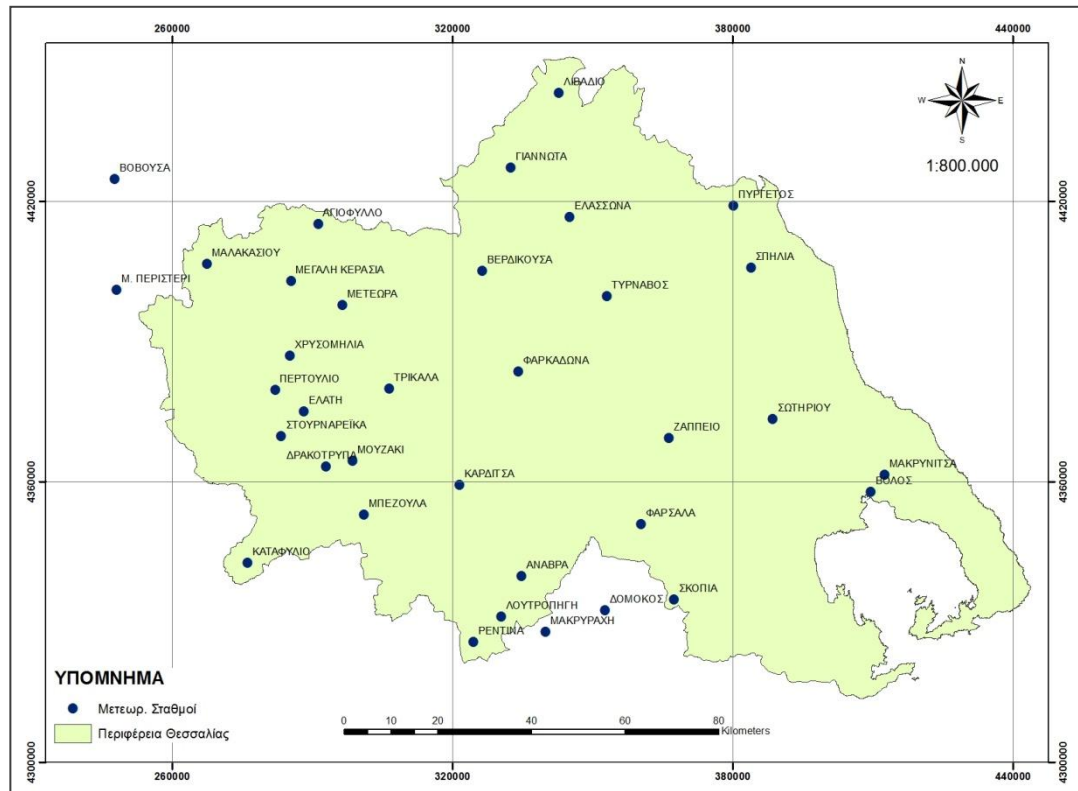
3.3. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η παραχώρηση των βροχομετρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας έγινε ύστερα από σχετική αίτηση προς της υπηρεσίες της Ε.Μ.Υ, της Δ.Ε.Η. και του ΥΠ.Ε.ΧΩ.ΔΕ. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από το αρχείο των παραπάνω υπηρεσιών, από 35 σταθμούς εντός της περιοχής μελέτης και από μια ικανοποιητική χρονοσειρά κατά μέσο όρο είκοσι ετών.

Οι σταθμοί δεν είχαν ενιαία χρονολογική αρχή καταγραφής δεδομένων ούτε βέβαια και το ίδιο χρονολογικό τέλος καταγραφής. Επομένως για την ορθή διαχείριση και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί ειδική ταξινόμηση τους με σκοπό να απομονωθεί και να χρησιμοποιηθεί η κοινή περίοδος καταγραφής δεδομένων όλων των σταθμών. Η περίοδος αυτή, όπως προαναφέρθηκε, είναι εικοσαετής και εκτείνεται από το 1975 έως και το 1995.

Ο αριθμός των σταθμών με πραγματικά βροχομετρικά δεδομένα που τελικά χρησιμοποιήθηκε είναι ο μέγιστος δυνατός για την περιοχή μελέτης αλλά κυρίως για την απαιτούμενη πολυετή χρονοσειρά, καθώς - όπως ενημερωθήκαμε - αρκετοί σταθμοί από αυτούς που φέρονται να εγκαταστάθηκαν ως δίκτυο βροχομετρικών δεδομένων διαφόρων κρατικών υπηρεσιών ή ερευνητικών ιδρυμάτων λειτούργησαν για ένα μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια για λόγους κόστους κυρίως, σταμάτησε η λειτουργία τους. Επίσης η εύρεση περισσότερων σταθμών από ένα ορισμένο υψόμετρο και πάνω κατέστη αδύνατη για ευνόητους λόγους που αφορούν κυρίως το δυσπρόσιτο των ορεινών περιοχών. Στο γεγονός αυτό οφείλεται η μεγαλύτερη πυκνότητα σταθμών δεδομένων στις πεδινές περιοχές.

Στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 2) παρουσιάζονται οι γεωγραφικές θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών εντός της περιοχής μελέτης.



Χάρτης 2: Γεωγραφικές θέσεις μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης.

Τα βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της οικείας εργασίας, αποτελούν μέσες αθροιστικές μηνιαίες τιμές ύψους βροχής όπως έχουν καταγραφεί στον κάθε μετεωρολογικό σταθμό της αντίστοιχης περιοχής καθώς και το μέσο συνολικό ύψος βροχής.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επισημανθεί ότι κατά την εκτέλεση των προκαταρκτικών στατιστικών επεξεργασιών, προέκυψε η ανάγκη διαίρεσης του έτους σε δυο περιόδους, την ψυχρή (Οκτώβριος-Μάρτιος) και την θερμή (Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Το γεγονός αυτό συνάδει με την γενική θεώρηση του έτους από κλιματολογικής πλευράς, στο πλαίσιο της μετεωρολογικής επιστήμης, όπου διακρίνονται δύο περίοδοι με διαφορετικά θερμοκρασιακά και βροχομετρικά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα των δύο αυτών περιόδων δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν στατιστικά ως ενιαίο σύνολο διότι διαφέρουν σημαντικά ως προς τις τιμές τους. Τη συλλογιστική αυτής της ενέργειας στήριξαν τα αποτελέσματα των στατιστικών επεξεργασιών, όπου παρατηρήθηκε ότι οι μέσες μηνιαίες τιμές της κάθε περιόδου παρουσιάζουν

ομοιογένεια. Την ίδια πρακτική ακολουθούν και πολλοί ξένοι ερευνητές (A. Matkan et al., 2010, I. B. Gundogdu *et al.*, 2010).

Τα δεδομένα του κάθε σταθμού συνοδεύονταν από περιγραφικές πληροφορίες όπως το όνομα του σταθμού (η περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένος), οι γεωγραφικές του συντεταγμένες και το υψόμετρό του (μετρημένο από την επιφάνεια της θάλασσας). Το υψόμετρο αποτέλεσε σημαντική πληροφορία καθώς εξετάζοντας την επίδρασή του, λειτούργησε ως συμμεταβλητή στις γεωστατιστικές επεξεργασίες.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζονται οι μέσες αθροιστικές ετήσιες τιμές όπως και οι μέσες αθροιστικές τιμές των δυο ετήσιων περιόδων του ύψους βροχής.

α/α	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
1.	ΑΓΙΟΦΥΛΛΟ	584,1	291301,1	4415169,8	685,9	453,5	232,3
2.	ΑΝΑΒΡΑ	196,3	334835,8	4339724,5	720,1	505,9	214,2
3.	ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΑ	914,6	326428,8	4405137,5	725,9	455,7	270,2
4.	ΓΙΑΝΝΩΤΑ	554	332524,2	4427208,4	559,4	426,5	232,9
5.	ΕΛΑΣΣΩΝΑ	276,3	345164,9	4416623,8	532,4	299,3	233
6.	ΕΛΑΤΗ	908,9	288230,3	4375035,3	1457,6	1035,1	422,4
7.	ΖΑΠΠΕΙΟ	120	366461	4369310	477,8	306,4	171,4
8.	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	106,7	321566,5	4359249,1	618,5	427,5	190,9
9.	ΚΑΤΑΦΥΛΙΟ	880	276112,6	4342581,9	1404,6	1020,2	384,4
10.	ΛΙΒΑΔΙΟ	1181,3	342779,8	4443137,4	774,3	421,3	353
11.	ΛΟΥΤΡΟΠΗΓΗ	772,3	330513,3	4331153,7	717	498,3	218,8
12.	ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ	796	412557,5	4361465,7	731,4	485,2	246,2
13.	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	577,2	339936	4327813,5	359,3	222,4	136,8
14.	ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	850,7	267443,5	4406544,6	952,2	669	283,1
15.	ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	509	285469,8	4402923,1	706,5	497	209,3
16.	ΜΕΤΕΩΡΑ	241,8	296524,4	4397760,9	659,5	461,2	198,5
17.	ΜΟΥΖΑΚΙ	225,3	298672,5	4364437,5	781	580,8	200,2
18.	ΜΠΕΖΟΥΛΑ	450	301046,9	4352974,9	1179,3	836,3	343
19.	ΠΕΡΤΟΥΛΙΟ	1170	282065,2	4379656	1216,5	827	389,5
20.	ΠΥΡΓΕΤΟΣ	95,6	380202	4419059,3	689,1	468,1	221,1
21.	ΡΕΝΤΙΝΑ	884,9	324581,4	4325741,7	1319,5	883,2	436,1
22.	ΣΚΟΠΙΑ	444,7	367511,7	4334785,4	511	336,2	174,9
23.	ΣΠΗΛΙΑ	809	383993,6	4405818,5	671,7	413,8	258
24.	ΣΩΤΗΡΙΟΥ	52,4	388572,8	4373339,4	408,8	261	148
25.	ΤΥΡΝΑΒΟΣ	97,1	353141,5	4399695,8	517,9	321,3	196,6
26.	ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	86,2	334138,6	4383516,1	539,2	352,5	186,7
27.	ΧΡΥΣΟΜΗΛΙΑ	911,1	285306,9	4386976,6	1094,3	774,6	319,8
28.	ΦΑΡΣΑΛΑ	148	360395	4350913	654,1	454,2	200,1
29.	ΔΟΜΟΚΟΣ	591	352720	4332417,2	531,1	368,7	162,4
30.	ΤΡΙΚΑΛΑ	163	306469	4379830	719,4	517,4	202
31.	ΒΟΛΟΣ	52	409643,5	4357752	420,4	280,2	140,2
32.	Μ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	1019,3	248174,9	4400999,7	1319	948,6	370,4
33.	ΒΟΒΟΥΣΑ	982,6	247706,6	4424734,9	1431,6	1029,4	402,2
34.	ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ	574,2	293028,2	4363182,7	1445,9	1101,4	344,5
35.	ΣΤΟΥΡΝΑΡΕΪΚΑ	761,5	283369,9	4369765,4	1908,6	1468,6	440

Πίνακας 1: Πίνακας μέσων ετήσιων τιμών και μέσων τιμών θερμής και ψυχρής περιόδου του ύψους βροχής.

3.4. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για τη δημιουργία της γεωγραφικής βάσης των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με την εμπορική ονομασία ArcGIS v. 9.3. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν το διανυσματικό ψηφιακό αρχείο του ορίου περιοχής μελέτης και καταχωρήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα: οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών (μέσω των γεωγραφικών συντεταγμένων τους), το υψόμετρο στο οποίο είναι τοποθετημένοι και τα βροχομετρικά δεδομένα.

Τα χωρικά διανυσματικά ψηφιακά δεδομένα όπως το αρχείο των διοικητικών περιφερειών και των νομών της Ελλάδας και οι ισοϋψείς καμπύλες παραχωρήθηκαν από την Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Στην παρακάτω εικόνα (screenshot) παρατίθεται η βάση δεδομένων του σημειακού αρχείου των μετεωρολογικών σταθμών, όπως δημιουργήθηκε στο περιβάλλον του ArcGIS.

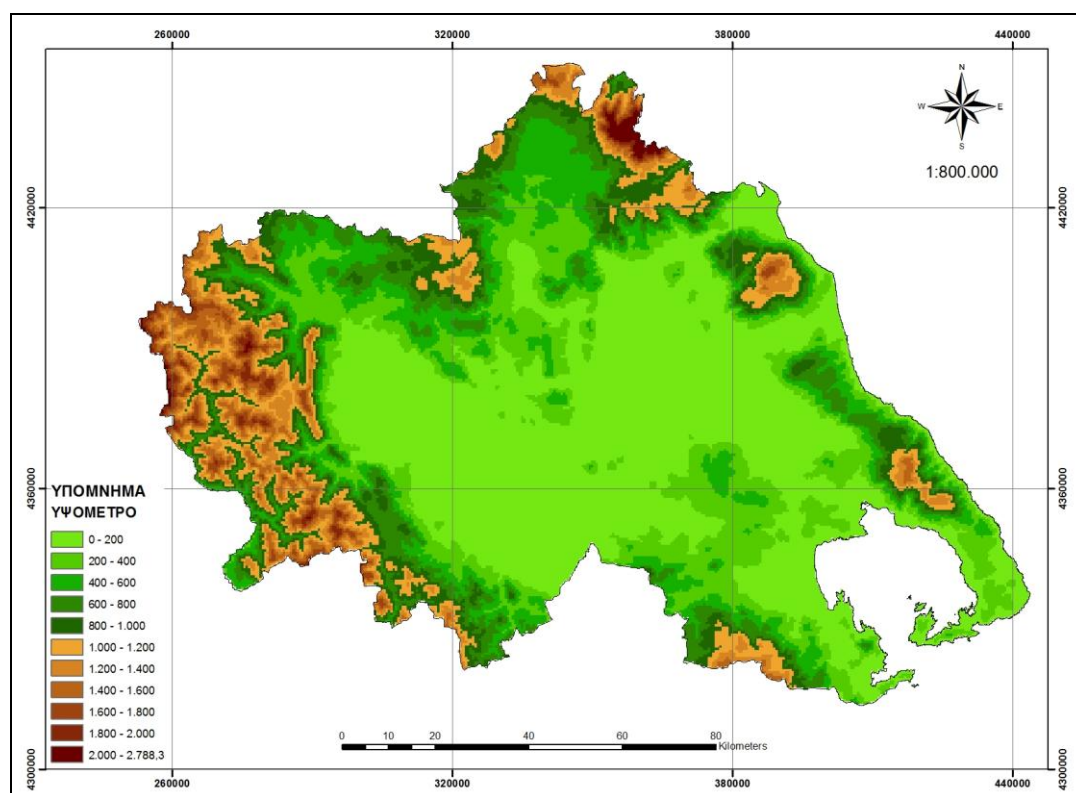
FID	Shape	OBJECTID	ID	ΟΝΟΜΑ	ΙΑΝ	FEB	MART	APR	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	AUG	SEPT	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ	ALTITUDE	X	Y
0	Point	1	1	ΑΓΙΟΦΥΛΛΟ	63.8	52.8	66	55.5	58.8	26.6	29.2	22.6	39.6	83.8	105	81.3	685.9	584.1	291301.1	4415169.8
1	Point	2	2	ΑΝΑΒΡΑ	75.6	71.2	83.1	56.7	52.1	31.8	18.4	17.8	37.4	91.8	103	81.1	720.1	196.3	334835.8	4339724.5
2	Point	3	3	ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΑ	55.6	49.3	74.7	62.2	64.5	37	33.4	28.7	44.4	90.6	118	66.6	725.9	914.6	326428.81	4405137.5
3	Point	4	4	ΓΙΑΝΝΩΤΑ	41.5	40	53.4	46.3	55.6	36.7	35.5	25.8	33	55.8	77.2	58.6	559.4	554	332524.2	4427208.4
4	Point	5	5	ΕΛΑΣΣΩΝΑ	40.8	36.9	44.9	43.7	52.7	38.2	34.2	26.3	37.9	55.1	69.5	52.1	532.4	276.3	345164.9	4416623.8
5	Point	6	6	ΕΛΑΤΗ	125.	113.	129.4	137.	101.	42	33	35.4	72.3	220.	236.	209.	1457.6	908.9	288230.3	4375035.3
6	Point	7	7	ΖΑΠΠΕΙΟ	43.6	33.9	46.1	36	41.9	25.9	21.5	15.3	30.8	56.4	70.7	55.7	477.8	120	366461	4369310
7	Point	8	8	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	60.8	57.8	68.9	46.9	46.3	27.2	18.9	18.4	33.2	84	85.3	70.7	618.5	106.7	321566.5	4359249.1
26	Point	27	9	ΚΑΤΑΦΥΛΙΟ	158.	143.	122.1	122.	100	45.9	28.8	33.3	53.6	132.	229.	234.	1404.6	880	276112.6	4342581.9
8	Point	9	10	ΛΙΒΑΔΙΟ	50.8	46.6	60.8	70	91.5	56.7	46.9	41.3	46.6	81.5	106.	74.8	774.3	1181.3	342779.8	4443137.4
9	Point	10	11	ΛΟΥΤΡΟΠΗΓΗ	72.4	76.4	75	59.9	52.3	27	17.8	28.2	33.6	87.4	99.3	87.8	717	772.3	330513.3	4331153.7
27	Point	28	12	ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ	69.1	50.7	65.9	47.1	61	42.1	23.8	17.5	54.7	119.	92.8	87.6	731.4	796	412557.5	4361465.7
10	Point	11	13	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	36.2	26.1	46.9	42.3	25.7	20.7	15	22.9	10.2	40	34.3	38.9	359.3	577.2	339936	4327813.5
11	Point	12	14	ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	92.9	81.4	86.6	75.4	65.5	36.6	28.7	22	54.9	115.	152.	140.	952.2	850.7	267443.5	4406544.6
12	Point	13	15	ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	73.1	76.1	63.7	62	48.3	21.1	19.4	27.7	30.8	104.	101.	78.8	706.5	509	285469.8	4402923.1
13	Point	14	16	ΜΕΤΕΩΡΑ	64.1	57	65	53.5	44.2	26.2	21.7	16.7	36.2	89.8	110.	75	659.5	241.8	296524.4	4397760.9
14	Point	15	17	ΜΟΥΖΑΚΙ	82.3	100.	86	69.1	46	20.8	18	14.4	31.9	104.	94	113.	781	225.3	298672.5	4364437.5
28	Point	29	18	ΜΠΕΖΟΥΛΑ	115.	95.3	92.7	109.	79	39	24.9	27	63.7	180.	197.	155.	1179.3	450	301046.9	4352974.9
29	Point	30	19	ΠΕΡΤΟΥΛΙΟ	107.	90.8	83.6	112.	90.2	48.7	39.9	32.2	66.2	161.	203.	180.	1216.5	1170	282085.2	4379656
15	Point	16	20	ΠΥΡΓΕΤΟΣ	81.8	59.4	79.4	56	50.8	29.7	16.4	21.4	46.8	92	79.8	75.7	689.1	95.6	380202	4419059.3
16	Point	17	21	ΡΕΝΤΙΝΑ	119.	121	133.9	134.	101.	66.5	34.4	36.2	63.8	163.	197.	147.	1319.5	884.9	324581.4	4325741.7
17	Point	18	22	ΣΚΟΠΙΑ	46.1	50.9	54.3	42	37.8	24.4	21.3	23.5	25.9	67.9	67	50	511	444.7	367511.7	4334785.4
18	Point	19	23	ΣΠΗΛΙΑ	47.3	45	55.7	60.4	63.5	38.2	24.1	24	47.8	105	87.2	73.5	671.7	809	383993.6	4405818.5
19	Point	20	24	ΣΩΤΗΡΙΟΥ	36.2	33.7	36.8	30	39.4	22.1	16.3	11.8	28.4	46.4	54.7	53.2	408.8	52.4	388572.8	4373339.4
20	Point	21	25	ΤΥΡΝΑΒΟΣ	47.6	39.5	49.2	40.4	47	28.7	25.9	21.9	32.7	60	68.8	56.2	517.9	97.1	353141.5	4399995.8
21	Point	22	26	ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	54.9	46.6	54.2	43.7	47.8	25.1	24.2	15.5	30.4	58.6	72.5	65.7	539.2	86.2	334138.6	4383516.1
22	Point	23	27	ΧΡΥΣΟΜΗΛΙΑ	96.3	89.6	80.6	104	77.1	36.5	28	21.7	52.5	154.	174.	179.	1094.3	911.1	285306.9	4386976.6
23	Point	24	28	ΦΑΡΣΑΛΑ	81	72.9	80.3	36.7	45.1	33.5	25.8	18.3	40.7	71	64.5	84.5	654.1	148	360395	4350913
24	Point	25	29	ΔΟΜΟΚΟΣ	43.2	85.7	71.2	39.2	36	32	18.6	20.8	15.8	68.6	38.8	61.2	531.1	591	352720	4332417.2
25	Point	26	30	ΤΡΙΚΑΛΑ	82.8	81.7	88	71	48.1	25.8	13.4	17.8	25.9	84.9	100.	99.5	719.4	163	306469	4379830
30	Point	31	31	ΒΟΛΟΣ	52.2	35.4	40.2	23.6	32.4	22.7	15	10.8	35.7	51.5	53.8	47.1	420.4	52	409643.5	4357752
31	Point	32	32	Μ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	155.	140.	120.2	106.	81.1	49.1	35.6	31.2	67.1	122.	194	216.	1319	1019.3	248174.9	4400999.7
32	Point	33	33	ΘΟΒΟΥΣΑ	166.	165.	135.7	117	86.1	48.3	38.2	40.3	72.3	135	205.	221.	1431.6	982.6	247706.6	4424734.9
33	Point	34	34	ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ	176.	182.	151.1	123.	83.3	26.6	26.2	30	55	164.	186.	241	1445.9	574.2	293028.221	4363182.7
34	Point	35	35	ΣΤΟΥΡΝΑΡΕΪΚΑ	234.	232.	194.6	145.	101	38.7	35.4	32.7	87.1	196.	269.	341.	1908.6	761.5	283369.9	4369765.4

Εικόνα 13: Πίνακας δεδομένων σε περιβάλλον ArcMap.

3.5. ΨΗΦΙΑΚΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σε λογισμικό ArcGIS και μέσω ειδικών επεξεργασιών του ψηφιακού αρχείου των ισοϋψών, που παρέχονται από το περιβάλλον εντολών του 3D Analyst, δημιουργήθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρου (DEM).

Οι ισοϋψείς που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ισοδιάσταση 100 μέτρων ενώ το πλεγματικό αρχείο του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρου έχει διάσταση κυψελίδας 500 m. Στη συνέχεια ακολουθεί ο χάρτης του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρου της περιοχής μελέτης.



Χάρτης 3: Χάρτης υψομέτρου περιοχής μελέτης.

Οι κλάσεις υψομέτρου που αποτυπώνονται στον παραπάνω χάρτη δημιουργήθηκαν από το περιβάλλον εντολών του ArcToolbox και με την βοήθεια της εντολής reclassify 3d.

Από το νέο αρχείο που προέκυψε και δεδομένου του μεγέθους της κυψελίδας είναι εύκολο να υπολογισθεί η έκταση της κάθε κλάσης. Το υψόμετρο

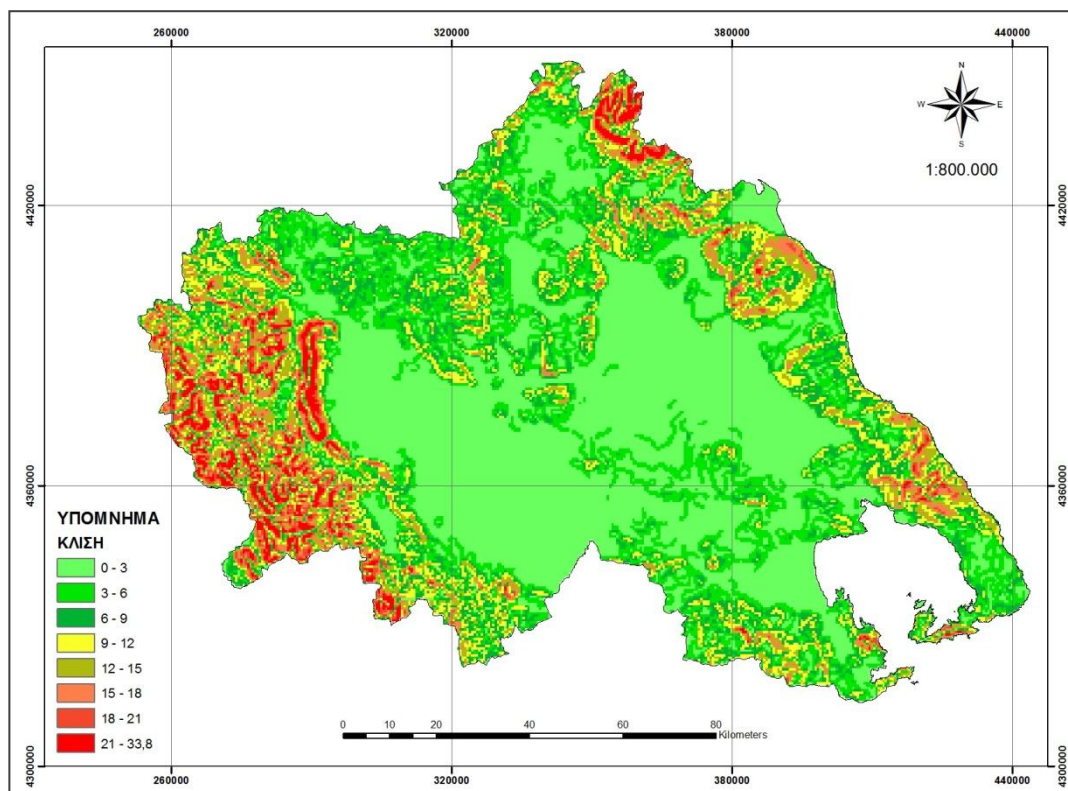
ομαδοποιήθηκε σε πέντε κλάσεις (ανά 500μ υψόμετρο) Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) παρουσιάζεται το ποσοστό επί της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης που καταλαμβάνει η κάθε κλάση υψομέτρου.

ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΈΚΤΑΣΗΣ (%)
0-500	57,3
500-1000	24,7
1000-1500	13,7
1500-2000	3,5
2000-2788,3	0,8

Πίνακας 2: Ποσοστό έκτασης (%) που καταλαμβάνει η κάθε κλάση υψομέτρου στην περιοχή μελέτης.

Ως παράγωγο του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρων της περιοχής μελέτης και μέσω των εντολών του 3D Analyst υπολογίστηκε ο χάρτης κλίσεων της περιοχής μελέτης. Για τη δημιουργία του πλεγματικού αρχείου των κλίσεων επίσης επιλέχθηκε μέγεθος κυψελίδας 500 μέτρα. Οι κλίσεις υπολογίστηκαν από τον αλγόριθμο του προγράμματος σε ποσοστό επί τοις εκατό.

Οι κλάσεις των κλίσεων καθώς και το ποσοστό επί της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης που καταλαμβάνει η κάθε κλάση απεικονίζονται στον χάρτη και στον πίνακα που ακολουθούν.



Χάρτης 4: Χάρτης κλίσης περιοχής μελέτης.

ΚΛΙΣΗ (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΈΚΤΑΣΗΣ (%)
0-3	44,3
3-6	19,7
6-9	12
9-12	9,1
12-15	6,1
15-18	3,9
18-21	2,4
21-36,3	2,5

Πίνακας 3: Ποσοστό έκτασης (%) που καταλαμβάνει η κάθε κλάση κλίσης στην περιοχή μελέτης.

3.6. ΜΗ ΧΩΡΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το στάδιο της μη χωρικής στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων, αποτέλεσε το αρχικό στάδιο της εκπόνησης της παρούσας μελέτης. Σκοπός της περιγραφικής αυτής στατιστικής ανάλυσης είναι η εξέταση της ισχύος των υποθέσεων της γεωστατιστικής θεωρίας. Επιπλέον το είδος της κατανομής που ακολουθούν τα δεδομένα με τις γραφικές τους απεικονίσεις βοηθά στη διάκριση τυχών διαφορετικών κατανομών της ίδιας μεταβλητής (Καλύβας, 1989).

Η διαδικασία της μη χωρικής διερεύνησης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS 17. Περιελάμβανε τον υπολογισμό όλων των στατιστικών μέτρων των τριών ομάδων δεδομένων. Τις τιμές (μέσες αθροιστικές) δηλαδή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής καθώς και του μέσου ύψους βροχής των δυο περιόδων, της ψυχρής και της θερμής.

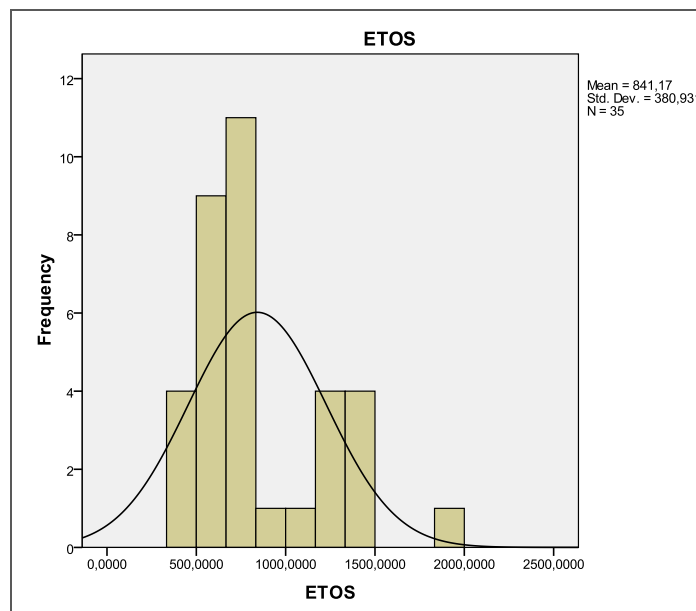
Τα βασικά στατιστικά μεγέθη του μέσου ύψους βροχής που χρησιμοποιήθηκαν δίνονται στον παρακάτω (Πίνακας 4).

	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
N (πλήθος δεδομένων)	35	35	35
Ελάχιστη τιμή	359,3	136,8	222,4
Μέγιστη τιμή	1908,6	440	1468,6
Μέση τιμή	841,2	260,9	583,1
Τυπική απόκλιση	380,9	91,8	295,3
Διακύμανση	145108,5	8434,5	87226,8
Συντελεστής παραλλακτικότητας (CV%)	45,3	35,2	50,7

Πίνακας 4: Πίνακας αποτελεσμάτων βασικών στατιστικών μεγεθών του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια των τριών περιόδων αναφοράς.

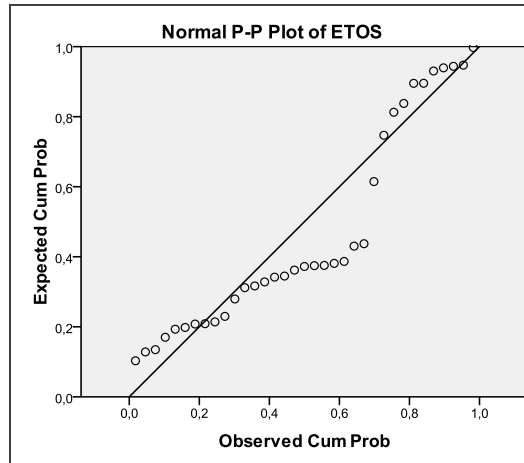
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος της κατανομής των τιμών της βροχόπτωσης με τη δημιουργία των ιστογραμμάτων συχνότητας και των διαγραμμάτων P-P Plot (Probability-probability plot) και με τον υπολογισμό της

κύρτωσης και της ασυμμετρίας. Τέλος η κανονικότητα των κατανομών επιβεβαιώθηκε με την εφαρμογή του Kolmogorov – Smirnov test.



Εικόνα 14: Ιστόγραμμα μέσου ετήσιου ύψους βροχής.

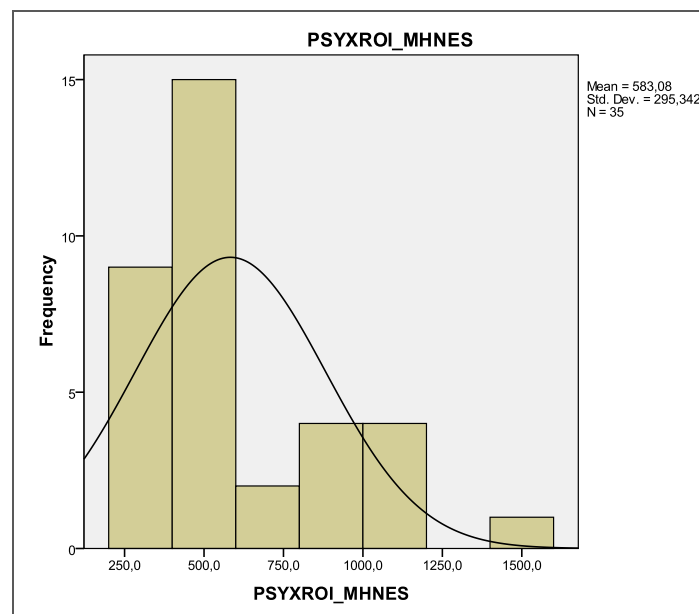
Από το παραπάνω διάγραμμα μπορεί να γίνει έλεγχος του κατά πόσο η κατανομή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής ακολουθεί τα πρότυπα της κανονικής κατανομής ως προς τη μορφή της καμπύλης. Είναι γνωστό ότι στην περίπτωση της κανονικής κατανομής η καμπύλη συχνοτήτων των δεδομένων σχηματίζει μια «καμπάνα». Η κανονική κατανομή είναι συμμετρική και μεσόκυρτη κατανομή, άρα ισχύει ότι η διάμεσος, η μέση τιμή και η επικρατούσα τιμή ταυτίζονται.



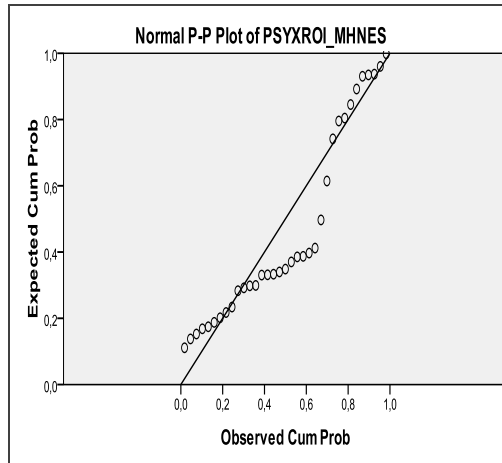
Εικόνα 15: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ετήσιου ύψους βροχής.

Με την βοήθεια του παραπάνω διαγράμματος (Εικόνα 15) μπορεί να πραγματοποιηθεί οπτικός έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των δεδομένων μας. Το διάγραμμα απεικονίζει τις παρατηρούμενες τιμές σε σχέση με τις αναμενόμενες. Όσο πιο κοντά στην ευθεία βρίσκονται τα σημεία των τιμών τόσο η κατανομή τους προσεγγίζει την κανονική κατανομή.

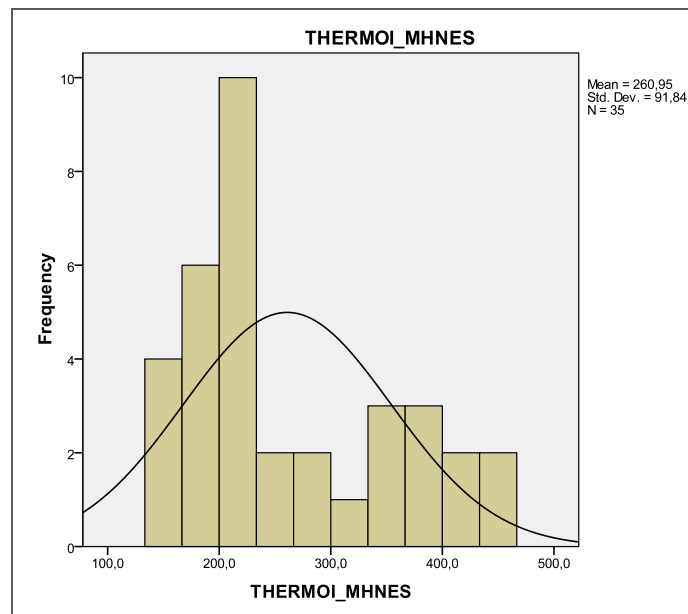
Στη συνέχεια ακολουθούν τα αντίστοιχα ιστογράμματα συχνοτήτων και διαγράμματα P - P Plot για το μέσο ύψος βροχής της ψυχρής και της θερμής περιόδου.



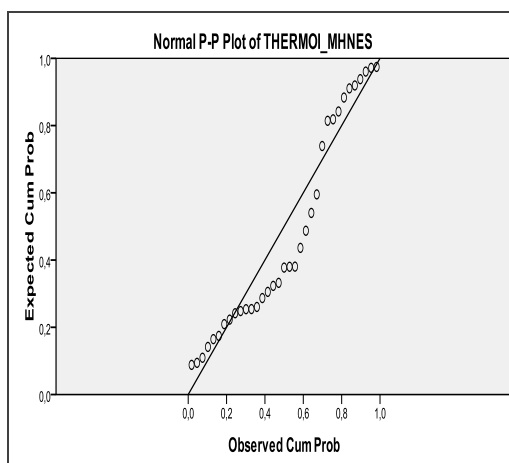
Εικόνα 16: Ιστόγραμμα μέσο ύψος βροχής ψυχρής περιόδου.



Εικόνα 17: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου.



Εικόνα 18: Ιστόγραμμα μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου.



Εικόνα 19: Διάγραμμα P-P Plot μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα του συντελεστή ασυμμετρίας, του συντελεστή κύρτωσης και του μη παραμετρικού ελέγχου Kolmogorov-Smirnov που επιβεβαιώνουν την κανονικότητα της κατανομής των βροχομετρικών δεδομένων της παρούσας μελέτης.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ			
	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
Συντελεστής ασυμμετρίας (skewness)	1,040	0,636	1,182
Συντελεστής κύρτωσης (kurtosis)	0,286	-0,894	0,895
Kolmogorov – Smirnov Z	1,328	1,130	1,310
Asymp. Sig (2-tailed)	0,076	0,156	0,083

Πίνακας 5: Πίνακας αποτελεσμάτων συντελεστή ασυμμετρίας, κύρτωσης και ελέγχου Kolmogorov-Smirnov.

Το τελευταίο στάδιο των μη χωρικών στατιστικών επεξεργασιών περιλαμβάνει τον έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών, δηλαδή την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του μέσου ύψους βροχής της κάθε χρονικής περιόδου με το υψόμετρο καθώς και με τις κλίσεις της περιοχής μελέτης.

Πρέπει να τονιστεί ότι προηγείται του ελέγχου ύπαρξης συσχέτισης σε κάθε περίπτωση ο έλεγχος της κανονικότητας.

Ο έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών πραγματοποιήθηκε με τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r). Τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή του συντελεστή Pearson είναι εμφανή στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6).

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΚΛΙΣΗ
Pearson correlation	0,603	0,574
Sig (2-tailed)	0,000	0,000

Πίνακας 6: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ετήσιου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων.

Από τα αποτελέσματα, διακρίνεται μια ισχυρή θετική συσχέτιση τόσο μεταξύ του μέσου ετήσιου ύψους βροχής και του υψομέτρου, όπου το r ισούται με 0,603, όσο και μεταξύ του μέσου ετήσιου ύψους βροχής και των κλίσεων, όπου το r παίρνει τιμή ίση με 0,574. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αποδεκτά καθώς και στις δυο συσχετίσεις το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 5%.

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ		
	ELEVATION	SLOPE
Pearson correlation	0,749	0,667
Sig (2-tailed)	0,000	0,000

Πίνακας 7: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου.

Όπως γίνεται φανερό από τον παραπάνω πίνακα υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ του μέσου ύψους βροχής και του υψομέτρου και κατά την

διάρκεια της θερμής περιόδου, όπου το r ισούται με 0,749, και μεταξύ του μέσου ύψους βροχής και κλίσεων, όπου το r ισούται με 0,667. Τα αποτελέσματα είναι επίσης αποδεκτά καθώς και στις δυο συσχετίσεις το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 5%.

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ		
	ELEVATION	SLOPE
Pearson correlation	0,545	0,600
Sig (2-tailed)	0,001	0,000

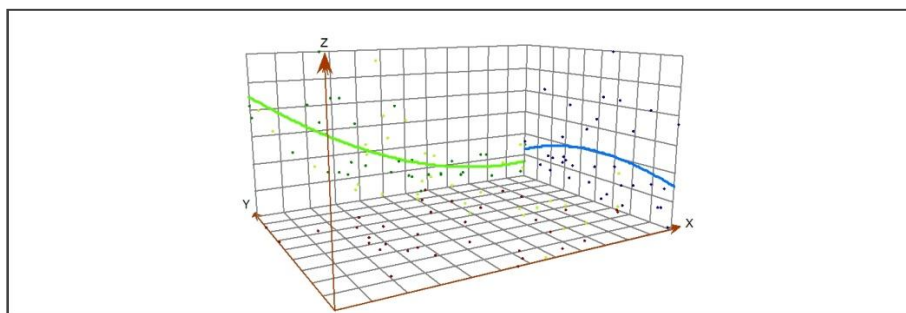
Πίνακας 8: Πίνακας αποτελεσμάτων συσχέτισης μεταξύ μέσου ύψους βροχής και τοπογραφικών παραγόντων κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου.

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Όπως είναι εμφανές ο r ισούται με 0,545 στην συσχέτιση μεταξύ μέσου ύψους βροχής και υψομέτρου και μεταξύ μέσου ύψους βροχής και κλίσεων ισούται με 0,6. Τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι πολύ μικρότερο του 5%.

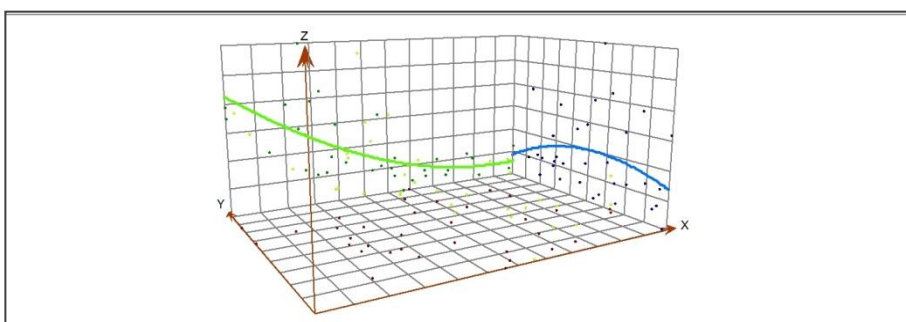
Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων ήταν αναμενόμενα και δικαιολογούνται πλήρως στην παράγραφο 3.1. όπου εξηγείται σύντομα η επίδραση της γεωμορφολογίας στην δημιουργία των βροχοπτώσεων.

3.7. ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

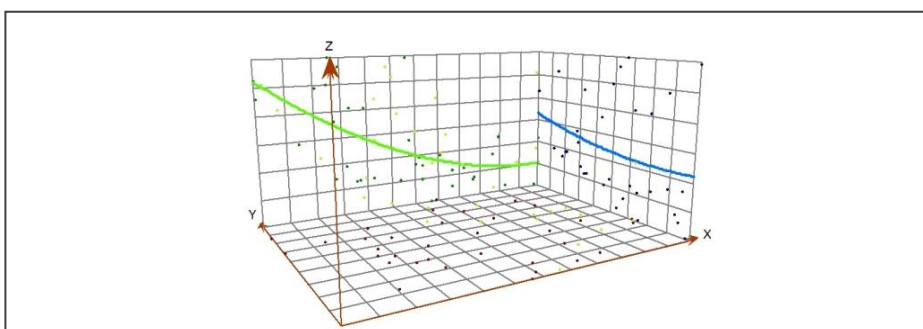
Αρχικά πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της τάσης των δεδομένων στο λογισμικό ArcGIS από το περιβάλλον εντολών του Geostatistical Analyst, με σκοπό την τρισδιάστατη απεικόνιση τους. Τα παραγόμενα τρισδιάστατα διαγράμματα δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του εργαλείου trend analysis. Στο επίπεδο (z,x) η πράσινη γραμμή δείχνει την τάση μεταβολής των τιμών από τη Δύση προς την Ανατολή. Στο επίπεδο (z,y) η μπλέ γραμμή δείχνει την τάση μεταβολής των τιμών από τον Βορρά προς τον Νότο.



Εικόνα 20: Διάγραμμα *Trend Analysis* του μέσου ετήσιου ύψους βροχής.



Εικόνα 21: Διάγραμμα *Trend Analysis* του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου.



Εικόνα 22: Διάγραμμα *Trend Analysis* του μέσου ύψους βροχής κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε από τα παραπάνω διαγράμματα είναι ότι τόσο στο διάγραμμα του μέσου ετήσιου ύψους βροχής όσο και στα διαγράμματα του μέσου ύψους βροχής κατά τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο οι τιμές της βροχόπτωσης μειώνονται αισθητά από Δυσμάς προς Ανατολάς. Το γεγονός αυτό αν και τοπικό αποτελεί γενικότερο χαρακτηριστικό της

κατανομής των βροχοπτώσεων στη χώρα μας όπου τα περισσότερα χιλιοστά βροχόπτωσης καταγράφονται στη Δυτική Ελλάδα.

Όσον αφορά στην κατανομή των τιμών του μέσου ύψους βροχής από Βορρά προς Νότο στο συνολικό διάγραμμα του έτους και στο διάγραμμα των ψυχρών μηνών δεν παρατηρούμε κάποια ιδιαίτερη τάση. Αντίθετα στο διάγραμμα της θερμής περιόδου καταγράφεται μια τάση μείωσης της μέσης τιμής των βροχοπτώσεων από το Βορρά προς το Νότο. Η διαπίστωση αυτή είναι λογική γιατί με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους αυξάνεται και η πιθανότητα βροχοπτώσεων την θερμή περίοδο όπου οι κλιματικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των Βόρειων και των Νότιων περιοχών της χώρας μας είναι εντονότερες.

Ο έλεγχος της συμπεριφοράς των τιμών των δεδομένων, χωρικά πλέον, έγινε με τη χρήση του ολικού δείκτη Moran' s I. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο ArcGis 9.3 σε περιβάλλον ArcMap. Τα αποτελέσματα του δείκτη για την κάθε περίοδο δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΈΛΕΓΧΟΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ			
	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
Moran' s I	0,62	0,35	0,60
Sig (2-tailed)	0,000000	0,000140	0,000000
DISTANCE (m)	35.000	35.000	35.000

Πίνακας 9: Πίνακας αποτελεσμάτων ολικού δείκτη Moran' s I.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται η ύπαρξη αυτοσυσχέτισης μεταξύ των τιμών της μελετηθείσας ιδιότητας και για τις τρεις περιόδους αναφοράς.

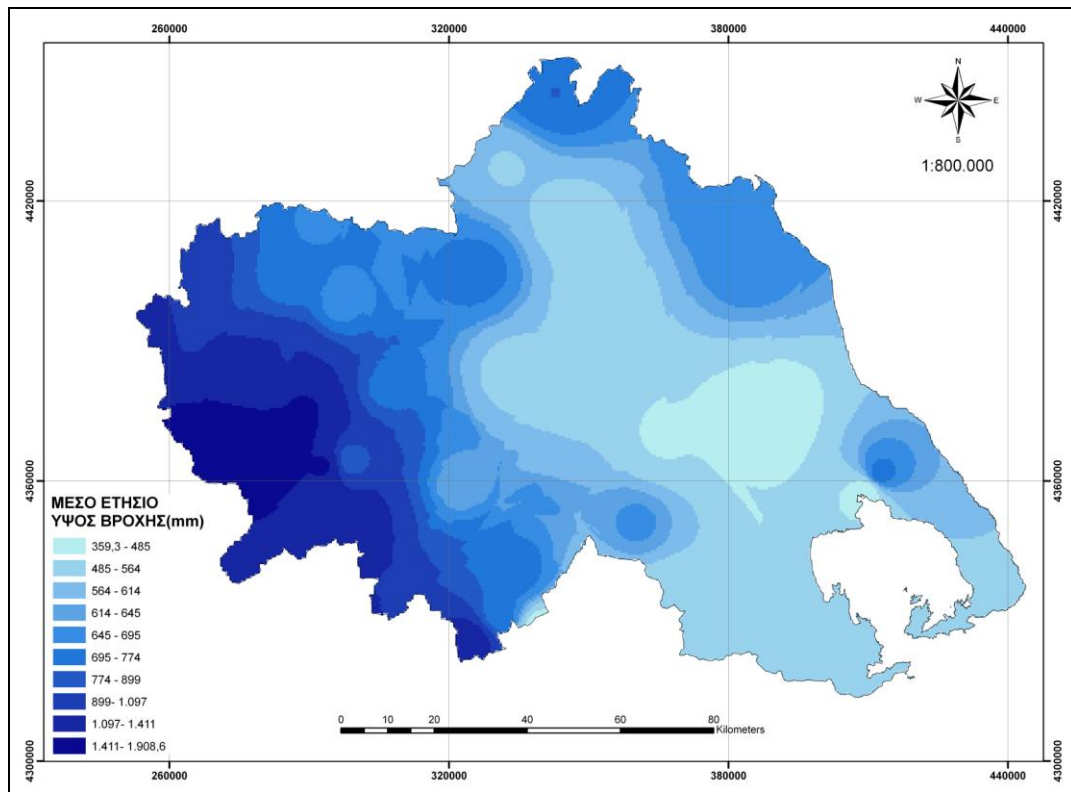
3.8. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ IDW

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά σφάλματα πρόβλεψης τιμών του μέσου ύψους βροχής με χρήση της χωρικής παρεμβολής IDW, όπως προκύπτουν από τον στατιστικό έλεγχο του cross validation. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την εφαρμογή της μεθόδου IDW και στις τρεις περιόδους χρησιμοποιήθηκε η βέλτιστη δύναμη του προγράμματος.

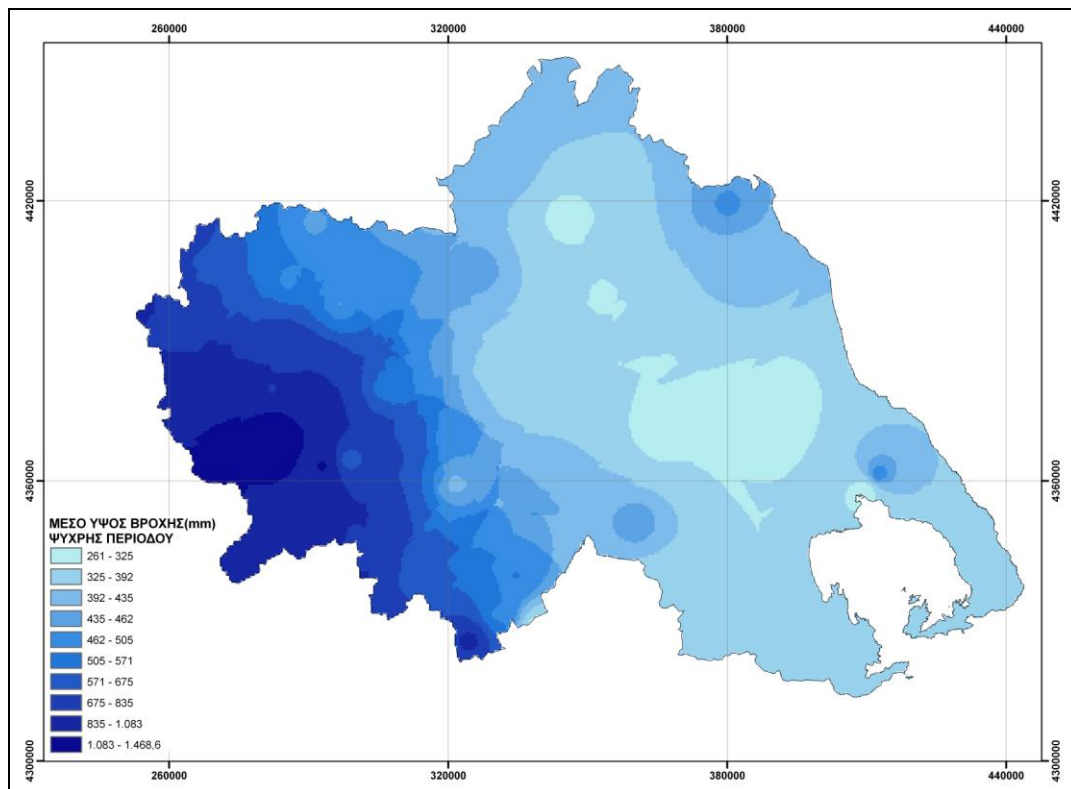
	DISTANCE(m)	NEIGHBORS AT LEAST	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	25000	5	0,08516	256,1
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	25000	5	-0,9843	73,03
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	25000	5	0,06122	190,8

Πίνακας 10: Δείκτες αξιολόγησης της πρόβλεψης των τιμών του μέσου ύψους βροχής με χρήση της χωρικής παρεμβολής IDW.

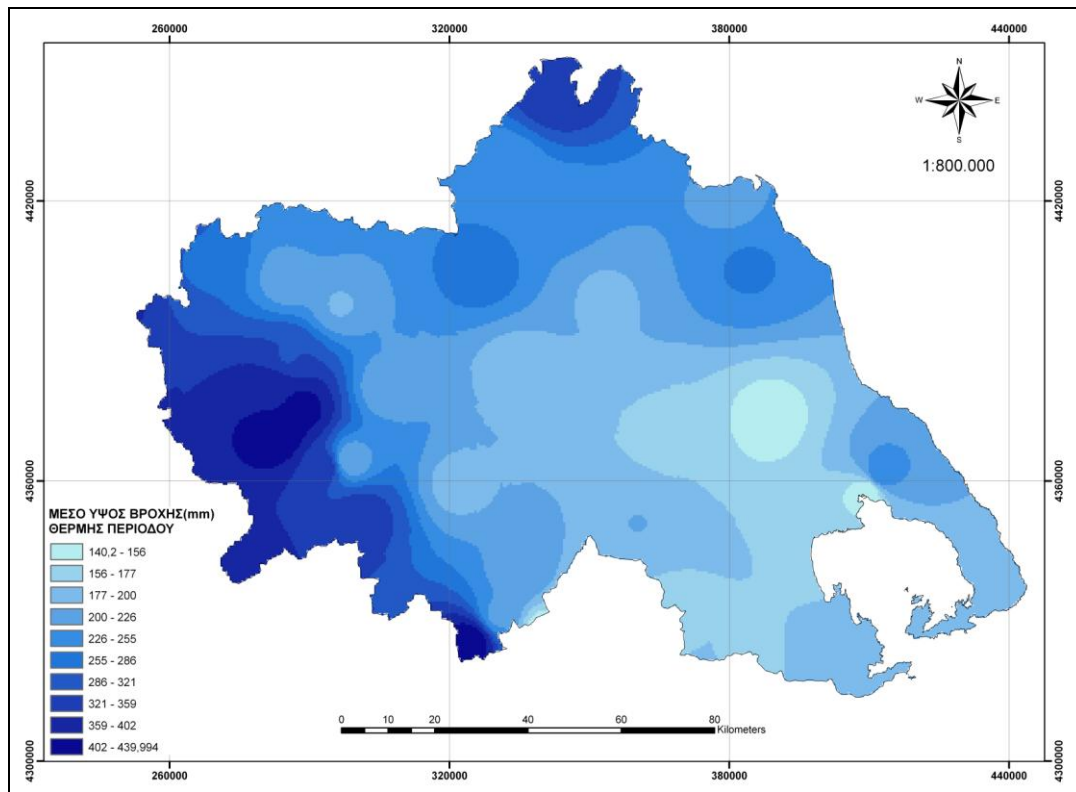
Ακολουθως παρουσιάζονται οι χάρτες πρόβλεψης των τιμών του μέσου ύψους βροχής της περιοχής μελέτης σύμφωνα με την μέθοδο IDW. Οι χάρτες αφορούν τις τρεις εξεταζόμενες περιόδους.



Χάρτης 5: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο IDW.



Χάρτης 6: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο IDW.



Χάρτης 7: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο IDW.

3.9. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ GWR

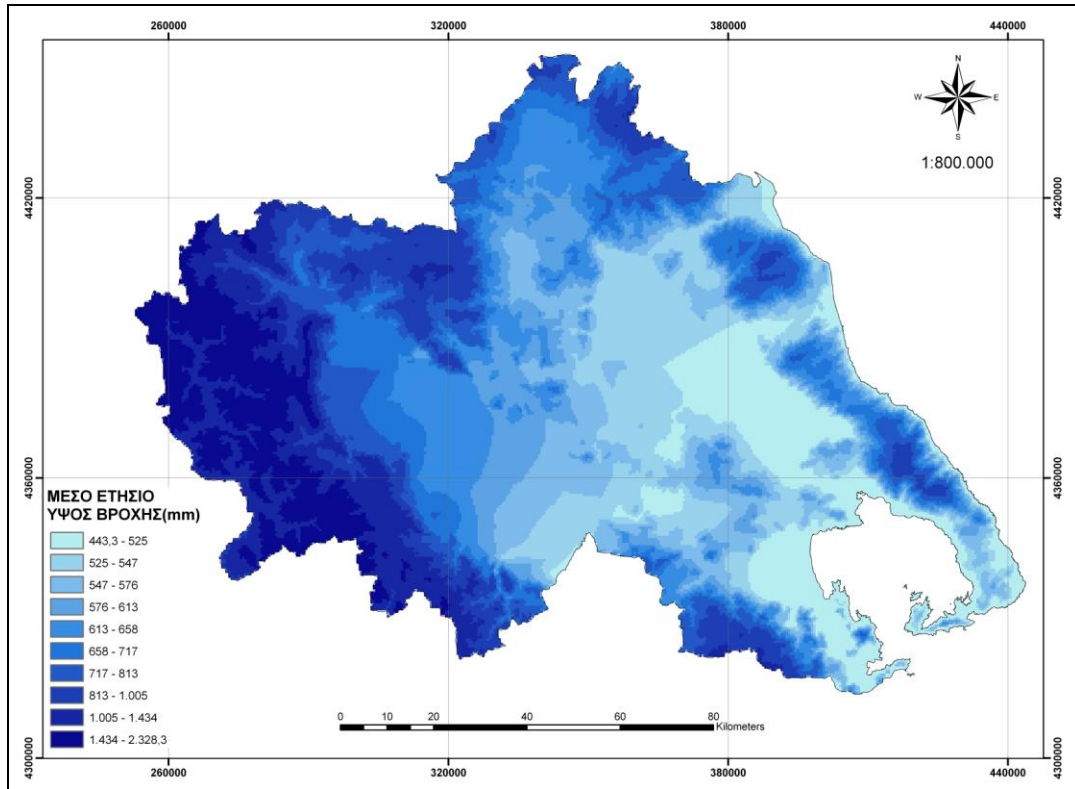
Κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR εξετάστηκε η επίδραση των δευτερευουσών μεταβλητών, δηλαδή του υψομέτρου, της κλίσης μεμονωμένα αλλά και των δυο αυτών παραγόντων μαζί στο μέσο ύψος της βροχόπτωσης. Οι πίνακες που προέκυψαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR με την βοήθεια του λογισμικού ArcGis 9.3 σε περιβάλλον ArcMap βρίσκονται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

ΈΤΟΣ

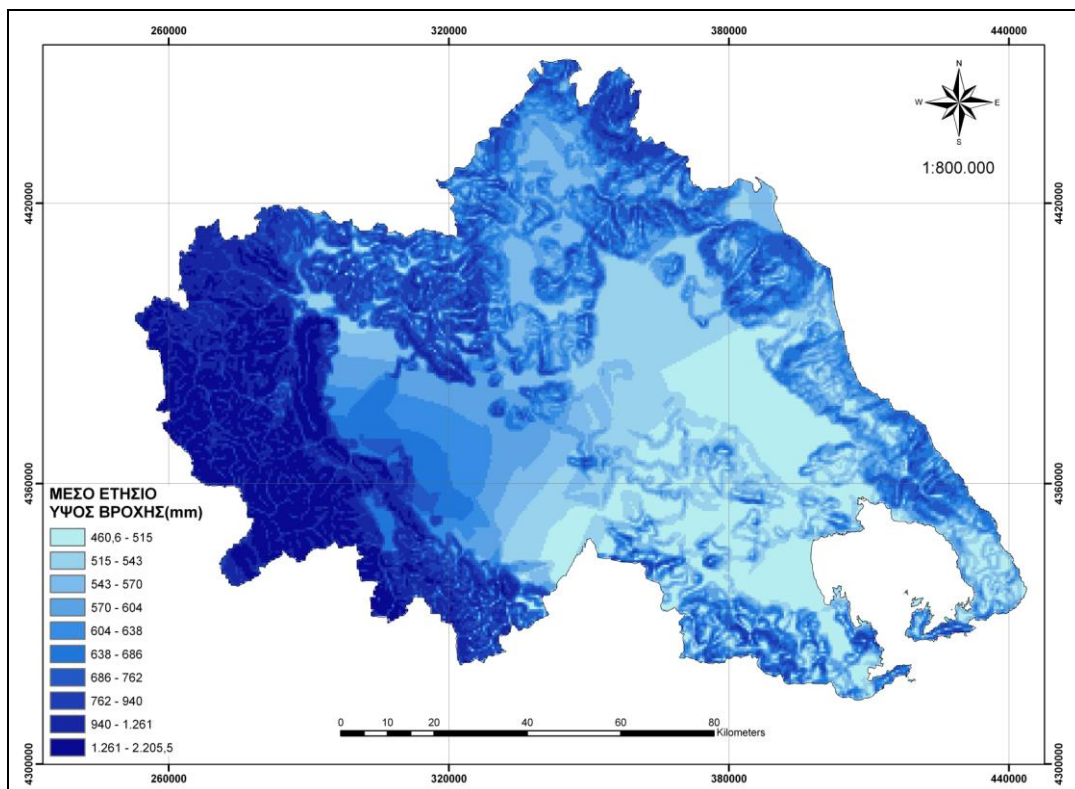
Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής και στη συνέχεια ακολουθούν οι παραγόμενοι χάρτες που απεικονίζουν την κατανομή του μέσου ετήσιου ύψους βροχής αλλά και την επίδραση της κάθε δευτερεύουσας μεταβλητής.

	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ	13,24	187,6
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΚΛΙΣΗ	2,1	204,9
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ-ΚΛΙΣΗ	15,7	177,4

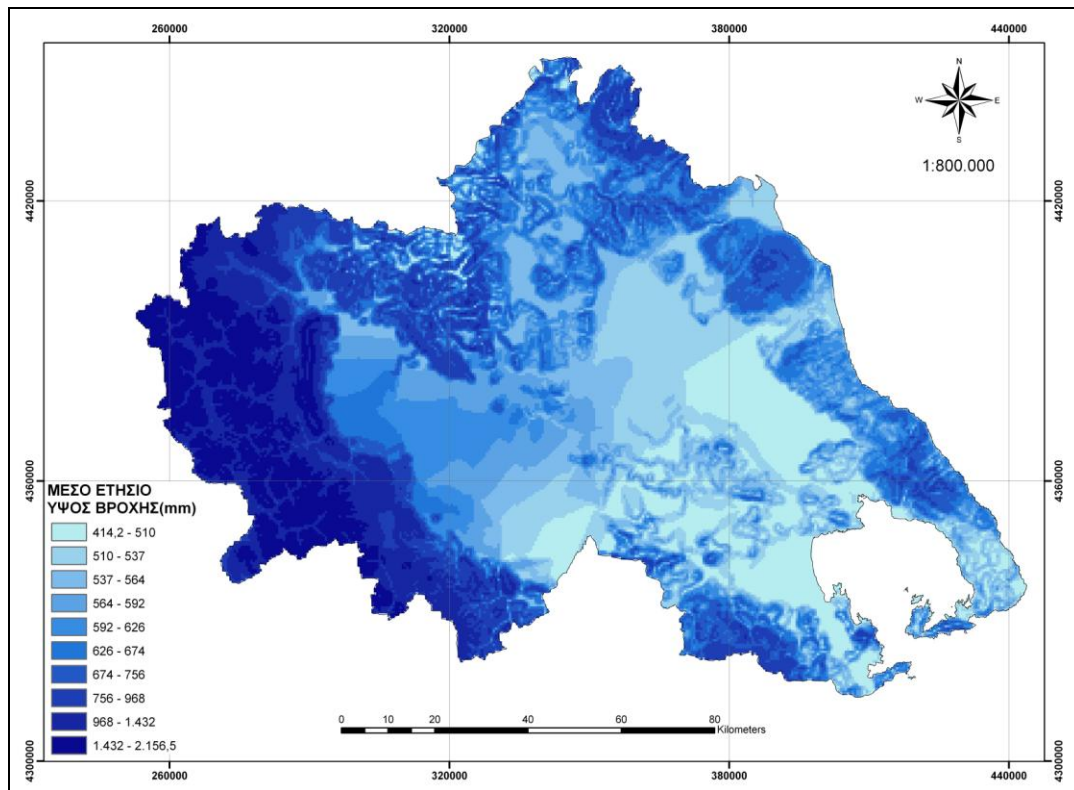
Πίνακας 11: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.



Χάρτης 8: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



Χάρτης 9: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



Χάρτης 10: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με μεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.

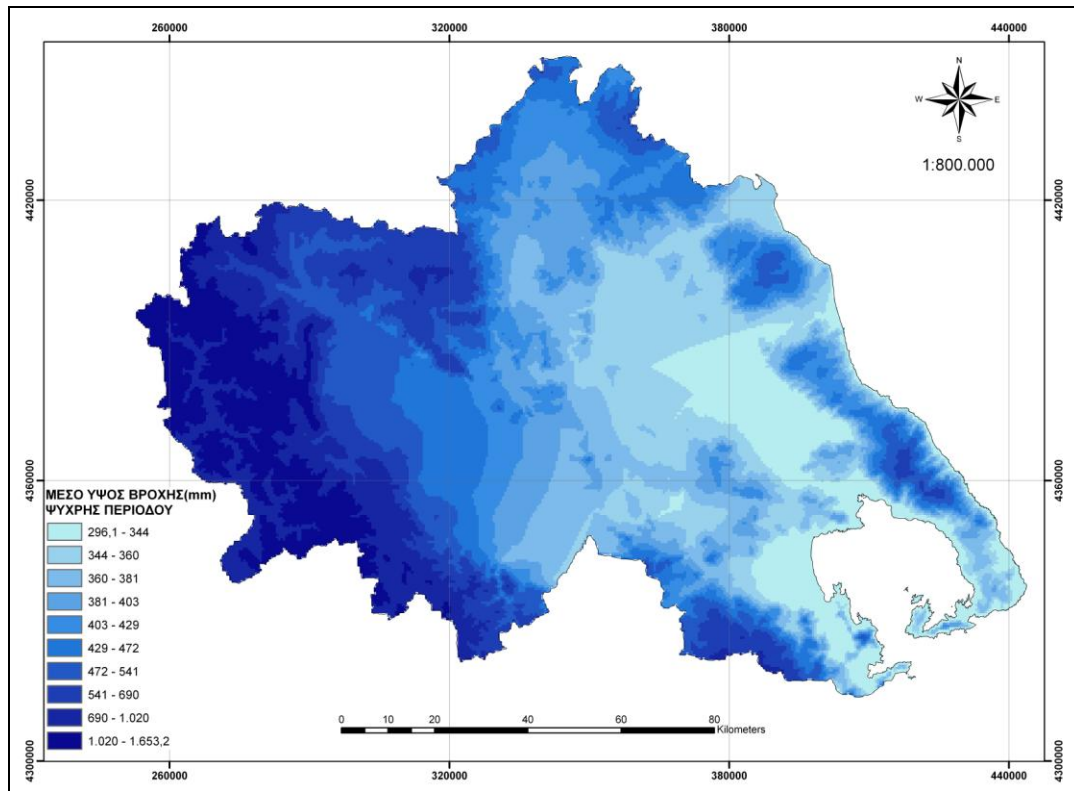
ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

Στον επόμενο πίνακα (Πίνακα 12) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής κατά τη ψυχρή περίοδο.

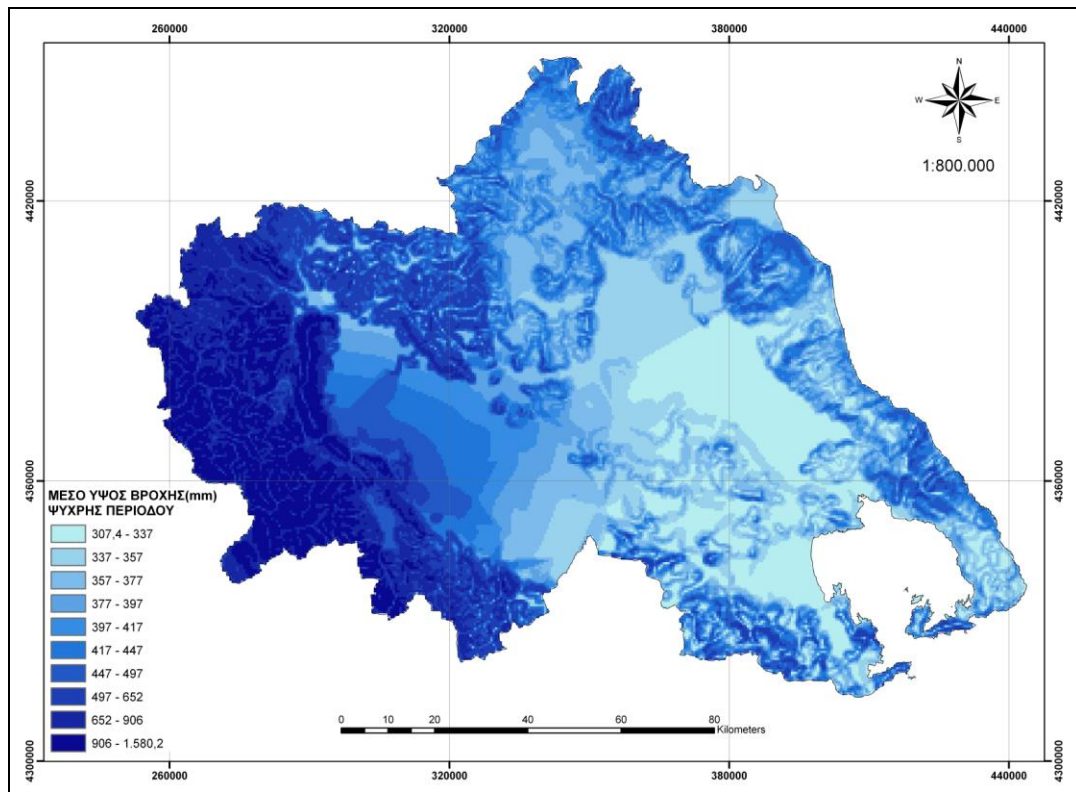
	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ	10,6	149,9
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΚΛΙΣΗ	2,68	158,8
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ-ΚΛΙΣΗ	8,3	137

Πίνακας 12: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Squear Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής της ψυχρής περιόδου.

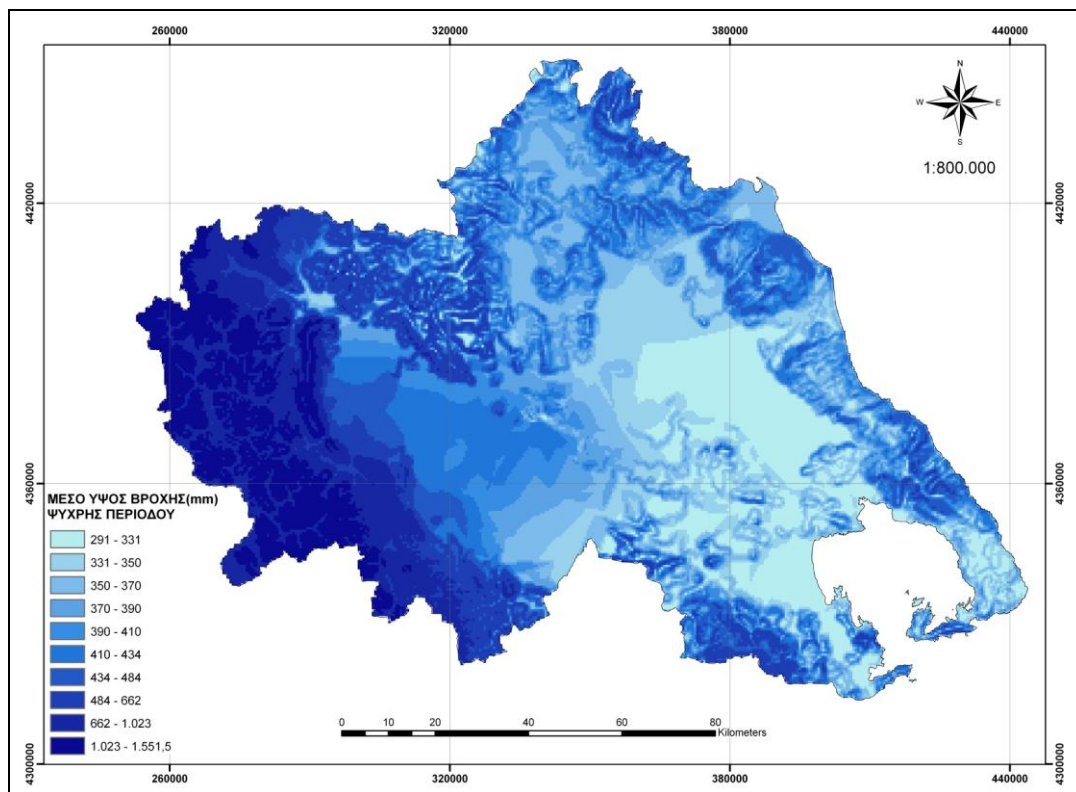
Ακολουθούν οι παραγόμενοι χάρτες που απεικονίζουν την κατανομή της μέσης βροχόπτωσης αλλά και την επίδραση της κάθε δευτερεύουσας μεταβλητής κατά τη ψυχρή περίοδο.



Χάρτης 11: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



Χάρτης 12: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με μεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



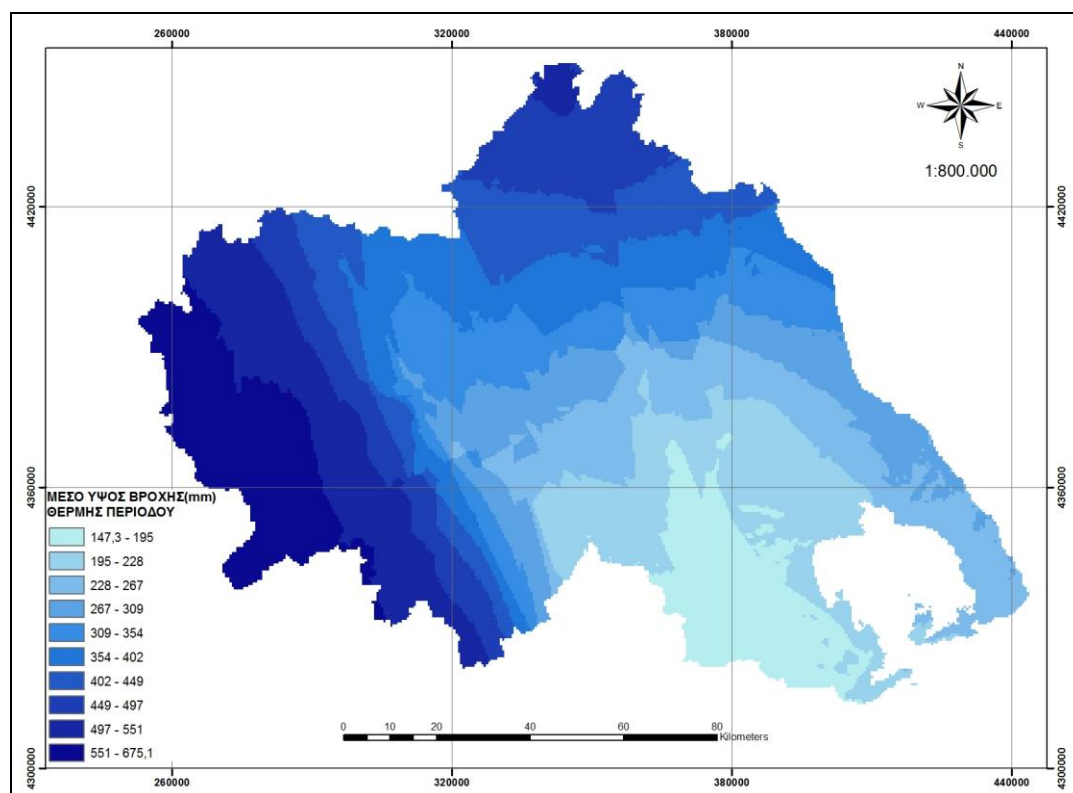
Χάρτης 13: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με μεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.

ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

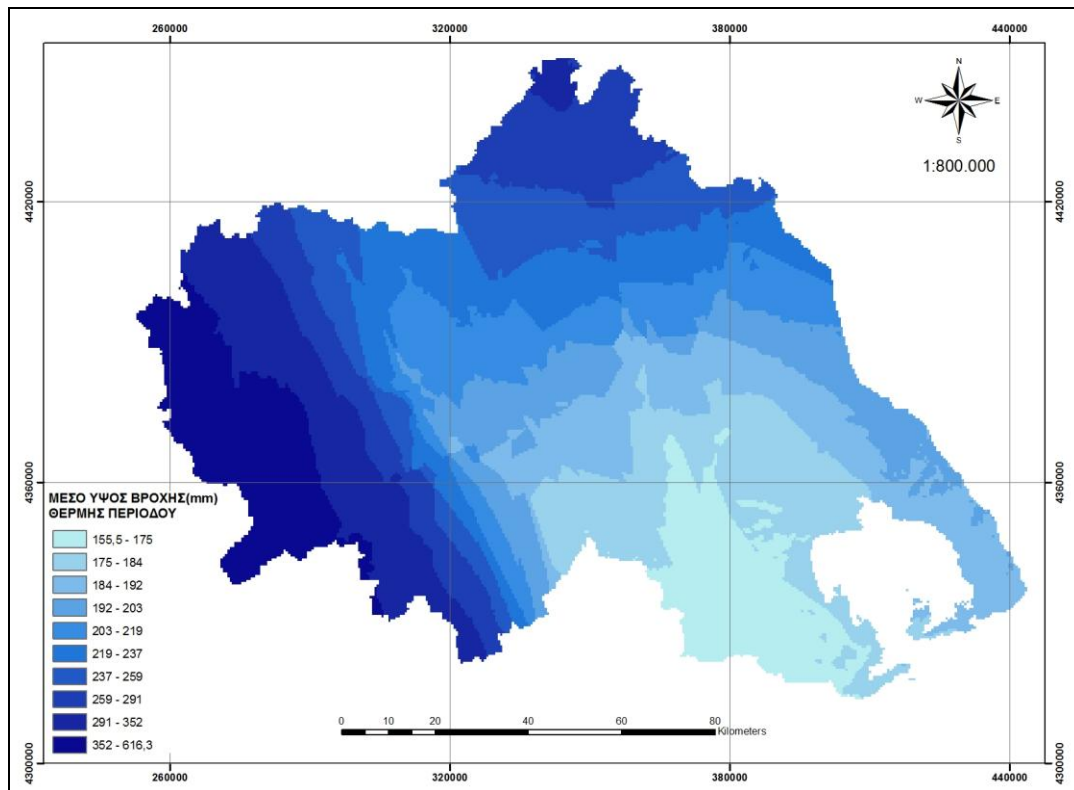
Τέλος για τη θερμή περίοδο, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής απεικονίζονται στον Πίνακα 13. Και στη συνέχεια, απεικονίζονται οι παραγόμενοι χάρτες.

	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ	2,3	43,1
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΚΛΙΣΗ	1,02	55,1
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ-ΚΛΙΣΗ	4,1	42,7

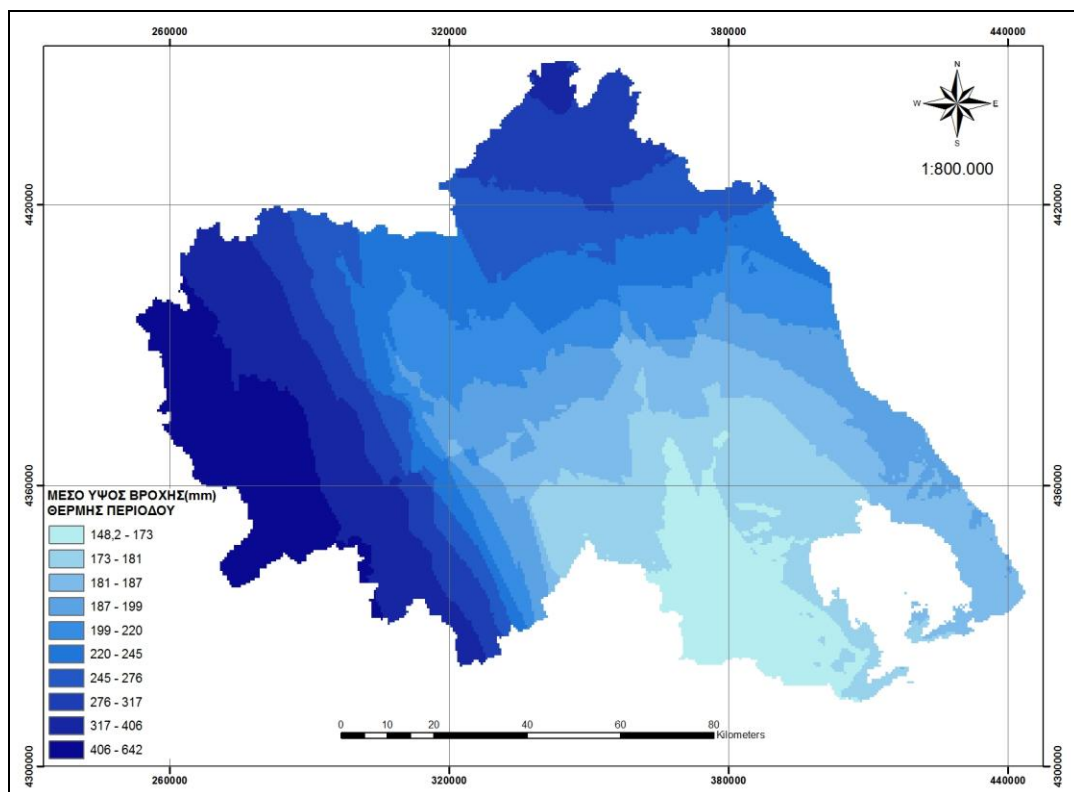
Πίνακας 13: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου GWR για το μέσο ύψος βροχής της θερμής περιόδου.



Χάρτης 14: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



Χάρτης 15: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.



Χάρτης 16: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την βοήθεια της μεθόδου GWR.

3.10. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ *Ordinary Kriging*

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις παραμέτρους των βαριογραμμάτων που προσαρμόστηκαν πριν την εφαρμογή της μεθόδου χωρικής παρεμβολής *Ordinary Kriging* για τις τρεις περιόδους αναφοράς.

	Μοντέλο βαριογράμματος	Range (εύρος)	Sill	Nugget	Ratio (nugget/sill x100)
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	Spherical	154839	60000	30000	33,3
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	Spherical	154855	80000	20000	20
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	Spherical	154841	8000	2000	20

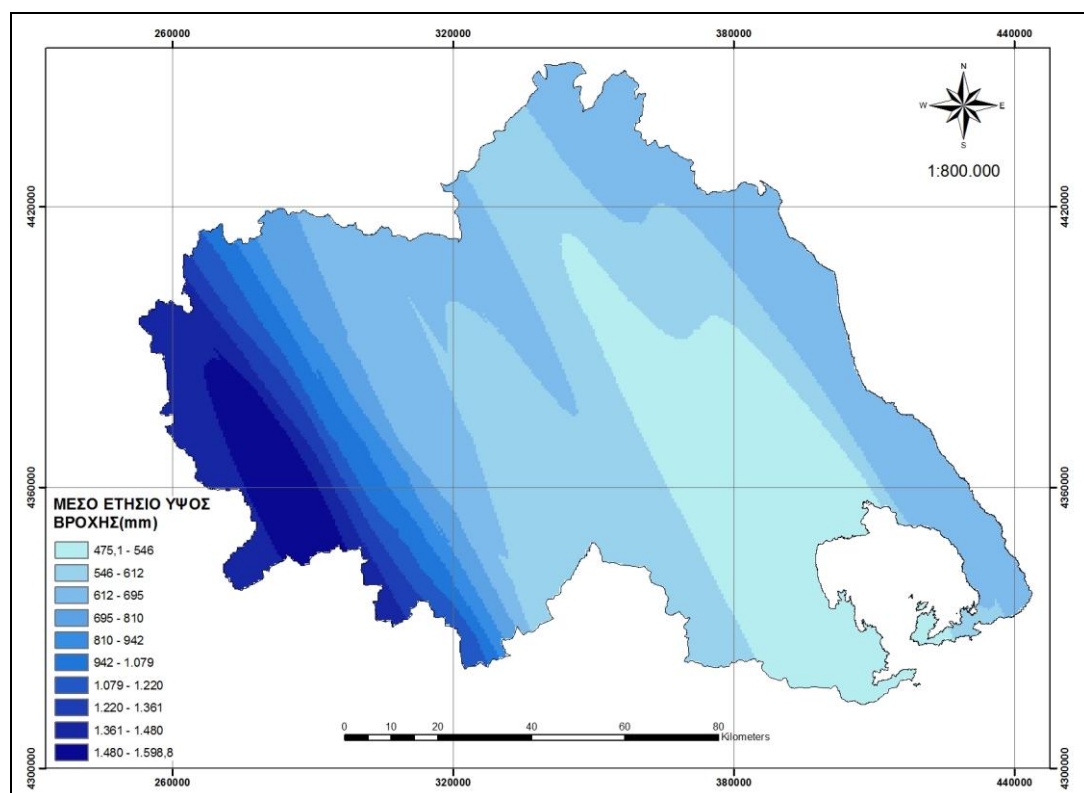
Πίνακας 14: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της *Ordinary Kriging* μεθόδου.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζει ο Πίνακας 14, καταφανώς αποδεικνύουν, βάσει της τιμής του λόγου nugget / sill την ύπαρξη ισχυρής χωρικής εξάρτησης της εξεταζόμενης ιδιότητας τόσο κατά τη ψυχρή περίοδο όσο και κατά τη θερμή (20 %), ενώ η τιμή του 33,3 % που εμφανίζει για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής αποδεικνύει μέτρια χωρική εξάρτηση (Cambardella C A. et al., 1994).

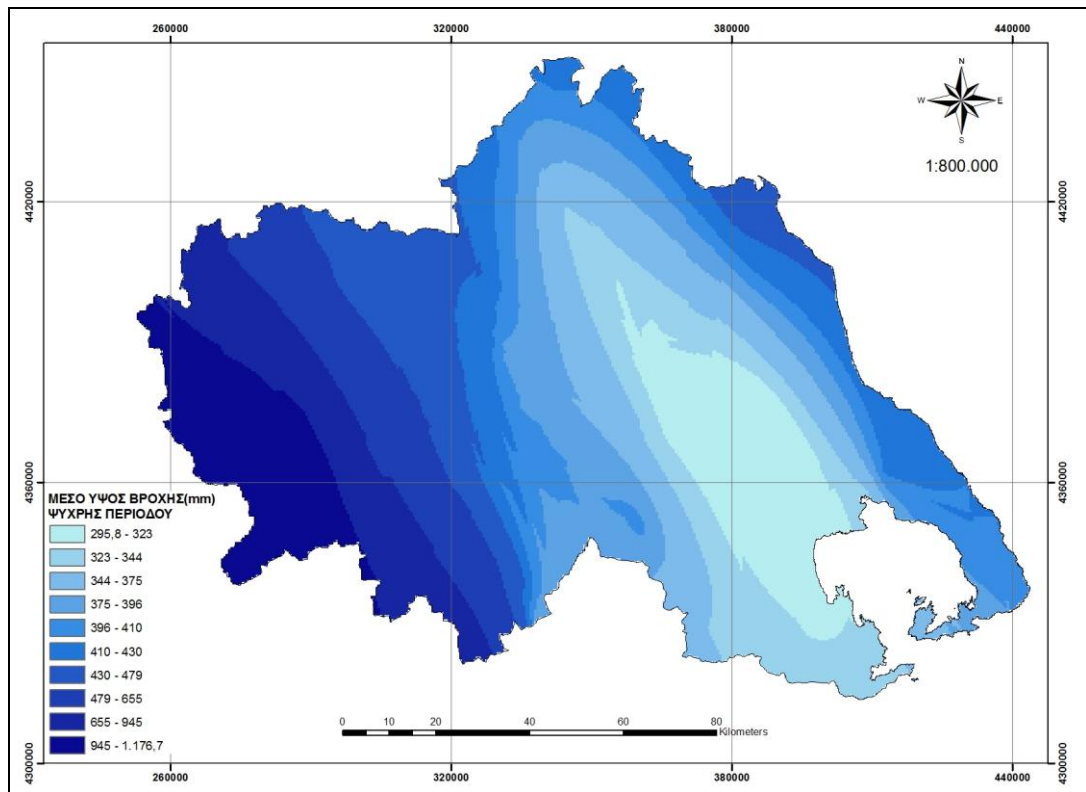
	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	0,1522	211,2
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	-2,431	64,98
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	-0,8435	163,1

Πίνακας 15: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Ordinary Kriging.

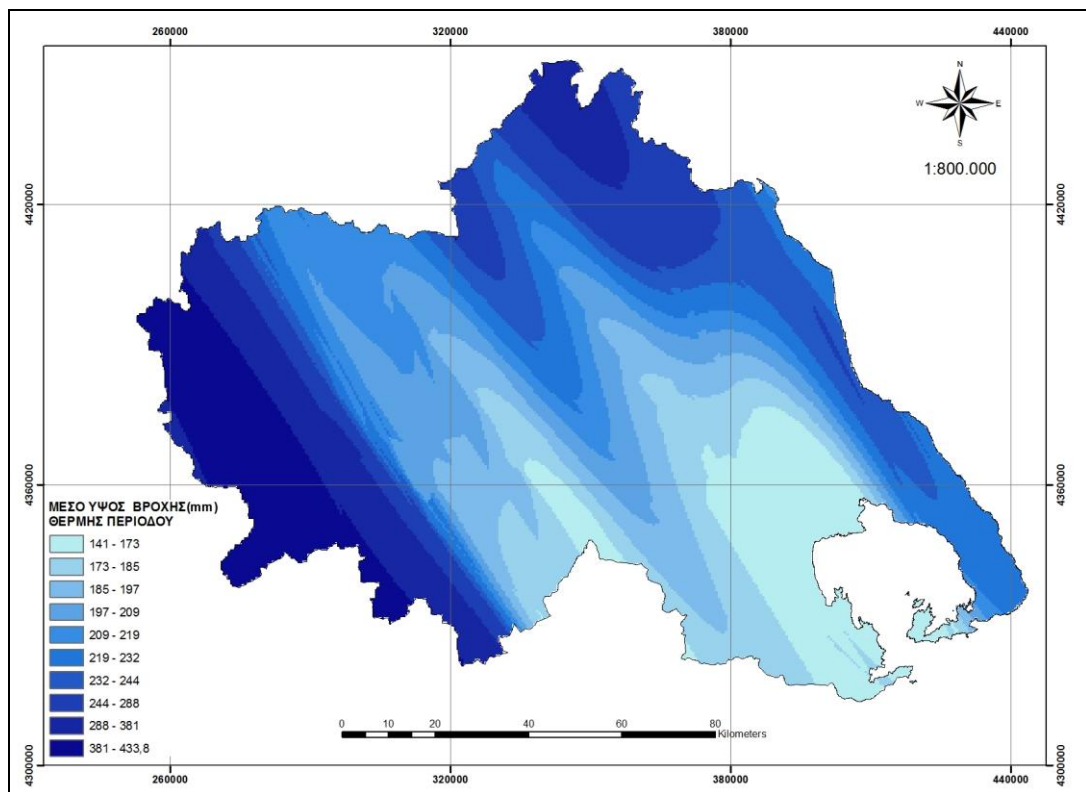
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες πρόβλεψης των τιμών της βροχόπτωσης της περιοχής μελέτης σύμφωνα με την μέθοδο Kriging. Οι χάρτες αφορούν τις τρεις περιόδους αναφοράς που εξετάζονται στην οικεία εργασία.



Χάρτης 17: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο Ordinary Kriging.



Χάρτης 18: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο Ordinary Kriging.



Χάρτης 19: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο Ordinary Kriging.

3.11. ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ Co - Kriging

Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μεθόδου Co-Kriging κρίνεται ορθότερο να χωριστούν οι πίνακες των παραμέτρων, οι πίνακες των σφαλμάτων καθώς και οι παραγόμενοι χάρτες στις τρεις περιόδους αναφοράς για την αποφυγή σύγχυσης, διότι όπως έχει προλεχθεί η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί και δευτερεύουσες μεταβλητές.

ΕΤΟΣ:

Παρακάτω, πίνακες παρουσιάζουν τις παραμέτρους των συνβαριογραμμάτων που προσαρμόστηκαν πριν την εφαρμογή της μεθόδου χωρικής παρεμβολής Co-Kriging (Πίνακας 16) και τα αποτελέσματα των σφαλμάτων (Πίνακας 17) για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.

	Μοντέλο βαριογράμματος	Range (εύρος)	Sill	Nugget	Ratio (nugget/sill x100)
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Spherical	211902	80000	20000	20
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΚΛΙΣΗ	Spherical	211902	60000	20000	25
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ - ΚΛΙΣΗ	Spherical	211902	100000	20000	16,6

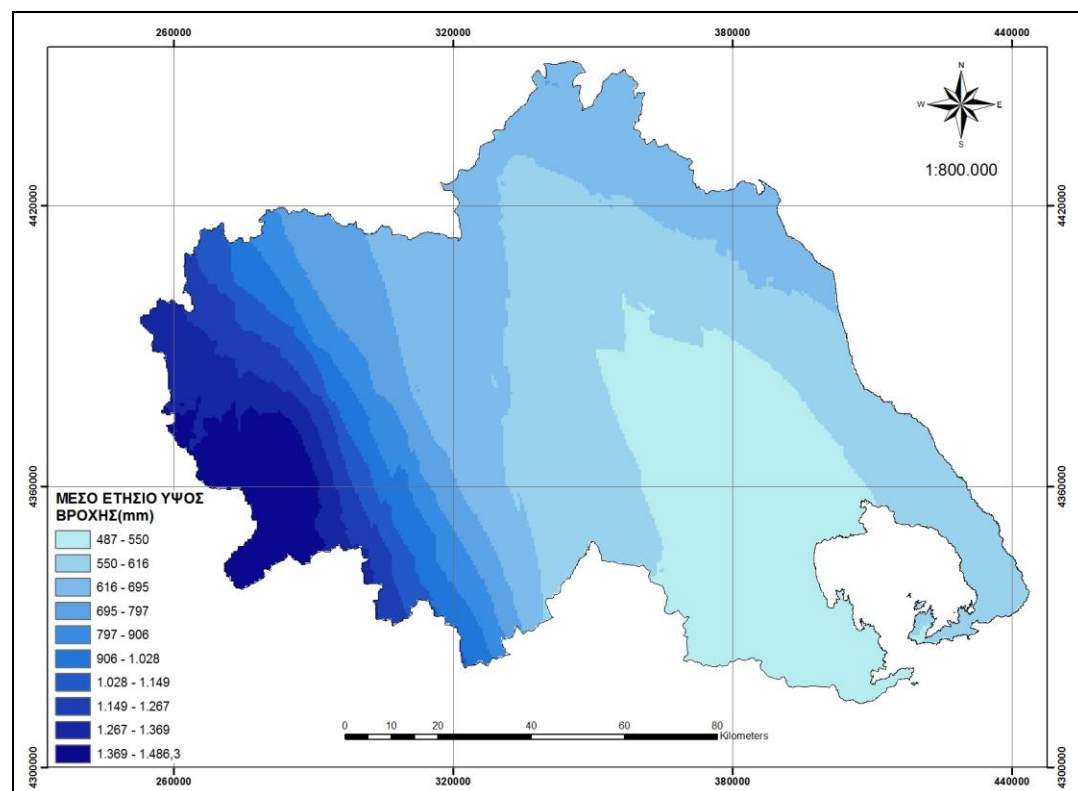
Πίνακας 16: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζει ο Πίνακας 16, αποδεικνύουν ότι το μοντέλο Spherical αντιπροσωπεύει καλύτερα τα ημιβαριογράμματα των τιμών του μέσου ετήσιου ύψους βροχής και στη μέθοδο Co-Kriging. Επίσης οι τιμές του λόγου nugget / sill καταδεικνύουν την ισχυρή χωρική εξάρτηση της εξεταζόμενης ιδιότητας σε όλες τις περιόδους (Cambardella C A. et al., 1994).

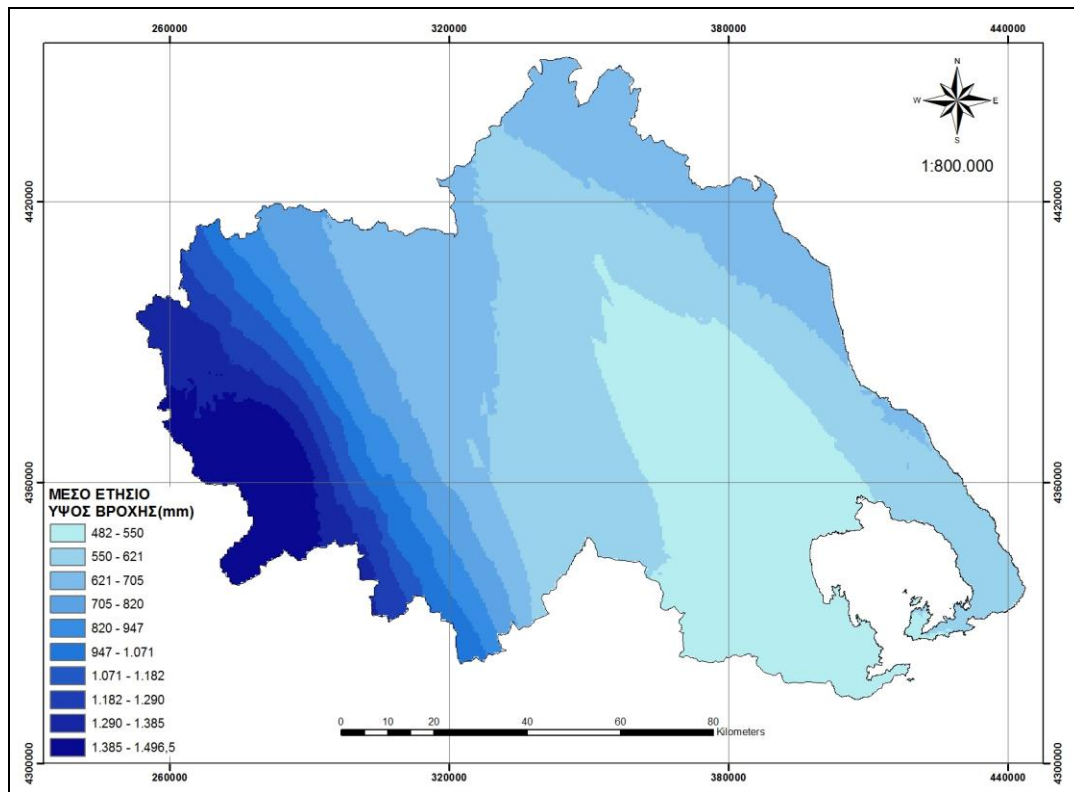
	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ	-0,9448	220,1
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΚΛΙΣΗ	-0,4713	209,3
ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ - ΚΛΙΣΗ	-2,294	214,5

Πίνακας 17: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.

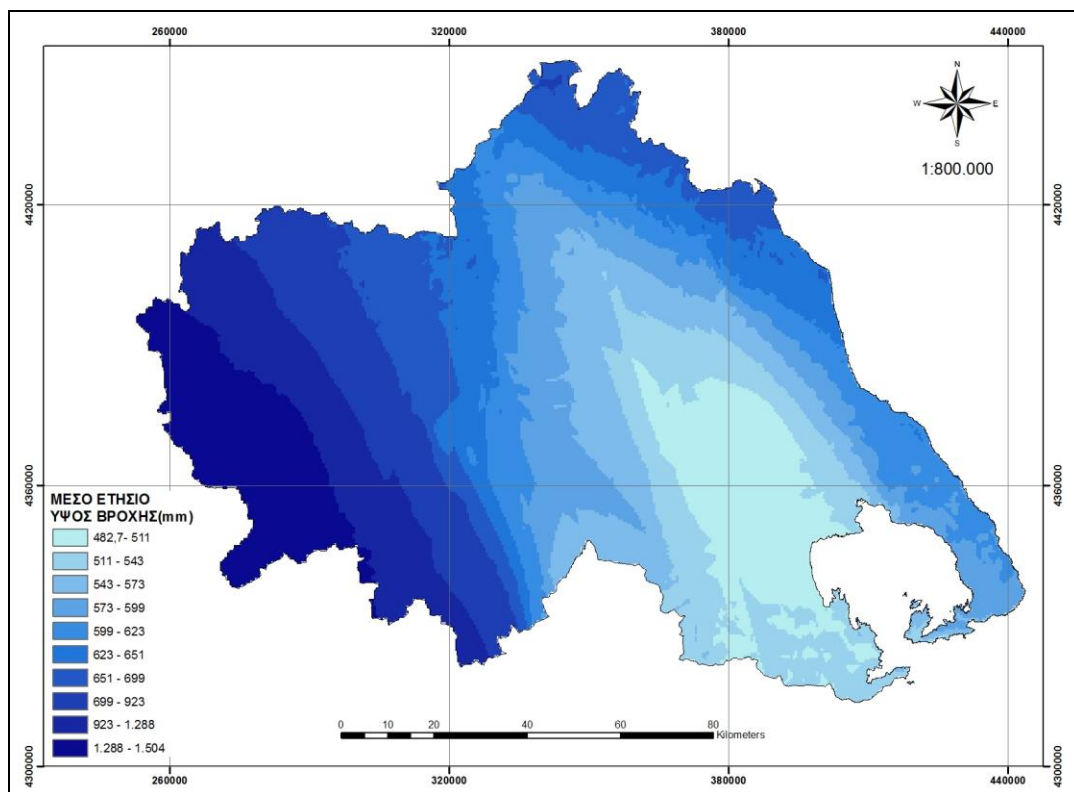
Χάρτες πρόβλεψης των τιμών του μέσου ετήσιου ύψους βροχής της περιοχής μελέτης σύμφωνα με την μέθοδο Co-Kriging παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Χάρτης 20: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 21: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 22: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.

ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις παραμέτρους των βαριογραμμάτων που προσαρμόστηκαν στην μέθοδο χωρικής παρεμβολής Co-Kriging (Πίνακας 18) και τα αποτελέσματα των σφαλμάτων (Πίνακας 19) κατά την ψυχρή περίοδο.

	Μοντέλο βαριογράμματος	Range (εύρος)	Sill	Nugget	Ratio (nugget/sill x100)
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Spherical	211908	83188	26828	24,4
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΚΛΙΣΗ	Spherical	211908	100000	21797	17,9
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ -ΚΛΙΣΗ	Spherical	211917	100000	21417	17,6

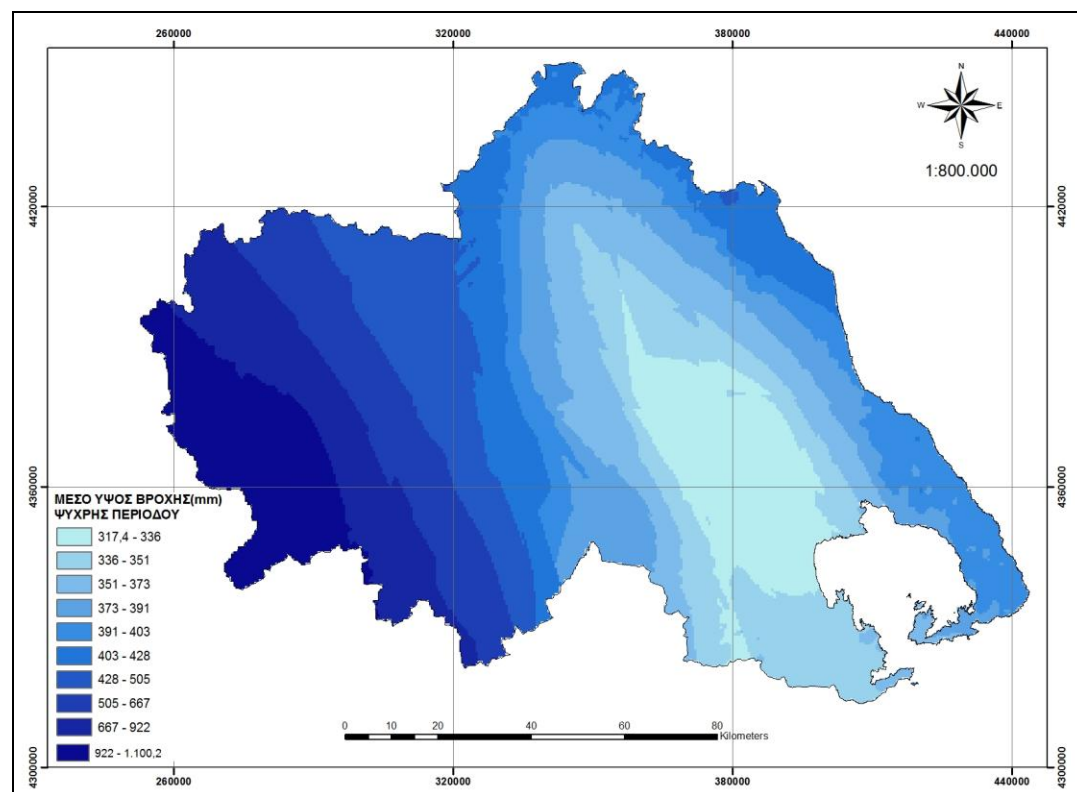
Πίνακας 18: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.

Κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, όπως παρουσιάζει ο πίνακας 15, τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι το μοντέλο Spherical αντιπροσωπεύει καλύτερα τα ημιβαριογράμματα των τιμών της μέσης βροχόπτωσης και στη μέθοδο. Επίσης οι τιμές του λόγου nugget / sill που κυμαίνονται από 17,6 – 24,4 καταδεικνύουν την ισχυρή χωρική εξάρτηση της εξεταζόμενης ιδιότητας σε όλες τις περιόδους (Cambardella C A. et al., 1994).

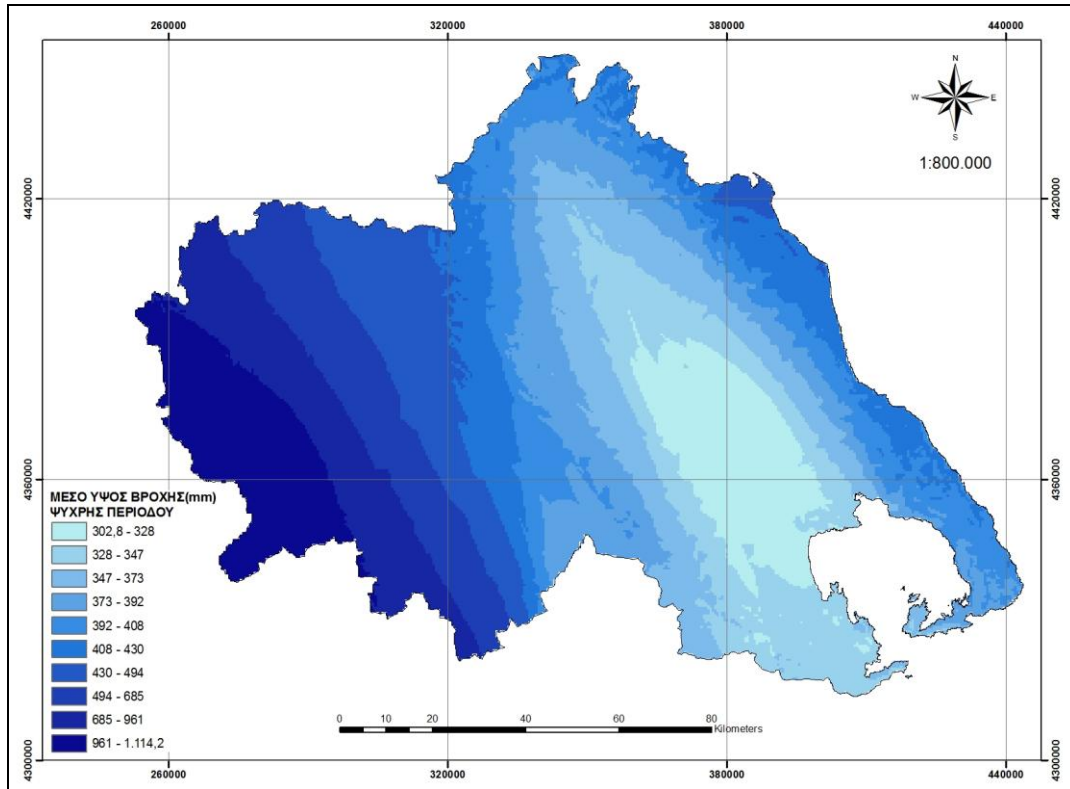
	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ	-0,5737	165,5
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΚΛΙΣΗ	-0,3007	163,4
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ - ΚΛΙΣΗ	-0,6385	164

Πίνακας 19: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.

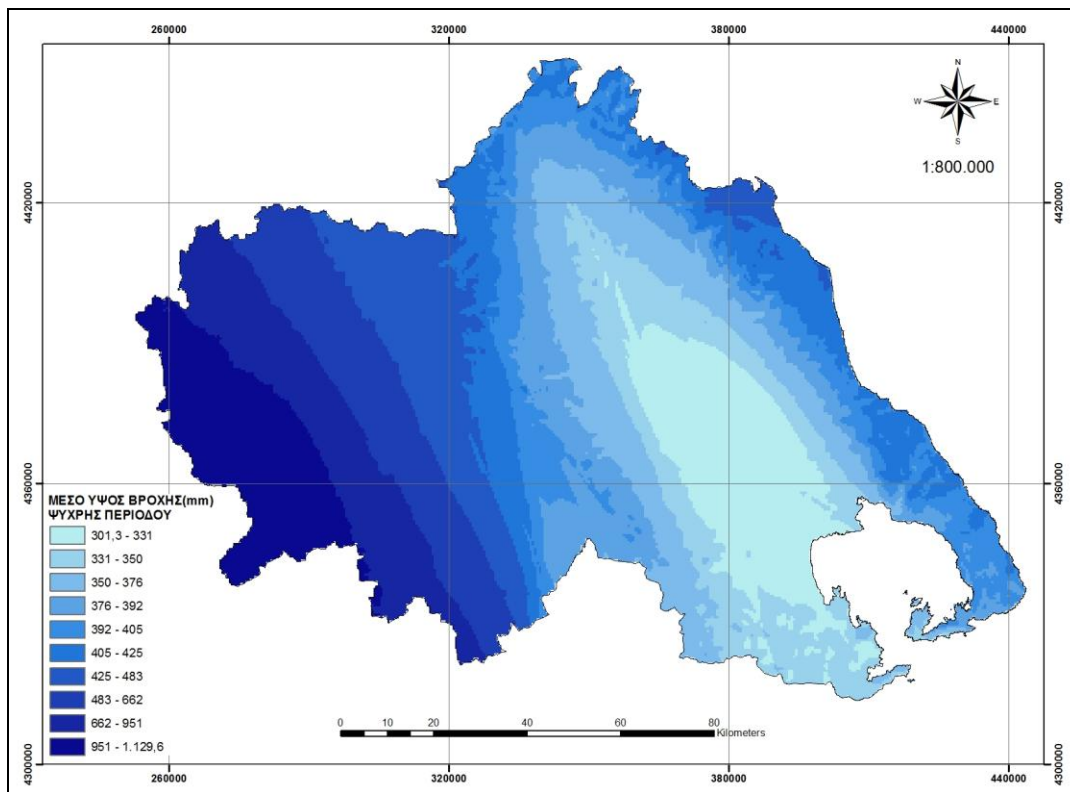
Χάρτες πρόβλεψης των τιμών του μέσου ύψους βροχής κατά την ψυχρή περίοδο στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με την μέθοδο Co-Kriging παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Χάρτης 23: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 24: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 25: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.

ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις παραμέτρους των βαριογραμμάτων που προσαρμόστηκαν στην μέθοδο χωρικής παρεμβολής Co-Kriging (Πίνακας 20) και τα αποτελέσματα των σφαλμάτων (Πίνακας 21) κατά την θερμή περίοδο.

	Μοντέλο βαριογράμματος	Range (εύρος)	Sill	Nugget	Ratio (nugget/sill x100)
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Spherical	202539	7750	2000	20,5
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΚΛΙΣΗ	Spherical	211904	10000	2000	16,66
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ - ΥΨΟΜΕΤΡΟ -ΚΛΙΣΗ	Spherical	211902	8000	2000	20

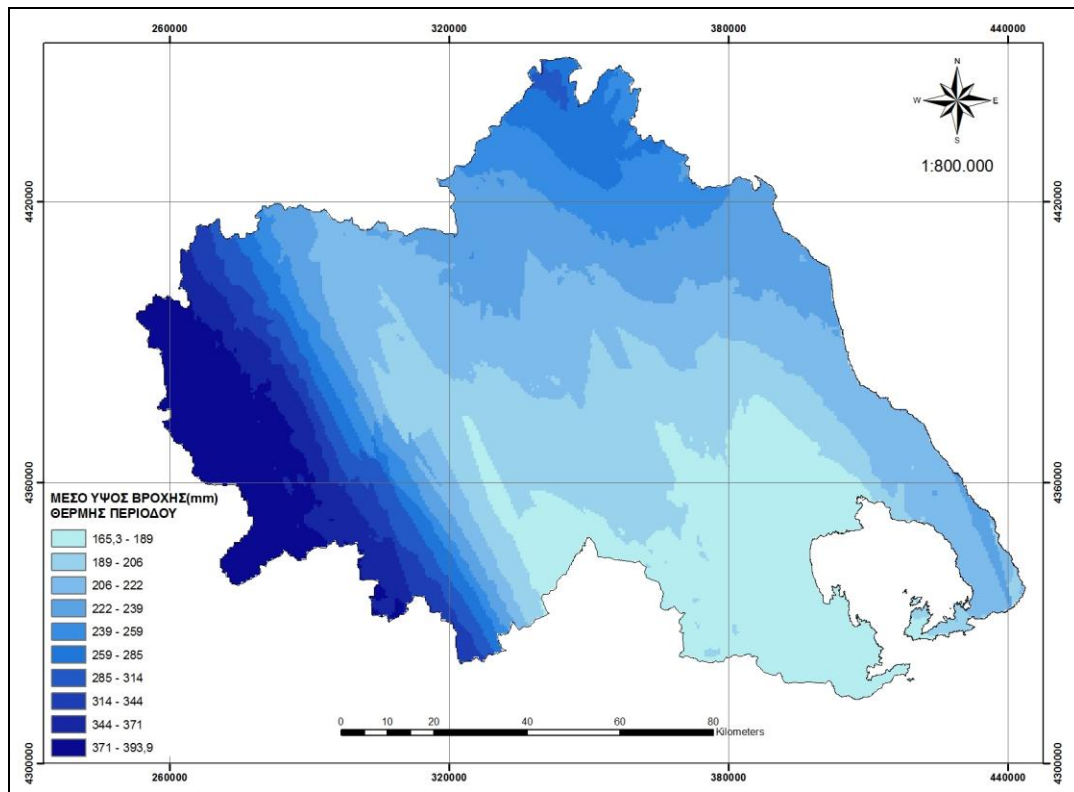
Πίνακας 20: Παράμετροι βαριογράμματος κατά την εφαρμογή της Co-Kriging μεθόδου.

Και κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου, όπως παρουσιάζει ο πίνακας 20, τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι το μοντέλο Spherical κυριαρχεί. Οι τιμές του λόγου nugget / sill που κυμαίνονται από 16,66 – 20,54 καταδεικνύουν την ισχυρή χωρική εξάρτηση της εξεταζόμενης ιδιότητας σε όλες τις περιόδους (Cambardella C A. et al., 1994).

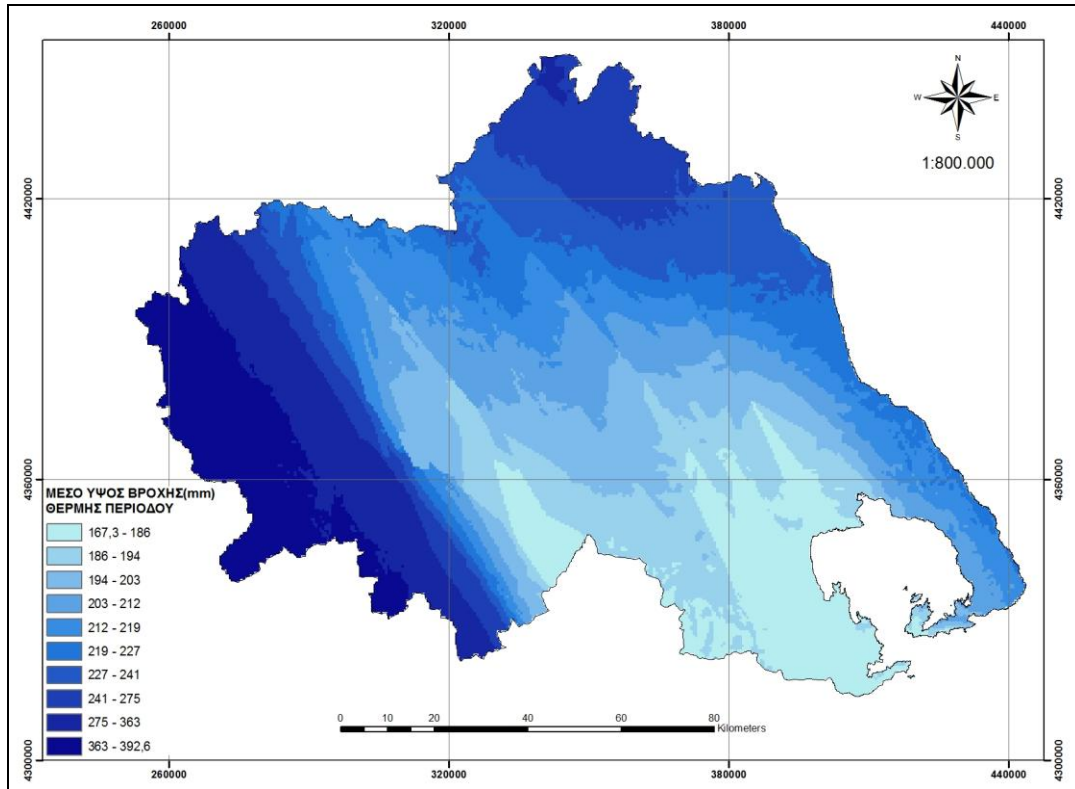
	MEAN ERROR	RMS
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ	-1,505	65,68
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΚΛΙΣΗ	-2,497	63,72
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ -ΥΨΟΜΕΤΡΟ -ΚΛΙΣΗ	-2,705	63,85

Πίνακας 21: Πίνακας αποτελεσμάτων Mean error και Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή της μεθόδου Co-Kriging.

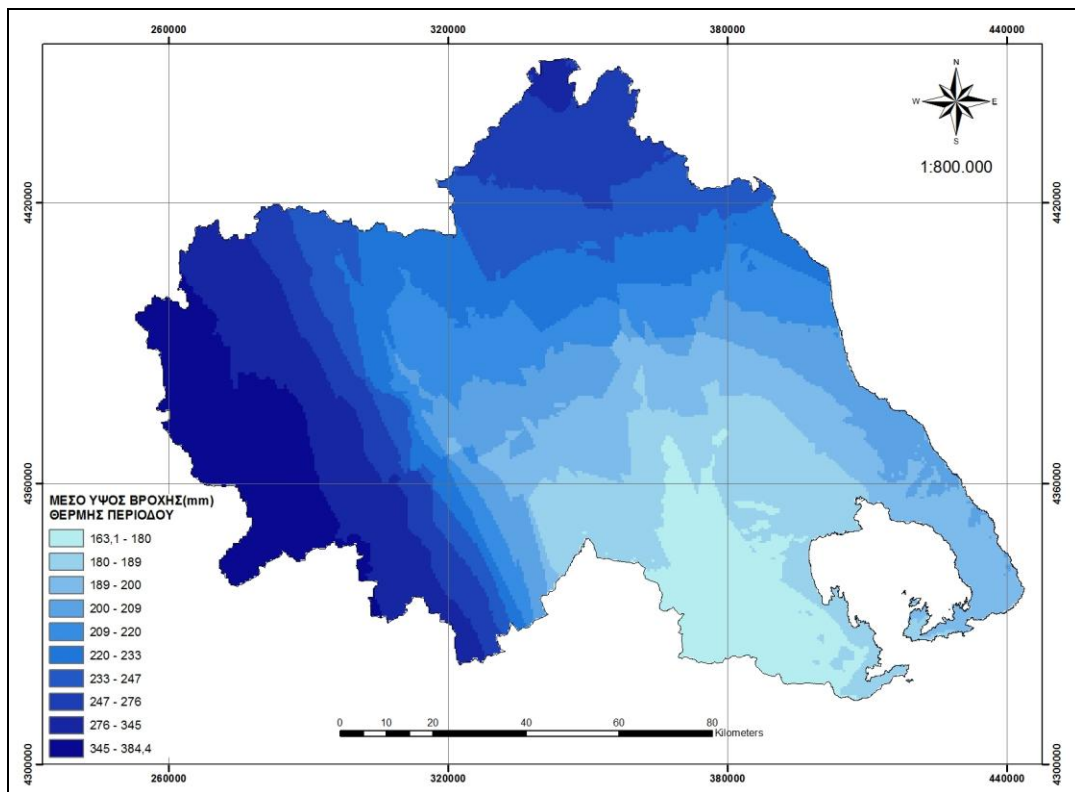
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες πρόβλεψης των τιμών του μέσου ύψους βροχής κατά την θερμή περίοδο στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 26: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 27: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.



Χάρτης 28: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.

4. ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα η στατιστική μεθοδολογία του cross validation χρησιμοποιήθηκε για να συγκρίνει την ακρίβεια στις προβλέψεις των τεσσάρων μεθόδων χωρικής παρεμβολής. Από τα αποτελέσματα του cross validation συγκρίνοντας τον δείκτη Root – Mean – Square Error των μεθόδων, διαπιστώνεται ότι η μέθοδος GWR που χρησιμοποιεί τις 2 βοηθητικές τοπογραφικές μεταβλητές (υψόμετρο, κλίση) έδωσε τις πιο ορθές στατιστικά προβλέψεις, στηριζόμενοι στις προβλέψεις με το μικρότερο δυνατό στατιστικό σφάλμα. Τα αποτελέσματα είναι συγκεντρωμένα στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 22).

RMS	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
IDW	256,1	190,8	73,03
Kriging	211,2	163,1	64,98
Co-Kriging _{TIN}	220,1	165,5	65,68
Co-Kriging _{SL}	209,3	163,4	63,72
Co-Kriging _{TIN-SL}	214,5	164	63,85
GWR _{TIN}	187,6	149,9	43,1
GWR _{SL}	204,9	158,8	55,1
GWR _{TIN-SL}	177,4	137	42,7

Πίνακας 22: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για τις τρεις περιόδους.

Τα αποτελέσματα, όπως κρίνεται σκόπιμο θα αναλυθούν με βάση την περίοδο αναφοράς τους για την ενδελεχή σύγκριση των μεθόδων όπως και για την σαφέστερη οπτική τους σύγκριση μέσω των παραγόμενων χαρτών χωρικής κατανομής του μέσου ύψους βροχής.

ΕΤΟΣ

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 23) παρουσιάζει τα αποτελέσματα που παρήγαγε ο δείκτης Root – Mean – Square Error για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά όσον αφορά τις τιμές του μέσου ετήσιου ύψους βροχής.

	IDW	OK	CK _{TIN}	CK _{SL}	CK _{TIN-SL}	GWR _{TIN}	GWR _{SL}	GWR _{TIN-SL}
RMS	256,1	211,2	208,1	209,3	214,5	187,6	204,9	177,4

Πίνακας 23: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.

Όπως αναφέρθηκε και στον πρόλογο, τα καλύτερα αποτελέσματα (το μικρότερο δυνατό τετραγωνικό σφάλμα) παρουσίασε η μέθοδος GWR που χρησιμοποιεί τις 2 βοηθητικές τοπογραφικές μεταβλητές (υψόμετρο, κλίση), ενώ τα χειρότερα με μεγάλη διαφορά παρουσίασε η μέθοδος IDW. Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν οι I. B. Gundogdu et al., 2010, σε ανάλογη εργασία στην περιοχή της Τουρκίας.

Παρατηρείται γενικότερα, εκ των αποτελεσμάτων, ότι οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής (είτε τοπικής είτε γεωστατιστικής παρεμβολής) που έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν δευτερεύουσες μεταβλητές (Co –Kriging, GWR) πλεονεκτούν έναντι των άλλων μεθόδων (IDW, Ordinary Kriging) το γεγονός αυτό έγκειται στη χρήση βοηθητικών μεταβλητών που εκ των πραγμάτων βελτιώνουν την πρόβλεψη.

Η μέθοδος GWR είτε χρησιμοποιώντας μια δευτερεύουσα μεταβλητή είτε δύο υπερτερεί έναντι των άλλων μεθόδων.

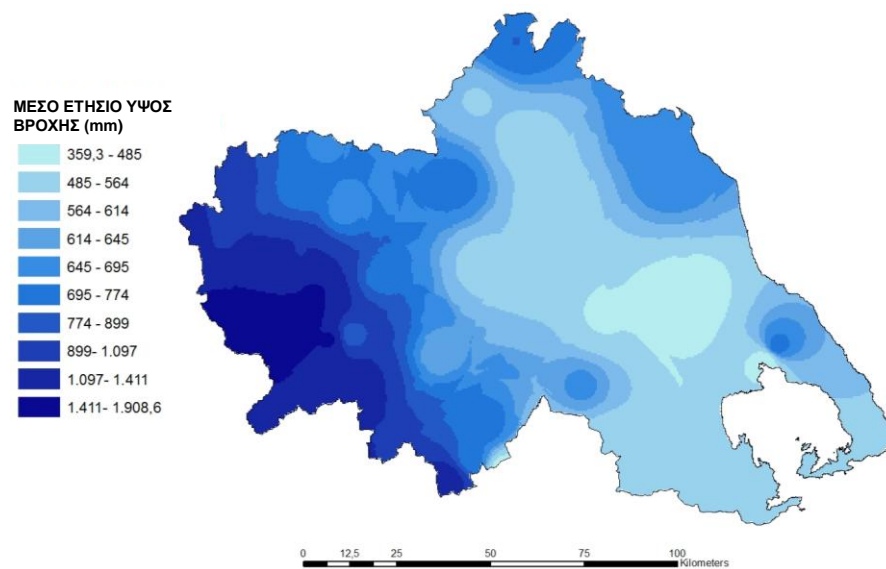
Όσον αφορά στις γεωστατιστικές μεθόδους Ordinary Kriging και Co-Kriging, οι τιμές κινούνται περίπου στα ίδια επίπεδα με καλύτερη απόδοση τη μέθοδο Co-Kriging που χρησιμοποιεί ως δευτερεύουσα μεταβλητή το υψόμετρο (RMS=208,1). Το χαρακτηριστικό αυτό ίσως να εξηγείται στην συσχέτιση μεταξύ των τιμών των ιδιοτήτων, όπου εμφανίζει μεγαλύτερη συσχέτιση το

υψόμετρο με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (Pearson = 0,603) έναντι της κλίσης (Pearson = 0,574).

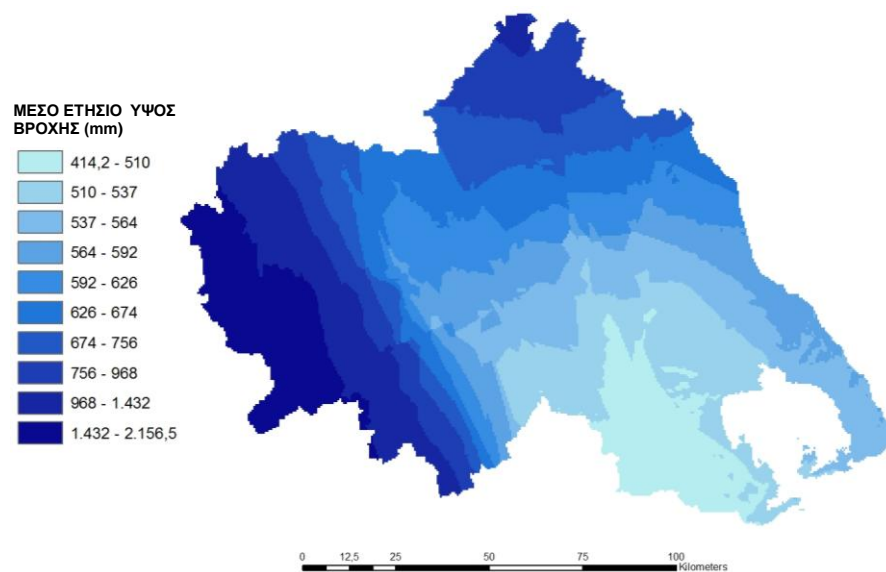
Επίσης παρατηρείται ότι η μέθοδος Co-Kriging που χρησιμοποιεί δυο δευτερεύουσες μεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση, αποδίδει μεγαλύτερη τιμή τόσο σε σχέση με την ίδια μέθοδο που χρησιμοποιεί μια δευτερεύουσα μεταβλητή όσο και σε σχέση με το Ordinary Kriging.

Παρ' όλα αυτά οι γεωστατιστικές μέθοδοι πλεονεκτούν έναντι τις μεθόδου IDW. Αυτό βέβαια τεκμηριώνεται όπως έχει αναφερθεί, με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι γεωστατιστικές μέθοδοι έναντι των μεθόδων τοπικής εκτίμησης (Κεφ. 3.6.4.1).

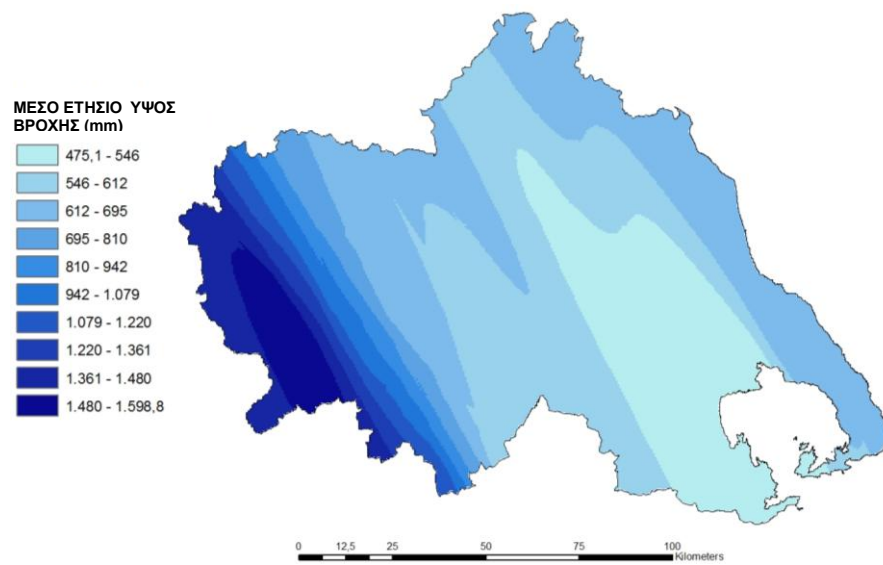
Οι διαφορές στις εκτιμήσεις των τεσσάρων μεθόδων είναι εμφανείς και οπτικά. Στην επόμενη σελίδα είναι συγκεντρωμένοι οι παραγόμενοι χάρτες των τεσσάρων μεθόδων. Στις μεθόδους που έχουν χρησιμοποιηθεί δευτερεύουσες μεταβλητές έχει επιλεχθεί ο χάρτης της μεθόδου με συμμεταβλητές που έδωσε το καλύτερο αποτέλεσμα.



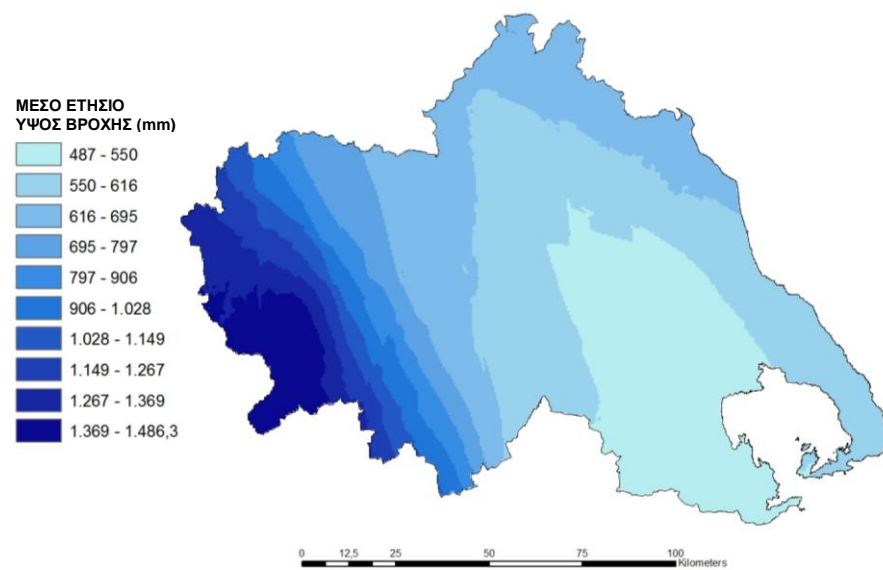
Χάρτης 29: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με την μέθοδο IDW.



Χάρτης 30: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο GWR.



Χάρτης 31: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής την μέθοδο *Ordinary-Kriging*.



Χάρτης 32: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ετήσιου ύψους βροχής με συμμεταβλητή το υψόμετρο με την μέθοδο *Co-Kriging*.

ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Στον πίνακα (Πίνακας 24) που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που παρήγαγε ο δείκτης Root – Mean – Square Error για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά όσον αφορά τις τιμές του μέσου ύψους βροχής κατά τη ψυχρή περίοδο.

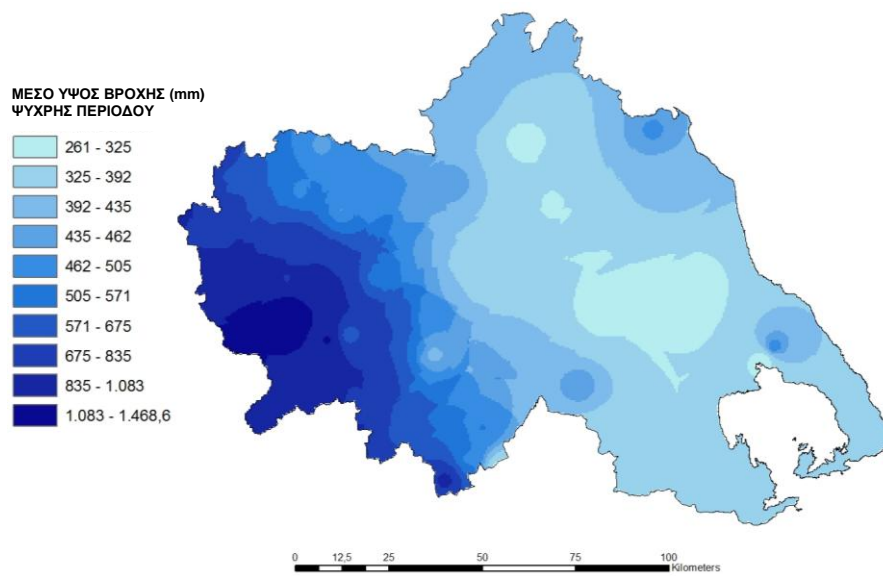
	IDW	OK	CK _{TIN}	CK _{SL}	CK _{TIN-SL}	GWR _{TIN}	GWR _{SL}	GWR _{TIN-SL}
RMS	190,8	163,1	165,5	163,4	164	149,9	158,8	137

Πίνακας 24: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ύψος βροχής κατά τη ψυχρή περίοδο.

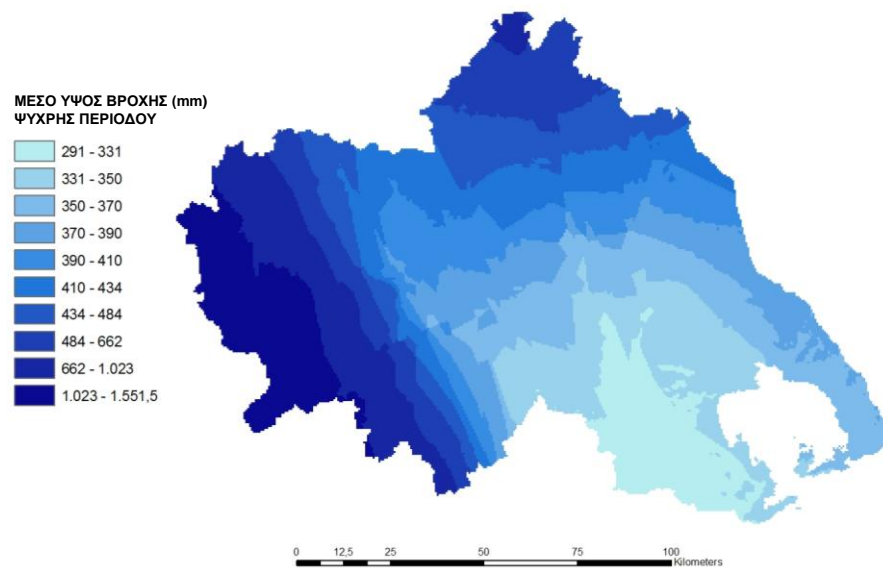
Κατά τη ψυχρή περίοδο ακολουθείται επίσης ίδια τάση στα αποτελέσματα. Η μέθοδος GWR που χρησιμοποιεί ως δευτερεύουσες μεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση, αποδίδει τα καλύτερα αποτελέσματα, το μικρότερο δηλαδή τετραγωνικό σφάλμα (RMS = 137), ενώ τα χειρότερα η μέθοδος IDW (RMS = 190,8).

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι παρεμβολής εμφανίζουν πολύ μικρές διαφορές στις τιμές τους. Η μέθοδος Ordinary Kriging υπερτερεί ελάχιστα (RMS =163,1) σε σχέση με την Co – Kriging μέθοδο. Η Co – Kriging μέθοδος παρουσιάζει τις καλύτερες τιμές χρησιμοποιώντας ως δεύτερη μεταβλητή την κλίση. Η διαφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί στην συσχέτιση των τιμών, όπου ο συντελεστής Pearson έχει εκτιμήσει μεγαλύτερη τιμή για την κλίση (Pearson = 0,600) σε σχέση με το υψόμετρο (Pearson = 0,545).

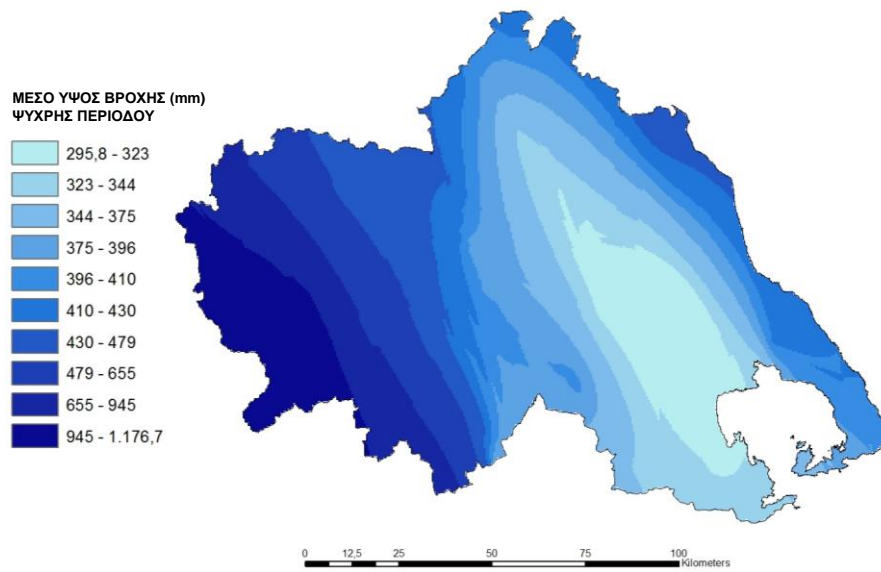
Ακολουθεί η συγκεντρωτική απεικόνιση των παραγόμενων χαρτών των τεσσάρων μεθόδων.



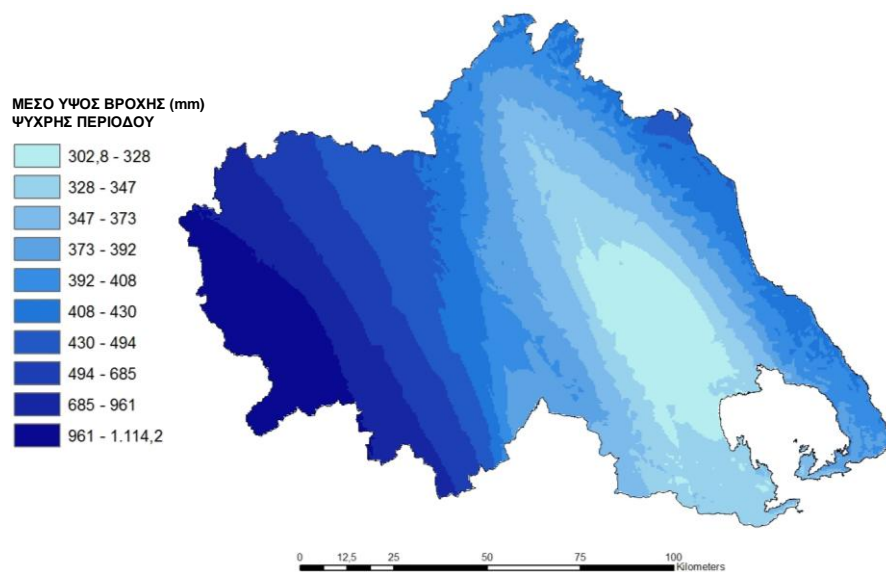
Χάρτης 33: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο IDW.



Χάρτης 34: Χάρτης πρόβλεψης μέσο ύψος βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο GWR.



Χάρτης 35: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με την μέθοδο Ordinary-Kriging.



Χάρτης 36: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής ψυχρής περιόδου με συμμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο Co-Kriging.

ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

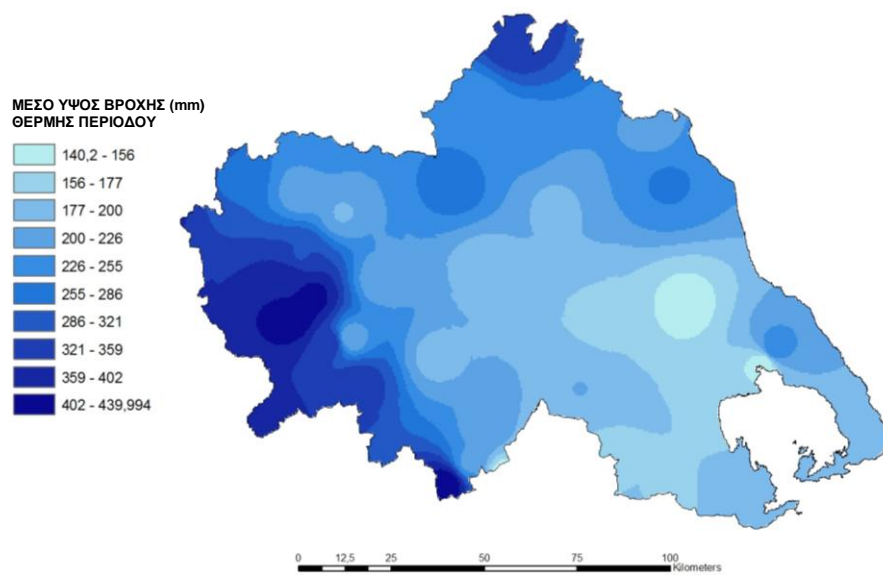
Ο τελευταίος πίνακας (Πίνακας 25) αποτελεσμάτων που παρήγαγε ο δείκτης Root – Mean – Square Error για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά όσον αφορά τις τιμές του μέσου ύψους βροχής της θερμής περιόδου, ακολουθεί.

	IDW	OK	CK _{TIN}	CK _{SL}	CK _{TIN-SL}	GWR _{TIN}	GWR _{SL}	GWR _{TIN-SL}
RMS	73,03	64,98	63,72	65,68	63,85	43,1	55,1	42,7

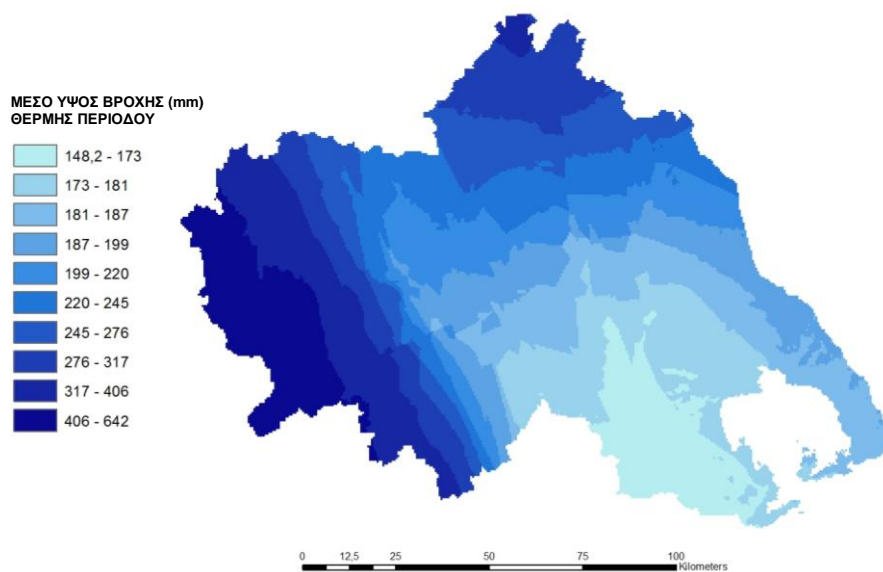
Πίνακας 25: Πίνακας αποτελεσμάτων Root Mean Square Error κατά την εφαρμογή των τεσσάρων μεθόδων για το μέσο ύψος βροχής κατά τη θερμή περίοδο.

Καμία διαφορά δεν παρατηρείται στην τάση των τιμών των αποτελεσμάτων ούτε κατά τη θερμή περίοδο. Η μέθοδος GWR που χρησιμοποιεί ως δευτερεύουσες μεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση, αποδίδει για ακόμη μια φορά τα καλύτερα αποτελέσματα, το μικρότερο δηλαδή τετραγωνικό σφάλμα (RMS = 42,7), ενώ τα χειρότερα η μέθοδος IDW (RMS = 73,03).

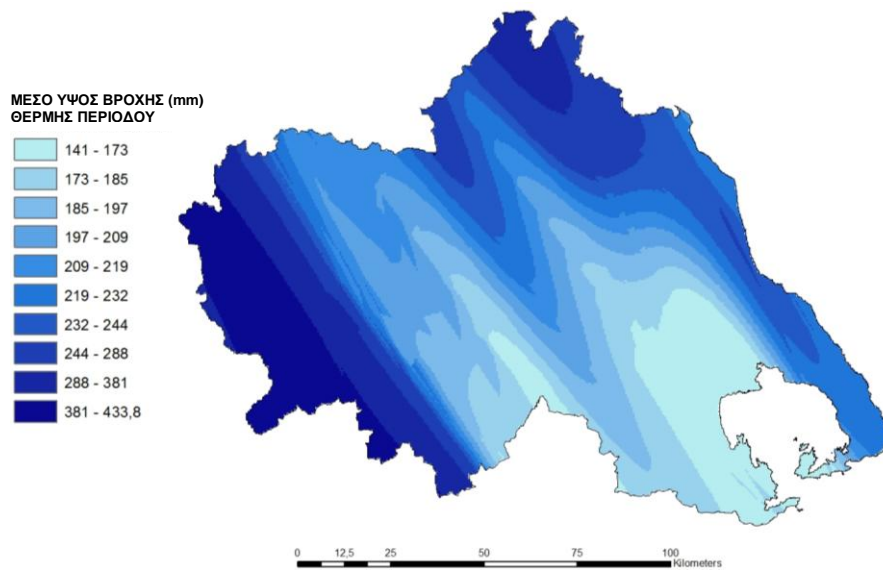
Στην Co-Kriging μέθοδο υπεροχή εμφανίζει η χρήση του υψομέτρου ως συμμεταβλητή (RMS = 63,72) με ελάχιστη διαφορά από τη χρήση και των δυο συμμεταβλητών, του υψομέτρου και της κλίσης (RMS = 63,85). Και σ' αυτή την περίπτωση ίσως να υπάρχει εξήγηση στο ότι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson έχει εκτιμήσει μεγαλύτερη τιμή συσχέτισης για το υψόμετρο (Pearson = 0,749) σε σχέση με την κλίση (Pearson = 0,667).



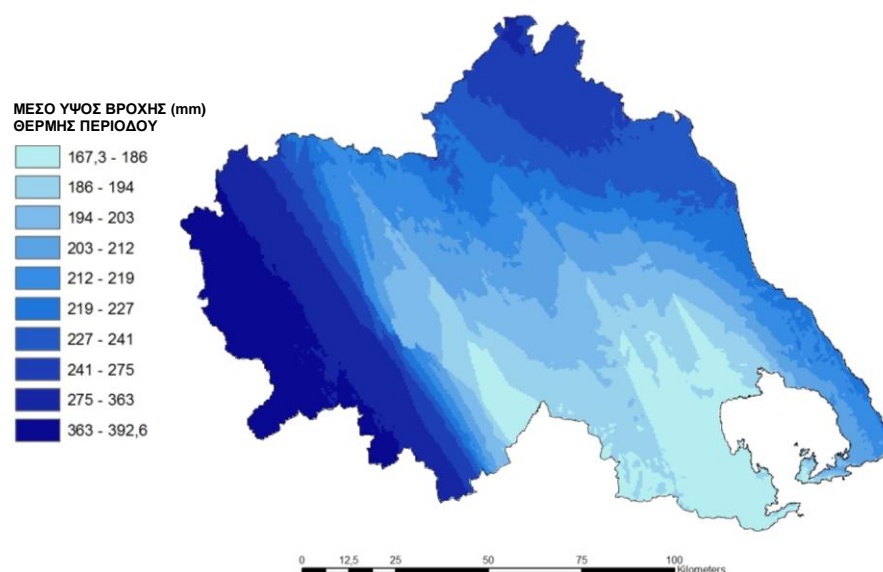
Χάρτης 37: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο IDW.



Χάρτης 38: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συμμεταβλητές το υψόμετρο και την κλίση με την μέθοδο GWR.



Χάρτης 39: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με την μέθοδο *Ordinary-Kriging*.



Χάρτης 40: Χάρτης πρόβλεψης μέσου ύψους βροχής θερμής περιόδου με συµμεταβλητή την κλίση με την μέθοδο *Co-Kriging*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη:

1. Anselin, L., 1995. Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Anal.* 27: 93 – 115.
2. Arcgis desktop help, v.9.3. “About TIN surfaces”
3. Arcgis desktop help, v.9.3. “What is a Z score? What is a p-value?”
4. Bacchi, B., and Kottegoda, N. T. (1995). “Identification and calibration of spatial correlation patterns of rainfall.” *J. Hydrol.* (Amsterdam, Neth.), 165, 311–348.
5. Bogaert P, Mahau P, Beckers F. 1995. *The Spatial Interpolation of Agro-Climatic Data.* FAO: Rome.
6. Bohling., G., 2005. *Introduction to geostatistics and variogram analysis.*
7. Brunson C., Fotheringham S., Charlton M., (1996), *Geographically weighted regression: A method for exploring spatial non-stationarity, geographical analysis*, 28(4), 281-298.
8. Brunson C., Fotheringham S., Charlton M., (1998), *Geographically weighted regression – modeling spatial non-stationarity, in the Statistician*, pp. 431-443.
9. Burrough P.A. & McDonnell R. A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems.* Oxford University Press Inc., New York.
10. Buytaert, W., Celleri, R., Willems, P., De Beivre, B., and Wyseure, G. (2006). “Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes.” *J. Hydrol.* (Amsterdam, Neth.), 329, 413–421.

11. C&PE 940, Kansas Geological Survey.
12. Campling, P., Gobin, A., and Feyen, J. (2001). "Temporal and spatial rainfall analysis across a humid tropical catchment." *Hydrol. Processes*, 15, 359–375.
13. Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.K., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.
14. Charlton, M., Fotheringham, S., 2009. Geographically Weighted Regression, White Paper, National Centre for Geocomputation, National University of Ireland, Maynooth. Available at: http://ncg.nuim.ie/ncg/gwr/gwr_whitepaper.pdf.
15. Christel, P., and Reed, D. W. (1999). "Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: A case study in Scotland." *Int. J. Climatol.*, 19, 1337–1356.
16. Cliff, A. D. and Ord, J. K. 1973: *Spatial autocorrelation* London: Pion. *Annals of the Association of American Geographers*, 63, 470-71.
17. Cressie, N.A.C., 1993. *Statistics for Spatial Data*. J. Wiley & Sons Inc.\
18. Deirasme J, Humbert J, Drogue G, Freslon N. 2000. Geostatistical interpolation of rainfall in mountainous areas. In *Proceedings of Meeting geoENV III — Geostatistics for Environmental Application*, Avignone. Kluwer Accademic Publishers: 57–66.
19. Delaunay B. : Sur la sphère vide, *Izvestia Akademii Nauk SSSR, Otdelenie Matematicheskikh i Estestvennykh Nauk*, 7:793–800, 1934.
20. Drogue, G., Humbert, J., Deraisme, J., Mahr, N., and Freslon, N. (2002). "A statistical-topographic model using an omni-directional

- parameterization of the relief for mapping orographic rainfall.” *Int. J. Climatol.*, 22, 599–613.
21. Fotheringham, S., Brunsdon, C., and Charlton, H., 2002. *Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships*, Chichester: Wiley.
22. Goovaerts P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology* 228(1–2): 113–129.
23. Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for natural resources evaluation*, Oxford University Press, New York.
24. Gomez-Hernandez J, Cassiraga EF. 2000. Incorporating information from a digital elevation model for improving the areal estimation of rainfall. In *Proceedings of Meeting: geoENV III — Geostatistics for Environmental Applications*, Avignone. Kluwer Academic Publishers: 67–78.
25. Gundogdu, I., Esen, O., 2010. The importance of secondary variables for mapping of meteorological data. 3rd international conference on cartography and gis.
26. Johansson B, Chen D. 2003. The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology* 23: 1523–1535.
27. Johnston K., Ver Hoef J., Krivoruchko K., Lucas N., 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. ESRI. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: www.esri.com.
28. Journel, A. G. and C.J. Huijbregts, 1978. *Mining geostatistics*. Academic press. London.

29. Lalor, G., Zhang, C. S., 2001. Multivariate outlier detection and remediation in geochemical databases. *Science of the Total environment*. 281: 99-109.
30. Mair A, Fares A, 2011. Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island. *Journal of hydrologic engineering* © asce / april 2011 / 383.
31. Martinez-Cob A. 1996. Multivariate geostatistical analysis of evapotranspiration and precipitation in mountainous terrain. *Journal of Hydrology* 174: 19–35.
32. Matkan A., Shakiba A., Mirbagheri B., and Tavoosi H., 2010. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 7
33. Mayers D., 2006. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.opensubscriber.com/message/ai-geostats@unil.ch/3413896.html>
34. McCuen, R. H. (1989). *Hydrologic analysis and design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
35. Meijerink, A. De brouwer, H., Mannaerts, C. & Valenzuela, C., 1994. *Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology*. Published by international institute for aerospace survey and earth sciences, The Netherlands.
36. Pardo-Iguzquiza E. 1998. Comparison of geostatistical methods for estimating the areal average climatological rainfall mean using data on precipitation and topography. *International Journal of Climatology* 18: 1031–1047.
37. Price T. D, McKenney W. D, Nalder A. I, Hutchinson F. M, Kesteven L. J, 2000. A comparison of two statistical methods for spatial

interpolation of Canadian monthly mean climate data. *Agricultural and Forest Meteorology* 101: 81-94.

38. Prudhomme C, Reed DW. 1999. Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: a case study in Scotland. *International Journal of Climatology* 19: 1337–1356.
39. Rogerson, P., (2001), *Statistical Methods for Geography*, London: SAGE Publications.
40. Shepard, D. (1968). “A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data.” *Association for Computing Machinery 23rd Annual Conf.*, ACM, New York.
41. Thiessen, A. H. (1911). “Precipitation averages for large areas.” *Mon. Weather Rev.*, 39, 1082–1089.

Ελληνική:

42. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας, 1995. Κατανομή της εκτάσεως της Ελλάδος κατά βασικές κατηγορίες χρήσεων γης – Αθήνα.
43. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαδικτυακή εφαρμογή που αφορά το σύνολο των υδατικών κατακρημνισμάτων της Ελλάδας. Διαθέσιμη στον διαδικτυακό τόπο: http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/images/el/applications/greece/pic_1_1.html
44. Καλύβας Δ., 1989. Μελέτη μεταβλητότητας εδαφολογικών ιδιοτήτων με τη βοήθεια της γεωστατιστικής στην περιοχή Καρδίτσας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Σελ. 37.
45. Καραχάλιου, Α., 2010. Χωρικές ανισότητες της ανεργίας στον ελλαδικό χώρο και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Διπλωματική εργασία.

- Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του χώρου».
46. Κόλλια-Κουσουρή, Β., 2000. Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Διδασκαλίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
47. Κουγιουμτζής Δ., 2011. Τεχνικές Ανάλυσης και Συλλογής Δεδομένων-Στοιχεία Επιχειρηματικής Έρευνας. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://users.auth.gr/dkugiu/Teach/CivilTransport/ApliedStatsChapters.pdf>
48. Κουτσόπουλος Κ., 2005. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και ανάλυση χώρου. Εκδόσεις Παπασωτηρίου Αθήνα.
49. Κυρατσώ, Γ., Μηλάκα, Φ., 2004. Πολυμεταβλητή Ανάλυση της Εξέλιξης Χωρικών Ενοτήτων, Προσδιορισμός ενός Γεωγραφικά σταθμισμένου Υποδείγματος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης, GIS και Θεματικής Χαρτογραφίας. 7^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη.
50. Παπαδημάτου Α, Ρόκος Δ, 2001. "Βιώσιμη" και Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας και του κόσμου. The 3rd Interdisciplinary Interuniversity Conference of the N.T.U.A. "Integrated development of mountainous regions. Theory and practice." Metsovon, 7-10 June 2001.
51. Τσαγρής Μ., 2008. Στατιστική με τη χρήση του πακέτου Spss. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: 7.nsa-virtualeducation.com/images/l.notes5.pdf
52. Φλόκας Απ., 1997. Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας. Σελ. 465. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ GWR

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ:

Neighbours	: 20
ResidualSquares	: 1232428.4723251928
EffectiveNumber	: 10.137462757769084
Sigma	: 222.64253499884174
AICc	: 490.13080675159864
R2	: 0.7502014784847231
R2Adjusted	: 0.6583956959512101

Attributes of GeographicallyWeightedRegression19													
FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdResid	Source ID
0	Point	685,9	4,837327	0,429307	856,214006	417,242461	0,744726	-170,314006	198,905768	157,479692	0,201396	-0,856255	0
1	Point	720,1	3,402696	0,287761	589,792672	477,405092	0,561938	130,307328	189,155382	114,363988	0,214455	0,68889	1
2	Point	725,9	3,132458	0,320119	781,110964	525,891594	0,281715	-55,210964	135,999534	117,655939	0,211095	-0,405964	2
3	Point	559,4	3,31782	0,39397	663,595349	529,340868	0,223757	-104,195349	199,436805	116,754303	0,195686	-0,522448	3
4	Point	532,4	2,925458	0,460339	588,394111	530,151272	0,194143	-55,994111	196,046843	109,147059	0,190134	-0,285616	4
5	Point	1457,6	4,179143	0,431225	1253,556803	603,459364	0,759268	204,043397	205,839344	128,563082	0,179034	0,991275	5
6	Point	477,8	2,607158	0,149524	535,17686	504,690946	0,193225	-57,37686	195,498296	96,301944	0,213528	-0,29349	6
7	Point	618,5	2,888826	0,501793	627,331993	553,752526	0,735795	-8,831993	163,5639	123,74111	0,207338	-0,053997	7
8	Point	774,3	3,258371	0,44912	757,677046	537,239829	0,193661	16,622954	125,717612	120,799889	0,204169	0,132225	8
9	Point	717	3,624265	0,313819	973,255423	456,169553	0,644353	-256,255423	188,495726	117,114936	0,210491	-1,359476	9
10	Point	359,3	3,559332	0,282264	767,264935	451,173521	0,565726	-407,964935	204,684829	117,531379	0,220911	-1,993137	10
11	Point	952,2	5,369885	0,427559	1137,861333	469,076603	0,828014	-185,661333	205,758599	155,249112	0,200202	-0,902326	11
12	Point	706,5	4,766322	0,412561	862,035717	479,861298	0,764349	-155,535717	198,362332	154,008732	0,200557	-0,784099	12
13	Point	659,5	4,14129	0,395441	744,977572	515,554213	0,70166	-85,477572	188,104805	135,83242	0,186846	-0,454415	13
14	Point	781	3,740316	0,5126	842,728437	626,066315	0,794185	-61,728437	189,260719	125,098339	0,174229	-0,326156	14
15	Point	689,1	2,616848	0,436829	538,386354	518,007103	0,203793	150,713646	181,968496	101,298738	0,187433	0,82824	15
16	Point	1319,5	3,7626	0,345454	1096,62144	445,514167	0,723857	222,87856	177,87492	115,915893	0,198298	1,253007	16
17	Point	511	3,096268	0,25197	623,540134	450,639468	0,418752	-112,540134	203,724829	101,856435	0,216436	-0,552412	17
18	Point	671,7	2,522668	0,4049	681,163608	509,597827	0,218171	-9,463608	157,308706	94,203772	0,189512	-0,060159	18
19	Point	408,8	2,604511	0,274199	511,95637	486,953233	0,250031	-103,15637	192,059784	99,867438	0,254086	-0,537106	19
20	Point	517,9	2,555373	0,422274	542,30342	523,276152	0,190273	-24,40342	184,817115	99,401973	0,190252	-0,132041	20
21	Point	539,2	2,381129	0,300422	578,538287	546,968202	0,315701	-39,338287	171,163651	112,406061	0,263124	-0,229829	21
22	Point	1094,3	4,384629	0,411385	1243,789807	557,963233	0,753613	-149,489807	203,921626	129,421774	0,17722	-0,733075	22
23	Point	654,1	2,927686	0,185255	519,47461	482,517243	0,32763	134,62539	185,690472	102,512138	0,222585	0,724999	23
24	Point	531,1	3,2855	0,261878	717,471462	454,098394	0,479229	-186,371462	202,582408	107,730615	0,21819	-0,919979	24
25	Point	719,4	3,436077	0,477196	684,279979	575,636394	0,745001	35,120021	181,140348	118,796572	0,169106	0,193883	25
26	Point	1404,6	4,720987	0,397426	1289,561972	681,028827	0,745666	115,038028	197,722774	137,722179	0,183502	0,581815	26
27	Point	731,4	2,706827	0,289925	625,667335	474,464578	0,294201	105,732665	180,310766	104,044331	0,251609	0,586391	27
28	Point	1179,3	3,820041	0,489332	1327,509267	605,128811	0,802645	-148,209267	191,989022	123,212981	0,171357	-0,771967	28
29	Point	1216,5	4,424242	0,414771	1533,5133	582,045246	0,759172	-317,0133	169,601279	129,026201	0,177308	-1,869168	29
30	Point	420,4	2,730296	0,282525	482,339886	472,06767	0,300919	-61,939886	176,670082	103,766995	0,24628	-0,350596	30
31	Point	1319	5,520747	0,415957	1206,271755	507,181331	0,822148	112,728245	204,518796	146,448863	0,191971	0,551188	31
32	Point	1431,6	6,115526	0,476997	1310,024025	385,97569	0,924048	121,575975	178,473913	177,511939	0,228428	0,681197	32
33	Point	1445,9	3,977292	0,479949	1084,530424	636,834158	0,779653	361,369576	206,356194	127,420992	0,176396	1,751193	33
34	Point	1908,6	4,396607	0,416763	1326,291044	637,240419	0,75249	582,308956	202,366841	135,507387	0,186048	2,877492	34

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 35 Selected) Options

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 20
ResidualSquares	: 1469892.352180166
EffectiveNumber	: 10.795002309526664
Sigma	: 246.42810783124074
AICc	: 498.6174361058009
R2	: 0.7020703881755714
R2Adjusted	: 0.5815076319541478

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 S	StdResid	Source ID
0	Point	685,9	3,780619	0,351221	717,386099	572,869579	40,363086	-31,486099	192,936246	141,997918	13,297615	-0,163194	0
1	Point	720,1	2,82964	0,33122	542,156744	515,309051	36,383084	177,943256	202,263606	113,792699	14,6502	0,879759	1
2	Point	725,9	2,432035	0,494742	826,584916	539,900066	22,543148	-100,684916	131,737333	109,927232	15,260907	-0,764285	2
3	Point	559,4	2,490595	0,543898	609,759546	551,71826	17,549886	-50,359546	215,803882	111,831543	14,986397	-0,233358	3
4	Point	532,4	2,286787	0,551447	549,846552	549,846552	14,728869	-17,446552	202,800996	106,928014	15,120047	-0,086028	4
5	Point	1457,6	3,976856	0,415821	1362,773752	639,65617	46,859222	94,826248	218,902749	129,389488	12,234919	0,433189	5
6	Point	477,8	2,244476	0,213649	562,359031	506,392958	12,542557	-84,559031	219,790169	90,928989	12,129309	-0,384726	6
7	Point	618,5	2,442547	0,435897	632,137066	632,137066	40,880458	-13,637066	178,204076	122,982598	13,190058	-0,076525	7
8	Point	774,3	2,457784	0,579576	765,831288	559,512957	14,966062	8,468712	145,88489	113,619997	15,716089	0,058051	8
9	Point	717	2,950044	0,36711	935,45181	506,723865	40,786046	-218,45181	216,93048	115,638656	14,097374	-1,007013	9
10	Point	359,3	2,917192	0,347976	687,442728	485,726274	37,523133	-328,142728	226,411986	116,362908	15,205657	-1,449317	10
11	Point	952,2	4,137583	0,204085	1111,586743	762,405364	33,989812	-159,386743	227,76478	143,099748	13,385391	-0,699787	11
12	Point	706,5	4,093433	0,367516	949,230737	586,633339	44,558241	-242,730737	226,026019	148,266572	13,666484	-1,073906	12
13	Point	659,5	3,78923	0,475828	803,308572	519,296875	48,100015	-143,808572	218,89694	138,385362	12,815662	-0,656969	13
14	Point	781	3,521981	0,445031	1149,954806	690,943071	45,331384	-368,954806	228,467576	129,658237	11,878183	-1,614911	14
15	Point	689,1	2,16498	0,459225	540,666318	535,923103	13,507466	148,433682	204,916656	100,583648	12,897016	0,724361	15
16	Point	1319,5	3,049039	0,398562	1200,170992	508,579119	44,662289	119,329008	171,635121	114,742375	13,101091	0,695248	16
17	Point	511	2,596336	0,300596	547,915238	470,896262	25,114431	-36,915238	220,498862	99,691089	12,363838	-0,167417	17
18	Point	671,7	2,127505	0,424828	660,326492	525,059144	13,175171	11,373508	194,472471	94,138368	12,085796	0,058484	18
19	Point	408,8	2,166193	0,385896	493,12298	493,12298	12,987697	-84,32298	205,917484	95,095259	13,168822	-0,409499	19
20	Point	517,9	2,118579	0,448983	538,161754	538,161754	13,812238	-20,261754	203,980266	99,920829	15,380079	-0,099332	20
21	Point	539,2	2,104334	0,312659	605,275075	560,779598	20,427211	-66,075075	201,143446	110,153125	17,409719	-0,328497	21
22	Point	1094,3	4,00828	0,392772	1159,650467	617,250268	46,186614	-65,350467	231,153801	126,532074	12,142705	-0,282714	22
23	Point	654,1	2,555437	0,248548	560,172839	485,892203	22,784422	93,927161	221,53099	98,417028	13,285302	0,423991	23
24	Point	531,1	2,770648	0,320239	755,139449	475,593708	32,194948	-224,039449	219,001901	107,166472	14,666511	-1,023002	24
25	Point	719,4	3,290161	0,461905	651,269879	603,733656	45,870719	68,130121	190,993353	124,075353	11,812168	0,356715	25
26	Point	1404,6	4,299515	0,354034	1303,129544	759,873882	42,122083	101,470456	217,458868	139,590447	12,225547	0,466619	26
27	Point	731,4	2,246945	0,403179	746,490579	482,348808	14,344254	-15,090579	93,14757	98,961464	13,603166	-0,162007	27
28	Point	1179,3	3,3945	0,449456	854,023434	686,994936	45,347041	325,276566	208,987391	124,598815	11,279274	1,558441	28
29	Point	1216,5	4,081907	0,388733	1504,811194	641,844595	46,070359	-288,311194	193,099461	126,00152	12,099983	-1,493071	29
30	Point	420,4	2,265636	0,391994	507,831975	480,225391	14,765499	-87,431975	213,459021	99,075517	13,516897	-0,409596	30
31	Point	1319	4,169297	0,177764	1115,774231	827,60146	31,45896	203,225769	227,882343	139,376065	13,000235	0,891801	31
32	Point	1431,6	4,047834	0,088965	971,596014	901,556769	22,429262	460,003986	176,223453	164,576858	15,135267	2,610345	32
33	Point	1445,9	3,758561	0,421524	1332,411543	698,530656	44,975264	113,488457	221,29079	131,085262	11,971768	0,512848	33
34	Point	1908,6	4,217633	0,385428	1259,855222	679,814067	45,582042	648,744778	228,660591	136,214748	12,654755	2,837152	34

ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ -ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 20
ResidualSquares	: 1101462.9959643562
EffectiveNumber	: 13.970165261916735
Sigma	: 228.85848876964124
AICc	: 501.2721678881021
R2	: 0.7767466152607003
R2Adjusted	: 0.6390549343029206

Attributes of GeographicallyWeightedRegression21															
FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	C2 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdErrC2 S	StdResid	Source ID
0	Point	685.9	7.85329	0.454229	793.371853	414.378985	0.545337	16.073314	-107.471853	160.539709	162.039761	0.300601	17.92728	-0.669441	0
1	Point	720.1	5.997739	0.352671	538.852751	472.18479	0.240274	25.22379	181.247249	187.711876	118.324106	0.291799	18.167316	0.965561	1
2	Point	725.9	7.416977	0.505074	824.782713	557.93431	-0.10434	28.418348	-98.882713	122.168965	121.84979	0.412846	27.033023	-0.809393	2
3	Point	559.4	9.002026	0.553448	593.213861	568.23094	-0.082691	22.555893	-33.813861	159.622341	118.894737	0.454878	31.58774	-0.211835	3
4	Point	532.4	8.453848	0.551447	549.771035	549.935153	-0.000547	14.763531	-17.371035	171.375155	111.388255	0.460303	33.181686	-0.101363	4
5	Point	1457.6	7.097014	0.487543	1334.702314	547.197523	0.459014	25.563601	122.897686	202.312933	134.262264	0.271239	16.743462	0.607463	5
6	Point	477.8	4.87473	0.215408	558.011459	503.088734	0.033471	11.125237	-80.211459	186.297248	98.647347	0.3712	19.173107	-0.430556	6
7	Point	618.5	4.286904	0.567015	583.517363	533.350961	0.501664	21.091576	34.982637	159.41053	129.071333	0.299381	17.271141	0.21945	7
8	Point	774.3	9.785613	0.586987	760.867719	572.207893	-0.064907	19.044396	13.432281	128.670637	123.65044	0.483922	33.85774	0.104393	8
9	Point	717	6.227435	0.390294	970.715665	451.730827	0.270337	28.734145	-253.715665	193.697581	120.922064	0.28988	17.724895	-1.308855	9
10	Point	359.3	6.545201	0.359105	710.243914	452.562421	0.18372	28.838679	-350.943914	200.389899	120.621094	0.305326	19.336152	-1.751305	10
11	Point	952.2	7.015623	0.435967	1140.100133	450.724849	0.746137	8.441697	-187.900133	211.328649	164.125733	0.253061	15.283978	-0.889137	11
12	Point	706.5	7.890301	0.44836	882.979244	456.219617	0.509854	21.115875	-176.479244	201.396677	161.518169	0.26559	16.332539	-0.876277	12
13	Point	659.5	8.44209	0.487435	773.812446	484.864685	0.21156	37.220669	-114.312446	191.414588	141.420607	0.301982	18.673249	-0.597198	13
14	Point	781	5.031693	0.563849	945.145569	576.518194	0.541948	21.803765	-164.145569	176.483668	130.040391	0.28287	17.405012	-0.930089	14
15	Point	689.1	5.911129	0.484823	534.973148	522.639802	0.094088	8.328332	154.126852	187.084526	102.827483	0.296662	18.037865	0.823835	15
16	Point	1319.5	6.326685	0.427812	1203.419722	438.240083	0.319882	30.833018	116.080278	159.533332	119.812569	0.285598	17.157401	0.727624	16
17	Point	511	5.572787	0.315538	570.358296	447.801651	0.161212	18.258246	-59.358296	190.043922	104.793351	0.343161	17.651738	-0.31234	17
18	Point	671.7	4.951624	0.461471	678.900065	510.580592	0.109407	8.014495	-7.200065	161.535054	96.654465	0.292118	16.737725	-0.044573	18
19	Point	408.8	4.471758	0.394433	491.898989	485.30194	0.06597	10.84012	-83.098989	191.19248	102.636879	0.384703	18.256728	-0.434635	19
20	Point	517.9	7.196488	0.459878	537.199756	530.109232	0.070905	9.303439	-19.299756	188.927459	102.651516	0.462433	33.740638	-0.102154	20
21	Point	539.2	5.484492	0.332202	589.805221	547.903295	0.151722	12.271221	-50.605221	167.852028	115.501301	0.362823	20.319393	-0.301487	21
22	Point	1094.3	7.309292	0.463264	1225.080833	513.216924	0.461663	24.841175	-130.780833	208.26566	135.996456	0.24405	15.063409	-0.627952	22
23	Point	654.1	5.854168	0.250531	551.264794	479.64774	0.057958	19.962039	102.835206	180.899939	105.086692	0.397051	21.486653	0.568465	23
24	Point	531.1	6.403849	0.328611	751.713011	454.273272	0.145888	25.021947	-220.613011	202.434578	110.719269	0.323542	19.646366	-1.089799	24
25	Point	719.4	6.525406	0.526892	628.505416	538.973328	0.442097	24.182929	90.894584	176.873933	124.652025	0.270264	17.066276	0.513895	25
26	Point	1404.6	6.683738	0.460366	1314.088856	608.545443	0.500395	23.041796	90.511144	201.695667	140.592511	0.285884	17.182133	0.448751	26
27	Point	731.4	4.552154	0.414309	731.721374	471.489864	0.085066	11.757749	-0.321374	56.856294	106.958076	0.377112	18.484039	-0.006652	27
28	Point	1179.3	5.842781	0.557233	1115.189043	558.510436	0.519122	24.290091	64.110957	117.434702	126.438893	0.285782	16.95415	0.545929	28
29	Point	1216.5	7.195384	0.467138	1587.283298	530.958494	0.477349	24.454256	-370.783298	170.22521	135.246193	0.249195	15.333561	-2.178193	29
30	Point	420.4	4.576945	0.403181	494.416222	468.843098	0.088205	12.067455	-74.016222	180.604566	106.690429	0.372316	18.470852	-0.408825	30
31	Point	1319	6.933982	0.428518	1195.879231	482.058828	0.742949	8.960065	123.120769	209.343387	155.387983	0.242998	14.804594	0.588128	31
32	Point	1431.6	7.482443	0.477009	1312.245811	386.805639	0.928376	-0.299685	119.354189	91.197314	183.158136	0.295961	17.48208	1.308747	32
33	Point	1445.9	6.339847	0.531914	1196.85214	581.822341	0.525911	22.210786	249.04786	190.655676	132.194899	0.282305	17.322637	1.30627	33

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ:

Neighbours	: 20
ResidualSquares	: 786639.2982485988
EffectiveNumber	: 10.137462757769084
Sigma	: 177.87507492449592
AICc	: 474.4167849587661
R2	: 0.7347552303178057
R2Adjusted	: 0.6372726531757065

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdResid	Source ID
0	Point	453.5	4.837327	0.35347	601.57311	295.085292	0.519964	-148.07311	158.911137	125.814737	0.1609	-0.931798	0
1	Point	505.9	3.402696	0.253533	408.448167	331.479751	0.384842	97.451833	151.121293	91.368449	0.171334	0.644858	1
2	Point	455.7	3.132458	0.197437	510.775018	355.477698	0.17142	-55.075018	108.653665	93.998476	0.16865	-0.506886	2
3	Point	426.5	3.31782	0.151126	425.438044	364.61595	0.10137	1.061956	159.335397	93.278134	0.156323	0.006665	3
4	Point	299.3	2.925458	0.17904	382.651206	357.117008	0.085114	-83.351206	156.627065	87.200504	0.151903	-0.532163	4
5	Point	1035.1	4.179143	0.34648	902.860485	444.161305	0.535729	132.239515	164.450556	102.712484	0.143035	0.804129	5
6	Point	306.4	2.607158	0.096816	354.047824	336.042168	0.114123	-47.647824	156.188817	76.938199	0.170594	-0.305066	6
7	Point	427.5	2.888826	0.447501	442.90972	389.622583	0.532871	-15.40972	130.675574	98.860082	0.165648	-0.117923	7
8	Point	421.3	3.258371	0.132086	452.075009	370.117005	0.072003	-30.775009	100.439162	96.510261	0.163116	-0.306404	8
9	Point	498.3	3.624265	0.27621	675.136942	317.765393	0.445329	-176.836942	150.594276	93.566254	0.168167	-1.174261	9
10	Point	222.4	3.559332	0.250944	527.124781	312.200396	0.384662	-304.724781	163.528183	93.898962	0.176491	-1.863439	10
11	Point	669	5.369885	0.349616	811.815555	340.272839	0.583811	-142.815555	164.386047	124.032667	0.159947	-0.868781	11
12	Point	497	4.766322	0.332136	614.136714	346.670736	0.534932	-117.136714	158.476972	123.041695	0.16023	-0.73914	12
13	Point	461.2	4.14129	0.314302	531.1587	371.150502	0.489363	-69.9587	150.281959	108.520153	0.149277	-0.465516	13
14	Point	580.8	3.740316	0.42706	614.127494	459.228592	0.567789	-33.327494	151.205449	99.944408	0.139196	-0.220412	14
15	Point	468.1	2.616848	0.186064	354.650709	345.894972	0.087557	113.449291	145.379497	80.93027	0.149745	0.780367	15
16	Point	883.2	3.7626	0.303908	766.788304	311.093654	0.508611	116.411696	142.10903	92.608307	0.158425	0.819172	16
17	Point	336.2	3.096268	0.235812	420.289581	302.96086	0.284161	-84.089581	162.761214	81.375829	0.172916	-0.516644	17
18	Point	413.8	2.522668	0.193471	419.765674	339.837658	0.10164	-5.965674	125.678131	75.261913	0.151406	-0.047468	18
19	Point	261	2.604511	0.182196	338.504852	324.081451	0.144234	-77.504852	153.441698	79.786767	0.202996	-0.505109	19
20	Point	321.3	2.555373	0.189492	355.533672	346.381922	0.091517	-34.233672	147.655336	79.414894	0.151998	-0.231849	20
21	Point	352.5	2.381129	0.186661	388.68693	368.599321	0.200876	-36.18693	136.747218	89.804208	0.210217	-0.264626	21
22	Point	774.6	4.384629	0.329701	889.851564	407.080528	0.530487	-115.251564	162.91844	103.398516	0.141586	-0.707419	22
23	Point	454.2	2.927686	0.171154	349.01452	323.775764	0.223744	105.18548	148.353084	81.899688	0.177829	0.709021	23
24	Point	368.7	3.2855	0.239684	488.070475	309.471255	0.324976	-119.370475	161.848503	86.06887	0.174318	-0.737545	24
25	Point	517.4	3.436077	0.393799	491.734139	414.250503	0.531328	25.665861	144.717868	94.909758	0.135103	0.177351	25
26	Point	1020.2	4.720987	0.309518	933.527647	510.615631	0.518215	86.672353	157.966011	110.029931	0.146605	0.548677	26
27	Point	485.2	2.706827	0.220473	408.780399	316.425872	0.179698	76.419601	144.055092	83.123798	0.201017	0.530489	27
28	Point	836.3	3.820041	0.411479	957.14311	441.474775	0.572965	-120.84311	153.385164	98.438145	0.136902	-0.787841	28
29	Point	827	4.424242	0.331937	1097.26657	427.173351	0.534664	-270.26657	135.498997	103.082482	0.141656	-1.994602	29
30	Point	280.2	2.730296	0.220387	321.228995	314.869136	0.186308	-41.028995	141.146453	82.902227	0.19676	-0.290684	30
31	Point	948.6	5.520747	0.337362	863.592012	371.181934	0.579086	85.007988	163.395536	117.001913	0.153371	0.520259	31
32	Point	1029.4	6.115526	0.404473	933.676148	275.24214	0.658434	95.723852	142.587582	141.819035	0.182498	0.671334	32
33	Point	1101.4	3.977292	0.392817	787.871641	470.020257	0.553531	313.528359	164.863482	101.800038	0.140928	1.901745	33
34	Point	1468.6	4.396607	0.329578	957.329358	474.389963	0.527403	511.270642	161.676281	108.260475	0.148639	3.162311	34

Record: 1 | Show: All Selected | Records (0 out of 35 Selected) | Options

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 19
ResidualSquares	: 882976.0349310876
EffectiveNumber	: 11.288772202597082
Sigma	: 192.9733946817278
AICc	: 482.436759458277
R2	: 0.70227170757724
R2Adjusted	: 0.5730814941821536

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 S	StdResid	Source ID
0	Point	453,5	3,789206	0,303278	500,404364	397,567299	28,722123	-46,904364	150,167864	112,52448	10,520326	-0,312346	0
1	Point	505,9	2,827361	0,289409	375,225151	357,589339	23,899457	130,674849	156,471392	91,325758	11,919762	0,835136	1
2	Point	455,7	2,416133	0,332666	525,072375	362,396458	12,791842	-69,372375	92,315508	87,93461	12,871104	-0,75147	2
3	Point	426,5	2,469311	0,247155	395,10698	371,433079	7,158254	31,39302	166,684473	91,226399	12,481012	0,188338	3
4	Point	299,3	2,272515	0,24588	363,384881	363,384881	6,381656	-64,084881	157,13316	86,237362	12,080999	-0,407838	4
5	Point	1035,1	3,982711	0,365597	988,552979	454,638914	34,59852	46,547021	171,370791	101,60255	9,59994	0,271616	5
6	Point	306,4	2,281412	0,138346	363,780145	331,602504	7,211331	-57,380145	165,588294	77,560604	10,900079	-0,346523	6
7	Point	427,5	2,364589	0,433412	444,898691	444,898691	30,463474	-17,398691	134,94778	99,203818	10,920323	-0,128929	7
8	Point	421,3	2,450562	0,198599	452,052671	376,368079	5,490061	-30,752671	111,138991	90,821706	12,559664	-0,276705	8
9	Point	498,3	2,94999	0,33873	651,368023	348,185139	28,842606	-153,068023	169,048951	90,60439	11,050265	-0,901201	9
10	Point	222,4	2,931739	0,309317	467,08223	334,296595	24,700678	-244,68223	176,565651	93,962723	12,388396	-1,385786	10
11	Point	669	4,214886	0,164916	792,372997	547,480435	23,83819	-123,372997	176,460054	120,031496	11,106088	-0,699155	11
12	Point	497	4,097248	0,319107	673,248455	409,733188	32,382408	-176,248455	176,928069	116,503756	10,728651	-0,996159	12
13	Point	461,2	3,806038	0,412672	565,593826	358,882474	35,008484	-104,393826	170,864199	110,324281	10,160894	-0,810975	13
14	Point	580,8	3,540892	0,404127	843,050974	501,121505	33,768496	-262,250974	178,054755	104,959389	9,535198	-1,472867	14
15	Point	468,1	2,164122	0,242228	352,73893	350,471918	6,455874	115,36107	160,171426	79,083833	10,139643	0,720235	15
16	Point	883,2	3,05088	0,350751	822,497298	352,940617	30,323486	60,702702	128,167823	93,773788	10,986367	0,473619	16
17	Point	336,2	2,610028	0,279015	367,69961	315,752384	16,939008	-31,49961	171,930775	79,234635	9,81102	-0,183211	17
18	Point	413,8	2,122719	0,279064	415,61169	341,69543	7,199515	-1,81169	150,345619	74,682407	9,57082	-0,01205	18
19	Point	261	2,161542	0,353556	320,413122	320,413122	8,633335	-59,413122	159,435746	76,311054	10,628836	-0,372646	19
20	Point	321,3	2,116448	0,219329	352,070456	352,070456	6,90769	-30,770456	159,369453	78,643247	12,086666	-0,193076	20
21	Point	352,5	2,102603	0,230728	403,48345	372,8293	14,072864	-50,98345	157,332837	86,428821	13,692399	-0,324048	21
22	Point	774,6	4,106955	0,352646	832,383148	424,808962	34,705872	-57,783148	180,278565	104,481437	9,888758	-0,320521	22
23	Point	454,2	2,60788	0,216149	374,493711	325,034154	15,170944	79,706289	171,673173	80,249513	11,204091	0,464291	23
24	Point	368,7	2,770915	0,294686	513,770628	323,696738	21,890582	-145,070628	171,489183	83,943907	11,489171	-0,845946	24
25	Point	517,4	3,290953	0,413442	458,371864	423,085812	34,049752	59,028136	148,704823	97,881789	9,29857	0,396948	25
26	Point	1020,2	4,418447	0,29068	956,213299	569,375272	29,994024	63,986701	168,532574	115,476503	9,91658	0,37967	26
27	Point	485,2	2,245172	0,390972	487,444258	314,609134	9,385835	-2,244258	68,343434	80,230063	10,970562	-0,032838	27
28	Point	836,3	3,395397	0,414117	616,239965	491,959719	33,741197	220,060035	162,517701	98,925602	8,909249	1,354068	28
29	Point	827	4,13643	0,343164	1093,115895	451,659413	34,244813	-266,115895	150,221066	100,84458	9,630646	-1,771495	29
30	Point	280,2	2,264745	0,361676	333,428091	315,266558	9,713774	-53,228091	166,337347	78,767619	10,732682	-0,320001	30
31	Point	948,6	4,304983	0,125466	808,486116	618,530275	20,736911	140,113884	175,721081	121,120799	11,056314	0,797365	31
32	Point	1029,4	4,049275	0,073903	694,253389	644,894711	15,806709	335,14611	136,975042	130,188259	11,973647	2,446768	32
33	Point	1101,4	3,853336	0,361829	982,538817	521,583106	32,705836	118,861183	171,84381	110,079523	9,839018	0,691681	33

Record: 34 Show: All Selected Records (0 out of 35 Selected) Options

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ - ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 17
ResidualSquares	: 656864.1515702208
EffectiveNumber	: 16.11824735605327
Sigma	: 186.51622993345205
AICc	: 493.46799729612735
R2	: 0.7785137597579418
R2Adjusted	: 0.6011740906560292

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	C2 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdErrC2 S	StdResid	Source ID
0	Point	453.5	8.886031	0.445755	524.192757	280.498267	0.345279	11.220246	-70.692757	90.634772	164.490037	0.369127	22.190104	-0.779974	0
1	Point	505.9	6.39418	0.284902	375.103684	338.01046	0.125895	16.145846	130.796316	147.997901	102.57639	0.249238	15.995033	0.883771	1
2	Point	455.7	7.577107	0.324592	506.233614	374.438048	-0.056081	14.358715	-50.533614	77.237839	106.594923	0.380161	25.862315	-0.65426	2
3	Point	426.5	9.429763	0.275735	384.902971	378.857174	-0.040171	9.176348	41.597029	124.868158	105.089177	0.40612	28.651931	0.333128	3
4	Point	299.3	8.816689	0.273625	360.303532	361.880932	-0.005258	6.745644	-61.003532	136.793955	99.683238	0.411236	29.481493	-0.445952	4
5	Point	1035.1	7.40196	0.365444	981.167888	435.462926	0.289076	19.32343	53.932312	162.440142	125.239056	0.235806	14.548798	0.332013	5
6	Point	306.4	4.614329	0.126601	363.552268	327.479854	-0.046542	9.72987	-57.152268	124.993988	98.553838	0.461614	26.211098	-0.45724	6
7	Point	427.5	4.029711	0.552068	410.840028	376.537011	0.34303	17.355571	16.659972	124.091102	109.948303	0.250636	14.282486	0.134256	7
8	Point	421.3	10.115287	0.215899	446.541678	386.446492	-0.05133	8.597428	-25.241678	100.863848	105.973838	0.413348	28.857388	-0.250255	8
9	Point	498.3	6.962756	0.306018	619.078613	329.867991	0.124233	18.029089	-120.778613	153.397631	112.926008	0.259723	16.341519	-0.787356	9
10	Point	222.4	7.053381	0.306382	471.122201	319.435506	0.07972	19.930852	-248.722201	160.329118	105.109992	0.266975	17.257809	-1.551323	10
11	Point	669	7.408083	0.380416	804.455447	300.80719	0.57351	3.935141	-135.455447	169.245723	148.861346	0.228501	13.650451	-0.800348	11
12	Point	497	9.240861	0.411299	618.673429	313.213254	0.253932	21.934473	-121.673429	157.46272	145.992344	0.281702	17.264176	-0.772713	12
13	Point	461.2	9.55091	0.43429	550.095592	343.092829	0.017005	34.116196	-88.895592	146.34142	131.451383	0.309414	19.338138	-0.607453	13
14	Point	580.8	5.781358	0.495195	714.632813	429.311127	0.365356	18.33442	-133.832813	140.435862	114.250744	0.234175	14.410521	-0.952982	14
15	Point	468.1	6.243305	0.231813	353.113679	350.293876	0.007545	5.88158	114.986321	148.694014	87.653785	0.250339	15.429138	0.773308	15
16	Point	883.2	7.2284	0.325903	748.980498	322.190233	0.152921	18.678709	134.219502	108.15954	123.923924	0.268331	16.282344	1.24094	16
17	Point	336.2	5.912297	0.285074	368.425157	306.73468	0.033045	15.667024	-32.225157	148.85332	90.787032	0.31919	16.254448	-0.216489	17
18	Point	413.8	5.040501	0.275016	417.033732	339.536184	0.011948	6.633164	-3.233732	118.175163	83.227661	0.248071	13.898292	-0.027364	18
19	Point	261	4.48015	0.437163	311.961393	311.195487	0.007659	9.08153	-50.961393	147.421774	92.000114	0.36487	15.936809	-0.345684	19
20	Point	321.3	7.223382	0.243062	348.716708	346.121379	0.025953	5.47147	-27.416708	151.543699	86.754928	0.389904	28.397436	-0.180916	20
21	Point	352.5	5.541151	0.226846	399.340033	370.168256	0.034487	11.809068	-46.840033	135.665101	94.762128	0.301842	16.901815	-0.345262	21
22	Point	774.6	8.97008	0.378201	853.208269	372.222053	0.175742	27.338298	-78.608269	160.270579	134.071538	0.247505	15.264772	-0.490472	22
23	Point	454.2	6.363936	0.204417	385.103478	333.021048	-0.078512	18.69202	69.096522	138.166898	92.980058	0.41898	23.845469	0.500095	23
24	Point	368.7	8.093459	0.304573	506.038758	325.076508	-0.087134	26.356293	-137.338758	159.06424	105.243962	0.386015	24.5209	-0.863417	24
25	Point	517.4	6.521951	0.463336	449.569826	387.585	0.281435	20.209315	67.830174	137.563277	105.308429	0.223782	14.281372	0.493083	25
26	Point	1020.2	6.514998	0.331452	985.504045	498.916291	0.323346	17.267905	34.695955	158.23492	136.576174	0.239551	14.607727	0.219289	26
27	Point	485.2	4.601313	0.494971	482.827996	306.042485	0.005683	9.441747	2.372004	38.840667	98.47841	0.351179	15.863732	0.06107	27
28	Point	836.3	5.446641	0.513261	814.561607	415.368853	0.363077	19.663111	21.738393	86.690817	111.78899	0.238525	14.023795	0.250758	28
29	Point	827	8.159673	0.346876	1137.65293	409.626465	0.245275	22.455441	-310.65293	129.358427	129.313888	0.23277	14.264638	-2.40149	29
30	Point	280.2	4.62638	0.51616	321.198225	302.859343	0.003462	9.745419	-40.998225	135.839438	101.241842	0.351129	15.914592	-0.301814	30
31	Point	948.6	7.523376	0.342135	857.491264	337.658122	0.562451	4.537921	91.108736	167.387208	145.723449	0.21938	13.237809	0.544299	31
32	Point	1029.4	7.940946	0.465128	966.21855	237.105099	0.74174	-4.043453	63.18145	63.860089	165.602387	0.267059	15.56547	0.989373	32
33	Point	1101.4	6.110461	0.434893	902.140257	450.88885	0.348777	17.821565	199.259743	153.173509	120.818381	0.235568	14.490571	1.300876	33
34	Point	1468.6	7.17233	0.362449	958.563407	440.581201	0.300395	19.08906	510.036593	168.038646	122.099775	0.231021	14.209785	3.035234	34

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ:

Neighbours	: 20
ResidualSquares	: 64940.24664316515
EffectiveNumber	: 10.137462757769084
Sigma	: 51.10745366097491
AICc	: 387.11620607923766
R2	: 0.773548811866789
R2Adjusted	: 0.6903236254000956

Attributes of GeographicallyWeightedRegression25													
FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdResid	Source ID
0	Point	232,3	4,837327	0,681029	258,992981	128,489358	0,221403	-26,692981	45,658694	36,149364	0,04623	-0,58462	0
1	Point	214,2	3,402896	0,35179	181,364158	145,965066	0,176995	32,835842	43,420499	26,252181	0,049228	0,756229	1
2	Point	270,2	3,132458	0,728267	288,336748	175,352912	0,124713	-18,136748	31,218607	27,007847	0,048457	-0,58096	2
3	Point	232,9	3,31782	0,796381	253,300218	175,485076	0,129692	-20,400218	45,780593	26,800877	0,044915	-0,445608	3
4	Point	233	2,925458	0,809754	216,066948	179,64048	0,121422	16,933052	45,002429	25,054639	0,043645	0,37627	4
5	Point	422,4	4,179143	0,698159	350,68585	159,290604	0,223536	71,71415	47,250292	29,511574	0,041097	1,51775	5
6	Point	171,4	2,607158	0,255386	181,188381	168,71752	0,079042	-9,788381	44,876511	22,106051	0,049015	-0,218118	6
7	Point	190,9	2,888826	0,81201	184,397292	164,104167	0,202931	6,502708	29,270954	28,858399	0,046867	1,014296	7
8	Point	353	3,258371	0,811149	323,729046	178,664329	0,127444	29,270954	28,858399	27,729538	0,046867	1,014296	8
9	Point	218,8	3,624285	0,386392	298,076781	138,442108	0,198925	-79,276781	43,269075	26,883866	0,048318	-1,832181	9
10	Point	136,8	3,559332	0,339361	240,126521	139,032176	0,180934	-103,326521	46,985273	26,979254	0,05071	-2,199126	10
11	Point	283,1	5,369885	0,675521	326,573766	130,190222	0,24314	-43,473766	47,231757	35,637336	0,045956	-0,920435	11
12	Point	209,3	4,766322	0,671045	248,750499	134,410688	0,22868	-39,450499	45,533948	35,352607	0,046038	-0,866398	12
13	Point	198,5	4,14129	0,665151	215,162313	145,889627	0,211861	-16,662313	43,17934	31,180246	0,04289	-0,385886	13
14	Point	200,2	3,740316	0,751917	228,590626	166,824935	0,226405	-28,390626	43,444679	28,716245	0,039994	-0,653489	14
15	Point	221,1	2,616848	0,776543	187,788427	175,032129	0,127563	33,311573	41,770754	23,253061	0,043025	0,797486	15
16	Point	436,1	3,7626	0,428823	329,785739	134,451059	0,21716	106,314261	40,831076	26,60842	0,045519	2,603758	16
17	Point	174,9	3,096268	0,274806	203,272795	147,769807	0,134424	-28,372795	46,764906	23,38108	0,049683	-0,606711	17
18	Point	258	2,522688	0,730133	271,203935	170,810471	0,127665	-13,203935	36,110114	21,624417	0,043502	-0,365658	18
19	Point	148	2,604511	0,436123	173,531938	162,875407	0,106655	-25,531938	44,087203	22,924508	0,058325	-0,579124	19
20	Point	196,6	2,555373	0,78489	190,309622	178,77961	0,1153	6,290378	42,424652	22,81766	0,043672	0,148272	20
21	Point	186,7	2,381129	0,719678	190,475031	178,259612	0,122154	-3,775031	39,290508	25,802741	0,0604	-0,09608	21
22	Point	319,8	4,384629	0,675665	354,061272	151,124112	0,222995	-34,261272	46,810081	29,708687	0,040681	-0,731921	22
23	Point	200,1	2,927686	0,204754	170,528436	158,826593	0,103738	29,571564	42,625131	23,531597	0,051094	0,693759	23
24	Point	162,4	3,2855	0,297821	229,394044	144,705522	0,154098	-66,994044	46,502664	24,729495	0,050085	-1,44065	24
25	Point	202	3,436077	0,727278	192,54172	161,38194	0,213672	9,45828	41,580653	27,269678	0,038818	0,227468	25
26	Point	384,4	4,720987	0,65858	356,021862	170,395516	0,227457	28,378138	45,387138	31,614039	0,042123	0,625246	26
27	Point	246,2	2,706827	0,407617	217,066626	158,085933	0,114761	29,133374	41,390223	23,883311	0,057757	0,703871	27
28	Point	343	3,820041	0,688228	370,35326	163,632678	0,22969	-27,35326	44,070959	28,283462	0,039335	-0,620664	28
29	Point	389,5	4,424242	0,680719	436,23102	154,862145	0,224503	-46,73102	38,931867	29,617883	0,040701	-1,200328	29
30	Point	140,2	2,730296	0,386738	161,181607	157,269533	0,114602	-20,981607	40,554506	23,819648	0,056533	-0,517368	30
31	Point	370,4	5,520747	0,668864	342,982197	136,943154	0,242307	27,417803	46,947161	33,617244	0,044067	0,584014	31
32	Point	402,2	6,115526	0,697995	376,70471	113,388697	0,263316	25,49529	40,968574	40,747754	0,052436	0,622313	32
33	Point	344,5	3,977292	0,732212	296,650477	166,8019	0,226128	47,849523	47,368934	29,249408	0,040492	1,010146	33
34	Point	440	4,396607	0,69479	368,952696	162,842327	0,225087	71,047304	46,453181	31,105635	0,042707	1,529439	34

Record: 1 | Show: All Selected | Records (0 out of 35 Selected) | Options

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 24
ResidualSquares	: 106078.88530384126
EffectiveNumber	: 8.833733885510604
Sigma	: 63.67128235724861
AICc	: 400.71249865461823
R2	: 0.6300954977135167
R2Adjusted	: 0.51935239736875

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 \$	StdResid	Source ID
0	Point	232.3	3.396064	0.412388	239.272603	203.498251	9.991683	-6.972603	56.869686	26.004691	2.630715	-0.122607	0
1	Point	214.2	2.829186	0.429364	169.133716	160.432945	11.79099	45.066284	54.488737	26.202968	3.093012	0.827075	1
2	Point	270.2	2.530986	0.593745	302.363928	191.810103	8.693279	-32.163928	45.723964	25.95407	3.044086	-0.703437	2
3	Point	232.9	2.532642	0.640718	225.662792	198.487114	8.217083	7.237208	56.71947	27.231351	3.453932	0.127597	3
4	Point	233	2.31435	0.616485	198.248873	198.248873	7.619439	34.751127	53.257134	26.33533	3.692403	0.652516	4
5	Point	422.4	3.842342	0.52635	373.307085	187.081693	12.067715	49.092915	56.987473	31.01098	2.981224	0.861469	5
6	Point	171.4	2.246758	0.269819	196.497018	174.065314	5.02717	-25.097018	58.460563	21.728239	2.834262	-0.429298	6
7	Point	190.9	2.798469	0.478709	179.58011	179.58011	11.392002	11.31989	51.782887	27.124763	2.73676	0.218603	7
8	Point	353	2.481212	0.661522	312.7483	200.568989	8.13734	40.2517	40.76429	27.59203	3.72197	0.987426	8
9	Point	218.8	2.944072	0.455101	289.874476	158.681846	12.480709	-71.074476	57.556307	26.746968	3.030626	-1.234869	9
10	Point	136.8	2.890279	0.404724	217.118423	153.706395	11.795855	-80.318423	58.874861	28.472481	3.64811	-1.364223	10
11	Point	283.1	3.773648	0.318054	316.936377	219.961917	9.439632	-33.836377	60.035646	29.042365	2.865014	-0.563605	11
12	Point	209.3	3.58405	0.416896	287.264663	202.261839	10.44568	-77.964663	60.37514	26.91309	2.722748	-1.291337	12
13	Point	198.5	3.42934	0.515403	254.325302	188.215823	11.196253	-55.825302	59.265111	26.598325	2.703175	-0.941959	13
14	Point	200.2	3.491013	0.528726	310.931772	191.288296	11.815829	-110.731772	59.82557	30.42365	2.860188	-1.85091	14
15	Point	221.1	2.181073	0.489425	194.697261	192.399694	6.542885	26.402739	54.479586	24.125238	3.136882	0.484635	15
16	Point	436.1	3.047437	0.468119	358.339539	159.223325	12.85872	77.760461	47.974773	27.463176	3.004146	1.620861	16
17	Point	174.9	2.551809	0.336898	182.765893	157.932006	8.097861	-7.865893	58.05902	23.938744	2.951778	-0.135481	17
18	Point	258	2.155146	0.420322	246.768983	187.48021	5.774784	11.231017	52.753871	22.850106	2.982986	0.212895	18
19	Point	148	2.205891	0.336016	173.835654	173.835654	4.869799	-25.835654	55.431462	22.273872	3.063248	-0.466083	19
20	Point	196.6	2.133319	0.536936	193.516473	193.516473	6.803934	3.083527	53.32695	25.129901	3.891565	0.057823	20
21	Point	186.7	2.154556	0.454041	204.979447	189.96762	6.891706	-18.279447	53.303523	27.135078	3.970748	-0.342931	21
22	Point	319.8	3.878971	0.484765	326.889713	189.779016	11.675289	-7.089713	59.965861	30.5542	2.98898	-0.118229	22
23	Point	200.1	2.480957	0.309606	188.391297	163.668275	7.5834	11.708703	58.69028	22.809632	2.858929	0.1995	23
24	Point	162.4	2.705055	0.365424	243.127059	155.527028	10.088791	-80.727059	57.464606	25.403938	3.299954	-1.404814	24
25	Point	202	3.247877	0.564313	195.502657	183.457852	11.622797	6.497343	51.941641	29.083711	2.846294	0.125089	25
26	Point	384.4	3.973417	0.490868	350.841219	194.339848	12.134551	33.558781	57.810008	30.710198	2.86838	0.580501	26
27	Point	246.2	2.263899	0.359507	264.3552	168.95569	5.180683	-18.1552	29.106005	23.31329	3.189243	-0.623761	27
28	Point	343	3.399754	0.50944	233.438234	189.144378	12.025465	109.561766	56.006651	29.660158	2.776144	1.956228	28
29	Point	389.5	3.971015	0.483405	412.004454	192.022138	11.743982	-22.504454	50.557381	30.996889	3.011583	-0.445127	29
30	Point	140.2	2.276567	0.358628	177.46158	167.636558	5.254955	-37.26158	56.62158	23.450572	3.194913	-0.658081	30
31	Point	370.4	4.01995	0.254051	314.079464	234.960748	8.637154	56.320536	59.480478	32.738465	3.126544	0.946874	31
32	Point	402.2	3.734373	0.250731	260.634667	234.501294	8.368912	141.565333	53.17607	30.028091	2.898741	2.6622	32
33	Point	344.5	3.648066	0.524741	359.157953	190.489535	11.967401	-14.657953	58.040692	30.081575	2.847636	-0.252546	33
34	Point	440	3.898559	0.505029	343.351064	191.781681	11.910951	96.648936	59.660398	30.279229	2.917514	1.619985	34

Record: 1 | Show: All Selected | Records (0 out of 35 Selected) | Options

ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ – ΥΨΟΜΕΤΡΟ - ΚΛΙΣΗ:

Neighbours	: 24
ResidualSquares	: 63863.02952041632
EffectiveNumber	: 11.752164744424046
Sigma	: 52.41233384660529
AICc	: 393.118852998617
R2	: 0.7773051434166876
R2Adjusted	: 0.6743083800881382

FID	Shape *	Observed	Cond	LocalR2	Predicted	Intercept	C1 ELEVATI	C2 SLOPE	Residual	StdError	StdErr Int	StdErrC1 E	StdErrC2 S	StdResid	Source ID
0	Point	232,3	6,693889	0,682387	265,622339	147,801064	0,190009	1,626133	-33,322339	45,449456	25,898275	0,049355	3,057717	-0,733174	0
1	Point	214,2	5,975479	0,481982	188,667121	141,994847	0,108592	6,713208	45,532879	44,847054	23,769439	0,063037	3,837857	1,015293	1
2	Point	270,2	7,111778	0,701614	307,309609	172,238606	0,114794	2,443444	-37,109609	37,41526	24,316792	0,072666	4,578457	-0,991831	2
3	Point	232,9	8,558923	0,762337	252,046421	175,363754	0,122272	0,912934	-19,146421	38,02861	25,105772	0,091538	6,165065	-0,503474	3
4	Point	233	8,105048	0,794804	218,671976	176,537865	0,140447	-1,193885	14,328024	39,97914	23,840981	0,095368	6,787936	0,358388	4
5	Point	422,4	7,015851	0,717057	361,700258	150,782528	0,173647	4,033177	60,699742	46,695307	28,76463	0,059435	3,669001	1,299911	5
6	Point	171,4	4,915165	0,329157	186,461299	166,25006	0,068781	2,09753	-15,061299	44,781608	20,897015	0,071332	3,780695	-0,336328	6
7	Point	190,9	5,526585	0,614895	189,082624	153,73114	0,153515	4,346823	21,817376	42,098136	24,113477	0,061536	3,773191	0,51825	7
8	Point	353	9,228239	0,791717	325,560634	176,39939	0,131986	-0,077848	27,439366	31,591889	25,875977	0,089511	6,855352	0,868557	8
9	Point	218,8	6,199147	0,511154	305,630863	137,056756	0,116463	7,145822	-86,830863	45,82397	24,166193	0,062548	3,80978	-1,894879	9
10	Point	136,8	6,325156	0,433736	228,108907	138,634171	0,085019	7,807473	-91,308907	46,404576	26,049291	0,067375	4,194711	-1,96767	10
11	Point	283,1	6,525218	0,683149	328,56225	141,151653	0,213434	1,462098	-45,46225	49,321913	29,011569	0,058032	3,098573	-0,921745	11
12	Point	209,3	6,638872	0,687445	260,239643	145,8933	0,192623	2,21622	-50,939643	48,625629	27,057301	0,049118	2,994896	-1,047588	12
13	Point	198,5	6,931044	0,695682	224,835673	150,164564	0,167186	3,388217	-26,335673	46,867162	26,13662	0,051923	3,141797	-0,561922	13
14	Point	200,2	6,395551	0,726779	243,034052	155,747006	0,175934	3,880278	-42,834052	41,522662	27,462126	0,062771	3,831269	-1,031583	14
15	Point	221,1	5,55944	0,772886	186,248331	172,443697	0,141292	-0,924405	34,851689	44,305129	21,919443	0,065125	3,902394	0,786628	15
16	Point	436,1	6,329918	0,531214	359,02019	133,960135	0,1254	7,248935	77,07981	39,495444	24,808992	0,062488	3,793353	1,951613	16
17	Point	174,9	5,246229	0,375817	193,314663	146,484674	0,076736	4,938751	-18,414663	45,322666	22,26963	0,067238	3,52411	-0,406301	17
18	Point	258	4,926832	0,706702	269,647061	169,567158	0,13317	-0,452177	-11,647061	39,819605	20,935456	0,064759	3,755939	-0,292496	18
19	Point	148	4,572455	0,436286	171,36475	163,076808	0,082879	1,878129	-23,36475	45,570565	21,163424	0,071963	3,889334	-0,512716	19
20	Point	196,6	7,123072	0,80289	191,618461	175,989969	0,156285	-3,123946	4,981539	43,009723	22,789941	0,101256	7,376485	0,113709	20
21	Point	186,7	5,276355	0,694361	189,435887	176,351923	0,142217	-0,522295	-2,735887	40,334502	25,190723	0,073112	4,155477	-0,06783	21
22	Point	319,8	6,996828	0,70041	352,00862	145,820863	0,180986	3,531527	-32,20862	48,14022	29,601596	0,053223	3,269331	-0,668893	22
23	Point	200,1	5,279889	0,346902	176,617742	154,255542	0,072439	4,352833	23,482258	44,697598	21,463028	0,065758	3,494303	0,525358	23
24	Point	162,4	5,822761	0,395663	242,728028	143,524278	0,078308	6,468721	-80,328028	47,276371	23,39395	0,06494	3,70468	-1,699116	24
25	Point	202	6,552242	0,732225	184,500549	156,707266	0,164883	3,617105	17,499451	42,562717	26,541836	0,060479	3,722276	0,411145	25
26	Point	384,4	6,904998	0,674983	353,689968	149,092528	0,174594	4,814396	30,730032	47,555411	28,122182	0,062681	3,758508	0,646194	26
27	Point	246,2	4,574174	0,441203	245,283846	158,042615	0,080232	2,498932	0,906154	15,304888	22,12857	0,073994	3,977577	0,059207	27
28	Point	343	6,256205	0,680739	322,529342	151,501717	0,171295	4,577935	20,470658	29,301427	26,645322	0,06343	3,816231	0,698623	28
29	Point	389,5	6,984766	0,704685	443,876156	147,665176	0,182083	3,630627	-54,376156	39,660644	29,756577	0,05468	3,36632	-1,371036	29
30	Point	140,2	4,605464	0,42804	165,05098	157,343855	0,075546	2,742881	-24,85098	43,141247	22,27419	0,075062	3,996287	-0,576038	30
31	Point	370,4	6,672083	0,678307	341,159148	137,685884	0,224855	1,339883	29,240852	48,354694	32,268471	0,053055	3,237748	0,604716	31
32	Point	402,2	6,546344	0,681305	366,211848	139,476557	0,224582	0,689559	35,988152	28,992719	28,832414	0,053143	3,251539	1,241282	32
33	Point	344,5	6,651582	0,713617	311,918327	153,688165	0,173735	4,148381	32,581673	44,318957	27,429361	0,061959	3,773065	0,735163	33
34	Point	440	6,946749	0,70871	363,730863	151,031191	0,177297	3,956718	76,269137	48,329853	28,419386	0,058037	3,555632	1,578096	34