



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήματα

Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πολιτικών

Μηχανικών

Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΣΑΦΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ

ΜΠΙΛΛΙΟΣ ΜΑΡΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2024

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΣΑΦΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ

Μπίλλιος Μάριος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασιλειάδης Λάμπρος

Περίληψη

Η αύξηση των ακραίων βροχοπτώσεων έχει οδηγήσει σε τεράστιες καταστροφές και σε απώλεια ανθρώπινων ζωών σε παγκόσμιο επίπεδο. Προβλήματα όπως η χωρική μεταβλητότητα και η εγγενής αβεβαιότητα που υπάρχει σε κάθε βήμα μιας υδρολογικής μελέτης, αποτελούν τροχοπέδη για την έγκυρη εκτίμηση των ακραίων γεγονότων. Στην παρούσα μελέτη αναλύεται η αβεβαιότητα στην χωρική παρεμβολή των παραμέτρων της κατανομής ακραίων τιμών GEV. Στην αρχή υπολογίζεται η κατανομή δείγματος των παραμέτρων. Στην συνέχεια με την μέθοδο bootstrap και της διασταυρούμενης επικύρωσης μελετάται η συνολική αβεβαιότητα από την χωρική παρεμβολή των παραμέτρων με την μέθοδο αντίστροφης απόστασης (IDW). Μετέπειτα αφού παρουσιαστεί η σχέση μεταξύ των παραμέτρων θέσης και κλίμακας με το υψόμετρο, και τις συντεταγμένες των σταθμών, αναλύεται η χωρική πυκνότητα αυτών στο χώρο. Τέλος για την εύρεση του καταλληλότερου δικτύου θεωρούνται τέσσερις διαφορετικές αντικειμενικές συναρτήσεις, με τις δύο πρώτες να χρησιμοποιούν το υψόμετρο και τις συντεταγμένες των σταθμών και τις δυο τελευταίες να χρησιμοποιούν την θεωρία ασαφών συνόλων. Η μελέτη έδειξε ότι η παράμετρος θέσης και κλίμακας εξαρτώνται χωρικά ενώ η παράμετρος σχήματος εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των δειγμάτων. Τέλος όσον αφορά το δίκτυο των σταθμών, αυτοί που βρίσκονται στις περιοχές Ραχούλα, Σπηλιά, Λάρισα, Πυρωλίο, Πυργετός, Μακρινίτσα, Κηπούργιο χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές στα αποτελέσματα όλων των αντικειμενικών συναρτήσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Αβεβαιότητα, Μέθοδος αντίστροφης απόστασης, Ασαφή σύνολα, Ακραία, Χωρική παρεμβολή, Γενικευμένη ακραίων τιμών

UNCERTAINTY ANALYSIS IN THE SPATIAL INTERPOLATION OF THE PARAMETERS OF THE GENERALIZED EXTREME VALUE DISTRIBUTION USING FUZZY SET THEORY

Mpillios Marios
University of Thessaly,

Supervisor: Lampros Vasilliades

Abstract

The increase in extreme rainfall has led to huge disasters and loss of life worldwide. Problems such as spatial variability and the inherent uncertainty that exists at every step of a hydrological study are obstacles to the accurate assessment of extreme events. In this study, the uncertainty in the spatial interpolation of the parameters of the GEV distribution is analyzed. At the beginning, the sample distribution of the parameters is calculated. Then with the bootstrap and cross validation method, the total uncertainty from the spatial interpolation of the parameters is studied by the inverse distance interpolation method (IDW). Then, after showing the relationship between the location and scale parameters with the altitude, and the coordinates of the stations, the spatial density of these parameters in space is analyzed. Finally to find the best rainfall network, four different objective functions are considered, with the first two using altitude and the station coordinates and the last two using fuzzy set theory. The study showed that the location and scale parameters are spatially dependent while the shape parameter depends mainly on the number of samples. Finally, regarding the network of stations, those located in the areas of Rahoula, Spilia, Larissa, Pyrroloi, Pyrgettos, Makrinita, Kipourgio are most often used in the results of all objective functions.

Keywords: *Uncertainty, Inverse distance method, Fuzzy sets, Extreme, Spatial interpolation, GEV*

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	4
1.1.1 Ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων με GEV	5
1.1.2 Χωρική Παρεμβολή	6
1.1.3 Χωρικές συμμεταβλητές	8
1.1.4 Δίκτυα βροχόμετρικών σταθμών	10
1.1.5 Αβεβαιότητα	13
Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο	15
2.1 Κατανομή ΓΑΤ	15
2.1.1 Προσαρμογή κατανομής ΓΑΤ	16
2.2 Χωρική ανάλυση και παρεμβολή	17
2.2.1 Ενταση	18
2.2.2 Συνάρτηση K	19
2.2.3 Συνάρτηση G	19
2.2.4 Μέθοδος της αντίστροφης απόστασης	19
2.3 Μέτρα σφάλματος και μέθοδος βελτιστοποίησης	20
2.4 Μελέτη αβεβαιότητας	21
Κεφάλαιο 3 Περιοχή μελέτης και δεδομένα	24
3.1 Χωρική ανάλυση σημείων βροχομετρικών σταθμών	24
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα ανάλυσης	30
4.1 Προσαρμογή της κατανομής GEV	30
4.2 Ανάλυση αβεβαιότητας παραμέτρων	31
4.3 Ανάλυση αβεβαιότητας χωρικής παρεμβολής	35
4.4 Αξιολόγηση δικτύου	47
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα	49
5.1 Παράμετροι της κατανομής GEV	49
5.2 Αβεβαιότητα παραμέτρων	55
5.3 Αβεβαιότητα χωρικής παρεμβολής	56
5.4 Αποτελέσματα από την ανάλυση του δικτύου βροχόμετρων	57
Βιβλιογραφία	61

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3-1: Χαρακτηριστικές τιμές των υψομέτρων και του αριθμού των δεδομένων από τους βροχομετρικούς σταθμούς.(Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} είναι τα ποσοστημόρια για 25%,50%,75% αντίστοιχα	26
Πίνακας 3-2: Κατευθυντήριες οδηγίες για την κατάλληλη πυκνότητα σταθμών. Πηγή : (World Meteorological Organization, 2008). Οι αριθμοί δείχνουν τον αριθμό του εμβαδού σε τ.χμλ ανά σταθμό.	26
Πίνακας 4-1: Διαδικασία εύρεσης της αβεβαιότητας των παραμέτρων της κατανομής GEV.....	31
Πίνακας 4-2: Στατιστικά στοιχεία στο σύνολο των σταθμών για τις τρεις παραμέτρους της κατανομής GEV.....	35
Πίνακας 5-1:Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο θέσης της Gev	57
Πίνακας 5-2:Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο κλίμακας της GEV.....	57
Πίνακας 5-3: Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο σχήματος της GEV	57
Πίνακας 5-3: :Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο σχήματος της GEV	57
Πίνακας 5-4:Χαρακτηριστικά των πιο επιλεγμένων σταθμών από την ανάλυση των βροχομετρικών δικτύων	59

Κατάλογος Σχημάτων

Εικ 3-1 : Χάρτης ψηφιακού μοντέλου εδάφους της Θεσσαλίας από τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής ένωσης και μέγεθος ψηφίδας 90μ.....	25
Εικ 3-2: Πυκνότητα σταθμών στην περιοχή της Θεσσαλίας χρησιμοποιώντας χωρικούς εκτιμητές Kernell	27
Εικ 3-3: Συνάρτηση K για τους σταθμούς της Θεσσαλίας.....	27
Εικ 3-4 Θηκογράμματα για τις αποστάσεις των η κοντινότερων σταθμών.....	28
Εικ 3-5 : Συνάρτηση G για τις αποστάσεις του κοντινότερου γείτονα.....	29
Εικ 3-6: Υψομετρική καμπύλη της περιφέρειας της Θεσσαλίας και των σταθμών.....	29
Εικ 4-1: Σ.π.π των κατανομών GEV προσαρμοσμένες από τις μετρήσεις κάθε σταθμού και με την χρήση των L-ροπών	30
Εικ 4-2: Ποσοστημόρια κατανομής δείγματος παραμέτρου θέσης κατανομής GEV	32
Εικ 4-3: Ποσοστημόρια κατανομής δείγματος παραμέτρου κλίμακας κατανομής GEV	33
Εικ 4-4: Ποσοστημόρια κατανομής δείγματος παραμέτρου σχήματος κατανομής GEV	34
Εικ 4-5: Μεθοδολογίες για την ανάλυση αβεβαιότητας της παρεμβολής IDW με την μέθοδο της διασταυρούμενης επικύρωσης.....	35
Εικ 4-6: Θηκογράμματα των χωρικά παρεμβαλλόμενων παραμέτρων της κατανομής GEV στο σύνολό τους (παράμετρος θέσης -πάνω, παράμετρος κλίμακας-μέση, παράμετρος σχήματος κάτω) σε σχέση με το θηκογράμμα(πρώτο σε κάθε σχήμα) των παραμέτρων που προέκυψε από την προσαρμογή της ίδιας κατανομής.	37
Εικ 4-7: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου θέσης για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW	38
Εικ 4-8: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου κλίμακας για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW	39
Εικ 4-9: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου σχήματος για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW	40
Εικ 4-10 Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων θέσης της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας ...	41

Εικ 4-11: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Θέσης της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας ...	42
Εικ 4-12: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Κλίμακας της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας.....	43
Εικ 4-13: : Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Κλίμακας της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας	44
Εικ 4-14: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Σχήματος της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας	45
Εικ 4-15: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Σχήματος της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας	46
Εικ 4-16: Απεικόνιση ασαφούς αριθμού με τις αντίστοιχες α-τομές. Πηγή:('Applied fuzzy arithmetic: an introduction with engineering applications', 2005)	48
Εικ 5-1: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	49
Εικ 5-2: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	50
Εικ 5-3: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – υψομέτρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	50
Εικ 5-4:Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	51
Εικ 5-5 Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	51

Εικ 5-6 Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας –υψομέτρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	52
Εικ 5-7 : Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	52
Εικ 5-8 : Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	53
Εικ 5-9: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος –υψομέτρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας	53
Εικ 5-10: Ιστόγραμμα παραμέτρου σχήματος.....	54
Εικ 5-11: Σχέση μεταξύ παραμέτρου σχήματος-υψόμετρου και αριθμού δεδομένων από τους σταθμούς	54
Εικ 5-12: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης και τυπικού σφάλματος από την ανάλυση αβεβαιότητας της προσαρμογής της κατανομής GEV.....	55
Εικ 5-13: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας (αριστερά) και σχήματος (δεξιά) και τυπικού σφάλματος από την ανάλυση αβεβαιότητας της προσαρμογής της κατανομής GEV	55
Εικ 5-14: Διαγράμματα συχνότητας χρήσης σταθμών για τις τέσσερις αντικειμενικές συναρτήσεις και για όλα τα σενάρια	58

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Επιστήμονες και φορείς διαχείρισης ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για τα ακραία φαινόμενα, όπως τα κύματα καύσωνα, οι εκτεταμένες πλημμύρες ή οι πολύ ισχυρές καταιγίδες, λόγω της ικανότητάς τους να προκαλούν καταστροφές και να έχουν επιπτώσεις στις ζωές των ανθρώπων, στις υποδομές και στο περιβάλλον. Δεδομένης της κλιμακούμενης εμφάνισης τέτοιων καταστροφών που αποδίδονται στην κλιματική αλλαγή, είναι επιτακτική η ανάγκη να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη κατανόηση του χρόνου της εμφάνισής τους, καθώς και να ενισχύσουμε την ετοιμότητά μας. Παρ' όλα αυτά, είναι προφανές ότι οι μελετητές που ανήκουν σε διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους χρησιμοποιούν διαφορετικές ορολογίες σχετικά με αυτά τα συμβάντα και υιοθετούν διαφορετικές μεθοδολογίες για να καθορίσουν τα κριτήρια που ορίζουν ένα φαινόμενο ως "ακραίο". Σύμφωνα με τον WMO (2016) «Τα ακραία φαινόμενα συμβαίνουν όταν μια μεμονωμένη κλιματική μεταβλητή (π.χ. βροχόπτωση ή άνεμος) υπερβαίνει κάποια κατώτατα όρια, τα οποία μπορεί να βασίζονται σε εκατοστημόρια, σε απόλυτες τιμές ή σε περιόδους επαναφοράς» και με το IPCC ('Third Assessment Report — IPCC', 2001) «Οι αλλαγές στο μέγεθος και στη συχνότητα των σοβαρών φαινομένων λόγω της κλιματικής αλλαγής, προκαλούν μεγάλες φυσικές καταστροφές και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης» και «Τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι συνήθως σπανιότερα από το 10ο ή το 90ο εκατοστημόριο». Από αυτή την οπτική πλευρά τα ακραία φαινόμενα χαρακτηρίζονται βάσει της συχνότητάς τους ή/και με βάση το μέγεθός τους. Αυτές οι ακραίες τιμές κλιματικών μεταβλητών προσεγγίζονται βάσει της στατιστικής επιστήμης. Σύμφωνα με τη θεωρία ακραίων τιμών (EVT), τα ακραία γεγονότα «περιέχονται στην ουρά της κατανομής(των κλιματικών μεταβλητών)»(Coles, 2013). Οι στατιστικές μεθοδολογίες βάσει της EVT μπορούν να βοηθήσουν στην ανάλυση ιστορικών και μελλοντικών ακραίων τιμών όπως για τη πρόγνωση της περιόδου

επαναφοράς ή για να δημιουργήσουν προγνώσεις σχετικά με γεγονότα πέρα του παρατηρούμενου δείγματος. Έτσι, με αυτές τις μεθοδολογίες οι ακραίες τιμές αντιμετωπίζονται σαν πολύ υψηλά ποσοστημόρια (Zwiers et al., 2013).

Για την Ελλάδα υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία που μελετά τις ακραίες τιμές κυρίως των βροχοπτώσεων. Οι (Nastos and Zerefos, 2008) αναφέρουν ότι τις τελευταίες δεκαετίες, οι βροχοπτώσεις στην Ελλάδα παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα με τάση ξηρασίας σε σύγκριση με τα μακροπρόθεσμα κλιματικά πρότυπα. Αυτό είναι σε σύμφωνη γνώμη με τη μελέτη της IPCC που δείχνει σοβαρή μείωση των βροχοπτώσεων στην περιοχή της Μεσογείου. Επίσης οι μελετητές συμπληρώνουν ότι η παράμετρος σχήματος της κατανομής γάμμα παραμένει σταθερή για την περίοδο 1956-2001, ανεξάρτητα από τις βροχοπτώσεις, αλλά η παράμετρος κλίμακας, είναι η πιο μεταβλητή. Συγχρόνως οι (Papalexiou and Koutsoyiannis, 2013) αναφέρουν ότι η παράμετρος σχήματος έχει μεγάλη μεταβλητότητα και εξαρτάται από την γεωγραφική περιοχή και τον αριθμό των δεδομένων. Οι (Anagnostopoulou and Tolika, 2012) προτείνουν την μεθοδολογία άνω κατωφλιού ως την καλύτερη μεθοδολογία για την ανάλυση ακραίων τιμών και ο (Karagiannidis et al., 2012) προτείνει το όριο των 60mm/day για την συγκεκριμένη μεθοδολογία, ενώ οι (Douka and Karacostas, 2018) προτείνουν ως όριο τα 6,5mm/h. Τέλος οι (Koutsoyiannis et al., 2023) με την ανάλυση δεδομένων από τους σταθμούς όλης της Ελλάδας αναφέρουν ότι το υδρολογικό έτος 1885-86 είχε τις μεγαλύτερες ετήσιες (μέσες ημερήσιες) βροχοπτώσεις με ύψος 2,1 mm/d, ενώ το 1989-90 τις μικρότερες με ύψος 0.4mm/d.

Δεδομένα ακραίων τιμών όμως δεν έχουμε μόνο στις θέσεις που έχουμε μετεωρολογικούς σταθμούς. Σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη για δεδομένα σε ένα σημείο της λεκάνης απορροής που δεν υπάρχει σταθμός, πρέπει κάποιος να καταφύγει σε μεθοδολογίες χωρικής παρεμβολής. Μεθοδολογικά υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις: Άμεση χωρική παρεμβολή των ποσοστημορίων, των ροπών ή των παραμέτρων της ακραίας συνάρτησης κατανομής (Shehu et al., 2023), ή αντίθετα την εύρεση της χωρικής συνάρτησης κατανομής (Palacios-Rodriguez, Bernardino and Mailhot, 2023).

Ανεξαρτήτως όμως της μεθοδολογίας, ένα πυκνό δίκτυο σταθμών είναι απαραίτητο για την εκτίμηση των στατιστικών ακραίων τιμών καθώς ένα λιγότερο πυκνό δίκτυο θα είχε ως αποτέλεσμα λιγότερο ακριβείς τιμές (Berndt, Rabiei and Haberlandt, 2014). Πέρα όμως

από τον αριθμό των σταθμών πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η χωρική κατανομή του δικτύου. Για τη βελτιστοποίηση ενός δικτύου βροχομετρικών σταθμών πρέπει να

μελετηθεί η θέση, η κατανομή και η προτεραιότητα της τοποθέτησης των σταθμών. Επιπλέον απαιτείται έρευνα και για τον ελάχιστο αριθμό των σταθμών. Ο σχεδιασμός αυτός θα οδηγήσει σε καλύτερη ποιότητα και αξιοπιστία των υδρολογικών δεδομένων καθώς επίσης θα αποτυπώνονται καλύτερα τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής(Yeh et al., 2011).

Σχεδόν όλες οι εργασίες και οι μελέτες των μηχανικών όπως και οι διαδικασίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω περιλαμβάνουν τη λήψη αποφάσεων παρουσία της αβεβαιότητας και γι' αυτό η κατανόηση, η ποσοτικοποίηση και ο τρόπος διάδοσης της αποτελεί το επίκεντρο πολλών ερευνών(Tung and Yen, 2005).

Οι παράμετροι, η δομή του μοντέλου, η βαθμονόμηση και τα δεδομένα εισόδου είναι οι κύριοι παράγοντες αβεβαιότητας στη επιστήμη της τεχνικής υδρολογίας. Η αβεβαιότητα των δεδομένων εισόδου μπορεί να προέλθει από τη αδυναμία εκτίμησης ή ποσοτικοποίησης, από τη μεταβλητότητα των φυσικών διεργασιών αλλά και από λάθη στις μετρήσεις. Η ποσοτικοποίηση της διακύμανσης των σφαλμάτων των διαφορών μετρήσεων με την πραγματικότητα είναι δύσκολη, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την αβεβαιότητα. Η έλλειψη συνεκτικής θεωρίας, η ανεπάρκεια σε δεδομένα και οι αριθμητικές απλουστεύσεις καθιστούν δύσκολη την αναπαράσταση του υδρολογικού συστήματος. Αυτοί οι περιορισμοί δημιουργούν τη δομική αβεβαιότητα του μοντέλου. Τέλος ακόμα και αν υπήρχε ένα μοντέλο που μπορεί αναπαριστά με ακρίβεια ένα υδρολογικό σύστημα, τα λάθη στα δεδομένα βαθμονόμησης ενδέχεται να προκαλέσουν επίσης αβεβαιότητα.(Moges et al., 2020)

Με την παρούσα διατριβή, βρίσκοντας την καταλληλότερή κατανομή για τις ακραίες τιμές βροχόπτωσης, την χωρική παρεμβολή τους με ντετερμινιστική διαδικασία, την εύρεση του καταλληλότερου δικτύου βροχοπτώσεων και τέλος χρησιμοποιώντας γενετικό αλγόριθμο για βελτιστοποίηση, στόχος μου είναι να μελετήσω την αβεβαιότητα χρησιμοποιώντας θεωρίες πιθανοτήτων και ασαφών συνόλων. Σκοπός είναι να ερευνήσω την αβεβαιότητα των διαφόρων μεθοδολογιών, κατά την αξιολόγηση του υφιστάμενου βροχομετρικού δικτύου στην περιφέρεια Θεσσαλίας και να δείξω ποιοι είναι οι πιο σημαντικοί σταθμοί, οι οποίοι θα είναι ικανοί χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους

ακραίων κατανομών να προσομοιώνουν την χωρική κατανομή των ακραίων βροχών σε όλη τη περιοχή μελέτης

1.1 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι ακραίες βροχοπτώσεις αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα για την εκδήλωση φυσικών καταστροφών αφού τις τελευταίες δεκαετίες, οι υδρομετεωρολογικές αποτελούν το 90% περίπου του συνόλου των καταστροφών που συνέβησαν σε όλο τον πλανήτη (Gründemann, Werner and Veldkamp, 2018). Συγχρόνως η ακριβής μέτρηση των ακραίων βροχοπτώσεων είναι επίσης ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό και την κατασκευή υποδομών (Hailegeorgis and Alfredsen, 2017). Γι' αυτό το λόγο απαιτούνται ακριβείς εκτιμήσεις της σφοδρότητας των ακραίων βροχοπτώσεων για τη βελτίωση της κατανόησης του κινδύνου. (Gründemann et al., 2023). Ενώ υπάρχει κάποιος βαθμός σκοπιμότητας για τη βραχυπρόθεσμη πρόγνωση της βροχόπτωσης, η μακροπρόθεσμη πρόγνωση η οποία αποτελεί τη βάση του σχεδιασμού των υποδομών, είναι ντετερμινιστικά ανέφικτη (Papalexiou, Koutsoyiannis and Makropoulos, 2013). Ως αποτέλεσμα, χειριζόμαστε τη βροχόπτωση πιθανοτικά, δηλαδή την αντιμετωπίζουμε σαν μια τυχαία μεταβλητή που υπόκειται σε μία κατανομή (Gu et al., 2022). Για την εκτίμηση των πιθανοτήτων εκδήλωσης γεγονότων υψηλών συχνοτήτων και τη μελέτη των κλιματικών ακραίων φαινομένων στο ευρύτερο πλαίσιο της κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής, είναι απαραίτητο να επιλεγεί η κατάλληλη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (PDF). Όμως, ακόμη και αν η σωστή σ.π.π θα μπορούσε θεωρηθεί με μία *a priori* γνώση, η τελική σ.π.π επιλέγεται συνήθως *ad hoc* από ένα τυχαίο σύνολο συναρτήσεων και με βάση την καλύτερη προσαρμογή (Cavanaugh et al., 2015).

Η στατιστική συμπεριφορά της ετήσιας μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης αποτέλεσε ίσως το θεμέλιο της στατιστικής υδρολογίας. Από τις δημοσιεύσεις του E. J. Gumbel στη δεκαετία του 1940, η μελέτη των ακραίων τιμών βροχόπτωσης ή πλημμύρας στην υδρολογία αποτελεί θέμα ενεργού έρευνας και συζήτησης για περισσότερα από 50 χρόνια. Σε πολλές μελέτες η κύρια χρονική κλίμακα για την ανάλυση βροχοπτώσεων είναι τα έτη και γι' αυτό το λόγο η οικογένεια συναρτήσεων GEV που προτάθηκε από τον (Coles, 2013) είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την ανάλυση ακραίων τιμών (Gründemann et al., 2023) της οποίας το κύριο ερώτημα είναι, ποια από τις κατανομές Gumbel, Fréchet, Weibull πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τις προσεγγίσεις (Papalexiou and Koutsoyiannis, 2013).

1.1.1 Ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων με GEV

Οι (Feng, Nadarajah and Hu, 2007) διεξήγαγαν ανάλυση ακραίων τιμών ετήσιων μεγίστων διάρκειας 1, 2, 5 και 10 ημερών από ένα σύνολο δεδομένων 50 ετών από μετρήσεις 651 σταθμών σε ολόκληρη την Κίνα. Προσαρμόζοντας την κατανομή GEV δείχνουν ότι καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου των 50 ετών, οι ακραίες βροχοπτώσεις παρουσιάζουν σημαντικές γραμμικές τάσεις στο 12% των σταθμών. Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης ότι η χωρική κατανομή των περιόδων επαναφοράς δεκαετίας έχουν μεγάλη σχέση με την κατανομή της μέσης βροχόπτωσης και τέλος ότι τα γεγονότα με τις μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς εμφανίζονται στην βόρειο Κίνα όπου είναι και υψηλότερη η μέση βροχόπτωση.

Οι (Gu et al., 2017) χρησιμοποιώντας ημερήσια δεδομένα της χρονικής περιόδου 1951-2014 από 728 σταθμούς μελετούν πρώτον εάν τα δεδομένα παρουσιάζουν στασιμότητα και ποια είναι η σχέση των παραμέτρων της κατανομής GEV σε σχέση με άλλες παραμέτρους. Οι αναλύσεις δείχνουν ότι λιγότερο από το 4% των σταθμών εμφάνισαν σημεία αλλαγής των ημερήσιων και ετήσιων ακραίων. Ειδικότερα, οι συγγραφείς αποδίδουν αυτές τις αποκλίσεις, στη πιθανή μετεγκατάσταση των σταθμών ή σε σφάλματα στις μετρήσεις. Η ανάλυση διαπίστωσε επίσης ότι υπάρχει μια γενική αυξητική τάση στις ακραίες βροχοπτώσεις.

Οι (De Paola et al., 2018) διερευνούν την αύξηση της συχνότητας των ακραίων συμβάντων βροχόπτωσης υπό το πλαίσιο των σεναρίων κλιματικής αλλαγής. Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις αφρικανικές πόλεις Αντίς Αμπέμπα που καλύπτουν μια χρονική περίοδο 47 ετών (1964-2010), και Νταρ Ες Σαλάμ που καλύπτουν 53 έτη (1958-2010), προσαρμόζουν την κατανομή GEV με την Μπεϋζιανή μέθοδο και αυτή της μέγιστης πιθανοφάνειας για τη διερεύνηση της στασιμότητας ή μη των χρονοσειρών. Τα δεδομένα της μελέτης δείχνουν ότι από τα αρχικά δεδομένα δεν παρατηρείται μη στασιμότητα αλλά όταν προστεθούν τα δεδομένα από το κλιματικό μοντέλο CMCC, τάσεις στην παράμετρο θέσης άρχισαν να παρατηρούνται. Οι (Shin et al., 2021) χρησιμοποιώντας δεδομένα και 21 μοντέλα CMIP6, προσαρμόζουν τη γενικευμένη κατανομή ακραίων με την μέθοδο διόρθωσής μεροληψίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν

ότι υπό συνθήκες διάφορων σεναρίων (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) οι περίοδοι επαναφοράς ετήσιων μεγίστων μιας ημέρας γεγονότων βροχόπτωσης θα ελαττωθούν.

Τέλος οι (Phoophiwfa et al., 2023) χρησιμοποιώντας διάφορες αρχιτεκτονικές ενός ANN και διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους της λεκάνης απορροής Chi της Ταϊλανδής μελετούν μια στρατηγική για την δυναμική προσαρμογή των παραμέτρων της GEV. Η μελέτη δείχνει ότι παράμετροι όπως ο NDVI, το γεωγραφικό μήκος, η μέση και η αθροιστική βροχόπτωση και η σχετική υγρασία εμφανίζουν υψηλή συσχέτιση με τις παραμέτρους της GEV.

1.1.2 Χωρική Παρεμβολή

Ο σχεδιασμός υδραυλικών κατασκευών, η χαρτογράφηση πλημμυρών και η οριοθέτηση ζωνών απαιτεί αξιόπιστα χωρικά δεδομένα στη περιοχή μελέτης. Ωστόσο, τα δεδομένα αυτά είναι συχνά δυσεύρετα, ιδίως σε λοφώδεις ή ορεινές περιοχές. (Li and Hear, 2011). Για τον ακριβή υπολογισμό της χωρικής κατανομής της βροχόπτωσης απαιτείται ένα ιδιαίτερα πυκνό δίκτυο μετρητών, το οποίο συνοδεύεται από υψηλά έξοδα εγκατάστασης και λειτουργίας. Επιπλέον, βανδαλισμοί ή παραμέληση του υπευθύνου να ελέγχει τακτικά το μετρητή μπορεί να οδηγήσει σε ακόμη χαμηλότερη πυκνότητα δειγματοληψίας. Ως εκ τούτου, απαιτείται η παρέκταση σημειακών εκτιμήσεων βροχόπτωσης. (Goonaerts, 2000)

Η επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής για την χωρική παρεμβολή είναι ένα δύσκολο ζήτημα που εξαρτάται από την ποιότητα των αποτελεσμάτων (Caruso and Quarta, 1998). Η αξιοπιστία κάθε μεθοδολογίας είναι κάτι το οποίο πρέπει να αξιολογηθεί βάσει της πιστοποίησης και της βαθμονόμησης των μοντέλων χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα (Lanza, Ramírez and Todini, 2001).

Δεν υπάρχει μία βέλτιστη μέθοδος λοιπόν που να λειτουργεί σε όλες τις περιπτώσεις και μερικές φορές, οι περίπλοκες μέθοδοι είναι εξίσου ακριβείς με τους απλούς αλγορίθμους. Έτσι, κάθε τρόπος για την χωρική επέκταση της βροχόπτωσης έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όταν επιλέγεται μια μέθοδος παρεμβολής, είναι σημαντικό να λογαριάζεται ο σκοπός μελέτης, η γεωγραφία της περιοχής, καθώς και τις κλίμακες χρόνου και χώρου. (Hu et al., 2019).

Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες: στις ντετερμινιστικές και στις γεωστατιστικές. Τα πολύγωνα Thiessen (THI) και η στάθμιση αντίστροφης απόστασης (IDW) είναι οι πιο κοινές ντετερμινιστικές μέθοδοι μέτρησης

της βροχόπτωσης. Βασίζονται στο πού βρίσκονται οι σταθμοί μέτρησης και στις τιμές που έχουν καταγραφεί.(Ly, Charles and Degré, 2013). Οι γεωστατιστικές μεθοδολογίες από την άλλη πλευρά είναι ένα σύνολο από μεθοδολογίες που μελετούν μεταβλητές με χωρικά χαρακτηριστικά ως τυχαίες πιθανοθεωρητικές μεταβλητές.(Olea, 2012).

Η IDW όπως αναφέραμε είναι από τις πιο γνωστές ντετερμινιστικές μεθόδους παρεμβολής που επιτρέπει την επιλογή διαφορετικών βαρών. Ωστόσο, αυτό επιλέγεται από τον χρήστη και δεν υπάρχει τρόπος μέτρησης της αβεβαιότητας όπως γίνεται με τις γεωστατιστικές μεθοδολογίες(Ly, Charles and Degré, 2013) όμως δεν σημαίνει ότι δεν μπορεί να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα

Το 1998, οι (Dirks et al., 1998) εξέτασαν την καταλληλότητα της IDW, των πολυγώνων Thiessen και της μεθοδολογίας kriging σε δεδομένα βροχόπτωσης από δεκατρείς βροχογράφους στο νησί Norfolk για χρονικά βήματα ώρας, ημέρας, μήνα και έτους. Οι συγγραφείς είπαν ότι η IDW έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιείται για παρεμβολές σε δίκτυα βροχόμετρων με πυκνή απόσταση μεταξύ τους. Οι (Masih et al., 2011) συγκρίνουν το μοντέλο SWAT και την μεθοδολογία IDEW (δηλαδή την μεθοδολογία αντίστροφης απόστασης με χρήση υψομέτρου). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι και οι δυο μεθοδολογίες είναι συγκρίσιμες, με την IDEW να έχει καλύτερα αποτελέσματα αφού σύμφωνα με τους συγγραφείς περιγράφει καλύτερα το καθεστώς της βροχής και την χωρική μεταβλητότητα σύμφωνα με τα αποτελέσματα που δίνουν οι προσομοιωμένες ροές.

Οι (Zhang, Leon and Migliaccio, 2018) χρησιμοποιώντας δεδομένα βροχόπτωσης από 44 μετεωρολογικούς σταθμούς στην Florida, εφάρμοσαν τρεις μεθόδους παρεμβολής (IDW,OK,thin plate spline) σε έναν κοινού μεγέθους κάναβο , και τις σύγκριναν τα αποτελέσματα του PRISM(Parameter–elevation Regression on Independent Slopes Model) και του RTMA (Real-Time Mesoscale Analysis). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα αποτελέσματα των PRISM,RTMA προσμοιάζουν γενικά καλύτερα τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης αλλά , από την άλλη πλευρά, τα αποτελέσματα των παρεμβολών ανταποκρίνονται γενικά καλύτερα στην μηνιαία χρονική κλίμακα. Επίσης οι μέθοδοι IDW και OK ήταν λίγο καλύτερες στην πρόγνωση της ημερήσιας βροχόπτωσης από τη μέθοδο thin plate spline και τέλος τα δεδομένα PRISM και RTMA έδειξαν υψηλότερα μηνιαία και ετήσια μεγέθη βροχόπτωσης σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των παρεμβολών. Οι (Keblouti, Ouerdachi and Boutaghane, 2012) ερευνήσαν την καλύτερη

μεθοδολογία για την χωρική παρεμβολή μηνιαίων βροχοπτώσεων σε περιοχή μελέτης παραλιακά της Αλγερίας η οποία χαρακτηρίζεται από αραιό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών. Η ανάλυση δείχνει ότι η IDW είχε τα λιγότερα σφάλματα σε σύγκριση με την OK και spline. Οι (Chen and Liu, 2012) χρησιμοποίησαν την μέθοδο IDW και δεδομένα βροχόπτωσης από την περίοδο 1981-2010 από 46 τοποθεσίες της κεντρικής Ταϊβάν. Σκοπός της μελέτης ήταν η καλύτερη χωρική παρεμβολή της βροχόπτωσης ελέγχοντας την τιμή βάρους και την ακτίνα επίδρασης της μεθόδου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μια ακτίνα επιρροής 10-30 km είναι ιδανική, με τις καλύτερες τιμές της παραμέτρου βάρους, ωστόσο, να παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση που ήταν από το μηδέν έως το πέντε. Η IDW επίσης παρεμβάλλει καλύτερα τα δεδομένα βροχόπτωσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες από ό,τι τους χειμερινούς και οι υψηλοί συντελεστές συσχέτισης δείχνουν την καταλληλότητα της μεθόδου.

1.1.3 Χωρικές μεταβλητές

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα των (Li and Hear, 2011) που συγκρίνεται η επίδοση διαφόρων μοντέλων χωρικής παρεμβολής, οι διάφορες μεθοδολογίες επηρεάζονται από μια πληθώρα παραγόντων όπως η πυκνότητα δειγματοληψίας, η γεωγραφική κατανομή, η διακύμανση των δεδομένων, ή και η πυκνότητα του δικτύου των βροχομετρικών σταθμών. Βέβαια ακόμα και στην περίπτωση ενός πυκνού δικτύου βροχόμετρων, η τοπογραφία παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια των μοντέλων. Πλήθος μελετών έχει δείξει ότι η βροχόπτωση επηρεάζεται από διάφορες κλιματολογικές και τοπογραφικές συνθήκες όπως το υψόμετρο η θερμοκρασία η υγρασία τα χαρακτηριστικά του ανέμου και άλλα. (Ly, Charles and Degre, 2013)

Στην μελέτη τους οι (Feidas *et al.*, 2014) χρησιμοποίησαν διάφορες τοπογραφικές και γεωγραφικές μεταβλητές για να δημιουργήσουν χάρτες που να απεικονίζουν την χωρική μεταβλητότητα της βροχής και της θερμοκρασίας στην Ελλάδα. Η μελέτη εξέτασε πώς αυτοί οι παράγοντες σχετίζονται και δημιουργήθηκαν μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης για ετήσιες και εποχικές μεταβλητές. Η μελέτη έδειξε ότι το χειμώνα, η σχέση μεταξύ γεωγραφικού πλάτους και βροχόπτωσης είναι αρνητική. Την άνοιξη και το καλοκαίρι, ωστόσο, η σχέση είναι θετική. Η ποσότητα της βροχής που πέφτει εξαρτάται από το υψόμετρο, την απόσταση από τις ακτές και κυρίως την απόσταση από το Αιγαίο Πέλαγος και η σχέση μεταξύ του NDVI και της βροχόπτωσης είναι ισχυρά θετική. Το

μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης της μελέτης δε μπορεί να αποτυπώσει επαρκώς της χωρική κατανομή της βροχής της άνοιξης. Ωστόσο, παράγει καλά αποτελέσματα στην προσομοίωση των βροχοπτώσεων του καλοκαιριού και του φθινοπώρου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι το μοντέλο τους έχει μεγαλύτερη ικανότητα μοντελοποίησης της θερμοκρασία παρά της βροχόπτωσης. Αυτό είναι πιθανό επειδή οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη χωρική διακύμανση από την θερμοκρασία η οποία παραμένει πιο σταθερή στο χώρο. Σαν συμπέρασμα οι μελετητές αναφέρουν ότι τελικά με εξαίρεση τη θερινή βροχόπτωση, η οποία τείνει να αυξάνεται με το γεωγραφικό πλάτος, η βροχόπτωση επηρεάζεται κυρίως από το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο και ότι η πολλαπλή παλινδρόμηση με τη χρήση διαφόρων γεωγραφικών και τοπογραφικών παραγόντων έχει αποδειχθεί ότι είναι μια χρήσιμη μέθοδος για την κατανόηση της χωρικής μεταβλητότητας στο χώρο.

Μια παραπλήσια μελέτη έγινε από τους (Pereira, Oliva and Misiune, 2016) οι οποίοι εξέτασαν πώς κατανέμονται διάφοροι δείκτες βροχόπτωσης (μέσος ετήσιο αριθμός ημερών με ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο από 1 mm , 10 mm , ≥ 20 mm) στη Σιέρα Νεβάδα της Ισπανίας. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 36 μετεωρολογικές σταθμούς και 14 συμμεταβλήτες. Η μελέτη έδειξε ότι οι συντεταγμένες και κυρίως το υψόμετρο παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή αποτελεσμάτων με ακρίβεια. Πιο συγκεκριμένα για τους δείκτες των 10 και 20 mm η απόσταση από την θάλασσά δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος έχει αρνητική συσχέτιση ενώ οι λογάριθμοι των δεικτών εμφανίζουν μικρή χωρική κατανομή με ισχυρή συσχέτιση σε παραμέτρους όπως την τοπική γεωγραφία την κλίση και τον προσανατολισμό των πεδιάδων.

Για τον αριθμό των συμμεταβλητών ασχολήθηκαν οι (Frazier *et al.*, 2016). Οι αρθρογράφοι δημιούργησαν χάρτες της χωρικής κατανομής μηνιαίας και ετήσιας βροχόπτωσης των νησιών της Χαβάης. Χρησιμοποίησαν δεδομένα από 2000 σταθμούς από το 1920 έως το 2000 από τα οποία παρεμβάλαν χωρικά τις αποκλίσεις από την μέση τιμή και στην συνέχεια τη πρόσθεσαν ξανά. Για να βρεθεί η καλύτερη μέθοδος παρεμβολής συγκρίθηκαν 3 γεωστατιστικές μεθοδολογίες (OK , OCK και KED) βάσει των αποτελεσμάτων που έδωσε η μέθοδος διασταυρούμενης επικύρωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η OK έχει τα χαμηλότερα στατιστικά σφάλματα και ότι μια δεύτερη συμμεταβλητή δεν φάνηκε να βελτιώνει την παρεμβολή σε αντίθεση με άλλες μελέτες και αυτό γιατί, όπως υποστηρίζουν οι αρθρογράφοι, η κύρια πληροφορία ενσωματώθηκε στην μέση τιμή των χρονοσειρών και όχι στην αποκλίσεις.

Οι (Di Piazza *et al.*, 2011) στην μελέτη τους αξιολόγησαν διάφορες τεχνικές χωρικής παρεμβολής προκειμένου να παραχθεί σύνολο δεδομένων που θα συμπληρώνει τα κενά στις χρονοσειρές των μέσων ετήσιων και μηνιαίων βροχοπτώσεων στην περιοχή της Σικελίας. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν την IDW, γραμμικές παρεμβολές μίας ή περισσότερων μεταβλητών, τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και

γεωστατιστικά μοντέλα όπως το OK. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα μεγαλύτερα σφάλματα παρατηρούνται στα μοντέλα που αγνοούν τις πληροφορίες για το υψόμετρο τα οποία μειώνονται όταν συμπεριλαμβάνεται αυτό.

Την επίδραση του υψομέτρου έδειξαν και οι (Gu *et al.*, 2017). Σε ορισμένες περιοχές της Κίνας, οι αρθρογράφοι βρήκαν μια εκθετική σχέση μεταξύ του υψομέτρου και του λόγου της παραμέτρου κλίμακας προς την παράμετρο θέσης των ετήσιων και εποχιακών ισχυρών βροχοπτώσεων της κατανομής GEV. Επίσης έδειξαν ότι ο λόγος της παραμέτρου θέσης των θερινών ακραίων βροχοπτώσεων στη βορειοανατολική Κίνα παρουσιάζει σαφή εκθετική σχέση με το υψόμετρο και την παράμετρο κλίμακας.

Άλλες μελέτες όπως αυτή των (Westra *et al.*, 2014) που μελετούν την αύξηση της σφοδρότητας των ακραίων βροχών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής με την θερμοκρασία, έδειξαν ότι υπάρχει σχέση αλλά είναι πιο πολύπλοκη από την ιδέα ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας, επειδή αυξάνεται η ποσότητα συγκράτησης υγρασίας στην ατμόσφαιρα θα έχουμε και αλλαγή των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων. Ωστόσο συμμεταβλητές που περιγράφουν την διακύμανση της υγρασίας της ατμόσφαιρας (σχετικής ή μη) χρησιμοποιήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές για να περιγράψουν τα ετήσια μέγιστα πολλών σταθμών στην μελέτη των (Nasri *et al.*, 2016)

1.1.4 Δίκτυα βροχόμετρικών σταθμών

Σύμφωνα με τους (Li, 2008; Li and Hearp, 2011, 2014) οι χωρική παρεμβολή επηρεάζεται μεταξύ άλλων από την χωρική πυκνότητα και τον αριθμό των δεδομένων, την διακύμανση αλλά και από τον τρόπο που γίνεται η δειγματοληψία. Οι αρθρογράφοι αναφέρουν ότι σε συνθήκες υψηλής χωρικής πυκνότητας οι διαφορετικές μεθοδολογίες δίνουν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Αντιθέτως όμως η ακρίβεια των μοντέλων, εξαρτάται λιγότερο από τον αριθμό των δειγμάτων και περισσότερο από την ποιότητα των δεδομένων και τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ των πρωτογενών και δευτερογενών μεταβλητών. Επίσης η ανάλυση των αρθρογράφων δείχνει ότι οι διαφορετικές υποθέσεις

σχετικά με τη διακύμανση των δειγμάτων καθιστούν την επιλογή της μεθόδου παρεμβολής κρίσιμη αφού όσο μεγαλώνει ο δείκτης διακύμανσης τόσο μειώνεται και η ακρίβεια της παρεμβολής. Μελέτη που δείχνει αυτά τα αποτελέσματα είναι των (Stahl *et al.*, 2006) οι οποίοι σύγκριναν δώδεκα διαφορετικές μεθοδολογίες για την παρεμβολή θερμοκρασιών στη Κολομβία του Καναδά και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση τους αυξάνεται με την υψηλότερη πυκνότητα των δεδομένων. Παράλληλα επισήμαναν ότι η ύπαρξη ενός δικτύου παρατήρησης με σταθμούς σε μεγάλα υψόμετρα είχε ως αποτέλεσμα τα μοντέλα να έχουν καλύτερες επιδόσεις σε έτη με μεγαλύτερη πυκνότητα σταθμών που βρίσκονταν σε μεγαλύτερα υψόμετρα

Όσον αφορά την βροχοπτώση, η συλλογή των δεδομένων γίνεται από βροχογράφους και από βροχόμετρα τα οποία είναι σε θέση να μετρήσουν άμεσα τη χρονική διακύμανση της βροχής αλλά ένα μόνο σημείο. Ένα δίκτυο οργάνων λύνει το πρόβλημα της μελέτης της χωρικής μεταβλητότητας (Cheng, Lin and Liou, 2008) ωστόσο όπως αναφέραμε παραπάνω για την επαρκή ακρίβεια της των μοντέλων χωρικής παρεμβολής η πυκνότητα ο αριθμός αλλά και η διασπορά τους (Bastin *et al.*, 1984) πρέπει να μελετηθεί και να προσαρμοστεί ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε λεκάνης απορροής. Στη κατασκευή αυτών των βέλτιστων δικτύων εξακολουθούν να υπάρχουν δύο κυρίαρχα προβλήματα: Πρώτον υπάρχουν κενά στην περιοχή παρακολούθησης και δεύτερον υπάρχουν σταθμοί οι οποίοι δεν προσφέρουν παραπάνω πληροφορία. Συνεπώς όσον αφορά στο κατάλληλο μέγεθος του μεγέθους του δικτύου βροχομετρικών σταθμών που είναι απαραίτητο για την πλήρη καταγραφή της χωροχρονικής μεταβλητότητας της βροχοπτώσης σε μια λεκάνη απορροής, μια υψηλή πυκνότητα σταθμών είναι πάντα επιθυμητή, αλλά σπάνια παρατηρείται (Wang *et al.*, 2022)

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση των (De Oliveira Simoyama *et al.*, 2023) υπάρχουν τρεις κατηγορίες μεθόδων για το σχεδιασμό ενός δικτύου σταθμών: Σχεδιασμός ενός εντελώς νέου δικτύου, αγνοώντας το παρόν, πρόσθεση νέων σταθμών με διατήρηση της τρέχουσας δομής και τέλος όταν είναι εφικτό, μετακινούνται οι υπάρχοντες σταθμοί και προστίθενται νέοι στις περιοχές που υπάρχουν κενά. Παράλληλα η μελέτη των (Wu *et al.*, 2020) επισημαίνει ότι οι μεθοδολογίες για τη βελτίωση των δικτύων δίνουν έμφαση κυρίως στην αφαίρεση των μη σημαντικών σταθμών. Η μελέτη επίσης αναφέρει ότι υπάρχουν τρεις κατηγορίες για την αφαίρεση αυτών των σταθμών. Η προσέγγιση πολλαπλών κριτηρίων, που βελτιστοποιεί το δίκτυο βάσει ενός συνολικού στόχου εμπίπτει στην πρώτη κατηγορία. Στη δεύτερη κατηγορία,

η εντροπία χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της πληροφορίας μεταξύ των βροχομέτρων, τον προσδιορισμό του κατά πόσον οι πληροφορίες είναι επαρκείς και, στη συνέχεια, τη βελτίωση του δικτύου. Ο τρίτος τύπος βελτιστοποίησης είναι με την μέθοδο OK, η οποία βρίσκει τα κατάλληλα μοντέλα βαριογραμμμάτων και στη συνέχεια επανασχεδιάζει το δίκτυο.

Στην εργασία τους οι (Volkman *et al.*, 2010) μελετούν τον τρόπο εύρεσης των καλύτερων θέσεων για ένα μικρό αριθμό βροχομέτρων ώστε να παράγονται ακριβείς εκτιμήσεις της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης και της χωρικής διασποράς της βροχόπτωσης. Χρησιμοποιώντας σαν χώρο μελέτης της λεκάνη απορροής με όνομα Sabino Creek της Αριζόνα, ΗΠΑ, την διακριτοποιούν σε 94 πιθανές θέσεις για το νέο δίκτυο σταθμών με τον αριθμό των σταθμών στις νέες θέσεις κυμαίνεται από 1 έως 4. Για την αξιολόγηση των διαφορετικών δικτύων, η βροχόπτωση από τους σταθμούς παρεμβάλεται χωρικά με την μεθοδολογία IDW, και στην συνέχεια συγκρίνεται η απορροή που δίνει η προσομοιωμένη βροχόπτωση με τα δεδομένα απορροής από μετρήσεις. Πριν όμως την τελική αξιολόγηση ο καλύτερος συνδυασμός σταθμών επιτυγχάνεται με την παράλληλη ελαχιστοποίηση τριών αντικειμενικών συναρτήσεων. Το σύνολο Pareto, που συχνά αναφέρεται ως σύνολο συμβιβασμού, χρησιμοποιείται στη μελέτη σαν τελική βέλτιστη λύση για να υποδείξει το μικρότερο ποσό αβεβαιότητας στην επιλογή καταλληλότερου δικτύου χωρίς να χρειάζεται η προσωπική επιλογή ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος μίας αντικειμενικής συνάρτησης έναντι μιας άλλης.

Σύμφωνα με τους (Shahidi and Abedini, 2018) οι ντετερμινιστικές μεθοδολογίες είναι εύκολα εφαρμόσιμες, γεγονός που τις καθιστά ελκυστική επιλογή για τον σχεδιασμό κατάλληλων δικτύων σταθμών. Ωστόσο, υπάρχουν δυσκολίες που σχετίζονται με τον ορισμό των μέτρων ακρίβειας των εκτιμήσεων καθώς αυτές γίνονται σε ένα μόνο σημείο. Για να ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία οι αρθρογράφοι προτείνουν ένα στοχαστικό μοντέλο, παραλλαγή της κλασικής μεθόδου IDW το οποίο θα μπορεί να κάνει εκτιμήσεις σε μια περιοχή και όχι σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε μια λεκάνη απορροής που εκτείνεται σε 25.000 km² και περιλαμβάνει 34 σταθμούς στο Ιράν. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου αξιολογείται συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με αυτά του. Οι αρθρογράφοι σημειώνουν ότι σύμφωνα τα αποτελέσματα για τις καλύτερες θέσεις των σταθμών τόσο η προσέγγιση Stc-IDW όσο και η προσέγγιση Block-Kriging δίνουν παρόμοια δίκτυα

1.1.5 Αβεβαιότητα

Στην επιστήμη του μηχανικού ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι αυτό της αβεβαιότητας καθώς μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα των έργων. Σύμφωνα με τους (Yen and Ang, 1971) η αβεβαιότητες στα υδросυστήματα ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες τις αντικειμενικές οι οποίες προκύπτουν από τυχαίες διαδικασίες, και τις υποκειμενικές αβεβαιότητες, οι οποίες είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Σε παρόμοιες κατηγορίες οι (Halдар and Mahadevan, 2000), ταξινόμησαν τις αβεβαιότητες σε μη γνωστικές και γνωστικές αβεβαιότητες. Ανεξαρτήτως των ορισμών που δίνονται από διαφορετικούς επιστήμονες η πηγή της αβεβαιότητας προέρχεται από την περιβαλλοντική μεταβλητότητα και την έλλειψη γνώσης (Tung and Yen, 2005).

Όταν αναφερόμαστε στην φυσική μεταβλητότητα αναφερόμαστε κυρίως σε 3 κατηγορίες. Η πρώτη είναι οι διακυμάνσεις που οφείλονται σε καθαρά περιοδικά φαινόμενα, όπως οι ημερήσιοι ή εποχικοί κύκλοι της ηλιακής ακτινοβολίας, οι εποχιακές διακυμάνσεις που προκαλούνται από την τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο, η οποία έχει ως αποτέλεσμα διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα, και οι ημερήσιες διακυμάνσεις που προκαλούνται από την περιστροφή της Γης, η οποία προκαλεί μεταβολές μεταξύ ημέρας και νύχτας. Επειδή αυτές οι διακυμάνσεις επαναλαμβάνονται, είναι αρκετά προβλέψιμες. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι γραμμικές μεταβολές όπως έχουμε με την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου που οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας. Η τρίτη κατηγορία είναι οι μεταβολές που προκαλούνται από τυχαίες διακυμάνσεις και οι οποίες είναι οι πιο δύσκολες που μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια, ιδίως για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους (Munn, 2002).

Είναι κρίσιμο ωστόσο να κάνουμε σαφή τη διάκριση μεταξύ της καταγραφής της διακύμανσης των αποτελεσμάτων ενός μοντέλου και της έλλειψης κατανόησης των φυσικών διεργασιών. Το σημαντικό στην ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν είναι η συνολική αποτύπωση της διακύμανσης αλλά το να μπορεί να γίνει κατανοητό ποιο μέρος

οφείλετε στις φυσικές μεταβολές του κλίματος και ποιο όχι (Lehmann and Rillig, 2014). Όσον αφορά τα υδρολογικά μοντέλα η αβεβαιότητα ξεκινά με τις παραμέτρους.

Η πολυπλοκότητα των φυσικών διεργασιών και τα σφάλματα που περιλαμβάνονται στα δεδομένα εισόδου που όπως είπαμε υπόκεινται σε διακυμάνσεις αλλά και τα σφάλματα από την εξαγωγή συμπερασμάτων για μια περιοχή από σημειακές μετρήσεις, αποτελούν πηγές αβεβαιότητας. Συγχρόνως εξαιτίας της έλλειψης γνώσης μια συνολικής θεωρίας γίνονται απλουστεύσεις στην μοντελοποίηση μια φυσικής διεργασίας. Αυτή η ανικανότητα αντιπροσωπεύει τη δομική αβεβαιότητα στο μοντέλο και οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές του έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοση (Moges et al., 2020).

Πιο συγκεκριμένα οι (Højberg and Refsgaard, 2005) έδειξαν ότι η δομή του μοντέλου της εργασίας τους επηρέασε σημαντικά όλες τις μεταβλητές εξόδου, μια επίδραση που η ανάλυση αβεβαιότητας παραμέτρων εισόδου δεν μπορεί να λάβει επαρκώς υπόψη της. Επομένως, εάν αγνοηθεί η αβεβαιότητα της δομής του μοντέλου, η συνολική αβεβαιότητα πρόβλεψης θα υποεκτιμηθεί. Οι (Rojas, Feyen and Dassargues, 2008) έδειξαν ότι το 30% της συνολικής αβεβαιότητας προέρχεται από την δομή του μοντέλου της μελέτης τους

Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Κατανομή ΓΑΤ

Το εύρος των διακυμάνσεων των μεταβλητών του υδρολογικού κύκλου μπορεί να οδηγήσει σε ακραία φαινόμενα τα οποία προκαλούν καταστροφές στις υποδομές και μπορούν να στερήσουν ανθρώπινες ζωές (Kundzewicz and Kaczmarek, 2000). Η ανάλυση των ακραίων τιμών που προέρχονται από τις διακυμάνσεις της βροχής γίνεται με στοχαστικό τρόπο, δηλαδή θεωρώντας της βροχή ως μία τυχαία μεταβλητή της οποίας τα πολύ υψηλά ποσοτημότητα (ή τα χαμηλά) θεωρούνται ως ακραία (Nerantzaki and Papalexiou, 2019). Η θεωρία ακραίων τιμών έχει αναδειχτεί ως πολύ σημαντική για τους μηχανικούς αφού μπορεί να προσδιορίσει ένα ακραίο γεγονός βάσει της περιόδου επαναφοράς του (Abdulali *et al.*, 2022). Η κλασική θεωρία ανάλυσης ακραίων τιμών βασίζεται στους κανόνες σύγκλησης των (Fisher and Tippett, 1928; Cao and Zhang, 2021).

Έστω $X_1, X_2, \dots, X_n$, μη ιδιάζουσες τυχαίες μεταβλητές με κοινή συνάρτηση κατανομής F και $M_n = \max X_1, X_2, \dots, X_n$.

Σύμφωνα με τον (Coles, 2013) η κατανομή της M_n υπολογίζεται ως εξής

$$\Pr\{M_n \leq x\} = \Pr\{X_1 \leq x\} \Pr\{X_2 \leq x\} \dots \Pr\{X_n \leq x\} = [F_X(x)]^n \quad 2-1$$

Εάν υπάρχει a_n, b_n έτσι ώστε

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{M_n - b_n}{a_n} \right) \approx G(x) \quad 2-2$$

με την $G(x)$ μη ιδιάζουσα αθροιστική συνάρτηση κατανομής, τότε θα συγκλίνει σε έναν από τους 3 τύπους:

$$G(x) = \exp \left\{ -\exp \left[-\left(\frac{x-b}{a} \right) \right] \right\} \quad -\infty < x < \infty \quad 2-3$$

$$G(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \exp \left\{ -\left(\frac{x-b}{a} \right)^{-a} \right\} & x > b \end{cases} \quad 2-4$$

$$G(x) = \begin{cases} \exp \left\{ -\left[-\left(\frac{x-b}{a} \right)^a \right] \right\} & x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad 2-5$$

Και τις 3 εξισώσεις μπορούμε να τις συμπτύξουμε σε έναν γενικευμένο τύπο γνωστό και ως Γενικευμένη ακραίων τιμών (GEV)

$$\text{GEV}(x) = \exp \left\{ -\left[1 + \xi * \left(\frac{x-a}{k} \right)^{-\frac{1}{\xi}} \right] \right\} \quad 2-6$$

2.1.1 Προσαρμογή κατανομής ΓΑΤ

Στην βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες για την προσαρμογή των παραμέτρων των κατανομών σε δεδομένα (Nerantzaki and Papalexiou, 2021). Μια από αυτή την μεθοδολογία οι L-ροπές θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία. Οι L-ροπές προτάθηκαν από τον (Hosking, 1990) ο οποίος σημειώνει ότι η μεθοδολογία του επειδή βασίζεται σε ποσοστημόρια έχει τα ίδια προτερήματα με την μεθοδολογία των ροπών αλλά επίσης η εκτίμηση των παραμέτρων είναι καλύτερη από αυτή της μέγιστης πιθανοφάνειας με μικρότερη μεροληψία. Συγχρόνως σύγχρονες μελέτες συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τις L-ροπές ως υποψήφια μεθοδολογία μεταξύ άλλων για την εύρεση της καταλληλότερης (Hossain, Imteaz and Khastagir, 2021; Hossain *et al.*, 2022) , ή την χρησιμοποιούν για βρουν την καταλληλότερη των συναρτήσεων κατανομής (Gado, 2020; Gocic *et al.*, 2021; Vivekanandan, Srishailam and Patil, 2023). Τέλος μελέτες όπως των (Li *et al.*, 2023) και (Kumar *et al.*, 2022) την υπογραμμίζουν τα προτερήματά της .

Όπως και στις κλασικές ροπές έτσι και στις L-ροπές εξισώνουμε τις θεωρητικές ροπές (2-7) του πληθυσμού με αυτές του δείγματος (2-8)

$$\lambda_r = \frac{1}{r} \sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} \mathbb{E}\{X_{r-k:r}\} \quad 2-7$$

$$l_r = \frac{1}{r * \binom{n}{r}} \sum_{x_1 < \dots < x_j < \dots < x_r} (-1)^{r-j} \binom{r-1}{j} x_j \quad 2-8$$

Έτσι οδηγούμαστε στους εξής τύπους :

$$\hat{a} = \frac{l_2 \hat{k}}{(1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k})} \quad 2-9$$

$$\hat{k} = 7.589c + 2.9554c^2 \quad 2-10$$

$$\hat{\xi} = l_1 - \frac{\hat{a}}{\hat{k}} [1 - \Gamma(1 + \hat{k})] \quad 2-11$$

2.2 Χωρική ανάλυση και παρεμβολή

Η βροχόπτωση παρουσιάζει μεγάλη χωρική και χρονική διακύμανση (Nicótina *et al.*, 2008) (Zhao *et al.*, 2022) όμως επειδή ο τρόπος μέτρησης των βροχοπτώσεων γίνεται σημειακά χάνεται η χωρική μεταβλητότητα (van de Beek *et al.*, 2011) συνεπώς είναι απαραίτητο να ληφθεί σωστά υπόψη η χωρική διασπορά των δικτύων βροχόπτωσης (Cheng, Lin and Liou, 2008).

Ως τυχαία μεταβλητή ορίζεται μια συνάρτηση η οποία συνέχει τα αποτελέσματα ενός τυχαίου πειράματος με ένα σύνολο αριθμών. Αντίστοιχα μια τυχαία χωρική μεταβλητή είναι μια διαδικασία που συνδέει τα αποτελέσματα ενός τυχαίου πειράματος με σημεία

στο χώρο. Η τυχαία χωρική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από δυο ιδιότητες αυτή της ομογένειας δηλαδή τα σημεία δεν συγκεντρώνονται σε κάποιο σημείο, και της ανεξαρτησίας δηλαδή το αποτέλεσμα μια περιοχής δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα μια άλλης. Με το ορισμό αυτό της ομοιογένειας μπορούμε να πούμε ότι προσδοκία του αριθμού των σημείων που βρίσκονται εντός ενός χωρίου είναι ανάλογος με το εμβαδό του $|B|$

$$\mathbb{E}[n(X \cap B)] = l|B| \quad 2-12$$

Από αυτό μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των σημείων που βρίσκονται εντός ενός χωρίου με συγκεκριμένο εμβαδό $|B|$ ακολουθεί την κατανομή Poisson(2-13) με $\lambda = l|B|$

$$P\{N = k\} = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad 2-13$$

2.2.1 Ενταση

Ένας ορισμός που πρέπει να δοθεί είναι αυτός της έντασης που ορίζεται ως η προσδοκία της πυκνότητας των σημείων ανά μονάδα επιφάνειας. Η έννοια της έντασης είναι πολύ σημαντική καθώς βάσει αυτής μπορούμε να δούμε εάν κάποιες περιοχές έχουν πυκνά ομαδοποιημένα σημεία ή όχι.

Από μαθηματική σκοπιά αυτός ο ορισμός μπορεί να εκφραστεί ως

$$\mathbb{E}[n(X \cap B)] = \int_B \lambda(u) du \quad 2-14$$

Η εύρεση της συνάρτησης $\lambda(u)$ γίνεται με τους εκτιμητές Kernel. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε την μέθοδο (2-15) του προτείνουν οι (Diggle, 1985) στην οποία γίνεται μια διόρθωση στα όρια του χώρου μελέτης έτσι ώστε να μην υπάρχει αρνητική μεροληψία.

$$\tilde{\lambda}^{(D)}(u) = \sum_{i=1}^i \frac{1}{e(x_i)} k(u - x_i) \quad 2-15$$

Με $e(x_i) = \int_w k(u - v)$ η συνάρτηση διόρθωσης των συνόρων. Ως συνάρτηση κ επιλέγουμε την κανονική κατανομή. Η πιο σημαντική μεταβλητή για τους εκτιμητές Kernel είναι η παράμετρος εύρους που στην περίπτωση της κανονικής κατανομής είναι η τυπική απόκλιση. Για την εύρεση της καταλληλότερης παραμέτρου χρησιμοποιούμε με την μεθοδολογία ελαχιστοποίησης του μέσου απόλυτου σφάλματος με διασταυρούμενη επικύρωση -μέθοδος που προτάθηκε επίσης από τους ίδιους μελετητές.

2.2.2 Συνάρτηση K

Για την μελέτη της χωρικής συσχέτισης (Ripley, 1977) προτάθηκε την συνάρτηση K (2-16) η οποία δείχνει τον μέσο αριθμό των σημείων που βρίσκονται εντός μιας γειτονιάς απόστασης r για πολλά διαφορετικά r .

$$\hat{K}(r) = \frac{|W|}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n 1\{d_{ij} \leq r\} e_{ij} \quad 2-16$$

2.2.3 Συνάρτηση G

Τέλος μία άλλη συνάρτηση που μπορεί να περιγράψει την χωρική διασπορά σημείων είναι η συνάρτηση κοντινότερου γείτονα ή συνάρτηση G

$$G(r) = \mathbb{P}\{d(x_i, X \setminus x_i) \leq r\} \quad 2-17$$

Η συνάρτηση G είναι μια εμπειρική δηλαδή μη παραμετρική συνάρτηση κατανομής για τις αποστάσεις μεταξύ των κοντινότερων γειτόνων

2.2.4 Μέθοδος της αντίστροφης απόστασης

Ως συνάρτηση χωρικής παρεμβολής (2-18) επιλέγουμε την μέθοδο αντίστροφης απόστασης για λόγους που αναφέρθηκαν στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Σύμφωνα με αυτήν η τιμή ενός σημείου αναρτάται από της τιμές των γειτονικών τιμών αλλά δίνοντας τους μια βαρύτητα ανάλογα με το πόσο κοντά ή μακριά είναι.

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} z(x_i) \quad 2-18$$

Η παράμετρος p είναι αυτή η οποία ορίζει το πόσο σημαντικές είναι οι πιο κοντινές τιμές. Η πιο δημοφιλής τιμή είναι για $p=2$ (Li *et al.*, 2019)

2.3 Μέτρα σφάλματος και μέθοδος βελτιστοποίησης

Μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν ερευνητές από διάφορα επιστημονικά πεδία είναι η αξιολόγηση (Botchkarev, 2019), η μέθοδος με τα απαραίτητα μέτρα σφάλματος αλλά και η ερμηνεία αυτών. Ωστόσο παρά το μεγάλο ενδιαφέρον δεν υπάρχει μια συνολική απάντηση για το ποιο είναι το καταλληλότερο μέτρο σφάλματος για την κάθε μεθοδολογία εξαιτίας των διαφορετικών στατιστικών χαρακτηριστικών και των ερμηνειών τους (Hyndman, 2006). Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά μέτρα σφάλματος.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_1|}{n} \quad 2-19$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (|y_i - x_1|)^2}{n}} \quad 2-20$$

Όσον αφορά την βελτιστοποίηση του προβλήματος στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου. Το πρώτο βήμα της διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός πληθυσμού πιθανών λύσεων, οι οποίες αναπαρίστανται ως διανύσματα ή "χρωμοσώματα". Μια προκαθορισμένη συνάρτηση καταλληλότητας χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της κάθε λύσης διανύσματος. Τα υψηλότερα επίπεδα καταλληλότητας αυξάνουν την πιθανότητα να επιλεγεί ένα διάνυσμα-λύση για να διασταυρωθεί με ένα άλλο διάνυσμα για να δώσουν απογόνους. Με τον ανασυνδιασμό αλλά και με την μετάλλαξη των καλύτερων λύσεων δημιουργείται ένας νέος πληθυσμός που ξανά αξιολογείτε από την συνάρτηση καταλληλότητας. Κατά

τη διάρκεια πολλών γενεών, αυτή η κυκλική διαδικασία αξιολόγησης, επιλογής, διασταύρωσης, μετάλλαξης και αντικατάστασης αυξάνει λίγο-λίγο τη συνολική καταλληλότητα του πληθυσμού. Όταν ικανοποιείται μια προκαθορισμένη συνθήκη ή μετά από έναν προκαθορισμένο αριθμό γενεών, ο αλγόριθμος ολοκληρώνεται. Η βέλτιστη λύση ή οι βέλτιστες λύσεις που ανακαλύπτονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας βελτιστοποίησης αποτελούν τις τελικές λύσεις του προβλήματος. Οι γενετικοί αλγόριθμοι εξαιτίας των υπο-αλγορίθμων έχουν την ικανότητα να βρίσουν λύσεις με ακρίβεια σε προβλήματα με μεγάλο αριθμό δεδομένων, στοχαστικά ή/και πολλών διαστάσεων.(Sohail, 2023)

2.4 Μελέτη αβεβαιότητας

Όπως έχουμε είδη αναφέρει ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στις υδρολογικές μελέτες είναι αυτό της αβεβαιότητας. Ξεκινώντας με τη σειρά θα αναλύσουμε τους τρόπους εκτίμησης της αβεβαιότητας για τις μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Η εύρεση των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την κατανομή του πληθυσμού, επειδή γίνεται από έναν περιορισμένο αριθμό δειγμάτων είναι προσθέτει επιπλέον παραμετρική αβεβαιότητα(Li, Simmonds and Reeve, 2008). Ετσι επειδή η υπόθεση μιας λανθασμένης κατανομής πληθυσμού μπορεί να προκαλέσει μεγάλα σφάλματα έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογίες οι οποίες μπορούν να προσφέρουν ευελιξία όσον αφορά τις παραμέτρους(Diop and Deme, 2021).

Ο (Efron and Tibshirani, 1994) εισήγαγε την μεθοδολογία bootstrapping, η οποία βασιζόμενη στη διαδικασία Monte Carlo παράγει δείγματα από ένα αρχικό δείγμα(μη παραμετρικό bootstrapping) ή από μια κατανομή (παραμετρικό bootstrapping) για την εύρεση κυρίως κατανομών δειγμάτων.

Μια άλλη μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί στην μελέτη είναι αυτή του χωρικού bootstrapping όπως προτάθηκε από τους (Uboldi *et al.*, 2014). Σύμφωνα με αυτή αφού υπολογιστούν τα καινούργια δείγματα στην συνέχεια θα γίνει χωρική παρεμβολή αυτών.

Η μέθοδος μη παραμετρικού bootstrap ονομάζεται και resampling και η διαδικασία είναι να γίνεται τυχαία επιλογή με αντικατάσταση από το αρχικό δείγμα ώσπου να έχουμε ίδιο πληθυσμό στο νέο δείγμα.

Όπως είδαμε και παραπάνω, ακόμα και στη απλή διαδικασία της χωρικής παρεμβολής σε κάθε στάδιο προστίθεται βεβαιότητα. Όταν θέλουμε να μελετήσουμε τα στατιστικά χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων ενός συστήματος, ο λόγος που δεν υπάρχουν αναλυτικές σχέσεις είναι εξαιτίας της πολυπλοκότητας και της μη γνώσης της στατιστικής συμπεριφοράς των παραμέτρων εισόδου και της δομής του συστήματος. Ένας τρόπος για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα είναι να εφαρμοστεί ένα είδος δοκιμασιών Monte Carlo, όπου θα γίνεται συνεχής δειγματοληψία από τον χώρο των δεδομένων εισόδου και των παραμέτρων του συστήματος δημιουργώντας μια σειρά αποτελεσμάτων από τα οποία μπορούν να εξαχθούν στατιστικά συμπεράσματα για τα ίδια τα δεδομένα εξόδου (Montanari, 2007).

Αυτός είναι ο κλασικός τρόπος να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα δηλαδή να την ορίσουμε βάσει της πιθανότητας ή αλλιώς της συχνότητας να συμβεί ένα γεγονός μετά από μια σειρά παρόμοιων δοκιμών. Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε και έναν άλλον τρόπο αντιμετώπισης της αβεβαιότητας, με την μέθοδο των ασαφών συνόλων, μια μη πιθανολογική μεθοδολογία (Montanari, Shoemaker and van de Giesen, 2009).

Ο (Zadeh, 1965) πρότεινε την θεωρία ασαφούς λογικής που προσπαθεί να περιγράψει την ασάφεια που υπάρχει όσον αφορά τον λεκτικό προσδιορισμό ενός μεγέθους. Ως ασαφές σύνολο ορίζεται:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)), x \in X | \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]\} \quad 2-21$$

Η θεωρία ασαφούς επέκτασης που προτάθηκε επίσης από τον Zadeh είναι από την πιο σημαντική αφού μας επιτρέπει να επεκτείνουμε τις πράξεις από τα κλασικά σύνολα στα ασαφή. Σύμφωνα με αυτή μπορούμε να επεκτείνουμε την απεικόνιση των κλασικών συνόλων

$$S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \rightarrow S \quad 2-22$$

σε αυτή των ασαφών

$$\mathcal{F}(S_1) \times \mathcal{F}(S_2) \times \dots \times \mathcal{F}(S_n) \rightarrow \mathcal{F}(S) \quad 2-23$$

βάσει της ιδιότητας ότι κάθε ασαφής απεικόνιση μπορεί να εκφραστεί βάσει όλων των α-τομών της

$$\mu_{\bar{R}}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sup_{a \in [0,1]} a \mu_{cut_{a(\bar{R})}}(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad 2-24$$

Ως τομή a ορίζεται το κλασικό σύνολο όλων των στοιχείων $x \in X$ τα οποία ανήκουν σε ένα ασαφές σύνολο τουλάχιστον ενός επιπέδου $a \in [0,1]$

Ο τρόπος που θα γίνουν οι πράξεις βάσει της θεωρίας επέκτασης ονομάζεται στην βιβλιογραφία ως Vertex (Park, Jang and Lee, 2019) (Bayat, Nasser and Delmelle, 2021) ή μέθοδος των α -τομών (Abebe, Guinot and Solomatine, 2000) (Jahani *et al.*, 2014)

Συγκεκριμένα απεικονίζοντας τις πράξεις πρόσθεσης, αφαίρεσης πολλαπλασιασμού και διαίρεσης (συμβολικά $\bullet$), οι πράξεις γίνονται μεταξύ χαρακτηριστικών α -τομών ως εξής

$$[a_l, a_u] \bullet [b_l, b_u] = [\inf G, \sup G], G = [a_l \bullet b_l, a_l \bullet b_u, a_u \bullet b_l, a_u \bullet b_u] \quad 2-25$$

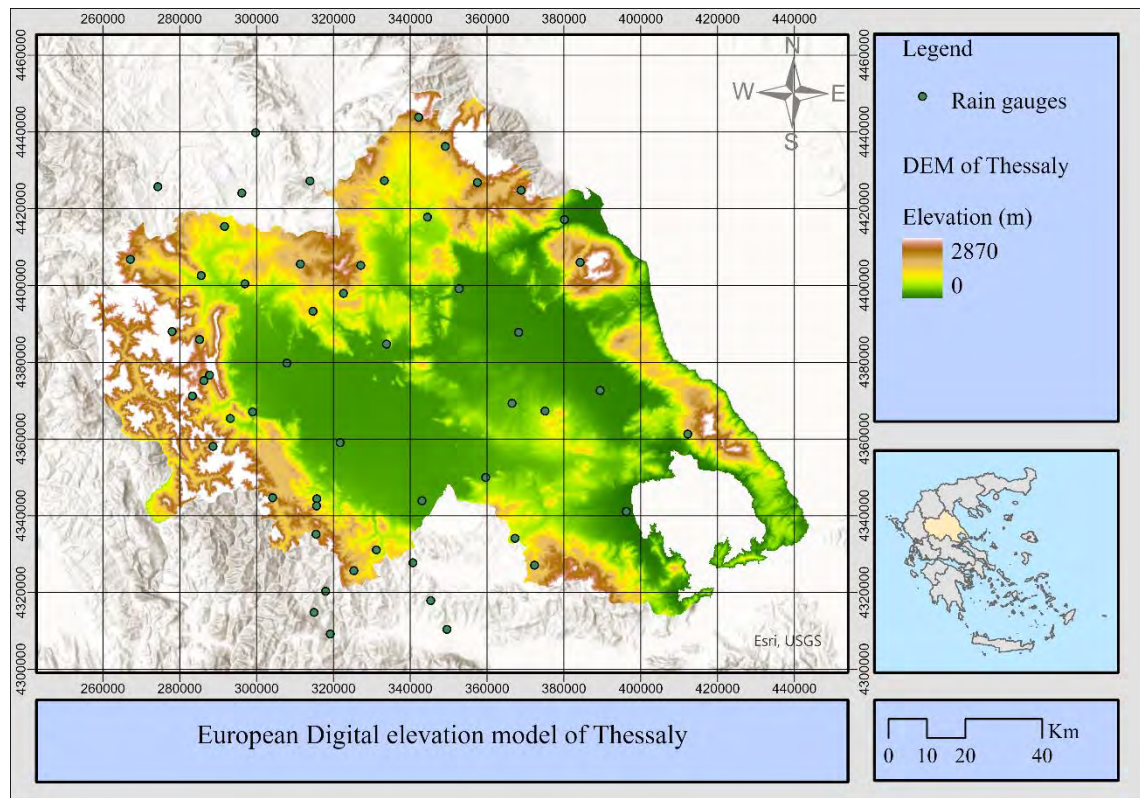
όπου a_l, a_u, b_l, b_u τα κατώτερα και τα ανώτερα όρια των α -τομών των ασαφών συνόλων $\tilde{A}, \tilde{B}$.

Κεφάλαιο 3 Περιοχή μελέτης και δεδομένα

Η Θεσσαλία βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα και καλύπτει μια συνολική έκταση περίπου 14.000 τ.χλμ το 11% της συνολικής έκτασης της χώρας με μέσο υψόμετρο τα 500μ. Στα ανατολικά οριοθετείται από το Πήλιο το οποίο εκτείνεται από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά και συνορεύει με το αιγαίο πέλαγος. Στα βόρεια της περιφέρειας βρίσκεται ο Όλυμπος, δυτικά η Πίνδος και στον νότο Όθρυς. Στο κέντρο αυτών των ορεινών συνόρων βρίσκεται η θεσσαλική πεδιάδα η οποία διασχίζεται από τον Πηνειό και από τους παραπόταμούς του. Όσον αφορά το κλίμα η Θεσσαλία έχει ζεστά, ξηρά καλοκαίρια με θερμοκρασίες που φτάνουν τους 40°C τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή της Θεσσαλίας κυμαίνεται από 400 mm στα χαμηλά υψόμετρα έως 1.850 mm στην δυτική οροσειρά. Η μέση βροχόπτωση είναι 700 mm.(Loukas, Mylopoulos and Vasiliades, 2007). Οι μεταβολές στα χωρικά χαρακτηριστικά της περιοχής κάνουν την Θεσσαλία μια περιοχή πολύτιμη για την ανάλυση των ακραίων βροχοπτώσεων και πώς αυτές εξαρτώνται από διάφορες γεωγραφικές ευμετάβλητες.

3.1 Χωρική ανάλυση σημείων βροχομετρικών σταθμών

Για την ανάλυση των ακραίων βροχοπτώσεων θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα από βροχόμετρα τα οποία βρίσκονται εντός αλλά και περίξ της περιφέρειας της Θεσσαλίας. Όπως είναι φυσιολογικό οι περισσότεροι σταθμοί βρίσκονται στα δυτικά από τον βορά έως τον νότο στην οροσειρά της Πίνδου καθώς εκεί παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ύψη βροχής. Καθώς όμως μετακινούμαστε προς την ανατολή ο αριθμός των βροχόμετρων μικραίνει σημαντικά (εικ 3.1).



Εικ 3-1 : Χάρτης ψηφιακού μοντέλου εδάφους της Θεσσαλίας από τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής ένωσης και μέγεθος ψηφίδας 90μ

Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα αποτελούν ετήσια μέγιστα βροχοπτώσεων 24 ωρών από 55 βροχομετρικούς σταθμούς. Όπως βλέπουμε από τον πίνακα 3-1 ο ενδιαμέσος του υψόμετρου των σταθμών είναι τα 688 μέτρα , πιο υψηλά από το μέσο υψόμετρο της Θεσσαλίας. Ο σταθμός με το χαμηλότερο υψόμετρο είναι αυτό της Αγκιάλου που βρίσκεται στα 15 μέτρα και οι υψηλότεροι είναι αυτοί που βρίσκονται στο Λιβάδι με υψόμετρο 1179μ. Όσον αφορά των αριθμό των δεδομένων ο σταθμός που λειτουργεί τα λιγότερα χρόνια είναι αυτός στην περιοχή Πύθιο (15 χρόνια) και αυτός που λειτουργεί το περισσότερο βρίσκεται στα Μετέωρα (69 χρόνια). Ο ενδιαμέσος χρόνος λειτουργίας είναι τα 44 χρόνια και κυμαίνονται από το 1940 έως το 2013. Όσον αφορά την πυκνότητα των σταθμών ο WHO (World Meteorological Organization, 2008) προτείνει διάφορες πυκνότητες ανάλογα με την γεωγραφία της περιοχής (πίνακας 3-2) σαν μια γενική κατεύθυνση, σημειώνοντας όμως ότι η πυκνότητα των σταθμών πρέπει να υπολογιστεί σε κάθε περιοχή ξεχωριστά βάσει της κλιματικής μεταβλητότητας. Για την περιοχή της Θεσσαλίας και για τους σταθμούς που θα χρησιμοποιηθούν η πυκνότητα είναι 345 τ.χμλ/σταθμό η γεωγραφική ανομοιομορφία όμως της Θεσσαλίας

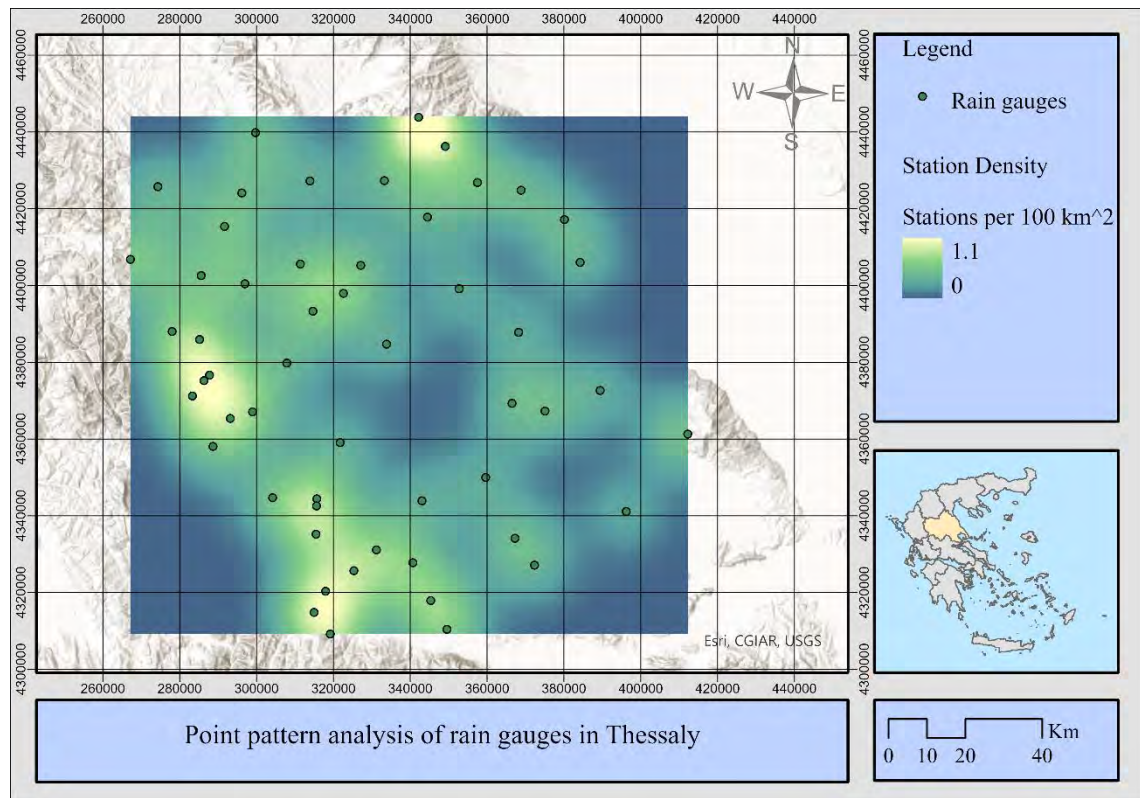
Πίνακας 3-1: Χαρακτηριστικές τιμές των υψομέτρων και του αριθμού των δεδομένων από τους βροχομετρικούς σταθμούς. (Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} είναι τα ποσοστημόρια για 25%, 50%, 75% αντίστοιχα

	<i>min</i>	Q_{25}	Q_{50}	Q_{75}	<i>max</i>
Elevation(m)	15	282	688	850	1179
Number of data(years)	15	31	44	62	69

Πίνακας 3-2: Κατευθυντήριες οδηγίες για την κατάλληλη πυκνότητα σταθμών. Πηγή : (World Meteorological Organization, 2008). Οι αριθμοί δείχνουν τον αριθμό του εμβαδού σε τ.χμλ ανά σταθμό.

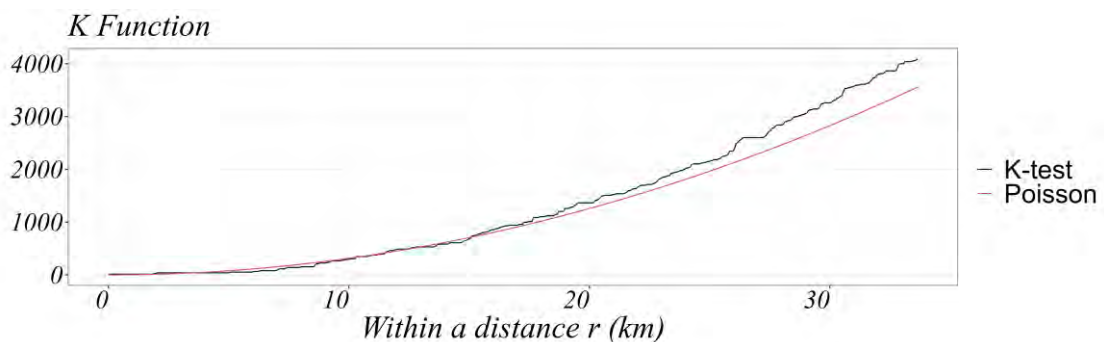
	Precipitation	
	Non-recording	Recording
Coastal	900	9 000
Mountains	250	2 500
Interior plains	575	5 750
Hilly/undulating	575	5 750
Small islands	25	250
Urban areas		10–20
Polar/arid	10 000	100 000

δεν μας επιτρέπει να βγάλουμε ένα ξεκάθαρο συμπέρασμα. Χρησιμοποιώντας τους εκτιμητές Kernel (διαλέγοντας την κανονική κατανομή με πίνακα διακύμανσης-συνδιακύμανσης τον ταυτοτικό πίνακα) στο χώρο μπορούμε να δούμε καλύτερα στην πυκνότητα των σταθμών στο χώρο. Σύμφωνα με τον χάρτη της εικόνας 3-2 η μεγαλύτερη πυκνότητα εμφανίζεται στις ορεινές περιοχές που υπάρχει σταθμός ανά 100 τ.χμλ, πυκνότητα που ξεπερνάει κατά πολύ την πυκνότητα που προτείνει ο WHO. Αντίθετα καθώς πάμε προς τα ανατολικά η πυκνότητα των σταθμών μικραίνει με χαρακτηριστικό παράδειγμα η περιοχή της Μακρινίτσας όπου υπάρχει μόνο ένας σταθμός. Σε αυτές της περιοχές προφανώς προτείνεται η εγκατάσταση νέων σταθμών.



Εικ 3-2: Πυκνότητα σταθμών στην περιοχή της Θεσσαλίας χρησιμοποιώντας χωρικούς εκτιμητές Kernell

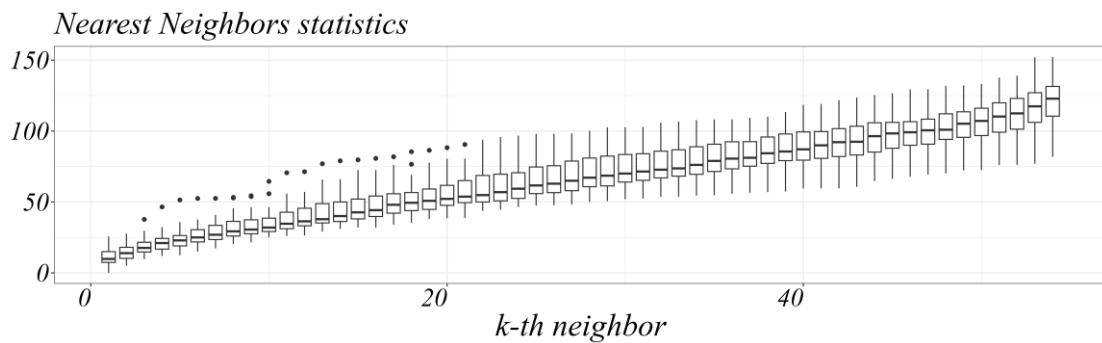
Η χωρική ανάλυση θα συνεχιστεί καθώς επειδή θα εφαρμοστεί η μέθοδος αντίστροφης απόστασης, πληροφορίες σχετικά με τις αποστάσεις μεταξύ των σταθμών θα είναι χρήσιμες. Αρχικά εφαρμόζεται η συνάρτηση K η οποία όπως αναφέραμε δείχνει εάν ο μέσος αριθμός των σταθμών εντός μια ακτίνας επιρροής ακολουθεί την κατανομή Poisson δηλαδή εάν οι σταθμοί είναι τυχαία διανεμημένοι στον χώρο.



Εικ 3-3: Συνάρτηση K για τους σταθμούς της Θεσσαλίας

Σύμφωνα με την εικόνα 3-3 ο μέσος αριθμός των σταθμών για αποστάσεις μικρότερες των 15χμλ δείχνουν ότι οι σταθμοί δείχνουν να είναι τυχαία κατανεμημένοι όμως για

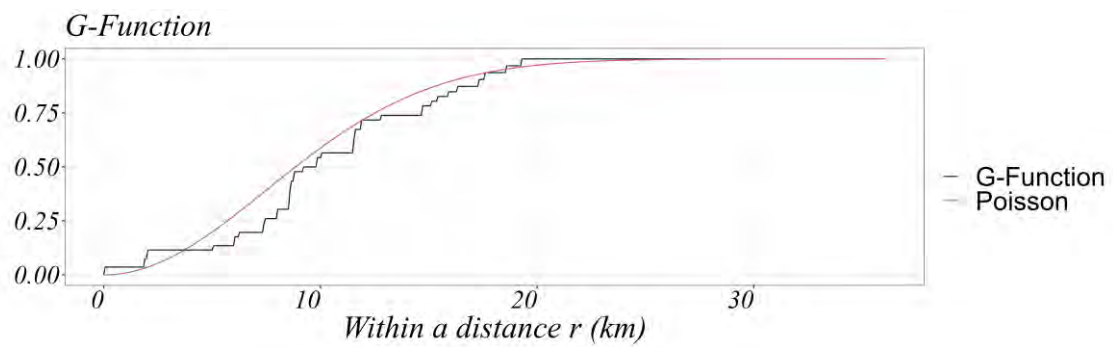
μεγαλύτερες αποστάσεις αρχίζει να φαίνεται το συμπέρασμα από την εικόνα 3-2 δηλαδή την δημιουργία χωρικών συμπυκνώσεων. Συνεχίζοντας, η εικόνα παρουσιάζει τα θηκογράμματα των αποστάσεων για το 1ο-54ο κοντινότερο σταθμό. Παρατηρούμε ότι ενδιάμεσος αυξάνεται γραμμικά αλλά όχι με τον ίδιο ρυθμό που αυξάνονται τα χαμηλότερα και τα υψηλότερα ποσοστημόρια.



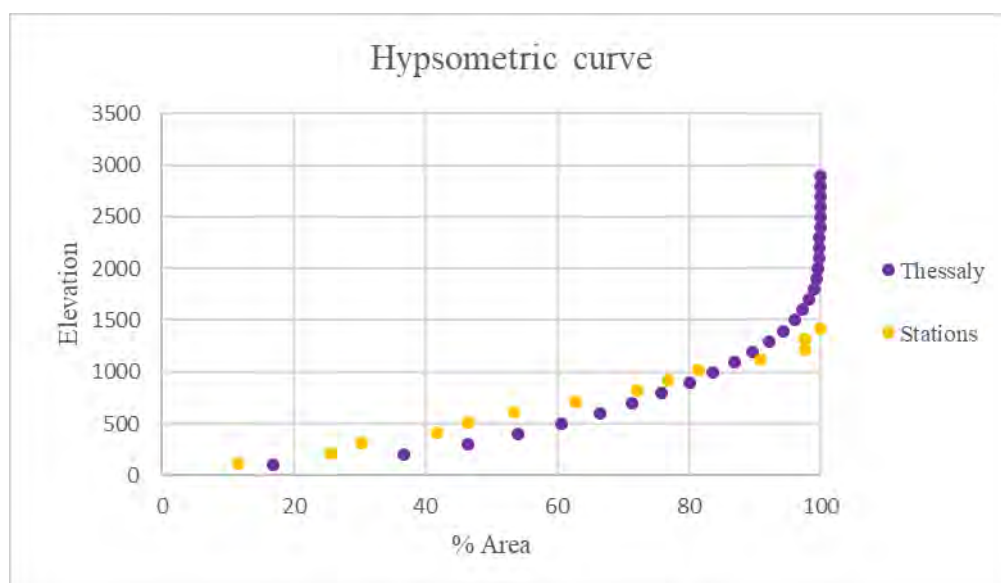
Εικ 3-4 Θηκογράμματα για τις αποστάσεις των n κοντινότερων σταθμών

Για τους πιο κοντινούς γείτονες παρατηρούμε ότι ο ενδιάμεσος είναι πιο κοντά στο 25^ο ποσοστημόριο, πράγμα που δεν συμβαίνει καθώς μελετάμε τους πιο μακρινούς γείτονες. Αυτό μας δείχνει ότι η κατανομή των αποστάσεων των κοντινών γειτόνων παρουσιάζουν θετική ασυμμετρία, δηλαδή υπάρχουν περισσότερες τιμές μικρότερες από την μέση τιμή. Αυτό αποτυπώνει επίσης την χωρική πύκνωση των σταθμών στα δυτικά της Θεσσαλίας. Στους κοντινούς γείτονες επίσης παρατηρούμε κάποιες ακραία μεγάλες τιμές. Αυτό αποτυπώνει την χωρική αραίωση των σταθμών στην ανατολική Θεσσαλία όπου οι κοντινότεροι σταθμοί απέχουν το περισσότερο. Αυτό αποτυπώνεται και από το γεγονός ότι όσο πάμε προς τους πιο μακρινούς σταθμούς η κατανομή των αποστάσεων αποκτά αρνητική συμμετρία.

Μια τελευταία ανάλυση θα γίνει από την συνάρτηση G και από την υψομετρική καμπύλη όπου η πρώτη μας δείχνει της εμπειρική αθροιστική κατανομή των αποστάσεων του κοντινότερου γείτονα και η δεύτερη μας δείχνει την εμπειρική αθροιστική κατανομή του υψομέτρου. Σύμφωνα με την εικόνα 3-5 παρατηρούμε ότι για αποστάσεις μικρότερες των 4 τ.χμλ υπάρχουν περισσότεροι σταθμοί απ' ότι θα υπήρχαν εάν ήταν κατανεμημένοι τυχαία δηλαδή έχουμε πύκνωση ενώ για μεγαλύτερες αποστάσεις έχουμε αραίωση, συμπεράσματα που μας τα επιβεβαιώνουν και τα προηγούμενα διαγράμματα. Από την υψομετρική καμπύλη βλέπουμε ότι μέχρι τα 1400 μέτρα το δίκτυο το σταθμών ακολουθεί την καμπύλη των υψομέτρων της Θεσσαλίας και συνολικά καλύπτει το 80% αυτής.



Εικ 3-5 : Συνάρτηση G για τις αποστάσεις του κοντινότερου γείτονα



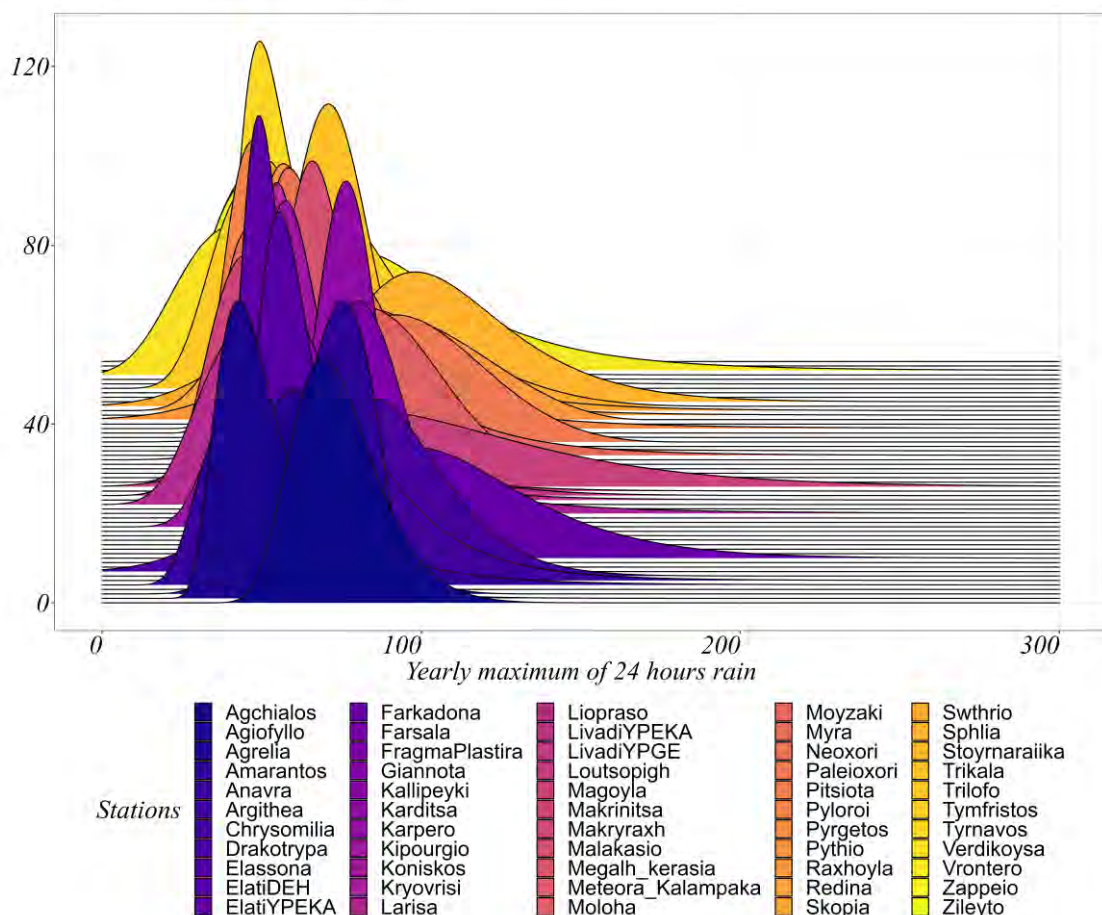
Εικ 3-6: Υψομετρική καμπύλη της περιφέρειας της Θεσσαλίας και των σταθμών

Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα ανάλυσης

4.1 Προσαρμογή της κατανομής GEV

Η κατανομή GEV προσαρμόστηκε στα δεδομένα ετήσιας μέγιστης βροχόπτωσης 24 ωρών από τους 55 βροχομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται εντός ή/και συνορεύουν με την Θεσσαλία. Η προσαρμογή έγινε με τις L-ροπές και οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας του κάθε σταθμού φαίνονται στην εικόνα 4-1

Propability density function of GEVD of all stations



Εικ 4-1: Σ.π.π των κατανομών GEV προσαρμοσμένες από τις μετρήσεις κάθε σταθμού και με την χρήση των L-ροπών

Στο σύνολο όλων των σταθμών η παράμετρος θέσης κυμαίνεται από 98.8 στην περιοχή Στουρναραίικα έως 33,6 στη Λάρισα με ενδιάμεση τιμή 53. Η παράμετρος κλίμακας κυμαίνεται από 38,2 στη Μακρινίτσα έως τα 9,5 στα Πιτσιωτά με ενδιάμεση τιμή τα 19,2 και τέλος η παράμετρος σχήματος κυμαίνεται από τα 0,44 στον Τύρναβο έως -0,45

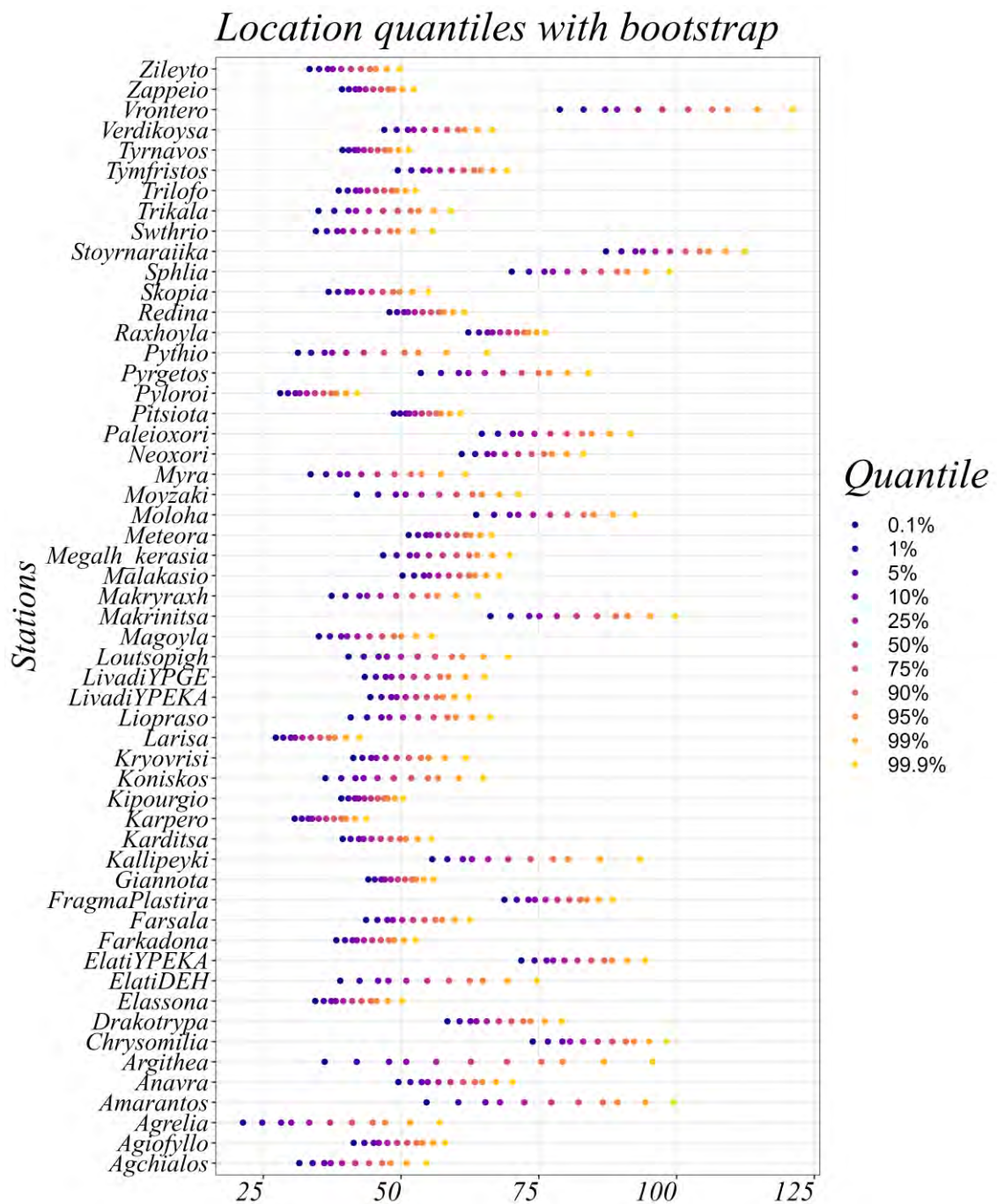
στη Ραχούλα με ενδιάμεση τιμή τα 0,008. Συνολικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα Α-1.

4.2 Ανάλυση αβεβαιότητας παραμέτρων

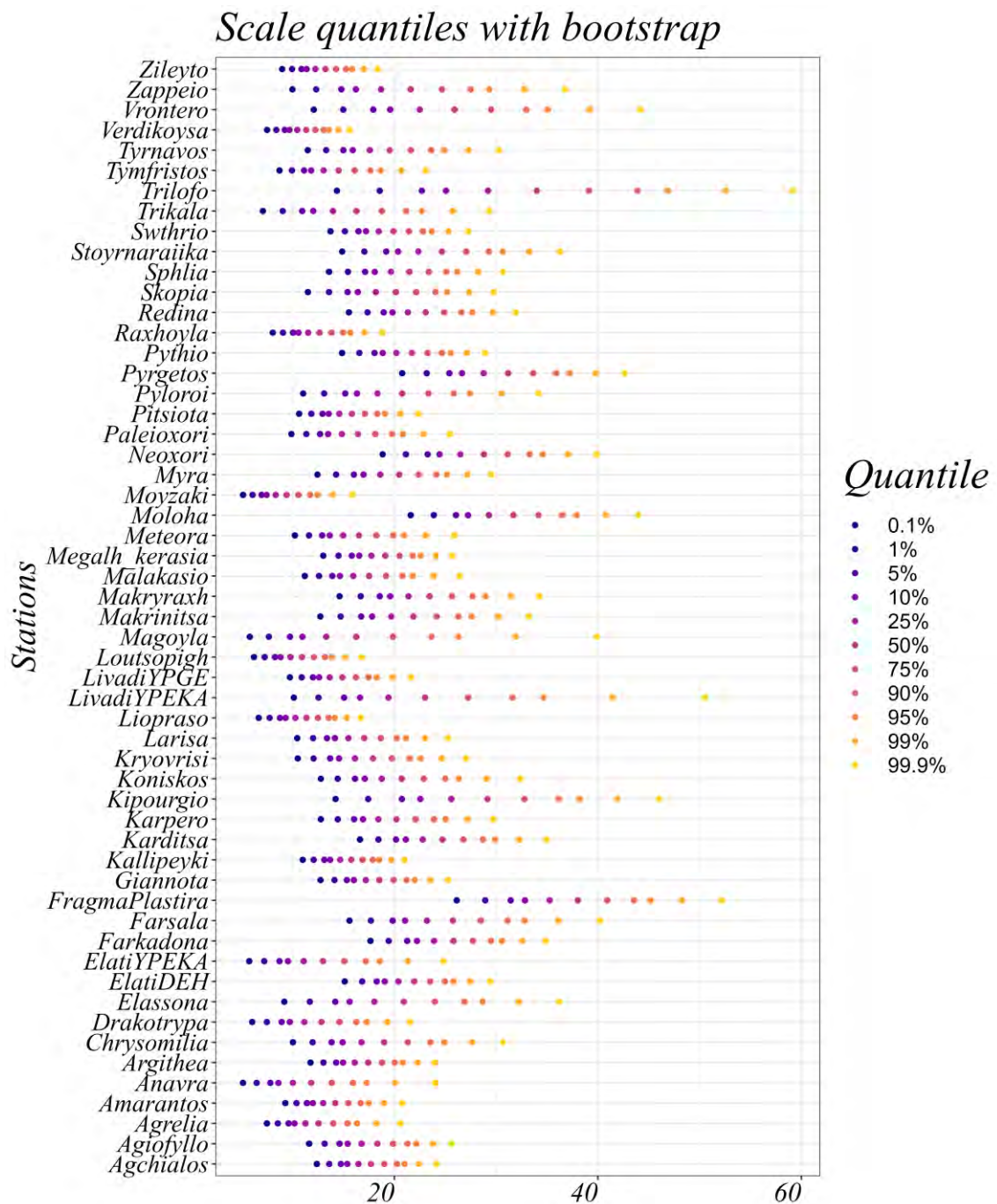
Η ανάλυση αβεβαιότητας των παραμέτρων λόγω περιορισμένου αριθμού δείγματος βασίστηκε στην εύρεση της τυπικής απόκλισης της συνάρτησης κατανομής δείγματος των παραμέτρων μέσω παραμετρικής διαδικασίας Bootstrap. Η διαδικασία αυτή στα γραφήματα των επόμενων παραγράφων θα αναφέρεται ως in-site. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις εικόνες (4-2),(4-3),(4-4).

Πίνακας 4-1: Διαδικασία εύρεσης της αβεβαιότητας των παραμέτρων της κατανομής GEV

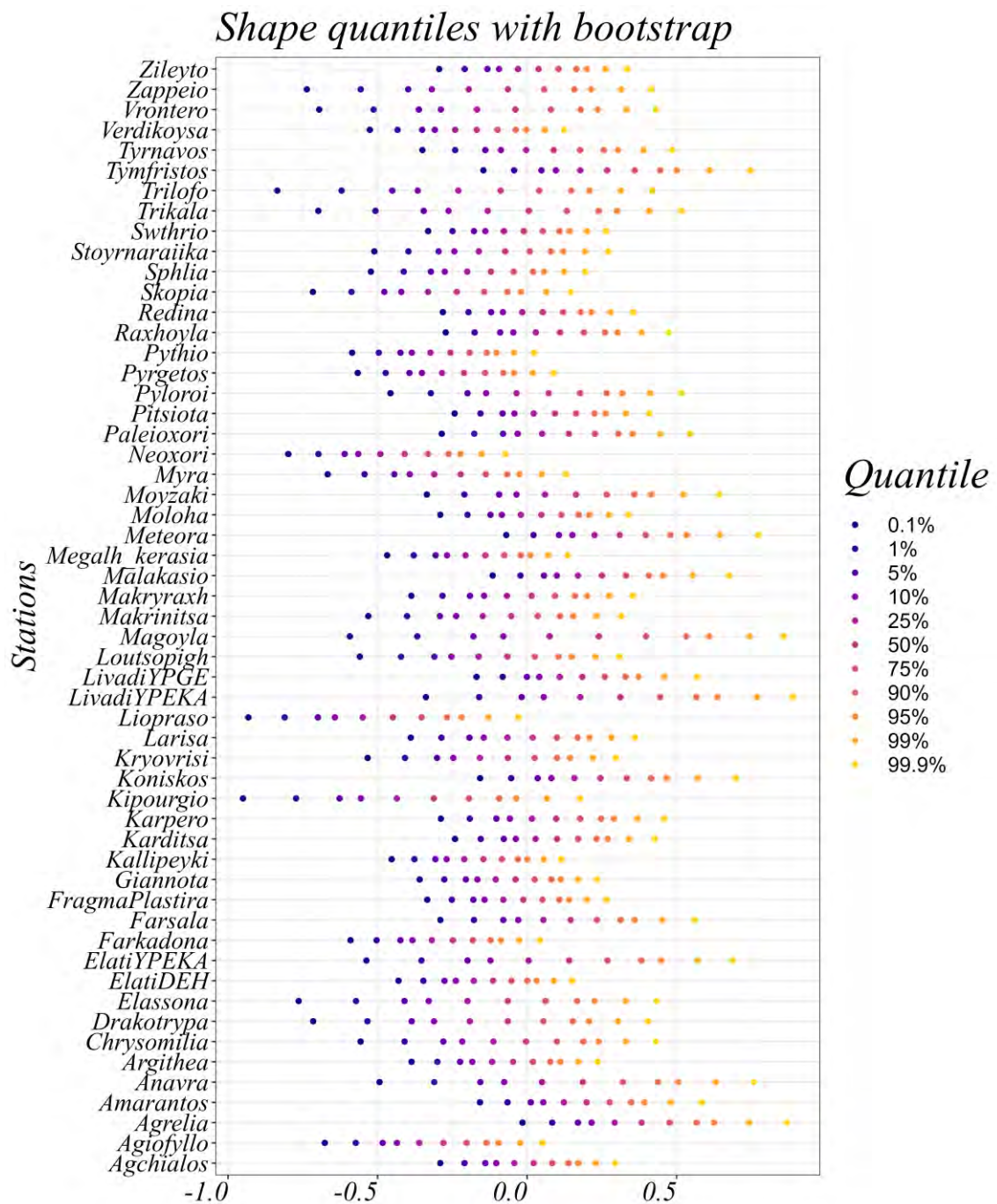
- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Προσαρμογή κατανομής GEV με L-ροπές σε κάθε σταθμό2. Δημιουργία δείγματος από την κατανομή GEV αριθμού ίσου του πληθυσμού του δείγματος του εκάστοτε σταθμού3. Προσαρμογή κατανομής GEV στο καινούργιο δείγμα και αποθήκευση των νέων παραμέτρων4. Επανάληψη των βημάτων 2 και 3, 10000 φορές5. Εύρεση των στατιστικών των παραμέτρων της GEV |
|--|



Εικ 4-2: Ποσοστημότητα κατανομής δείγματος παραμέτρου θέσης κατανομής GEV



Εικ 4-3: Ποσοστημόρια κατανομής δείγματος παραμέτρου κλίμακας κατανομής GEV



Εικ 4-4: Ποσοστημόρια κατανομής δείγματος παραμέτρου σχήματος κατανομής GEV

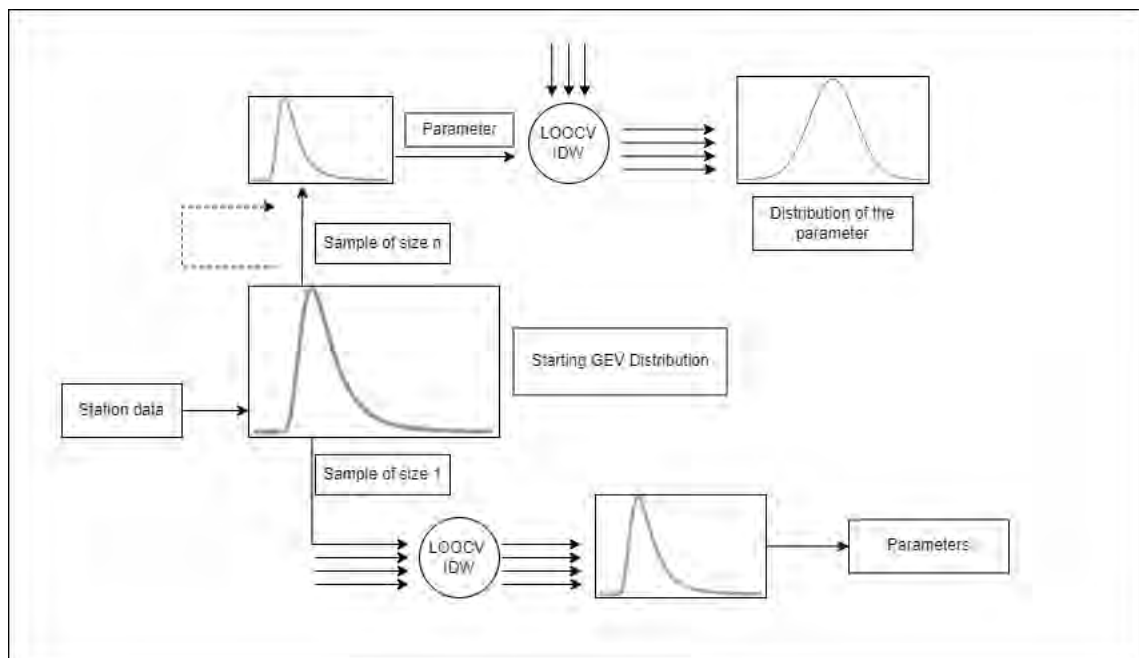
Επίσης παρουσιάζονται στα στατιστικά (πίνακας 4-2) για το σύνολο των τιμών των παραμέτρων

Πίνακας 4-2: Στατιστικά στοιχεία στο σύνολο των σταθμών για τις τρεις παραμέτρους της κατανομής GEV

	min	25%	50%	75%	mean	max
Π. Θέσης	33.59	44.84	52.99	56.86	68.10	98.83
Π. Κλίμακας	9.51	15.86	19.2	19.9	22.64	38.21
Π. Σχήματος	-0.45	-0.099	0.008	0.012	0.141	0.435

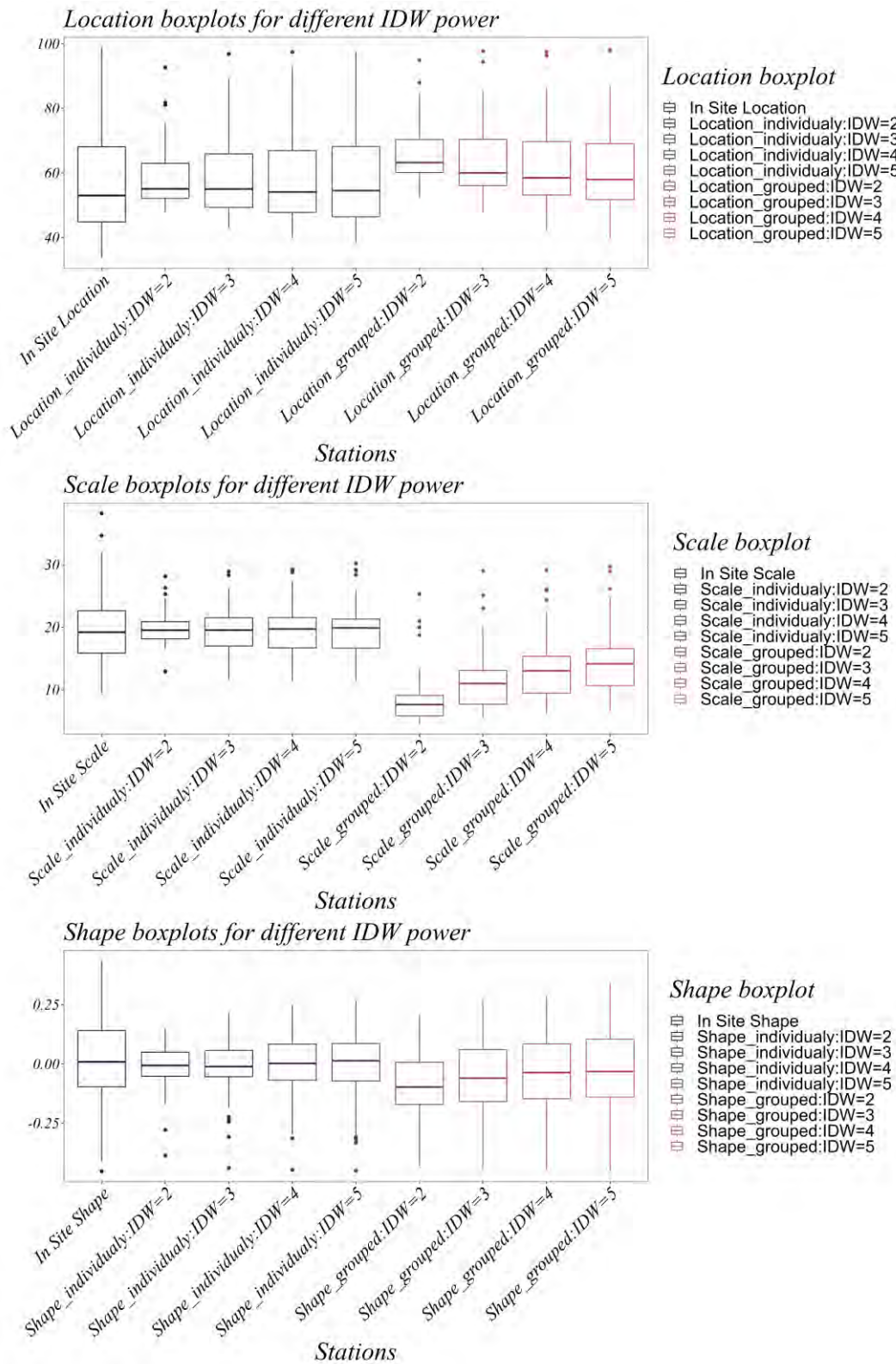
4.3 Ανάλυση αβεβαιότητας χωρικής παρεμβολής

Σε αυτή την παράγραφο διερευνάται η αβεβαιότητα που προέρχεται από την επιλογή της κατάλληλης δύναμης στην μεθοδολογία χωρικής παρεμβολής IDW θεωρώντας αρχικά ότι σε κάθε σταθμό μπορούν να συνεισφέρουν στην παρεμβολή όλοι οι υπόλοιποι. Για τον υπολογισμό των σφαλμάτων ακολουθήθηκε μια παρόμοια διαδικασία παραμετρικού Bootstrapping όπως με την προηγούμενη παράγραφο αλλά με δυο διαφορετικές παραλλαγές.

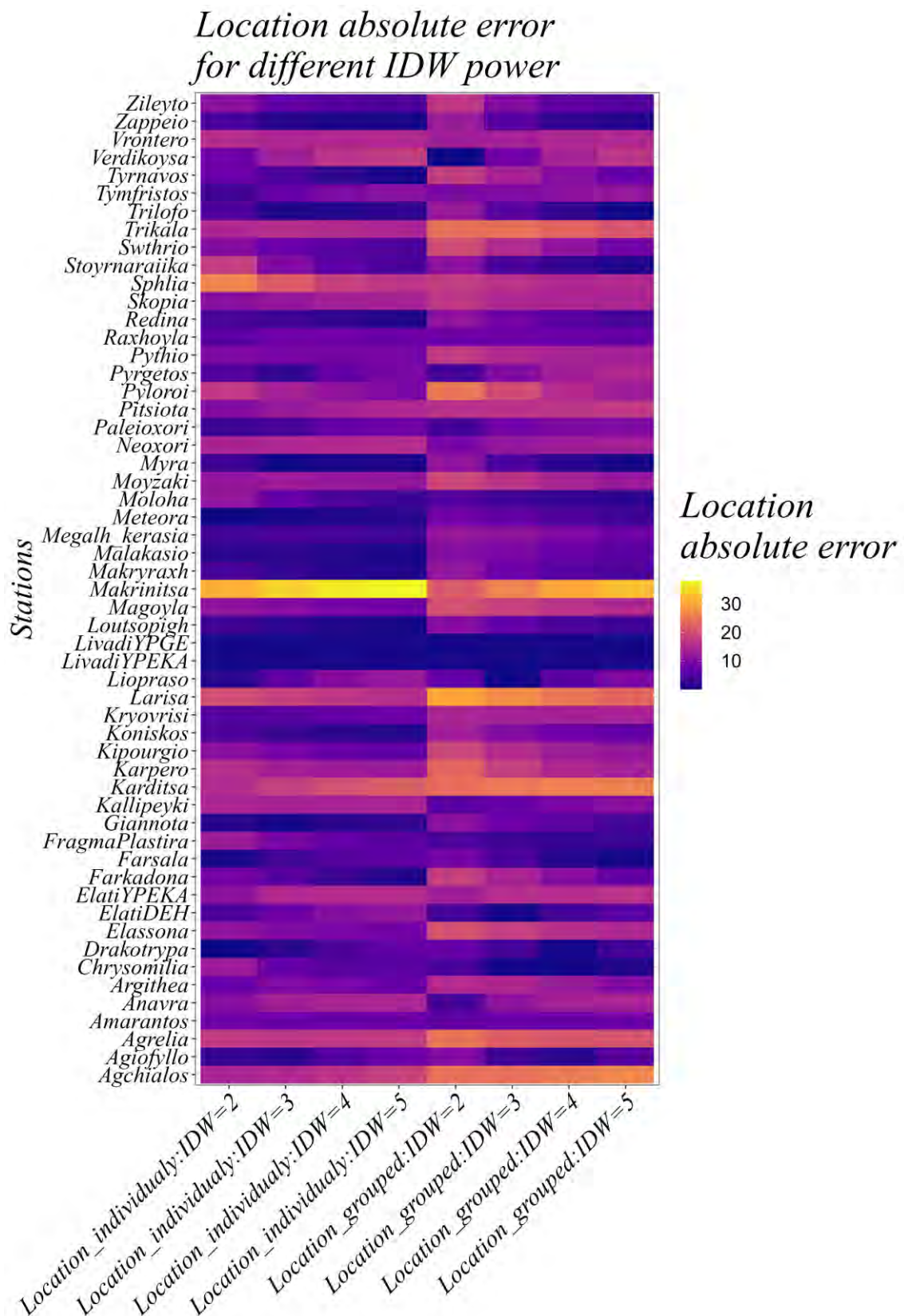


Εικ 4-5: Μεθοδολογίες για την ανάλυση αβεβαιότητας της παρεμβολής IDW με την μέθοδο της διασταυρούμενης επικύρωσης

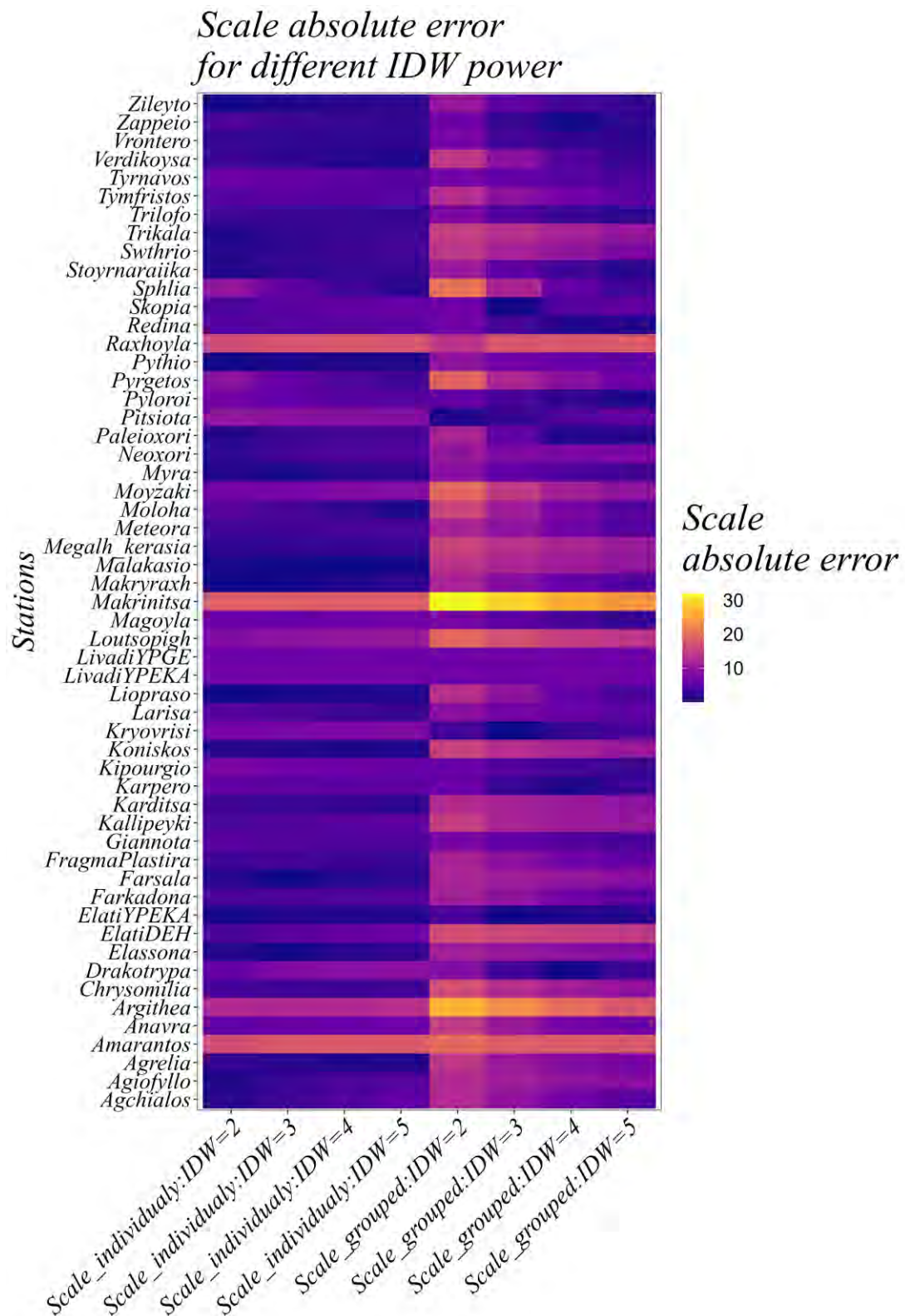
Στην πρώτη μεθοδολογία από κάθε σταθμό βρέθηκε η κατανομή GEV από την οποία έγινε συλλογή ένας δείγματος ίσου μεγέθους στο οποίο ξανά έγινε προσαρμογή της κατανομής GEV (με L-ροπές) και στην συνέχεια κάθε παράμετρος από κάθε σταθμό την παρεμβάλαμε ανεξάρτητα και χωρικά σε κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά με την μεθοδολογία της διασταυρούμενης πιστοποίησης. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε 10000 φορές και βρέθηκε η ενδιάμεση τιμή της παρεμβαλλόμενης τιμής της κάθε παραμέτρου. Στις επόμενες παραγράφους αυτή η μεθοδολογία θα αναφέρεται ως «Individually» ή «ατομική». Η δεύτερη διαδικασία διερευνά εάν είναι σωστή η επιλογή να γίνει παρεμβολή των μεταβλητών ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Γι' αυτό στην δεύτερη υπόπαραλλαγή της μεθόδου όταν γίνει η προσαρμογή της κατανομής ακραίων στα δεδομένα κάθε σταθμού, γίνεται δειγματοληψία μίας μόνο τιμής από κάθε σταθμό, και αυτές στην συνέχεια παρεμβάλλονται στο σταθμό-αναφορά με διασταυρούμενη επικύρωση βρίσκοντας μια κατανομή GEV πλέον και όχι κατανομές για κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Στις επόμενες παραγράφους αυτή η μεθοδολογία θα αναφέρεται ως «Grouped» ή «ομαδική». Τα συνολικά αποτελέσματα για όλους τους σταθμούς παρουσιάζονται συνοπτικά στην Εικόνα 4-6. Στις Εικόνες 4-7 έως 4-9 παρουσιάζονται τα απόλυτα σφάλματα για κάθε έναν σταθμό όπως αυτά προέκυψαν από την μέθοδο της διασταυρούμενης επικύρωσης.



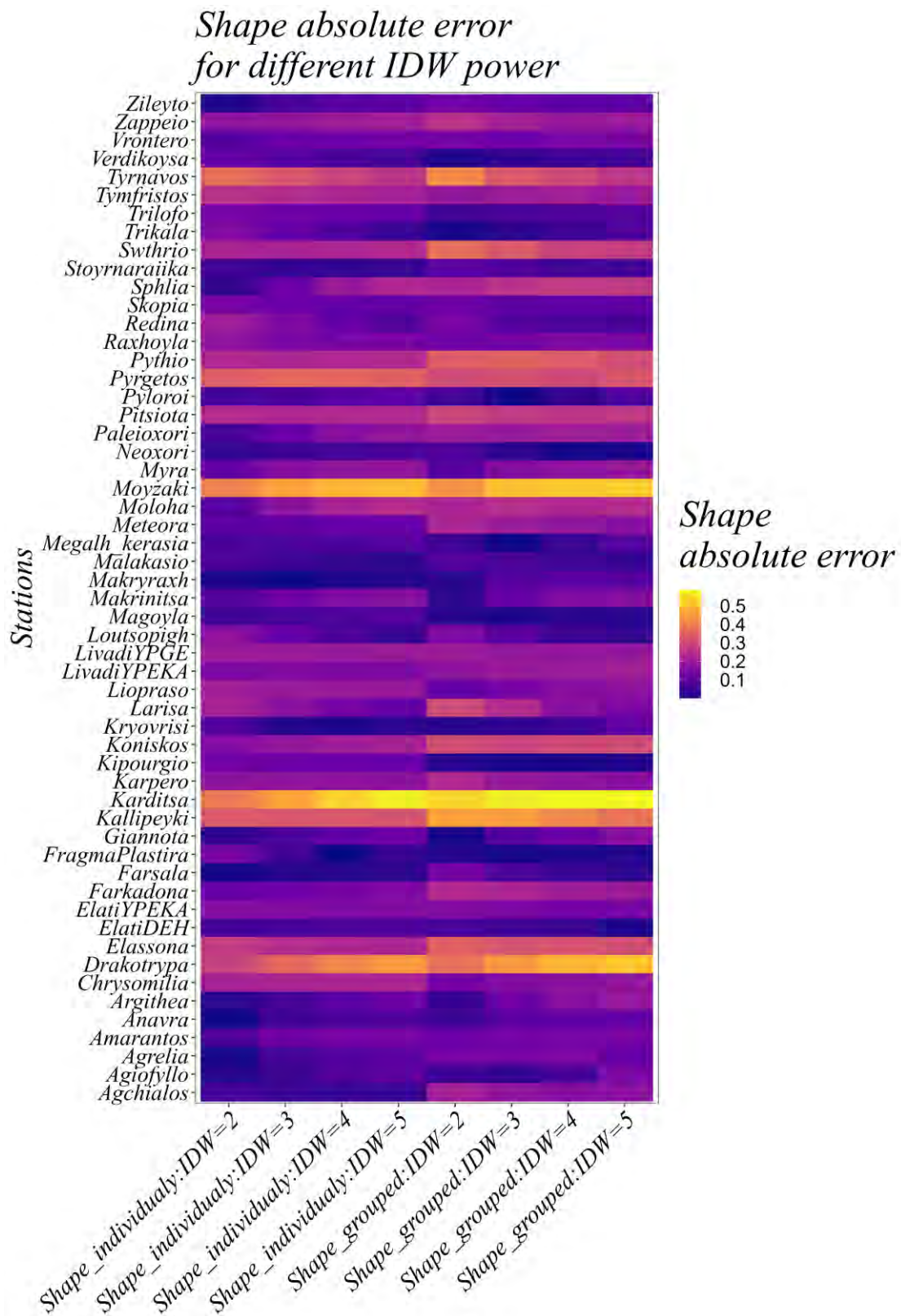
Εικ 4-6: Θηκογράμματα των χωρικά παρεμβαλλόμενων παραμέτρων της κατανομής GEV στο σύνολό τους (παράμετρος θέσης -πάνω, παράμετρος κλίμακας-μέση, παράμετρος σχήματος κάτω) σε σχέση με το θηκογράμμα(πρώτο σε κάθε σχήμα) των παραμέτρων που προέκυψε από την προσαρμογή της ίδιας κατανομής.



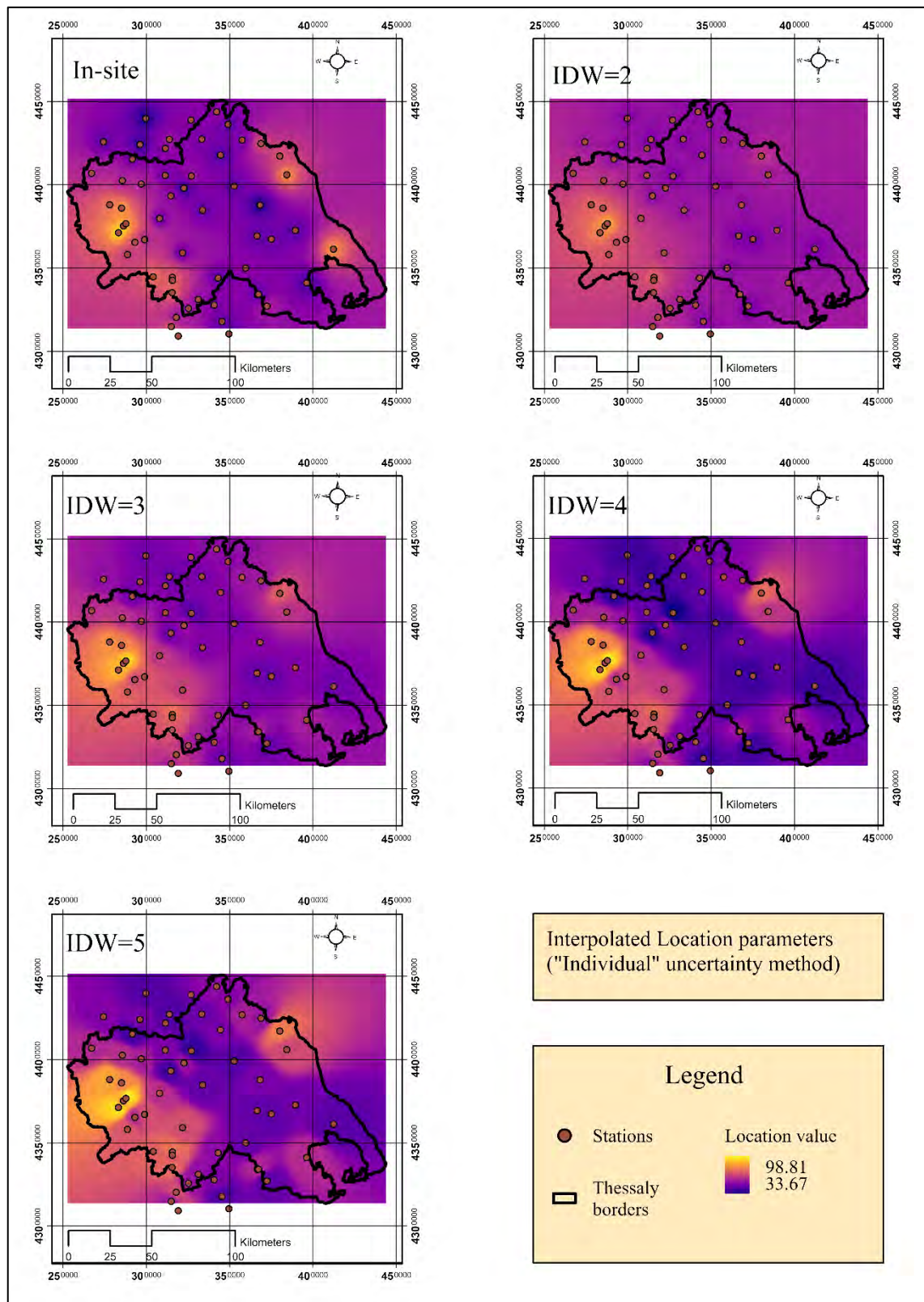
Εικ 4-7: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου θέσης για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW



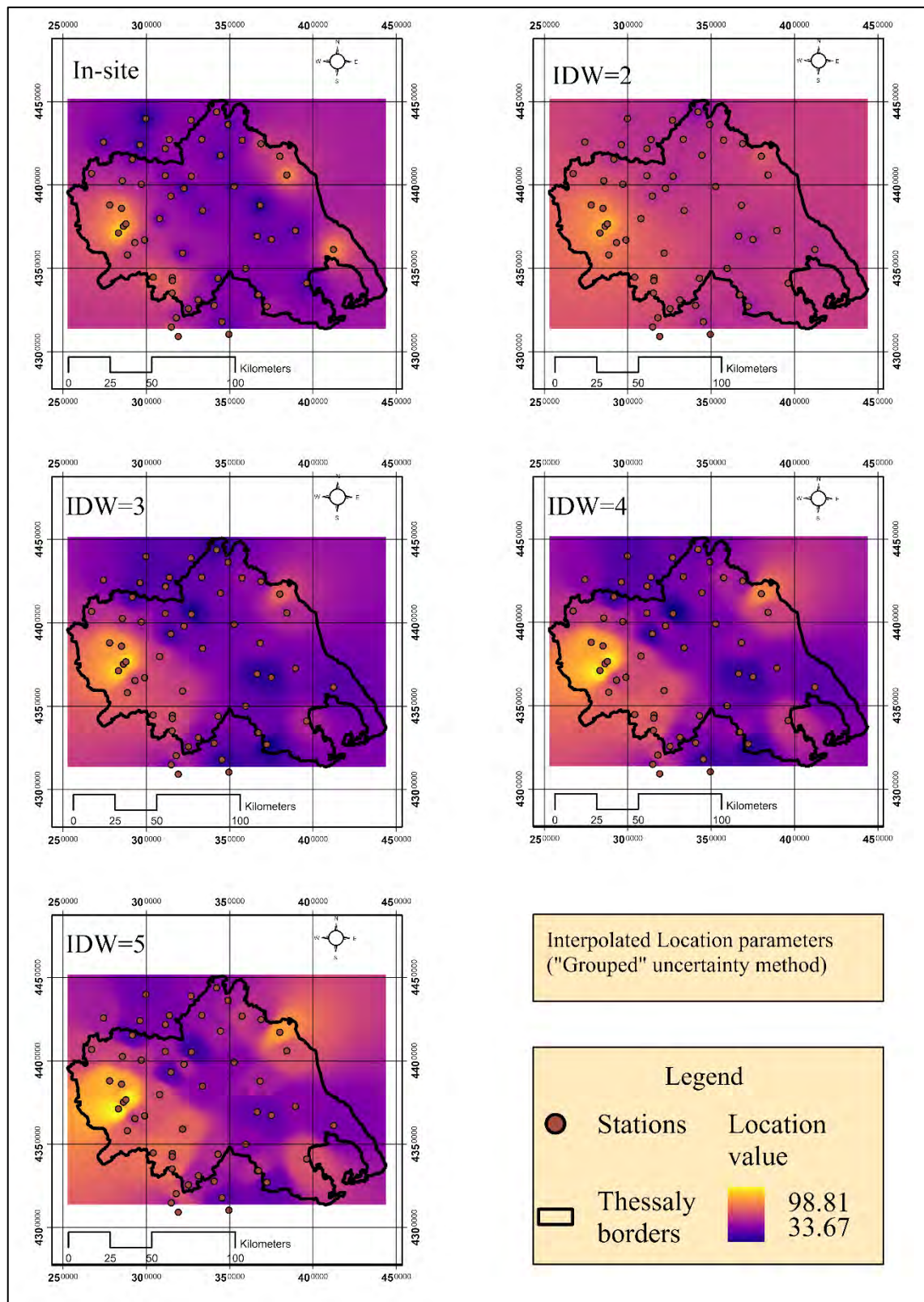
Εικ 4-8: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου κλίμακας για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW



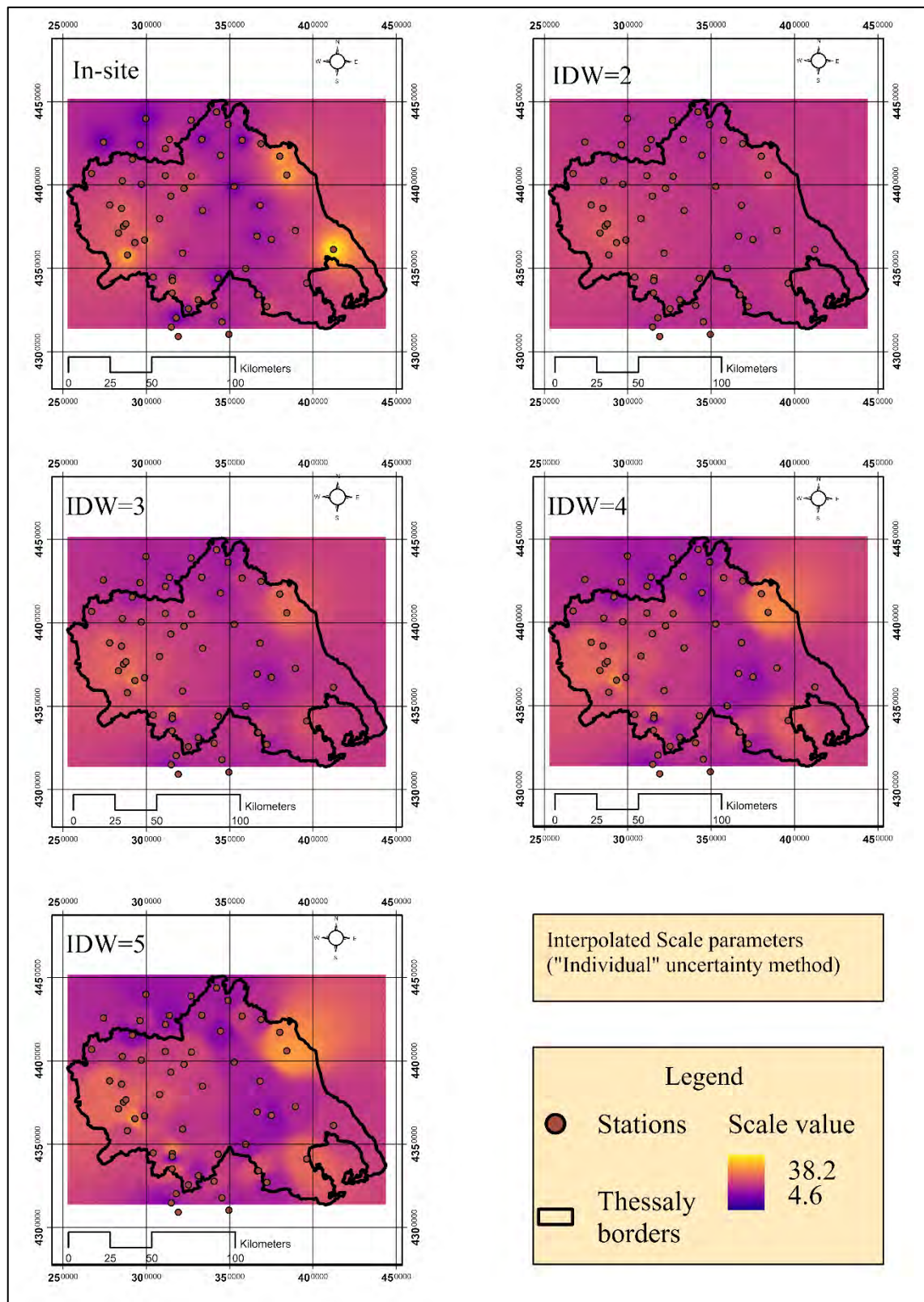
Εικ 4-9: Διάγραμμα απόλυτου σφάλματος της παραμέτρου κλίμακας για κάθε έναν σταθμό ξεχωριστά για διαφορετικές μεθοδολογίες παρεμβολής και παραμέτρου βάρους της IDW



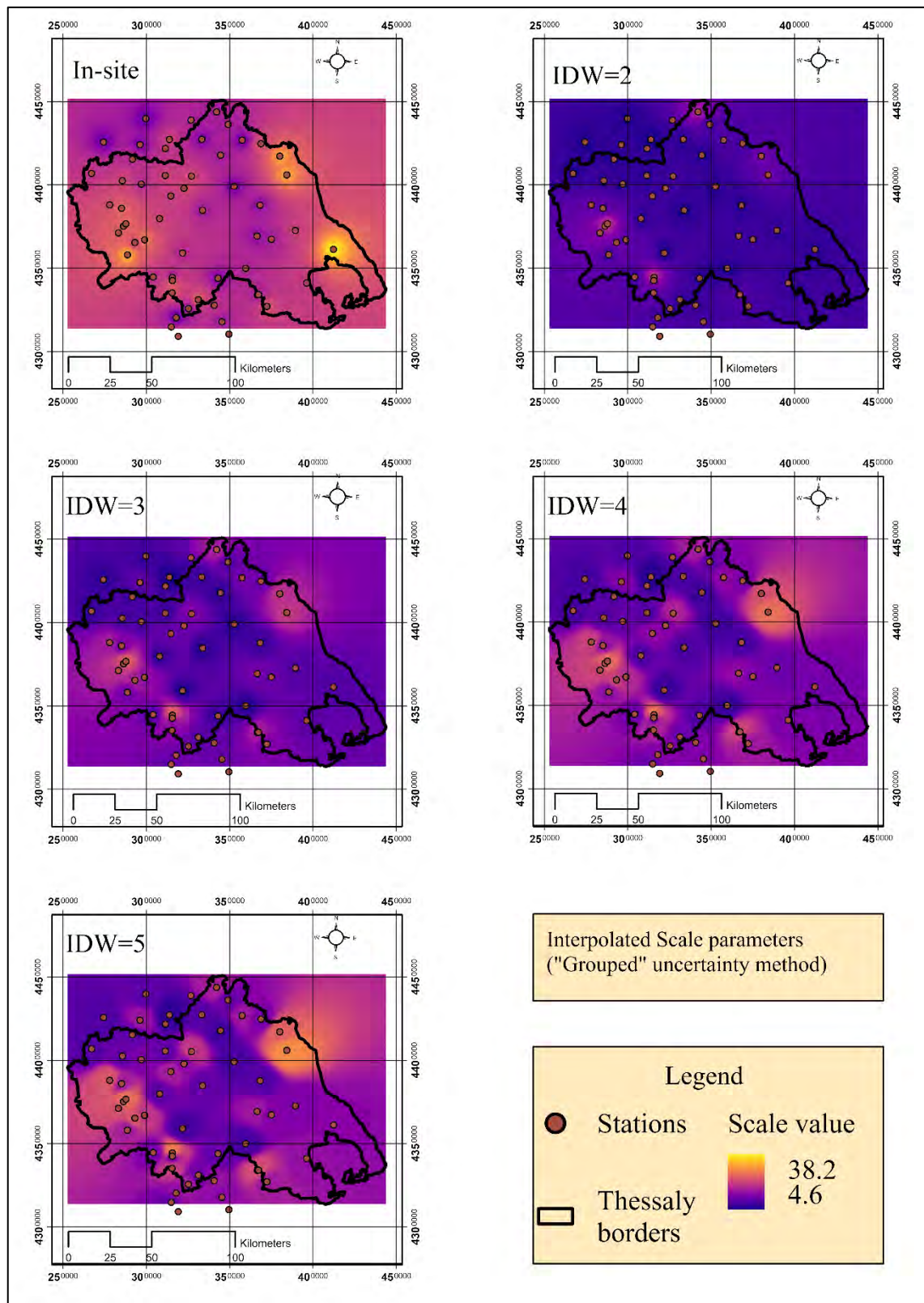
Εικ 4-10 Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Θέσης της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας



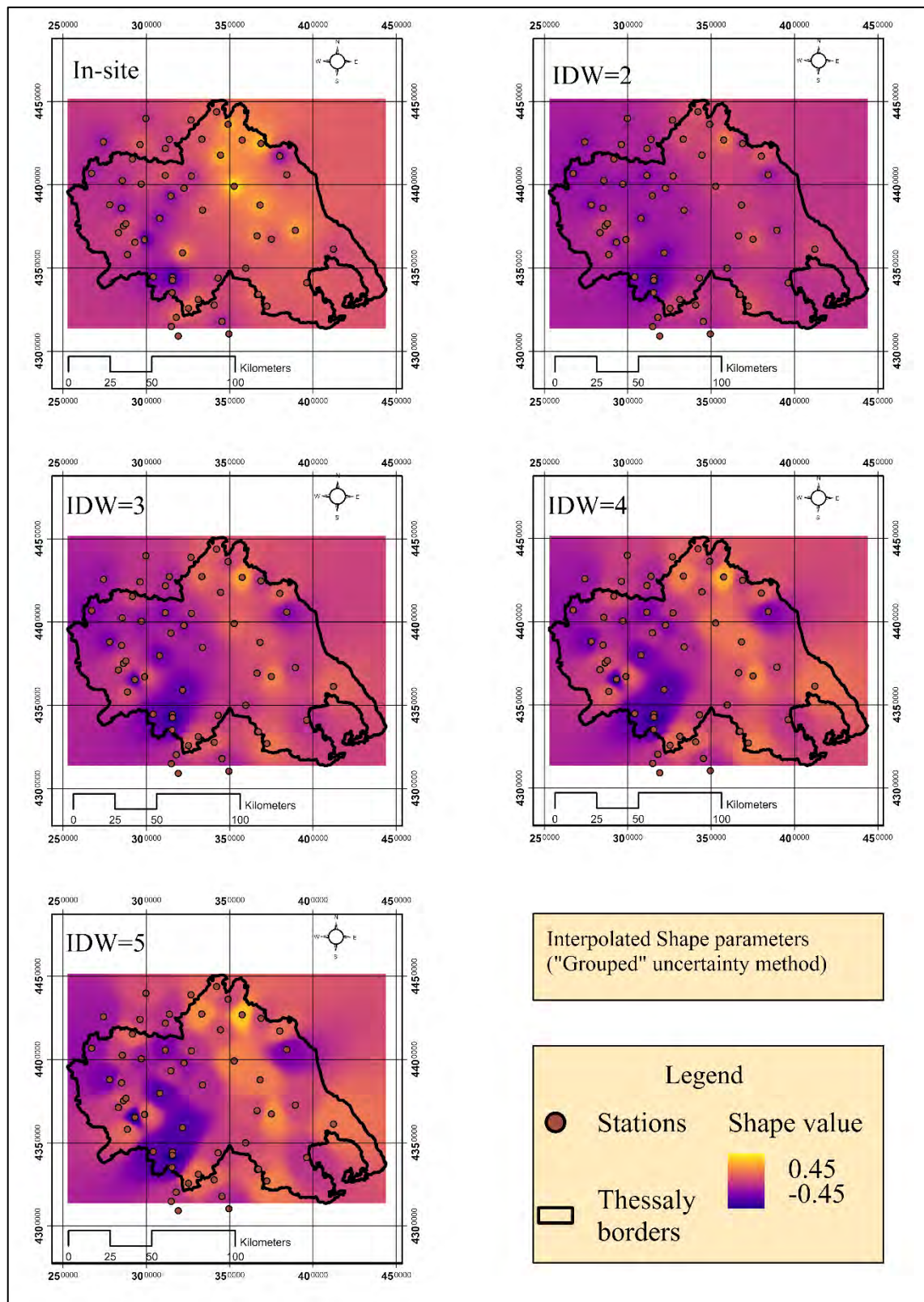
Εικ 4-11: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Θέσης της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας



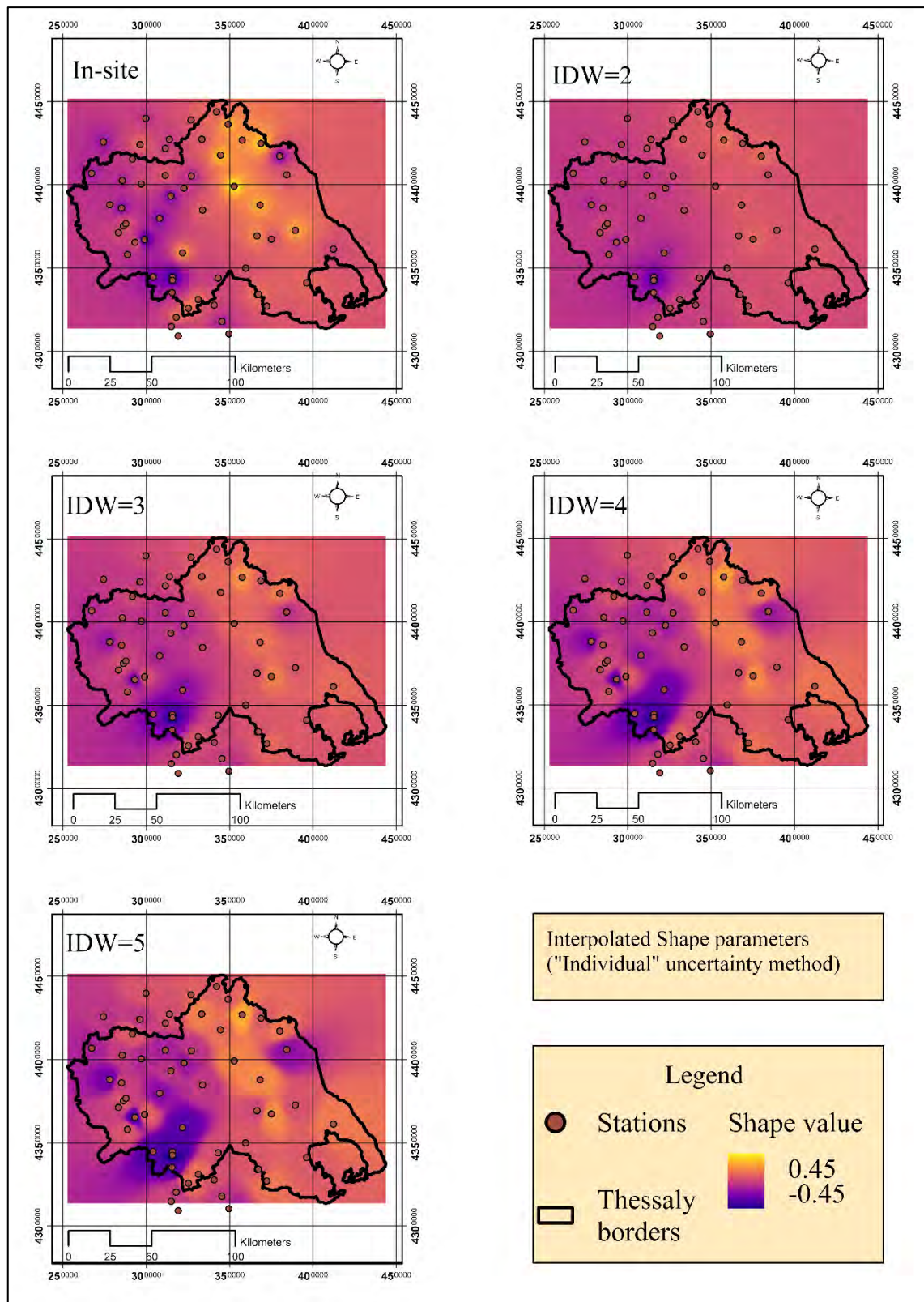
Εικ 4-12: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Κλίμακας της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας



Εικ 4-13: : Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Κλίμακας της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας



Εικ 4-14: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Σχήματος της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ομαδική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας



Εικ 4-15: Χάρτες χωρικής παρεμβολής των παραμέτρων Σχήματος της κατανομής GEV όπως αυτές υπολογίστηκαν με τη ατομική μέθοδο ανάλυσης αβεβαιότητας

4.4 Αξιολόγηση δικτύου

Για την αξιολόγηση του δικτύου χρησιμοποιήθηκε διάδικός γενετικός αλγόριθμος για την βελτιστοποίηση τεσσάρων διαφορετικών αντικειμενικών συναρτήσεων υπό τις παραμέτρους είκοσι διαφορετικών σεναρίων (για τιμές βαρών της συνάντησης αντίστροφης απόστασης και για πέντε διαφορετικούς πληθυσμούς σταθμών). Οι αντικειμενικές συναρτήσεις βασίστηκαν στην παράμετρο θέσης και κλίμακας αφού διαπιστώσαμε στις παραπάνω παραγράφους ότι η παράμετρος σχήματος δεν έχει χωρική εξάρτηση.

Η πρώτη αντικειμενική συνάρτηση ορίζεται ως το άθροισμα των απόλυτων σφαλμάτων της παραμέτρου κλίμακας και των υπολοίπων της παραμέτρου θέσης μετά από γραμμική παρεμβολή με το υψόμετρο των σταθμών.

$$Obj_1 = \sum(AE_{Scale} + AE_{Residuals(z)}) \quad 4-1$$

Η δεύτερη αντικειμενική συνάρτηση ορίζεται ως το άθροισμα των απόλυτων σφαλμάτων της παραμέτρου κλίμακας και των υπολοίπων της παραμέτρου θέσης μετά από γραμμική παρεμβολή με το υψόμετρο και τις συντεταγμένες των σταθμών.

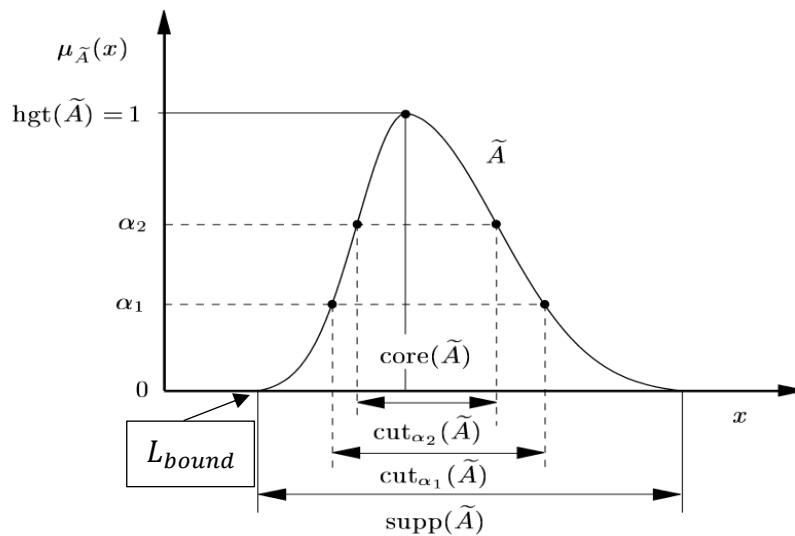
$$Obj_2 = \sum(AE_{Scale} + AE_{Residuals(xyz)}) \quad 4-2$$

Η τρίτη αντικειμενική συνάρτηση ορίζεται ως το τετραγωνικό απόλυτο σφάλμα των άνω και κάτω ορίων της τριγωνικής συνάρτησης μέλους που ορίστηκε για την κάθε παράμετρο σύμφωνα με την κατανομή δείγματος τους.

$$Obj_3 = \sum(ASE(Support(\tilde{A}))) \quad 4-3$$

Η τέταρτη αντικειμενική συνάρτηση ορίζεται ως το άθροισμα των απολύτων σφαλμάτων του λόγου απόστασης ελάχιστης τιμής βάσης-μέγιστης τιμής και μέγιστης τιμής – μέγιστης τιμής βάσης της συνάρτησης μέλους της κάθε παραμέτρου.

$$Obj_4 = \sum\left(\frac{L_{bound} - hgt(\tilde{A})}{support(\tilde{A})}\right) \quad 4-4$$



Εικ 4-16: Απεικόνιση ασαφούς αριθμού με τις αντίστοιχες α -τομές. Πηγή: ('Applied fuzzy arithmetic: an introduction with engineering applications', 2005)

Στον πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αντικειμενικών συναρτήσεων και στο παράρτημα οι σταθμοί που επιλέχθηκαν για όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις και για όλα τα σενάρια

Πίνακας 4 3: Αποτελέσματα βέλτιστων τιμών των αντικειμενικών συναρτήσεων για την αξιολόγηση βροχομετρικών δικτύων (οι τιμές είναι αρνητικές γιατί οι γενετικοί αλγόριθμοι επιλύουν προβλήματα μεγιστοποίησης)

Scenario	Obj 1	Obj 2	Obj 3	Obj 4
Number of stations= 5 and IDW= 2	-602.59	-588.72	-905.54	-0.85
Number of stations= 10 and IDW= 2	-447.73	-470.79	-756.91	-0.83
Number of stations= 15 and IDW= 2	-379.75	-372.43	-630.63	-0.75
Number of stations= 25 and IDW= 2	-256.19	-236.66	-400.90	-0.56
Number of stations= 35 and IDW= 2	-137.53	-132.29	-245.69	-0.26
Number of stations= 5 and IDW= 3	-613.68	-617.51	-953.36	-0.85
Number of stations= 10 and IDW= 3	-448.66	-457.09	-784.94	-0.84
Number of stations= 15 and IDW= 3	-369.69	-379.76	-664.68	-0.76
Number of stations= 25 and IDW= 3	-248.16	-227.58	-431.36	-0.51
Number of stations= 35 and IDW= 3	-127.35	-120.27	-246.00	-0.27
Number of stations= 5 and IDW= 4	-620.09	-605.51	-939.03	-0.84
Number of stations= 10 and IDW= 4	-440.78	-480.57	-839.94	-0.93
Number of stations= 15 and IDW= 4	-389.90	-351.69	-699.50	-0.78
Number of stations= 25 and IDW= 4	-205.90	-231.19	-458.76	-0.56
Number of stations= 35 and IDW= 4	-132.65	-129.96	-239.25	-0.28
Number of stations= 5 and IDW= 5	-610.09	-598.02	-994.44	-0.84
Number of stations= 10 and IDW= 5	-494.62	-494.17	-775.12	-0.86
Number of stations= 15 and IDW= 5	-395.19	-374.21	-671.38	-0.74
Number of stations= 25 and IDW= 5	-242.81	-248.79	-455.92	-0.54
Number of stations= 35 and IDW= 5	-145.61	-134.11	-257.58	-0.27

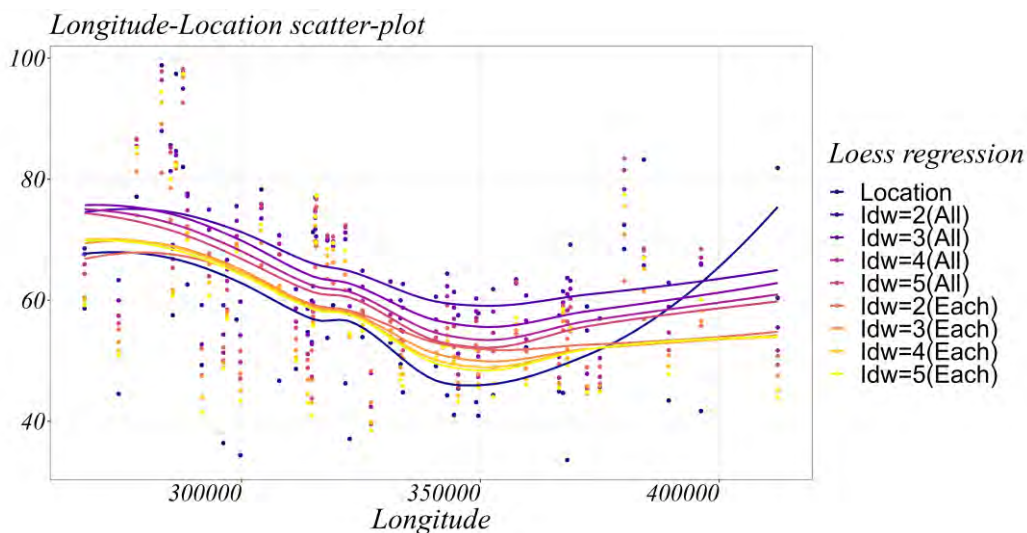
)

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

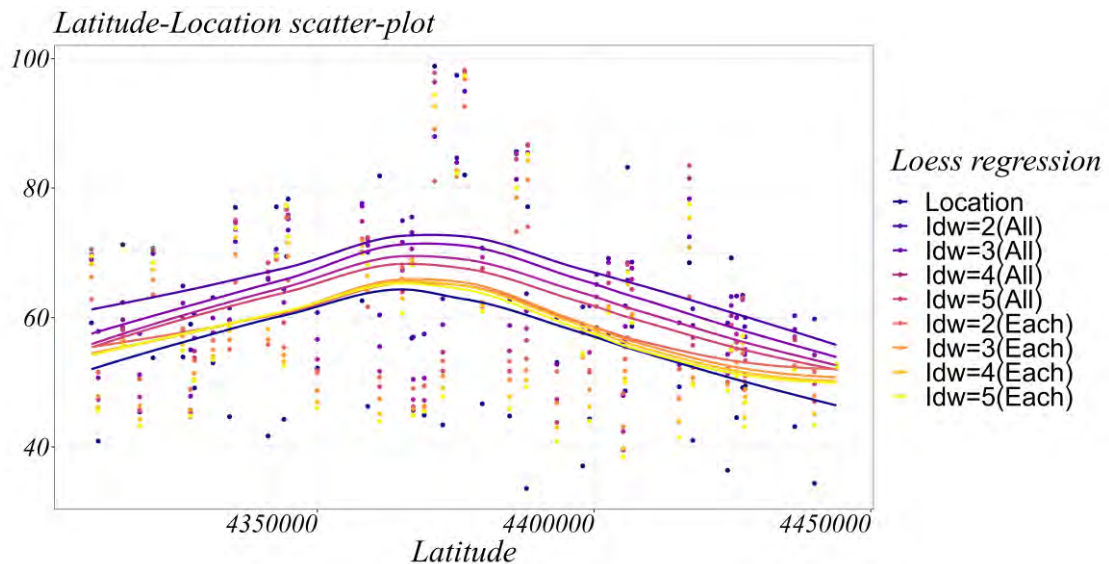
5.1 Παράμετροι της κατανομής GEV

Για καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα τα οποία εξερευνούν τις σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων της κατανομής και διάφορων άλλων παραμέτρων όπως της γεωγραφικής θέσης, του υψομέτρου αλλά και του αριθμού των δεδομένων που παρείχε ο κάθε σταθμός.

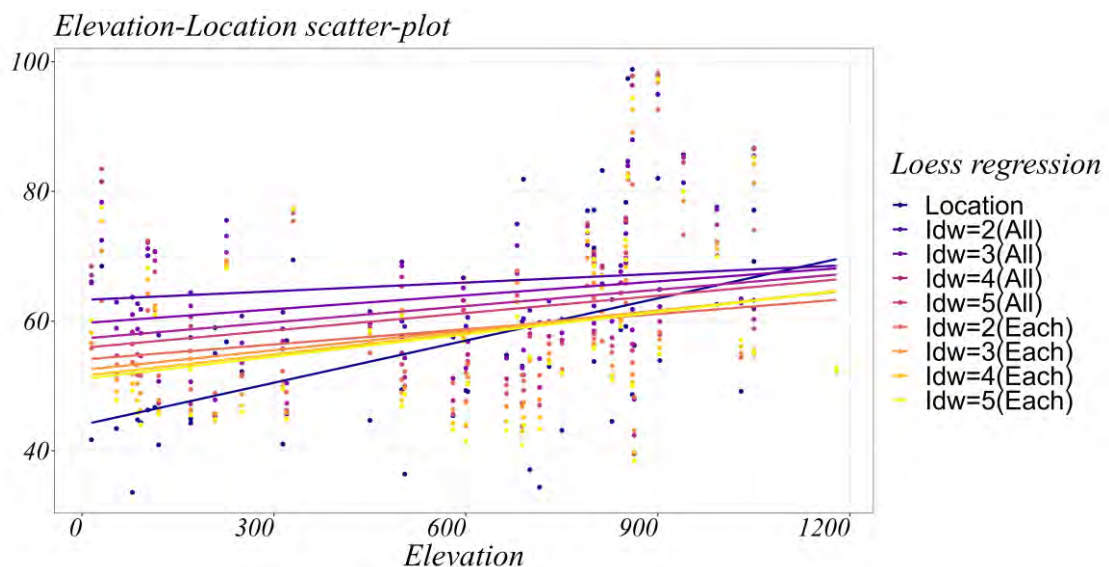
Σύμφωνα με τις εικόνες 5-1 και 5-2 η παράμετρος θέσης εμφανίζει χωρική μεταβλητότητα τόσο με το γεωγραφικό μήκος όσο με το πλάτος. Στην εικόνα 5-1 παρατηρούμε μια φθίνουσα τάση μέχρι τη μέση του γεωγραφικού μήκους και στην συνέχεια μια σχεδόν σταθερή διακύμανση. Η γραμμική παρεμβολή της παραμέτρου θέσης από τη προσαρμογή της κατανομής ακραίων στα δεδομένα των σταθμών παρουσιάζει μια αύξηση στα ανατολικά η οποία δεν μπορεί να αποτυπωθεί στις μεθοδολογίες χωρικής παρεμβολής. Στην εικόνα 5-2 παρατηρούμε αύξηση της γραμμής της παρεμβολής μέχρι την μέση του γεωγραφικού πλάτους και μετά μείωση. Και στις δυο εικόνες η γραμμική παρεμβολή αποτυπώνει τη χωρική διακύμανση της παραμέτρου θέσης με την μέθοδο της ατομικής παρεμβολής των παραμέτρων να είναι καλύτερη. Στην εικόνα 5-3 βλέπουμε την σχέση του υψομέτρου με την παράμετρο θέσης. Καμία από τις μεθόδους δεν μπορεί να αποτυπώσει σε ικανοποιητικό βαθμό τη πραγματική αυξητική τάση.



Εικ 5-1: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

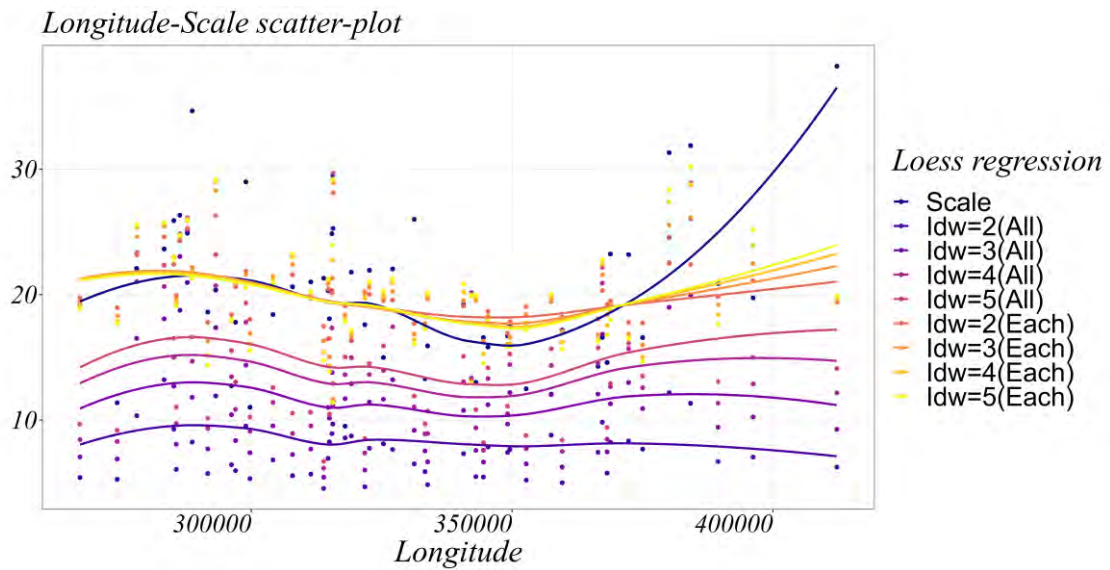


Εικ 5-2: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

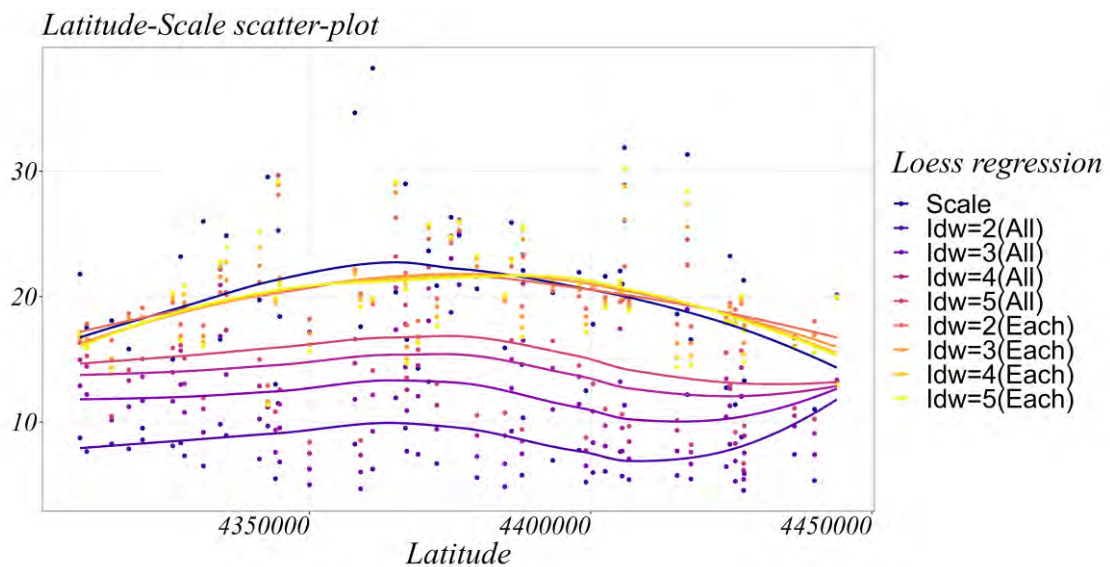


Εικ 5-3: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης – υψομέτρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

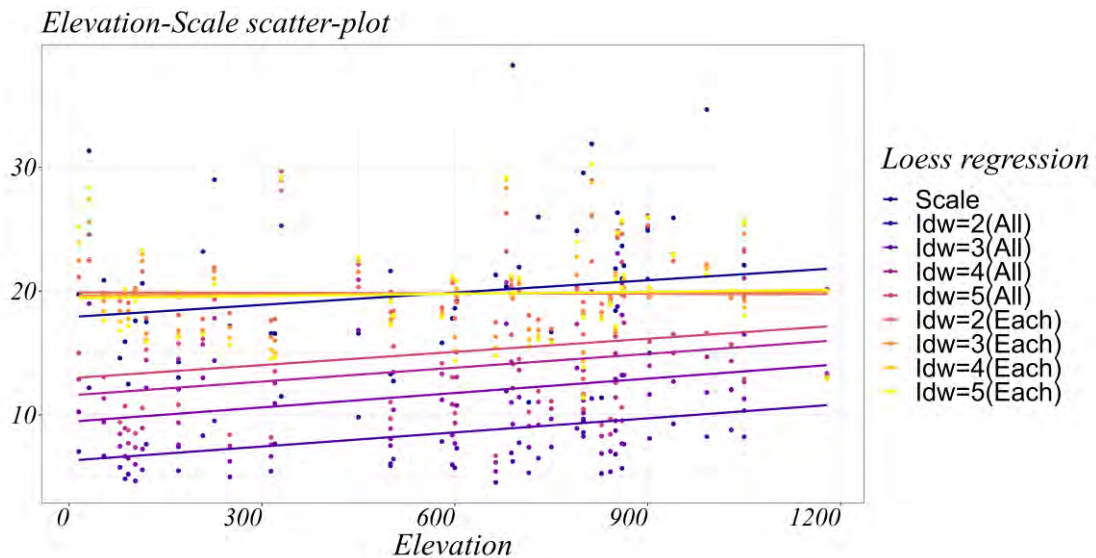
Στις εικόνες 5-4 και 5-5 βλέπουμε τη σχέση της παραμέτρου κλίμακας με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Οι γραμμικές παρεμβολές που εμφανίζονται έχουν παρόμοιες τάσεις με αυτές της παραμέτρου θέσης αν και σε λιγότερο βαθμό. Εμφανίζεται επίσης και η τιμή στα πιο ανατολικά της Θεσσαλίας η οποία δεν μπορεί να υπολογιστεί από τις χωρικές παρεμβολές. Οι καλύτερες παρεμβολές και σε αυτή την περίπτωση είναι αυτές που παρεμβάλουν τις παραμέτρους ατομικά. Επίσης όσον αφορά την σχέση με το υψόμετρο (εικόνα 5-6) παρατηρούμε ότι ενώ η ατομική παρεμβολή βρίσκει καλύτερα αποτελέσματα, η ομαδική παρεμβολή αποτυπώνει καλύτερα την κλίση της γραμμικής παρεμβολής.



Εικ 5-4: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

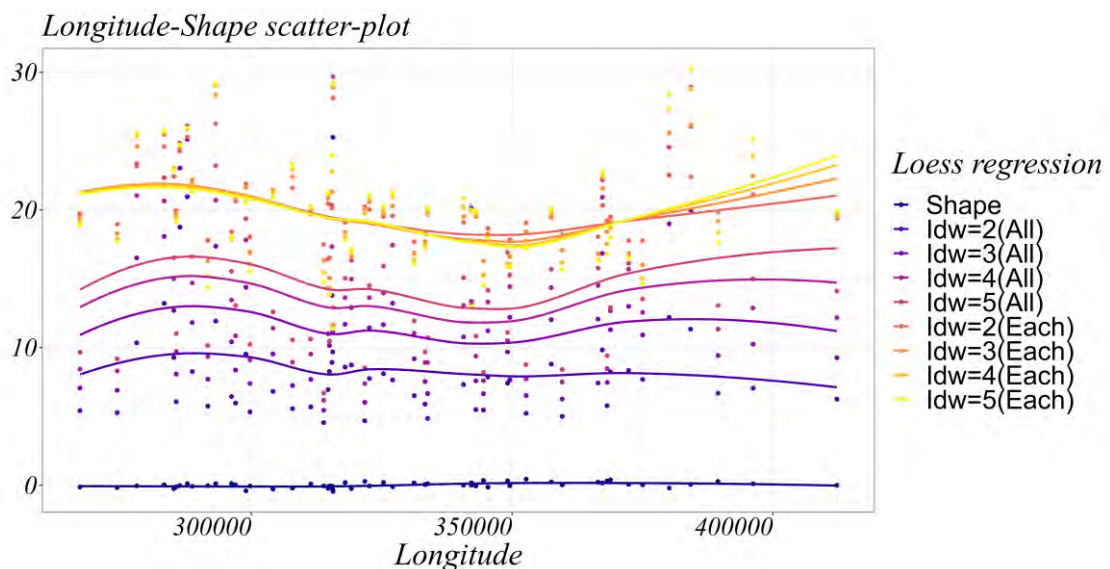


Εικ 5-5 Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

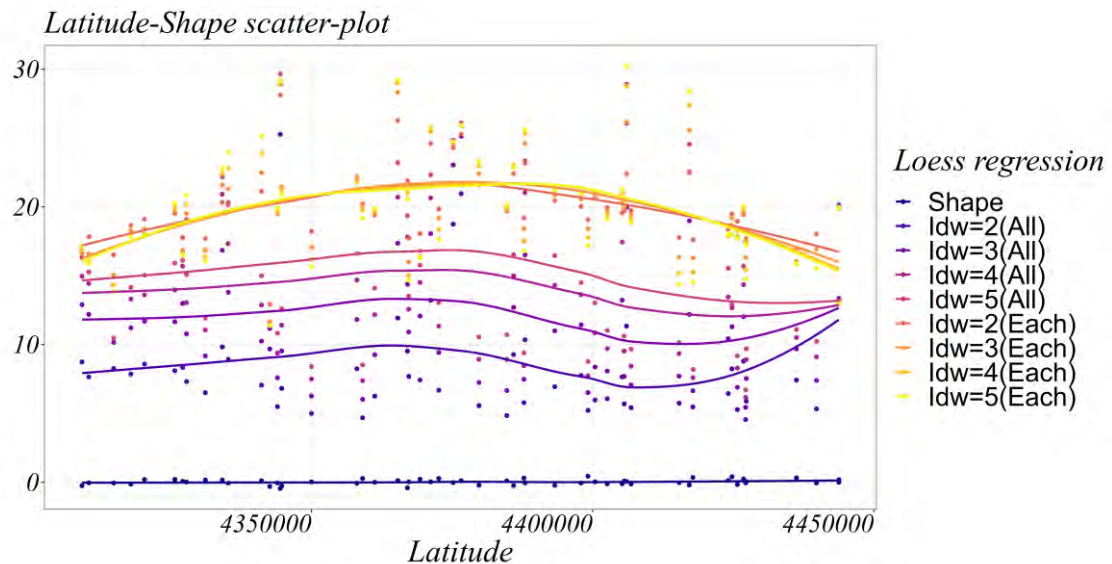


Εικ 5-6 Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας –υψόμετρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σχέσεις μεταξύ παραμέτρου σχήματος με το γεωγραφικό μήκος – πλάτος και υψόμετρο. Παρατηρούμε ότι στην πραγματικότητα η παράμετρος αυτή δεν παρουσιάζει χωρική μεταβλητότητα. Καμία μέθοδος γραμμικής παρεμβολής δεν μπορεί να αποτυπώσει το γεγονός αυτό αλλά ούτε τις πραγματικές τιμές συνεπώς η χωρική παρεμβολή αυτής της παραμέτρου δεν προτείνεται

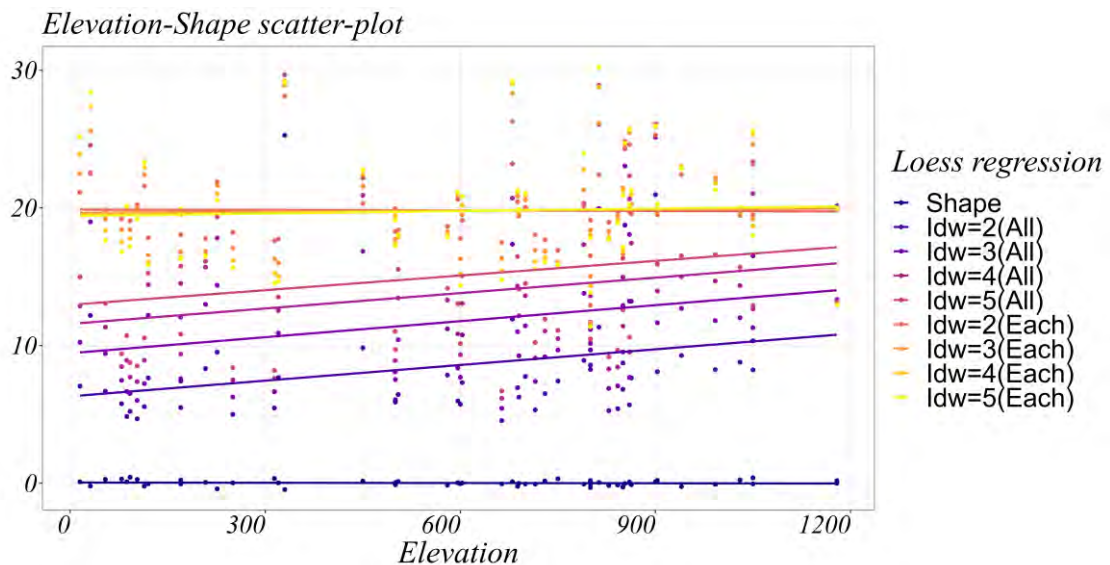


Εικ 5-7 : Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος – γεωγραφικού πλάτους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

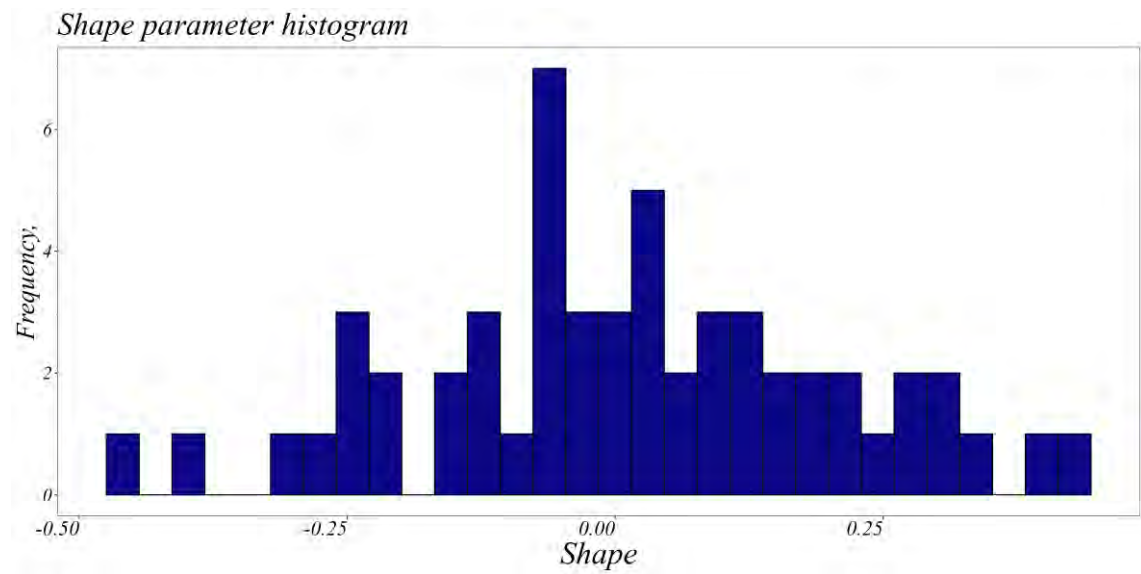


Εικ 5-8 : Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος – γεωγραφικού μήκους για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας

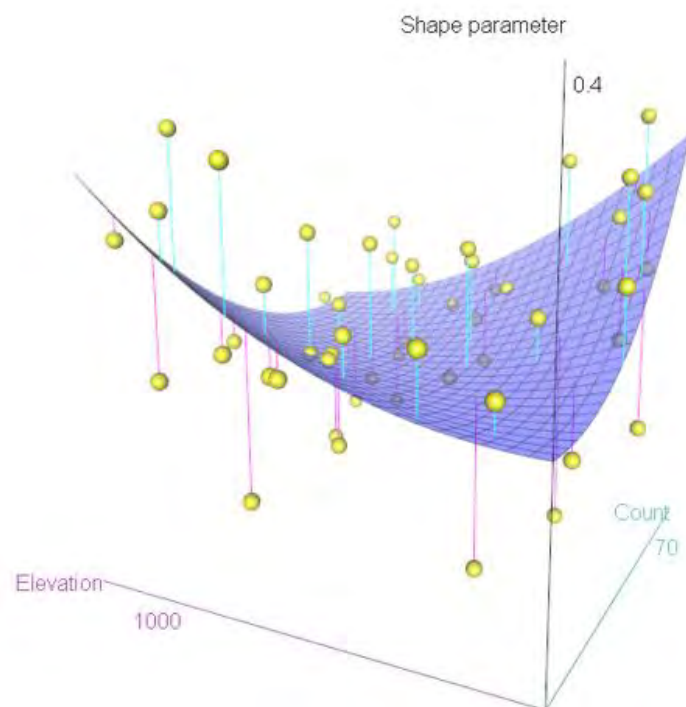
Από την ανάλυση των παραμέτρων είδαμε ότι η ενδιάμεση τιμή της παραμέτρου σχήματος είναι 0,008. Περαιτέρω ανάλυση φαίνεται στο ιστόγραμμα (εικόνα 5-10) όπου το σύνολο των τιμών φαίνεται να περιορίζεται μεταξύ των ορίων -0,45 και 0,45.



Εικ 5-9: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου σχήματος –υψομέτρου για διαφορετικές μονάδες βάρους της παρεμβολής IDW και για τις δυο μεθόδους ανάλυσης της αβεβαιότητας



Εικ 5-10: Ιστόγραμμα παραμέτρου σχήματος



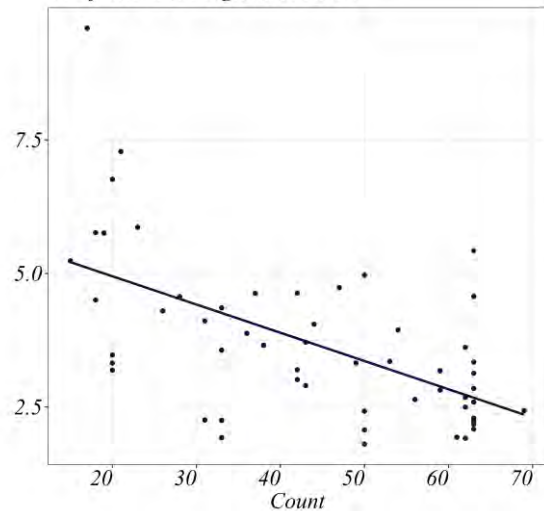
Εικ 5-11: Σχέση μεταξύ παραμέτρου σχήματος-υψόμετρου και αριθμού δεδομένων από τους σταθμούς

5.2 Αβεβαιότητα παραμέτρων

Από τα αποτελέσματα της μελέτης συμπεραίνουμε ότι η τυπική απόκλιση της κατανομής της παραμέτρου θέσης κυμαίνεται από 1,8 έως 9,95 με ενδιάμεση τιμή 3,34. Η τυπική απόκλιση της κατανομής της παραμέτρου κλίμακας κυμαίνεται από 1,3 έως 7,3 με ενδιάμεση τιμή 2,7 και τέλος η τυπική απόκλιση της κατανομής της παραμέτρου σχήματος κυμαίνεται από 0.09 έως 0.24 με ενδιάμεση τιμή 0.12. Από τις Εικόνες 4-2 έως 4-4 παρατηρούμε ότι η τυπική απόκλιση αλλάζει από σταθμό σε σταθμό..

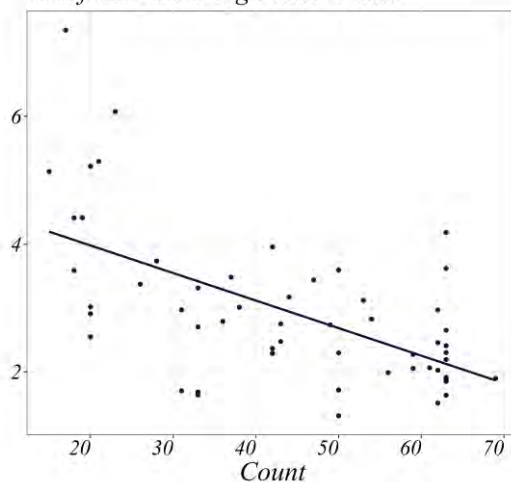
Αυτή η συμπεριφορά εξαρτάται από τον αριθμό του αρχικού δείγματος. Προσαρμόζοντας ένα μοντέλο γραμμικής παρεμβολής στις τιμές των παραμέτρων θέσης, κλίμακας και σχήματος με τα τυπικά σφάλματα από τη μέθοδο bootstrap που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση αβεβαιότητας της προσαρμογής της GEV παρατηρούμε μία ισχυρή αρνητική τάση (εικ 5-12 έως 5-13). Αυτό το αποτέλεσμα συμφωνεί με την εργασία των (Papalexiou and Koutsoyiannis, 2013).

St.Error of Location parameter and fitted linear regression model

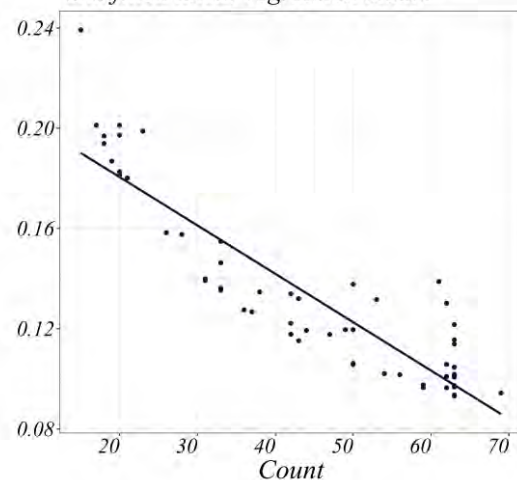


Εικ 5-12: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου θέσης και τυπικού σφάλματος από την ανάλυση αβεβαιότητας της προσαρμογής της κατανομής GEV

St.Error of Scale parameter and fitted linear regression model



St.Error of Shape parameter and fitted linear regression model



Εικ 5-13: Γραμμική παρεμβολή παραμέτρου κλίμακας (αριστερά) και σχήματος (δεξιά) και τυπικού σφάλματος από την ανάλυση αβεβαιότητας της προσαρμογής της κατανομής GEV

5.3 Αβεβαιότητα χωρικής παρεμβολής

Από τις εικόνες 4-7 έως 4-9 αλλά και από τους πίνακες 5-1 έως 5-3 παρατηρούμε ότι η μεθοδολογία ατομικής παρεμβολής της κάθε παραμέτρου παράγει καλύτερα αποτελέσματα με αυτά να καλυτερεύουν καθώς η παράμετρος βάρους αυξάνεται. Αυτό παρατηρείται και στις δυο μεθόδους πράγμα που επιβεβαιώνει τον πρώτο νόμο της γεωγραφίας σύμφωνα με τον (Tobler, 1970) δηλαδή ότι τα σημεία που έχουν μικρή απόσταση είναι και πιο όμοια μεταξύ τους. Τα καλύτερα αποτελέσματα παρουσιάζονται για την παράμετρο κλίμακας με το μέσο απόλυτο σφάλμα να είναι 4.60 για δύναμη βάρους 2. Τόσο η παράμετρος θέσης και κλίμακας, με την αύξηση της παραμέτρου βάρους τόσο καλύτερα τα αποτελέσματα, αντίθετη συμπεριφορά όμως παρουσιάζει η παράμετρος σχήματος στη ατομική μέθοδο που όσο μεγαλώνει η τιμή βάρους τα σφάλματα αυξάνονται (πίνακας 5-3 MAE). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η παράμετρος σχήματος έχει να κάνει περισσότερο με το δείγμα των μετρήσεων παρά με την γεωγραφική θέση του σταθμού αφού με την μείωση της παραμέτρου βάρους αυξάνεται η συμμετοχή των μακρινών σταθμών περισσότερο. Τέλος από τις εικόνες 4-7 έως 4-9 παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα σφάλματα για τις παραμέτρους θέσης και κλίμακας συμβαίνουν στην Μακρινίτσα – λογικό αφού είναι ένας μοναδικός σταθμός σε υψόμετρο 690μ και ο κοντινότερος είναι αυτός της Αγχιάλου με υψόμετρο 15μ- και για την παράμετρο σχήματος τα μεγαλύτερα απόλυτα σφάλματα συμβαίνουν για τους σταθμούς στη Καρδίτσα και στο Μουζάκι γεγονός που πιθανός να οφείλεται στο ότι οι σταθμοί δίνουν ένα μεγάλο αριθμό δειγμάτων ενώ οι γειτονικοί σταθμοί παρέχουν ένα μικρό αριθμό.

Πίνακας 5-1: Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο θέσης της Gev

	Location Individual IDW=2	Location Individual IDW=3	Location Individual IDW=4	Location Individual IDW=5	Location Grouped IDW=2	Location Grouped IDW=3	Location Grouped IDW=4	Location Grouped IDW=5
MAE	9.01	8.52	8.59	8.66	12.80	11.21	10.34	10.03
MAPE	0.17	0.16	0.16	0.16	0.26	0.22	0.20	0.19
MSE	123.52	114.92	118.38	123.98	214.17	174.90	158.52	154.55

Πίνακας 5-2: Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο κλίμακας της GEV

	Scale Individual IDW=2	Scale Individual IDW=3	Scale Individual IDW=4	Scale Individual IDW=5	Scale Grouped IDW=2	Scale Grouped IDW=3	Scale Grouped IDW=4	Scale Grouped IDW=5
MAE	4.60	4.61	4.69	4.75	12.04	9.10	7.43	6.62
MAPE	0.26	0.26	0.26	0.26	0.59	0.45	0.37	0.34
MSE	38.96	38.66	39.26	40.13	175.81	113.14	82.19	68.21

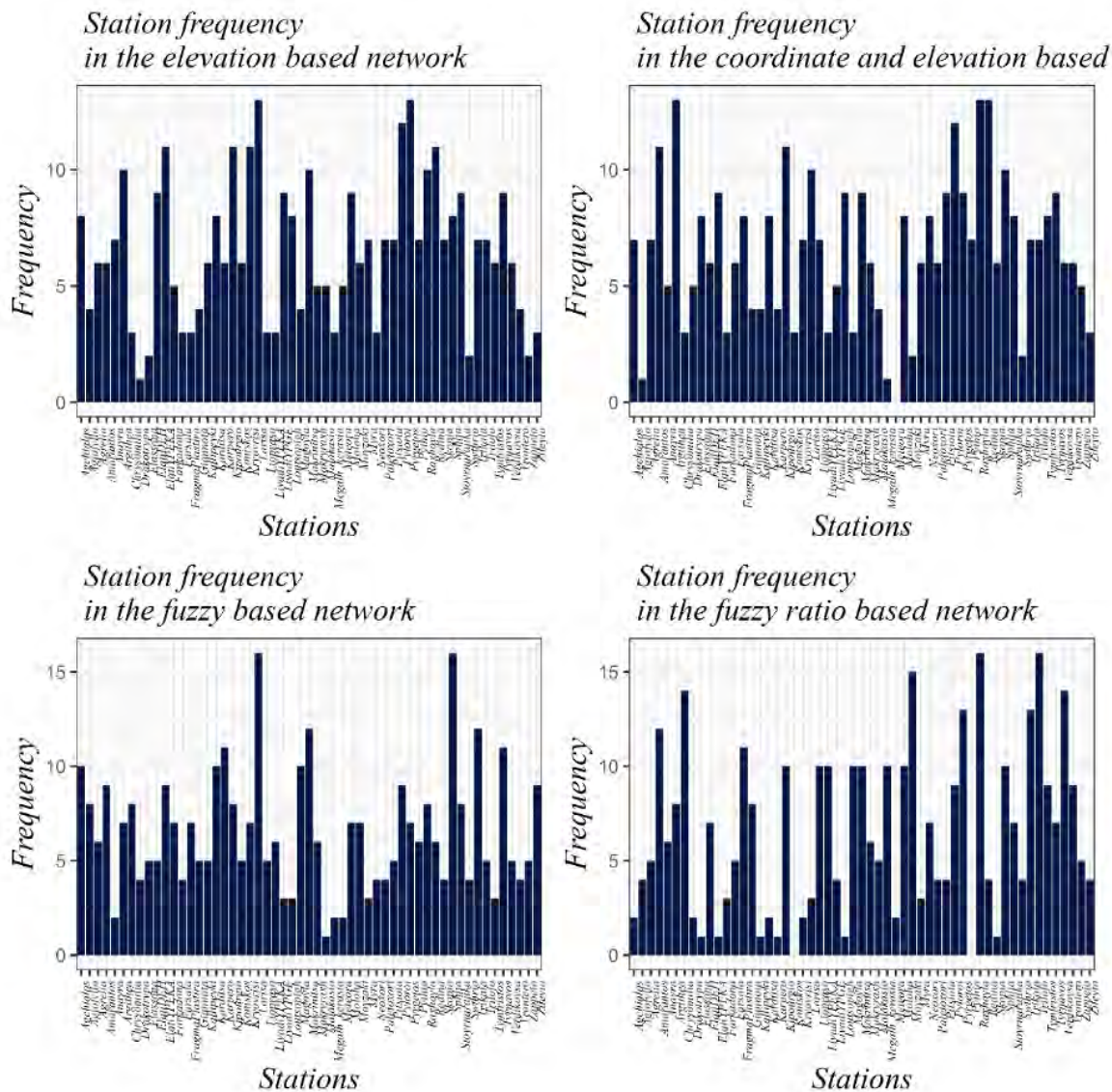
Πίνακας 5-3: Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο σχήματος της GEV

	Shape Individual IDW=2	Shape Individual IDW=3	Shape Individual IDW=4	Shape Individual IDW=5	Shape Grouped IDW=2	Shape Grouped IDW=3	Shape Grouped IDW=4	Shape Grouped IDW=5
MAE	4.60	4.61	4.69	4.75	12.04	9.10	7.43	6.62
MAPE	0.26	0.26	0.26	0.26	0.59	0.45	0.37	0.34
MSE	38.96	38.66	39.26	40.13	175.81	113.14	82.19	68.21

Πίνακας 5-4: Αποτελέσματα παρεμβολής για την παράμετρο σχήματος της GEV

5.4 Αποτελέσματα από την ανάλυση του δικτύου βροχόμετρων

συναρτήσεις είναι διαλέγοντας έναν τυχαίο συνδυασμό σταθμών ίδιου πλήθους με την μέθοδο της διασταυρούμενης επικύρωσης για να μειωθεί το αθροιστικό απόλυτο σφάλμα στους σταθμούς οι οποίοι δεν επιλεχθήκαν. Συνεπώς τα καλύτερα αποτελέσματα που δίνονται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των σταθμών στο δίκτυο συμβαίνει γιατί συγχρόνως μειώνεται ο αριθμός των σημείων που γίνεται η επικύρωση, με αποτέλεσμα να μειώνεται το σφάλμα. Αυτό είναι ένα ξεκάθαρο πρόβλημα συμβιβασμού μεροληψίας-διακύμανσης (Belkin *et al.*, 2019) αφού με τον μικρότερο αριθμό σταθμών έχουμε μεγαλύτερη διακύμανση αποτελεσμάτων άρα και σφαλμάτων όμως μικρότερη μεροληψία στα των μη γνωστών σημείων. Οι πιο σημαντικοί σταθμοί αποτελούν αυτοί οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν αθροιστικά περισσότερο σε όλες τις μεθοδολογίες(εικ 5-14)



Εικ 5-14: Διαγράμματα συχνότητας χρήσης σταθμών για τις τέσσερις αντικειμενικές συναρτήσεις και για όλα τα σενάρια

Οι σταθμοί αυτοί είναι των περιοχών Ραχούλα, Σπηλιά, Λάρισα, Πυλωροί, Πυργετος, Μακρινίτσα, και Κηπουργιό με τα δεδομένα τους να δίνονται στον πίνακα 5-4. Η επιλογή των πιο σημαντικών σταθμών δεν παρουσιάζει κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο, γεγονός που είναι το αναμενόμενο και το επιθυμητό αφού με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η καλύτερη κάλυψη όλης της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα οι καλύτεροι σταθμοί

Πίνακας 5-5: Χαρακτηριστικά των πιο επιλεγμένων σταθμών από την ανάλυση των βροχομετρικών δικτύων

Όνομα	X	Y	Υψόμετρο	Π.Θεσης	Π.Κλίμακας	Π.Σχήματος	Χρόνια
Ραχούλα	315664	4344437	330	69.43	11.49	-0.45	33
Σπηλιά	384223	4406031	813	83.22	31.87	0.053	63
Λάρισα	368210	4387785	79	33.58	14.58	0.30	50
Πυρωλίδι	299745.9	4439831.9	715.1	34.37	11.015	-0.05	31
Πυργετός	380116	4417196	31	68.46	31.32	-0.20	50
Μακρινίτσα	412260	4361258	690	81.85	38.20	-0.008	63
Κηπούργιο	274279.31	4425744.5	828.2	44.53	11.37	-0.16	50

βρίσκονται στις ορεινές περιοχές, στις ζώνες μεγαλύτερης πυκνότητας δηλαδή, στα βόρειο ανατολικά, δυτικά και νότιο ανατολικά αλλά υπάρχουν και δυο σταθμοί, της Λάρισας και του Πυργετού οι οποίοι καλύπτουν τις περιοχές της Θεσσαλικής πεδιάδας. Από τα αποτελέσματα των δυο πρώτων αντικειμενικών συναρτήσεων βλέπουμε ότι η μέθοδος που χρησιμοποιεί τις συντεταγμένες και το υψόμετρο είναι σχεδόν καλύτερη από την μέθοδο που χρησιμοποιεί μόνο το υψόμετρο για την χαμηλότερη επιλογή σταθμών ($n=5$) αλλά για το ίδιο βάρος της IDW και για την αύξηση των σταθμών η δεύτερη παράγει καλύτερα αποτελέσματα. Συνολικά για τον μικρότερο αριθμό σταθμών δηλαδή για την μέθοδο με τη μικρότερη μεροληψία η καλύτερη μέθοδος είναι αυτή που χρησιμοποιεί συντεταγμένες και υψόμετρο και για δύναμη βάρους ίση με 2.

Στην δεύτερη κατηγορία των αντικειμενικών συναρτήσεων, αυτών που χρησιμοποιούν ασαφή σύνολα παρατηρούμε ότι, ενώ παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά όσον αφορά την μείωση των τιμών τους καθώς αυξάνεται ο αριθμός των σταθμών, για ίδιο αριθμό αυτών, ανεξάρτητα από την τιμή βάρους οι τιμές παρουσιάζουν έντονη ομοιότητα πιο πολύ και από τις δυο πρώτες αντικειμενικές. Είναι ένα αποτέλεσμα που έρχεται να συμπληρώσει την αβεβαιότητα που παρουσιάστηκε στην εικόνα 4-5 όπου παρατηρούμε ότι συνολικά για τις διάφορες τιμές βάρους και για την μέθοδο της ξεχωριστής παρεμβολής των παραμέτρων, η μέση τιμή και η διασπορά παραμένει σχετικά σταθερή. Συνεπώς είναι λογικό οι αντικειμενικές συναρτήσεις που ορίζουν τις συναρτήσεις μελών τους βάσει της αβεβαιότητας με bootstrap με τη τιμή βάσης να ισούνται με την απόσταση του 2.5-97.5 ποσοστημορίου από τις κατανομές δείγματος των παραμέτρων, να εμφανίζουν τα ίδια αποτέλεσμα

Η σύγκριση των αντικειμενικών συναρτήσεων είναι δύσκολη καθώς κάθε μία ορίζει το σφάλμα διαφορετικά και έτσι τα βέλτιστα δίκτυα που προτείνονται είναι και αυτά

διαφορετικά. Για την εύρεση του καλύτερου δικτύου χρειάζεται πέρα από την διαφορετική θεώρηση της αβεβαιότητας και την χρήση πολλών περισσοτέρων μέτρων σφάλματος για την κάθε μία αντικειμενική συνάρτηση (Bayat, Nasser and Delmelle, 2021). Όσον αφορά την παρούσα μελέτη, με τις δυο διαφορετικές θεωρήσεις της αβεβαιότητας, επιλέγεται η πρώτη θεώρηση της αβεβαιότητας καθώς αρχικά αυτή δεν προϋποθέτει την υποκειμενικότητα του ερευνητή όπως η θεωρία των ασαφών συνόλων η οποία επίσης δεν παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα. Συγχρόνως προτιμάται η πρώτη κατηγορία αντικειμενικών γιατί μπορεί να ενσωματωθεί και χωρική πληροφορία

Βιβλιογραφία

- Abdulali, B.A.A. *et al.* (2022) ‘Extreme Value Distributions: An Overview of Estimation and Simulation’, *Journal of Probability and Statistics*, 2022, p. e5449751. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/5449751>.
- Abebe, A.J., Guinot, V. and Solomatine, D.P. (2000) ‘Fuzzy alpha-cut vs. Monte Carlo techniques in assessing uncertainty in model parameters’.
- Anagnostopoulou, C. and Tolika, K. (2012) ‘Extreme precipitation in Europe: statistical threshold selection based on climatological criteria’, *Theoretical and Applied Climatology*, 107(3), pp. 479–489. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0487-8>.
- ‘Applied fuzzy arithmetic: an introduction with engineering applications’ (2005) *Choice Reviews Online*, 43(04), pp. 43-2258-43–2258. Available at: <https://doi.org/10.5860/CHOICE.43-2258>.
- Bastin, G. *et al.* (1984) ‘Optimal Estimation of the Average Areal Rainfall and Optimal Selection of Rain Gauge Locations’, *Water Resources Research*, 20(4), pp. 463–470. Available at: <https://doi.org/10.1029/WR020i004p00463>.
- Bayat, B., Nasser, M. and Delmelle, E. (2021) ‘Uncertainty-based rainfall network design using a fuzzy spatial interpolation method’, *Applied Soft Computing*, 106, p. 107296. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107296>.
- van de Beek, C.Z. *et al.* (2011) ‘Climatology of daily rainfall semi-variance in The Netherlands’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(1), pp. 171–183. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-15-171-2011>.
- Belkin, M. *et al.* (2019) ‘Reconciling modern machine-learning practice and the classical bias–variance trade-off’, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(32), pp. 15849–15854. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1903070116>.
- Berndt, C., Rabiei, E. and Haberlandt, U. (2014) ‘Geostatistical merging of rain gauge and radar data for high temporal resolutions and various station density scenarios’, *Journal of Hydrology*, 508, pp. 88–101. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.028>.
- Botchkarev, A. (2019) ‘Performance Metrics (Error Measures) in Machine Learning Regression, Forecasting and Prognostics: Properties and Typology’, *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 14, pp. 045–076. Available at: <https://doi.org/10.28945/4184>.
- Cao, W. and Zhang, Z. (2021) ‘New extreme value theory for maxima of maxima’, *Statistical Theory and Related Fields*, 5(3), pp. 232–252. Available at: <https://doi.org/10.1080/24754269.2020.1846115>.

- Caruso, C. and Quarta, F. (1998) 'Interpolation methods comparison', *Computers & Mathematics with Applications*, 35(12), pp. 109–126. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(98\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(98)00101-1).
- Cavanaugh, N.R. *et al.* (2015) 'The probability distribution of intense daily precipitation', *Geophysical Research Letters*, 42(5), pp. 1560–1567. Available at: <https://doi.org/10.1002/2015GL063238>.
- Chen, F.-W. and Liu, C.-W. (2012) 'Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan', *Paddy and Water Environment*, 10(3), pp. 209–222. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10333-012-0319-1>.
- Cheng, K.-S., Lin, Y.-C. and Liou, J.-J. (2008) 'Rain-gauge network evaluation and augmentation using geostatistics', *Hydrological Processes*, 22(14), pp. 2554–2564. Available at: <https://doi.org/10.1002/hyp.6851>.
- Coles, S. (2013) *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Science & Business Media.
- Coles, S., Pericchi, L.R. and Sisson, S. (2003) 'A fully probabilistic approach to extreme rainfall modeling', *Journal of Hydrology*, 273(1), pp. 35–50. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00353-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00353-0).
- De Oliveira Simoyama, F. *et al.* (2023) 'Optimization of rain gauge networks—A systematic literature review', *Socio-Economic Planning Sciences*, 86, p. 101469. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101469>.
- De Paola, F. *et al.* (2018) 'GEV Parameter Estimation and Stationary vs. Non-Stationary Analysis of Extreme Rainfall in African Test Cities', *Hydrology*, 5(2), p. 28. Available at: <https://doi.org/10.3390/hydrology5020028>.
- Di Piazza, A. *et al.* (2011) 'Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy', *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3), pp. 396–408. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.01.005>.
- Diggle, P. (1985) 'A Kernel Method for Smoothing Point Process Data', *Applied Statistics*, 34(2), p. 138. Available at: <https://doi.org/10.2307/2347366>.
- Diop, A. and Deme, E.H. (2021) 'Parametric bootstrapping in a generalized extreme value regression model for binary response'. arXiv. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.00489>.
- Dirks, K.N. *et al.* (1998) 'High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island: Part II: Interpolation of rainfall data', *Journal of Hydrology* [Preprint]. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00155-3).
- Douka, M. and Karacostas, T. (2018) 'Statistical analyses of extreme rainfall events in Thessaloniki, Greece', *Atmospheric Research*, 208, pp. 60–77. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.08.025>.
- Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1994) *An Introduction to the Bootstrap*. CRC Press.
- Feidas, H. *et al.* (2014) 'Modeling and mapping temperature and precipitation climate data in Greece using topographical and geographical parameters', *Theoretical and Applied Climatology*, 118(1), pp. 133–146. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1052-4>.
- Feng, S., Nadarajah, S. and Hu, Q. (2007) 'Modeling Annual Extreme Precipitation in China Using the Generalized Extreme Value Distribution', *气象集誌 第2輯*, 85(5), pp. 599–613. Available at: <https://doi.org/10.2151/jmsj.85.599>.
- Fisher, R.A. and Tippett, L.H.C. (1928) 'Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample', *Mathematical Proceedings of the*

- Cambridge Philosophical Society*, 24(2), pp. 180–190. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0305004100015681>.
- Frazier, A.G. *et al.* (2016) ‘Comparison of geostatistical approaches to spatially interpolate month-year rainfall for the Hawaiian Islands’, *International Journal of Climatology*, 36(3), pp. 1459–1470. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.4437>.
- Gado, T.A. (2020) ‘Statistical Behavior of Rainfall in Egypt’, in A.M. Negm (ed.) *Flash Floods in Egypt*. Cham: Springer International Publishing (Advances in Science, Technology & Innovation), pp. 13–30. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-29635-3_2.
- Gocic, M. *et al.* (2021) ‘Determining the best fitting distribution of annual precipitation data in Serbia using L-moments method’, *Earth Science Informatics*, 14(2), pp. 633–644. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00543-9>.
- Gründemann, G.J. *et al.* (2023) ‘Extreme precipitation return levels for multiple durations on a global scale’, *Journal of Hydrology*, 621, p. 129558. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129558>.
- Gründemann, G.J., Werner, M. and Veldkamp, T.I.E. (2018) ‘The potential of global reanalysis datasets in identifying flood events in Southern Africa’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(9), pp. 4667–4683. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-22-4667-2018>.
- Gu, X. *et al.* (2017) ‘Spatiotemporal patterns of annual and seasonal precipitation extreme distributions across China and potential impact of tropical cyclones’, *International Journal of Climatology*, 37(10), pp. 3949–3962. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.4969>.
- Gu, X. *et al.* (2022) ‘Extreme Precipitation in China: A Review on Statistical Methods and Applications’, *Advances in Water Resources*, 163, p. 104144. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2022.104144>.
- Gumbel, E.J. (1935) ‘Les valeurs extrêmes des distributions statistiques’, *Annales de l’institut Henri Poincaré*, 5(2), pp. 115–158.
- Hailegeorgis, T.T. and Alfredsen, K. (2017) ‘Analyses of extreme precipitation and runoff events including uncertainties and reliability in design and management of urban water infrastructure’, *Journal of Hydrology*, 544, pp. 290–305. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.11.037>.
- Haldar, A. and Mahadevan, S. (2000) *Reliability assessment using stochastic finite element analysis*. John Wiley & Sons. Available at: [https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=IuEGhYWn4C4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Haldar,+A.+%26+S.+Mahadevan,\(2000\),+Reliability+Assessment+Using+Stochastic+Finite+Element+Analysis,+John+Wiley+%26+Sons,+Inc.,+New+York.&ots=i2S9y1S2fV&sig=-b9UqyPID98xsTbvXUXd4o59vDQ](https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=IuEGhYWn4C4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Haldar,+A.+%26+S.+Mahadevan,(2000),+Reliability+Assessment+Using+Stochastic+Finite+Element+Analysis,+John+Wiley+%26+Sons,+Inc.,+New+York.&ots=i2S9y1S2fV&sig=-b9UqyPID98xsTbvXUXd4o59vDQ) (Accessed: 21 December 2023).
- Højberg, A.L. and Refsgaard, J.C. (2005) ‘Model uncertainty – parameter uncertainty versus conceptual models’, *Water Science and Technology*, 52(6), pp. 177–186. Available at: <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0166>.
- Hosking, J.R.M. (1990) ‘L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics’, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 52(1), pp. 105–124. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1990.tb01775.x>.
- Hossain, I. *et al.* (2022) ‘Comparison of estimation techniques for generalised extreme value (GEV) distribution parameters: a case study with Tasmanian rainfall’,

- International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(8), pp. 7737–7750. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03693-5>.
- Hossain, I., Imteaz, M. and Khastagir, A. (2021) ‘Study of Various Techniques for Estimating the Generalised Extreme Value Distribution Parameters’, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1067(1), p. 012065. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1067/1/012065>.
- Hu, Q. *et al.* (2019) ‘Rainfall Spatial Estimations: A Review from Spatial Interpolation to Multi-Source Data Merging’, *Water*, 11(3), p. 579. Available at: <https://doi.org/10.3390/w11030579>.
- Hyndman, R. (2006) ‘Another Look at Forecast Accuracy Metrics for Intermittent Demand’, *Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, 4, pp. 43–46.
- Jahani, E. *et al.* (2014) ‘Reliability Assessment with Fuzzy Random Variables Using Interval Monte Carlo Simulation’, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 29(3), pp. 208–220. Available at: <https://doi.org/10.1111/mice.12028>.
- Jenkinson, A.F. (1955) ‘The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements’, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 81(348), pp. 158–171. Available at: <https://doi.org/10.1002/qj.49708134804>.
- Karagiannidis, A.F. *et al.* (2012) ‘Climatological aspects of extreme precipitation in Europe, related to mid-latitude cyclonic systems’, *Theoretical and Applied Climatology*, 107(1), pp. 165–174. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0474-0>.
- Katz, R.W., Parlange, M.B. and Naveau, P. (2002) ‘Statistics of extremes in hydrology’, *Advances in Water Resources*, 25(8), pp. 1287–1304. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0309-1708\(02\)00056-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1708(02)00056-8).
- Keblouti, M., Ouerdachi, L. and Boutaghane, H. (2012) ‘Spatial Interpolation of Annual Precipitation in Annaba-Algeria - Comparison and Evaluation of Methods’, *Energy Procedia*, 18, pp. 468–475. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.058>.
- Koutsoyiannis, D. *et al.* (2023) ‘In Search of Climate Crisis in Greece Using Hydrological Data: 404 Not Found’, *Water*, 15(9), p. 1711. Available at: <https://doi.org/10.3390/w15091711>.
- Kumar, S. *et al.* (2022) ‘Extreme Rainfall Analysis Using Extreme Value (EV-I) Distribution Based on L-Moment Approach’, in M.L. Kolhe, S.B. Jaju, and P.M. Diagavane (eds) *Smart Technologies for Energy, Environment and Sustainable Development, Vol 1*. Singapore: Springer Nature (Springer Proceedings in Energy), pp. 107–116. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6875-3_9.
- Kundzewicz, Z.W. and Kaczmarek, Z. (2000) ‘Coping with Hydrological Extremes’, *Water International*, 25(1), pp. 66–75. Available at: <https://doi.org/10.1080/02508060008686798>.
- Lanza, L.G., Ramírez, J.A. and Todini, E. (2001) ‘Stochastic rainfall interpolation and downscaling’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(2), pp. 139–143. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-5-139-2001>.
- Lehmann, J. and Rillig, M. (2014) ‘Distinguishing variability from uncertainty’, *Nature Climate Change*, 4(3), pp. 153–153. Available at: <https://doi.org/10.1038/nclimate2133>.
- Li, J. (2008) *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*.

- Li, J. and Heap, A.D. (2011) 'A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors', *Ecological Informatics*, 6(3–4), pp. 228–241. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.12.003>.
- Li, J. and Heap, A.D. (2014) 'Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review', *Environmental Modelling & Software*, 53, pp. 173–189. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.008>.
- Li, M. *et al.* (2023) 'Determining optimal probability distributions for gridded precipitation data based on L-moments', *Science of The Total Environment*, 882, p. 163528. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163528>.
- Li, S. *et al.* (2019) 'Multivariate interpolation and information entropy for optimizing raingauge network in the Mekong River Basin', *Hydrological Sciences Journal*, 64(12), pp. 1439–1452. Available at: <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1646426>.
- Li, Y., Simmonds, D. and Reeve, D. (2008) 'Quantifying uncertainty in extreme values of design parameters with resampling techniques', *Ocean Engineering*, 35(10), pp. 1029–1038. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2008.02.009>.
- Loukas, A., Mylopoulos, N. and Vasiliades, L. (2007) 'A Modeling System for the Evaluation of Water Resources Management Strategies in Thessaly, Greece', *Water Resources Management*, 21(10), pp. 1673–1702. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9120-5>.
- Ly, S., Charles, C. and Degré, A. (2013) 'Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale: a review', *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(2). Available at: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/136084> (Accessed: 14 December 2023).
- Masih, I. *et al.* (2011) 'Assessing the Impact of Areal Precipitation Input on Streamflow Simulations Using the SWAT Model', *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 47(1), pp. 179–195. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00502.x>.
- Moges, E. *et al.* (2020) 'Review: Sources of Hydrological Model Uncertainties and Advances in Their Analysis', *Water*, 13(1), p. 28. Available at: <https://doi.org/10.3390/w13010028>.
- Montanari, A. (2007) 'What do we mean by “uncertainty”? The need for a consistent wording about uncertainty assessment in hydrology', *Hydrological Processes*, 21(6), pp. 841–845. Available at: <https://doi.org/10.1002/hyp.6623>.
- Montanari, A., Shoemaker, C.A. and van de Giesen, N. (2009) 'Introduction to special section on Uncertainty Assessment in Surface and Subsurface Hydrology: An overview of issues and challenges', *Water Resources Research*, 45(12). Available at: <https://doi.org/10.1029/2009WR008471>.
- Munn, R.E. (ed.) (2002) *Encyclopedia of global environmental change*. Chichester ; New York: Wiley.
- Nasri, B. *et al.* (2016) 'Atmospheric Predictors for Annual Maximum Precipitation in North Africa', *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55(4), pp. 1063–1076. Available at: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0122.1>.
- Nastos, P.T. and Zerefos, C.S. (no date) 'Climate Change and precipitation in Greece', 45.
- Nerantzaki, S. and Papalexiou, S. (2019) 'Tails of extremes: Advancing a graphical method and harnessing big data to assess precipitation extremes', *Advances in*

- Water Resources*, 134, p. 103448. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.103448>.
- Nerantzaki, S. and Papalexiou, S.M. (2021) ‘Assessing Extremes in Hydroclimatology: A Review on Probabilistic Methods’, *Journal of Hydrology*, null, p. null. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127302>.
- Nicótina, L. *et al.* (2008) ‘On the impact of rainfall patterns on the hydrologic response’, *Water Resources Research*, 44(12). Available at: <https://doi.org/10.1029/2007WR006654>.
- Olea, R.A. (2012) *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Springer Science & Business Media.
- Palacios-Rodriguez, F., Bernardino, E.D. and Mailhot, M. (2023) ‘Smooth copula-based generalized extreme value model and spatial interpolation for extreme rainfall in Central Eastern Canada’, *Environmetrics*, 34(3), p. e2795. Available at: <https://doi.org/10.1002/env.2795>.
- Papalexiou, S.M. and Koutsoyiannis, D. (2013) ‘Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall’, *Water Resources Research*, 49(1), pp. 187–201. Available at: <https://doi.org/10.1029/2012WR012557>.
- Papalexiou, S.M., Koutsoyiannis, D. and Makropoulos, C. (2013) ‘How extreme is extreme? An assessment of daily rainfall distribution tails’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), pp. 851–862. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-17-851-2013>.
- Park, H.J., Jang, J.Y. and Lee, J.H. (2019) ‘Assessment of rainfall-induced landslide susceptibility at the regional scale using a physically based model and fuzzy-based Monte Carlo simulation’, *Landslides*, 16(4), pp. 695–713. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10346-018-01125-z>.
- Pereira, P., Oliva, M. and Misiune, I. (2016) ‘Spatial interpolation of precipitation indexes in Sierra Nevada (Spain): comparing the performance of some interpolation methods’, *Theoretical and Applied Climatology*, 126(3), pp. 683–698. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1606-8>.
- Phoophiwfa, T. *et al.* (2023) ‘Adaptive Parameter Estimation of the Generalized Extreme Value Distribution Using Artificial Neural Network Approach’, *Atmosphere*, 14(8), p. 1197. Available at: <https://doi.org/10.3390/atmos14081197>.
- Ripley, B.D. (1977) ‘Modelling Spatial Patterns’, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 39(2), pp. 172–192. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01615.x>.
- Rojas, R., Feyen, L. and Dassargues, A. (2008) ‘Conceptual model uncertainty in groundwater modeling: Combining generalized likelihood uncertainty estimation and Bayesian model averaging’, *Water Resources Research*, 44(12). Available at: <https://doi.org/10.1029/2008WR006908>.
- Shahidi, M. and Abedini, M.J. (2018) ‘Optimal selection of number and location of rain gauge stations for areal estimation of annual rainfall using a procedure based on inverse distance weighting estimator’, *Paddy and Water Environment*, 16(3), pp. 617–629. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10333-018-0654-y>.
- Shehu, B. *et al.* (2023) ‘Regionalisation of rainfall depth–duration–frequency curves with different data types in Germany’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(5), pp. 1109–1132. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-27-1109-2023>.
- Shin, Yonggwon *et al.* (2021) ‘Future Projections and Uncertainty Assessment of Precipitation Extremes in the Korean Peninsula from the CMIP6 Ensemble with a Statistical Framework’, *Atmosphere*, 12(1), p. 97. Available at: <https://doi.org/10.3390/atmos12010097>.

- Sohail, A. (2023) ‘Genetic Algorithms in the Fields of Artificial Intelligence and Data Sciences’, *Annals of Data Science*, 10(4), pp. 1007–1018. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40745-021-00354-9>.
- Stahl, K. *et al.* (2006) ‘Comparison of approaches for spatial interpolation of daily air temperature in a large region with complex topography and highly variable station density’, *Agricultural and Forest Meteorology*, 139(3), pp. 224–236. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.07.004>.
- ‘Third Assessment Report — IPCC’ (no date). Available at: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar3/> (Accessed: 12 October 2023).
- Tobler, W.R. (1970) ‘A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region’, *Economic Geography*, 46, pp. 234–240. Available at: <https://doi.org/10.2307/143141>.
- Tung, Y.-K. and Yen, B.C. (2005) ‘Hydrosystems Engineering Uncertainty Analysis’. Available at: <https://doi.org/10.1036/0071467084>.
- Uboldi, F. *et al.* (2014) ‘A spatial bootstrap technique for parameter estimation of rainfall annual maxima distribution’, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(3), pp. 981–995. Available at: <https://doi.org/10.5194/hess-18-981-2014>.
- Vivekanandan, N., Srishailam, C. and Patil, R.G. (2023) ‘Intercomparison of MoM, MLM and LMO Estimators of Probability Distributions for Assessment of Extreme Rainfall’, in P.V. Timbadiya, V.P. Singh, and P.J. Sharma (eds) *Climate Change Impact on Water Resources*. Singapore: Springer Nature (Lecture Notes in Civil Engineering), pp. 423–436. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-19-8524-9_34.
- Volkman, T.H.M. *et al.* (2010) ‘Multicriteria design of rain gauge networks for flash flood prediction in semiarid catchments with complex terrain’, *Water Resources Research*, 46(11). Available at: <https://doi.org/10.1029/2010WR009145>.
- Wang, H. *et al.* (2022) ‘Optimal Rain Gauge Network Design Aided by Multi-Source Satellite Precipitation Observation’, *Remote Sensing*, 14(23), p. 6142. Available at: <https://doi.org/10.3390/rs14236142>.
- Westra, S. *et al.* (2014) ‘Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall’, *Reviews of Geophysics*, 52(3), pp. 522–555. Available at: <https://doi.org/10.1002/2014RG000464>.
- World Meteorological Organization (ed.) (2008) *Guide to hydrological practices*. 6th ed. Geneva, Switzerland: WMO (WMO, no. 168).
- Wu, H. *et al.* (2020) ‘A New Approach for Optimizing Rain Gauge Networks: A Case Study in the Jinjiang Basin’, *Water*, 12(8), p. 2252. Available at: <https://doi.org/10.3390/w12082252>.
- Yeh, H.-C. *et al.* (2011) ‘Entropy and kriging approach to rainfall network design’, *Paddy and Water Environment*, 9(3), pp. 343–355. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10333-010-0247-x>.
- Yen, B.C. and Ang, A.-S. (1971) ‘Risks analysis in design of hydraulic projects’.
- Zadeh, L.A. (1965) ‘Fuzzy sets’, *Information and Control*, 8(3), pp. 338–353. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
- Zhang, M., Leon, C. de and Migliaccio, K. (2018) ‘Evaluation and comparison of interpolated gauge rainfall data and gridded rainfall data in Florida, USA’, *Hydrological Sciences Journal*, 63(4), pp. 561–582. Available at: <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1444767>.
- Zhao, Y. *et al.* (2022) ‘Acquisition of rainfall in ungauged basins: a study of rainfall distribution heterogeneity based on a new method’, *Natural Hazards*, 114(2), pp. 1723–1739. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05444-2>.

- Zwiers, F.W. *et al.* (2013) ‘Climate Extremes: Challenges in Estimating and Understanding Recent Changes in the Frequency and Intensity of Extreme Climate and Weather Events’, in G.R. Asrar and J.W. Hurrell (eds) *Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 339–389. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6692-1_13.

Παράρτημα Α

Πιν Α-1 Παράμετροι την κατανομής GEV μετα από προσαρμογή με τη μέθοδο των L-ροπών για τα δεδομένα κάθε σταθμού

Όνομα	X	Y	Z	Π.Θέσης	Π.Κλίμακας	Π.Σχήματος	Χρόνια
Αγχιάλος	396203	4341105	15	41.68439	19.73519	0.103443	38
Αγιόφυλλο	291669	4415392	600	49.28315	18.6076	-0.03518	62
Αγρελιά	322649	4397952	700	37.06496	21.93416	-0.05435	19
Αμάραντος	315620	4342587	800	77.1205	29.53668	-0.31341	21
Ανάβρα	372326.7	4327101	208	58.97034	23.19274	0.05965	63
Αργιθέα	288679	4358079	992	62.59341	34.65034	-0.08065	17
Χρυσομηλιά	285140	4385948	940	85.64061	25.9026	-0.2479	54
Δρακότρυπα	293185	4365363	680	67.72897	20.35613	0.110066	49
Ελασσώνα	344494	4417838	314	41.02858	16.57021	0.344439	62
Ελάτη ΔΕΗ	313872.2	4427213	663.6	54.73194	21.30085	-0.05304	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	287748	4376618	900	82.01746	24.88486	0.109256	62
Φαρκαδώνα	333800	4384747	87	44.77008	15.90887	0.102773	63
Φάρσαλα	359598.9	4350003	250	52.19417	17.16887	0.026268	42
Φράγμα Πλαστήρα	304154	4344717	850	78.31353	18.41039	-0.27954	42
Γιαννωτά	333296	4427329	500	49.42433	13.29026	0.044146	62
Καλλιπεύκη	368844	4424784	1050	69.18868	23.23746	0.391831	23
Καρδίτσα	321757	4359103	103	46.27068	17.59723	0.274563	63
Καρπερο	296204	4424125	504.4	36.39334	12.72966	0.123682	50
Κηπουργιο	274279.3	4425745	828.2	44.53007	11.379	-0.16701	50
Κονίσκος	311401	4405624	860	48.65373	21.00258	0.091078	28
Κρυοβρύση	357491	4426838	1030	49.16676	12.06048	0.235884	20
Λάρισα	368210	4387785	79	33.58858	14.58417	0.301169	50
Λιόπρασο	314719.4	4393282	688	53.05285	20.30553	-0.2344	31
Λιβάδι	342182	4443797	1179	52.73201	20.01424	-0.0074	63
Λιβάδι	342182	4443797	1179	52.27499	13.21482	0.178301	20
Λουτροπηγή	331211	4331131	730	52.98654	25.99016	0.163382	42
Μαγούλα Ποταμιά	343054.6	4343956	170	44.26585	13.00884	-0.05473	20
Μακρυνίτσα	412260	4361258	690	81.85482	38.2056	-0.00842	63
Μακρυράχη	340690.6	4327788	602.9	49.10332	19.19883	0.008671	26
Μαλακάσιο	267150	4406840	842	58.63757	19.18259	-0.13745	59
Μεγάλη Κερασιά	285604	4402599	500	57.51377	21.61592	-0.11793	43
Μετέωρα	296980	4400438	596	58.42951	17.78468	0.026531	69
Μολόχα	315446	4335188	790	77.021	24.85196	-0.0695	37
Μουζάκι	298972	4367063	226	56.79776	28.9816	-0.4111	47
Μυρα	375034	4367317	320	45.68167	16.57199	0.02422	18
Νεοχώρι	314969	4314839	800	71.25239	18.07587	-0.059	33
Παλαιοχώρι	278037	4388000	1050	77.10493	22.07993	-0.04821	33
Πιτσιωτά	317985	4320322	800	53.7616	9.507235	0.191352	33
ΠυλώροιI	299745.9	4439832	715.1	34.375	11.01538	-0.05939	31
Πυργετός	380116	4417196	31	68.4615	31.32106	-0.2094	50
Πυθιο	349135	4436253	750	43.13763	16.6993	0.320567	15
Ραχούλα	315664	4344437	330	69.43408	11.49102	-0.45275	33
Ρεντίνα	325324	4325708	903	53.90118	14.98889	0.20099	63
Σκοπιά	367299	4334140	450	44.67731	16.58671	0.157686	43
Σπηλιά	384223	4406031	813	83.22483	31.87662	0.053684	63
Στουρναράϊ κα	283294	4371187	860	98.82667	23.63761	0.022179	44
Σωτήριο	389455	4372649	54	43.41935	20.86848	0.272475	53
Τρίκαλα	307901	4379795	114	46.66893	20.61892	-0.22149	36
Τρίλοφο	345367	4317887	580	45.41114	15.81815	-0.14426	63
Τύμφριστος	319174	4309189	850	59.16585	21.7957	-0.25588	59
Τύρναβος	352688	4399169	92	44.32175	12.49195	0.435426	61
Βερδικούσα	327102	4405255	863	56.22234	22.03883	-0.11248	63
Βροντερό	286305.1	4375195	853	97.40915	26.3227	-0.02757	20
Ζάμπειο	366461	4369310	170	44.91256	14.27681	0.217825	63
Ζηλευτό	349557	4310404	120	40.90066	17.5089	-0.04372	56

Πιν Α-2: Αποτελέσματα ανάλυσης αβεβαιότητας παραμέτρου θέσης κατανομής GEV

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	31.53396	39.28001	41.68372	44.18359	50.98876	3.655392	38
Αγιόφυλλο	41.39581	47.50723	49.29015	51.12146	55.82157	2.680062	62
Αγρελιά	21.31183	33.33478	37.1151	41.09572	51.63955	5.756668	19
Αμάραντος	54.63214	72.37397	77.27133	82.20511	94.33524	7.282807	21
Ανάβρα	49.51128	56.77651	58.98185	61.26781	67.24428	3.341131	63
Αργιθέα	36.13279	56.36473	62.66563	69.22165	86.79988	9.592097	17
Χρυσομηλιά	73.89129	83.03832	85.69579	88.35461	95.02316	3.94104	54
Δρακότρυπα	58.41461	65.54941	67.73554	70.02932	76.09174	3.324082	49
Ελασσόνα	34.43404	39.50141	41.12388	42.83608	47.61135	2.495957	62
Ελάτη ΔΕΗ	38.95707	50.96521	54.74889	58.69297	69.31063	5.764307	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	71.81573	79.65024	82.02305	84.52122	91.03923	3.616237	62
Φαρκαδώνα	38.25481	43.24722	44.76321	46.32769	50.49763	2.29139	63
Φάρσαλα	43.6478	50.21121	52.17699	54.24094	59.76939	3.013415	42
Φράγμα Πλαστήρα	68.74712	76.20827	78.37133	80.52169	85.84986	3.196384	42
Γιαννωτά	44.05631	48.14352	49.41904	50.73084	54.13103	1.913992	62
Καλλιπεύκη	55.66281	65.79316	69.4377	73.4986	86.10246	5.864601	23
Καρδίτσα	39.40689	44.61722	46.30157	48.08986	53.01839	2.591491	63
Καρπερο	30.6885	35.0535	36.40674	37.82557	41.62065	2.069351	50
Κηπουργιο	39.16313	43.33955	44.53104	45.76583	48.86832	1.807254	50
Κονίσκος	36.26583	45.71691	48.66777	51.82888	60.47532	4.567914	28
Κρυοβρύση	41.32553	47.18292	49.20187	51.41399	57.91142	3.189566	20
Λάρισα	27.26345	32.07969	33.64875	35.31946	39.98001	2.421485	50
Λιόπρασσο	40.85432	50.36759	53.10924	55.91244	62.88452	4.108988	31
Λιβάδι	44.42741	50.83674	52.71897	54.67402	59.69569	2.848173	63
Λιβάδι	43.40953	50.10829	52.32013	54.74068	61.64928	3.474232	20
Λουτροπηγή	40.45721	49.98486	52.99133	56.15808	64.93855	4.632623	42
Μαγούλα Ποταμιά	35.08879	42.09281	44.27746	46.57326	52.68517	3.321735	20
Μακρυνίτσα	66.22576	78.26931	81.84851	85.56407	95.22168	5.425534	63
Μακρυράχη	37.39209	46.28014	49.12359	52.06905	59.97351	4.297733	26
Μαλακάσιο	50.27626	56.77374	58.66166	60.58048	65.43945	2.815912	59
Μεγάλη Κερασιά	46.75269	55.06984	57.55431	60.07904	66.55066	3.712125	43
Μετεώρα	51.38218	56.81517	58.41719	60.0822	64.36986	2.433264	69
Μολόχα	63.63704	73.9615	77.03242	80.17216	88.42916	4.628426	37
Μουζάκι	41.98663	53.69687	56.91596	60.07225	67.79071	4.732746	47
Μυρα	33.58805	42.7834	45.71118	48.81083	57.27066	4.502413	18
Νεοχώρι	61.00705	68.87575	71.24406	73.67577	80.02808	3.564537	33
Παλαιοχώρι	64.64975	74.20435	77.09413	80.08461	87.86195	4.35614	33
Πιτσιωτά	48.69327	52.52856	53.76943	55.11581	58.83873	1.924163	33
Πυλωροί	28.0653	32.89209	34.37289	35.92138	40.00873	2.255893	31
Πυργετός	53.5777	65.18143	68.51317	71.89033	80.20742	4.965468	50
Πυθιο	31.28738	40.04799	43.22541	46.88896	58.27843	5.235583	15
Ραχούλα	62.20626	67.9745	69.50589	71.01195	74.56946	2.250204	33
Ρεντίνα	47.90074	52.46988	53.91193	55.41165	59.43884	2.182619	63
Σκοπιά	36.85155	42.78565	44.686	46.67666	52.07448	2.900683	43
Σπηλιά	70.09151	80.17589	83.19042	86.31552	94.49015	4.57041	63
Στουρναραϊ κα	87.18658	4371187	98.8126	101.6056	108.9036	4.048147	44
Σωτήριο	34.55035	4372649	43.48317	45.78905	52.18641	3.353956	53
Τρίκαλα	35.01612	4379795	46.73533	49.3819	55.92587	3.878657	36
Τρίλοφο	38.69153	4317887	45.44045	46.94427	50.7779	2.237649	63
Τύμφιστος	49.39904	4309189	59.20249	61.34273	66.66892	3.177108	59
Τύρναβος	39.37411	4399169	44.46644	45.7972	49.54176	1.933035	61
Βερδικούσα	46.94694	4405255	56.23467	58.35643	63.81199	3.131782	63
Βροντερό	78.81006	4375195	97.40258	102.082	114.6703	6.76517	20
Ζάππειο	39.272	4369310	44.93714	46.37398	50.23206	2.084154	63
Ζηλευτό	33.38504	4310404	40.92048	42.71042	47.38996	2.639411	56

Πιν Α-3: Αποτελέσματα ανάλυσης αβεβαιότητας παραμέτρου κλίμακας κατανομής GEV

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	11.48246207	17.58382	19.53843	21.61746	27.29437	3.012024	38
Αγιόφυλλο	12.74141951	17.19014	18.52499	19.9226	23.52	2.025279	62
Αγρελιά	9.976026612	18.69295	21.6059	24.65976	32.75336	4.411746	19
Αμάραντος	14.21857062	25.59664	29.14635	32.78334	41.91315	5.293337	21
Ανάβρα	15.53128324	21.32454	23.06836	24.89268	29.67698	2.651134	63
Αργιθέα	14.34822572	29.20214	34.00925	39.12776	52.55848	7.34841	17
Χρυσομηλιά	17.64181136	23.89553	25.80758	27.72357	32.58118	2.827434	54
Δρακότρυπα	12.76666827	18.42875	20.20268	22.08589	27.18808	2.735419	49
Ελασσόνα	10.21598866	14.96526	16.52168	18.22375	23.06463	2.456599	62
Ελάτη ΔΕΗ	9.179458795	18.03647	20.9222	23.97287	32.22519	4.409882	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	16.61622856	22.78734	24.72978	26.77848	32.2803	2.966351	62
Φαρκαδώνα	10.63543855	14.58616	15.82238	17.10531	20.57	1.873352	63
Φάρσαλα	10.45141295	15.47609	17.04038	18.66189	22.99733	2.366229	42
Φράγμα Πλαστήρα	11.6177302	16.77494	18.31917	19.86584	23.79956	2.291128	42
Γιαννωτά	8.967988167	12.23063	13.22261	14.2645	16.99207	1.512828	62
Καλλιπεύκη	10.11482383	19.41818	23.0182	27.24286	41.43399	6.072924	23
Καρδίτσα	11.19411471	15.95672	17.5069	19.1774	23.86583	2.410373	63
Καρπερο	8.045845143	11.52281	12.64195	13.82145	17.05938	1.716058	50
Κηπουργιο	7.488911355	10.44787	11.33039	12.22614	14.48399	1.312524	50
Κονίσκος	11.03009982	18.3414	20.76129	23.3413	30.52823	3.734391	28
Κρυοβρύση	5.11615214	10.02206	11.82072	13.84063	20.05881	2.909394	20
Λάρισα	8.707936105	13.03798	14.50763	16.09055	20.67336	2.29735	50
Λιόπρασο	11.5028236	18.16383	20.1472	22.15397	27.3455	2.969552	31
Λιβάδι	13.71742515	18.46534	19.91705	21.42309	25.31155	2.192309	63
Λιβάδι	5.730694785	11.08265	12.97905	15.08428	21.31944	3.017195	20
Λουτροπηγή	15.58780352	23.20095	25.75275	28.4968	36.12107	3.95539	42
Μαγούλα Ποταμιά	6.022412257	11.14482	12.82567	14.59667	19.30961	2.547611	20
Μακρυνίτσα	26.1301006	35.26336	38.03442	40.90766	48.26142	4.17997	63
Μακρυράχη	10.02711259	16.77135	18.97828	21.30777	27.62934	3.371808	26
Μαλακάσιο	13.00265714	17.74169	19.10381	20.50944	24.05505	2.05376	59
Μεγάλη Κερασιά	13.58074595	19.65839	21.47845	23.38215	28.22536	2.753189	43
Μετεώρα	12.37665126	16.46164	17.70432	19.00637	22.4073	1.898534	69
Μολόχα	14.86847919	22.35731	24.67963	27.06566	33.2567	3.482708	37
Μουζάκι	18.8454218	26.47984	28.80157	31.13824	37.06971	3.43892	47
Μυρα	7.073402874	13.96325	16.26992	18.76154	25.72827	3.58654	18
Νεοχώρι	10.50016175	16.12389	17.8948	19.75682	24.66374	2.703757	33
Παλαιοχώρι	12.72076392	19.69033	21.8665	24.15998	30.20929	3.313598	33
Πιτσιωτά	5.126445746	8.330267	9.40554	10.56811	13.93547	1.683869	33
Πυλωροί	6.195064025	9.78603	10.91447	12.09284	15.15875	1.702207	31
Πυργετός	20.76473325	28.77201	31.18224	33.64201	39.79066	3.593928	50
Πυθιο	5.785525948	13.29558	16.25113	19.85707	31.91662	5.134294	15
Ραχούλα	6.662972501	10.26347	11.36263	12.48314	15.30839	1.639331	33
Ρεντίνα	9.732982729	13.64858	14.88704	16.21931	19.82193	1.912056	63
Σκοπιά	9.880417762	14.83408	16.42423	18.12623	22.87403	2.475004	43
Σπηλιά	21.60568181	29.29211	31.69368	34.16113	40.76048	3.619777	63
Στουρναράϊ κα	14.6118234	21.38424	23.4661	25.65529	31.44505	3.169882	44
Σωτήριο	12.76952994	18.75795	20.72996	22.89983	29.06098	3.117807	53
Τρίκαλα	12.43660678	18.60385	20.47466	22.38966	27.17456	2.790571	36
Τρίλοφο	10.99134831	14.66571	15.75989	16.86964	19.6862	1.634624	63
Τύμφριστος	14.85609034	20.19678	21.72352	23.26114	27.13418	2.273075	59
Τύρναβος	7.472130697	11.25521	12.54304	13.97894	18.22347	2.064934	61
Βερδικούσα	15.11706572	20.3979	21.94467	23.51699	27.45153	2.301042	63
Βροντερό	12.07797992	22.493	25.90781	29.51126	39.197	5.219045	20
Ζάμπειο	9.274153244	12.9924	14.19057	15.4754	18.97624	1.850113	63
Ζηλευτό	11.75582203	16.10411	17.42517	18.78953	22.28021	1.98762	56

Πιν Α-4: Αποτελέσματα ανάλυσης αβεβαιότητας παραμέτρου σχήματος κατανομής GEV

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	-0.35012	-0.00337	0.088907	0.177095	0.389355	0.13468	38
Αγιόφυλλο	-0.35918	-0.10503	-0.03868	0.025561	0.170136	0.096481	62
Αγρελιά	-0.73639	-0.19493	-0.06415	0.056633	0.314144	0.186875	19
Αμάραντος	-0.95002	-0.43542	-0.31185	-0.1942	0.066475	0.180146	21
Ανάβρα	-0.28165	-0.01626	0.052344	0.119914	0.279272	0.101763	63
Αργιθέα	-0.83531	-0.23004	-0.08862	0.040492	0.313376	0.201233	17
Χρυσομηλιά	-0.59047	-0.31844	-0.24828	-0.18128	-0.02608	0.102105	54
Δρακότρυπα	-0.28854	0.016357	0.09706	0.177117	0.368425	0.119614	49
Ελασσώνα	-0.06977	0.225514	0.309753	0.396655	0.64434	0.130203	62
Ελάτη ΔΕΗ	-0.76384	-0.19915	-0.06437	0.061232	0.329832	0.193883	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	-0.2411	0.028412	0.099947	0.170625	0.340538	0.105799	62
Φαρκαδώνα	-0.24224	0.022356	0.093356	0.163606	0.330141	0.104645	63
Φάρσαλα	-0.38899	-0.06586	0.018746	0.099426	0.281384	0.122193	42
Φράγμα Πλαστήρα	-0.67652	-0.3603	-0.28002	-0.20204	-0.0227	0.11779	42
Γιαννωτά	-0.29379	-0.03039	0.038469	0.105614	0.261954	0.100943	62
Καλλιπεύκη	-0.3384	0.177754	0.31201	0.444842	0.768704	0.19884	23
Καρδίτσα	-0.11526	0.170134	0.250053	0.330967	0.553333	0.121666	63
Καρπερο	-0.27212	0.029287	0.110076	0.189934	0.382918	0.119592	50
Κηπουργιο	-0.52585	-0.24043	-0.16846	-0.09856	0.059602	0.105698	50
Κονίσκος	-0.4569	-0.0353	0.072294	0.176671	0.410985	0.157664	28
Κρυοβρύση	-0.49329	0.050139	0.186468	0.320329	0.6302	0.201224	20
Λάρισα	-0.14612	0.17799	0.267604	0.359881	0.609852	0.137758	50
Λιόπρασο	-0.71625	-0.33105	-0.2353	-0.14363	0.063634	0.139251	31
Λιβάδι	-0.33089	-0.07742	-0.01135	0.05249	0.200727	0.096788	63
Λιβάδι	-0.53739	0.005048	0.140442	0.268622	0.569842	0.197232	20
Λουτροπηγή	-0.29002	0.054458	0.145375	0.233241	0.451585	0.133951	42
Μαγούλα Ποταμιά	-0.71532	-0.1912	-0.06424	0.054146	0.303876	0.181255	20
Μακρυνίτσα	-0.33394	-0.07944	-0.01287	0.051464	0.199449	0.097312	63
Μακρυράχη	-0.55679	-0.11261	-0.00365	0.099652	0.329834	0.158317	26
Μαλακάσιο	-0.46791	-0.20603	-0.13958	-0.076	0.0704	0.096505	59
Μεγάλη Κερασιά	-0.52234	-0.20009	-0.12078	-0.04505	0.123382	0.115224	43
Μετεώρα	-0.29037	-0.04282	0.022332	0.083996	0.229264	0.094345	69
Μολόχα	-0.51082	-0.16142	-0.07335	0.009219	0.193432	0.126758	37
Μουζάκι	-0.79858	-0.4907	-0.40981	-0.33179	-0.15168	0.117744	47
Μυρα	-0.69812	-0.13144	0.005465	0.133042	0.4086	0.196942	18
Νεοχώρι	-0.53314	-0.15768	-0.06425	0.024926	0.220215	0.135364	33
Παλαιοχώρι	-0.53101	-0.14816	-0.05331	0.035013	0.232045	0.136174	33
Πιτσιωτά	-0.33532	0.059711	0.163707	0.266284	0.52288	0.15485	33
Πυλωροί	-0.55947	-0.16223	-0.06561	0.026002	0.228533	0.139878	31
Πυργετός	-0.56637	-0.28415	-0.21103	-0.14052	0.019122	0.106176	50
Πυθιο	-0.5926	0.07533	0.239805	0.39747	0.743061	0.239269	15
Ραχούλα	-0.93199	-0.54981	-0.4488	-0.3529	-0.12962	0.146308	33
Ρεντίνα	-0.16907	0.108968	0.184402	0.259996	0.458755	0.1139	63
Σκοπιά	-0.28527	0.050471	0.139573	0.22686	0.44508	0.132008	43
Σπηλιά	-0.29044	-0.02089	0.047745	0.114265	0.274108	0.100716	63
Στουρναράϊ κα	-0.38714	-0.06724	0.014988	0.093276	0.274672	0.119315	44
Σωτήριο	-0.15699	0.158381	0.245006	0.333424	0.5707	0.131633	53
Τρίκαλα	-0.66691	-0.3105	-0.22237	-0.13829	0.049235	0.127568	36
Τρίλοφο	-0.45279	-0.21027	-0.14596	-0.08424	0.055917	0.093188	63
Τύμφριστος	-0.58509	-0.32312	-0.25623	-0.19237	-0.04349	0.097586	59
Τύρναβος	-0.01554	0.292926	0.38273	0.477143	0.74261	0.138862	61
Βερδικούσα	-0.4298	-0.17817	-0.11379	-0.05256	0.089366	0.093592	63
Βροντερό	-0.69494	-0.16731	-0.03916	0.07961	0.332519	0.182601	20
Ζάμπειο	-0.15746	0.122777	0.198801	0.27626	0.479844	0.115557	63
Ζηλευτό	-0.38639	-0.11708	-0.04714	0.019422	0.171642	0.101712	56

Πιν Α-5 : Αποτελέσματα από την μέθοδο της ομαδικής χωρικής παρεμβολής για δύναμη βάρους =2

Όνομα	Location	Scale	Shape
Αγχιάλος	65.8742	7.0453	-0.1049
Αγιόφυλλο	59.1953	5.7326	-0.0863
Αγρελιά	61.6506	7.7528	-0.1882
Αμάραντος	70.5399	9.6796	-0.4306
Ανάβρα	54.9976	8.3294	0.1078
Αργιθέα	77.6120	8.2412	-0.0406
Χρυσομηλιά	81.3461	9.2729	-0.1174
Δρακότρυνπα	74.9758	11.9227	-0.2636
Ελασσώνα	61.3553	5.4569	-0.0010
Ελάτη ΔΕΗ	58.5918	4.5461	-0.1221
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	94.9724	20.9589	-0.0423
Φαρκαδώνα	62.6765	4.8405	-0.1310
Φάρσαλα	60.7706	4.9981	-0.1067
Φράγμα Πλαστήρα	73.4995	6.8172	-0.2583
Γιαννωτά	59.9758	5.8876	0.0506
Καλλιπεύκη	63.2142	8.2337	-0.0676
Καρδίτσα	70.0864	4.6784	-0.2600
Καρπερο	59.1633	6.4378	-0.1078
Κηπουργιο	63.3175	5.2743	-0.1895
Κονίσκος	61.8082	5.6884	-0.2148
Κρυοβρύση	63.4353	8.7921	0.2089
Λάρισα	63.6799	5.7721	-0.0003
Λιόπρασο	59.9322	6.9425	-0.1295
Λιβάδι	52.1994	13.2372	0.1623
Λιβάδι	52.6014	19.9745	-0.0159
Λουτροπηγή	63.0809	6.5000	0.0144
Μαγούλα Ποταμιά	64.3803	5.4881	-0.0806
Μακρυνίτσα	60.3918	6.2477	0.0197
Μακρυνάχη	60.5783	7.3087	0.0345
Μαλακάσιο	68.5601	5.4107	-0.2202
Μεγάλη Κερασιά	69.1352	6.0615	-0.1707
Μετέωρα	66.6662	5.9684	-0.1967
Μολόχα	71.7375	8.9194	-0.2915
Μουζάκι	75.5352	9.5173	0.0209
Μυρα	56.9782	7.6777	0.1145
Νεοχώρι	62.3238	8.2603	-0.1335
Παλαιχώρι	81.2214	10.3397	-0.2451
Πιτσιωτά	69.8670	8.5828	-0.0985
ΠυλωροΙ	59.7643	5.3281	-0.1211
Πυργετός	72.4511	12.1854	0.0931
Πυθιο	60.2763	7.4092	-0.0204
Ραχούλα	77.3138	25.2714	-0.3256
Ρεντίνα	64.8745	8.1000	0.0640
Σκοπιά	61.4561	9.8235	0.0321
Σπηλιά	65.7553	11.3291	-0.1646
Στουρναραϊί κα	87.9692	13.2124	-0.0732
Σωτήριο	62.8946	6.6866	-0.0988
Τρίκαλα	70.7527	5.5607	-0.2149
Τρίλοφο	57.5099	7.8544	-0.0937
Τύμφριστος	68.3338	8.7307	-0.0787
Τύρναβος	61.8200	5.2163	0.0155
Βερδικούσα	56.2762	7.6396	-0.0973
Βροντερό	84.6524	18.7440	0.1046
Ζάμπειο	57.4516	7.4238	-0.0321
Ζηλευτό	57.8471	7.6411	-0.1717

Πιν Α-6 Αποτελέσματα από την μέθοδο της ομαδικής χωρικής παρεμβολής για δύναμη βάρους =3

Όνομα	Location	Scale	Shape
Αγχιάλος	66.0775	10.2445	-0.0719
Αγιόφυλλο	52.7133	7.6978	-0.0004
Αγρελιά	59.0076	11.4337	-0.1864
Αμάραντος	69.6930	11.1710	-0.4451
Ανάβρα	47.8458	12.9899	0.1548
Αργιθέα	77.2020	11.8111	0.0406
Χρυσομηλιά	85.2656	12.6971	-0.0954
Δρακότρυπα	71.6386	17.3586	-0.3342
Ελασσώνα	58.7823	6.6462	0.0280
Ελάτη ΔΕΗ	54.2674	5.4399	-0.1058
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	97.7091	25.1287	-0.0340
Φαρκαδώνα	58.7648	6.6603	-0.1212
Φάρσαλα	56.6196	6.2575	-0.0483
Φράγμα Πλαστήρα	75.2273	9.5327	-0.2863
Γιαννωτά	57.0027	7.5304	0.1276
Καλλιπεύκη	61.8736	11.2952	-0.0600
Καρδίτσα	71.1738	6.0115	-0.2949
Καρπερο	54.3104	10.4174	-0.0618
Κηπουργιο	59.9707	6.8888	-0.1590
Κονίσκος	58.6352	7.6842	-0.1971
Κρυοβρύση	62.7508	12.0215	0.2712
Λάρισα	60.9976	7.4685	0.0610
Λιόπρασο	52.7663	11.0035	-0.0998
Λιβάδι	52.3843	13.3393	0.1776
Λιβάδι	52.6893	20.1431	-0.0037
Λουτροπηγή	59.9277	9.1792	0.0727
Μαγούλα Ποταμιά	62.3237	7.5811	-0.0414
Μακρυνίτσα	55.5014	9.2550	0.0965
Μακρυνάχη	56.8162	10.7671	0.0944
Μαλακάσιο	67.6105	7.0596	-0.2032
Μεγάλη Κερασιά	68.4936	8.0758	-0.1199
Μετέωρα	65.1007	8.3653	-0.1679
Μολόχα	73.6168	13.7872	-0.3162
Μουζάκι	73.1375	14.3752	0.0903
Μυρα	50.4407	10.9102	0.1753
Νεοχώρι	59.6463	10.1529	-0.0913
Παλαιοχώρι	85.4773	16.5092	-0.2340
Πιτσιωτά	70.0694	11.6964	-0.0756
ΠυλωροΙ	54.2105	7.3896	-0.0567
Πυργετός	78.3372	18.9870	0.1037
Πυθιο	58.1674	9.6751	-0.0260
Ραχούλα	77.2492	29.0063	-0.3221
Ρεντίνα	62.2290	11.6544	0.1196
Σκοπιά	59.6101	16.8341	0.0594
Σπηλιά	67.0529	19.9523	-0.1963
Στουρναραϊί κα	94.4019	18.0660	-0.0561
Σωτήριο	58.8985	9.4193	-0.0583
Τρίκαλα	70.6857	7.2424	-0.2504
Τρίλοφο	51.1572	11.2155	-0.0827
Τύμφριστος	68.9580	12.8963	-0.0597
Τύρναβος	58.1055	6.5051	0.1047
Βερδικούσα	47.9413	13.2137	-0.0790
Βροντερό	83.9593	23.0380	0.0926
Ζάππειο	50.6279	12.0630	0.0079
Ζηλευτό	50.6812	12.1919	-0.1582

Πιν Α-7: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ομαδικής χωρικής παρεμβολής για δύναμη βάρους =4

Όνομα	Location	Scale	Shape
Αγχιάλος	67.0593	12.8689	-0.0541
Αγιόφυλλο	47.5680	9.3360	0.0293
Αγρελιά	58.0392	13.6201	-0.1946
Αμάραντος	69.7122	11.3475	-0.4470
Ανάβρα	45.3611	15.6955	0.1628
Αργιθέα	74.8669	14.6874	0.0797
Χρυσομηλιά	85.3559	14.9962	-0.0834
Δρακότρυπα	67.3055	20.7037	-0.3769
Ελασσώνα	56.9190	7.5940	0.0276
Ελάτη ΔΕΗ	51.1009	6.1636	-0.1031
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	97.5306	25.8927	-0.0217
Φαρκαδώνα	54.8372	8.9212	-0.0982
Φάρσαλα	53.5490	7.5017	-0.0194
Φράγμα Πλαστήρα	75.8886	11.4070	-0.2936
Γιαννωτά	55.0669	8.9007	0.1658
Καλλιπεύκη	60.2589	12.6652	-0.0212
Καρδίτσα	72.0848	7.3718	-0.3100
Καρπερο	51.3210	13.4500	-0.0465
Κηπουργιο	57.4291	8.2921	-0.1552
Κονίσκος	56.4584	9.5266	-0.2068
Κρυοβρύση	62.7733	14.3477	0.2862
Λάρισα	58.3200	8.4662	0.1401
Λιόπρασο	47.3383	14.3093	-0.0783
Λιβάδι	52.2739	13.0246	0.1811
Λιβάδι	52.7552	19.9139	-0.0040
Λουτροπηγή	57.6569	11.0495	0.1118
Μαγούλα Ποταμιά	60.6540	9.3710	-0.0304
Μακρυνίτσα	51.6926	12.1582	0.1379
Μακρυνάχη	54.8357	13.0510	0.1049
Μαλακάσιο	65.9159	8.4332	-0.1842
Μεγάλη Κερασιά	66.8062	9.7018	-0.0755
Μετέωρα	63.1839	10.8488	-0.1505
Μολόχα	74.6496	17.3331	-0.3020
Μουζάκι	70.6034	17.8083	0.1052
Μυρα	47.3247	12.5632	0.1936
Νεοχώρι	58.4873	10.4705	-0.0648
Παλαιοχώρι	86.5712	21.0351	-0.2517
Πιτσιωτά	70.3014	13.6085	-0.0639
ΠυλωροΙ	49.7702	9.0981	-0.0237
Πυργετός	81.5085	22.5322	0.0892
Πυθιο	57.0596	10.5049	-0.0147
Ραχούλα	76.9864	29.1043	-0.3044
Ρεντίνα	59.9225	13.9621	0.1329
Σκοπιά	59.0925	20.9155	0.0562
Σπηλιά	68.4905	26.0623	-0.2127
Στουρναραϊί κα	96.3807	20.6500	-0.0367
Σωτήριο	54.6561	11.3380	-0.0081
Τρίκαλα	69.3201	8.9305	-0.2695
Τρίλοφο	47.7248	13.3062	-0.0728
Τύμφριστος	69.7139	14.9629	-0.0507
Τύρναβος	54.6095	7.7169	0.1356
Βερδικούσα	42.3654	17.4347	-0.0595
Βροντερό	82.5095	24.3038	0.1119
Ζάππειο	47.2052	14.5140	0.0348
Ζηλευτό	47.3267	14.4279	-0.1436

Πιν Α-8 : Αποτελέσματα από την μέθοδο της ομαδικής χωρικής παρεμβολής για δύναμη βάρους =5

Όνομα	Location	Scale	Shape
Αγχιάλος	68.4711	14.9907	-0.0609
Αγιόφυλλο	43.9092	10.1392	0.1049
Αγρελιά	57.6642	14.5069	-0.1666
Αμάραντος	69.2727	11.5675	-0.4515
Ανάβρα	44.6218	16.1196	0.1670
Αργιθέα	72.1801	16.6124	0.1042
Χρυσομηλιά	84.4595	16.5140	-0.0699
Δρακότρυπα	63.9645	23.2079	-0.4020
Ελασσώνα	55.7116	8.1868	0.0371
Ελάτη ΔΕΗ	48.8217	6.7008	-0.0679
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	98.2140	26.1139	-0.0267
Φαρκαδώνα	51.7219	10.7165	-0.0867
Φάρσαλα	51.8461	8.3979	-0.0022
Φράγμα Πλαστήρα	75.4990	12.5910	-0.2974
Γιαννωτά	53.3172	9.6918	0.2040
Καλλιπεύκη	58.8324	12.8987	0.0143
Καρδίτσα	72.3587	8.5180	-0.3108
Καρπερο	49.9975	15.5292	-0.0342
Κηπουργιο	56.1615	9.1823	-0.1492
Κονίσκος	55.4496	10.6134	-0.2126
Κρυοβρύση	63.0414	15.6880	0.3390
Λάρισα	56.4572	9.4046	0.1599
Λιόπρασο	43.8008	16.4643	-0.0672
Λιβάδι	52.2220	13.2186	0.1982
Λιβάδι	52.6246	20.0585	-0.0042
Λουτροπηγή	56.5042	11.9193	0.1275
Μαγούλα Ποταμιά	59.1805	10.8243	-0.0303
Μακρυνίτσα	49.3277	14.1004	0.1458
Μακρυνάχη	53.7998	15.0768	0.0959
Μαλακάσιο	64.3453	9.6611	-0.1742
Μεγάλη Κερασιά	65.3494	11.0211	-0.0320
Μετέωρα	61.6997	13.0409	-0.1402
Μολόχα	75.0312	20.3172	-0.3102
Μουζάκι	68.8985	19.3395	0.1107
Μυρα	46.2036	13.5235	0.2069
Νεοχώρι	58.0724	10.4470	-0.0471
Παλαιχώρι	86.7114	23.3391	-0.2433
Πιτσιωτά	70.7364	15.0321	-0.0712
Πυλωροί	47.0352	10.2350	0.0201
Πυργετός	83.4512	24.5523	0.1132
Πυθιο	56.5500	11.1026	0.0108
Ραχούλα	76.6724	29.6627	-0.3117
Ρεντίνα	57.9516	15.9088	0.1371
Σκοπιά	59.1279	22.1702	0.0598
Σπηλιά	68.2119	28.9130	-0.2110
Στουρναραϊί κα	97.8095	22.3328	-0.0398
Σωτήριο	51.7391	13.0510	-0.0032
Τρίκαλα	67.5802	10.5496	-0.2965
Τρίλοφο	45.6174	14.1621	-0.0603
Τύμφριστος	70.5261	16.3283	-0.0669
Τύρναβος	51.5912	8.7627	0.1752
Βερδικούσα	39.4975	19.5687	-0.0566
Βροντερό	82.4162	24.8454	0.1078
Ζάμπειο	46.2285	15.7667	0.0246
Ζηλευτό	46.0551	15.2644	-0.1400

Πιν Α-9: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου θέσης για δύναμη βάρους =2

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγχιάλος	53.1062	53.7658	54.3456	54.6634	55.1951	55.7906	38
Αγιόφυλλο	49.5011	50.1070	50.6861	50.9532	51.4362	52.0045	62
Αγρελιά	50.4664	51.4305	52.2724	52.7053	53.4864	54.3108	19
Αμάραντος	62.8969	64.3191	65.7092	66.4137	67.6154	68.9039	21
Ανάβρα	45.0752	45.8999	46.7277	47.1665	47.9802	48.8890	63
Αργιθέα	66.4746	67.3930	68.1613	68.5950	69.3168	70.1288	17
Χρυσομηλιά	68.6619	69.7754	70.7627	71.2798	72.2395	73.2792	54
Δρακότρυπα	60.9620	62.4493	63.9614	64.7526	66.1918	67.7232	49
Ελασσώνα	50.0049	50.4550	50.9710	51.2485	51.7236	52.2623	62
Ελάτη ΔΕΗ	48.2154	48.6071	49.0384	49.2807	49.6640	50.1181	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	77.8307	81.5727	84.6822	86.3099	89.1930	92.6401	62
Φαρκαδώνα	50.7632	51.3822	51.8792	52.1688	52.6669	53.2391	63
Φάρσαλα	49.3617	49.8637	50.3234	50.5704	51.0111	51.5027	42
Φράγμα Πλαστήρα	61.1475	62.3921	63.3022	63.8443	64.7545	65.7576	42
Γιαννωτά	48.3484	48.9339	49.5004	49.8312	50.3671	50.9724	62
Καλλιπεύκη	51.0806	51.9088	52.7474	53.1964	53.9572	54.8530	23
Καρδίτσα	58.7921	59.5669	60.1352	60.4807	61.0405	61.6490	63
Καρπερο	49.2223	50.0273	50.6313	50.9859	51.5560	52.2082	50
Κηπουργιο	52.9581	53.4436	53.9781	54.2356	54.6762	55.1621	50
Κονίσκος	50.5545	51.2362	51.9127	52.2655	52.8779	53.5801	28
Κρυοβρύση	50.1910	51.1245	52.0180	52.5073	53.3783	54.4090	20
Λάρισα	51.4099	51.9542	52.4022	52.6843	53.1155	53.6187	50
Λιόπρασο	47.4109	48.4311	49.2707	49.8325	50.6848	51.6699	31
Λιβάδι	43.7555	45.4506	47.3240	48.2877	50.1020	52.3090	63
Λιβάδι	44.9166	46.6518	48.2439	49.2522	50.9135	52.7284	20
Λουτροπηγή	53.4630	54.0413	54.7686	55.1377	55.7569	56.4530	42
Μαγούλα Ποταμιά	52.8073	53.4549	53.9815	54.3008	54.8031	55.3709	20
Μακρονίτσα	48.3163	48.8475	49.4079	49.6989	50.2104	50.7779	63
Μακρυράχη	50.0394	50.8908	51.5651	51.9708	52.6135	53.3674	26
Μαλακάσιο	57.7262	58.3330	58.9043	59.1898	59.7033	60.2699	59
Μεγάλη Κερασιά	58.5837	59.0797	59.6847	60.0068	60.5050	61.0675	43
Μετέωρα	55.5627	56.2026	56.7878	57.1142	57.6919	58.3337	69
Μολόχα	58.9759	60.7083	62.0628	62.8113	64.0488	65.4436	37
Μουζάκι	63.8736	64.8442	65.8763	66.3983	67.2733	68.2750	47
Μυρα	46.2598	46.9141	47.5588	47.8630	48.3928	49.0242	18
Νεοχώρι	53.6096	54.5430	55.2705	55.7014	56.4105	57.2414	33
Παλαιοχώρι	69.3437	70.4823	71.4816	72.0176	72.9531	74.0155	33
Πιτσιωτά	59.2844	60.1914	61.1163	61.6621	62.5113	63.5108	33
Πυλωροί	48.8150	49.5215	50.1405	50.4604	51.0158	51.6310	31
Πυργετός	58.0336	59.3376	60.3528	60.9438	61.9444	63.1388	50
Πυθιο	49.3423	50.0758	50.7644	51.1604	51.8124	52.5588	15
Ραχούλα	55.6175	61.0614	65.2602	67.4594	71.3307	75.4600	33
Ρεντίνα	54.4088	55.2821	56.1634	56.6324	57.4195	58.3146	63
Σκοπιά	51.2504	52.0305	52.8223	53.3022	54.1196	55.0573	43
Σπηλιά	51.5601	52.9908	54.1101	54.7511	55.7568	56.8866	63
Στουρναραϊ κα	72.8495	75.0102	76.7268	77.5896	79.1768	81.0469	44
Σωτήριο	49.9868	50.7275	51.4264	51.8333	52.4962	53.2507	53
Τρίκαλα	58.9520	59.6007	60.1828	60.5183	61.0613	61.6732	36
Τρίλοφο	46.8506	47.6697	48.5060	48.9493	49.6777	50.4951	63
Τύμφριστος	58.2813	59.1772	60.2009	60.7686	61.6924	62.7844	59
Τύρναβος	49.9201	50.3709	50.7604	50.9730	51.3681	51.8328	61
Βερδικούσα	43.3153	44.4472	45.4730	46.0908	47.0877	48.2745	63
Βροντερό	73.7675	75.7843	77.5015	78.4558	80.0320	81.8310	20
Ζάππειο	44.8511	45.7324	46.8180	47.3922	48.3620	49.4533	63
Ζηλεντό	48.2370	49.0783	49.8042	50.1703	50.8024	51.5578	56

Πιν Α-10: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου θέσης για δύναμη βάρους =3

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγχιάλος	53.6760	54.5082581	54.9621872	55.7128	56.5755	57.4513	38
Αγιόφυλλο	44.9257	45.6311103	46.0552485	46.7234	47.4783	48.2655	62
Αγρελιά	49.7991	50.9284155	51.5417524	52.6062	53.8626	55.1153	19
Αμάραντος	64.3872	65.8515452	66.6407621	68.0297	69.5337	71.0237	21
Ανάβρα	40.7410	42.1714271	42.9361718	44.2171	45.7476	47.3314	63
Αργιθέα	67.9731	69.0554502	69.6722169	70.7643	71.9884	73.3241	17
Χρυσομηλιά	73.5966	74.9294103	75.7444161	77.0819	78.5287	80.0666	54
Δρακότρυπα	58.7878	60.889442	62.0236343	63.9380	65.9547	68.0628	49
Ελασσώνα	48.5350	49.126199	49.4559387	50.0427	50.6857	51.3791	62
Ελάτη ΔΕΗ	45.0595	45.5673343	45.838803	46.3177	46.8459	47.3826	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	83.6137	87.1179109	89.0779867	92.6543	96.8634	101.2425	62
Φαρκαδώνα	47.5227	48.2676008	48.7280568	49.5210	50.4085	51.3134	63
Φάρσαλα	46.4752	47.1154071	47.4773384	48.0557	48.7230	49.4122	42
Φράγμα Πλαστήρα	64.4546	65.882136	66.6518097	67.9689	69.4741	70.9532	42
Γιαννοτά	46.3706	47.0983269	47.4744322	48.1405	48.9172	49.7313	62
Καλλιπεύκη	51.1511	52.3442923	52.9772185	54.0954	55.3892	56.6725	23
Καρδίτσα	61.2009	62.084579	62.537212	63.3380	64.2100	65.0666	63
Καρπερο	46.4395	47.3149394	47.8435016	48.6977	49.6983	50.7347	50
Κηπουργιο	50.9550	51.5478997	51.866445	52.4442	53.0778	53.7091	50
Κονίσκος	48.3738	49.2618042	49.836043	50.7176	51.7337	52.7609	28
Κρυοβρύση	50.1590	51.4852511	52.1654427	53.4504	55.0148	56.6999	20
Λάρισα	49.7421	50.3588834	50.6873631	51.2159	51.8325	52.4855	50
Λιόπρασσο	41.2851	42.7236488	43.5194649	45.0086	46.7967	48.5716	31
Λιβάδι	45.5006	47.2651388	48.3186874	50.0358	52.2418	54.6902	63
Λιβάδι	46.5314	48.2307626	49.1724722	50.8528	52.6952	54.6329	20
Λουτροπηγή	51.9334	52.8022596	53.2696587	54.0961	55.0170	55.9907	42
Μαγούλα Ποταμιά	51.4826	52.2655028	52.672677	53.3770	54.1825	54.9987	20
Μακρυνίτσα	44.4897	45.3300088	45.8007453	46.5744	47.4597	48.3788	63
Μακρυράχη	47.6558	48.6782035	49.2589237	50.2460	51.3792	52.5551	26
Μαλακάσιο	57.9784	58.704459	59.0862122	59.7540	60.5042	61.2881	59
Μεγάλη Κερασιά	59.2291	59.9333152	60.3272071	60.9600	61.6912	62.4164	43
Μετέωρα	54.9273	55.7877308	56.2429697	57.0428	57.9387	58.8936	69
Μολόχα	62.1337	64.3005255	65.4940277	67.4805	69.7434	71.9584	37
Μουζάκι	64.2258	65.5603911	66.3907626	67.7296	69.2961	70.9573	47
Μυρα	42.6840	43.597607	44.061611	44.8889	45.8578	46.8521	18
Νεοχώρι	52.9735	53.9614988	54.4956704	55.4197	56.4414	57.4966	33
Παλαιοχώρι	75.4108	77.1329233	78.0455862	79.5391	81.2620	82.9367	33
Πιτσιωτά	61.0872	62.4564858	63.168205	64.4350	65.8414	67.2471	33
Πυλωροί	44.7840	45.6350832	46.134655	46.9172	47.8681	48.8603	31
Πυργετός	64.9301	66.6023362	67.5202458	69.0560	70.8415	72.7698	50
Πυθιο	48.5109	49.5021917	50.0238952	50.8916	51.8873	52.9396	15
Ραχούλα	60.8858	65.5556288	68.1275803	72.4125	77.3237	82.0461	33
Ρεντίνα	53.0359	54.1293433	54.7807692	55.8908	57.1699	58.4661	63
Σκοπιά	51.3356	52.864935	53.6669896	55.0477	56.5521	58.1744	43
Σπηλιά	54.3147	56.4178639	57.5388367	59.4315	61.4513	63.5734	63
Στουρναραίικα	80.3421	82.6728044	84.0314901	86.3492	89.0990	91.9589	44
Σωτήριο	46.8135	47.9276921	48.5540154	49.6847	50.9295	52.2475	53
Τρίκαλα	59.5693	60.3667029	60.832862	61.5605	62.3745	63.2086	36
Τρίλοφο	42.4764	43.5674703	44.1968047	45.2285	46.3832	47.6390	63
Τύμφριστος	60.7938	62.3265127	63.2001584	64.6213	66.2594	67.9419	59
Τύρναβος	47.0962	47.5824175	47.8654266	48.3231	48.8640	49.4145	61
Βερδικούσα	36.1818	37.9949504	38.9581728	40.8691	43.1090	45.3802	63
Βροντερό	75.6366	77.6609872	78.6779155	80.4929	82.7207	85.0048	20
Ζάμπειο	39.8921	41.6092954	42.5899439	44.3190	46.3189	48.4633	63
Ζηλευτό	43.8442	44.982258	45.5917315	46.6198	47.7685	48.9193	56

Πιν Α-11: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου θέσης για δύναμη βάρους = 4

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγγιάλος	54.5629	55.5759	56.1461	57.1281	58.2066	59.3451	38
Αγιόφυλλο	40.8607	41.7357	42.2189	43.0103	43.9821	44.9357	62
Αγρελιά	49.0781	50.5869	51.3473	52.6918	54.0746	55.5542	19
Αμάραντος	64.1782	65.7100	66.5842	68.0036	69.5218	71.0437	21
Ανάβρα	39.1436	40.6846	41.5686	43.0900	44.8587	46.6945	63
Αργιθέα	66.0416	67.5400	68.2499	69.5563	71.1276	72.7330	17
Χρυσομηλιά	73.9211	75.6521	76.6383	78.2286	80.0269	81.8551	54
Δρακότρυπα	54.4906	57.0049	58.3164	60.5433	62.9525	65.3836	49
Ελασσώνα	47.4334	48.0878	48.4515	49.1131	49.8931	50.7171	62
Ελάτη ΔΕΗ	42.4983	43.1457	43.4532	43.9917	44.5934	45.1997	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	83.1054	87.0051	89.2180	93.0866	97.4067	101.9871	62
Φαρκαδώνα	43.8247	44.8451	45.4396	46.4950	47.7657	49.0769	63
Φάρσαλα	44.0935	44.8994	45.3553	46.1070	46.9498	47.8053	42
Φράγμα Πλαστήρα	65.4695	67.1800	68.1272	69.7502	71.5158	73.2781	42
Γιαννωτά	44.7943	45.6290	46.0585	46.8481	47.7385	48.6383	62
Καλλιπεύκη	50.5275	51.9543	52.7035	53.9912	55.4733	57.0749	23
Καρδίτσα	62.7010	63.7899	64.3586	65.3407	66.4371	67.5318	63
Καρπερο	44.3803	45.6057	46.2993	47.4657	48.7615	50.1204	50
Κηπουργιο	49.0185	49.7701	50.1889	50.8744	51.6484	52.4166	50
Κονίσκος	46.4047	47.5922	48.2065	49.2810	50.5519	51.7803	28
Κρυοβρύση	50.0836	51.6098	52.4843	54.1208	56.0697	58.1577	20
Λάρισα	47.8940	48.6205	49.0100	49.6752	50.3985	51.1584	50
Λιόπρασο	35.6577	37.6283	38.7619	40.7111	42.9807	45.4264	31
Λιβάδι	45.4360	47.1386	48.2202	50.0494	52.2794	54.6504	63
Λιβάδι	46.5166	48.1822	49.2349	50.8934	52.7960	54.7007	20
Λουτροπηγή	50.3745	51.4142	51.9674	52.8899	54.0217	55.1851	42
Μαγούλα Ποταμιά	49.7295	50.7246	51.2807	52.1770	53.2284	54.2521	20
Μακρυνίτσα	41.2038	42.2928	42.9067	43.9297	45.1642	46.4214	63
Μακρυνάχη	45.7815	47.0680	47.8105	49.0193	50.4658	51.9384	26
Μαλακάσιο	56.8870	57.8022	58.2893	59.0623	59.9790	60.9291	59
Μεγάλη Κερασιά	58.4239	59.2976	59.7256	60.4855	61.3569	62.2516	43
Μετέωρα	53.4109	54.5870	55.1558	56.1799	57.4083	58.5929	69
Μολόχα	62.4425	65.3400	66.8156	69.4609	72.3348	75.1211	37
Μουζάκι	62.3561	64.1195	65.0670	66.6656	68.6323	70.6229	47
Μυρα	41.1270	42.2252	42.7811	43.7907	44.9421	46.1919	18
Νεοχώρι	52.3623	53.3807	53.9114	54.8825	56.0010	57.1119	33
Παλαιοχώρι	76.8683	79.0392	80.1849	82.0789	84.2249	86.3783	33
Πιτσιωτά	61.6985	63.3427	64.2423	65.6814	67.3672	69.1500	33
Πυλώριοι	41.2674	42.3463	42.9479	43.9747	45.1237	46.3468	31
Πυργετός	68.2626	70.2596	71.3880	73.2545	75.4458	77.6542	50
Πυθιο	48.1328	49.2187	49.7932	50.7592	51.8846	53.0343	15
Ραχούλα	60.4616	65.4098	67.9715	72.5191	77.3606	82.1260	33
Ρεντίνα	50.7798	52.1609	52.9571	54.2841	55.8511	57.5422	63
Σκοπιά	51.6750	53.3289	54.3100	55.9510	57.9216	59.9453	43
Σπηλιά	55.9265	58.7002	60.0776	62.4771	65.1583	67.9596	63
Στουρναράϊ κα	81.8220	84.7999	86.4414	89.3203	92.6578	96.1339	44
Σωτήριο	43.4818	44.9681	45.8068	47.3200	49.0771	51.0249	53
Τρίκαλα	58.3331	59.3923	59.9211	60.8821	61.9390	62.9622	36
Τρίλοφο	39.7407	41.0793	41.7491	42.9183	44.2434	45.5980	63
Τύμφριστος	61.9225	63.7117	64.7393	66.3673	68.3271	70.3455	59
Τύρναβος	44.1586	44.7287	45.0348	45.5806	46.2274	46.8758	61
Βερδικούσα	30.5554	32.9663	34.4120	36.8829	39.8269	42.8851	63
Βροντερό	74.8518	76.9887	78.2038	80.1422	82.4915	84.8530	20
Ζάμπειο	37.4672	39.6506	40.8294	43.0186	45.5154	48.2629	63
Ζηλευτό	41.6051	42.8222	43.5214	44.7676	46.1095	47.5180	56

Πιν Α-12: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου θέσης για δύναμη βάρους = 5

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγγιάλος	55.7064	56.9416	57.6359	58.7943	60.0806	61.4459	38
Αγιόφυλλο	38.0010	38.9587	39.5320	40.4600	41.5034	42.5757	62
Αγρελιά	49.0803	50.7511	51.5846	52.9178	54.5129	56.0377	19
Αμάραντος	64.2856	65.8009	66.6094	68.0113	69.5445	71.0386	21
Ανάβρα	38.7585	40.3622	41.3047	42.8641	44.7353	46.7370	63
Αργιθέα	64.1901	65.7661	66.6554	68.1667	69.9123	71.7843	17
Χρυσομηλιά	73.2563	75.0667	76.0401	77.8805	79.9423	81.9854	54
Δρακότρυπα	51.6149	54.2495	55.6057	58.0349	60.6939	63.3318	49
Ελασσώνα	46.6980	47.5134	47.9344	48.6446	49.5026	50.3720	62
Ελάτη ΔΕΗ	40.8762	41.5241	41.8696	42.4388	43.1077	43.7838	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	83.1431	86.9753	89.1873	92.9535	97.4605	102.0000	62
Φαρκαδώνα	40.4715	42.0627	42.8211	44.2386	45.8712	47.5439	63
Φάρσαλα	42.8035	43.6941	44.1786	45.0448	46.0063	47.0088	42
Φράγμα Πλαστήρα	65.4544	67.6944	68.7667	70.5774	72.5066	74.5653	42
Γιαννοτά	43.6148	44.5771	45.0657	45.9022	46.8759	47.8706	62
Καλλιπεύκη	49.6630	51.1641	52.0052	53.4083	55.0351	56.7628	23
Καρδίτσα	63.5604	65.0089	65.7339	66.9288	68.2104	69.5405	63
Καρπερο	43.7319	45.1052	45.8832	47.2004	48.6978	50.2112	50
Κηπουργιο	48.0573	48.8526	49.2998	50.0708	50.9126	51.7548	50
Κονίσκος	45.1243	46.5037	47.2974	48.6138	50.0176	51.4709	28
Κρυοβρύση	50.3437	52.2398	53.1952	54.9715	57.1334	59.5263	20
Λάρισα	46.6787	47.4036	47.7837	48.4903	49.2885	50.0805	50
Λιόπρασο	31.5630	34.2662	35.6761	38.0785	40.8862	43.7277	31
Λιβάδι	45.5408	47.2428	48.2762	50.0973	52.3354	54.6944	63
Λιβάδι	46.5372	48.3350	49.2817	50.9193	52.7907	54.7575	20
Λουτροπηγή	49.6353	50.6950	51.2894	52.3203	53.4945	54.7197	42
Μαγούλα Ποταμιά	48.4386	49.5534	50.2094	51.2922	52.4987	53.7720	20
Μακρυνίτσα	39.3936	40.6785	41.3984	42.6085	43.9827	45.3450	63
Μακρυράχη	44.8549	46.2828	47.1281	48.6055	50.2068	51.9430	26
Μαλακάσιο	55.6729	56.6477	57.1936	58.1237	59.1974	60.2815	59
Μεγάλη Κερασιά	57.4050	58.3669	58.8652	59.7451	60.7193	61.7373	43
Μετέωρα	52.1008	53.4766	54.1934	55.4546	56.9192	58.4105	69
Μολόχα	62.5314	65.7809	67.5938	70.6033	73.8189	77.2443	37
Μουζάκι	61.4850	63.3417	64.3181	66.0886	68.0909	70.2857	47
Μυρα	40.8719	41.8912	42.4896	43.5935	44.8538	46.1797	18
Νεοχώρι	52.1986	53.1429	53.7185	54.6911	55.7776	56.8647	33
Παλαιοχώρι	76.9704	79.3256	80.6612	82.8508	85.2098	87.6771	33
Πιτσιωτά	62.1823	63.9687	64.9609	66.6148	68.4891	70.4800	33
Πυλωροί	39.1206	40.3543	40.9842	42.1154	43.3831	44.7041	31
Πυργετός	70.0865	72.0635	73.1384	75.1586	77.5071	79.8560	50
Πυθιο	47.9533	49.1214	49.7217	50.7757	52.0159	53.2857	15
Ραχούλα	60.6772	65.4890	68.0800	72.5030	77.2220	82.2187	33
Ρεντίνα	48.8854	50.6193	51.4887	53.1232	54.9336	56.8099	63
Σκοπιά	51.5391	53.5735	54.6679	56.4249	58.5489	60.7672	43
Σπηλιά	56.4806	59.6203	61.2627	63.9546	66.9728	70.1598	63
Στουρναραϊ κα	82.5770	85.7474	87.5530	90.6730	94.4176	98.1857	44
Σωτήριο	40.9634	42.8031	43.9002	45.6831	47.7725	50.0985	53
Τρίκαλα	56.6300	57.8591	58.5495	59.6989	60.9687	62.2546	36
Τρίλοφο	38.3821	39.7360	40.4887	41.7929	43.2505	44.7616	63
Τύμφριστος	62.5014	64.4989	65.5689	67.4078	69.4740	71.6742	59
Τύρναβος	41.6870	42.3182	42.6529	43.2743	44.0064	44.7495	61
Βερδικούσα	27.2559	30.4018	32.1096	35.0187	38.4380	41.9201	63
Βροντερό	74.4814	76.6879	77.7661	79.8456	82.2180	84.7075	20
Ζάππειο	36.6043	39.1515	40.4381	42.7655	45.5063	48.4899	63
Ζηλευτό	40.7172	42.1667	42.9167	44.2213	45.6310	47.1378	56

Πιν Α-13: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου κλίμακας για δύναμη βάρους = 2

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	19.553	19.997	20.225	20.644	21.127	21.597	38
Αγιόφυλλο	16.292	16.732	16.960	17.346	17.787	18.227	62
Αγρελιά	17.900	18.526	18.852	19.401	20.030	20.667	19
Αμάραντος	9.881	10.662	11.160	11.973	12.913	13.847	21
Ανάβρα	15.340	15.975	16.316	16.976	17.757	18.575	63
Αργιθέα	19.677	20.304	20.636	21.215	21.890	22.596	17
Χρυσομηλιά	19.742	20.465	20.888	21.610	22.418	23.263	54
Δρακότρυπα	22.411	23.523	24.084	25.113	26.281	27.437	49
Ελασσώνα	16.050	16.488	16.737	17.140	17.619	18.128	62
Ελάτη ΔΕΗ	16.290	16.627	16.797	17.117	17.471	17.832	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	16.866	19.090	20.378	22.605	25.280	28.043	62
Φαρκαδώνα	18.215	18.612	18.843	19.226	19.665	20.110	63
Φάρσαλα	16.865	17.272	17.469	17.812	18.211	18.643	42
Φράγμα	18.796	19.520	19.928	20.560	21.309	22.039	42
Πλαστήρα	16.555	17.025	17.284	17.748	18.280	18.829	62
Γιαννωτά	17.162	17.813	18.170	18.768	19.487	20.229	23
Καλλιπεύκη	18.673	19.122	19.363	19.765	20.221	20.681	63
Καρδίτσα	16.734	17.174	17.446	17.886	18.400	18.913	50
Καρπερο	17.683	18.055	18.246	18.575	18.954	19.331	50
Κονίσκος	17.995	18.438	18.707	19.197	19.705	20.239	28
Κρυοβρύση	16.408	17.163	17.670	18.498	19.454	20.543	20
Λάρισα	17.785	18.222	18.424	18.792	19.204	19.627	50
Λιόπρασο	17.994	18.657	19.023	19.678	20.445	21.246	31
Λιβάδι	7.235	8.777	9.551	11.067	12.968	15.062	63
Λιβάδι	15.128	16.508	17.243	18.476	19.898	21.420	20
Λουτροπηγή	15.830	16.371	16.642	17.110	17.684	18.260	42
Μαγούλα	18.001	18.424	18.653	19.059	19.511	19.987	20
Ποταμιά	17.837	18.253	18.488	18.919	19.400	19.904	63
Μακρυνίτσα	17.066	17.616	17.938	18.470	19.081	19.716	26
Μακρυράχη	18.262	18.705	18.923	19.300	19.731	20.160	59
Μαλακάσιο	18.482	18.906	19.117	19.508	19.943	20.377	43
Μεγάλη Κερασιά	18.982	19.465	19.723	20.146	20.633	21.135	69
Μετάωρα	16.776	17.705	18.274	19.121	20.134	21.167	37
Μολόχα	19.159	19.917	20.333	21.042	21.882	22.741	47
Μουζάκι	15.942	16.443	16.713	17.175	17.734	18.298	18
Μυρα	14.415	15.015	15.333	15.883	16.515	17.169	33
Νεοχώρι	20.535	21.291	21.707	22.387	23.171	23.928	33
Παλαιοχώρι	16.615	17.306	17.692	18.335	19.100	19.851	33
Πιτσιωτά	16.366	16.840	17.084	17.526	18.030	18.540	31
Πυργετός	19.198	20.034	20.554	21.437	22.481	23.614	50
Πυθιο	14.740	15.401	15.732	16.274	16.914	17.597	15
Ραχούλα	17.973	20.742	22.334	24.974	28.104	31.188	33
Ρεντίνα	17.162	17.808	18.153	18.773	19.515	20.279	63
Σκοπιά	17.886	18.591	18.964	19.592	20.323	21.084	43
Σπηλιά	19.556	20.373	20.806	21.555	22.401	23.278	63
Στουρναραϊί κα	19.962	21.172	21.881	23.112	24.602	26.114	44
Σωτήριο	17.841	18.419	18.721	19.230	19.834	20.449	53
Τρίκαλα	20.000	20.439	20.689	21.104	21.573	22.045	36
Τρίλοφο	16.508	17.141	17.465	18.021	18.659	19.350	63
Τύμφριστος	14.458	15.232	15.642	16.350	17.146	17.997	59
Τύρναβος	17.783	18.144	18.349	18.675	19.058	19.471	61
Βερδικούσα	16.642	17.459	17.872	18.669	19.578	20.509	63
Βροντερό	19.621	20.943	21.641	22.844	24.340	25.905	20
Ζάμπειο	15.202	15.984	16.430	17.182	18.058	18.991	63
Ζηλεντό	16.024	16.567	16.831	17.294	17.831	18.374	56

Πιν Α-14: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου κλίμακας για δύναμη βάρους = 3

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	20.1484	20.8224	21.1634	21.7879	22.4726	23.1950	38
Αγιόφυλλο	14.2897	14.8424	15.1747	15.7016	16.3008	16.9454	62
Αγρελιά	17.4575	18.3600	18.8560	19.6813	20.5678	21.4978	19
Αμάραντος	8.2131	9.1052	9.6463	10.6088	11.6553	12.7561	21
Ανάβρα	12.7164	13.8247	14.4422	15.5451	16.8378	18.1870	63
Αργιθέα	18.8460	19.7745	20.2904	21.1726	22.1704	23.2113	17
Χρυσομηλιά	19.1548	20.2293	20.8132	21.8303	23.0011	24.1943	54
Δρακότρυπα	23.1077	24.5617	25.4262	26.7804	28.3077	29.9002	49
Ελασσώνα	14.3924	14.8837	15.1634	15.6782	16.2812	16.9185	62
Ελάτη ΔΕΗ	14.9241	15.3039	15.5166	15.8812	16.3165	16.7449	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	15.5451	18.2300	19.7893	22.6036	25.9037	29.1656	62
Φαρκαδώνα	17.4924	18.1139	18.4501	19.0281	19.7038	20.4035	63
Φάρσαλα	15.2802	15.7862	16.0593	16.5395	17.0752	17.6340	42
Φράγμα							
Πλαστήρα	17.8492	18.8889	19.4524	20.3439	21.4480	22.5465	42
Γιαννωτά	15.4487	16.1019	16.4324	17.0076	17.7043	18.4318	62
Καλλιπεύκη	15.8362	16.7658	17.2898	18.1631	19.2041	20.3428	23
Καρδίτσα	18.0236	18.6030	18.9290	19.4641	20.0957	20.7747	63
Καρπερο	15.4296	16.1275	16.5011	17.1401	17.9176	18.7063	50
Κηπουργιο	16.6709	17.1363	17.3910	17.8171	18.2889	18.7775	50
Κονίσκος	17.3915	18.0940	18.5103	19.1597	19.9232	20.6889	28
Κρυοβρύση	14.9418	16.0887	16.7594	18.0405	19.5646	21.2660	20
Λάρισα	16.6065	17.1067	17.3964	17.8595	18.4103	18.9574	50
Λιόπρασο	16.6535	17.7627	18.4075	19.5537	20.8637	22.2304	31
Λιβάδι	7.1484	8.6274	9.5210	11.0840	12.9753	15.1164	63
Λιβάδι	15.1054	16.4707	17.1915	18.4359	19.9258	21.3956	20
Λουτροπηγή	14.2646	14.9920	15.4080	16.0994	16.8698	17.6690	42
Μαγούλα							
Ποταμιά	17.3162	17.9616	18.3021	18.8830	19.5330	20.2067	20
Μακρυνίτσα	17.0118	17.6928	18.0927	18.7666	19.5364	20.3518	63
Μακρυράχη	16.5300	17.2883	17.7459	18.5691	19.5119	20.4761	26
Μαλακάσιο	17.5439	18.0875	18.3604	18.8672	19.4333	19.9947	59
Μεγάλη Κερασιά	17.9162	18.4173	18.6836	19.1709	19.7299	20.2955	43
Μετάωρα	18.6548	19.2751	19.6301	20.2438	20.9089	21.6112	69
Μολόχα	16.0243	17.5187	18.3073	19.7013	21.3043	22.9740	37
Μουζάκι	17.4262	18.5902	19.2250	20.3436	21.6147	22.9683	47
Μυρα	13.2481	13.9740	14.4150	15.1208	15.9892	16.8557	18
Νεοχώρι	12.3368	13.1045	13.5189	14.2181	15.0323	15.8452	33
Παλαιοχώρι	20.4834	21.7126	22.3700	23.3867	24.6111	25.8564	33
Πιτσιωτά	14.8940	15.8876	16.4069	17.3080	18.3818	19.4906	33
Πυλωροί	14.4449	15.1617	15.5492	16.1724	16.9210	17.6792	31
Πυργετός	20.4058	21.6976	22.5310	23.9624	25.5563	27.2525	50
Πυθιο	13.2860	14.0344	14.4842	15.2036	16.0466	16.9413	15
Ραχούλα	17.6552	20.8048	22.5452	25.4957	28.9024	32.6166	33
Ρεντίνα	16.1598	17.1266	17.6552	18.5691	19.6593	20.7665	63
Σκοπιά	17.5034	18.6428	19.2495	20.3082	21.5695	22.8829	43
Σπηλιά	21.0345	22.5036	23.2929	24.6141	26.1479	27.7056	63
Στουρναραϊί κα	18.4835	20.4404	21.4155	23.2786	25.4686	27.6651	44
Σωτήριο	16.0071	16.8706	17.3611	18.1826	19.1891	20.2339	53
Τρίκαλα	20.2766	20.8906	21.2316	21.7824	22.4083	23.0433	36
Τρίλοφο	15.2397	16.1180	16.5752	17.3787	18.2823	19.2287	63
Τύμφριστος	12.6295	13.7703	14.3577	15.3868	16.6456	17.9284	59
Τύρναβος	16.8023	17.2629	17.5063	17.9255	18.4089	18.9073	61
Βερδικούσα	15.0303	16.3861	17.2053	18.6122	20.2812	22.0642	63
Βροντερό	18.9606	20.3241	21.2589	22.8168	24.6458	26.5211	20
Ζάμπειο	11.7927	13.2027	13.9309	15.2443	16.8027	18.4576	63
Ζηλευτό	13.8149	14.6056	15.0567	15.7604	16.5903	17.4530	56

Πιν Α-15: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου κλίμακας για δύναμη βάρους = 4

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγχιάλος	21.0254	21.8042	22.2438	23.0080	23.8855	24.7731	38
Αγιόφυλλο	12.6944	13.3643	13.7349	14.4012	15.1715	15.9454	62
Αγρελιά	17.4442	18.4008	18.9530	19.8581	20.9328	22.0025	19
Αμάραντος	7.8331	8.8490	9.3945	10.3059	11.3963	12.5460	21
Ανάβρα	11.6348	12.9955	13.7170	15.0264	16.5437	18.1347	63
Αργιθέα	17.6486	18.8032	19.4039	20.5391	21.8047	23.0966	17
Χρυσομηλιά	18.4919	19.7269	20.3944	21.6272	23.0171	24.4626	54
Δρακότρυπα	23.0010	24.6232	25.6326	27.1992	28.9785	30.8115	49
Ελασσώνα	13.0399	13.6544	14.0101	14.5757	15.2635	15.9942	62
Ελάτη ΔΕΗ	13.8373	14.2795	14.5161	14.9359	15.4206	15.9144	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	15.4495	18.0400	19.6781	22.6114	25.9033	29.3294	62
Φαρκαδώνα	16.7248	17.5692	18.0487	18.9259	19.9091	20.8916	63
Φάρσαλα	13.8993	14.5653	14.9162	15.5057	16.1913	16.9105	42
Φράγμα Πλαστήρα	16.8816	18.1085	18.7908	19.9344	21.2665	22.6027	42
Γιαννωτά	14.8307	15.5106	15.9181	16.6011	17.4117	18.2619	62
Καλλιπεύκη	14.6366	15.6923	16.3047	17.4346	18.6880	20.0302	23
Καρδίτσα	17.0187	17.7980	18.1938	18.9124	19.7328	20.5544	63
Καρπερο	14.6235	15.5406	16.0422	16.9126	17.8935	18.9068	50
Κηπουργιο	15.9305	16.4916	16.8026	17.3069	17.8820	18.4589	50
Κονίσκος	17.0377	17.8739	18.3296	19.1667	20.1381	21.0953	28
Κρυοβρύση	14.1059	15.5091	16.3741	17.9318	19.8343	21.9561	20
Λάρισα	15.4349	15.9912	16.3158	16.8836	17.5358	18.1985	50
Λιόπρασo	15.2037	16.8117	17.7094	19.3421	21.1444	22.9921	31
Λιβάδι	7.2072	8.6275	9.5232	11.0291	12.9240	15.0199	63
Λιβάδι	15.0343	16.3991	17.1611	18.4736	19.9181	21.4781	20
Λουτροπηγή	13.4288	14.2351	14.7023	15.4683	16.3991	17.3784	42
Μαγούλα Ποταμιά	17.0136	17.7376	18.1385	18.8361	19.6747	20.5564	20
Μακρονίτσα	16.4842	17.3556	17.8453	18.6860	19.7211	20.7953	63
Μακρυράχη	16.3558	17.3783	17.9619	18.9991	20.1809	21.4547	26
Μαλακάσιο	16.7787	17.4820	17.8228	18.4227	19.1149	19.7978	59
Μεγάλη Κερασιά	17.1947	17.8312	18.1726	18.7524	19.4219	20.0925	43
Μετέωρα	18.0448	18.9242	19.3801	20.1574	21.0284	21.9477	69
Μολόχα	15.8161	17.8274	18.8188	20.7038	22.7674	24.9123	37
Μουζάκι	15.9591	17.3126	18.0768	19.4369	21.0131	22.6277	47
Μυρα	11.7767	12.6246	13.1359	13.9933	15.0262	16.1108	18
Νεοχώρι	11.5322	12.2597	12.6962	13.4755	14.3299	15.2124	33
Παλαιοχώρι	20.1940	21.6756	22.4251	23.7941	25.3426	26.9018	33
Πιτσιωτά	13.7209	14.8522	15.5445	16.7320	18.0336	19.3874	33
Πυλωροί	13.1139	13.9405	14.4084	15.1731	16.0821	17.0706	31
Πυργετός	21.2879	22.9837	23.8690	25.5518	27.3957	29.4428	50
Πυθιο	12.7900	13.6501	14.1204	14.8819	15.8517	16.8286	15
Ραχούλα	17.5071	20.8230	22.5069	25.6462	29.2052	32.7940	33
Ρεντίνα	15.5832	16.7698	17.4301	18.5743	19.9288	21.3443	63
Σκοπιά	17.4294	18.7504	19.5495	20.8753	22.4185	24.0046	43
Σπηλιά	22.0951	24.0233	25.0483	26.8180	28.7800	30.8378	63
Στουρναραϊ κα	17.5558	19.6661	20.9141	23.1231	25.6561	28.2558	44
Σωτήριο	13.9943	15.0934	15.7534	16.9672	18.3683	19.8971	53
Τρίκαλα	20.3992	21.1204	21.4987	22.1963	22.9680	23.7328	36
Τρίλοφο	14.4731	15.5662	16.1003	16.9926	18.0565	19.1149	63
Τύμφριστος	11.9575	13.2940	14.0734	15.3970	16.8760	18.4390	59
Τύρναβος	15.8516	16.3622	16.6639	17.1639	17.7596	18.3565	61
Βερδικούσα	13.5905	15.5770	16.6632	18.6896	20.9504	23.3083	63
Βροντερό	18.5220	20.2311	21.1770	22.8551	24.7240	26.7032	20
Ζάππειο	10.1276	11.7024	12.6822	14.3756	16.3943	18.6269	63
Ζηλεντό	12.7070	13.6597	14.2332	15.0779	16.0596	17.0822	56

Πιν Α-16: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου κλίμακας για δύναμη βάρους = 5

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	21.7367	22.6654	23.2289	24.1416	25.1638	26.1825	38
Αγιόφυλλο	11.5021	12.3147	12.7806	13.4964	14.3679	15.2888	62
Αγρελιά	17.3457	18.3633	18.9623	19.9483	21.0477	22.2172	19
Αμάραντος	7.6663	8.7333	9.3215	10.2743	11.3786	12.4946	21
Ανάβρα	11.3815	12.7629	13.5494	14.9088	16.4875	18.1693	63
Αργιθέα	16.5881	17.9346	18.6210	19.8445	21.3090	22.8183	17
Χρυσομηλιά	17.7322	19.1605	19.9354	21.3282	22.8523	24.4362	54
Δρακότρυπα	22.7999	24.5973	25.5704	27.2683	29.1872	31.0843	49
Ελασσώνα	12.1619	12.8084	13.1859	13.8028	14.5372	15.3131	62
Ελάτη ΔΕΗ	12.9825	13.5050	13.7737	14.2262	14.7753	15.2964	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	14.8707	17.9319	19.6608	22.4877	25.9551	29.5015	62
Φαρκαδώνα	16.2193	17.2067	17.8563	18.9066	20.1381	21.4119	63
Φάρσαλα	13.0919	13.8004	14.1731	14.8765	15.6527	16.4384	42
Φράγμα Πλαστήρα	16.0177	17.4276	18.1860	19.4659	20.9084	22.3871	42
Γιαννωτά	14.4248	15.1596	15.6086	16.3818	17.2590	18.1990	62
Καλλιπεύκη	13.6193	14.8319	15.4945	16.6144	17.9897	19.4636	23
Καρδίτσα	15.9028	16.8766	17.3541	18.2026	19.1720	20.1423	63
Καρπερο	14.3288	15.4020	15.9365	16.9301	18.0414	19.2351	50
Κηπουργιο	15.6006	16.1696	16.4990	17.0872	17.7046	18.3603	50
Κονίσκος	16.8089	17.7180	18.2408	19.1708	20.2408	21.3721	28
Κρυοβρύση	13.7168	15.3049	16.1985	17.8767	20.0512	22.5511	20
Λάρισα	14.4876	15.1025	15.4490	16.0801	16.7881	17.4917	50
Λιόπρασο	14.6569	16.4126	17.3976	19.1769	21.2488	23.4734	31
Λιβάδι	7.2130	8.6973	9.5120	11.0374	12.9902	15.0617	63
Λιβάδι	15.0906	16.4904	17.2487	18.5007	19.9588	21.4462	20
Λουτροπηγή	12.8570	13.7040	14.1972	15.0729	16.0777	17.0984	42
Μαγούλα Ποταμιά	16.7339	17.5643	18.0588	18.9205	19.9164	20.9328	20
Μακρονίτσα	16.0787	17.0502	17.6737	18.7237	19.8877	21.1681	63
Μακρυράχη	16.4638	17.6599	18.3463	19.5059	20.8193	22.2698	26
Μαλακάσιο	16.2626	17.0242	17.4276	18.1132	18.8925	19.6866	59
Μεγάλη Κερασιά	16.6279	17.3377	17.7242	18.3564	19.1090	19.8713	43
Μετέωρα	17.5625	18.5381	19.0770	20.0919	21.1525	22.2305	69
Μολόχα	15.9880	18.2124	19.3837	21.5762	23.9594	26.4631	37
Μουζάκι	15.1292	16.6418	17.4036	18.8643	20.5596	22.3277	47
Μυρα	11.1322	12.0932	12.6102	13.5447	14.6618	15.8118	18
Νεοχώρι	11.0130	11.7929	12.2208	12.9764	13.8531	14.7671	33
Παλαιολόφοι	19.6811	21.5008	22.3798	23.8684	25.5899	27.3245	33
Πιτσιωτά	13.0852	14.3642	15.1172	16.3968	17.8504	19.3408	33
Πυλωροί	12.2926	13.1695	13.6548	14.5224	15.5476	16.5853	31
Πυργετός	21.9830	23.7117	24.7275	26.4277	28.3709	30.5545	50
Πυθιο	12.6587	13.5083	14.0080	14.8882	15.8807	16.9454	15
Ραχούλα	17.4583	20.7204	22.4508	25.5920	29.1006	32.7571	33
Ρεντίνα	15.4653	16.7139	17.4960	18.7584	20.2717	21.8998	63
Σκοπιά	17.2000	18.8172	19.6691	21.0863	22.7726	24.5145	43
Σπηλιά	22.5527	24.8186	26.0308	27.9445	30.2146	32.3828	63
Στουρναραϊ κα	16.5499	19.1262	20.4750	22.8808	25.7386	28.6950	44
Σωτήριο	12.2010	13.5996	14.4271	15.8456	17.6335	19.4938	53
Τρίκαλα	20.2097	21.1211	21.6103	22.3976	23.2985	24.2154	36
Τρίλοφο	14.2745	15.2384	15.8088	16.7839	17.8736	19.0297	63
Τύμφριστος	11.9650	13.3523	14.1932	15.5726	17.1606	18.8149	59
Τύρναβος	15.0346	15.6224	15.9384	16.5234	17.1807	17.8605	61
Βερδικούσα	13.1903	15.3243	16.5589	18.6973	21.2757	23.9562	63
Βροντερό	18.5866	20.1820	21.1297	22.7720	24.7320	26.7252	20
Ζάππειο	9.4432	11.1527	12.1294	13.9835	16.2827	18.6492	63
Ζηλεντό	12.3603	13.3262	13.8871	14.8330	15.8712	16.9475	56

Πιν Α-17: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου σχήματος για δύναμη βάρους = 2

Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	-0.0268	-0.0075	0.0034	0.0209	0.0401	0.0587	38
Αγιόφυλλο	-0.1049	-0.0786	-0.0644	-0.0420	-0.0172	0.0076	62
Αγρελιά	-0.1606	-0.1302	-0.1154	-0.0889	-0.0609	-0.0348	19
Αμάραντος	-0.6910	-0.5955	-0.5498	-0.4703	-0.3869	-0.3048	21
Ανάβρα	-0.0846	-0.0406	-0.0171	0.0207	0.0625	0.1037	63
Αργιθέα	-0.1522	-0.1232	-0.1072	-0.0806	-0.0532	-0.0260	17
Χρυσομηλιά	-0.1474	-0.1145	-0.0964	-0.0661	-0.0338	-0.0024	54
Δρακότρυπα	-0.3022	-0.2620	-0.2402	-0.2072	-0.1706	-0.1345	49
Ελασσόνα	-0.0244	0.0056	0.0205	0.0457	0.0723	0.0983	62
Ελάτη ΔΕΗ	-0.0577	-0.0381	-0.0271	-0.0095	0.0098	0.0301	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	-0.4156	-0.3009	-0.2438	-0.1461	-0.0481	0.0438	62
Φαρκαδώνα	-0.0773	-0.0582	-0.0462	-0.0285	-0.0081	0.0113	63
Φάρσαλα	-0.0523	-0.0277	-0.0131	0.0091	0.0322	0.0543	42
Φράγμα Πλαστήρα	-0.2528	-0.2180	-0.2011	-0.1725	-0.1424	-0.1123	42
Γιαννωτά	-0.0223	0.0076	0.0227	0.0481	0.0756	0.1032	62
Καλλιπεύκη	-0.0876	-0.0398	-0.0174	0.0205	0.0606	0.1008	23
Καρδίτσα	-0.1868	-0.1666	-0.1553	-0.1362	-0.1151	-0.0952	63
Καρπερο	-0.1347	-0.1083	-0.0939	-0.0710	-0.0458	-0.0205	50
Κηπουργιο	-0.1022	-0.0838	-0.0736	-0.0562	-0.0377	-0.0193	50
Κονίσκος	-0.1429	-0.1179	-0.1040	-0.0815	-0.0577	-0.0348	28
Κρυοβρύση	-0.0037	0.0436	0.0678	0.1060	0.1486	0.1918	20
Λάρισα	0.0113	0.0334	0.0447	0.0650	0.0861	0.1074	50
Λιόπρασο	-0.1573	-0.1190	-0.1002	-0.0676	-0.0339	-0.0011	31
Λιβάδι	-0.3612	-0.1942	-0.1159	0.0066	0.1376	0.2685	63
Λιβάδι	-0.2558	-0.1787	-0.1406	-0.0774	-0.0121	0.0526	20
Λουτροπηγή	-0.1067	-0.0751	-0.0578	-0.0302	-0.0007	0.0285	42
Μαγούλα Ποταμιά	-0.0695	-0.0503	-0.0389	-0.0206	0.0000	0.0202	20
Μακρυνίτσα	-0.0094	0.0159	0.0290	0.0492	0.0722	0.0949	63
Μακρυράχη	-0.0972	-0.0682	-0.0540	-0.0298	-0.0037	0.0225	26
Μαλακάσιο	-0.1316	-0.1111	-0.1014	-0.0833	-0.0636	-0.0453	59
Μεγάλη Κερασιά	-0.1194	-0.0985	-0.0876	-0.0697	-0.0505	-0.0310	43
Μετάωρα	-0.1401	-0.1177	-0.1051	-0.0859	-0.0653	-0.0445	69
Μολόχα	-0.3062	-0.2597	-0.2358	-0.1992	-0.1597	-0.1206	37
Μουζάκι	-0.1237	-0.0879	-0.0689	-0.0369	-0.0028	0.0315	47
Μυρα	0.0203	0.0516	0.0681	0.0974	0.1294	0.1622	18
Νεοχώρι	-0.1764	-0.1287	-0.1054	-0.0660	-0.0214	0.0231	33
Παλαιοχώρι	-0.2150	-0.1838	-0.1668	-0.1400	-0.1114	-0.0841	33
Πιτσιωτά	-0.1842	-0.1407	-0.1188	-0.0830	-0.0464	-0.0098	33
Πυλωροί	-0.0898	-0.0640	-0.0499	-0.0262	-0.0003	0.0245	31
Πυργετός	0.0004	0.0397	0.0614	0.0946	0.1303	0.1669	50
Πυθιο	-0.0544	-0.0138	0.0093	0.0469	0.0859	0.1247	15
Ραχούλα	-0.6740	-0.5513	-0.4890	-0.3860	-0.2784	-0.1783	33
Ρεντίνα	-0.1109	-0.0784	-0.0596	-0.0300	0.0030	0.0346	63
Σκοπιά	-0.0852	-0.0537	-0.0370	-0.0094	0.0209	0.0500	43
Σπηλιά	-0.0834	-0.0524	-0.0351	-0.0085	0.0195	0.0473	63
Στουρναραϊί κα	-0.2328	-0.1699	-0.1383	-0.0867	-0.0327	0.0184	44
Σωτήριο	-0.0689	-0.0298	-0.0111	0.0201	0.0519	0.0820	53
Τρίκαλα	-0.1369	-0.1181	-0.1069	-0.0896	-0.0709	-0.0526	36
Τρίλοφο	-0.1229	-0.0902	-0.0727	-0.0424	-0.0103	0.0194	63
Τύμφριστος	-0.1659	-0.1163	-0.0919	-0.0505	-0.0064	0.0363	59
Τύρναβος	-0.0008	0.0191	0.0293	0.0463	0.0654	0.0843	61
Βερδικούσα	-0.1513	-0.1054	-0.0817	-0.0436	-0.0026	0.0365	63
Βροντερό	-0.1342	-0.0778	-0.0448	0.0053	0.0580	0.1119	20
Ζάμπειο	-0.1433	-0.0852	-0.0557	-0.0038	0.0474	0.0946	63
Ζηλευτό	-0.1662	-0.1338	-0.1173	-0.0905	-0.0599	-0.0309	56

Πιν Α-18 : Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου σχήματος για δύναμη βάρους = 3

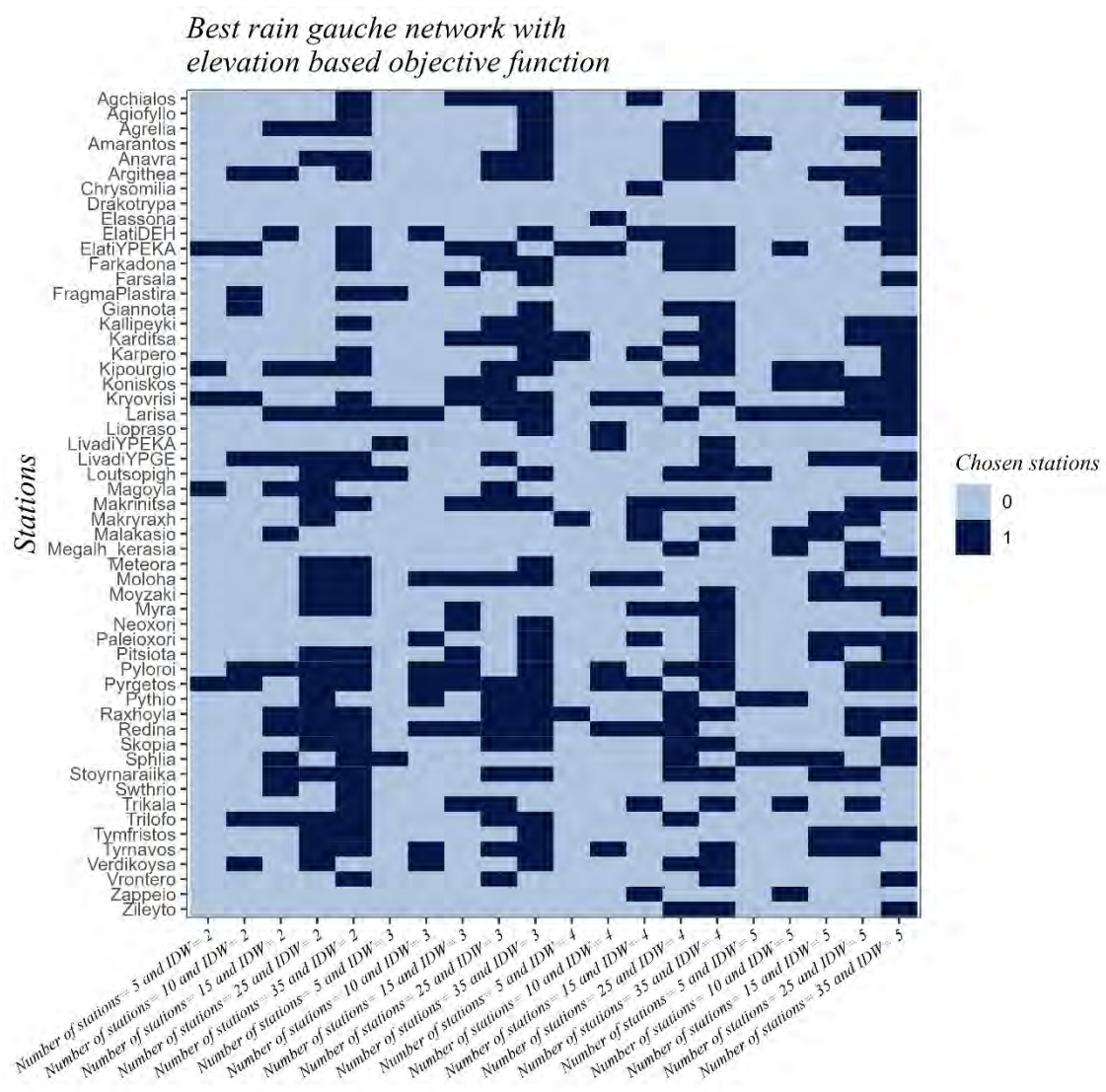
Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	-0.0334	-0.0066	0.0076	0.0303	0.0557	0.0804	38
Αγιόφυλλο	-0.1224	-0.0857	-0.0642	-0.0288	0.0096	0.0491	62
Αγρελιά	-0.2563	-0.2092	-0.1866	-0.1494	-0.1094	-0.0702	19
Αμάραντος	-0.7913	-0.6827	-0.6254	-0.5364	-0.4383	-0.3444	21
Ανάβρα	-0.1468	-0.0669	-0.0219	0.0403	0.1130	0.1801	63
Αργιθέα	-0.1786	-0.1321	-0.1064	-0.0667	-0.0226	0.0204	17
Χρυσομηλιά	-0.1929	-0.1458	-0.1181	-0.0739	-0.0273	0.0175	54
Δρακότρυπα	-0.4224	-0.3701	-0.3428	-0.2949	-0.2444	-0.1935	49
Ελασσώνα	-0.0284	0.0115	0.0319	0.0653	0.1025	0.1372	62
Ελάτη ΔΕΗ	-0.0731	-0.0469	-0.0329	-0.0099	0.0154	0.0407	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	-0.4895	-0.3514	-0.2793	-0.1618	-0.0419	0.0729	62
Φαρκαδώνα	-0.1286	-0.0940	-0.0772	-0.0493	-0.0176	0.0122	63
Φάρσαλα	-0.0721	-0.0381	-0.0203	0.0128	0.0470	0.0794	42
Φράγμα Πλαστήρα	-0.3803	-0.3350	-0.3087	-0.2680	-0.2233	-0.1794	42
Γιαννωτά	-0.0116	0.0251	0.0456	0.0782	0.1144	0.1504	62
Καλλιπεύκη	-0.1568	-0.0892	-0.0537	0.0036	0.0644	0.1264	23
Καρδίτσα	-0.2883	-0.2569	-0.2408	-0.2137	-0.1845	-0.1552	63
Καρπερο	-0.1850	-0.1459	-0.1241	-0.0886	-0.0509	-0.0133	50
Κηπουργιο	-0.1340	-0.1064	-0.0933	-0.0707	-0.0462	-0.0213	50
Κονίσκος	-0.2114	-0.1730	-0.1522	-0.1204	-0.0850	-0.0523	28
Κρυοβρύση	-0.0111	0.0582	0.0937	0.1512	0.2145	0.2786	20
Λάρισα	0.0321	0.0622	0.0774	0.1042	0.1339	0.1639	50
Λιόπρασο	-0.2647	-0.1961	-0.1626	-0.1055	-0.0466	0.0089	31
Λιβάδι	-0.3481	-0.1981	-0.1218	0.0079	0.1441	0.2764	63
Λιβάδι	-0.2487	-0.1763	-0.1373	-0.0754	-0.0112	0.0526	20
Λουτροπηγή	-0.1043	-0.0568	-0.0338	0.0066	0.0494	0.0907	42
Μαγούλα Ποταμιά	-0.0917	-0.0611	-0.0448	-0.0197	0.0097	0.0385	20
Μακρυνίτσα	-0.0112	0.0241	0.0441	0.0754	0.1114	0.1473	63
Μακρυνόραχη	-0.1259	-0.0823	-0.0612	-0.0273	0.0093	0.0465	26
Μαλακάσιο	-0.1789	-0.1492	-0.1358	-0.1119	-0.0855	-0.0608	59
Μεγάλη Κερασιά	-0.1404	-0.1132	-0.0993	-0.0763	-0.0504	-0.0246	43
Μετάωρα	-0.1861	-0.1517	-0.1356	-0.1090	-0.0795	-0.0506	69
Μολόχα	-0.4572	-0.3880	-0.3544	-0.2969	-0.2355	-0.1768	37
Μουζάκι	-0.1588	-0.0967	-0.0650	-0.0113	0.0457	0.1012	47
Μυρα	0.0013	0.0540	0.0825	0.1275	0.1804	0.2346	18
Νεοχώρι	-0.2229	-0.1563	-0.1226	-0.0675	-0.0078	0.0522	33
Παλαιοχώρι	-0.3219	-0.2773	-0.2518	-0.2108	-0.1662	-0.1231	33
Πιτσιωτά	-0.2412	-0.1762	-0.1450	-0.0938	-0.0383	0.0144	33
Πυλωροί	-0.1316	-0.0885	-0.0655	-0.0297	0.0092	0.0484	31
Πυργετός	-0.0397	0.0212	0.0510	0.1001	0.1537	0.2065	50
Πυθιο	-0.0942	-0.0349	-0.0029	0.0446	0.0979	0.1487	15
Ραχούλα	-0.7565	-0.6183	-0.5478	-0.4294	-0.3080	-0.1914	33
Ρεντίνα	-0.1047	-0.0567	-0.0328	0.0087	0.0529	0.1002	63
Σκοπιά	-0.1347	-0.0877	-0.0609	-0.0116	0.0372	0.0858	43
Σπηλιά	-0.2277	-0.1714	-0.1450	-0.1031	-0.0568	-0.0126	63
Στουρναραϊί κα	-0.3098	-0.2210	-0.1756	-0.0969	-0.0181	0.0581	44
Σωτήριο	-0.1543	-0.0873	-0.0526	0.0028	0.0587	0.1132	53
Τρίκαλα	-0.1974	-0.1709	-0.1559	-0.1325	-0.1087	-0.0842	36
Τρίλοφο	-0.1889	-0.1353	-0.1101	-0.0655	-0.0196	0.0252	63
Τύμφριστος	-0.2483	-0.1801	-0.1403	-0.0797	-0.0150	0.0491	59
Τύρναβος	0.0247	0.0500	0.0626	0.0846	0.1093	0.1340	61
Βερδικούσα	-0.3058	-0.2194	-0.1743	-0.1010	-0.0253	0.0446	63
Βροντερό	-0.1474	-0.0756	-0.0375	0.0248	0.0905	0.1550	20
Ζάμπειο	-0.3216	-0.2022	-0.1459	-0.0529	0.0391	0.1278	63
Ζηλευτό	-0.2831	-0.2275	-0.2003	-0.1541	-0.1070	-0.0609	56

Πιν Α-19: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου σχήματος για δύναμη βάρους = 4

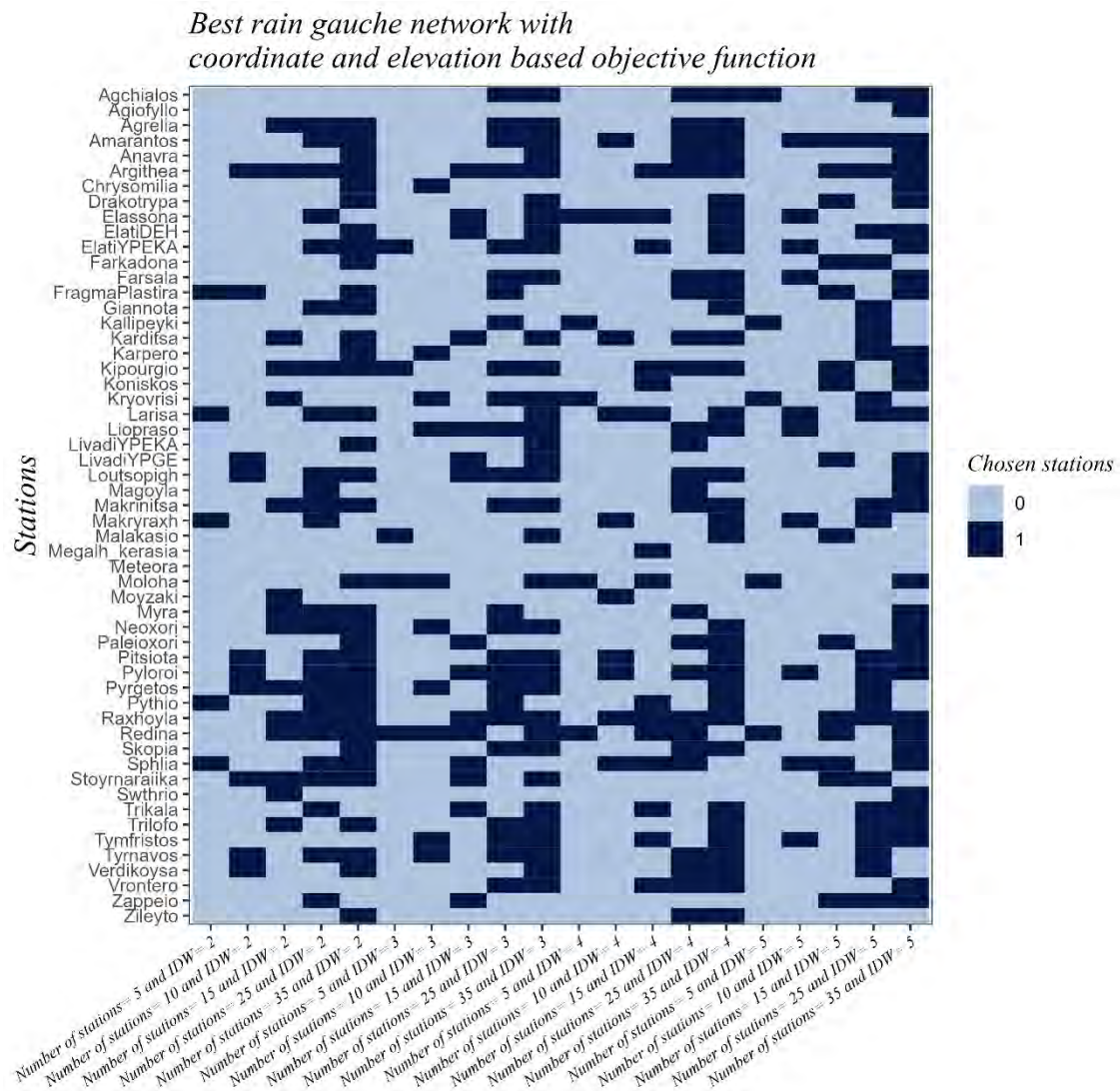
Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	-0.0385	-0.0119	0.0043	0.0315	0.0603	0.0894	38
Αγιόφυλλο	-0.1457	-0.0901	-0.0598	-0.0110	0.0400	0.0918	62
Αγρελιά	-0.3012	-0.2507	-0.2244	-0.1817	-0.1336	-0.0876	19
Αμάραντος	-0.8061	-0.7010	-0.6411	-0.5499	-0.4468	-0.3477	21
Ανάβρα	-0.1656	-0.0769	-0.0294	0.0469	0.1315	0.2131	63
Αργιθέα	-0.1918	-0.1259	-0.0935	-0.0422	0.0153	0.0714	17
Χρυσομηλιά	-0.2365	-0.1707	-0.1361	-0.0821	-0.0252	0.0291	54
Δρακότρυπα	-0.5071	-0.4475	-0.4129	-0.3562	-0.2956	-0.2385	49
Ελασσώνα	-0.0370	0.0084	0.0330	0.0717	0.1154	0.1581	62
Ελάτη ΔΕΗ	-0.0868	-0.0545	-0.0370	-0.0091	0.0220	0.0522	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	-0.5116	-0.3623	-0.2857	-0.1634	-0.0353	0.0804	62
Φαρκαδώνα	-0.1926	-0.1445	-0.1169	-0.0735	-0.0298	0.0112	63
Φάρσαλα	-0.1079	-0.0572	-0.0318	0.0099	0.0533	0.0962	42
Φράγμα Πλαστήρα	-0.4879	-0.4236	-0.3912	-0.3378	-0.2819	-0.2268	42
Γιαννωτά	-0.0042	0.0428	0.0646	0.1015	0.1431	0.1852	62
Καλλιπεύκη	-0.2211	-0.1322	-0.0889	-0.0138	0.0658	0.1447	23
Καρδίτσα	-0.3951	-0.3500	-0.3259	-0.2881	-0.2484	-0.2093	63
Καρπερο	-0.2248	-0.1699	-0.1412	-0.0945	-0.0461	0.0001	50
Κηπουργιο	-0.1527	-0.1215	-0.1058	-0.0791	-0.0487	-0.0199	50
Κονίσκος	-0.2583	-0.2136	-0.1874	-0.1473	-0.1041	-0.0627	28
Κρυοβρύση	-0.0177	0.0612	0.1019	0.1725	0.2499	0.3266	20
Λάρισα	0.0382	0.0781	0.0982	0.1316	0.1686	0.2055	50
Λιόπρασο	-0.3470	-0.2580	-0.2069	-0.1298	-0.0501	0.0233	31
Λιβάδι	-0.3474	-0.2004	-0.1231	0.0061	0.1404	0.2662	63
Λιβάδι	-0.2489	-0.1757	-0.1388	-0.0787	-0.0105	0.0527	20
Λουτροπηγή	-0.0915	-0.0391	-0.0098	0.0370	0.0901	0.1417	42
Μαγούλα Ποταμιά	-0.1046	-0.0718	-0.0502	-0.0167	0.0194	0.0561	20
Μακρυνίτσα	-0.0207	0.0232	0.0481	0.0910	0.1366	0.1825	63
Μακρυνάχη	-0.1333	-0.0892	-0.0652	-0.0239	0.0220	0.0658	26
Μαλακάσιο	-0.2187	-0.1817	-0.1630	-0.1323	-0.1003	-0.0691	59
Μεγάλη Κερασιά	-0.1540	-0.1204	-0.1041	-0.0736	-0.0417	-0.0100	43
Μετάωρα	-0.2274	-0.1857	-0.1636	-0.1262	-0.0865	-0.0486	69
Μολόχα	-0.5711	-0.4777	-0.4338	-0.3599	-0.2858	-0.2123	37
Μουζάκι	-0.1774	-0.0993	-0.0597	0.0048	0.0765	0.1466	47
Μυρα	-0.0283	0.0394	0.0747	0.1318	0.1972	0.2626	18
Νεοχώρι	-0.2312	-0.1634	-0.1249	-0.0638	0.0022	0.0682	33
Παλαιοχώρι	-0.4115	-0.3499	-0.3181	-0.2646	-0.2058	-0.1502	33
Πιτσιωτά	-0.2930	-0.2140	-0.1721	-0.1068	-0.0400	0.0264	33
Πυλωροί	-0.1574	-0.1047	-0.0751	-0.0265	0.0258	0.0777	31
Πυργετός	-0.0640	-0.0013	0.0320	0.0879	0.1485	0.2076	50
Πυθιο	-0.1207	-0.0549	-0.0214	0.0340	0.0927	0.1487	15
Ραχούλα	-0.7749	-0.6252	-0.5541	-0.4329	-0.3133	-0.1972	33
Ρεντίνα	-0.0948	-0.0414	-0.0102	0.0394	0.0936	0.1479	63
Σκοπιά	-0.1696	-0.1043	-0.0702	-0.0147	0.0466	0.1059	43
Σπηλιά	-0.3449	-0.2833	-0.2482	-0.1908	-0.1321	-0.0745	63
Στουρναραϊί κα	-0.3782	-0.2593	-0.2036	-0.1089	-0.0127	0.0769	44
Σωτήριο	-0.2467	-0.1558	-0.1060	-0.0306	0.0507	0.1291	53
Τρίκαλα	-0.2565	-0.2216	-0.2046	-0.1757	-0.1437	-0.1129	36
Τρίλοφο	-0.2193	-0.1604	-0.1324	-0.0835	-0.0281	0.0220	63
Τύμφριστος	-0.3244	-0.2295	-0.1801	-0.1090	-0.0312	0.0437	59
Τύρναβος	0.0403	0.0724	0.0897	0.1175	0.1476	0.1788	61
Βερδικούσα	-0.4316	-0.3041	-0.2428	-0.1447	-0.0437	0.0499	63
Βροντερό	-0.1518	-0.0760	-0.0400	0.0275	0.0957	0.1635	20
Ζάμπειο	-0.4203	-0.2770	-0.2048	-0.0962	0.0238	0.1345	63
Ζηλευτό	-0.3362	-0.2752	-0.2428	-0.1900	-0.1303	-0.0749	56

Πιν Α-20: Αποτελέσματα από την μέθοδο της ατομικής χωρικής παρεμβολής της παραμέτρου σχήματος για δύναμη βάρους = 5

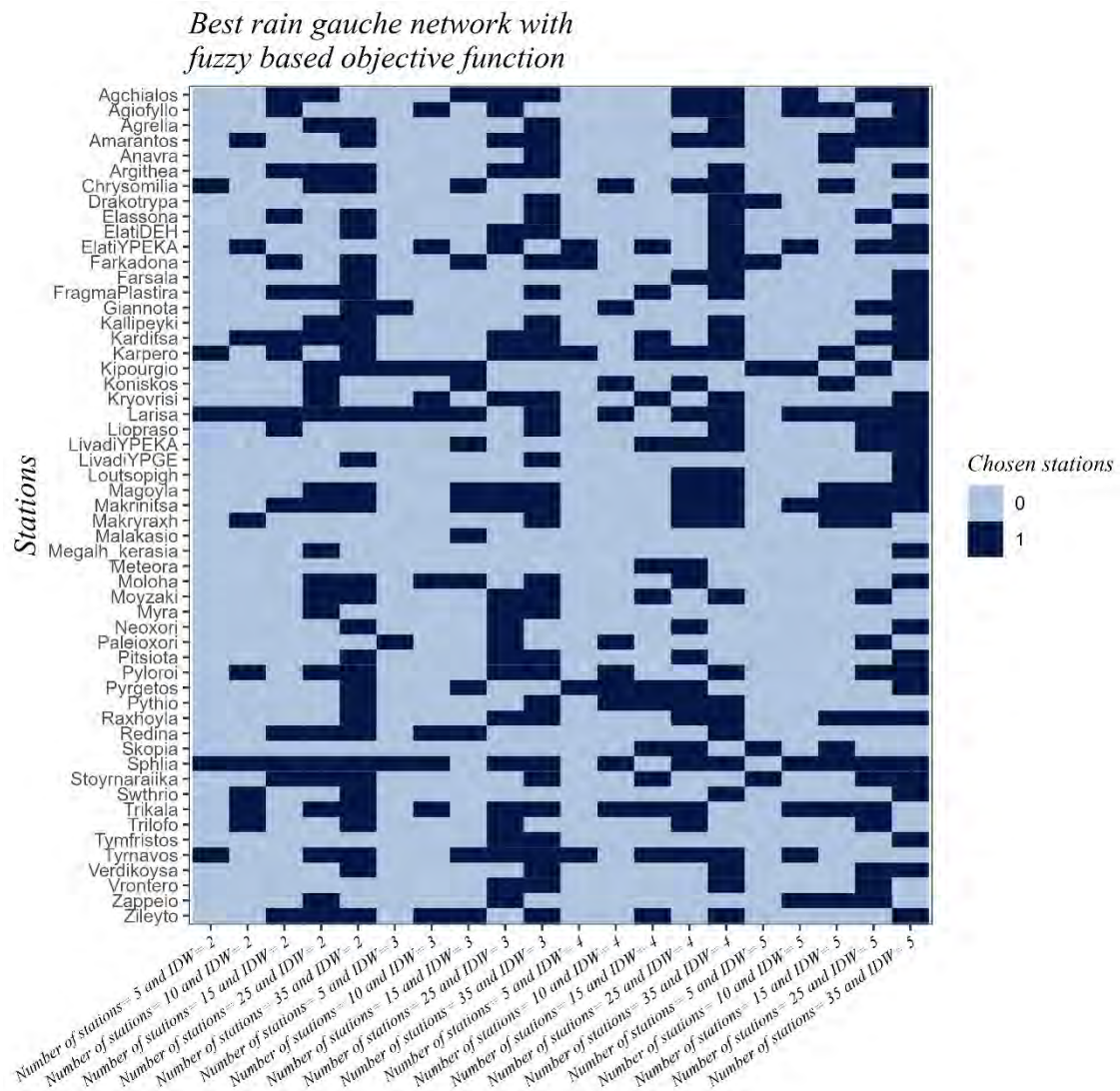
Όνομα	0.10%	25%	50%	75%	99%	SD	Χρόνια
Αγκιάλος	-0.0559	-0.0201	-0.0017	0.0278	0.0604	0.0923	38
Αγιόφυλλο	-0.1603	-0.0897	-0.0552	0.0005	0.0630	0.1235	62
Αγρελιά	-0.3222	-0.2727	-0.2444	-0.1972	-0.1478	-0.0991	19
Αμάραντος	-0.8174	-0.7004	-0.6415	-0.5482	-0.4499	-0.3538	21
Ανάβρα	-0.1626	-0.0741	-0.0284	0.0505	0.1373	0.2241	63
Αργιθέα	-0.1897	-0.1190	-0.0821	-0.0206	0.0419	0.1040	17
Χρυσομηλιά	-0.2650	-0.1919	-0.1526	-0.0896	-0.0262	0.0344	54
Δρακότρυπα	-0.5652	-0.4951	-0.4577	-0.3981	-0.3325	-0.2711	49
Ελασσόνα	-0.0559	-0.0026	0.0248	0.0701	0.1199	0.1680	62
Ελάτη ΔΕΗ	-0.0977	-0.0598	-0.0397	-0.0089	0.0262	0.0602	18
Ελάτη ΥΠΕΚΑ	-0.5087	-0.3640	-0.2871	-0.1644	-0.0416	0.0755	62
Φαρκαδόνα	-0.2531	-0.1856	-0.1535	-0.0998	-0.0439	0.0091	63
Φάρσαλα	-0.1287	-0.0713	-0.0412	0.0059	0.0560	0.1056	42
Φράγμα							
Πλαστήρα	-0.5428	-0.4750	-0.4402	-0.3812	-0.3175	-0.2558	42
Γιαννωτά	0.0035	0.0526	0.0776	0.1203	0.1673	0.2133	62
Καλλιπεύκη	-0.2576	-0.1570	-0.1041	-0.0177	0.0721	0.1609	23
Καρδίτσα	-0.4764	-0.4235	-0.3953	-0.3494	-0.2991	-0.2520	63
Καρπερο	-0.2374	-0.1822	-0.1503	-0.0991	-0.0446	0.0078	50
Κηπουργιο	-0.1672	-0.1306	-0.1124	-0.0829	-0.0507	-0.0181	50
Κονίσκος	-0.2978	-0.2418	-0.2139	-0.1665	-0.1191	-0.0714	28
Κρυοβρύση	-0.0410	0.0526	0.1035	0.1810	0.2676	0.3509	20
Λάρισα	0.0436	0.0894	0.1122	0.1495	0.1925	0.2338	50
Λιόπρασσο	-0.4154	-0.2908	-0.2381	-0.1466	-0.0511	0.0368	31
Λιβάδι	-0.3461	-0.2059	-0.1276	0.0027	0.1405	0.2651	63
Λιβάδι	-0.2573	-0.1799	-0.1422	-0.0781	-0.0125	0.0531	20
Λουτροπηγή	-0.0865	-0.0257	0.0092	0.0617	0.1191	0.1778	42
Μαγούλα							
Ποταμιά	-0.1317	-0.0809	-0.0571	-0.0172	0.0277	0.0712	20
Μακρυνίτσα	-0.0335	0.0208	0.0489	0.0958	0.1496	0.2037	63
Μακρυνάχη	-0.1503	-0.0970	-0.0690	-0.0222	0.0294	0.0805	26
Μαλακάσιο	-0.2412	-0.2024	-0.1802	-0.1467	-0.1098	-0.0733	59
Μεγάλη							
Κερασιά	-0.1661	-0.1242	-0.1033	-0.0680	-0.0311	0.0055	43
Μετάωρα	-0.2599	-0.2078	-0.1818	-0.1394	-0.0920	-0.0459	69
Μολόχα	-0.6247	-0.5308	-0.4784	-0.3970	-0.3094	-0.2277	37
Μουζάκι	-0.1801	-0.0994	-0.0573	0.0147	0.0877	0.1615	47
Μυρα	-0.0467	0.0298	0.0657	0.1284	0.2009	0.2713	18
Νεοχώρι	-0.2359	-0.1595	-0.1214	-0.0562	0.0134	0.0837	33
Παλαιοχώρι	-0.4565	-0.3848	-0.3478	-0.2897	-0.2270	-0.1646	33
Πιτσιωτά	-0.3239	-0.2354	-0.1923	-0.1199	-0.0422	0.0292	33
Πυλωροί	-0.1681	-0.1060	-0.0756	-0.0206	0.0397	0.0972	31
Πυργετός	-0.0791	-0.0140	0.0196	0.0756	0.1383	0.1981	50
Πυθιο	-0.1334	-0.0737	-0.0381	0.0218	0.0841	0.1451	15
Ραχούλα	-0.7565	-0.6235	-0.5531	-0.4359	-0.3113	-0.1960	33
Ρεντίνα	-0.0986	-0.0354	0.0013	0.0568	0.1188	0.1791	63
Σκοπιά	-0.1946	-0.1173	-0.0768	-0.0130	0.0524	0.1174	43
Σπηλιά	-0.4131	-0.3412	-0.3017	-0.2404	-0.1735	-0.1094	63
Στουρναραϊί κα	-0.4047	-0.2874	-0.2226	-0.1227	-0.0208	0.0771	44
Σωτήριο	-0.3329	-0.2155	-0.1607	-0.0630	0.0404	0.1344	53
Τρίκαλα	-0.3165	-0.2721	-0.2515	-0.2168	-0.1793	-0.1420	36
Τρίλοφο	-0.2372	-0.1777	-0.1432	-0.0908	-0.0349	0.0199	63
Τύμφριστος	-0.3489	-0.2554	-0.2088	-0.1278	-0.0442	0.0374	59
Τύρναβος	0.0491	0.0890	0.1084	0.1419	0.1792	0.2160	61
Βερδικούσα	-0.4979	-0.3473	-0.2834	-0.1682	-0.0519	0.0538	63
Βροντερό	-0.1541	-0.0776	-0.0389	0.0296	0.1010	0.1697	20
Ζάμπειο	-0.4662	-0.3172	-0.2429	-0.1163	0.0150	0.1342	63
Ζηλευτό	-0.3649	-0.2969	-0.2616	-0.2038	-0.1403	-0.0809	56



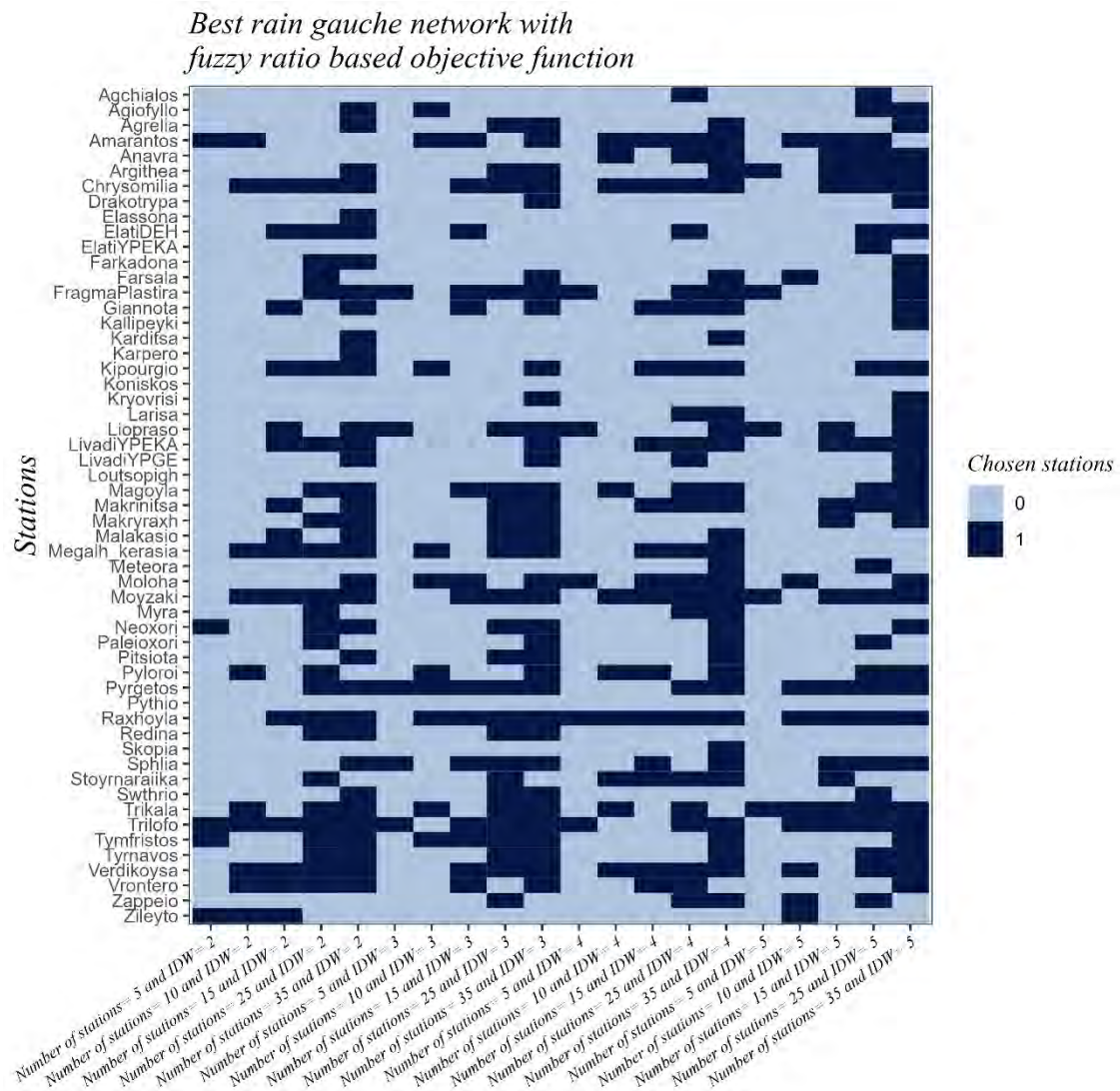
Εικόνα Α-1: :Επιλογή σταθμών χρησιμοποιώντας αντικειμενική συνάρτηση βάσει του υψομέτρου



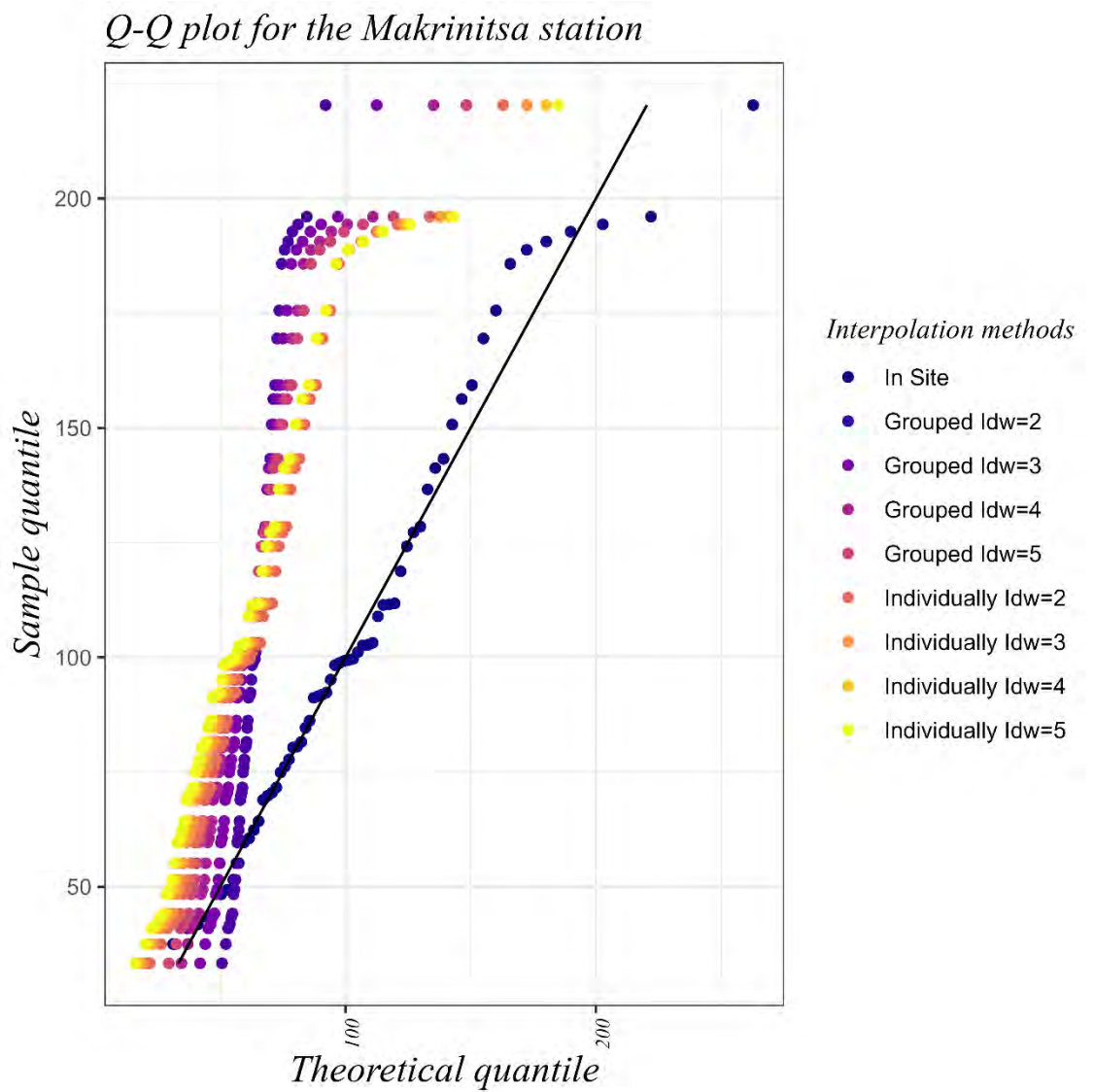
Εικόνα Α-2: : Επιλογή σταθμών χρησιμοποιώντας αντικειμενική συνάρτηση βάσει του υψομέτρου και των συντεταγμένων των σταθμών



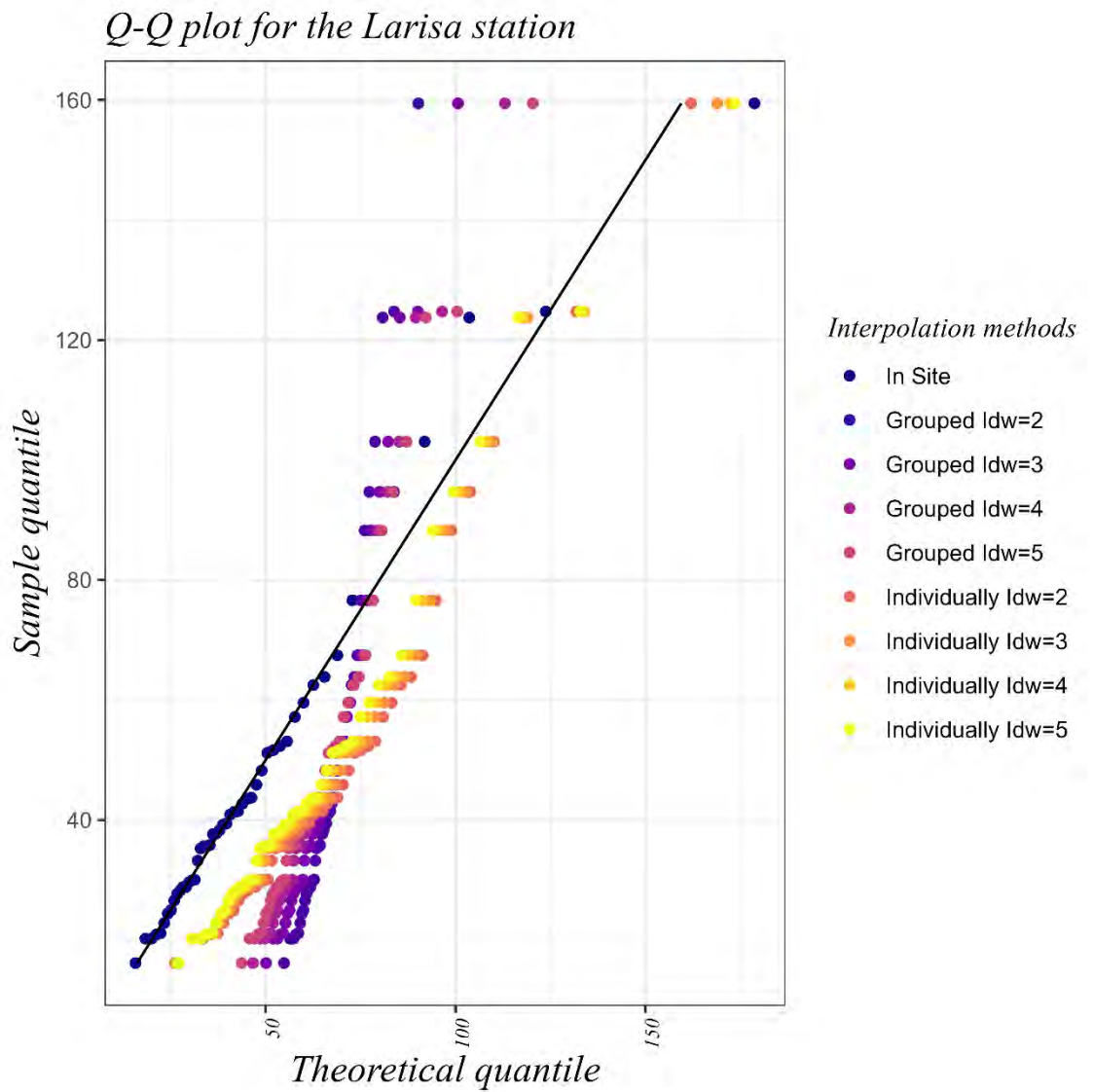
Εικόνα Α-3: Επιλογή σταθμών χρησιμοποιώντας αντικειμενική συνάρτηση βάσει των ασαφών συνόλων



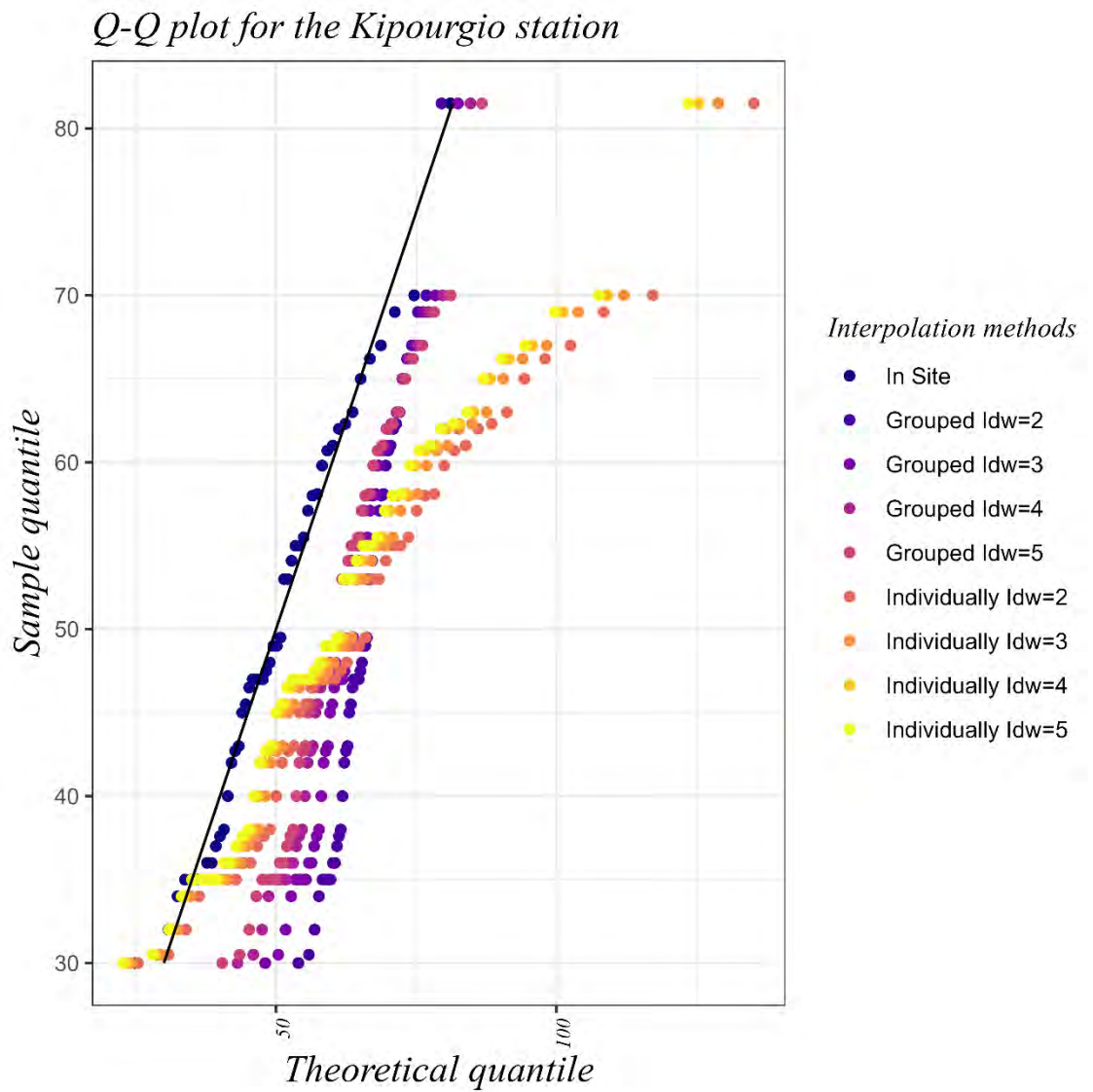
Εικόνα Α-4: Επιλογή σταθμών χρησιμοποιώντας αντικειμενική συνάρτηση βάσει αναλογίας ασαφών συνόλων



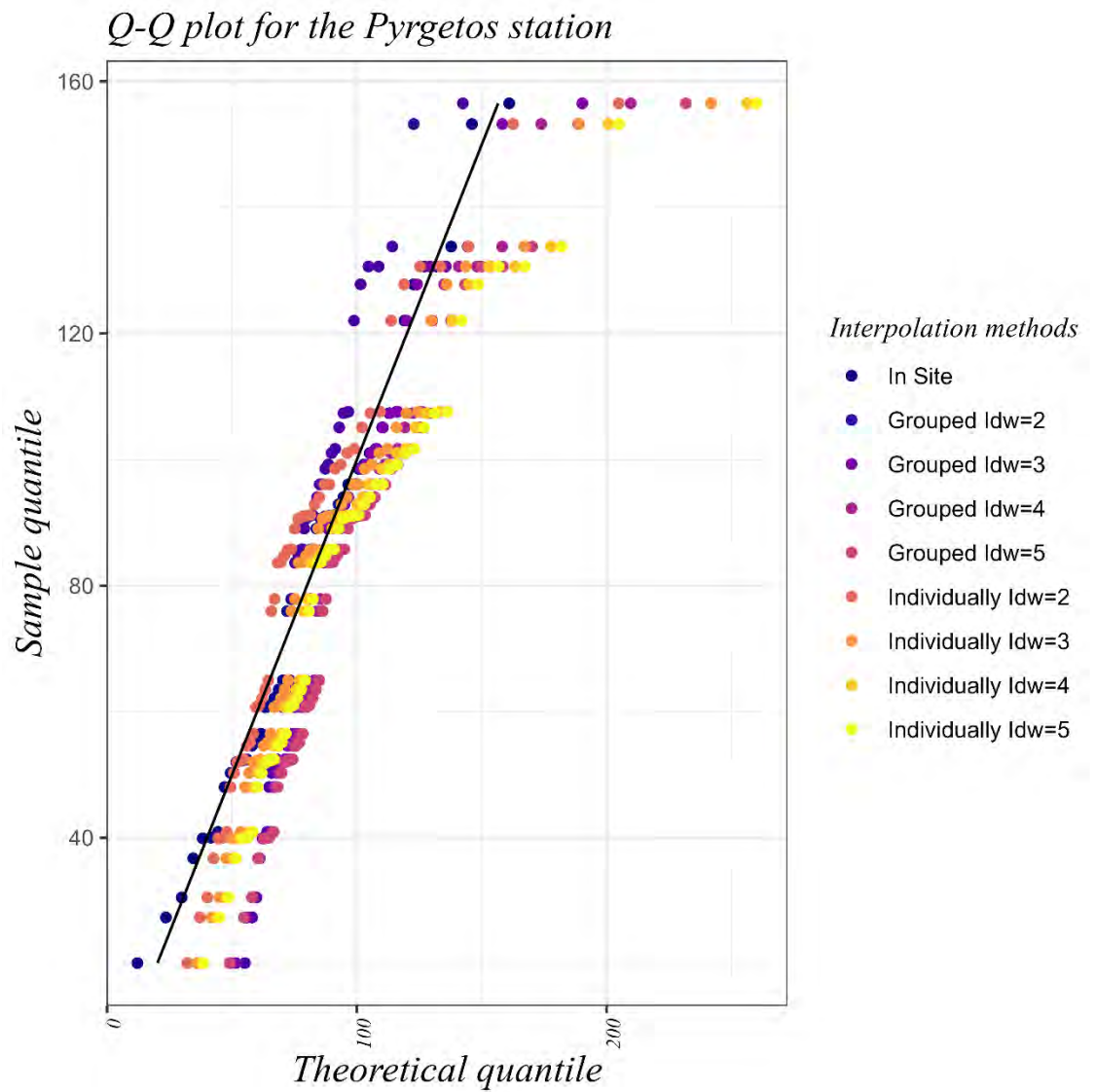
Εικόνα Α-5: Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Μακρινίτσα



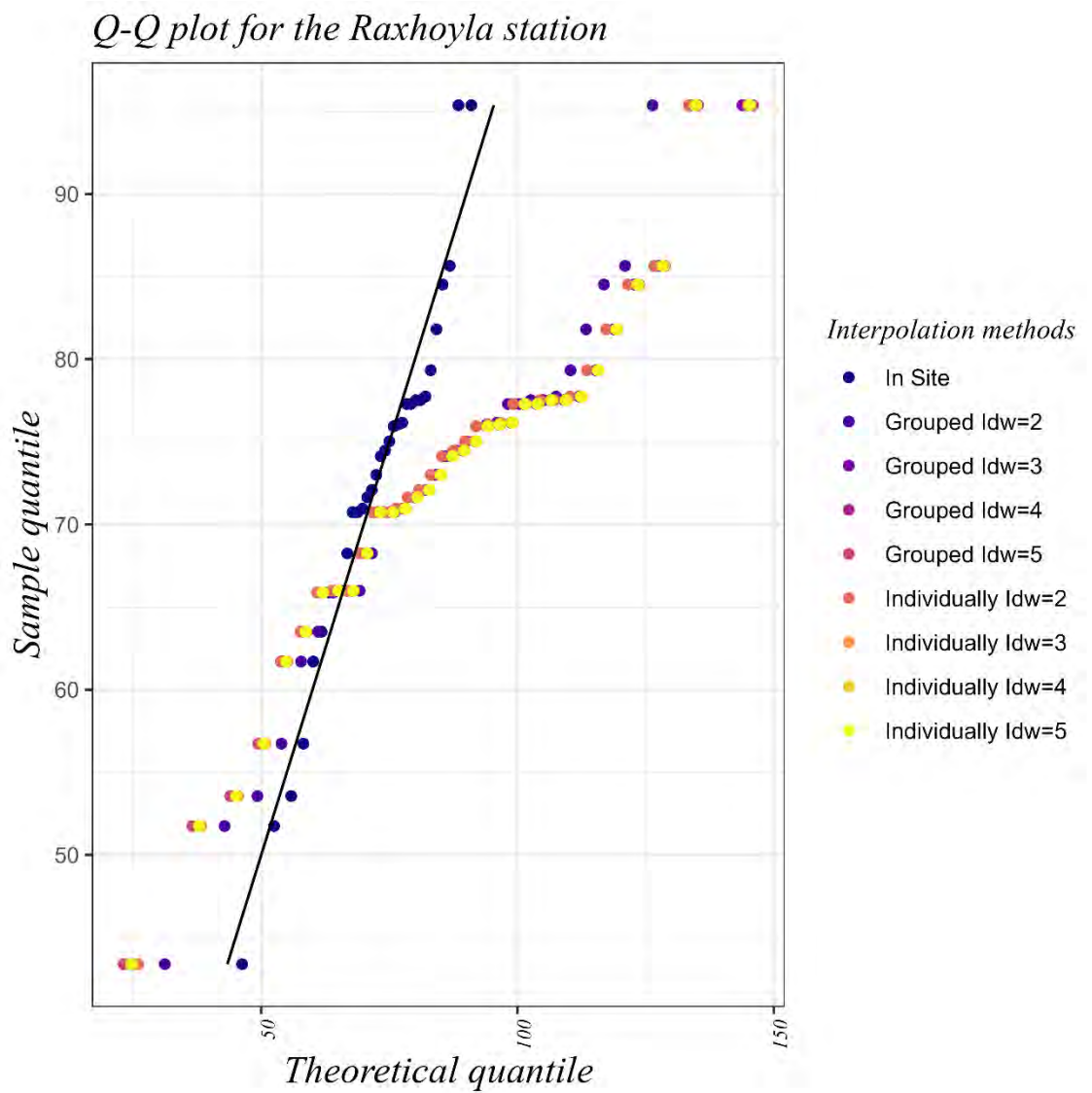
Εικόνα Α-6: Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Λαρίσα



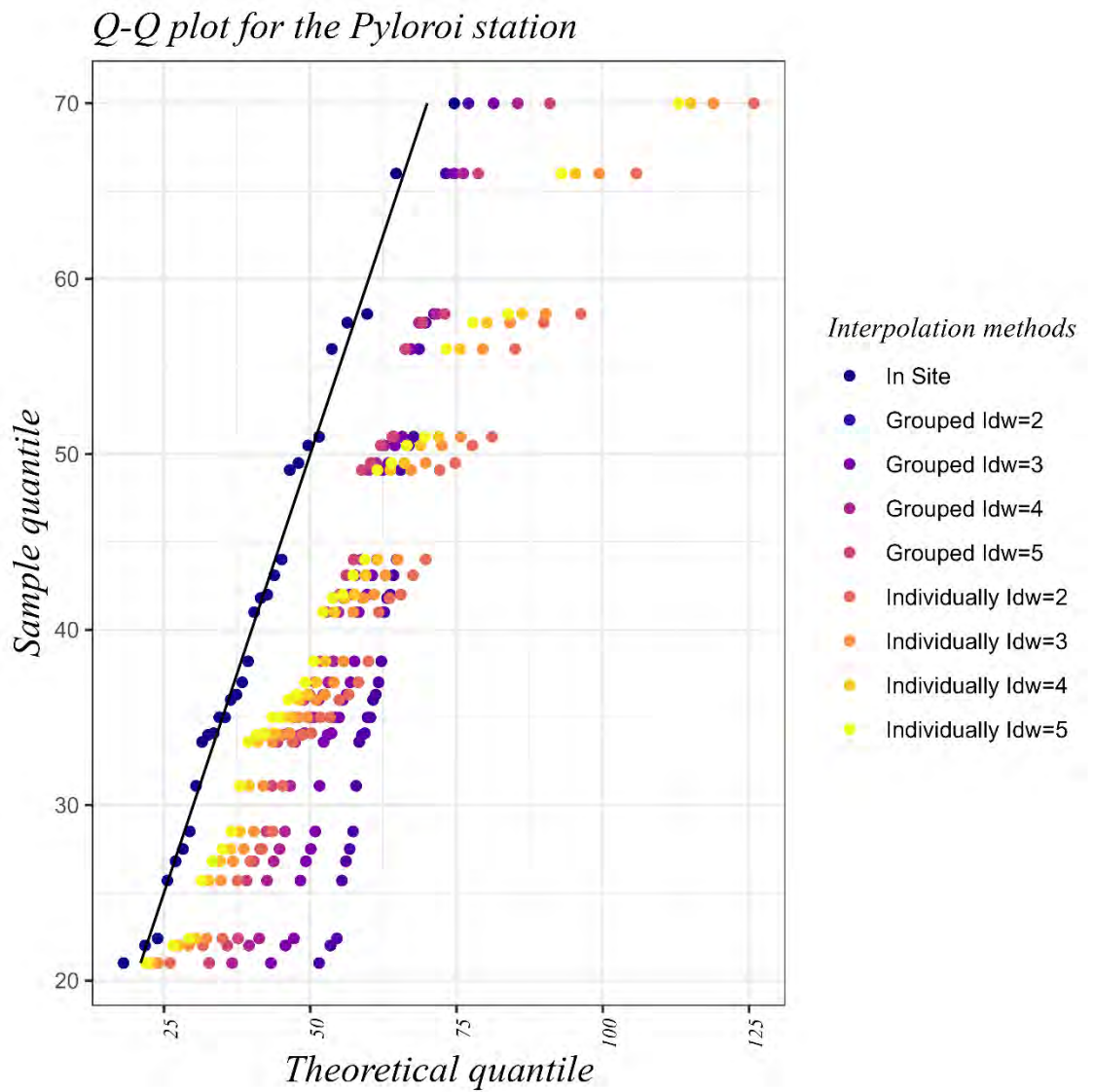
Εικόνα Α-7: Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Κηπούργιο



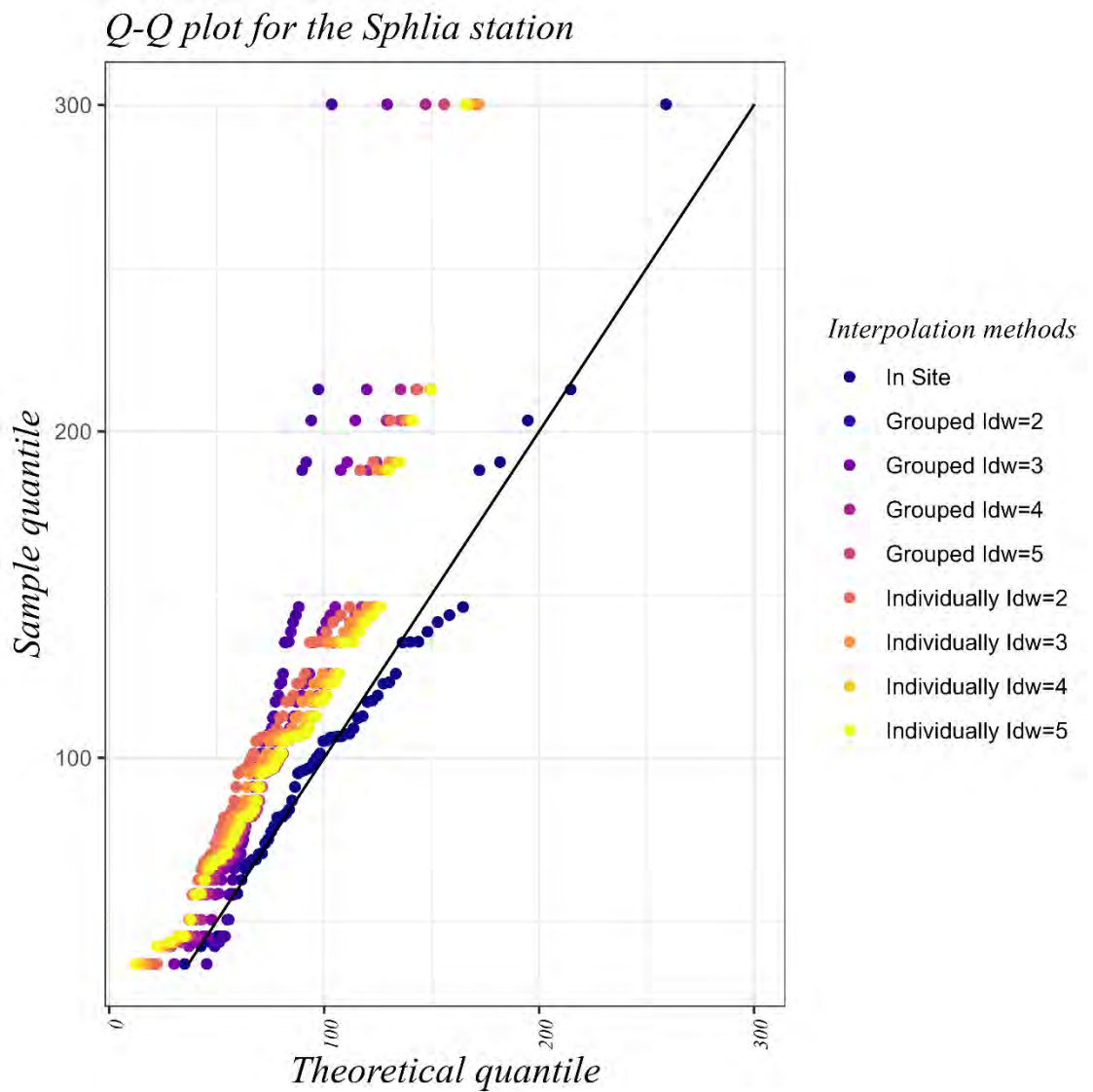
Εικόνα Α-8 Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Πυργετός



Εικόνα Α-9 Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Ραχούλα



Εικόνα Α-10: Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Πυλοροί



Εικόνα A-11: Διάγραμμα QQ Διάγραμμα QQ της χωρικής κατανομής στον σταθμό Σπηλιά