



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την ανάλυση κατά συστάδες βροχομετρικών δεδομένων σε σχέση με τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά του ελλαδικού χώρου»

Αικατερίνη Θ. Καραγκιοζοπούλου

Αθήνα 2016

Επιβλέπων: Χρίστος Α. Καραβίτης, Επίκουρος Καθηγητής

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την ανάλυση κατά συστάδες βροχομετρικών δεδομένων σε σχέση με τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά του ελλαδικού χώρου»

Αικατερίνη Θ. Καραγκιοζοπούλου

Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: Χρίστος Α. Καραβίτης, Επίκουρος Καθηγητής

Μέλη: Ιωάννης Τσίρος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ιωάννης Παπανικολάου, Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Χρίστο Καραβίτη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ιωάννη Τσίρο και Επίκουρο Καθηγητή κ. Ιωάννη Παπανικολάου για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω ευχαριστίες στους υποψήφιους διδάκτορες του ΓΠΑ κκ. Τσεσμελή Δημήτριο και Σταματάκο Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά τους στα προγράμματα SPSS και ArcMap και τον κ. Παναγιώτη Οικονόμου, υποψήφιο διδάκτορα CSU USA, για την συνδρομή του στους στατιστικούς ελέγχους. Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξή τους.

Κατερίνα Καραγκιοζοπούλου

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ερευνάται η δυνατότητα της ανάλυσης κατά συστάδες (clyster analysis) βροχομετρικών δεδομένων σε σχέση με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας. Σκοπός της ανάλυσης συστάδων είναι η ομαδοποίηση των δεδομένων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε παρατηρήσεις που βρίσκονται στην ίδια συστάδα να είναι πιο ομοιόμορφες μεταξύ τους από εκείνες που βρίσκονται σε διαφορετικές συστάδες. Τα βροχομετρικά δεδομένα από 196 μετεωρολογικούς σταθμούς ανά την επικράτεια για μια περίοδο 27 ετών αναλύονται με τις αντίστοιχες μεθοδολογίες, και αποτυπώνονται χωρικά σε σχετικούς χάρτες με γεωστατιστικές μεθόδους για να γίνει πλέον παραστατική και άμεση η σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων μεθοδολογιών. Από τις συγκρίσεις αυτές αναδύεται η πλέον κατάλληλη, η οποία και εξετάζεται και παρουσιάζεται λεπτομερέστερα περαιτέρω. Τέλος αναπτύσσεται η δημιουργία βροχοβαθμίδας για την κάθε συστάδα και η διερεύνηση ύπαρξης αιτιοκρατικής σχέσης ως προς την χρονική εξέλιξη. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, η ανάλυση κατά συστάδες μπορεί να εφαρμοστεί ικανοποιητικά προκειμένου να παρουσιάσουμε δεδομένα βροχόπτωσης σε σχέση με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας.

Λέξεις κλειδιά: Ανάλυση κατά συστάδες, βροχομετρικά δεδομένα, Ελλάδα

Abstract

This dissertation thesis investigates the possibility of cluster analysis of precipitation data in relation to the geomorphological characteristics of Greece. The objective of cluster analysis is to group data according to their proven common characteristics so that the observations which are in the same cluster are more similar to each other than those in different ones. The precipitation data, from 196 meteorological stations from all over Greece for 27 years, are being analyzed by the most frequently used algorithms of cluster analysis (hierarchical and non hierarchical), and the results are illustrated on maps so as to be easier to observe and compare the differences between the clustering methods. In this regard, the clustering method which gives the most significant results is being discussed in more depth. Finally, for each identified cluster, an equation is created that describes the average rainfall – altitude relationship, while trying to detect a causal relationship. All in all, the results indicate that cluster analysis maybe applied for the representation of precipitation data in relation to the geomorphological characteristics of Greece.

Key words: cluster analysis, precipitation data, Greece

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Πίνακας Εικόνων	7
Πίνακας Πινάκων.....	8
Εισαγωγή.....	9
1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	11
2. Ανάλυση Συστάδων.....	18
3. Δεδομένα – Μεθοδολογία	24
4. Περιγραφή της περιοχής μελέτης.....	31
5. Μεθοδολογία της μελέτης.....	35
6. Παρουσίαση και σχολιασμός των ευρημάτων	43
7. Αποτελέσματα.....	47
8. Συμπεράσματα	53
9. Προτάσεις.....	55
Βιβλιογραφία	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	58
Παράρτημα I - Πίνακες.....	59
Παράρτημα II – Χάρτες.....	67
Παράρτημα III – Γραφήματα	76

Πίνακας Εικόνων

- Εικόνα 1. Οι βροχές λόγω οριζόντιας ή κατακόρυφης μεταφοράς αέριων μαζών οφείλονται στη βαθμιαία ψύξη υγρών αέριων μαζών, όταν μεταφέρονται από μικρότερα και θερμότερα προς μεγαλύτερα και ψυχρότερα γεωγραφικά πλάτη ή κατά την ανοδική κίνηση του αέρα (<http://giphy.com>)..... 11
- Εικόνα 2 Οι κυκλωνικές ή μετωπικές βροχές οφείλονται στην ψύξη του αέρα και τη συμπύκνωση των υδρατμών λόγω ανοδικών κινήσεων (<http://giphy.com>) 12
- Εικόνα 3. Οι ορογραφικές βροχές οφείλονται στις ανοδικές κινήσεις στις οποίες υποχρεώνονται υγρά αέρια ρεύματα όταν συναντήσουν ορεινούς όγκους (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steigungsregen.jpg>) 12
- Εικόνα 4. Λεπτομέρειες κατασκευής του δεκαπλασιαστικού βροχόμετρου. (Αριστερά <https://pmm.nasa.gov>, Δεξιά <http://etc.usf.edu>)..... 14
- Εικόνα 5. Λεπτομέρειες κατασκευής βροχόμετρου με tipping bucket (Αριστερά: <http://novalynx.com> και Δεξιά: <http://www.allweatherinc.com>) 15
- Εικόνα 6. Λεπτομέρειες κατασκευής του βροχογράφου. (Αριστερά: <http://www.rfuessmueller.de> και Δεξιά: <http://slideplayer.info/slide/3061235/>) 16
- Εικόνα 7. Μετεωρολογικό ραντάρ: σχηματική παράσταση λειτουργίας – εκπομπή και λήψη ανακλώμενης ακτινοβολίας ([http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(GI\)/guides/rs/rad/basics/sgnl.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(GI)/guides/rs/rad/basics/sgnl.rxml)) 17
- Εικόνα 8. Κατανομή των υδρολογικών και μετεωρολογικών σταθμών της ΕΤΥΜΠ (<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/about/general.html>)..... 25
- Εικόνα 9. Ο μεσημβρινός 23° Ε διαιρεί την ελλαδική χερσόνησο στη βροχερότερη δυτική και στη λιγότερο βροχερή ανατολική (<http://www.meteo-news.gr/2013/09/ta-ipsi-vroxisstin-ellada.html>) 31
- Εικόνα 10. Η γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στην Ελλάδα (Μαριολόπουλος Η., Καραπιτέρης Λ., (1955): Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι. Αθήναι.) .. 33

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Βασικά περιγραφικά μέτρα της μηνιαίας βροχόπτωσης 196 μετεωρολογικών σταθμών της Ελλάδας (1981-2007)	25
Πίνακας 2: K-means Clustering (10 Iterations).....	35
Πίνακας 3: Euclidean Distance	36
Πίνακας 4: Squared Euclidean.....	36
Πίνακας 5: Pearson Correlation	37
Πίνακας 6: Μετρική City Block	37
Πίνακας 7: Μετρική Minkowski (για $p = 3$)	37
Πίνακας 8: Cosine	38
Πίνακας 9: Μετρική Chebychev	38
Πίνακας 10: Ward's Euclidean Distance Clustering.....	39
Πίνακας 11: Ward's Squared Euclidean Distance Clustering	40
Πίνακας 12: Ward's Pearson Clustering	40
Πίνακας 13: Ward's City-Block Clustering	40
Πίνακας 14: Ward's Minkowski ($p=3$) Clustering	41
Πίνακας 15: Ward's Cosine Clustering	41
Πίνακας 16: Ward's Chebychev Clustering.....	41
Πίνακας 17: Centroid Pearson Clustering	42
Πίνακας 18: Centroid Cosine Clustering.....	42
Πίνακας 19: Ward's Pearson Correlation Clustering	51

Εισαγωγή

Η βροχή είναι ένας από τους βασικότερους τρόπους με τον οποίο το νερό επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης, επιτελώντας με αυτό τον τρόπο ένα σημαντικό ρόλο στον διατήρηση του υδρολογικού κύκλου. Δεν δέχονται όμως όλες οι περιοχές του πλανήτη βροχοπτώσεις με τα ίδια χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα με την ίδια ένταση, διάρκεια ή ποσότητα. Αυτό οφείλεται στην επίδραση διαφόρων παραγόντων, μεταξύ των οποίων είναι και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η ανάλυση των ποσοτήτων βροχής που δέχονται διάφορες περιοχές του ελλαδικού χώρου σε σχέση με το υψόμετρό τους. Τα ερωτήματα που τίθενται είναι αν είναι μπορεί, με την ανάλυση κατά συστάδες των βροχομετρικών δεδομένων, να αναπτυχθεί η κατάλληλη μεθοδολογία η οποία να αποδείξει μια αιτιολογική σχέση μεταξύ βροχόπτωσης και υψομέτρου, να δημιουργήσει ένα ποσοτικό μοντέλο που να περιγράφει τις αλλαγές ως αιτιοκρατική συνάρτηση του χρόνου, ακόμα και να εξασφαλίσει τη δυνατότητα εφαρμογής του για την πρόβλεψη του εύρους μελλοντικών βροχοπτώσεων.

Από την έρευνα μας, τόσο στην ελληνική όσο και στην διεθνή βιβλιογραφία, σχετικά με την ανάλυση κατά συστάδες σε βροχομετρικά δεδομένα, είδαμε ότι μια σχετική προσπάθεια δημοσιεύτηκε στο *International Journal of Climatology* με θέμα “Annual and seasonal precipitation over Italy from 1961 to 2006”. Στην προαναφερόμενη έρευνα, έγινε μια προσέγγιση αναλύοντας δεδομένα από ετήσιες, εποχικές και μηνιαίες χρονοσειρές από 59 μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι στατιστικές αναλύσεις περιλάμβαναν μεταξύ άλλων και ανάλυση συστάδων στα μηνιαία δεδομένα χρησιμοποιώντας ιεραρχικές μεθόδους. Στην δική μας έρευνα επικεντρωθήκαμε στο να αναλύσουμε και να συγκρίνουμε μεταξύ τους τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες ανάλυσης συστάδων.

Ξεκινώντας λοιπόν, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στις βροχοπτώσεις γενικότερα και στην Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ).

Στο δεύτερο κεφάλαιο, θα δούμε συνοπτικά τις βασικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση κατά συστάδες (*cluster analysis*).

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναπτύξουμε την μεθοδολογία της μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα που είχαμε, και τις διάφορες αναλύσεις που κάναμε προκειμένου να οδηγηθούμε συνεχίσουμε την έρευνά μας.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή της περιοχής μελέτης και πιο συγκεκριμένα τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και η κατανομή των βροχοπτώσεων στον ελλαδικό χώρο (κεφάλαιο τέταρτο).

Στο πέμπτο κεφάλαιο, θα αναπτύξουμε περαιτέρω την μεθοδολογία που έχουμε ακολουθήσει.

Η παρουσίαση και ο σχολιασμός των ευρημάτων γίνεται στο έκτο κεφάλαιο, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο έβδομο κεφάλαιο.

Στο όγδοο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματά μας και τέλος στο ένατο κεφάλαιο προτείνονται ενέργειες που θα μπορούσαν να γίνουν από επόμενους ερευνητές, αλλά και σημεία τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής.

1. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Σύμφωνα με την επιστήμη της μετεωρολογίας οι βροχές διακρίνονται σε τρία είδη:

1) Βροχές λόγω κατακόρυφης ή οριζόντιας μεταφοράς των αερίων μαζών

Αυτές οι βροχές εμφανίζονται με την βαθμιαία ψύξη των υγρών αερίων μαζών, κατά την μεταφορά τους από θερμά και μικρά, προς ψυχρά και μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη ή με την ανοδική κίνηση του αέρα. Στην Ισημερινή ζώνη εμφανίζονται συνήθως τέτοιου είδους βροχές, αλλά και σε γεωγραφικό πλάτος 30 με 50ο Βόρεια και Νότια του Ισημερινού.



Εικόνα 1. Οι βροχές λόγω οριζόντιας ή κατακόρυφης μεταφοράς αερίων μαζών οφείλονται στη βαθμιαία ψύξη υγρών αερίων μαζών, όταν μεταφέρονται από μικρότερα και θερμότερα προς μεγαλύτερα και ψυχρότερα γεωγραφικά πλάτη ή κατά την ανοδική κίνηση του αέρα (<http://qiphy.com>)

2) Μετωπικές ή κυκλωνικές

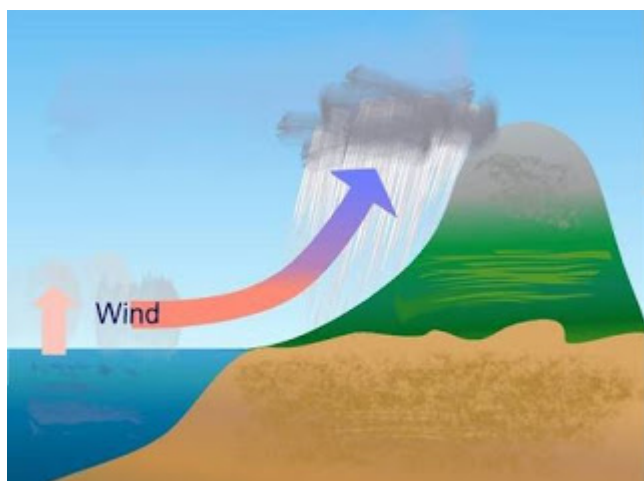
Εμφανίζονται με την συμπύκνωση των υδρατμών και την ψύξη του αέρα μέσω της ανοδικής κίνησης, με την συνοδεία των κυκλωνικών διαταραχών. Γενικά είναι συχνές στα μεγάλα πλάτη του πλανήτη, αλλά σπάνιες στην τροπική ζώνη.



Εικόνα 2. Οι κυκλωνικές ή μετωπικές βροχές οφείλονται στην ψύξη του αέρα και τη συμπύκνωση των υδρατμών λόγω ανοδικών κινήσεων (<http://giphy.com>)

3) Ορογραφικές

Αυτού του είδους οι βροχές παρουσιάζονται όταν οι ανοδικές κινήσεις των υγρών αερίων ρευμάτων συναντούν ορεινούς όγκους, με τις κινήσεις να συγκρούονται με τις προσήνεμες κυρίως πλαγιές μιας οροσειράς. Γενικά είναι γνωστό πως τα βροχομετρικά ύψη έχουν την τάση να αυξάνονται από τις υπώρειες ως την κορυφή, όταν ένα όρος δεν είναι αρκετά ψηλό, όταν όμως είναι μεγάλο σε ύψος, μετά από την συνεχή αύξηση της βροχόπτωσης ως ένα ορισμένο υψόμετρο, όπου παίρνει την μέγιστη τιμή της, παρατηρείται μείωση των υδροαποβλημάτων στα μεγάλα υψόμετρα.



Εικόνα 3. Οι ορογραφικές βροχές οφείλονται στις ανοδικές κινήσεις στις οποίες υποχρεώνονται υγρά αέρια ρεύματα όταν συναντήσουν ορεινούς όγκους (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steigungsregen.jpg>)

Οι παραπάνω βροχές παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια και είναι άφθονες σε ποσότητα, με το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τους μουσώνες των Ινδιών κατά την θερινή περίοδο. Τα υγρά και θερμότερα νοτιοδυτικά ρεύματα αερίων συναντούνται με υδρατμούς κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τους πάνω από τον Ινδικό ωκεανό, και ακολουθούν ανυψωτική πορεία προς τα ορεινά των Ινδιών, με αποτέλεσμα την μεγάλη βροχόπτωση. Παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται στην Βόρεια Αμερική, στην περιοχή της Νεβάδα, με τους ανέμους να προκαλούν σημαντική αύξηση των βροχοπτώσεων. Η ζώνη αντίθετα, που βρίσκεται ανατολικά της οροσειράς δέχεται το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης, βρίσκεται δηλαδή στην λεγόμενη κατάσταση «ομβροσκιάς».

Μετρικές ιδιότητες - Σημειακά ύψη και εντάσεις

1. Η κύρια μετρική ιδιότητα είναι το ύψος της στάθμης h σε δεδομένο χρόνο t , το οποίο είναι εύκολο να μετρηθεί σε σημειακή βάση, μέσω των κυλίνδρων των βροχόμετρων ή βροχογράφων. Το ύψος της στάθμης εκφράζεται ως το ύψος που θα έφτανε το νερό σε μια οριζόντια επιφάνεια, κατά την διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, εάν δεν το απορροφούσε το έδαφος, δεν δεχόταν απορροή και δεν εξατμιζόταν. Σε διεθνή κλίμακα, ως μονάδα μέτρησης του ύψους της στάθμης είναι το mm και το cm. Για παράδειγμα θα λέγαμε πως βροχή με ύψος στάθμης 1mm αποδίδει ποσότητα νερού 1kgf σε επιφάνεια 1m².
2. Παράγωγο μέγεθος είναι η ένταση βροχής που κατ' αρχάς ορίζεται σε στιγμιαία βάση ως:

$$i = dh/dt$$

όπου dh είναι η μεταβολή του ύψους στο διαφορικό χρόνο dt . Επειδή όμως στην πραγματικότητα η στιγμιαία ένταση βροχής δεν είναι δυνατό να μετρηθεί, χρησιμοποιούνται πάντα προσεγγίσεις της μορφής

$$i = \Delta h/\Delta t$$

όπου Δh είναι η μεταβολή του ύψους στον πεπερασμένο χρόνο Δt . Η τιμή της έντασης που ορίζεται από την τελευταία εξίσωση αποτελεί χρονικά μέση τιμή, η οποία εξαρτάται άμεσα από το χρονικό διάστημα Δt . Προφανώς, όσο μικρότερο είναι το Δt τόσο περισσότερο η χρονικά μέση ένταση προσεγγίζει τη στιγμιαία.

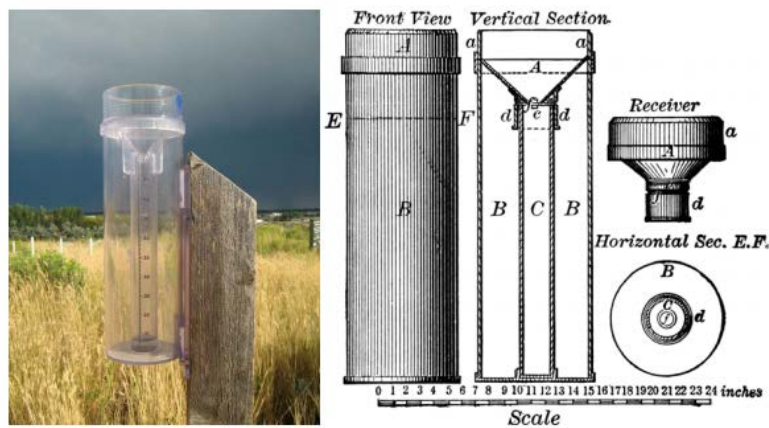
Τεχνικές μέτρησης της βροχής

Το σύνολο των πρωτογενών και επεξεργασμένων μετρήσεων των συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου σε μια περιοχή αποτελεί την υδρολογική πληροφορία της περιοχής. Οι υδρολογικές μεταβλητές διακυμαίνονται στο χώρο και το χρόνο. Για την αποτύπωση της διακύμανσης στο χώρο υπάρχουν δύο ειδών τεχνικές: η συμβατική και πιο διαδεδομένη

τεχνική χρησιμοποιεί σημειακές μετρήσεις σε πολλά σημεία της περιοχής που ενδιαφέρει, όπως τα βροχόμετρα ή οι βροχογράφοι. Στην περίπτωση αυτή τα όργανα ή οι διατάξεις μετρούν την υδρολογική μεταβλητή στο συγκεκριμένο σημείο της εγκατάστασής τους. Η πιο σύγχρονη τεχνική επιφανειακών μετρήσεων δίνει το πεδίο μεταβολής μιας μεταβλητής σε μια ολόκληρη επιφάνεια, το μέγεθος της οποίας καθορίζεται από την εμβέλεια του οργάνου. Στις συσκευές αυτής της κατηγορίας ανήκουν τα μετεωρολογικά ραντάρ και οι δορυφόροι.

Τα βροχόμετρα είναι όργανα σημειακής μέτρησης της βροχής, εγκατεστημένα σε κατάλληλες θέσεις, που συλλέγουν κυρίως τη βροχόπτωση, και βοηθητικά τη χιονόπτωση, δίνοντας την αντίστοιχη σημειακή μέτρηση. Δίνουν την ολική σημειακή βροχόπτωση και το ισοδύναμο ύψος νερού μιας χιονόπτωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα (συνήθως 8ωρο, 12ωρο ή 24ωρο), με την ανάγνωση της ένδειξης από έναν παρατηρητή.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι το **δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο**. Στην κορυφή του οργάνου βρίσκεται η χοάνη η οποία συγκεντρώνει το βρόχινο νερό και το στέλνει σε δοχείο συλλογής στην βάση ενός κυλίνδρου. Ο ογκομετρικός σωλήνας είναι βαθμονομημένος σε mm, και με την διαδικασία αυτή υπολογίζεται η στάθμη της βροχοπτώσεως. Το δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο πήρε την ονομασία του από το εμβαδόν της χοάνης του, που είναι δεκαπλάσιο από το άθροισμα των τομών και των εμβαδών του γυάλινου σωλήνα και του κυλίνδρου από μέταλλο, που βρίσκονται κατακόρυφα τοποθετημένοι στην βάση του οργάνου. Στο πίσω μέρος του γυάλινου σωλήνα τοποθετείται μια κλίμακα που είναι βαθμονομημένη σε mm. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται με ακρίβεια χιλιοστού η στάθμη της βροχής, ακόμα και για διαδοχικές βροχοπτώσεις.



Εικόνα 4. Λεπτομέρειες κατασκευής του δεκαπλασιαστικού βροχόμετρου. (Αριστερά <https://pmm.nasa.gov>, Δεξιά <http://etc.usf.edu>)

Οι βροχογράφοι είναι σε γενικές γραμμές βροχόμετρα, στα οποία μεταξύ των δύο κυρίων τμημάτων τους προστίθενται μηχανισμοί αυτοματισμού της μέτρησης και καταγραφής του ύψους βροχής. Ο τύπος του μηχανισμού αυτοματισμού χαρακτηρίζει και

τον τύπο του βροχογράφου. Οι κύριοι τύποι βροχογράφων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ο βροχογράφος με ανατρεπόμενο κάδο και ο βροχογράφος με πλωτήρα.

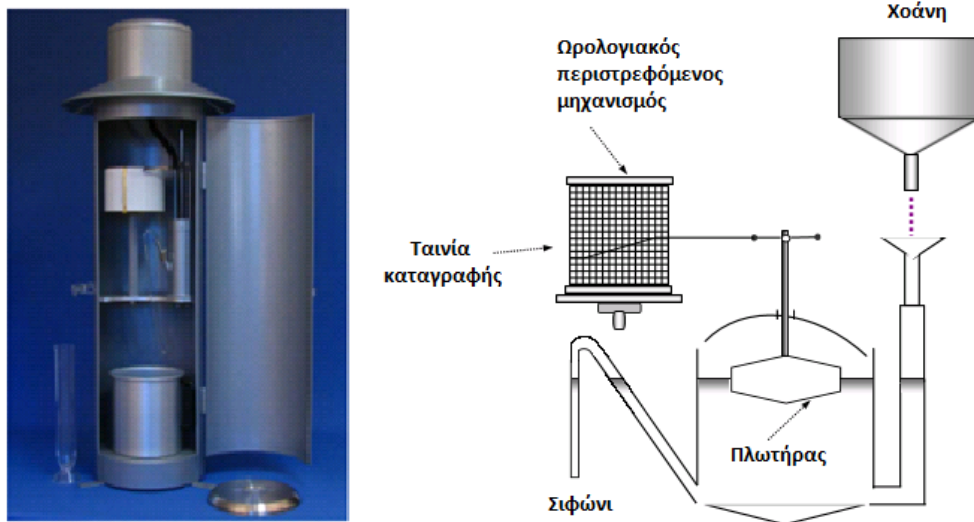
- Οι **βροχογράφος με τεχνολογία ανατροπής κάδου** αποτελείται από δύο κάδους, που τοποθετούνται σε έναν κοινό άξονα. Στην κορυφή του βρίσκεται μια χοάνη, όπου μέσω αυτής συλλέγεται το βρόχινο νερό και οδηγείται στους κάδους που πραγματοποιούν κατακόρυφη κίνηση. Εφόσον γεμίσει ο πρώτος τη σειρά κάδος, δίνει την θέση του στον δεύτερο κάδο ώστε να αδειάσει το περιεχόμενό του. Έπειτα όταν γεμίσει ο δεύτερος κάδος, αφήνει την σειρά του εκ νέου στον πρώτο. Η ενέργεια συνεχίζεται έως ότου ολοκληρωθεί η βροχόπτωση. Κάθε κουβάς μετράει μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού και αφού οι κάδοι συνδέονται με έναν μηχανισμό καταγραφής, οι μετρήσεις της ποσότητας νερού μεταφέρονται σε ένα χαρτί καταγραφής. Μια μαγνητική επαφή που υπάρχει στην άκρη κάθε άξονα μεταδίδει έναν παλμό, σε κάθε ανατροπή κάποιου κάδου, που συνήθως γίνεται μετά την συλλογή 10ml νερού που αντιστοιχούν σε 0.2mm νερού βροχής. Ένα καταγραφικό σύστημα μέτρησης παλμών που συνδέεται στην έξοδο του οργάνου, μπορεί να αθροίζει τους παλμούς, ώστε να υπολογίζεται η ποσότητα βροχής.



Εικόνα 5. Λεπτομέρειες κατασκευής βροχόμετρου με tipping bucket (Αριστερά: <http://novalynx.com> και Δεξιά: <http://www.allweatherinc.com>)

- Ο **βροχογράφος με πλωτήρα** αποτελεί το όργανο καταγραφής της έντασης της βροχόπτωσης αλλά και του ύψους της στάθμης της. Έχει την ονομασία «βροχογράφος Hellman» και στην κορυφή του βρίσκεται μια χοάνη που συλλέγει το νερό το οποίο κατόπιν οδηγείται στην βάση της χοάνης, και καταλήγει στον θάλαμο του σιφωνιού όπου βρίσκεται ο πλωτήρας. Ο πλωτήρας, καθώς εισάγεται το νερό στο θάλαμο του σιφωνιού, πραγματοποιεί κατακόρυφη κίνηση, με αποτέλεσμα να παρασύρεται η γραφίδα που είναι εφαιπτόμενη σε μια ταινία καταγραφής, η οποία με την σειρά της έχει προσαρμοστεί σε έναν ωρολογιακό μηχανισμό με δυνατότητα

περιστροφής. Η ταινία καταγραφής περιλαμβάνει τον χρόνο, που παρουσιάζεται με κατακόρυφες γραμμές, και τα mm βροχής, που παρουσιάζονται με οριζόντιες γραμμές. Όταν δεν υπάρχει βροχόπτωση τότε η γραφίδα απλώς παραμένει στο 0mm και σχεδιάζει μια οριζόντια ευθεία γραμμή. Όταν όμως ξεκινήσει η βροχόπτωση, ο πλωτήρας ανυψώνεται με προοδευτικό βαθμό, συμπαρασέρνοντας μαζί του την γραφίδα που σχεδιάζει την αντίστοιχη καμπύλη στην ταινία. Εάν φτάσει ακριβώς στο ύψος της καμπύλης του σιφονιού, η αντίστοιχη στάθμη του συλλεγόμενου βρόχινου νερού, η γραφίδα φτάνει στην μέγιστη τιμή της ταινίας καταγραφής, δηλαδή στα 10mm, και με μία ελάχιστη ποσότητα επιπλέον νερού, προκαλείται αυτόματο άδειασμα του δοχείου με τον πλωτήρα. Η ίδια ενέργεια επαναλαμβάνεται συνεχώς έως ότου σταματήσει η βροχόπτωση. Η ένταση ή αλλιώς ραγδιαιότητα της βροχόπτωσης είναι υπεύθυνη για την μορφή που θα έχει η καμπύλη. Όταν η βροχόπτωση σταματήσει, η γραφίδα σχεδιάζει εκ νέου μία οριζόντια – ευθεία γραμμή. Ο χρόνος μεταξύ των βροχοπτώσεων καθορίζεται μεταξύ των δύο καμπυλών που σχεδιάστηκαν από την σφραγίδα.

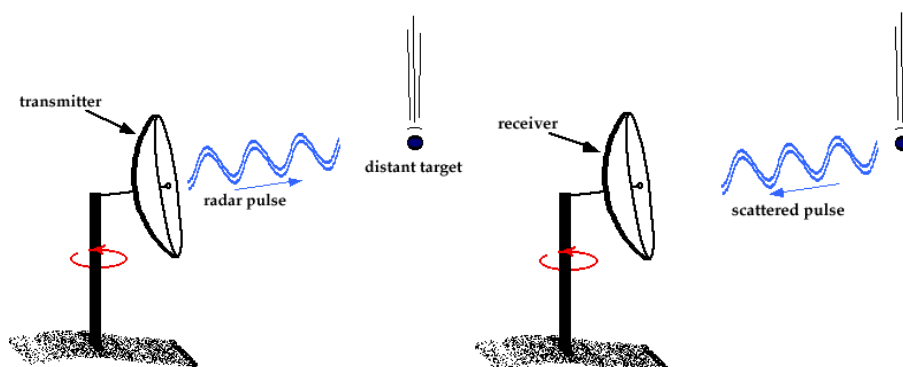


Εικόνα 6. Λεπτομέρειες κατασκευής του βροχογράφου. (Αριστερά: <http://www.rfuess-mueller.de> και Δεξιά: <http://slideplayer.info/slide/3061235/>)

Αντί του παραπάνω συμβατικού μηχανισμού καταγραφής, με τη σημερινή τεχνολογία, και τη χρήση αυτοματισμών, η συμβατική μέτρηση μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα και αποθηκεύεται σε ηλεκτρονικό καταχωρητή δεδομένων (data logger). Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα της τηλεμετρίας, δηλαδή της μετάδοσης του σήματος αυτού (μετά από κατάλληλη διαμόρφωση) είτε ασύρματα (μέσω ραδιοπομπού ή και δορυφόρου), είτε ενσύρματα (μέσω τηλεφωνικής γραμμής) και της λήψης του την ίδια στιγμή σε άλλη απομακρυσμένη θέση.

Τα τελευταία χρόνια, εφαρμόζεται η διαδικασία της τηλεπισκόπησης, με την εξ αποστάσεως παρατήρηση των μετεωρολογικών φαινομένων και της λήψης των

πληροφοριών μέσω διαφόρων - υψηλής τεχνολογίας συστημάτων, όπως οι μετεωρολογικοί δορυφόροι και τα μετεωρολογικά ραντάρ.



Εικόνα 7. Μετεωρολογικό ραντάρ: σχηματική παράσταση λειτουργίας – εκπομπή και λήψη ανακλώμενης ακτινοβολίας ([http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(GI\)/guides/rs/rad/basics/sgnl.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(GI)/guides/rs/rad/basics/sgnl.rxml))

Διευκρινίζεται πάντως ότι οι συσκευές αυτής της κατηγορίας, στην πραγματικότητα δεν μετρούν την υδρολογική μεταβλητή που ενδιαφέρει, αλλά κάποιο άλλο μέγεθος, βάσει του οποίου τεκμαίρεται, μετά από πολύπλοκους υπολογισμούς, το υδρολογικό μέγεθος. Έτσι, σε αντίθεση με τα βροχόμετρα, που μετρούν πρωτογενώς το ύψος βροχής, τα ραντάρ μετρούν την αντανάκλαστικότητα των νεφών, από την οποία εξάγεται η εκτίμηση του ύψους βροχής.

Η μεγάλη τεχνολογική ανάπτυξη των οργάνων μέτρησης της βροχής, είτε άμεσα επί του εδάφους, είτε τηλεπισκοπικά εξ' αποστάσεως, έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό την αντίληψη που έχουμε για την κατανομή της βροχής, σε τοπική, περιφερειακή και παγκόσμια κλίμακα. Συνδυάζοντας παρατηρήσεις από επίγεια βροχόμετρα, μετεωρολογικά ραντάρ και δορυφορικές μετρήσεις είναι τώρα δυνατή η πληρέστερη γνώση της κατανομής της βροχής για ολόκληρο τον πλανήτη.

2. Ανάλυση Συστάδων

Πολύ συχνά, κατά τη διάρκεια της σημερινής καθημερινότητας, καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα οποία συλλέγονται και καταγράφονται μέσω διαφόρων ειδών μετρήσεων και παρατηρήσεων. Τα δεδομένα αυτά μας δίνουν πληροφορίες για καταστάσεις, φαινόμενα και αντικείμενα και παρουσιάζονται σε ποικίλες μορφές, όπως αριθμητικά δεδομένα, δεδομένα κειμένου, εκπεμπόμενα σήματα κ.α.

Η διαδικασία της συλλογής και της ανάλυσης δεδομένων, είναι απαραίτητη για την κατανόηση και την περιγραφή φαινομένων και καταστάσεων. Μέσω της ανάλυσης και της επεξεργασίας τους, είναι δυνατή η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και η λήψη αποφάσεων ως προς τη διαχείρισή τους. Ένα από τα πιο σημαντικά και χρήσιμα κομμάτια της ανάλυσης δεδομένων είναι η συσταδοποίηση, δηλαδή οι τεχνικές σύμφωνα με τις οποίες τα διάφορα δεδομένα τοποθετούνται σε συστάδες με κοινά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Η ομαδοποίηση αυτή, οδηγεί σίγουρα σε μείωση της λεπτομέρειας της πληροφορίας αλλά και σε απλοποίηση της για περαιτέρω επεξεργασία.

Δύο πολύ βασικές έννοιες για την ανάλυση κατά συστάδες είναι οι έννοιες της **απόστασης** και της **ομοιότητας**. Παρατηρήσεις που είναι μοιάζουν μεταξύ τους θα έχουν μεγάλη ομοιότητα και μικρή απόσταση και επομένως θα ταξινομηθούν στην ίδια ομάδα.

Χρήσιμο επιστημονικό πεδίο για την ανάλυση και συσταδοποίηση των δεδομένων είναι η Αναγνώριση Προτύπων. Με βάση τη θεωρία της Αναγνώρισης Προτύπων, πραγματοποιείται έρευνα του σχεδιασμού και της λειτουργίας συστημάτων, για αναγνώριση προτύπων σε δεδομένα, με αυτοματοποιημένο τρόπο για λήψη αποφάσεων. Αποτελεί την προσέγγιση που πραγματοποιείται όποτε πρέπει κανείς να λάβει υπόψη το σύνολο των σχέσεων, που ισχύουν για τα μέρη των αντικειμένων που πρόκειται να αναλυθούν. Στόχος της είναι η ταξινόμηση ενός συνόλου δεδομένων σε έναν αριθμό ξεχωριστών συστάδων, σύμφωνα με κάποιες ομοιότητες που αυτά παρουσιάζουν.

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης συστάδων, επιλέγονται οι κατάλληλες μεταβλητές βάσει των οποίων θα γίνει η συσταδοποίηση των αντικειμένων. Κάθε στοιχείο αποτελεί ένα πολυδιάστατο διάνυσμα, όπου κάθε διάσταση εκφράζει και μια μεταβλητή. Ο καθορισμός και η επιλογή του συνόλου των μεταβλητών που περιγράφουν τα δεδομένα αποτελεί κρίσιμο βήμα στη διαδικασία συσταδοποίησης αφού σε μεγάλο βαθμό επηρεάζει την αναπαράσταση των δεδομένων και τα παραγόμενα αποτελέσματα, δηλαδή τις συστάδες δεδομένων που διαμορφώνονται, αλλά και το υπολογιστικό κόστος για την συσταδοποίηση. Είναι σημαντικό οι μεταβλητές που θα επιλεγούν, να οδηγούν σε καθαρά διαφοροποιημένες κλάσεις, ενώ πρέπει να δοθεί βαρύτητα και στην αξιοπιστία της ταξινόμησης εξετάζοντας σε τι βαθμό οι ανεξάρτητες μεταβλητές της ομαδοποίησης συνδέονται με μία ή περισσότερες εξαρτημένες μεταβλητές που δεν συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση. Γενικότερα, πρέπει να αποφεύγεται η αφθονία μεταβλητών καθώς αυτό αυξάνει τις πιθανότητες οι μεταβλητές να συσχετίζονται, έχοντας ως αποτέλεσμα

συγκεκριμένοι παράγοντες να παρουσιάζονται πιο διογκωμένοι απ' ότι είναι στην πραγματικότητα.

Γι' αυτό, όταν ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών είναι μεγαλύτερος του 0,9 οι μεταβλητές αυτές είναι συνήθως προβληματικές και θα πρέπει να αποφεύγονται. Συχνά οι ερευνητές για να αντιμετωπίσουν το παραπάνω πρόβλημα διεξάγουν αρχικά μια παραγοντική ανάλυση, και εν συνεχεία εφαρμόζουν ανάλυση συστάδων με τα αποτελέσματα της παραγοντικής. Παρ' όλα αυτά και η συγκεκριμένη διαδικασία εμπεριέχει προβλήματα σύμφωνα με τους Dolnicar & Grun (2009), αρχικά διότι η ταξινόμηση εφαρμόζεται σε ήδη επεξεργασμένα δεδομένα παραποιώντας τα αποτελέσματα, ενώ παράλληλα υπάρχει απώλεια πληροφορίας λόγω κάποιων μεταβλητών που θεωρούνται αμελητέες από την παραγοντική ανάλυση και αποκλείονται ενώ θα μπορούσαν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην διαφοροποίηση των συστάδων.

Το μέγεθος του δείγματος αποτελεί έναν ακόμη καθοριστικό παράγοντα, δημιουργώντας περιορισμούς ως προς τον αριθμό των μεταβλητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μας δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Τέλος, η επιλογή των μεταβλητών εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως από την πηγή και την σύσταση των δεδομένων, αλλά και από τον σκοπό για τον οποίο διεξάγεται η ανάλυση συστάδων. Συμπερασματικά, οι μεταβλητές που θα επιλεγούν για την ανάλυση συστάδων θα πρέπει να βασίζονται σε θεωρητικές κατευθύνσεις, να είναι ευέλικτες σχετικά με τα δεδομένα και τους σκοπούς της έρευνας, να μην είναι υπεράριθμες, να συμβάλουν στη διάκριση των υποομάδων και να αντιπροσωπεύουν ισόποσα τους εξεταζόμενους τομείς.

Η ανάλυση συστάδων γίνεται με τη χρήση αλγόριθμων. Κάθε αλγόριθμος συσταδοποίησης έχει την δική του φιλοσοφία, εφαρμόζοντας ή και συνδυάζοντας πολλές φορές διάφορες μεθοδολογίες, με σκοπό να πετύχει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα. Αν και ο διαχωρισμός τους δεν είναι μια απλή υπόθεση, οι βασικές ομάδες στις οποίες μπορούν να διακριθούν οι περισσότεροι εξ' αυτών, είναι οι εξής:

- **Ιεραρχική Ανάλυση κατά Συστάδες – Συσσωρευτικές μέθοδοι (Agglomerative Hierarchical Clustering)**

1. Αρχίζουμε με N συστάδες, με την κάθε μία να περιέχει μόνο ένα στοιχείο και ένα $N \times N$ πίνακα με αποστάσεις.
2. Βρίσκουμε στον πίνακα το ζεύγος U και V συστάδων με την μικρότερη απόσταση μεταξύ τους.
3. Ενώνουμε τις συστάδες U και V σε μια συστάδα, έστω UV . Ανανεώνουμε τον πίνακα αποστάσεων διαγράφοντας τις γραμμές και στήλες που αντιστοιχούν στις U και V και προσθέτοντας μια γραμμή και μια στήλη με τις αποστάσεις της UV από τις υπόλοιπες συστάδες.
4. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3 ($N-1$) φορές μέχρι να υπάρχει μόνο μια συστάδα. Καταγράφουμε τις συστάδες που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και το επίπεδο (απόσταση) στο οποίο δημιουργήθηκε η κάθε μία.

- **Ιεραρχική Ανάλυση κατά Συστάδες – Διαιρετικές Μέθοδοι (Divisive Analysis Clustering)**

Οι διαιρετικές μέθοδοι σπάνια χρησιμοποιούνται στην ανάλυση συστάδων, που θα μπορούσε κανείς να πει ότι η ιεραρχική ανάλυση συστάδων είναι σχεδόν συνυφασμένη με τις συσσωρευτικές μεθόδους. Ο κύριος λόγος που οι διαιρετικές μέθοδοι δεν είναι αρκετά διαδεδομένες στην πράξη, είναι ότι απαιτούν πολύ περισσότερους υπολογισμούς από ότι οι συσσωρευτικές μέθοδοι. Στην κατηγορία αυτή των διαιρετικών μεθόδων, οι εκτελείται η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία από εκείνη των συσσωρευτικών:

1. Αρχικά επιλέγουμε μια συστάδα.
2. Επιλέγουμε μετά το στοιχείο με τη μεγαλύτερη μέση απόσταση από τα υπόλοιπα στοιχεία της συστάδας, το οποίο γίνεται μια νέα συστάδα.
3. Κατανέμουμε τα στοιχεία της συστάδας είτε στην παλιά συστάδα είτε στην νέα, βάση της απόστασης του κάθε στοιχείου από τις συστάδες.
4. Επιλέγουμε τη συστάδα με τη μεγαλύτερη διάμετρο (μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ δυο στοιχείων της συστάδας) και επιστρέφουμε στο βήμα 2 μέχρι να έχουμε τόσες συστάδες όσα τα στοιχεία μας.

- **Μέθοδος K-means**

Ο αλγόριθμος k-means ανήκει σε μια μεγάλη οικογένεια αλγορίθμων ομαδοποίησης που είναι γνωστοί ως αλγόριθμοι διαμέρισης (partitioning algorithms). Ουσιαστικά οι αλγόριθμοι είναι έτσι φτιαγμένοι ώστε να διαμερίζουν το πολυεπίπεδο που δημιουργούν τα δεδομένα σε περιοχές και να αντιστοιχούν μια περιοχή σε κάθε ομάδα. Τα βήματα που ακολουθεί είναι τα εξής:

1. Επιλέγουμε τυχαία k στοιχεία τα οποία θα αποτελέσουν τους αρχικούς πυρήνες των συστάδων.
2. Για κάθε στοιχείο στα δεδομένα, κατανέμουμε το στοιχείο στην συστάδα της οποίας ο πυρήνας είναι πιο κοντά στο στοιχείο. Οι νέοι πυρήνες (centroids) για τις συστάδες υπολογίζονται ως ο μέσος όρος των στοιχείων της κάθε συστάδας.
3. Επαναλαμβάνουμε το βήμα 2 μέχρι να μην γίνουν αλλαγές στις συστάδες (ή μέχρι ενός ορισμένου αριθμού επαναλήψεων)

Ο αλγόριθμος αυτής της κατηγορίας δεν βασίζεται σε μετρικές όπως η Ευκλείδεια ή η Manhattan, αλλά αντιθέτως χρησιμοποιεί την διακύμανση μεταξύ των αντικειμένων της συστάδας (within-cluster variation) για να δημιουργήσει ομογενείς κλάσεις. Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος επιλέγει k τυχαία στοιχεία του συνόλου δεδομένων, τα οποία και θεωρεί ως τα κέντρα βάρους k τυχαίων συστάδων για την αρχικοποίηση της μεθόδου της επαναληπτικής διαιρετικής ταξινόμησης, και εν συνεχεία αναδιαμορφώνει επαναληπτικά τα στοιχεία σε συστάδες με στόχο την ελαχιστοποίηση της εσωτερικής διακύμανσης της συστάδας.

Η εσωτερική διακύμανση μεταξύ των αντικειμένων της συστάδας C_i ισοδυναμεί ουσιαστικά με την απόσταση κάθε στοιχείου της συστάδας από την μέση τιμή m_i των στοιχείων της, όπου η μέση τιμή αντιπροσωπεύει γεωμετρικά το κέντρο βάρους της συστάδας.

Γενικά, ο K-means επηρεάζεται λιγότερο, συγκριτικά με τις ιεραρχικές μεθόδους, από ακραίες τιμές (outliers) και από την παρουσία άσχετων μεταβλητών, χωρίς αυτό βέβαια να είναι πάντα καλό καθώς κάποιες φορές είναι δύσκολος ο εντοπισμός των outliers ή συστάδων με περίεργη μορφή. Επίσης σε αντίθεση με τις ιεραρχικές μεθόδους ταξινόμησης που βασίζονται στην πληροφορία που αποθηκεύεται στον πίνακα ομοιότητας, οι επαναληπτικές διαιρετικές μέθοδοι εφαρμόζονται απευθείας στα δεδομένα με αποτέλεσμα να έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε χώρο και να διαχειρίζονται ευκολότερα πολυπληθή σύνολα δεδομένων. Σημαντικό όμως μειονέκτημα του αλγορίθμου K-means αποτελεί το γεγονός ότι ο ερευνητής θα πρέπει να επιλέξει εκ των προτέρων τον αριθμό των κλάσεων. Μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η εφαρμογή ιεραρχικής μεθόδου αρχικά, για την επιλογή του αριθμού των κλάσεων, και κατόπιν εφαρμογή του K-means. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τεχνικές επαναληπτικής διαιρετικής ταξινόμησης, δουλεύουν ικανοποιητικά με συνεχείς και όχι κατηγορικές μεταβλητές.

Προκειμένου ένας αλγόριθμος να ορίσει ποιες συστάδες θα ενωθούν ή ποιες συστάδες θα διαιρεθούν, απαιτείται η ταυτόχρονη χρήση ενός μέτρου ομοιότητας ή ανομοιότητας των στοιχείων, όπως κάποια μετρική απόστασης και ενός κριτηρίου σύνδεσης μεταξύ των συστάδων. Υπάρχουν αρκετές μετρικές απόστασης, δίνοντας στον ερευνητή το περιθώριο να επιλέξει την κατάλληλη βάσει των δεδομένων του και του σκοπού της έρευνάς του.

1. Ευκλείδεια απόσταση

Αποτελεί την πιο διαδεδομένη μετρική απόστασης, και είναι η γεωμετρική απόσταση των στοιχείων στον πολυδιάστατο χώρο.

Ευκλείδεια απόσταση: η απόσταση μεταξύ των αντικειμένων p, q είναι η τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών των τιμών των μεταβλητών. Πολλές φορές προτιμάται η τετραγωνική ευκλείδεια απόσταση (squared Euclidean distance), ώστε να δοθεί σταδιακά μεγαλύτερη βαρύτητα στην ανομοιογένεια των αντικειμένων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση

Τετραγωνική Ευκλείδεια απόσταση: Πρέπει να σημειωθεί ότι η ευκλείδεια απόσταση (όπως και η τετραγωνική) υπολογίζεται βάσει μη κανονικοποιημένων δεδομένων. Έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως ότι η απόσταση μεταξύ δύο στοιχείων δεν επηρεάζεται με την προσθήκη νέων στοιχείων στην ανάλυση, παρόλα αυτά ένα σημαντικό μειονέκτημα της ευκλείδειας μετρικής βρίσκεται στο γεγονός ότι οι αποστάσεις επηρεάζονται ιδιαίτερα από τις διαφορές στην κλίμακα μεταξύ των διαστάσεων. Για παράδειγμα, αν μια μεταβλητή μετράει μήκος σε cm, και κατόπιν το μετατρέψουμε σε mm, η ευκλείδεια απόσταση που θα προκύψει

από τον πολυδιάστατο πίνακα θα επηρεαστεί σημαντικά (κυρίως από τις μεταβλητές με μεγαλύτερη κλίμακα μέτρησης), και συνεπώς θα είναι πολύ διαφοροποιημένα και τα αποτελέσματα της συσταδοποίησης. Γι' αυτό, είναι προτιμότερο να μετατρέπουμε τις διαστάσεις ώστε να έχουν παρόμοιες κλίμακες μέτρησης.

2. Μετρική City-Block

Η μετρική city-block χρησιμοποιεί το άθροισμα των απόλυτων διαφορών των μεταβλητών. Ονομάζεται και μετρική Manhattan καθώς προσομοιάζει την απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην περιοχή του Manhattan της Νέας Υόρκης, όπου η απόσταση μεταξύ δύο σημείων ισοδυναμεί με τον αριθμό των οικοδομικών τετραγώνων που θα πρέπει να διανυθούν στις κατευθύνσεις Βόρεια-Νότια και Ανατολικά-Δυτικά.

Τα αποτελέσματα της μετρικής city-block είναι παρόμοια με αυτά της Ευκλείδειας, με την διαφορά ότι μειώνονται οι επιδράσεις των διαφορών των ακραίων τιμών καθώς δεν υψώνονται στο τετράγωνο. Και οι δύο παραπάνω μετρικές, **Euclidean** και **Manhattan**, είναι ειδικές περιπτώσεις της μετρικής **Minkowski**, για $p=2$ και $p=1$ αντίστοιχα.

$$\text{Μετρική Minkowski: } d_{p,q} = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i| \quad (2.1)$$

3. Μετρική Chebychev

Η απόσταση Chebychev ισούται με την μέγιστη απόλυτη διαφορά των τιμών των μεταβλητών.

$$\text{Μετρική Chebychev: } d_{p,q} = \max_i \{|p_i - q_i|\} \quad (2.2)$$

4. Μετρική Mahalanobis

Χρησιμοποιείται συχνά για άρση της πολυσυγγραμικότητας των μεταβλητών. Διαφέρει από την Ευκλείδεια μετρική διότι λαμβάνει υπόψη τις συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων καθώς επίσης δεν επηρεάζεται από την κλίμακα μέτρησης των μεταβλητών:

$$\text{Μετρική Mahalanobis: } d_{p,q} = (p_i - q_i) \Sigma^{-1} (p_i - q_i)^T \quad (2.3)$$

5. Συσχέτιση Pearson

Η απόσταση αυτή βασίζεται στον συντελεστή συσχέτισης Pearson, ο οποίος υπολογίζεται από τις παρατηρήσεις μας και τις τυπικές αποκλίσεις τους.

Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα **κριτήρια σύνδεσης** μεταξύ των συστάδων είναι τα παρακάτω:

1. **Single Linkage (ή nearest neighbor):** Ως απόσταση μεταξύ δύο συστάδων U και V θεωρούμε την απόσταση με την μικρότερη τιμή από όλες τις πιθανές αποστάσεις μεταξύ ενός στοιχείου (ή συστάδας) του U και ενός στοιχείου (ή συστάδας) του V
2. **Complete linkage (ή furthest neighbor):** Ως απόσταση μεταξύ δύο συστάδων U και V θεωρούμε την απόσταση με την μεγαλύτερη τιμή από όλες τις πιθανές αποστάσεις μεταξύ ενός στοιχείου (ή συστάδας) του U και ενός στοιχείου (ή συστάδας) του V
3. **Average linkage (ή between groups linkage):** Ως απόσταση μεταξύ δύο συστάδων U και V θεωρούμε την μέση απόσταση μεταξύ των δύο συστάδων (το άθροισμα όλων των πιθανών αποστάσεων μεταξύ ενός στοιχείου του U και ενός στοιχείου του V διά του γινομένου του πλήθους των στοιχείων της U επί του πλήθους των στοιχείων της V).
4. **Ward's Hierarchical Clustering:** Για κάθε συστάδα k θεωρούμε ως ESS_k το άθροισμα των τετραγώνων των αποστάσεων κάθε στοιχείου της συστάδας από τον μέσο της συστάδας και ESS το άθροισμα των ESS_k . Ως απόσταση μεταξύ δύο συστάδων U και V θεωρούμε την αύξηση που θα προκύψει στο ESS από την ένωση των δύο συστάδων.
5. **Centroid:** Η απόσταση μεταξύ δύο ομάδων υπολογίζεται από τη διαφορά της απόστασης μεταξύ των δύο κεντρικών σημείων. Το κεντρικό σημείο μιας ομάδας είναι το ενδιάμεσο σημείο που ορίζεται από το σύνολο των διαστάσεων (μεταβλητών) που συμμετέχουν στην ομαδοποίηση και αντιστοιχεί στο κέντρο βάρους της ομάδας

Συγκρίνοντας τις μεθόδους μεταξύ τους θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι από πειράματα προσομοίωσης η μέθοδος του Ward θεωρείται η πλέον αποτελεσματική. Η μέθοδος του πλησιέστερου γείτονα είναι αυτή με τη χειρότερη επίδοση. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι αν οι ομάδες είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους, κάθε μέθοδος θα βρει τη σωστή ομαδοποίηση και, επίσης, ότι κάθε μέθοδος δουλεύει καλύτερα με συγκεκριμένη μορφή δεδομένων (Καρλής, 2005).

Οποιαδήποτε μέθοδος ταξινόμησης στοιχείων μπορεί να επιλεγεί και να δημιουργηθεί με οποιαδήποτε απόσταση ομοιότητας. Εννοείται ότι, διαφορετικές αποστάσεις ομοιότητας δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα ακόμα και αν επιλεγεί η ίδια μέθοδος.

3. Δεδομένα – Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας βασίζεται κατά κύριο λόγο στην συλλογή βροχομετρικών δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς. Τα βροχομετρικά δεδομένα αφορούν 27 έτη, με την έρευνα να ξεκινάει από το έτος την 1^η Ιανουαρίου 1981 και να τελειώνει την 31^η Δεκεμβρίου 2007.

Για την συλλογή των δεδομένων προσεγγίστηκαν 196 σταθμοί από μια κατανεμημένη Βάση Δεδομένων, που βρίσκεται στην ιστοσελίδα <http://www.hydroscope.gr/>, στην οποία αποθηκεύεται ο κύριος όγκος των υδρομετεωρολογικών και υδρογεωλογικών δεδομένων της χώρας. Τα δεδομένα της βάσης, την οποία διαχειρίζεται η Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ), προέκυψαν από τα αρχεία των μετρήσεων των οργάνων περίπου 2.500 σταθμών που βρίσκονται διεσπαρμένοι σε όλη την χώρα και ανήκουν στους Συμμετέχοντες Φορείς οι οποίοι είναι :

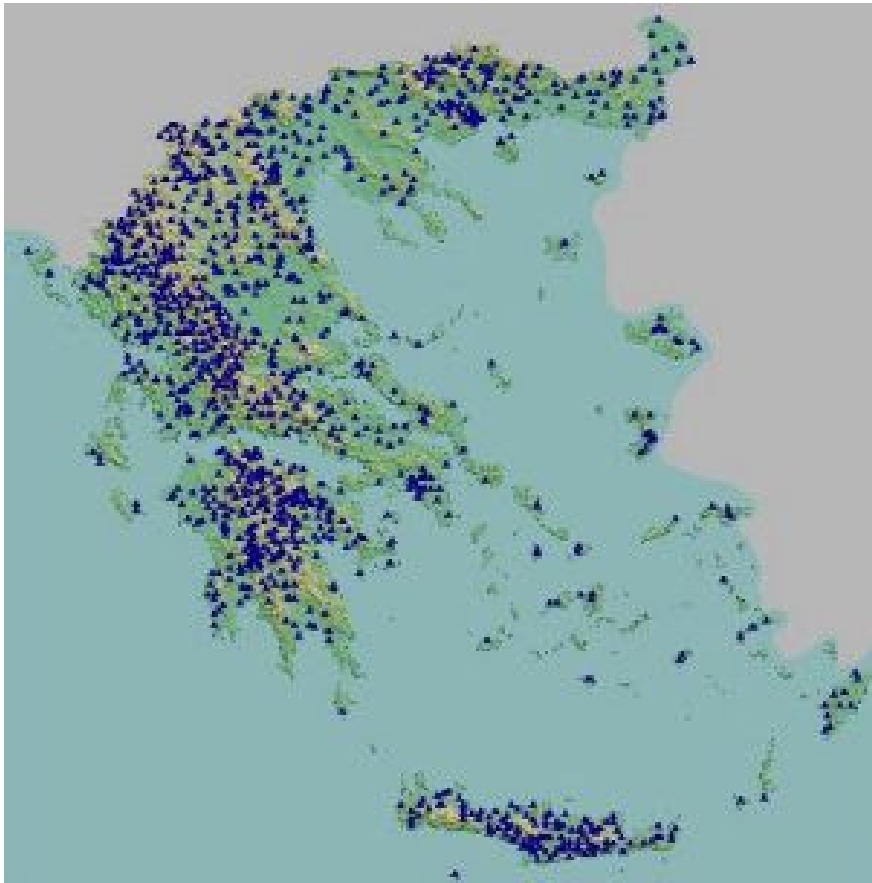
- Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων
- Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
- Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
- Το Υπουργείο Γεωργίας Το Υπουργείο Ανάπτυξης
- Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Τα δεδομένα ήταν ημερήσια, η έρευνα και ανάλυση όμως έγινε στα μηνιαία αθροίσματα. Η επιλογή των σταθμών έγινε με βάση την διαθεσιμότητα των μετρήσεων για την αναφερόμενη χρονική περίοδο, έχοντας ως στόχο την χρήση δεδομένων από όσο το δυνατόν περισσότερους σταθμούς.

Αφού συγκεντρώθηκαν και υπολογίστηκαν τα μηνιαία αθροίσματα όλων των σταθμών, στη συνέχεια έγινε έλεγχος στασιμότητας – stationarity test, πραγματοποιώντας έλεγχο για μοναδιαία ρίζα – unit root test. Μία στοχαστική διαδικασία ονομάζεται στάσιμη αν ο μέσος και η διακύμανσή της δεν μεταβάλλονται διαχρονικά και η συνδιακύμανση των τιμών της σε δύο χρονικές περιόδους εξαρτάται μόνο από τις χρονικές υστερήσεις και όχι από καθαυτό το χρονικό σημείο στο οποίο υπολογίζεται. Ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας έγινε πραγματοποιώντας το Augmented Dickey Fuller test (ADF) και το KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) test, με περιοδικότητα 12 μήνες.

Ακολούθησε ο έλεγχος της ύπαρξης breakpoint στις χρονοσειρές, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Quandt-Andrews.

Οι δύο παραπάνω έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του εικονομετρικού πακέτου Eviews 8.



Εικόνα 8. Κατανομή των υδρολογικών και μετεωρολογικών σταθμών της ΕΤΥΜΠ (<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/about/general.html>)

Στη συνέχεια, με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel, υπολογίστηκαν τα βασικά περιγραφικά μέτρα των όλων των χρονοσειρών και τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων φαίνονται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΒΑΣΙΚΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΤΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 196 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ (1981-2007)

Station	Median	St. Dev.	Min	Max	Skewness	Kurtosis	ADF	KPSS
Achladochori	37,7	32,17	0	171,2	0,96	1,14	0,0005	0,5627
Aedonochorio	26,05	47,13	0	543,4	4,73	41,35	0,0144	0,5197
Ag. Demetrios Pierias	31,21	36,02	0	186,5	1,45	2,27	0,0243	1,6760
Ag. Triada	53,95	81,37	0	336,2	1,13	0,54	0,0018	0,0418
Ag. Vlassios	69,45	71,49	0	390,3	1,15	1,59	0,0003	0,0353
Ag. Vassilios	22,85	47,43	0	337,3	1,99	5,85	0,0019	0,5367
Agia Galini	20,25	65,74	0	348,5	1,56	2,31	0,0173	0,0747
Agia Varvara	30	99,53	0	540	1,48	1,98	0,0073	0,0575
Agiophyllo	47,85	54,59	0	316,5	1,74	4,09	0,012	0,1547
Agios Kyrillos	16,39	58,54	0	325	1,66	2,87	0,0154	0,0647
Agnanta	85,6	99,44	0	492,5	1,35	1,69	0,001	0,0328

Agrinio	47,05	69,36	0	385	1,38	2,08	0,002	0,0895
Aigio	33,85	55,12	0	287,4	1,29	1,47	0,0006	0,0548
Aisyme	60	77,94	0	543	1,72	4,51	0,0337	0,2539
Aktio	44,45	71,32	0	346,2	1,4	1,97	0,0017	0,0441
Alexandroupoli	28,85	39,94	0	186,6	1,42	1,8	0,0042	0,3842
Alistrati	46,05	41,72	0	227,6	1,13	1,28	0,0014	0,3698
Amfissa	38,3	60	0	304	1,53	2,55	0,0008	0,0365
Analipsi Etol	71,05	90,69	0	447,5	1,34	1,93	0,0155	0,0848
Anavra	38,65	54,93	0	331,1	1,86	4,52	0,0018	0,2681
Anchialos	29,15	37,5	0	220,4	1,76	4,22	0,0005	0,0833
Andravida	35,05	64,97	0	365,6	1,4	1,93	0,0044	0,0640
Ano Vrontou	37,65	42,7	0	210,9	1,1	1,08	0,1454	3,6359
Armaxa	32,85	79,55	0	416	1,48	2	0,0012	0,0256
Arnaia	44,25	47,76	0	308	1,71	4,62	0,001	0,4541
Arta	59,55	86,96	0	396,4	1,14	0,77	0,0016	0,0490
Asimi	20,75	59,61	0	318	1,45	1,9	0,0093	0,0645
Askifou	86,5	223,97	0	1402	1,55	2,87	0,0047	0,0876
Asteroskopeio	20	39,82	0	236	1,92	4,57	0,0269	0,2640
Avas	27,85	45,31	0	275	1,65	3,23	0,0213	0,4546
Avdou	43,25	92,86	0	593,5	1,82	4,19	0,0093	0,3479
Axentrias	21,7	75,58	0	397,6	1,45	1,78	0,0007	0,0403
Chalkeion	21,85	50,84	0	279,5	1,64	2,87	0,0019	0,4147
Chania	23,4	66,91	0	516,1	2,39	9,09	0,0002	0,0487
Chios	20,05	61,32	0	302,5	1,74	2,78	0,0015	0,0480
Chranoi	60,35	94,06	0	554,8	1,48	2,63	0,0063	0,1290
Chrysomilia	59,4	88,73	0	547,1	1,65	3,63	0,0029	0,0906
Dafni	73,65	90,28	0	569,9	1,49	2,9	0,0081	0,2107
Davleia	45,15	64,75	0	328,7	1,26	1,29	0,0005	0,0482
Demati	13,9	53,3	0	287,1	1,69	2,74	0,0992	0,3847
Dervenakia	31,3	50,04	0	224,6	1,27	1,13	0,0006	0,0724
Didymoteicho	17,5	39,33	0	352,7	3,56	21,54	0,0047	0,2482
Dikea	32,5	46,25	0	272,2	1,42	2,31	0,0443	3,0368
Distomo	31,8	52,39	0	281,6	1,48	2,35	0,003	0,0567
Drama	33,15	32,65	0	165,8	1,12	1,09	0,0946	2,6208
Drosato	49,75	57,67	0	308,6	1,21	1,73	0,0014	0,0434
Efzonoï	33	42,97	0	252,7	2	5,31	0,0258	0,6987
Elassona	27,05	34,88	0	217,7	1,77	4,43	0,0022	0,2145
Elateia	27,85	46,01	0	200,7	1,21	0,78	0,0012	0,0521
Elefsina	16,9	34,28	0	160,3	1,49	1,65	0,0029	0,0637
eptalofos	46,9	65,32	0	363,3	1,41	2,27	0,001	0,0971
Evropos	28,2	40,55	0	300,3	2,34	8,79	0,0002	0,1569
Exo Potamoi	63	146,15	0	1023	1,85	5,05	0,0097	0,3840
Farkadona	33	40,04	0	311,4	1,87	6,66	0,0009	0,0493

Ferres	29,3	43,73	0	229,2	1,79	3,74	0,0056	0,3010
Filiates	69,9	90,56	0	409	1,12	0,61	0,0026	0,0661
Foinikia	30,05	84,34	0	445,9	1,49	1,91	0,0037	0,2695
Gavalou	53,75	81,7	0	451,3	1,62	3,17	0,0031	0,2025
Gavdos	20,25	65,74	0	348,5	1,56	2,31	0,0173	0,0747
Gerakari	43	139,42	0	909,5	1,8	4,63	0,0064	0,0304
Gergeri	33,5	94,75	0	473,7	1,51	2,12	0,0351	0,0730
Goumenissa	44,69	57,76	0	396,4	2,31	7,92	0,0004	0,1062
Gravia	50,65	60,2	0	311,9	1,13	1,01	0,001	0,0940
Hellenikon	18,15	37,4	0	205,3	1,91	4,27	0,0075	0,0374
Heraklio	17,4	52,27	0	271,8	1,55	2,08	0,0001	0,0651
Ioannina	64,55	69,42	0	390,3	1,24	1,58	0,0054	0,1701
Itea	19,15	34,15	0	248,5	2,24	7,72	0,0043	0,2889
K. Tithorea	38,45	53,46	0	275,9	1,38	1,84	0,0002	0,0491
Kalamata	39,85	67,75	0	418,3	1,61	3,2	0,0016	0,0380
Kalives	28,8	75,39	0	487	1,76	3,87	0,0007	0,0444
Kalivia	18,9	59,22	0	300,3	1,42	1,71	0,0133	0,0435
Kallithea210	23,45	45,1	0	311,4	1,66	4,17	0,0026	0,4436
Kalo Horio	18,15	58,41	0	307,4	1,67	2,97	0,0005	0,0339
Kaloskopi	43,25	71,72	0	677,8	2,95	17,12	0,013	0,5614
Kapetaniana	22,3	69,58	0	325,9	1,34	1,38	0,0049	0,0536
Karditsa	28,75	44,54	0	309,2	1,94	5,67	0,0003	0,0872
Karitsa	81,25	84,6	0	402,4	1,1	0,85	0,0104	0,9605
Karpenisi	62,25	68,78	0	518,3	1,56	4,95	0,0005	0,0619
Karytaina	49,2	72	0	332	1,39	1,65	0,0018	0,0504
Kassianoï	20,95	58,3	0	273,6	1,41	1,47	0,0042	0,0425
Kasteli	30	73,81	0	414,9	1,53	2,37	0,0004	0,0430
Kastoria	37,35	40,11	0	371,09	2,69	14,57	0,0005	0,0583
Katerini	32,25	56,53	0	441,5	2,87	12,05	0,0006	0,0928
Kato Nevrokopi	44	42,74	0	204	1,13	1,16	0,0004	0,1216
Katsidoni	34	95,54	0	683	2,07	6,59	0,0049	0,1482
Kavousi	53,9	105,2	0	611,3	1,61	2,89	0,0342	0,3019
Kefalinos	75,95	152,15	0	820,9	1,83	3,74	0,0311	0,6918
Kentriko	48,25	74,54	0	353,9	1,29	1,36	0,0037	0,0599
Kerkini Dam	22,75	35,05	0	298	2,34	10,52	0,0203	2,2495
Kerkyra	59,4	80,98	0	446,1	1,3	1,91	0,0016	0,1531
Kilkis	29,1	31,12	0	216,4	1,76	5,31	0,0014	0,5228
Klenia	32,9	48,4	0	228,6	1,27	1,06	0,0006	0,1144
Kontostavlos	25,4	48,34	0	238,1	1,25	1,12	0,0005	0,0180
Kroussonas	33,8	98,77	0	560,6	1,63	3,18	0,0037	0,1439
Kryovrysi	89,9	103,95	0	759,4	1,66	4,91	0,0029	0,0771
Ksirochorio	41,6	56,58	0	320,1	1,31	1,84	0,0343	0,6202
Kyprinos	37,7	46,61	0	319,7	1,99	6,14	0,0074	0,3305

L. Ylike	22,85	43,4	0	242,5	1,86	4,11	0,0132	0,4002
Lafka	62	80,43	0	446,3	1,35	1,95	0,0001	0,0708
Lagolio	18,95	60,92	0	323,1	1,6	2,6	0,0499	0,1272
Lamia	34,85	44,1	0	345,1	2,19	9,04	0,0002	0,0434
Larissa	26,6	32,12	0	156,5	1,42	2,06	0,0002	0,0403
Lefkogia	26,2	94,88	0	574,3	1,88	4,35	0,0181	0,1135
Lesvos	26,15	62,96	0	347,7	1,7	2,92	0,0011	0,0566
Limnos	23,75	48,98	0	267,21	1,77	3,13	0,0038	0,3002
Livadia	42,75	64,84	0	334	1,52	2,61	0,0001	0,0201
Livadio	40,25	44,02	0	219,1	1,14	1,13	0,0009	0,0626
M. Sterna	36,15	38,85	0	226,1	1,64	3,5	0,0059	0,2065
Makrynitsa	36,65	60,85	0	360,2	2	5,5	0,0003	0,1996
Malandrino	55	69,34	0	337,8	1,3	1,45	0,0018	0,2793
Malles	20,55	81,65	0	471,3	1,65	2,91	0,0213	0,0829
Markopoulo	17	49,38	0	277,5	1,9	4,02	0,0245	0,1405
Maronia	24,9	69,57	0	415	1,63	3	0,006	0,0541
Megali Kerasia	48,95	58,34	0	397,6	1,8	5,13	0,0046	0,0662
Megalo Dereio	41	60,18	0	351,6	1,98	5,58	0,0689	0,9317
Melambes	24	79,11	0	407,7	1,39	1,56	0,0111	0,0611
Metaxades	30	45,92	0	212	1,24	1,03	0,0934	0,2993
Metaxohori	29	77,09	0	386,6	1,46	2,08	0,0064	0,1105
Meteora	40	57,2	0	357,4	1,94	5,56	0,0076	0,6898
Methoni	35,32	58,83	0	301,26	1,3	1,49	0,0006	0,0137
Mikro Dereio	23,4	46,44	0	271,7	1,89	4,66	0,0162	0,2071
Mikrokleisoura	44,05	49,11	0	275,8	1,54	2,98	0,0286	1,2162
Milos	15,4	43,76	0	260,1	1,69	3,18	0,0063	0,0311
Mornos Dam	42,75	69,81	0	403,8	1,59	3,2	0,0042	0,1778
Moroni	24,95	75,38	0	411	1,59	2,65	0,0167	0,1519
Mouri	52	113,36	0	563,7	1,41	1,78	0,0012	0,0622
Mythoi	17,23	60,8	0	365,9	1,66	3,11	0,013	0,0622
Naxos	14,15	40,88	0	235,3	1,74	3,44	0,006	0,0875
Nea Kerasounta	75	124,76	0	716,8	1,57	2,59	0,0171	0,1563
Nea Zichni	35,9	32,03	0	194,8	0,96	1,31	0,006	0,5310
Neapoli	37,25	80,79	0	368	1,44	1,51	0,0003	0,0326
Nemea	32,8	51,74	0	252,7	1,4	1,75	0,0003	0,0642
Neochorio	40,7	57,63	0	373,2	1,75	4,39	0,0015	0,0576
Nigrita	30,25	34,37	0	244	1,62	4,55	0,0006	0,4029
Nipsa	34,25	46,25	0	232,5	1,44	2,06	0,0041	0,2298
Oreini Serres	43,2	35,81	0	182,3	0,94	0,86	0,0026	0,7433
Palaia Roumata	54,55	125,7	0	815,8	1,59	3,38	0,005	0,0698
Palaikastro	18	64,64	0	350,3	2,05	4,5	0,0007	0,0220
Paranesti	38,3	40,38	0	201,6	1,36	1,99	0,0051	0,1671
Partheni	36,2	44,29	0	227,3	1,33	1,96	0,0012	0,0986

Partira	24,5	69,59	0	330,4	1,48	1,85	0,0069	0,1094
Pavlos	24,95	46,77	0	289,7	1,59	3,12	0,0001	0,1780
Paxeia Ammos	20,6	67,14	0	358,5	1,76	3,35	0,0124	0,0825
Perdikoneri	80,9	100,9	0	523,6	1,39	2,04	0,0063	0,3931
Petrion	31,85	50,57	0	268,6	1,29	1,44	0,0003	0,0390
Philadelpheia	23,65	46,94	0	283,6	1,89	4,02	0,009	0,1137
Piana	58,5	82,89	0	561,9	1,58	3,72	0,0035	0,0962
Polykastro	32,95	55,08	0	636,9	4,94	43,15	0	0,0703
Pompia	14,5	57,55	0	297	1,74	3,25	0,0151	0,0823
Pontokomi	37,8	36,27	0	182,6	1,17	1,42	0,0048	0,5009
Praitoria	17,9	54,53	0	304,6	1,42	1,85	0,0047	0,0436
Profitis Elias	29,7	85,45	0	391,3	1,49	1,78	0,0181	0,1449
Protoklissi	39,7	50,03	0	297	1,34	1,96	0,0102	0,0964
Rentina	61,85	70,86	0	480	1,54	3,75	0,0051	0,1994
Rodos	20,95	69,42	0	316,1	1,5	1,78	0,0009	0,0524
Samos	20,75	76,1	0	442,2	1,79	3,46	0,0013	0,0467
Santorini	6,4	34,39	0	216,6	2,15	5,91	0,1248	0,2465
Serres	33,75	28,78	0	196,5	1,23	2,82	0,0012	0,4119
Siatista	54,5	45,42	0	280,5	1,28	2,8	0,0018	0,2731
Sidirokastro	33,5	29,7	0	197,1	1,69	5,06	0,0004	0,4934
Siteia	18,4	49,38	0	266	1,76	3,21	0,0007	0,0462
Skopia	32	38,78	0	248	1,66	3,91	0,0018	0,1515
Skyros	15,6	39,98	0	290,6	2,8	12,08	0,0755	0,4923
Sotirio	25,6	40,92	0	320,3	2,69	11,48	0,0721	1,2130
Souli	45,5	81,06	0	424,8	1,26	1,31	0,0075	0,0838
Spathovouni	23	41,23	0	197	1,42	1,77	0,0009	0,1211
Spili	42,5	122,91	0	788	1,83	5,04	0,0017	0,0233
Spilia	38,8	60,46	0	357,8	1,97	4,68	0	0,0326
Stamna	49,95	71,55	0	383,1	1,5	2,8	0,0181	0,3348
Stanos	55,8	78,06	0	409,3	1,3	1,5	0,0014	0,0397
Stavrochori	19,75	84,84	0	529,5	1,74	3,76	0	0,0192
Strefio	56,8	85,35	0	555	1,69	4,61	0,0298	0,2105
Sykea	57,55	93,39	0	729,7	2,23	8,3	0,0311	0,6987
Tanagra	25,05	42,15	0	224,6	1,58	2,37	0,0281	0,3631
Tarsos	48,9	57,72	0	377	1,52	3,35	0,0053	0,4496
Tefeli	26	75,1	0	398,5	1,34	1,38	0,0037	0,0402
Theodoriana	118,3	176,95	0	940,8	1,62	2,6	0,0051	0,0816
Thessaloniki	29,97	35,05	0	234,96	2,09	6,35	0	0,1198
Thisvi	24,45	45,55	0	352,8	2,45	9,69	0,015	0,3210
Toxotes	38,6	53,58	0	504,9	3,33	19,81	0,031	0,3776
Trikorfo	46,4	89,1	0	566,5	1,8	4,5	0,0042	0,3802
Trilofo	35	42,11	0	300,5	1,76	4,9	0,0007	0,0290
Tripoli	42,8	53,75	0	408,67	1,96	6,87	0,0049	0,2048

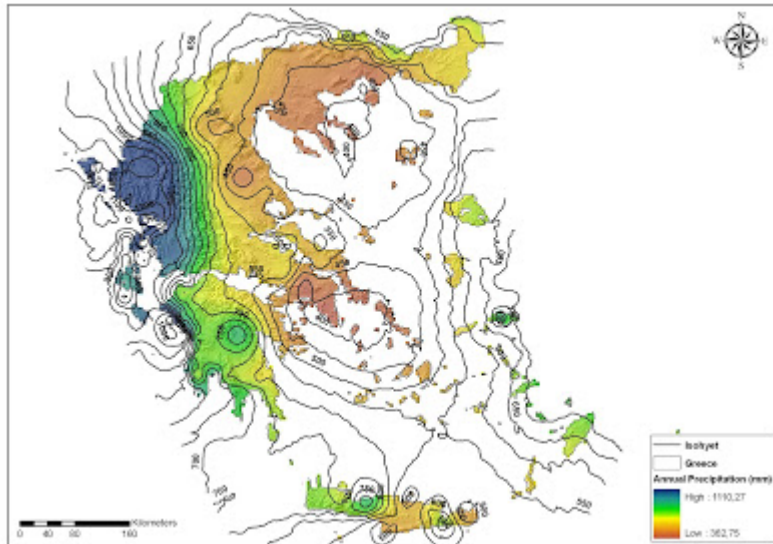
Tsotylio	43,8	54,6	0	406	1,77	5,56	0,0075	0,8761
Tymphristos	55	77,86	0	595	1,95	7,29	0,2471	0,6443
Vagiona	17,75	56,39	0	278	1,46	1,65	0,0054	0,0899
Vizari	24,9	79,63	0	531,5	1,85	4,87	0,0012	0,0694
Voleones	56,75	129,71	0	842,9	1,85	4,83	0,0057	0,1614
Voni	27	79,85	0	443	1,6	2,45	0,0017	0,1033
Vonitsa	33,1	64	0	397,4	1,55	2,8	0,0243	0,7385
Vorizia	32,15	127,82	0	622,1	1,63	2,5	0,025	0,0511
Vyronas	18	45,8	0	276,1	2,16	5,76	0,004	0,3788
Vytina	55,6	72,16	0	457,7	1,67	3,86	0,0011	0,0527
Ypate	44,15	61,97	0	339	1,58	2,93	0,0145	0,1458
Zappeio	28,4	35,64	0	185,7	1,56	2,88	0,0001	0,1280
Zaros	26,75	91,07	0	482	1,56	2,35	0,045	0,1291

Για την ανάλυση κατά συστάδες χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS 22. Βασικός σκοπός ήταν να ταξινομηθούν οι 196 μετεωρολογικοί σταθμοί σε 12 cluster, με το ανάλογο με την γεωγραφική τους θέση, δηλαδή ΒΔ, ΒΑ, ΝΔ, ΝΑ και το υψόμετρο, όπου ορίζονται ως πεδινά (0 – 350m), ημιορεινά (350m - 600m) και ορεινά (600m και πάνω). Πραγματοποιήθηκαν αρκετές αναλύσεις, σχεδόν με όλες τις μεθόδους που ήταν δυνατές με τη χρήση του στατιστικού πακέτου που ήταν στη διάθεσή μας.

Στο τέλος, αποτυπώθηκαν όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί του δείγματός μας σε χάρτη με την χρήση GIS, και χρωματίστηκαν ανάλογο με το cluster στο οποίο είχαν ταξινομηθεί. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το ArcGis 10.1.

4. Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Στην Μεσόγειο έχει παρατηρηθεί πως η βροχόπτωση μειώνεται από τα βόρεια προς τα νότια, και από τα δυτικά προς τα ανατολικά, ενώ είναι σχετικά ισχυρότερη σε χερσαίες περιοχές και πιο αδύναμη στα πελάγη.



Εικόνα 9. Ο μεσημβρινός 23° E διαιρεί την ελλαδική χερσόνησο στη βροχερότερη δυτική και στη λιγότερο βροχερή ανατολική (<http://www.meteo-news.gr/2013/09/ta-ipsi-vroxis-stin-ellada.html>)

Γενικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως ο μεσημβρινός με γεωγραφικό μήκος 23°Α, «διαιρεί» την Ελλαδική χερσόνησο σε μια λιγότερο βροχερή ανατολική και μια περισσότερο βροχερή δυτική περιοχή. Η εξέταση της κατανομής της βροχόπτωσης στην Ελλάδα αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία λόγω των σημαντικών υψομετρικών μεταβολών, της γεωγραφικής θέσης, της εναλλαγής θάλασσας – ξηράς και του διαμελισμού των χερσαίων περιοχών.

Οι βροχοπτώσεις στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται ως ορογραφικές λόγω του ανάγλυφού της, που αποτελεί τον σημαντικότερο συντελεστή βροχομετρικού χαρακτήρα.

Έχουν διακριθεί οι εξής ζώνες βροχόπτωσης, που είναι παράλληλες προς την κατεύθυνση των κύριων ορεινών όγκων του κορμού της χερσονήσου, με τον διαχωρισμό να ξεκινάει από βόρεια, να προχωράει βορειοδυτικά με κατεύθυνση νότια και να καταλήγει νοτιοανατολικά.

❖ Κατά μήκος των νησιών και των ακτών στην Δυτική Ελλάδα, με το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης να είναι τα 800 με 1.200 mm.

❖ Ανατολικά σε σχέση με παραπάνω, συναντούμε την κύρια ορεινή ζώνη, όπου παρατηρείται μεγαλύτερο επίπεδο βροχόπτωσης. Το βροχομετρικό ύψος στην περιοχή των Πρεσπών είναι από 1.000 έως 1.400 mm και υπερβαίνει τα 1.800 mm όσο προχωράμε προς τις κορυφογραμμές της Πίνδου. Πιο νότια παρουσιάζεται μείωση στα 800 με 1.600 mm στην Πελοπόννησο και την Στερεά Ελλάδα, ενώ ακόμη πιο νότια και στην περιοχή δυτικά της νήσου της Κρήτης, το μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης είναι από 1.000 έως 2.000 mm.

❖ Πιο ανατολικά από την παραπάνω ζώνη υπάρχουν περιοχές που παρουσιάζουν μικρό βροχομετρικό ύψος. Η νέα αυτή ζώνη περιλαμβάνει την ανατολική Πελοπόννησο και τις δυτικές Κυκλάδες με 350 – 600 mm, την ανατολική Στερεά, την Θεσσαλία και την δυτική Εύβοια με 400 – 800 mm και την νότια Μακεδονία με 600 – 800 mm.

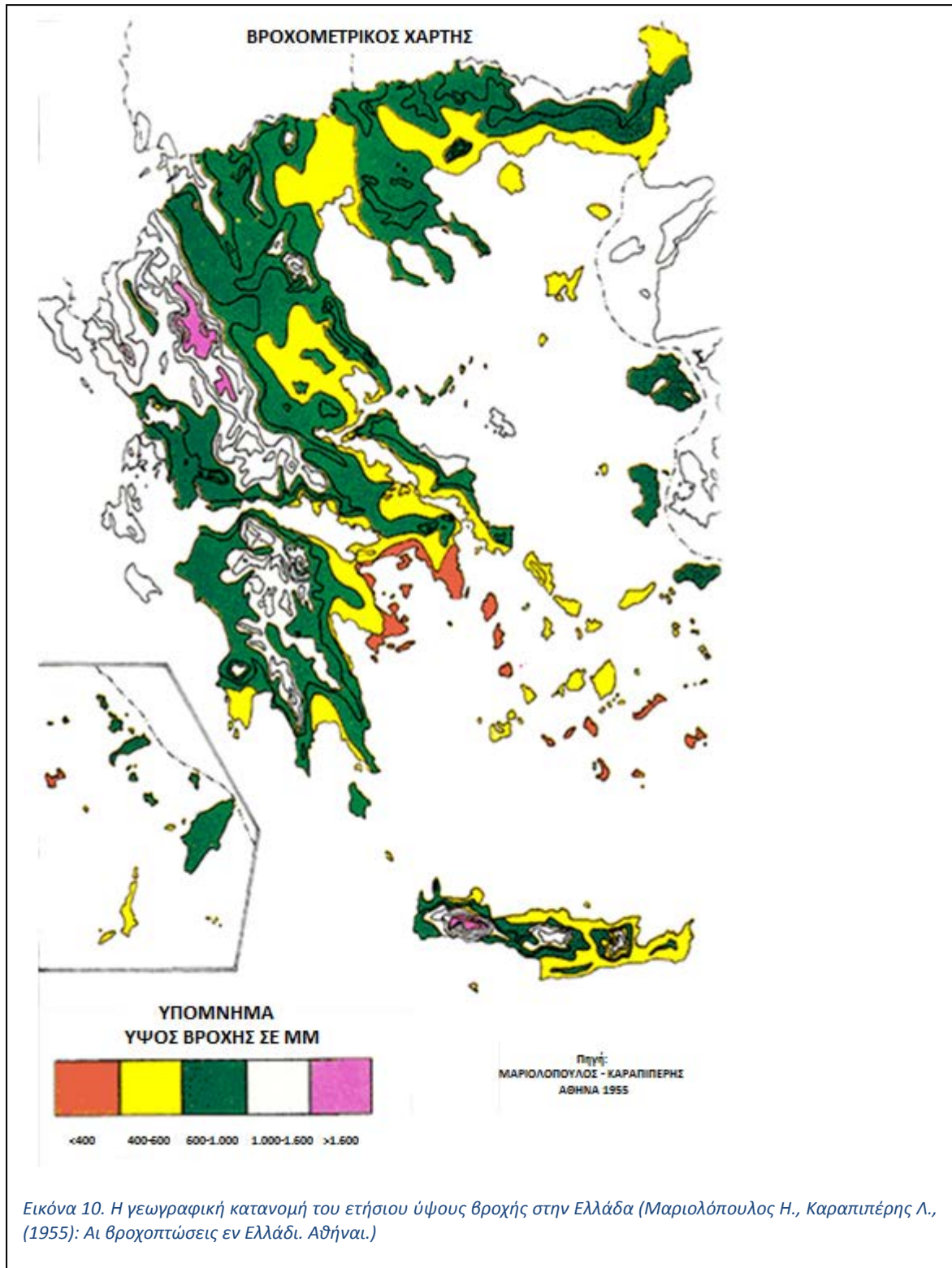
❖ Ακόμα πιο ανατολικά βρίσκουμε την σχεδόν ευθεία ορεινή αλυσίδα που περιλαμβάνει αρκετά υψηλά βροχομετρικά επίπεδα. Εκεί συναντούμε τις βορειοανατολικές Κυκλάδες με 600 – 800 mm, την ορεινή ανατολική Εύβοια, τις βόρειες Σποράδες, το Πήλιο, την Όσσα, το Πάικο και το Βέρμιο με 800 – 1.200 mm και τον Όλυμπο με 1.000 – 2.000 mm.

❖ Συνεχίζοντας ανατολικά βρίσκουμε την δυτική Χαλκιδική και την κοιλάδα του Αξιού με 400 – 600 mm και το όρος Χολομώντα στην ανατολική Χαλκιδική με βροχομετρικό ύψος τα 600 – 1.000 mm.

❖ Η τελευταία ζώνη περιλαμβάνει τα νησιά Λήμνο, Σαμοθράκη και Θάσο με 400 – 600 mm, την Θράκη και ανατολική Μακεδονία με 800 – 1.200 mm και τα νησιά των μικρασιατικών παράλιων και τα Δωδεκάνησα με 600 – 1.000 mm. Η ανατολική Κρήτη εμφανίζεται με μικρά ποσά βροχόπτωσης.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό βροχόπτωσης το συναντούμε στους ορεινούς όγκους Ολύμπου και Πίνδου, αλλά και στα όρη της δυτικής Κρήτης με 1.800 mm κατά μέσο όρο, ενώ το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης το συναντάμε στα νησιά νοτίου Αιγαίου και τα νησιά του Σαρωνικού, με μέσο όρο τα 321 mm.

Η γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους της βροχόπτωσης στην Ελλάδα αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη. Από τον συγκεκριμένο βροχομετρικό χάρτη μπορεί κανείς να παρατηρήσει τα παρακάτω σχετικά με την γεωγραφική κατανομή:



Λόγω της επίδρασης του ανάγλυφου, τα μεγαλύτερα ύψη βροχής σε ετήσια βάση παρατηρούνται πάνω από τις δυτικές και ορεινές περιοχές. Αυτή η αύξηση στο ύψος της βροχής αποδίδεται στις από δυτικά προς ανατολικά κινούμενες υφέσεις, που αρχικά συναντούν αυτές τις περιοχές και κάνουν εναπόθεση των μεγαλύτερων υψών βροχής, δουλεύοντας σε συνδυασμό με το ανάγλυφο, και κατευθύνονται από τα βόρεια προς τα νότια, όπου στο σημείο αυτό οι αέριες μάζες κατά την προσπάθειά τους να υπερπηδήσουν την οροσειρά της Πίνδου, εγκλωβίζονται.

Υπάρχει διαφορά μεταξύ δυτικής προσήνεμης και υπήνεμης ηπειρωτικής Ελλάδας, με τις αέριες μάζες να μετατρέπονται σε υδρατμούς εξαιτίας της καθοδικής κίνησης και του μικρότερου ύψους βροχής. Οι οροσειρές της ΝΑ Πελοποννήσου και της Κρήτης, δημιουργούν φυσικό φράγμα στους υγρούς ανέμους που έρχονται από τα νότια, απαλλάσσοντάς τους από μεγάλο μέρος υδρατμών, με αποτέλεσμα να σημειώνεται μικρότερο ύψος βροχής στα νησιά του νότιου και του κεντρικού Αιγαίου, στην ανατολική Πελοπόννησο αλλά και στις ανατολικές ακτές της Ελλάδος.

Έχει παρατηρηθεί πως τα νησιά του Αργοσαρωνικού και η Αττική είναι από τις πιο ξηρές περιοχές στην Ελληνική επικράτεια. Μικρά ύψη βροχόπτωσης έχουν παρατηρηθεί επίσης στις ανοιχτές πεδιάδες των Σερρών και της Θεσσαλονίκης, λόγω των καθοδικών ανέμων Ρουπελιώτη και Βαρδάρη, που επιδρούν με τα ψυχρά και ξηρά χαρακτηριστικά τους στις ανωτέρω περιοχές.

Ο ελλαδικός χώρος διαιρείται σε δύο μεγάλο διαμερίσματα, λόγω της οροσειράς που τον διασχίζει από τα βόρεια προς τα νότια, το δυτικό διαμέρισμα που δέχεται μεγάλα επίπεδα βροχόπτωσης και το ανατολικό που χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο της «ομβροσκιάς» και δέχεται μικρότερα επίπεδα βροχόπτωσης σε ετήσια βάση. Φαινόμενο ομβροπλευράς – ομβροσκιάς δημιουργείται και από τον Όλυμπο, τις βορειότερες οροσειρές και τα βουνά της Εύβοιας, με την ομβροπλευρά να παρατηρείται στα ανατολικά του άξονα της παράκτιας και της ανατολικής ηπειρωτικής ελληνικής χερσονήσου και την ομβροσκιερή πλευρά να παρουσιάζεται προς τα δυτικά. Η οροσειρά του ελλαδικού χώρου αφού διασχίζει την χώρα από τα βόρεια προς τα νότια, εκτείνεται και εγκάρσια προς την διέλευση των κυκλωνικών φαινομένων και συστημάτων, με αποτέλεσμα τα ανωτέρω.

5. Μεθοδολογία της μελέτης

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε ανάλυση συστάδων εφαρμόζοντας όλες τις μεθόδους που διέθετε το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, IBM SPSS 22, για την περίπτωση συνεχών μεταβλητών. Επίσης το συγκεκριμένο πρόγραμμα δεν υποστηρίζει την ιεραρχική ανάλυση συστάδων με τη χρήση διαιρετικών μεθόδων, και συνεπώς έγινε ιεραρχική ανάλυση μόνο με συσσωρευτικές μεθόδους.

Ξεκινήσαμε χρησιμοποιώντας την μέθοδο K-means, η οποία δουλεύει ικανοποιητικά με μεγάλα δείγματα και δημιουργεί συστάδες παραπλήσιου μεγέθους. Το αποτέλεσμα της συσταδοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αρχικά κέντρα που θα χρησιμοποιηθούν, και η επιλογή αυτή γίνεται τυχαία. Η εγγύτητα των σημείων υπολογίζεται, για το συγκεκριμένο πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε, με βάση την Ευκλείδεια απόσταση. Για την χρήση άλλης απόστασης θα πρέπει να κάνουμε ειδικούς μετασχηματισμούς των δεδομένων. Τα αρχικά κέντρα είναι συνήθως ο μέσος των σημείων της συστάδας. Αφού τρέξαμε τον αλγόριθμο, μεταφέραμε στο excel την συσταδοποίηση που προέκυψε και στη συνέχεια υπολογίσαμε βασικά περιγραφικά μέτρα των cluster, χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο της βροχόπτωσης του κάθε σταθμού, τα οποία αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: K-MEANS CLUSTERING (10 ITERATIONS)

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min. Av. (mm)	Max. Av. (mm)	St. Dev.
1	1	1.525,91			0
2	1	2.206,11			0
3	1	914,79			0
4	55	599,16	372,76	969,79	108,01
5	1	1.347,48			0
6	27	1.014,02	780,20	1.399,77	158,97
7	1	2.136,15			0
8	25	919,62	722,28	1.309,07	183,36
9	1	1.404,85			0
10	61	499,93	284,01	722,88	85,18
11	1	1.002,39			0
12	21	759,28	655,13	1.143,96	113,59

Η συσταδοποίηση με την χρήση του αλγόριθμου K-means μετά την 10^η επανάληψη δεν παρουσίασε καμία αλλαγή στα clusters και συνεπώς ολοκληρώθηκε η εφαρμογή της μεθόδου εδώ. Παρατηρώντας τις συστάδες που έχουν δημιουργηθεί, προκύπτει ότι 7 από τις 12 συστάδες περιλαμβάνουν μόνο έναν μετεωρολογικό σταθμό. Συγκρίνοντας τον μέσο όρο και τις τιμές των μεταβλητών των συστάδων αυτών είτε μεταξύ τους είτε με τις μεγαλύτερες, από την άποψη του αριθμού των μεταβλητών που περιλαμβάνουν, συστάδες,

συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος K-means δεν ενδείκνυται για την ανάλυση των δεδομένων μας. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει παρατηρώντας τον αντίστοιχο χάρτη που δημιουργήσαμε και ο οποίος παρατίθεται στο παράρτημα.

Στη συνέχεια εφαρμόσαμε τους αλγόριθμους ιεραρχικής ταξινόμησης. Στους περισσότερους από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση, το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία μίας συστάδας με μεγάλο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών, δύο - τρεις συστάδες με λίγους και οι υπόλοιπες συστάδες αποτελούνταν από έναν και μόνο σταθμό. Στους επόμενους πίνακες, παρατίθεται συγκεντρωτικά, η συσταδοποίηση που έγινε χρησιμοποιώντας όλους του αλγόριθμους που ήταν διαθέσιμοι από το στατιστικό πρόγραμμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: EUCLIDEAN DISTANCE

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	151	60	185	104	184	185	49
2	28	32	1	25	1	1	24
3	1	26	1	1	1	1	33
4	2	40	1	8	1	1	10
5	1	6	1	1	2	1	5
6	1	1	1	1	1	1	18
7	1	1	1	2	1	1	1
8	1	4	1	1	1	1	4
9	1	21	1	1	1	1	20
10	7	1	1	43	1	1	24
11	1	3	1	8	1	1	7
12	1	1	1	1	1	1	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: SQUARED EUCLIDEAN

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	151	83	185	104	177	137	32
2	28	37	1	25	3	1	30
3	1	7	1	1	1	1	25
4	2	8	1	8	1	1	27
5	1	1	1	1	1	1	26
6	1	33	1	1	1	1	1
7	1	1	1	2	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	2
9	1	20	1	1	1	49	20
10	7	1	1	43	7	1	24
11	1	3	1	8	1	1	7
12	1	1	1	1	1	1	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: PEARSON CORRELATION

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	12	39	185	48	12	185	12
2	128	41	1	2	20	1	18
3	46	21	1	85	15	1	27
4	1	5	1	27	24	1	18
5	1	40	1	22	20	1	21
6	2	23	1	4	15	1	27
7	1	8	1	2	22	1	6
8	1	10	1	1	5	1	4
9	1	1	1	1	3	1	4
10	1	1	1	2	22	1	31
11	1	1	1	1	30	1	20
12	1	6	1	1	8	1	8

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΜΕΤΡΙΚΗ CITY BLOCK

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	150	33	185	58	184	131	11
2	28	40	1	17	1	1	25
3	1	49	1	54	1	1	24
4	1	31	1	34	1	1	40
5	1	1	1	1	1	1	21
6	1	6	1	1	2	1	18
7	1	8	1	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1	2	4
9	1	1	1	1	1	1	20
10	1	1	1	1	1	1	24
11	8	24	1	26	1	54	7
12	1	1	1	1	1	1	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΜΕΤΡΙΚΗ MINKOWSKI (ΓΙΑ P = 3)

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	176	53	185	74	184	185	47
2	4	53	1	25	2	1	22
3	1	7	1	75	1	1	24
4	1	21	1	1	1	1	24

5	1	1	1	1	1	1	22
6	1	1	1	1	1	1	2
7	1	1	1	1	1	1	3
8	1	35	1	1	1	1	25
9	7	19	1	11	1	1	10
10	1	1	1	4	1	1	12
11	1	3	1	1	1	1	4
12	1	1	1	1	1	1	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: COSINE

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	12	9	185	48	14	185	12
2	88	43	1	34	16	1	20
3	28	20	1	86	16	1	17
4	1	13	1	14	20	1	21
5	1	34	1	4	19	1	17
6	1	14	1	2	14	1	16
7	1	23	1	2	16	1	6
8	1	36	1	1	12	1	20
9	1	1	1	2	6	1	4
10	60	1	1	1	4	1	4
11	1	1	1	1	32	1	31
12	1	1	1	1	27	1	28

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΜΕΤΡΙΚΗ CHEBYCHEV

Cluster	Between Groups Linkage	Within Groups Linkage	Single Linkage	Complete linkage	Centroid Clustering	Median Clustering	Ward's Method
1	179	52	185	143	182	181	48
2	1	81	1	19	1	1	17
3	1	12	1	1	1	1	19
4	3	1	1	1	1	1	29
5	1	1	1	2	1	1	14
6	1	1	1	2	1	1	8
7	1	1	1	4	1	1	21
8	1	41	1	16	1	5	3
9	4	1	1	4	4	1	27
10	1	3	1	1	1	1	5
11	1	1	1	1	1	1	4
12	2	1	1	2	1	1	1

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες, όπως και βιβλιογραφικά αναφέρεται, επιβεβαιώνεται ότι η μέθοδος Ward είναι η πιο αποτελεσματική, ανεξάρτητα από το μέτρο ομοιότητας που χρησιμοποιείται. Εξίσου αποτελεσματική φαίνεται ότι είναι και η μέθοδος Centroid, με την προϋπόθεση όμως του υπολογισμού της απόστασης ομοιότητας με τη χρήση είτε του συντελεστή συσχέτισης Pearson είτε του συνημίτονου της γωνίας Cosine. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί, ότι προκειμένου να θεωρήσουμε μία μέθοδο ως αποτελεσματική και συνεπώς να μην την απορρίψουμε αλλά να την αναλύσουμε περαιτέρω, ορίζουμε ότι θα πρέπει να διευθετεί ένα σύνολο μεταβλητών ή παρατηρήσεων σε συγκεκριμένες ομάδες οι οποίες διαθέτουν κοινά χαρακτηριστικά, ευκρινώς διαφοροποιημένα από εκείνα των άλλων ομάδων. Είναι προφανές ότι η μεθοδολογία για παράδειγμα Single Linkage, για οποιαδήποτε απόσταση ομοιότητας, που ταξινομεί τους 185 μετεωρολογικούς σταθμούς σε μια συστάδα και τους υπόλοιπους 11 έναν σε κάθε μια συστάδα, δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική, αφού στην πράξη, δεν είναι δυνατόν μετεωρολογικοί σταθμοί με τέτοιες διαφορές ως προς το ποσό της βροχόπτωσης να ταξινομούνται στην ίδια συστάδα.

Το επόμενο βήμα στην έρευνά μας είναι να αξιολογήσουμε τις μεθοδολογίες που γίνονται αποδεκτές σε αυτό το στάδιο και να τις συγκρίνουμε τόσο μεταξύ τους όσο και με την εικόνα της κατανομής της βροχόπτωσης στην Ελλάδα όπως αυτή αναφέρεται στην βιβλιογραφία.

Για το λόγο αυτό, και προκειμένου να είναι πιο εύκολη η σύγκρισή μας, με τη χρήση του προγράμματος ArcGis 10.1, τοποθετήθηκαν όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί στον χάρτη και επισημάνθηκαν ανάλογα με το cluster στο οποίο ταξινομήθηκαν σε κάθε μια από τις παραπάνω 9 μεθοδολογίες, και συγκεκριμένα Ward Euclidean, Ward Squared Euclidean, Ward Pearson, Ward City-Block, Ward Minkowski ($p=3$), Ward Cosine, Ward Chebychev, Centroid Pearson και Centroid Cosine. Παράχθηκαν με αυτόν τον τρόπο οι χάρτες του παραρτήματος.

Επίσης, για τις παραπάνω μεθοδολογίες, παράχθηκαν οι παρακάτω πίνακες, όπου αποτυπώνονται τα βασικά περιγραφικά μέτρα των συστάδων που προέκυψαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: WARD'S EUCLIDEAN DISTANCE CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	49	535,24	402,87	736,55	77,28
2	24	971,07	780,20	1.159,18	107,25
3	33	667,70	483,32	969,79	107,25
4	10	787,99	582,84	1.143,96	156,60
5	5	1.389,25	1.285,81	1.525,91	79,04
6	18	409,63	284,01	491,90	55,41
7	1	2.136,15			0
8	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
9	20	825,27	666,29	1.162,19	108,23

10	24	592,31	475,00	749,08	74,52
11	7	1.222,32	1.032,81	1.404,85	111,14
12	1	2.206,11			0

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: WARD'S SQUARED EUCLIDEAN DISTANCE CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	32	530,29	402,87	660,75	68,84
2	30	1.027,32	780,20	1.399,77	167,05
3	25	575,31	422,39	741,74	105,61
4	27	457,83	284,01	593,17	86,46
5	26	719,45	538,55	969,79	99,02
6	1	2.136,15	2.136,15	2.136,15	0
7	1	1.525,91	1.525,91	1.525,91	0
8	2	958,59	914,79	1.002,39	61,94
9	21	816,21	635,01	1.162,19	115,92
10	23	590,45	475,00	749,08	77,28
11	7	1.222,32	1.032,81	1.404,85	120,04
12	1	2.206,11	2.206,11	2.206,11	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: WARD'S PEARSON CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	12	563,57	371,93	990,30	144,16
2	18	1037,96	677,29	2.136,15	329,38
3	27	611,41	422,39	1.143,96	161,72
4	18	590,93	443,06	969,79	139,93
5	21	537,69	402,87	721,47	84,58
6	27	887,56	574,14	1.525,91	241,15
7	6	407,83	351,03	467,72	42,00
8	4	592,80	351,52	848,06	200,66
9	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
10	31	882,96	487,96	2.206,11	339,19
11	20	673,82	475,00	1.162,19	173,50
12	8	484,08	284,01	682,79	138,34

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: WARD'S CITY-BLOCK CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	11	580,99	485,81	990,30	137,95
2	25	1.086,15	839,15	1.525,91	176,28
3	24	580,74	422,39	741,74	102,06
4	40	697,38	483,32	973,19	120,02
5	21	524,53	402,87	660,75	76,02

6	18	409,63	284,01	491,90	55,41
7	1	2.136,15			0
8	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
9	20	825,27	666,29	1.162,19	108,23
10	24	592,31	475,00	749,08	74,52
11	7	1.222,32	1.032,81	1.404,85	111,14
12	1	2.206,11			0

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: WARD'S MINKOWSKI (P=3) CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	47	511,04	351,52	660,75	71,96
2	22	1.076,52	833,61	1.399,77	153,45
3	24	466,22	284,01	593,17	85,13
4	24	739,22	538,55	1.143,96	140,28
5	22	730,03	540,73	901,05	91,44
6	2	1.831,03	1.525,91	2.136,15	305,12
7	3	820,79	545,20	1.002,39	198,13
8	25	703,24	487,96	891,05	93,19
9	10	997,34	848,90	1.250,90	136,16
10	12	549,76	475,00	601,84	36,63
11	4	1.281,38	1.169,24	1.404,85	86,76
12	1	2.206,11			0

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: WARD'S COSINE CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	12	563,57	371,93	990,30	144,16
2	20	1.029,30	677,29	2.136,15	313,63
3	17	539,64	422,39	736,55	95,93
4	21	602,44	443,06	969,79	137,44
5	17	687,54	456,90	1.143,96	179,73
6	16	537,33	402,87	660,75	78,52
7	6	407,83	351,03	467,72	42,00
8	20	919,35	574,14	1.525,91	260,23
9	4	592,80	351,52	848,06	200,66
10	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
11	31	882,96	487,96	2.206,11	339,19
12	28	619,61	284,01	1.162,19	185,25

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: WARD'S CHEBYCHEV CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	48	518,26	351,03	753,17	85,96

2	17	851,62	666,13	1.080,53	114,66
3	19	525,09	402,87	736,55	86,39
4	29	709,15	459,89	1.143,96	135,04
5	14	1.031,78	751,98	1.399,77	148,04
6	8	1.395,76	1.070,38	2.136,15	308,43
7	21	489,11	284,01	601,84	81,20
8	3	820,79	545,20	1.002,39	198,13
9	27	736,11	538,45	949,52	96,76
10	5	970,79	848,90	1.147,02	107,87
11	4	1.281,38	1.169,24	1.404,85	86,76
12	1	2.206,11			0

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: CENTROID PEARSON CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	12	563,57	371,93	990,30	144,16
2	20	1.016,30	677,29	2.136,15	320,98
3	15	544,23	402,87	736,55	101,71
4	24	532,29	351,03	969,79	131,46
5	20	657,65	422,39	1.143,96	185,31
6	15	546,29	451,66	660,75	72,73
7	22	921,27	583,20	1.525,91	246,16
8	5	674,72	351,52	1.002,39	243,01
9	3	637,85	453,55	914,79	199,37
10	22	871,73	487,96	1.404,85	241,47
11	30	743,50	475,00	2.206,11	328,43
12	8	486,08	284,01	682,79	140,60

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: CENTROID COSINE CLUSTERING

Cluster	Stations	Average PP (mm)	Min (mm)	Max (mm)	St. Dev.
1	14	683,89	371,93	1.525,91	326,72
2	16	1.041,15	686,30	2.136,15	328,51
3	16	558,26	428,50	736,55	92,69
4	20	594,88	443,06	969,79	134,46
5	19	649,91	422,39	1.143,96	186,95
6	14	530,41	402,87	660,75	80,76
7	16	868,47	583,20	1.387,29	210,89
8	12	790,45	351,52	1.347,48	257,94
9	6	407,83	351,03	467,72	42,00
10	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
11	32	865,21	487,96	2.206,11	331,07
12	27	630,89	284,01	1.250,90	213,98

6. Παρουσίαση και σχολιασμός των ευρημάτων

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στο πλαίσιο της αναζήτησης της κατάλληλης μεθοδολογίας, χρησιμοποιήθηκαν όλοι οι αλγόριθμοι που ήταν διαθέσιμοι μέσω του στατιστικού προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε (IBM SPSS 22), για τα ίδια δεδομένα βροχόπτωσης. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα ευρήματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των αλγόριθμων.

Γενικά, η αξιολόγηση της συσταδοποίησης που προκύπτει με την εφαρμογή ενός αλγόριθμου είναι μια δύσκολη διαδικασία και γίνεται σε διάφορα επίπεδα. Οι αλγόριθμοι που είδαμε, δημιουργούν αντίστοιχα συστάδες ακόμα και όταν τα δεδομένα μας παράγονται τυχαία. Συνεπώς, εμείς οφείλουμε να αξιολογήσουμε το πόσο καλή είναι η κάθε συσταδοποίηση και να βρούμε αυτήν που εξυπηρετεί καλύτερα το στόχο μας. Για να το επιτύχουμε αυτό, θα πρέπει να συγκρίνουμε το πόσο καλά ταιριάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τα δεδομένα μας, χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα, και παράλληλα να συγκρίνουμε τις διάφορες μεθοδολογίες ανάλυσης μεταξύ τους αλλά και σε σχέση με την εξωτερική βιβλιογραφική πληροφορία που διαθέτουμε.

Είδαμε ότι στο προηγούμενο κεφάλαιο, και αφού εφαρμόσαμε όλους τους αλγόριθμους δημιουργήσαμε τους πίνακες 2 έως 9. Στους πίνακες αυτούς, παρουσιάζεται ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών που έχει ταξινομηθεί σε κάθε συστάδα για κάθε έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιήθηκε. Αν εξετάσουμε για παράδειγμα τον πίνακα 2, θα δούμε ότι στις συστάδες 1, 2, 3, 5, 7, 9 και 11, ταξινομήθηκαν από έναν μετεωρολογικός σταθμός σε κάθε μια, και οι υπόλοιποι «μοιράστηκαν» σε 5 συστάδες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο αριθμός των συστάδων στις οποίες καταλήξαμε ότι θέλουμε να ταξινομηθούν οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι 12, απορρίψαμε τις μεθοδολογίες ανάλυσης οι οποίες οδηγούσαν είτε στη δημιουργία πολλών συστάδων που περιείχαν μόνο μία ή δύο μεταβλητές είτε στη δημιουργία μιας ή δύο συστάδων που περιείχαν το σύνολο σχεδόν των μεταβλητών.

Για τις υπόλοιπες μεθοδολογίες, σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν, θα πρέπει να αξιολογήσουμε την συσταδοποίηση που έχει προκύψει, ξεχωριστά για κάθε μία. Ως γενική παρατήρηση θα μπορούσαμε να πούμε, ότι όλες μεταξύ τους εμφανίζουν πολλές ομοιότητες, δημιούργησαν cluster που μπορεί να είναι έως και 100% όμοια. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν να εστιάσουμε και να επισημάνουμε τις διαφορές εκείνες που κρίνουν τελικά αυτή που εξυπηρετεί καλύτερα τον σκοπό της εργασίας.

Ξεκινώντας από την χρήση της μεθόδου **Ward** με την μετρική απόστασης **Chebychev**, βλέπουμε ότι τα cluster που έχουν δημιουργηθεί δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα το cluster 1 με μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης 518,26 mm και το cluster 7 με 489,11 mm, ενώ παράλληλα και τα δύο έχουν το μεγαλύτερο μέρος των μεταβλητών μεταξύ της ελάχιστης τιμής του cluster 1 (δηλ. 351,03 mm) και της μέγιστης τιμής του cluster 7 (δηλαδή 601,84 mm). Το ίδιο παρατηρείται και μεταξύ των cluster 4 και 9 τα οποία των οποίων οι μέσοι όροι είναι 709,15 mm και 736,11 mm αντίστοιχα και ελάχιστη 459,89mm και μέγιστη 949,52mm επίσης αντίστοιχα. Το cluster 6 περιλαμβάνει

έναν σταθμό με μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης 2.136,15 mm, τιμή η οποία είναι σημαντικά διαφοροποιημένη από τον μέσο όρο της συστάδας, ενώ η συστάδα 12 αποτελείται μόνο από έναν σταθμό με μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης 2.206,11 mm, τιμή η οποία βρίσκεται πολύ κοντά στην προηγούμενη. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι με τη συγκεκριμένη μέθοδο δεν πετυχαίνουμε την δημιουργία ομάδων με σχεδόν όμοιες τιμές εντός της ομάδας και σημαντικά διαφοροποιημένες μεταξύ των ομάδων ως προς το μέσο όρο του ύψους της βροχόπτωσης. Παράλληλα, από τον χάρτη που έχουμε δημιουργήσει, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η Κρήτη έχει ταξινομηθεί σε 8 συστάδες, οι οποίες επίσης μεταξύ τους δεν διαφέρουν σημαντικά. Επιπλέον, η ταξινόμηση σε 8 συστάδες, συνεπάγεται την ταξινόμηση σε 8 διαφορετικές αλλά όχι σαφώς διαχωρισμένες ζώνες βροχόπτωσης, γεγονός που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το ανάγλυφο της περιοχής και τα δεδομένα μας δεν επαληθεύεται.

Η μέθοδος **Wards** με απόσταση **City-Block**, δημιουργεί πιο σαφώς διαχωρισμένες γεωγραφικά ζώνες, που προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα της βιβλιογραφίας, παρουσιάζει όμως κάποιες δυσκολίες σε ορισμένες περιοχές. Φαίνεται λοιπόν, ότι δεν μπορεί να διαχωρίσει τους σταθμούς της Στερεάς Ελλάδας από την Αττική και τις Κυκλάδες, τοποθετώντας τους όλους μαζί στο cluster 6. Επίσης, δημιουργεί 3 cluster, τα 1,3 και 10, τα οποία έχουν σχεδόν τον ίδιο μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης (580, 580 και 592 mm αντίστοιχα), καθώς και τα 7 και 12 (με 2.136 και 2.206 mm αντίστοιχα) οι σταθμοί που ταξινομήθηκαν αφορούν σε όλα τα υψόμετρα και συνεπώς, δεν επιτυγχάνεται ο σαφής διαχωρισμός των συστάδων. Τέλος, στην Κρήτη, ο αλγόριθμος έκανε μια καλύτερη συσταδοποίηση σε σχέση με τον προηγούμενο, χωρίς όμως και πάλι να είναι ικανοποιητική.

Η εφαρμογή της μετρικής της **Ευκλείδειας** απόστασης με την μέθοδο του **Ward**, δημιούργησε μια συστάδα, στην οποία ταξινόμησε τους σταθμούς της Θράκης, της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας (πλην λίγων εξαιρέσεων), και παρόμοια ταξινόμηση προέκυψε και με την χρήση της εξίσωσης του **Minkowski** (για $p=3$). Τις περιοχές αυτές, οι περισσότερες από τις άλλες μεθοδολογίες κατάφεραν να τις ξεχωρίσουν δημιουργώντας 3 συστάδες σαφώς διαχωρισμένες. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για την περίπτωση της Αττικής με τις Κυκλάδες.

Η μέθοδος του **Ward**, με τη χρήση του **τετραγώνου της Ευκλείδειας** απόστασης, καταρχάς δημιουργεί 3 cluster τα οποία αποτελούνται από μία μόνο μεταβλητή. Πρόκειται για τα cluster 6, 7 και 12, τα οποία αφορούν αντίστοιχα στους σταθμούς Θεοδώριανα, Κεφαλινός και Ασκύφου, οι τρεις σταθμοί με το μεγαλύτερο μέσο όρο ύψους ετήσιας βροχόπτωσης. Στην πράξη δηλαδή, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το αποτέλεσμα επηρεάζεται σημαντικά από τις ακραίες τιμές. Ειδικά για τον σταθμό Κεφαλινός, του οποίου ο μέσος όρος της ετήσιας βροχόπτωσης είναι 1.525,91 mm, τον ταξινομεί ξεχωριστά από το cluster 11, το οποίο περιλαμβάνει σταθμούς με μέσο όρο ετήσιας βροχόπτωσης μεταξύ 1.032,81 και 1.404,85 mm. Επιπλέον, ταξινομεί σε ένα cluster τους σταθμούς της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης, ξεχωρίζοντας εκτός από τον σταθμό Μεγάλο Δέρειο (723 mm), την Αισύμη (990 mm) και το Διδυμότειχο (372 mm). Η Αττική και οι Κυκλάδες επίσης ταξινομούνται σε ένα cluster (στο 4^ο) μαζί με τμήμα της Στερεάς Ελλάδας αλλά και τον Ν. Αργολίδας. Τέλος η Κρήτη, με εξαίρεση τον σταθμό Ασκύφου, είναι

ταξινομημένη σε 4 cluster, εκ των οποίων το ένα έχει σταθμούς και της βόρειας αλλά και της νότιας περιοχής, γεγονός το οποίο δεν συμβαδίζει με το ανάγλυφο της περιοχής.

Οι συστάδες που δημιούργησαν οι υπόλοιπες 4 μεθοδολογίες, και συγκεκριμένα η **Ward's** με την χρήση του συντελεστή **Pearson** και το συνημίτονο **Cosine**, και η **Centroid** με την χρήση επίσης των **Pearson** και **Cosine**, παρουσιάζουν μεταξύ τους πολύ μεγάλη ομοιότητα, και γι' αυτό προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε τις διαφορές, και να τις ερμηνεύσουμε. Τα ευρήματα για τις 4 αυτές μεθοδολογίες είναι:

- Και οι τέσσερις μεθοδολογίες, ξεχωρίζουν στο cluster 1 την περιοχή του Έβρου, εξαιρώντας τον σταθμό Μεγάλο Δέρειο, όπου η βροχόπτωση εμφανίζεται αυξημένη σε σχέση με τον μέσο όρο του cluster.
- Οι 3 μεθοδολογίες **Ward's – Pearson**¹, **Ward's – Cosine** και **Centroid – Cosine** ταξινόμησαν σε ένα cluster τους 6 σταθμούς της Αττικής και μάλιστα με τον χαμηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης (407 mm ετησίως) και σε ένα άλλο cluster (600 mm ετησίως) τους σταθμούς της Πεδιάδας της Κωπαΐδας και του Αργολικού Κάμπου (με εξαίρεση το Σπαθοβούνι). Ο διαχωρισμός αυτός δεν επετεύχθη με την μεθοδολογία **Centroid – Pearson** όπου τα δύο αυτά cluster έχουν συνενωθεί σε ένα cluster (το 4^ο) με μέσο όρο βροχόπτωσης 532 mm ετησίως.
- Οι μεθοδολογίες **Ward's – Pearson** και **Ward's – Cosine** δημιούργησαν 2 cluster (το 8^ο και το 9^ο), τα οποία αποτελούνται από 4 σταθμούς το καθένα, για τους οποίους δεν μπορούμε να διακρίνουμε την οποιαδήποτε σχέση μεταξύ τους (ως προς της γεωγραφική τους θέση, το υψόμετρο ή τον μέσο όρο βροχόπτωσης). Ελάχιστα διαφοροποιημένοι (5 και 3 σταθμοί αντίστοιχα) ταξινομήθηκαν με την μέθοδο **Centroid – Pearson**, ενώ με τη μεθοδολογία **Centroid – Cosine** μόνο το cluster 9 (που εδώ είναι το 10^ο) εμφανίζεται ξεχωριστά.
- Οι σταθμοί του Ν. Κιλκίς (με εξαίρεση το Πολύκαστρο) ταξινομούνται στην μεθοδολογία **Ward's – Pearson** μαζί με την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, ενώ στην **Ward's – Cosine** μαζί με την Κεντρική και Δυτική Μακεδονία.
- Η **Centroid – Cosine** δεν ξεχωρίζει τα αρκετά από τα cluster με αντίστοιχες γεωγραφικές περιοχές, καθώς όπως μπορούμε να δούμε στον χάρτη, το cluster 1 καταλαμβάνει την περιοχή του Έβρου αλλά υπάρχει ένας σταθμός και στην Πελοπόννησο, το 8 είναι σε διάφορα σημεία στην Ελλάδα, το 12 συμπεριλαμβάνει βόρεια και νότια Κρήτη αλλά και τα νησιά του Αιγαίου.
- Οι μεθοδολογίες **Ward's – Cosine** και **Centroid – Pearson** ξεχωρίζουν την περιοχή που ξεκινάει αμέσως μετά τους ορεινούς όγκους της Θεσσαλίας και της Στερεάς Ελλάδας και μέχρι τις πεδιάδες τους, ως ένα διαφορετικό cluster, ενώ οι **Ward's – Pearson** και **Centroid – Cosine** τις μοιράζουν στα αντίστοιχα cluster της Κεντρικής Μακεδονίας και της Πελοποννήσου.
- Οι μεθοδολογίες **Ward's – Pearson** και **Centroid – Pearson** ταξινόμησαν ξεχωριστά τους σταθμούς της Νότιας Κρήτης από τους σταθμούς των νησιών

¹ Για λόγους συντομίας, η εκάστοτε μεθοδολογία θα αναφέρεται πρώτα με το όνομα το αλγόριθμου ταξινόμησης και στη συνέχεια με το κριτήριο σύνδεσης.

του Αιγαίου. Ο διαχωρισμός αυτός δεν επετεύχθη με την μεθοδολογία **Ward's – Cosine** όπου τα δύο αυτά cluster έχουν συνενωθεί σε ένα cluster (το 12^ο) με μέσο όρο βροχόπτωσης 532 mm ετησίως, αλλά, και με την **Centroid – Cosine**, όπως ήδη έχει αναφερθεί.

- Τέλος, σε όλες τις μεθοδολογίες η Δυτική Ελλάδα, η Ήπειρος και η Κέρκυρα ταξινομούνται σε ένα cluster (το οποίο μπορεί να συμπεριλαμβάνει και έναν ή δύο σταθμούς της ΒΔ Πελοποννήσου) και η υπόλοιπη Πελοπόννησος σε ένα επίσης ξεχωριστό cluster.

7. Αποτελέσματα

Από όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, η μεθοδολογία που εμφανίζεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα είναι η μέθοδος **Ward's** με την χρήση του συντελεστή **Pearson**, αφού μεταξύ των υπολοίπων, έδειξε ότι μπορεί να διακρίνει καλύτερα τις διαφορές που παρουσίασαν, στα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης, οι υπό μελέτη περιοχές. Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται κυρίως από τρία σημεία:

- Η ταξινόμηση που προέκυψε δημιουργεί συστάδες ανά γεωγραφικές περιοχές σαφώς διαχωρισμένες (με εξαίρεση ίσως τις 8 και 9).
- Η βροχόπτωση στην περιοχή της Αττικής διαφοροποιείται από εκείνη των νησιών του Αιγαίου.
- Η βροχόπτωση στην περιοχή της Κρήτης ξεχωρίζει σε βόρεια και νότια και επίσης διαφοροποιείται από εκείνη των νησιών του Αιγαίου.

Με την μέθοδο Ward's, η απόσταση μεταξύ δύο clusters είναι το άθροισμα των τετραγώνων των παρατηρήσεων από το κέντρο της ομάδας. Η μέθοδος:

- Σχεδιάστηκε για να ελαχιστοποιεί τη διακύμανση μέσα σε ομάδες.
- Συνήθως δημιουργεί ομάδες με παρόμοιο αριθμό παρατηρήσεων.

Κατά την εφαρμογή της δεν υπολογίζει αποστάσεις μεταξύ των συστάδων αλλά **μεγιστοποιεί την ομοιογένεια στο εσωτερικό** τους και χρησιμοποιεί σαν μέτρο ομοιογένειας το άθροισμα των τετραγώνων μέσα στην ομάδα. Για κάθε παρατήρηση μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση της από το κέντρο της ομάδας. Αν αθροίσουμε για όλες τις ομάδες, έχουμε μια τιμή που είναι το συνολικό άθροισμα. Αρχικά, αυτό το άθροισμα είναι 0, αφού κάθε παρατήρηση είναι και μια ομάδα, άρα η απόσταση από το κέντρο της είναι 0. Σε κάθε βήμα ενώνουμε τις ομάδες τις οποίες, αν ενωθούν, οδηγούν στην μικρότερη αύξηση του συνολικού αθροίσματος αποστάσεων. Με άλλα λόγια η μέθοδος Ward's προσπαθεί **να ελαχιστοποιήσει το ολικό άθροισμα των τετραγώνων μέσα στην ομάδα** και αυτά είναι γνωστά ως αθροίσματα τετραγωνικών σφαλμάτων (ESS) και περιγράφεται με την παρακάτω συνάρτηση:

$$ESS = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \quad (7.1)$$

Σε κάθε στάδιο της ανάλυσης συστάδων το ολικό άθροισμα των τετραγώνων μέσα στην ομάδα ελαχιστοποιείται με την $\min ESS_{\text{total}} = \min(ESS_1 + ESS_2 + ESS_3 + ESS_4 \dots + ESS_n)$.

Στο αρχικό στάδιο, όταν κάθε παρατήρηση είναι ένα cluster, φυσικά είναι 0.

Ας υποθέσουμε ότι τα clusters C_i και C_j πρόκειται να ενωθούν. Σε αυτό το σημείο όλες οι αποστάσεις μεταξύ των cluster είναι γνωστές. Η αναδρομική εξίσωση υπολογίζει την νέα απόσταση των cluster που θα προκύψει μετά την ένωση των C_i και C_j . Έχουμε d_{ij} , d_{ik} και d_{jk} είναι οι αποστάσεις των αντίστοιχων ζευγών των cluster C_i , C_j , C_k . $d_{(ij)k}$ είναι η απόσταση του νέου cluster C_{ij} από το C_k . Ένας αλγόριθμος ανήκει στις συναρτήσεις των Lance-Williams εάν η νέα απόσταση των cluster $d_{(ij)k}$ μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$d_{(ij)k} = \alpha_i d_{ik} + \alpha_j d_{jk} + \beta d_{ij} + \gamma |d_{ik} - d_{jk}| \quad (7.2)$$

όπου α_i , α_j , β και γ είναι παράμετροι που εξαρτώνται από το μέγεθος των cluster που μαζί με την εξίσωση της απόστασης των cluster καθορίζουν τον αλγόριθμο.

Η μέθοδος του Ward's μπορεί να εφαρμοστεί με την Lance-Williams εξίσωση. Για τα μη συνδεδεμένα clusters C_i , C_j και C_k με μέγεθος n_i , n_j και n_k αντίστοιχα:

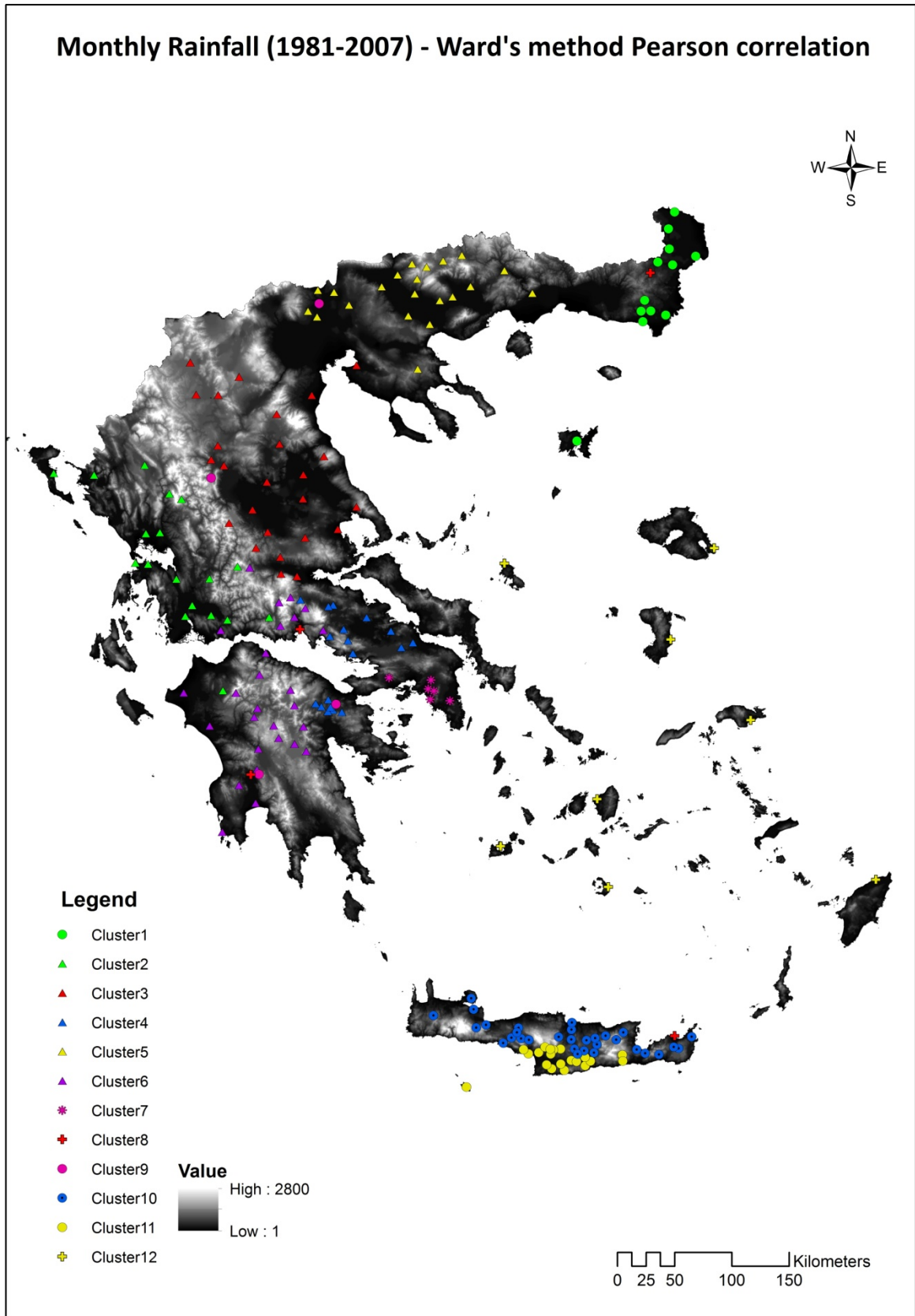
$$d(C_i \cup C_j, C_k) = \frac{n_i + n_k}{n_i + n_j + n_k} d(C_i, C_k) + \frac{n_j + n_k}{n_i + n_j + n_k} d(C_j, C_k) - \frac{n_k}{n_i + n_j + n_k} d(C_i, C_j) \quad (7.3)$$

Έτσι, η μέθοδος Ward's μπορεί να εφαρμοστεί ως αλγόριθμος Lance-Williams, όπου

$$\alpha = \frac{n_j + n_k}{n_i + n_j + n_k}, \quad \beta = \frac{-n_k}{n_i + n_j + n_k}, \quad \gamma = 0$$

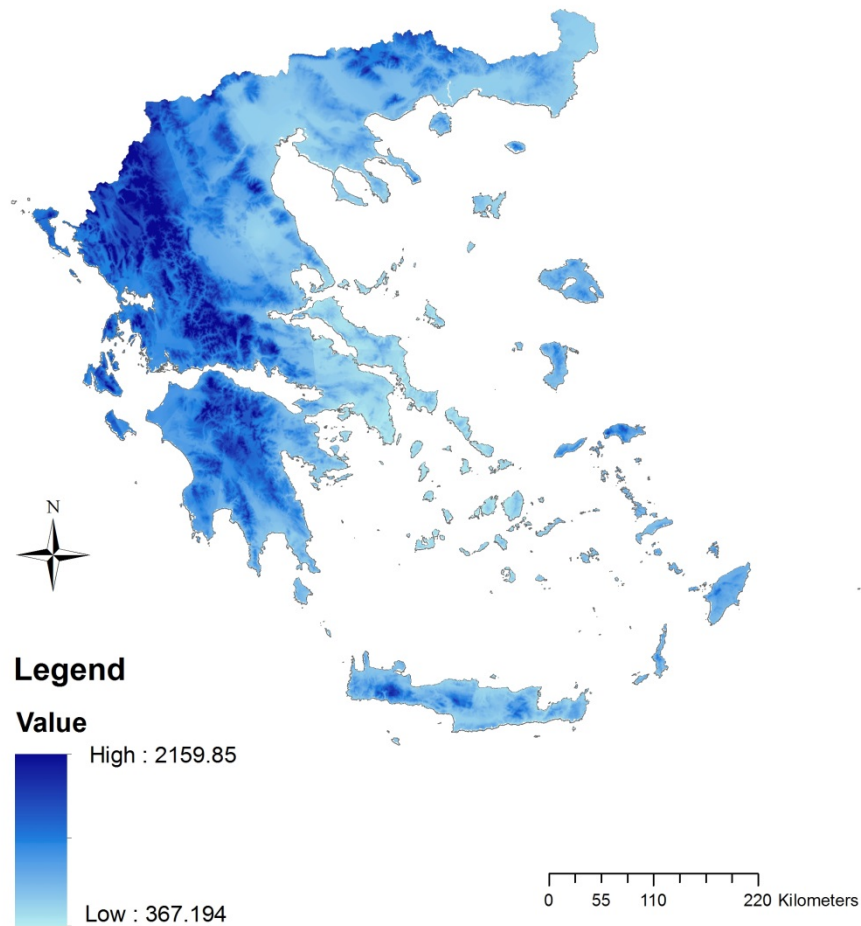
Στον παρακάτω πίνακα 19, φαίνονται οι συστάδες, ταξινομημένες κατά τον μέσο όρο της βροχόπτωσης, με αύξουσα σειρά, και στη συνέχεια παρατίθεται και ο αντίστοιχος Χάρτης 7.1. Η σύγκρισή του με ένα τυπικό χάρτη υετού, όπως ο Χάρτης 7.2 (που έχει παραχθεί στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής ΓΠΑ, EMIT) δείχνει ότι η μεθοδολογία πλησιάζει σε σημαντικό βαθμό τη φυσική κατανομή της βροχόπτωσης.

Τέλος, με βάση τα ύψη της ετήσιας βροχόπτωσης, κατασκευάστηκε το διάγραμμα της μεταβολής του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο του κάθε μετεωρολογικού σταθμού Γράφημα 7.1 καθώς επίσης και οι βροχοβαθμίδες της κάθε συστάδας. Ενδεικτικά για τη συστάδα 2 παρατίθενται τα αντίστοιχα στοιχεία στο παρακάτω Γράφημα 7.2 και όλες οι υπόλοιπες βροχοβαθμίδες παρουσιάζονται στο Παράρτημα γραφήματα 1 έως 8. Η βροχοβαθμίδα, απεικονίζει τη μέση αύξηση του ετήσιου σημειακού ύψους βροχόπτωσης (σε mm) ανά 100 m αύξησης υψομέτρου. Συνεπώς, για 3 συστάδες δεν κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχες βροχοβαθμίδες, λόγω του μικρού αριθμού των δεδομένων ανά κλίμακα υψομέτρου. Επάνω σε κάθε γράφημα, δίδεται η εξίσωση της γραμμής τάσης καθώς και η τιμή του R^2 .



Χάρτης 7.1: Ταξινόμηση των 196 μετεωρολογικών σταθμών σε 12 cluster.

Annual Precipitation (1970 - 1996)

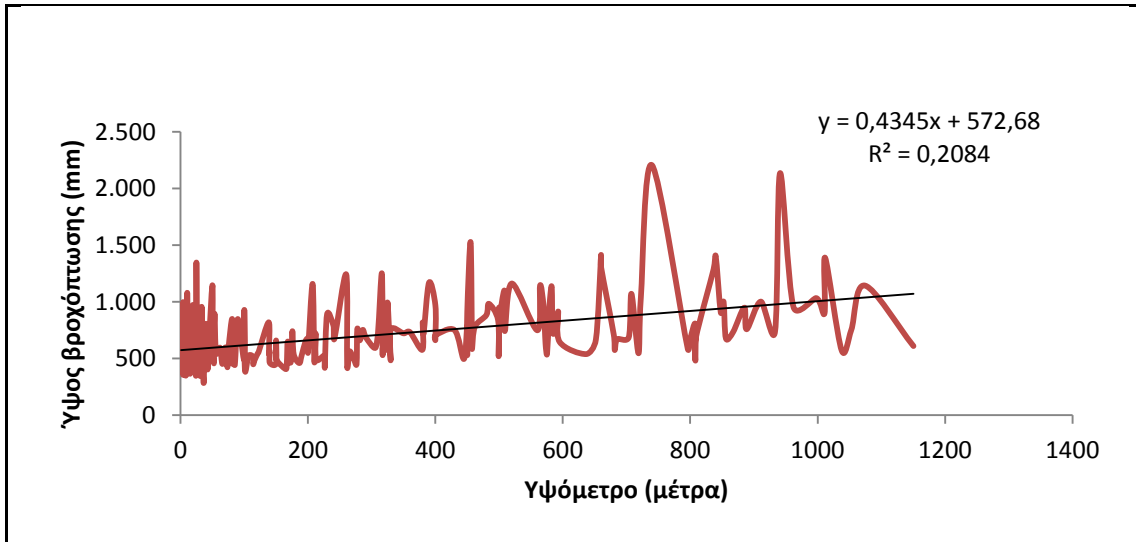


Χάρτης 7.2: Χάρτης ετήσιων βροχοπτώσεων (Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής ΓΠΑ, ΕΜΙΤ)

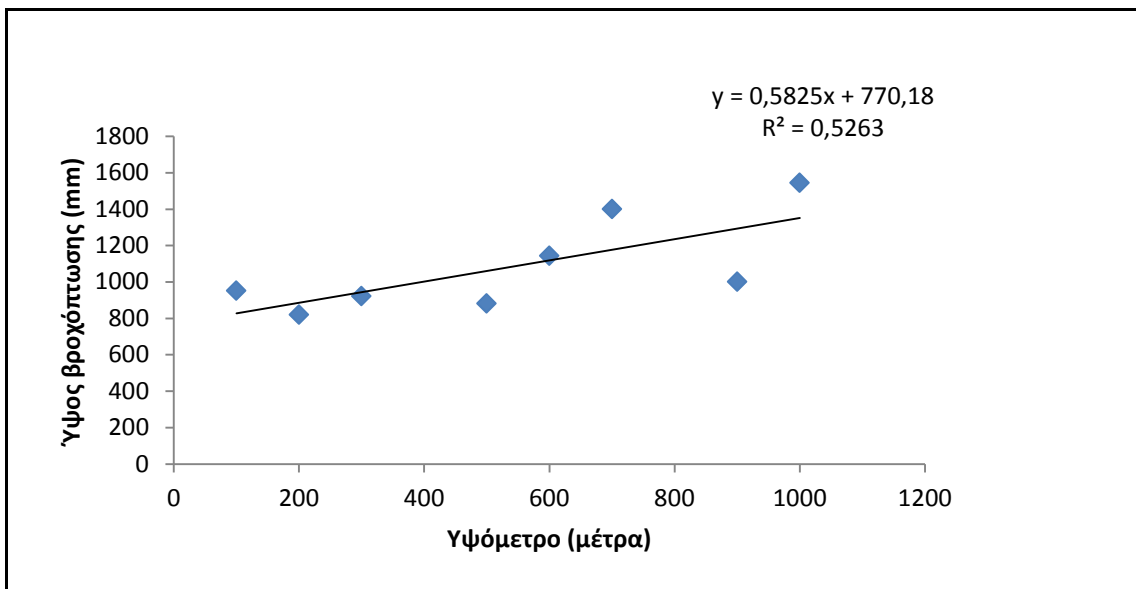
Πηγή: Τσεσμελής Δημήτριος (2015) (προσωπική επικοινωνία)

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: WARD'S PEARSON CORRELATION CLUSTERING

Cluster	N. of Stations	Average PP (mm)	Min. (mm)	Max. (mm)	St. Dev.
7	6	407,83	351,03	467,72	42,00
12	8	484,08	284,01	682,79	138,34
5	21	537,69	402,87	721,47	84,58
1	12	563,57	371,93	990,30	144,16
4	18	590,93	443,06	969,79	139,93
8	4	592,80	351,52	848,06	200,66
3	27	611,41	422,39	1.143,96	161,72
11	20	673,82	475,00	1.162,19	173,50
9	4	728,98	453,55	1.002,39	233,94
10	31	882,96	487,96	2.206,11	339,19
6	27	887,56	574,14	1.525,91	241,15
2	18	1.037,96	677,29	2.136,15	329,38



Γράφημα 7.1: Κατανομή σημειακής βροχόπτωσης σε σχέση με το υψόμετρο.



Γράφημα 7.2: Βροχοβαθμίδα 2ης συστάδας.

8. Συμπεράσματα

Το βασικό ερώτημα της μελέτης που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια ήταν το αν είναι δυνατή η ανάλυση συστάδων σε μετεωρολογικά δεδομένα σε σχέση και με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου. Αυτό που συνεπάγεται μια θετική απάντηση στο ερώτημά μας είναι, εάν η εξέλιξη των υδρολογικών μεταβλητών υπακούει σε κάποιους αιτιοκρατικούς νόμους (νόμους αιτίου-αποτελέσματος), οπότε η χρονική μεταβλητότητα είναι προβλέψιμη, ή αν όχι, οπότε η εξέλιξη των φαινομένων είναι απρόβλεπτη.

Στην αρχή έγινε μια αναφορά σχετικά με τον τρόπο μέτρησης της βροχής. Είναι αυτονόητο, ότι η σωστή καταγραφή του ύψους της βροχής είναι το πιο σημαντικό στοιχείο, προκειμένου να είναι αξιόπιστη η όποια έρευνα ακολουθεί από εκεί και έπειτα. Στη συνέχεια δόθηκαν πληροφορίες σχετικά με την έννοια της ανάλυση συστάδων και τις διάφορες μεθόδους με τις οποίες γίνεται, τόσο ως προς τη στατιστική επιστήμη όσο και ως προς την χρήση κατάλληλων εφαρμογών πληροφορικής. Τέλος, παρουσιάστηκε ο τυπικός βροχομετρικός χάρτης της Ελλάδας, ο οποίος μας βοήθησε σημαντικά στο να ερμηνεύσουμε τα στοιχεία που προέκυπταν κατά την έρευνά μας.

Δεδομένου ότι δεν είχαμε εντοπίσει στην βιβλιογραφία αντίστοιχη μελέτη ανάλυσης συστάδων σε βροχομετρικά δεδομένα, αποφασίσαμε να δοκιμάσουμε όλες τις μεθόδους και τους συνδυασμούς που μας έδινε ένα απλό, εύχρηστο αλλά με πολλές δυνατότητες στατιστικό πρόγραμμα το SPSS 22. Τα αποτελέσματα που παίρναμε από την εφαρμογή της κάθε μεθοδολογίας, τα αξιολογούσαμε και τα συγκρίναμε, είτε μεταξύ τους, είτε ξεχωριστά, ως προς τα στατιστικά τους μεγέθη. Εν συνεχεία, για τις μεθοδολογίες που κρίθηκε ότι θα μπορούσαν να μας οδηγήσουν στο στόχο μας, κατασκευάστηκαν οι χάρτες και οι οποίοι συγκρίθηκαν τόσο μεταξύ τους όσο και με τον τυπικό χάρτη βροχόπτωσης.

Η μέθοδος των ελαχίστων διακυμάνσεων του Ward, με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης Pearson για την μέτρηση των αποστάσεων, έδειξε ότι μπορεί να μας δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Με την εφαρμογή της, τα βροχομετρικά δεδομένα ταξινομήθηκαν σε 12 συστάδες ως εξής (ξεκινώντας από εκείνη με το χαμηλότερο μέσο όρο βροχόπτωσης):

- Η συστάδα με αρ. 7, που καταλαμβάνει την περιοχή της Αττικής.
- Η συστάδα με αρ. 12 που αποτελείται από τα νησιά του Αιγαίου.
- Η συστάδα με αρ. 5, που αφορά την περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας.
- Με μικρή διαφορά από την 5^η, στο μέσο όρο του ύψους της βροχόπτωσης, ακολουθεί η περιοχή του Έβρου, συστάδα 1.
- Στη συνέχεια η συστάδα με αρ. 4 που αποτελείται από τον Αργολικό κάμπο και την πεδιάδα της Κωπαΐδας.

- Η 8^η συστάδα, που αποτελείται από 4 διάσπαρτους σταθμούς (αναφορά) για τους οποίους όμως δεν προκύπτει κάποια συσχέτιση είτε χωρικά είτε υψομετρικά.
- Η 3^η συστάδα που περιλαμβάνει την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας και της Θεσσαλίας, έως και ένα μικρό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας.
- Η συστάδα με αρ. 11, που αποτελείται από σταθμούς της νότιας Κρήτης.
- Η 9^η συστάδα, που όμοια με την 8^η αποτελείται από 4 επίσης διάσπαρτους σταθμούς για τους οποίους επίσης δεν προκύπτει κάποια συσχέτιση.
- Η 10^η συστάδα που περιλαμβάνει την βόρεια περιοχή της Κρήτης.
- Η Πελοπόννησος με ένα μικρό ορεινό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας αποτελούν την 6^η συστάδα.
- Η 2^η συστάδα, που αφορά στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας.

Καμία από τις μεθοδολογίες που ακολουθήσαμε δεν έκανε κάποια ταξινόμηση όπου να υπάρχει διάκριση των cluster σε σχέση με το υψόμετρο στο οποίο βρίσκονταν οι μετεωρολογικοί σταθμοί.

Οι συναρτήσεις που προέκυψαν από τις βροχοβαθμίδες για κάθε συστάδα χωριστά με βάση τα ετήσια ύψη βροχόπτωσης, έχουν χαμηλές τιμές R^2 , που σε συνδυασμό με τον πολύ μικρό αριθμό των δεδομένων βάση των οποίων υπολογίστηκαν, δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες.

Συνεπώς η απάντηση στο ερώτημά μας είναι ότι όντως παρατηρείται μια αιτιοκρατική σχέση ως προς τη χρονική εξέλιξη, χωρίς όμως να είναι απαραίτητα δυνατή η πρόβλεψη της εξέλιξης των φαινομένων, τουλάχιστον για το μέγεθος του δείγματος που μελετήθηκε.

9. Προτάσεις

Στη μελέτη των υδρολογικών φαινομένων θα ήταν κατ' αρχάς επιθυμητή η γνώση των κάθε τύπου υδρολογικών μεταβλητών σε συνεχή χώρο και χρόνο δηλαδή σε κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης και σε κάθε χρονική στιγμή. Είναι ασφαλώς ευνόητο ότι η εξαιρετική πολυπλοκότητα των υδρολογικών φαινομένων, και η αχανής έκταση και το βάθος χρόνου που αυτά εξελίσσονται καθιστά αδύνατη αυτού του είδους την προσέγγιση. Έτσι κάθε φαινόμενο μελετάται σε μια (επιλεγμένη κατά περίπτωση από τις ανάγκες) χαρακτηριστική χωρική και χρονική κλίμακα, στην οποία εξελίσσεται. Η εισαγωγή της κλίμακας υπονοεί (α) την απομόνωση μιας ορισμένης γεωγραφικής περιοχής και μιας ορισμένης χρονικής περιόδου, όπου μελετάται το κάθε φαινόμενο, και (β) την κατάλληλη διακριτοποίηση του (συνεχούς) χώρου και του χρόνου.

Όλες οι υδρολογικές μεταβλητές παρουσιάζουν χρονική μεταβλητότητα. Η πλήρης γνώση της χρονικής εξέλιξης μιας υδρολογικής μεταβλητής απαιτεί την παρακολούθησή της σε συνεχή χρόνο. Ωστόσο, αυτό είναι κατά κανόνα ανέφικτο, είτε λόγω των δυσχερειών υπολογιστικού χειρισμού, είτε εξαιτίας των μετρήσεων που γίνονται ασυνεχώς, δηλαδή ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Έτσι, οι μεταβλητές παρακολουθούνται σε διάφορες (διακριτές) χρονικές κλίμακες, ανάλογα με την φύση του προβλήματος που αντιμετωπίζεται.

Οι προτάσεις μας για τους ερευνητές που θα ήθελαν να ασχοληθούν με το ίδιο θέμα, είναι ότι θα πρέπει να μεριμνήσουν ώστε:

- Να δημιουργήσουν εποχικές ή και μηνιαίες χρονοσειρές και να κάνουν τις περαιτέρω αναλύσεις επάνω σε αυτές. Δεδομένου ότι στη χώρα μας υπάρχουν μήνες με μεγάλη και άλλοι με μηδενική βροχόπτωση, οι ετήσιες χρονοσειρές να παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και συνεπώς λαμβάνεται μεγάλο ρίσκο στην προσπάθεια εκτίμησης των διαφόρων μεταβολών.
- Να συλλέξουν πληροφορία από περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς, δίδοντας προσοχή στη γεωγραφική κατανομή τους, σύμφωνα με το ανάγλυφο της περιοχής.
- Να επεξεργαστούν την σημειακή βροχομετρική πληροφορία: α) με έλεγχο και αποκατάσταση συνέχειας και β) με συμπλήρωση ελλείψεων και επέκταση δειγμάτων
- Τέλος, να δώσουν ιδιαίτερη προσοχή στον τελικό αριθμό των cluster που θα επιλέξουν, λαμβάνοντας υπόψη το σκοπό της ανάλυσης, αλλά και τα δεδομένα που θα χρησιμοποιήσουν. Για το λόγο αυτό, θα μπορούσε να προηγηθεί η ανάλυση με k means και στη συνέχεια γίνει η τελική επιλογή.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Αμανατίδης, Θ. , Ρεπαπής, Χ., Παλιατσός, Α.Γ. και Μπάρτζης, Ι. (1992). Η χωρική κατανομή των τάσεων των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα . Πρακτικά Συνεδρίου ΕΕΔ ΥΠ, Αθήνα , 18-20 Νοεμβρίου 1992, 225-233.
- Δαμιανού, Χ., Κούτρας, Μ., (2003), Εισαγωγή στη στατιστική, Εκδόσεις: Συμμετρία
- Δάρας, Τ., Σύψας, Π., (2010), Πιθανότητες και στατιστική, Εκδόσεις: Ζήτη
- Δαφέρμος, Β., (2011), Κοινωνική στατιστική και μεθοδολογία έρευνας με το SPSS, Εκδόσεις: Ζήτη
- Δρακάτος, Κ., (1993), Περιγραφική οικονομική στατιστική, Εκδόσεις: Παπαζήσης
- Ζαμπάκας, Ι. (1981). Γενική Κλιματολογία. Αθήνα.
- Ηλιόπουλος, Γ., (2013), Βασικές μέθοδοι εκτίμησης παραμέτρων, Εκδόσεις: Σταμούλη
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος Θ., (1999), Τεχνική Υδρολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Κουτσογιάννης, Δ.,(1997), Στατιστική Υδρολογία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Μακράκης, Β., (2005), Ανάλυση δεδομένων στην επιστημονική έρευνα με τη χρήση του SPSS, Εκδόσεις: Gutenberg
- Μαριολόπουλος, Η., Καραπιτέρης, Λ. (1955): Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι. Αθήναι.
- Πραμαγγιούλης, Π. (2008), Οδηγός Ανάλυσης Δεδομένων με τη χρήση SPSS, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Ρετινιώτης, Σ., (2005), Ποσοτικές μέθοδοι, Εκδόσεις: Νέων Τεχνολογιών
- Ρούσσας, Γ., (1994), Στατιστική συμπερασματολογία, Εκδόσεις: Ζήτη
- Σιάρδος, Γ., (2004), Μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης (Με την επίλυση ασκήσεων μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS: Διερεύνηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών), Εκδόσεις: Ζήτη
- Τσάντας, Ν., Μπαγιάτης, Ν., Μωυσιάδης, Χ., Χατζηπαντελής,, Θ., (1999), Ανάλυση δεδομένων με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων, Εκδόσεις: Ζήτη
- Φαρμάκης, Ν., (2000), Εισαγωγή στη δειγματοληψία, Εκδόσεις: Χριστοδουλίδη

- Φλόκας, Α., (1994) Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας, Εκδόσεις: Ζήτη
- Φράγκος, Χ., (2004), Μεθοδολογία έρευνας αγοράς και ανάλυση δεδομένων (Με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS for Windows), Εκδόσεις: Interbooks
- Χαλικιάς, Ι., (2010), Στατιστική (Μέθοδοι ανάλυσης για επιχειρηματικές αποφάσεις), Εκδόσεις: Rosili

Ξένη

- Amanatidis, G.T., Paliatsos, A.G., Repapis, C.C. and Bartzis, J.G. (1993). Decreasing precipitation trend at Marathon area, Greece. International Journal of Climatology, 13, 191-201.
- Amanatidis, G.T., Repapis, C.C. and Paliatsos, A.G. (1997). Precipitation trends and periodicities in Greece. Fresenius Environmental Bulletin, 6, 314-319.
- Kambezidis, , Larissi, J.K., Nastos, P.T. and Paliatsos, A.G. (2010). Spatial variability and trends of the rain intensity over Greece. Advances in Geosciences, 26, 65-69 (doi: 10.5194/adgeo-26-65-2010).
- Paliatsos, A.G., Nastos, P.T., Tzavelas, G. and Panagiotakos, D.B. (2005). Characteristics of precipitation in urban Athens area, from 1891 to 2000. Fresenius Environmental Bulletin, 14, 5, 422-428.
- Sahsamanoglou, H.S., Makrogiannis, T.I. and Rossidis, Z.B . (1992). Characteristics of rainfall in the greater region of the Mediterranean. Proc. of the 1st Panhellenic Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere, Thessaloniki, 147-153.
- Toreti, A., Fioravanti, G., Perconti, W., and Desiato, F., (2009). Annual and seasonal precipitation over Italy from 1961 to 2006. International Journal of Climatology, 29, 1976-1987 (doi: 10.1002/joc.1840)

Διαδίκτυο

- Πετρίδης, Δ. (2015), Ανάλυση συστάδων, [Κεφάλαιο Συγγράμματος], Στο Πετρίδης, Δ. (2015), Ανάλυση πολυμεταβλητών τεχνικών. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 5. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2130>
- <http://www.mas.ucy.ac.cy/~fokianos/GreekRbook/clustering.pdf>
- www.hydroscope.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι - Πίνακες

Πίνακας ταξινόμησης σε 12 συστάδες των 196 μετεωρολογικών σταθμών για κάθε μια από τις 9 μεθοδολογίες που αναλύθηκαν.

A/A	Station	x	y	alt	Average PP/έτος	Wards Euclidean	Wards SqEucl	Wards Pearson	Centroid Pearson	Wards Cosine	Centroid Cosine	Wards City Block	Wards Minkowski (p=3)	Wards Chebychev
1	Dikea	690559,4	4619342,0	50,4	577,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Kyprinos	685134,3	4604776,5	70,1	596,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Metaxades	685821,9	4587217,0	138,7	539,49	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Didymoteicho	708877,9	4580787,5	24,7	371,93	6	4	1	1	1	1	6	1	1
5	Mikro Dereio	675836,7	4575682,5	116,2	485,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Protoklissi	688716,0	4573260,5	50,2	638,85	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Aisyme	664356,5	4542179,5	325,1	990,30	2	2	1	1	1	1	1	2	5
8	Nipsa	669640,5	4532853,5	174,7	566,72	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Avas	661209,5	4532691,0	114,0	513,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Ferres	682839,2	4529219,5	43,2	497,13	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Alexandroupoli	662821,2	4523618,9	3,5	495,11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Limnos	605166,7	4419248,0	4,6	489,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Ioannina	227392,0	4398141,3	484,0	983,01	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	Kerkyra	147783,9	4391112,7	4,0	998,10	2	2	2	2	2	2	2	2	5
15	Filiates	183057,6	4389549,0	207,3	1.159,18	2	2	2	2	2	2	2	2	5
16	Agnanta	248907,0	4373150,0	660,0	1.399,77	5	2	2	2	2	2	2	2	5
17	Theodoriana	259498,4	4368396,5	941,0	2.136,15	7	6	2	2	2	2	7	6	6
18	Arta	240601,0	4339158,0	10,5	1.080,53	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	Nea Kerasounta	228354,4	4338425,0	24,9	1.347,48	5	2	2	2	2	8	2	2	6

20	Aktio	219283,9	4312709,0	1,0	833,61	2	2	2	2	2	2	4	2	2	
21	Vonitsa	230273,2	4311755,5	13,5	677,29	3	5	2	2	2	8	4	5	2	
22	Karpenisi	308532,4	4309347,5	962,2	952,72	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
23	Ag. Vlassios	283927,9	4298858,0	852,4	1.000,65	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
24	Stanos	255097,3	4298618,0	33,1	956,89	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
25	Agrinio	268875,2	4275530,3	25,0	831,31	2	2	2	2	2	2	4	5	2	
26	Gavalou	285339,8	4266886,5	53,4	895,73	2	2	2	2	2	2	2	2	5	
27	Stamna	262847,3	4266142,5	138,4	819,96	2	2	2	2	2	2	4	5	2	
28	Mornos Dam	336230,9	4265269,5	462,0	780,20	2	2	2	2	2	2	4	5	2	
29	Analipsi Etol	299643,6	4262930,0	564,3	1.144,34	2	2	2	2	2	2	2	2	5	
30	Ksirochorio	295710,0	4201094,5	290,9	686,30	3	5	2	2	2	2	4	5	1	
31	Kastoria	267058,5	4487766,5	636,9	539,07	1	3	3	3	3	3	3	4	1	
32	Thessaloniki	412412,0	4485368,0	4,8	445,11	1	3	3	3	3	3	5	1	3	
33	Pontokomi	309913,0	4475162,5	718,8	546,16	1	3	3	3	3	3	3	1	3	
34	Tsotylio	272345,7	4459789,0	856,0	677,14	4	3	3	3	3	3	3	4	4	
35	Siatista	291609,1	4459428,5	933,1	736,55	1	3	3	3	3	3	3	4	3	
36	Katerini	373401,6	4459304,0	30,4	582,84	4	3	3	3	3	3	3	4	4	
37	Ag. Demetrios Pierias	349244,1	4446336,0	808,2	481,05	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3
38	Livadio	342765,7	4442654,0	1150,4	610,00	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3
39	Elassona	345164,9	4416624,0	276,3	448,46	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1
40	Agiophyllo	291301,1	4415170,0	584,1	723,40	4	3	3	3	5	5	5	3	4	4
41	Spilia	383993,6	4405818,5	809,0	686,72	1	3	3	3	5	5	5	3	4	4
42	Megali Kerasia	285469,8	4402923,0	509,0	741,74	4	3	3	3	5	5	5	3	4	4
43	Meteora	296524,4	4397761,0	241,8	680,02	4	3	3	3	5	5	5	3	4	4
44	Larissa	366008,8	4389788,1	73,6	422,39	1	3	3	3	5	3	5	3	1	1
45	Farkadona	334139,0	4383520,0	86,2	526,92	1	3	3	3	5	3	5	3	1	1

46	Sotirio	388572,8	4373339,5	52,4	456,90	1	3	3	5	5	5	3	1	1
47	Zappeio	365623,2	4368876,0	172,3	463,94	1	3	3	5	3	5	3	1	1
48	Makrynitsa	412512,8	4361712,5	685,4	670,86	1	3	3	5	5	5	3	4	4
49	Karditsa	321566,5	4359249,0	106,7	524,36	1	3	3	5	5	5	3	1	1
50	Karitsa	301118,0	4347487,0	1074,3	1.143,96	4	2	3	5	5	5	2	4	4
51	Anchialos	396082,7	4342228,8	15,3	462,38	1	3	3	5	5	5	3	1	1
52	Anavra	334835,8	4339724,5	196,3	655,13	1	3	3	5	5	5	3	4	1
53	Skopia	367511,7	4334785,5	444,7	495,29	1	3	3	5	5	5	3	1	1
54	Rentina	324581,4	4325741,5	884,9	949,56	4	2	3	5	5	5	2	4	4
55	Trilofos	345888,8	4317809,0	575,3	539,60	1	3	3	5	5	5	3	1	1
56	Ypate	346524,0	4303061,0	286,0	753,17	3	5	3	7	5	7	4	4	1
57	Lamia	360383,2	4300969,0	17,4	545,37	1	3	3	5	5	5	3	4	1
58	Gravia	363497,0	4280548,0	380,7	808,96	3	5	4	7	4	4	4	4	4
59	Elateia	392211,6	4275778,5	177,6	538,55	3	5	4	4	4	4	4	4	1
60	K. Tithorea	388071,0	4274616,0	168,3	650,41	3	5	4	4	4	4	4	4	1
61	Pavlos	421355,0	4264972,0	212,7	491,90	6	4	4	4	4	4	6	3	7
62	Livadia	401239,5	4254751,5	175,6	741,59	3	5	4	4	4	4	4	4	4
63	L. Ylike	442591,2	4253107,5	85,2	443,06	6	4	4	4	4	4	6	3	7
64	Davleia	389166,0	4248703,0	277,4	760,70	3	5	4	7	4	4	4	4	4
65	Ag. Triada	405136,0	4244800,0	400,0	969,79	3	5	4	4	4	4	4	4	4
66	Tanagra	461951,5	4243016,3	140,1	461,80	6	4	4	4	4	4	6	3	7
67	Kallithea	451708,0	4238840,0	329,8	483,83	6	4	4	4	4	4	6	3	7
68	Thisvi	409381,0	4233654,0	166,8	455,51	6	4	4	4	4	4	6	3	7
69	Chalkeion	387880,5	4193198,0	272,2	495,81	3	4	4	4	4	4	4	3	1
70	Petron	376854,7	4189689,0	317,2	589,75	3	4	4	4	4	4	4	3	1
71	Nemea	381728,2	4187115,5	305,6	593,17	3	4	4	4	4	4	4	3	1
72	Kontostavlos	389785,2	4186628,3	317,2	529,18	3	4	4	4	4	4	4	3	1

73	Ag.Vassilios	392045,1	4184177,3	226,2	483,32	3	4	4	4	4	4	4	3	1
74	Dervenakia	387486,7	4182949,5	265,3	562,82	3	4	4	4	4	4	4	3	1
75	Klenia	399736,8	4182406,3	379,5	576,65	3	4	4	4	4	4	4	3	1
76	Mikrokleisoura	504584,0	4581406,0	457,4	617,05	1	1	5	6	6	3	5	1	1
77	Kato Nevrokopi	488198,2	4576694,0	572,9	629,40	1	1	5	6	6	6	5	1	3
78	Achladochori	461070,9	4574043,5	499,3	519,75	1	1	5	6	6	6	5	1	3
79	Ano Vrontou	473716,9	4571283,5	1037,6	572,87	1	1	5	6	6	6	5	1	3
80	Paranesti	541724,2	4568262,0	122,4	554,48	1	1	5	6	6	3	5	1	1
81	Sidirokastro	448403,5	4564457,0	81,6	453,66	1	1	5	6	6	6	5	1	3
82	Oreini Serres	465457,5	4560772,0	796,2	583,85	1	1	5	6	6	6	5	1	3
83	Drama	512133,8	4554252,5	99,8	489,37	1	1	5	6	6	6	5	1	3
84	Kerkini Dam	434530,6	4554087,5	42,5	402,87	1	1	5	3	6	6	5	1	3
85	Efzonoï	378766,5	4551024,5	72,9	535,42	1	1	5	3	3	3	5	1	1
86	M. Sterna	392745,5	4549247,5	121,3	547,18	1	1	5	3	3	3	5	1	3
87	Toxotes	566131,2	4548475,0	75,4	598,49	1	1	5	6	6	6	5	1	4
88	Serres	463452,9	4547812,9	34,5	454,97	1	1	5	6	6	6	5	1	3
89	Alistrati	496399,9	4545269,5	281,4	660,75	1	1	5	6	6	6	5	1	3
90	Nea Zichni	485241,3	4542102,5	270,9	501,29	1	1	5	6	6	6	5	1	3
91	Kilkis	405994,2	4538135,5	261,5	428,50	1	1	5	3	3	3	5	1	3
92	Goumenissa	370102,5	4532763,0	212,0	721,47	4	3	5	3	3	3	3	4	4
93	Nigrita	457692,6	4528618,0	65,7	451,66	1	1	5	6	6	6	5	1	3
94	Evropos	378059,1	4527789,0	81,4	461,61	1	1	5	3	3	3	5	1	3
95	Aedonochorio	476540,7	4521197,5	186,3	459,89	1	1	5	6	6	6	5	1	4
96	Arnaia	466034,0	4482055,5	595,0	646,88	1	1	5	6	6	6	5	1	4
97	Tymfristos	319132,8	4308523,5	847,9	907,79	4	5	6	5	5	5	2	4	5
98	Kaloskopi	354830,0	4282551,0	1052,8	751,98	4	5	6	5	5	5	4	4	5
99	Sykea	344754,6	4278165,5	707,8	1.070,38	2	2	6	7	8	8	2	2	6

100	Eptalofos	367725,0	4273077,0	808,0	804,60	3	5	6	5	4	7	4	4	4
101	Amfissa	358193,8	4265278,0	199,6	676,21	3	5	6	7	8	7	4	5	4
102	Malandrino	346022,7	4257553,0	578,2	870,88	2	2	6	7	8	7	4	5	2
103	Distomo	383406,0	4253888,0	457,6	583,20	3	4	6	7	4	7	4	3	1
104	Trikorfo	293769,0	4253743,5	100,1	929,51	2	2	6	2	2	8	2	2	5
105	Aigio	333000,6	4234008,5	37,2	626,73	3	5	6	7	4	7	4	5	4
106	Drosato	327678,2	4214833,0	888,7	758,59	3	5	6	7	8	7	4	5	4
107	Tarsos	354779,6	4201606,0	867,3	733,47	3	5	6	7	8	7	4	5	4
108	Andravida	261465,4	4199167,8	15,1	713,26	3	5	6	2	8	8	4	5	2
109	Kryovrysi	306998,0	4199008,0	1011,9	1.387,29	5	2	6	7	8	7	2	2	6
110	Lafka	358175,0	4188092,8	722,5	1.035,41	2	2	6	7	8	7	2	2	5
111	Dafni	326082,8	4185713,0	582,7	1.126,55	2	2	6	7	8	7	2	2	5
112	Perdikoneri	323026,7	4178096,3	836,6	1.285,81	5	2	6	7	8	1	2	2	6
113	Vytina	340054,8	4170528,0	1010,9	901,05	2	2	6	7	8	7	2	5	2
114	Strefio	284191,1	4170363,5	19,3	973,19	2	2	6	7	2	8	4	2	5
115	Neochorio	366136,4	4169556,5	703,5	686,66	3	5	6	4	8	4	4	5	4
116	Piana	344494,2	4159656,8	997,7	1.033,49	2	2	6	7	8	7	2	2	5
117	Tripoli	358423,2	4154541,7	651,9	666,13	3	5	6	7	8	7	4	5	2
118	Karytaina	326644,5	4150203,8	498,4	839,15	2	2	6	7	8	7	2	5	2
119	Partheni	368526,1	4148066,5	681,5	574,14	3	4	6	4	8	4	4	3	1
120	Chranoi	325524,8	4132105,8	508,4	1.099,59	2	2	6	7	8	7	2	2	5
121	Kefalinos	309813,1	4118518,5	455,3	1.525,91	5	7	6	7	8	1	2	6	6
122	Kalamata	324361,0	4102811,2	11,1	752,10	3	5	6	7	8	8	4	5	4
123	Methoni	295151,2	4077583,5	52,4	651,02	3	5	6	12	8	8	4	5	4
124	Elefsina	440916,0	4212390,0	31,0	351,03	6	4	7	4	7	9	6	3	1
125	Philadelphieia	477479,0	4210345,0	153,0	467,72	6	4	7	4	7	9	6	3	1
126	Asteroskopeion	475089,0	4202597,0	101,0	396,91	6	4	7	4	7	9	6	3	1

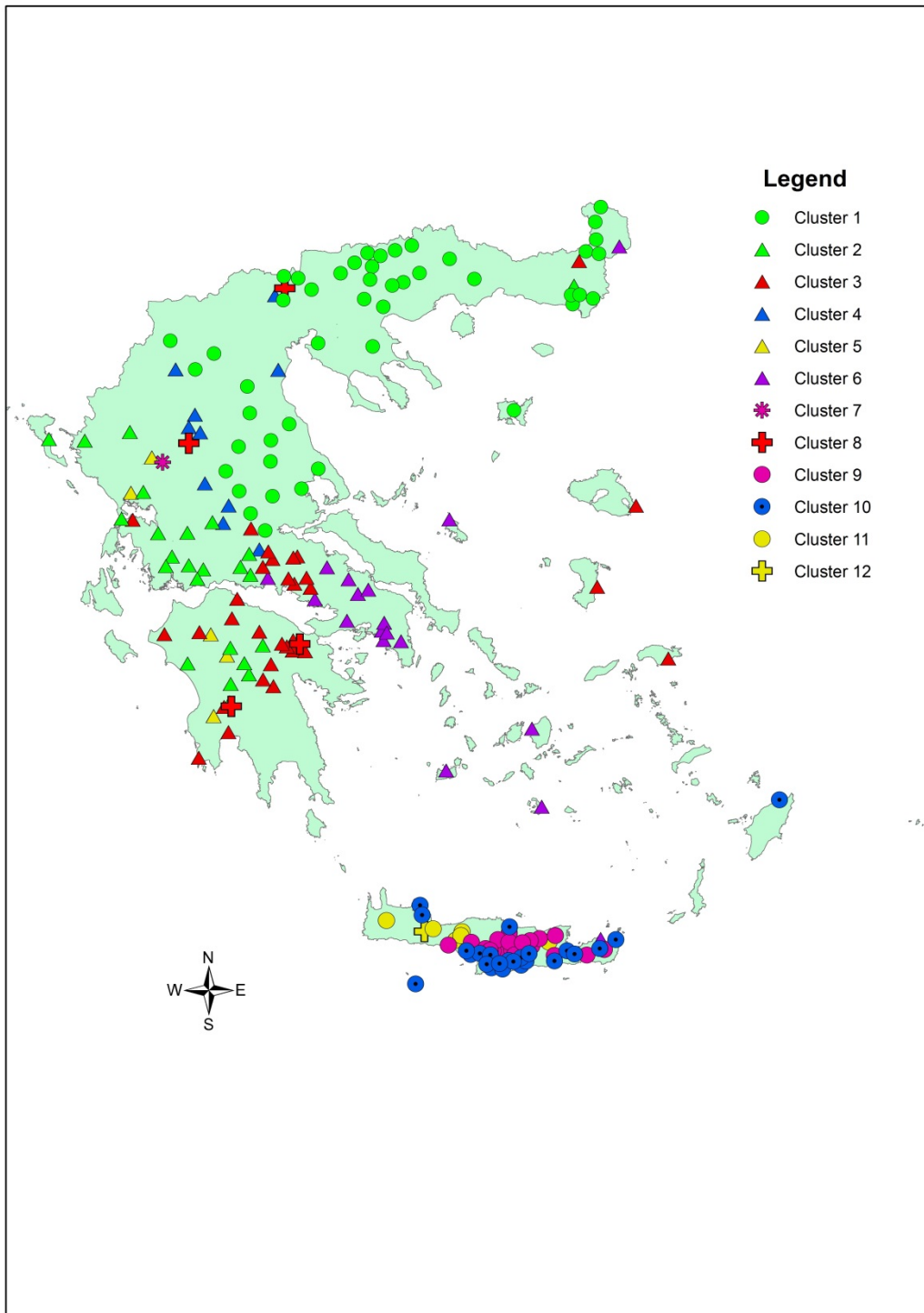
127	Vyronas	480042,4	4200743,5	226,4	417,13	6	4	7	4	7	9	6	3	1
128	Hellenikon	476989,7	4193354,7	15,0	364,88	6	4	7	4	7	9	6	3	1
129	Markopoulo	494087,2	4192097,0	83,6	449,32	6	4	7	4	7	9	6	3	1
130	Megalo Dereio	669344,5	4566205,0	381,6	722,88	3	5	8	8	9	8	4	5	2
131	Itea	363056,0	4254654,0	8,0	351,52	6	4	8	8	9	8	6	1	1
132	Kentriko	319997,4	4127572,5	81,1	848,06	3	5	8	8	9	8	4	5	2
133	Siteia	690436,0	3899320,0	114,0	448,72	6	4	8	8	9	8	6	1	1
134	Polykastro	379813,8	4539262,5	55,6	545,20	8	1	9	9	10	10	8	7	8
135	Chrysomilia	285306,9	4386976,5	911,1	1.002,39	8	8	9	8	10	10	8	7	8
136	Spathovouni	394539,3	4189305,8	149,7	453,55	8	1	9	9	10	10	8	1	1
137	Souli	327148,1	4127943,5	592,9	914,79	8	8	9	9	10	10	8	7	8
138	Chania	512901,7	3932269,8	62,0	595,93	10	10	10	10	11	12	10	8	9
139	Kalives	514927,0	3922549,0	20,0	712,77	10	10	10	10	11	12	10	8	9
140	Palaia Roumata	479746,0	3917260,0	316,0	1.250,90	11	11	10	11	11	12	11	9	6
141	Heraklio	600886,0	3910990,0	15,0	487,96	10	10	10	10	11	11	10	8	7
142	Mouri	525676,0	3908980,0	50,0	1.147,02	11	11	10	10	11	11	11	9	10
143	Askifou	517156,0	3906520,0	740,0	1.404,85	12	12	10	11	11	11	12	12	12
144	Kavousi	554179,0	3906323,0	580,0	1.032,81	11	11	10	10	11	11	11	9	10
145	Foinikia	600526,0	3904810,0	40,0	800,64	9	9	10	10	11	11	9	8	9
146	Neapoli	645796,0	3902380,0	240,0	790,21	9	9	10	10	11	11	9	8	9
147	Voleones	552861,0	3902359,0	260,0	1.242,36	11	11	10	10	11	11	11	11	11
148	Avdou	630233,0	3899448,0	230,0	891,05	9	9	10	10	11	11	9	8	9
149	Palaikastro	705496,0	3898540,0	25,0	540,34	10	10	10	11	11	11	10	8	4
150	Kroussonas	589276,0	3898390,0	500,0	941,37	9	9	10	10	11	11	9	9	10
151	Spili	547996,0	3897760,0	390,0	1.169,24	11	11	10	10	11	11	11	11	11
152	Kasteli	621158,0	3897473,0	350,0	722,28	9	9	10	10	11	11	9	8	9
153	Gerakari	556336,0	3897010,0	660,0	1.309,07	11	11	10	10	11	11	11	11	11

154	Profitis Elias	600316,0	3896140,0	380,0	819,22	9	9	10	10	11	11	9	8	9
155	Exo Potamoi	639586,0	3895960,0	840,0	1.404,85	11	11	10	10	11	11	11	11	11
156	Vizari	563266,0	3895810,0	310,0	734,80	9	9	10	11	11	11	9	8	9
157	Voni	613595,0	3895526,0	330,0	757,77	9	9	10	10	11	11	9	8	9
158	Lefkogia	540774,0	3893055,0	90,0	848,90	9	9	10	10	11	11	9	9	10
159	Armaxa	622749,8	3891949,0	450,0	785,67	9	9	10	10	11	11	9	8	9
160	Maronia	689776,0	3889690,0	150,0	659,81	10	10	10	11	11	11	10	8	9
161	Katsidoni	694096,0	3888550,0	480,0	883,85	9	9	10	11	11	11	9	9	10
162	Metaxohori	603058,0	3888005,0	430,0	751,35	9	9	10	10	11	11	9	8	9
163	Kalo Horio	657492,0	3887454,0	20,0	538,45	10	10	10	11	11	11	10	8	9
164	Partira	611476,0	3886360,0	400,0	666,29	9	9	10	10	11	11	9	8	9
165	Kassianoï	620116,0	3884740,0	320,0	568,02	10	10	10	10	11	11	10	10	9
166	Paxeia Ammos	664846,0	3884170,0	50,0	610,64	10	10	10	11	11	11	10	8	9
167	Tefeli	605866,0	3883420,0	360,0	733,25	9	9	10	10	11	11	9	8	9
168	Stavrochori	676876,0	3883150,0	325,0	768,83	9	9	10	11	11	11	9	8	9
169	Vorizia	577228,0	3889597,0	520,0	1.162,19	9	9	11	11	12	12	9	9	6
170	Agia Varvara	590910,0	3887874,0	570,0	949,52	9	9	11	11	12	11	9	9	9
171	Zaros	581799,0	3887788,0	500,0	849,77	9	9	11	11	12	12	9	9	9
172	Melambes	558436,0	3887380,0	560,0	749,08	10	10	11	11	12	12	10	8	9
173	Gergeri	584536,0	3887230,0	450,0	907,06	9	9	11	11	12	12	9	9	9
174	Lagolio	571666,0	3884860,0	140,0	564,26	10	10	11	11	12	12	10	10	7
175	Agia Galini	562696,0	3883780,0	20,0	601,84	10	10	11	11	12	12	10	10	7
176	Moroni	582134,0	3883486,0	400,0	704,97	10	10	11	11	12	12	10	8	9
177	Malles	644896,0	3882850,0	590,0	741,41	9	9	11	11	12	11	9	8	9
178	Kalivia	612261,0	3880719,0	200,0	572,89	10	10	11	11	12	12	10	10	7
179	Asimi	600049,1	3877943,0	200,0	576,44	10	10	11	11	12	12	10	10	7
180	Mythoi	645166,0	3877390,0	200,0	548,67	10	10	11	11	12	11	10	10	7

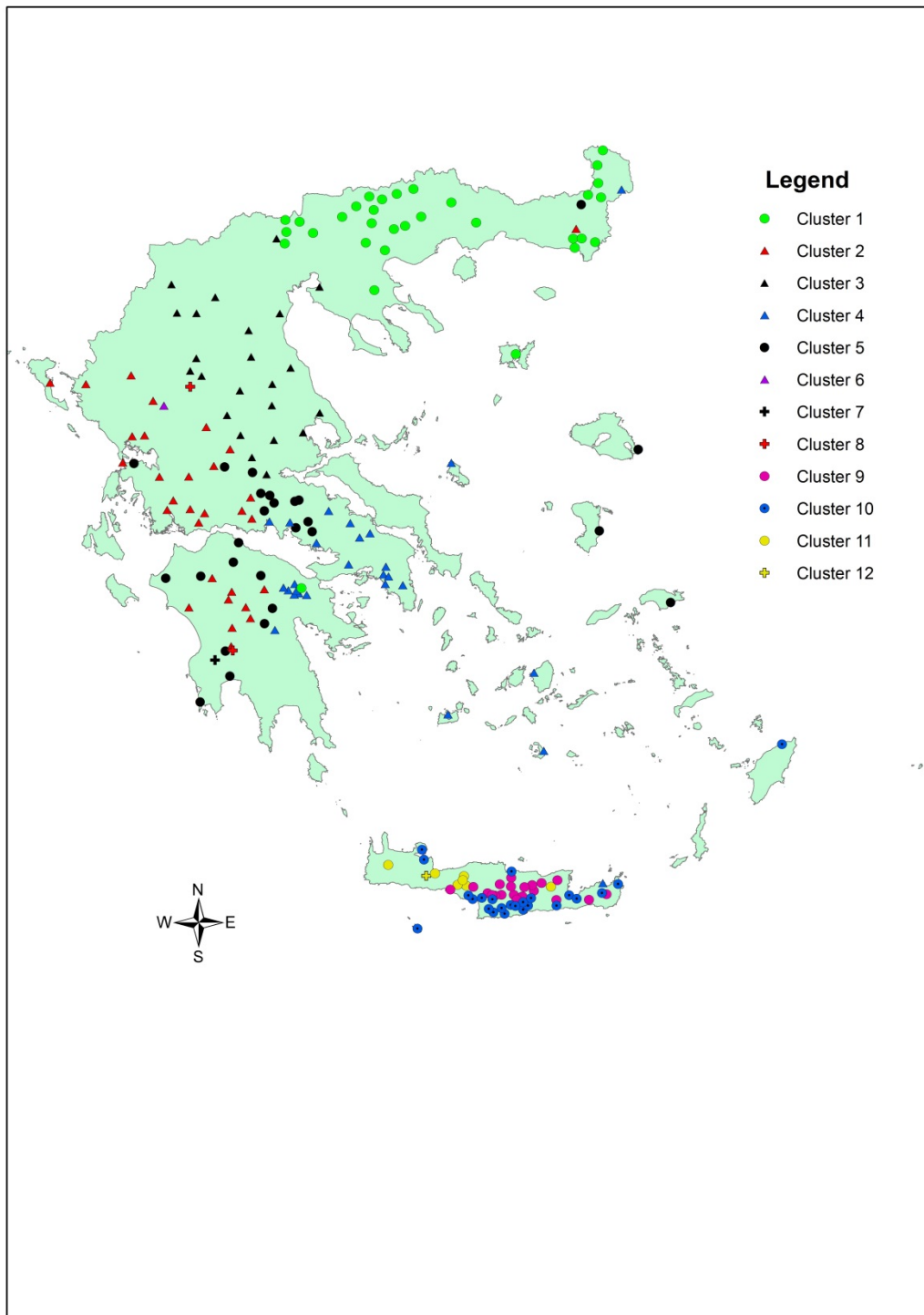
181	Demati	617026,0	3877270,0	210,0	475,00	10	10	11	11	12	12	10	10	7
182	Praitoria	604705,0	3876931,0	225,0	524,43	10	10	11	11	12	12	10	10	7
183	Vagiona	591040,0	3874936,0	190,0	525,46	10	10	11	11	12	12	10	10	7
184	Pompia	578536,0	3874150,0	150,0	509,52	10	10	11	11	12	12	10	10	7
185	Axentrias	612352,0	3873325,0	680,0	710,62	10	10	11	11	12	12	10	8	9
186	Agios Kyrillos	583036,3	3870700,0	450,0	528,73	10	10	11	11	12	12	10	10	7
187	Kapetaniana	594138,0	3869421,0	800,0	672,65	10	10	11	11	12	12	10	8	9
188	Gavdos	508459,0	3854769,0	10,0	601,84	10	10	11	11	12	12	10	10	7
189	Lesvos	725179,2	4325645,1	4,8	595,97	3	5	12	12	12	12	4	5	4
190	Skyros	541787,4	4312174,0	4,0	355,25	6	4	12	12	12	12	6	3	7
191	Chios	687028,9	4245693,9	3,0	540,73	3	5	12	12	12	12	4	5	4
192	Samos	756986,4	4175249,6	7,3	682,79	3	5	12	12	12	12	4	5	9
193	Naxos	622879,7	4106184,4	9,8	372,76	6	4	12	12	12	12	6	3	7
194	Milos	538541,9	4065090,1	165,4	406,10	6	4	12	12	12	12	6	3	7
195	Rodos	866517,7	4035914,6	11,5	635,01	10	10	12	11	12	11	10	8	4
196	Santorini	632478,9	4029392,5	36,5	284,01	6	4	12	12	12	12	6	3	7

Παράρτημα II – Χάρτες

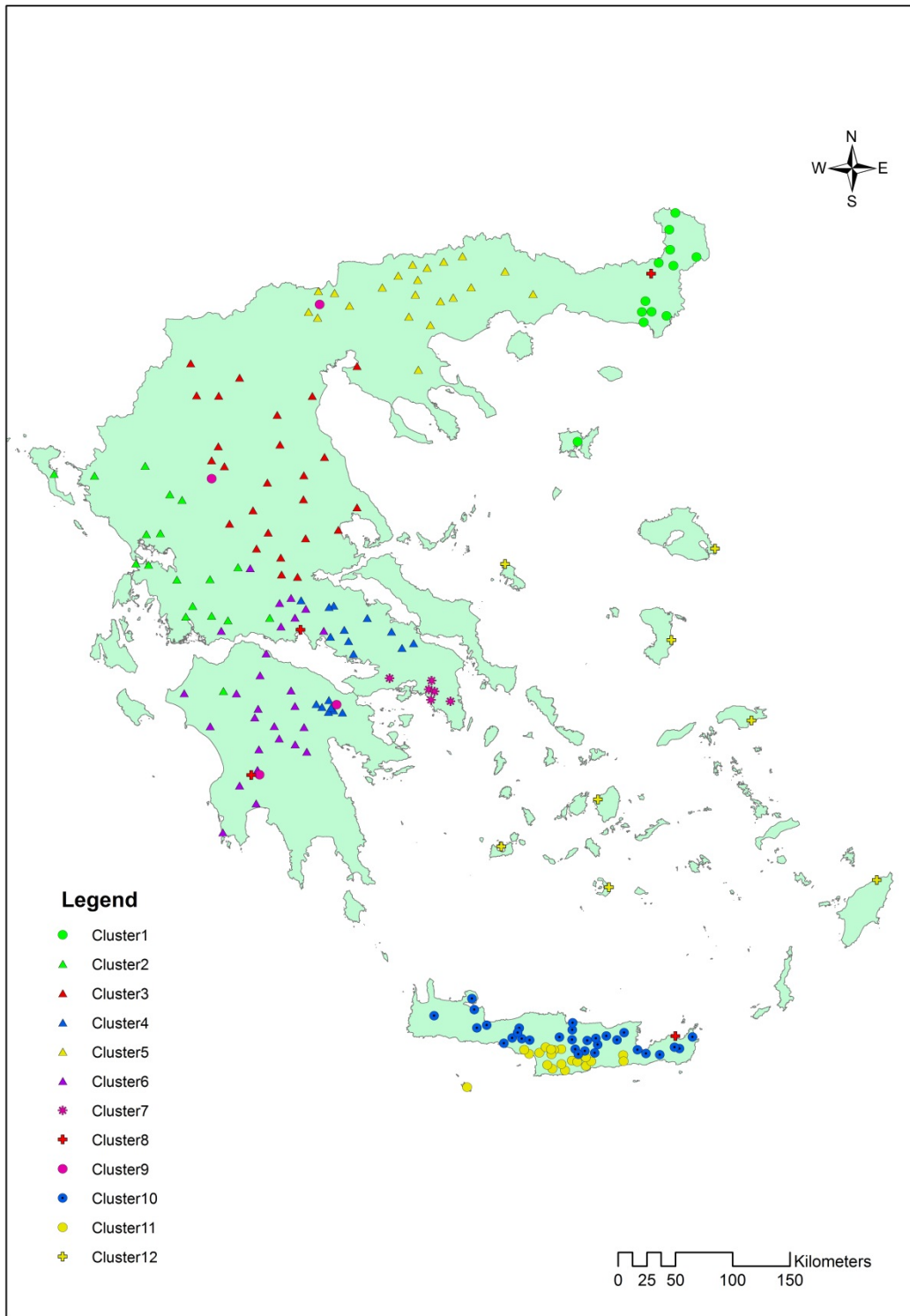
Χάρτης 1: Monthly Rainfall (1981-2007) – Method Ward's Euclidean



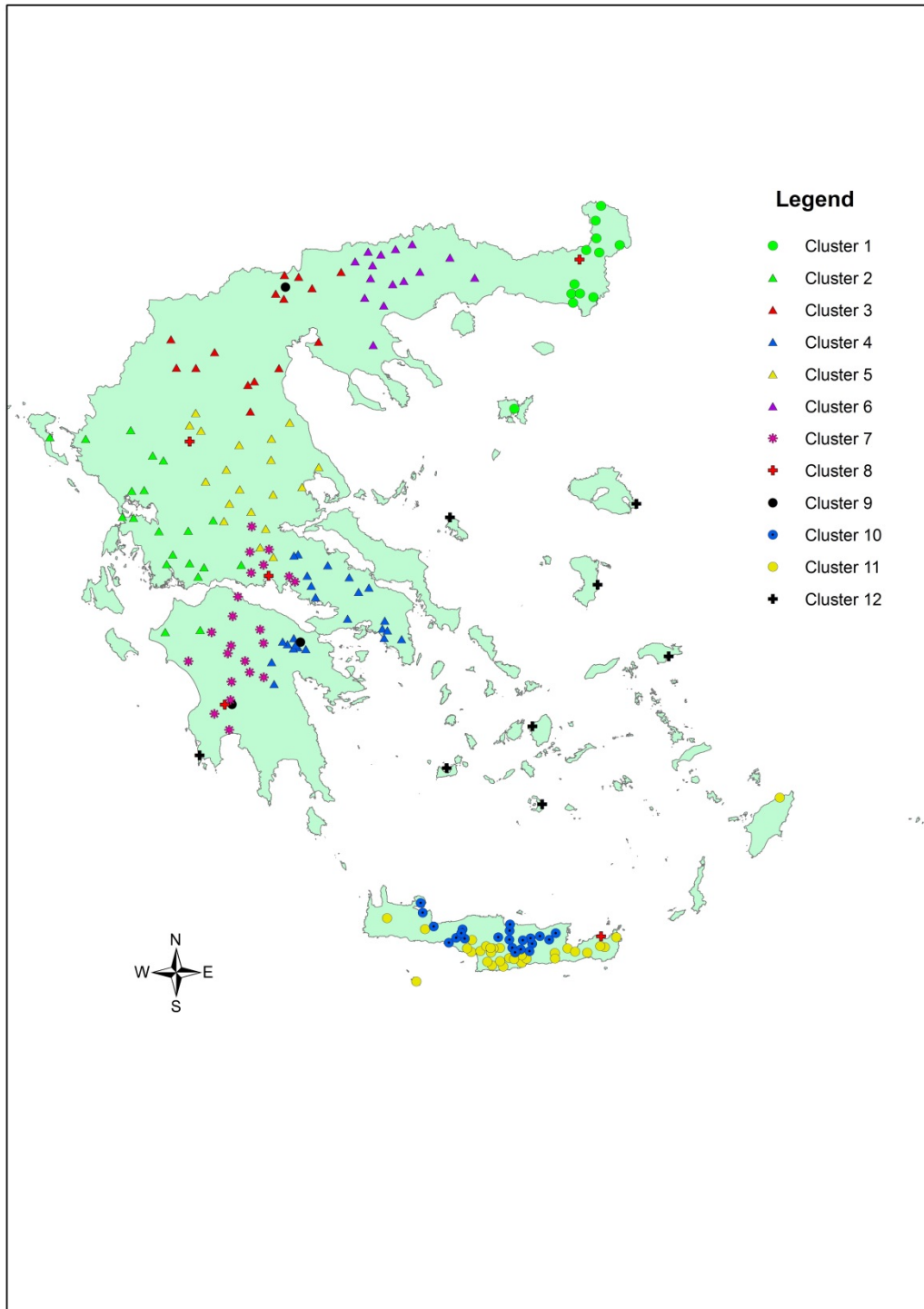
Χάρτης 2: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Ward's Squared Euclidean



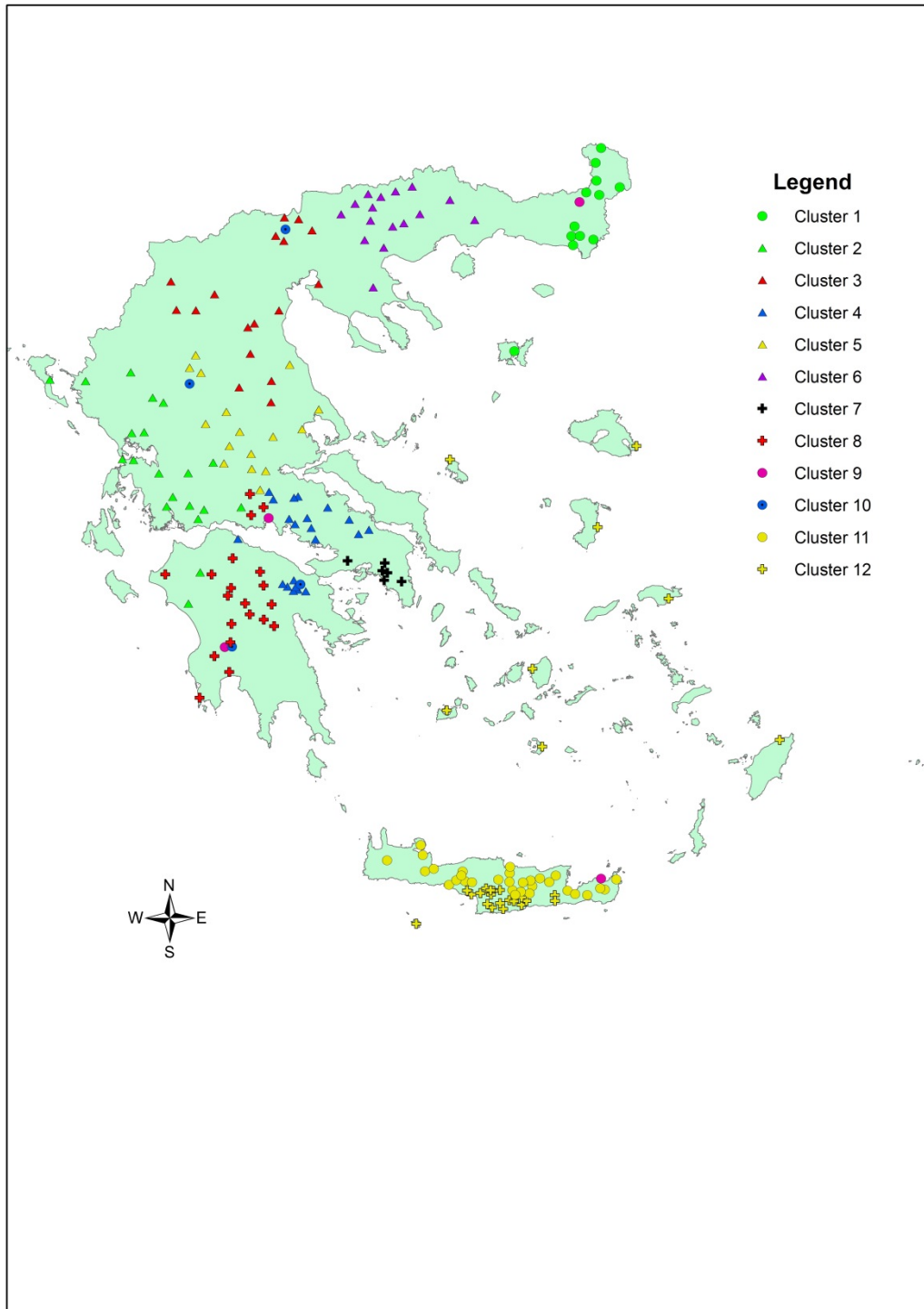
Χάρτης 3: Monthly Rainfall (1981-2007) – Ward's method Pearson Correlation



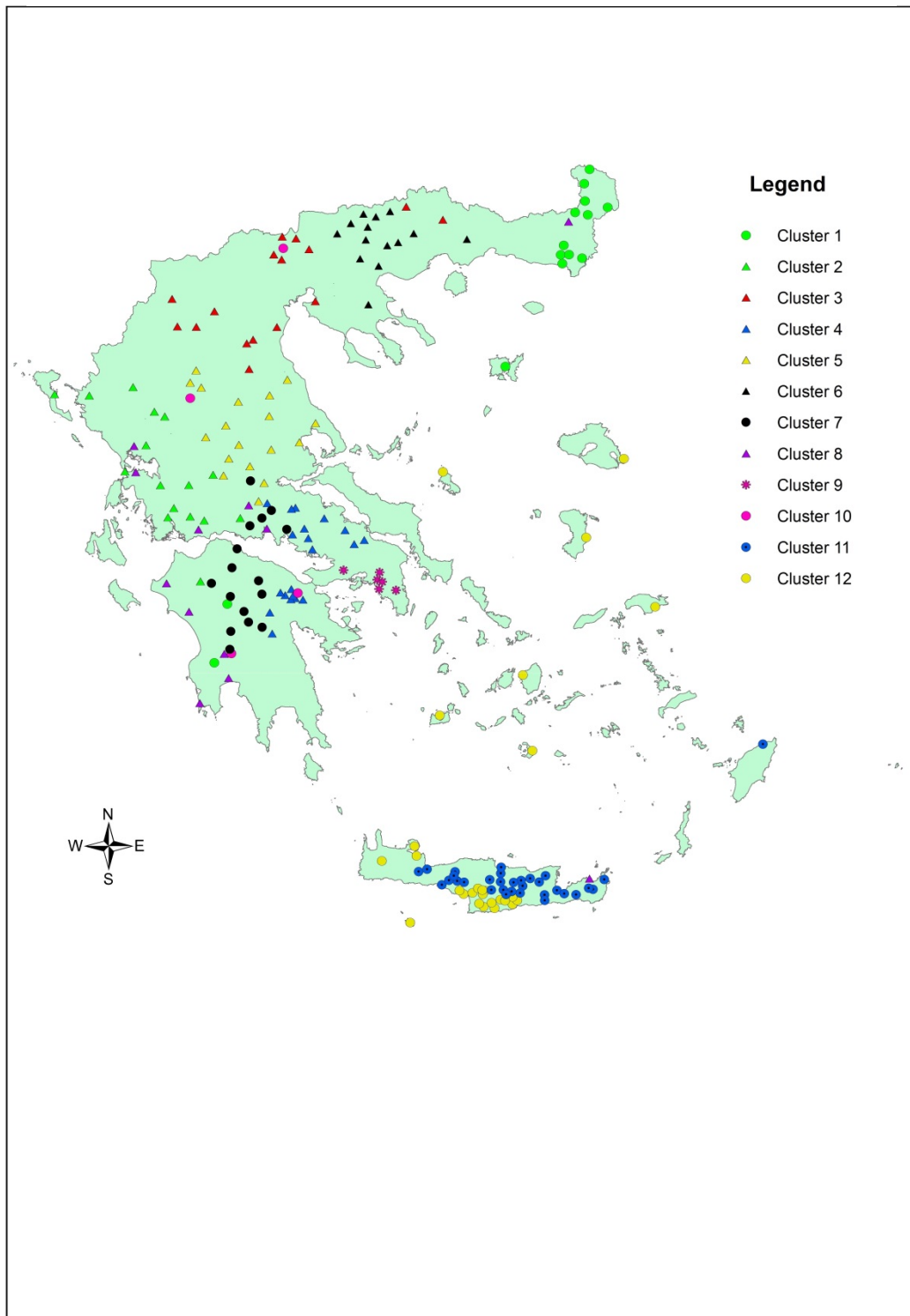
Χάρτης 4: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Centroid Pearson Correlation



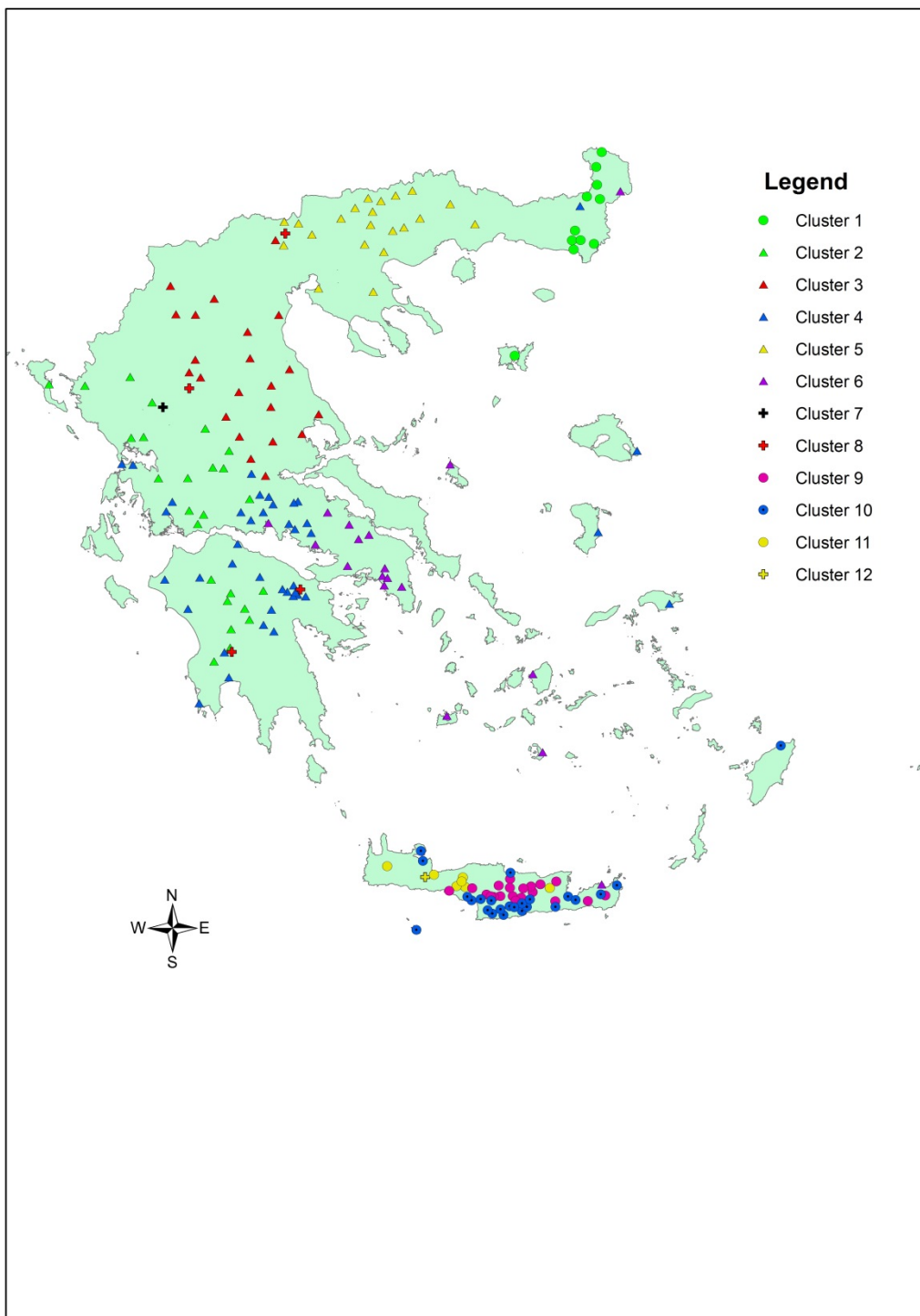
Χάρτης 5: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Ward's Cosine



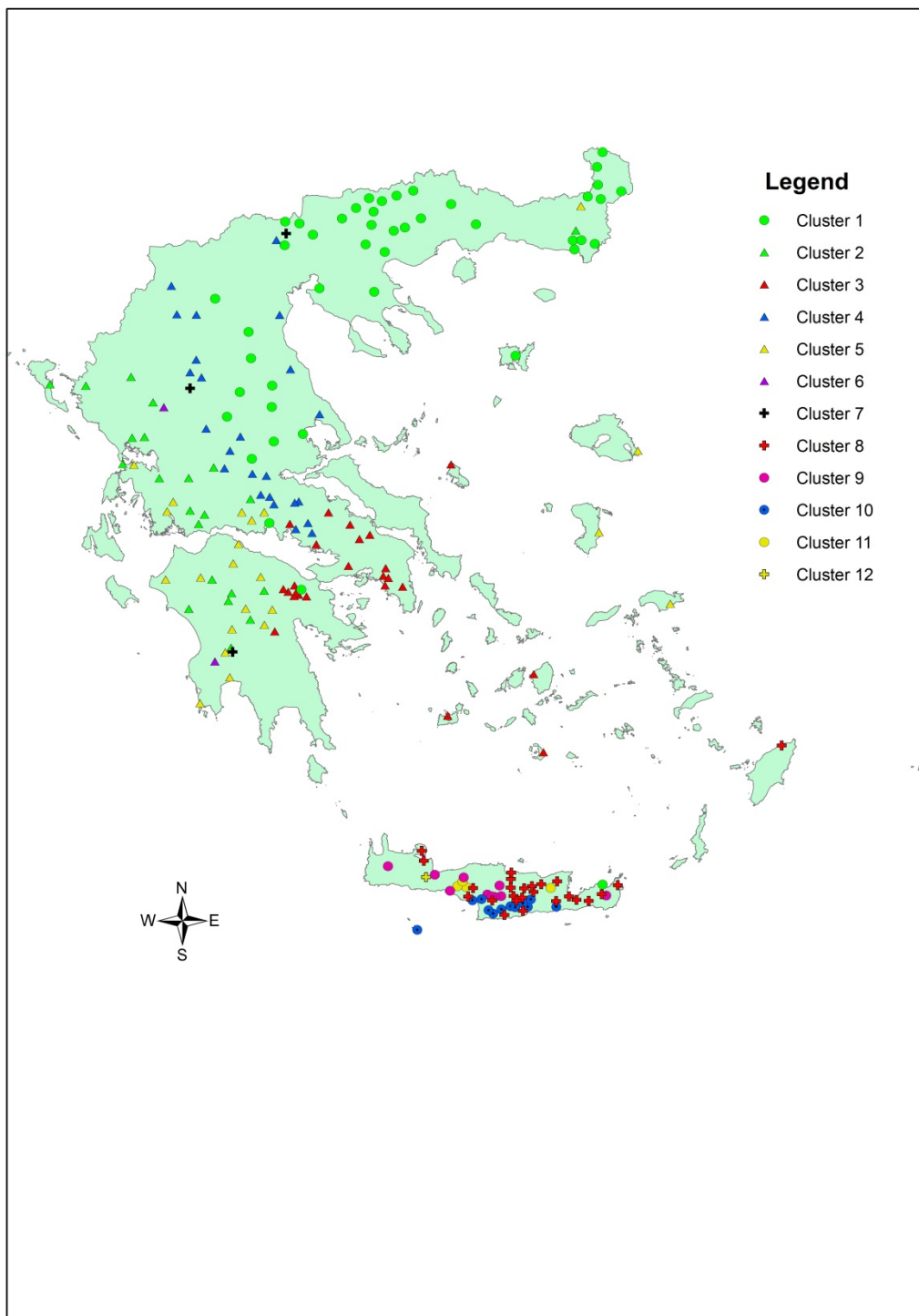
Χάρτης 6: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Centroid Cosine (measure)



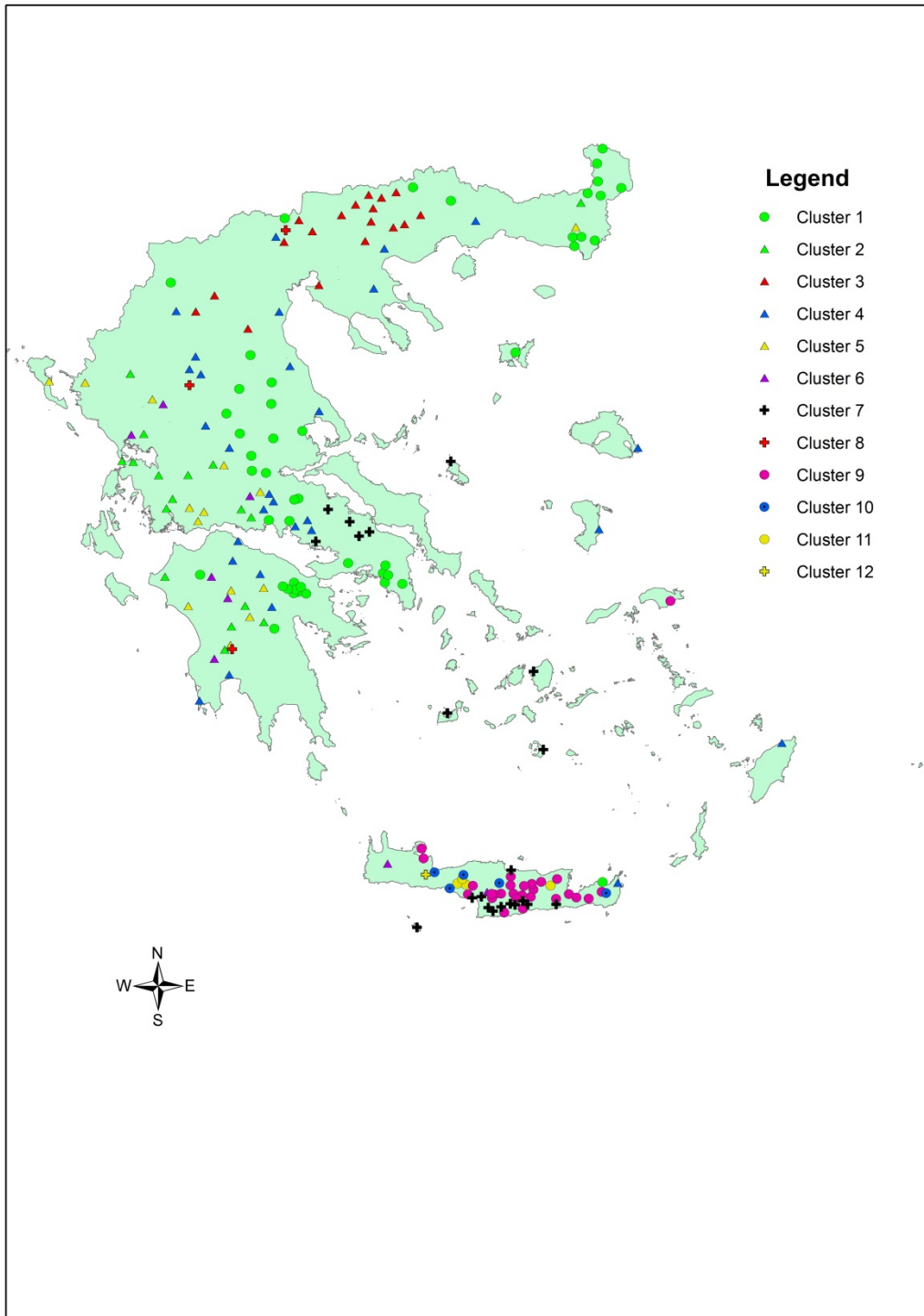
Χάρτης 7: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Ward’s City-Block



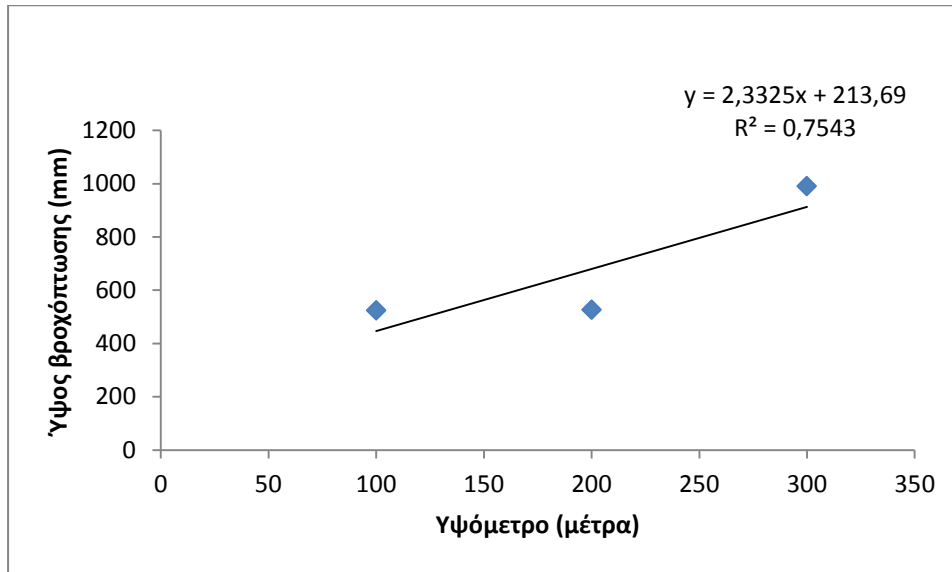
Χάρτης 8: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Ward's Minkowski ($p=3$)



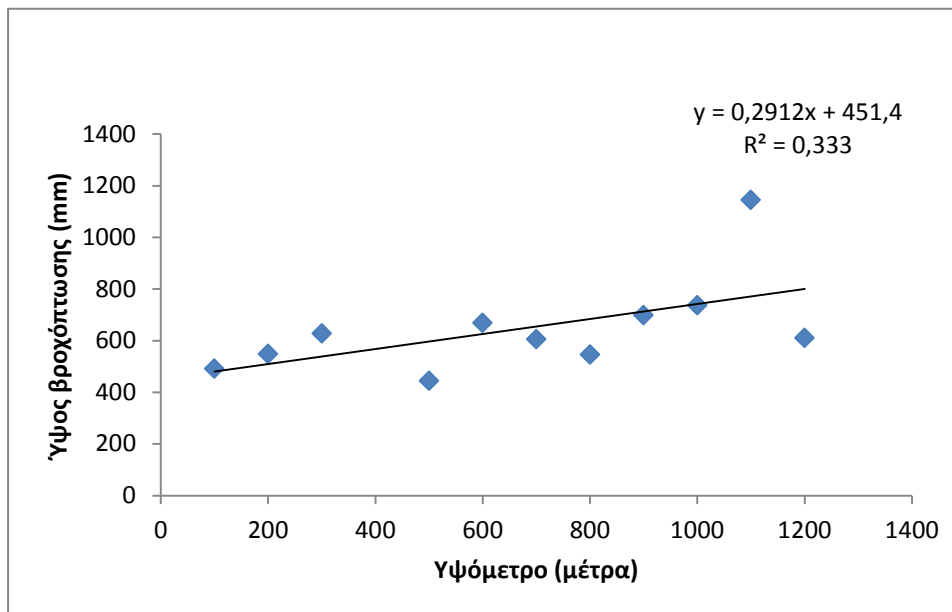
Χάρτης 9: Monthly Rainfall (1981-207) – Method Ward's Chebychev



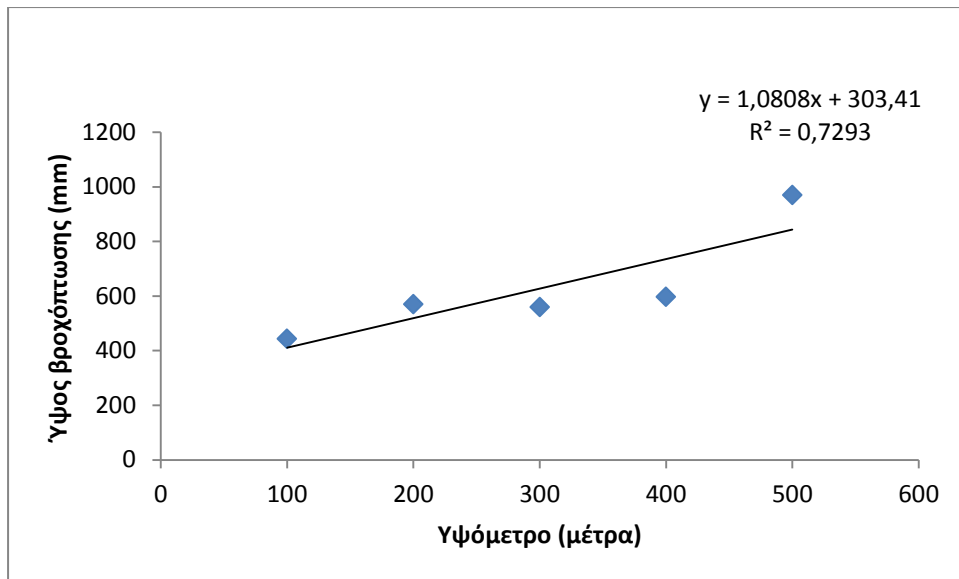
Παράρτημα III - Γραφήματα



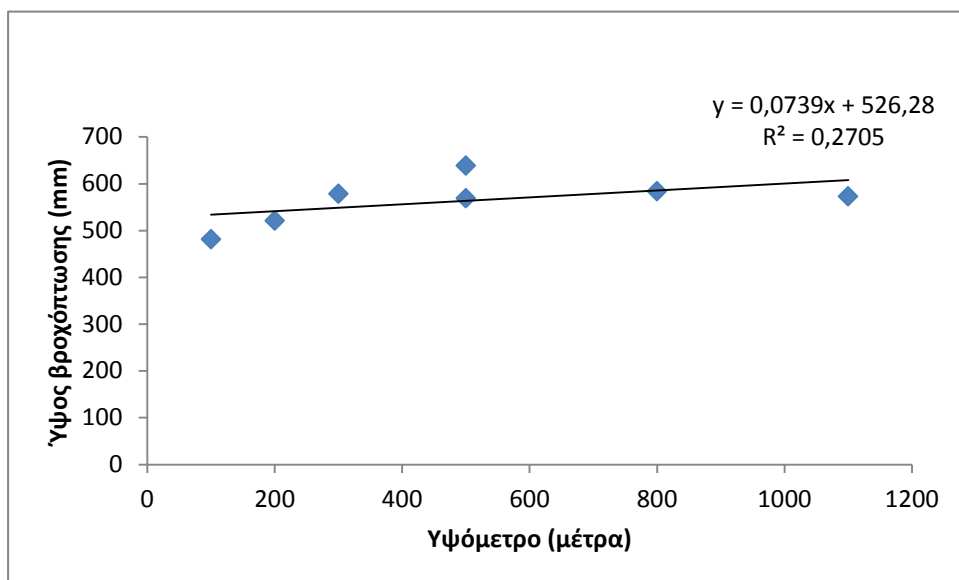
Γράφημα 1: Βροχοβαθμίδα 1^{ης} συστάδας



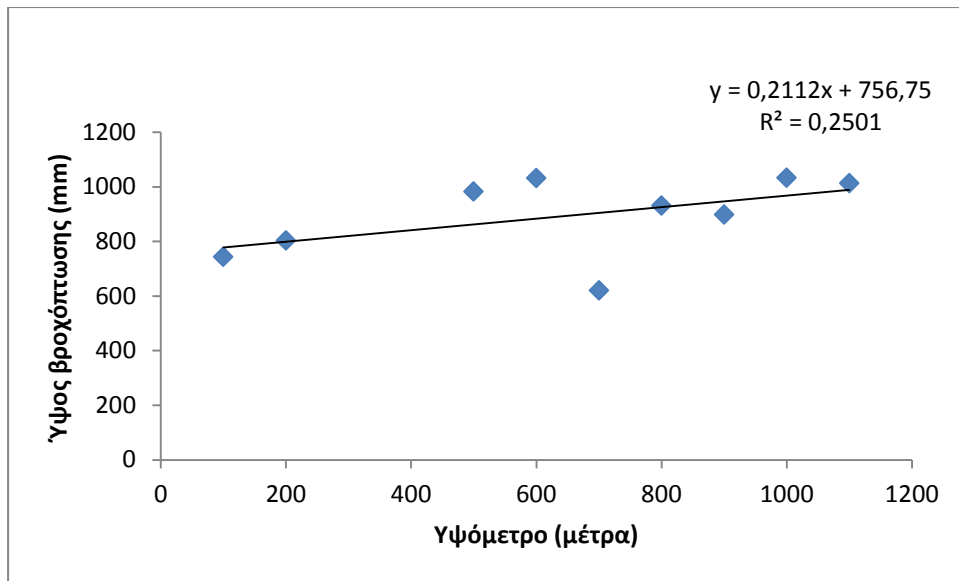
Γράφημα 2: Βροχοβαθμίδα 3^{ης} συστάδας



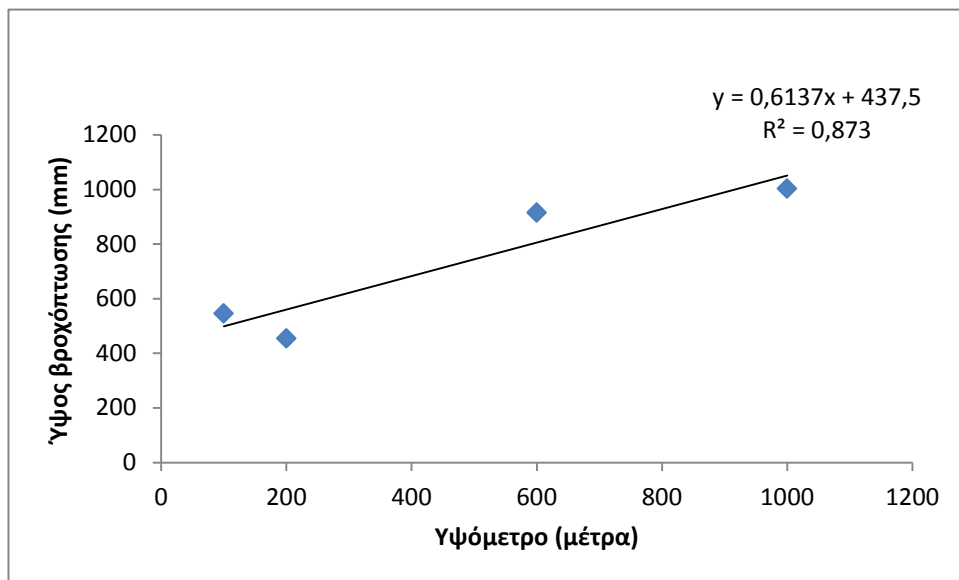
Γράφημα 3: Βροχοβαθμίδα 4^{ης} συστάδας



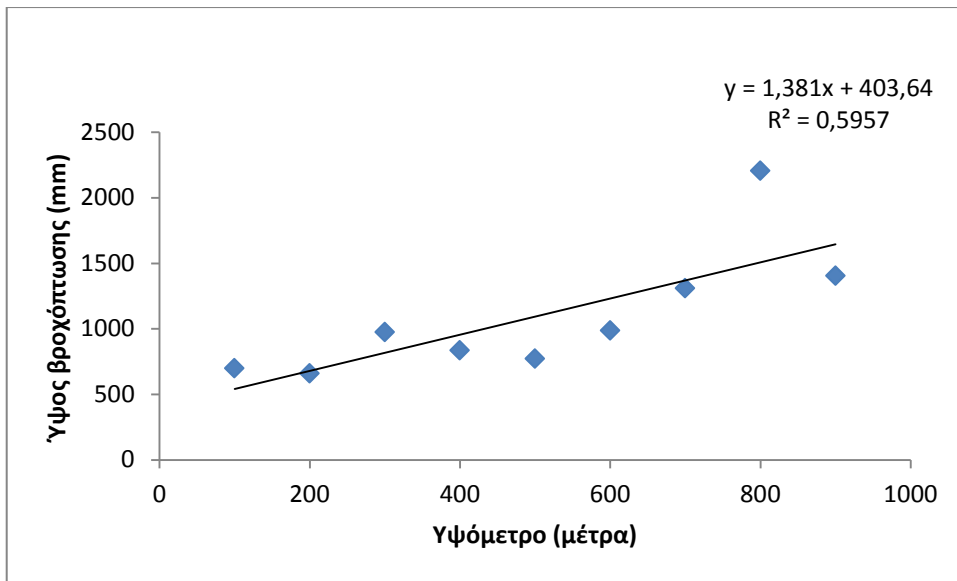
Γράφημα 4: Βροχοβαθμίδα 5^{ης} συστάδας



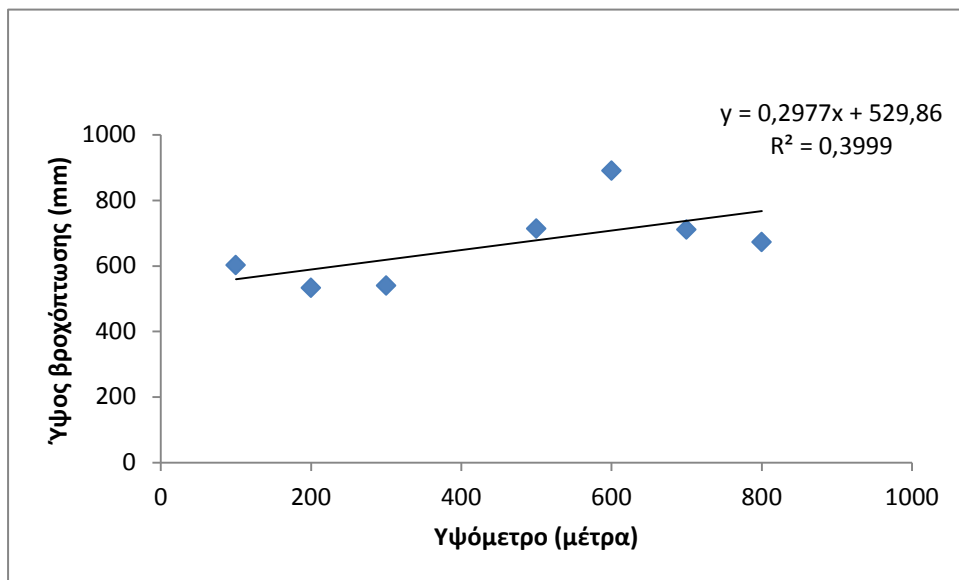
Γράφημα 5: Βροχοβαθμίδα 6^{ης} συστάδας



Γράφημα 6: Βροχοβαθμίδα 9^{ης} συστάδας



Γράφημα 7: Βροχοβαθμίδα 10^{ης} συστάδας



Γράφημα 8: Βροχοβαθμίδα 11^{ης} συστάδας