



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Αξιοποίηση δεδομένων βροχόπτωσης για τη
βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ σε
βροχοεξαρτώμενη γεωργία. Εφαρμογή στην Ινδία



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευάγγελος Μ. Κονταράκης

Επιβλέπων: Δημήτρης Κουτσογιάννης

Το περιεχόμενο της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Αθήνα, Ιούνιος 2019

«Αν έστω και ένα παιδί σε κάποια άκρη του κόσμου πεθαίνει από την πείνα ή από τον πόλεμο τότε ο πολιτισμός μας έχει αποτύχει οικτρά»

Νίκος Καζαντζάκης, 1883-1957, Έλληνας συγγραφέας

«Οι μαθηματικοί τύποι δεν είναι απεικόνιση της φύσης, αλλά μάλλον της γνώσης που έχουμε για τη φύση»

Weiner Heisenberg, 1901-1976, Γερμανός φυσικός

«Να ξέραμε αφεντικό τι λένε οι πέτρες, τα λουλούδια, η βροχή! Μπορεί να φωνάζουν, να μας φωνάζουν, κι εμείς να μην ακούμε»

Νίκος Καζαντζάκης, 1883-1957, Έλληνας συγγραφέας

(«Βίος και Πολιτεία του Αλέξη Ζορμπά»)

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	3
Abstract	5
Ευχαριστίες	7
1 Εισαγωγή	8
1.1 Υπόθεση έρευνας	8
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	8
2 Οικονομικές μεταβλητές.....	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες (rainfed agriculture).....	10
2.2.1 Γεωργική Απόδοση σε Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες.....	15
2.2.2 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία - Περιορισμοί και ανεκμετάλλευτα συστήματα.....	17
2.2.3 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε Νότια και Ανατολική Ασία.....	23
2.2.4 Σημασία της βροχόπτωσης στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες.....	37
2.2.5 Συμπεράσματα για βροχοεξαρτώμενη γεωργία.....	40
2.3 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία και αγροτική παραγωγή στην Ινδία.....	41
2.4 Συλλογή Δεδομένων.....	69
2.4.1 Αξία ΑΕΠ από γεωργία και αγροτική παραγωγή.....	70
2.4.2 Δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI	71
2.4.3 Τιμές αγροτικών προϊόντων που έλαβαν οι αγρότες.....	72
2.5 Βασική Στατιστική Ανάλυση οικονομικών μεταβλητών.....	75
3 Υδροκλιματικές μεταβλητές	85
3.1 Εισαγωγή	85
3.2 Κλιματικό προφίλ στην Ινδία.....	85
3.3 Συλλογή δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας	85
3.4 Μεθοδολογία και αρχική ανάλυση.....	86
3.4.1 Αρχική ανάλυση παραμέτρων σε 5 χώρες.....	86
3.4.2 Στατιστική μελέτη στην Ινδία.....	99
3.4.3 Μέθοδος κεντρικών ροπών βροχόπτωσης/θερμοκρασίας.....	107
3.4.4 Μέθοδος L - ροπών βροχόπτωσης/θερμοκρασίας.....	111
3.4.5 Μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας βροχόπτωσης/θερμοκρασίας.....	116
3.4.6 Εποχικότητα μέσα στο έτος.....	119
3.5 Κλιμακόγραμμα και Συντελεστής Hurst.....	123
3.6 Ρυθμός μεταβολής μεταβλητών Ινδία.....	129
4 Συνδυαστική ανάλυση μεταβλητών	131
4.1 Εισαγωγικά στοιχεία συνδυαστικής ανάλυσης	131
4.2 Συσχετίσεις μεταβλητών.....	137
4.3 Μεγιστοποίηση συντελεστή συσχέτισης μεταβλητών.....	141
4.4 Επεξεργασία μεταβλητών στο Matlab.....	142
4.4.1 Βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες.....	142
4.4.2 Μοντέλο απλής ομοιοθεσίας για βροχόπτωση.....	145
4.5 Μοντελοποίηση βροχόπτωσης θερινό εξάμηνο.....	151
4.5.1 Βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες.....	151
4.5.2 Μέθοδος κεντρικών και L-ροπών για βροχόπτωση.....	154
4.5.3 Μέθοδος κεντρικών ροπών για αγροτικό ΑΕΠ.....	157
4.6 Συσχέτιση βροχόπτωσης εξαμήνου με αγροτικό ΑΕΠ	158
4.6.1 Κλιμακόγραμμα και Hurst για εξάμηνο βροχόπτωσης.....	160
4.6.2 Κλιμακόγραμμα και Hurst μοντέλο 3AR(1) βροχόπτωσης	163
4.6.3 Οικονομικές μεταβλητές Ινδία 1968-2015.....	168

4.6.4	Μοντέλο 3 AR(1) για ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ	173
4.6.5	Κλιμακόγραμμα και Hurst μοντέλο 3AR(1) ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ.....	177
4.7	Διερεύνηση εφαρμογής για βελτιστοποίηση αγροτικού ΑΕΠ	179
5	Συμπεράσματα	186
5.1	Σύνοψη της εργασίας.....	186
5.2	Συμπεράσματα.....	187
5.2.1	Οικονομικές μεταβλητές	187
5.2.2	Υδροκλιματικές μεταβλητές	187
5.2.3	Συνδυαστική ανάλυση	188
5.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	189
6	Βιβλιογραφία	190
6.1	Ηλεκτρονικές ιστοσελίδες.....	191

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αξιοποίηση δεδομένων βροχόπτωσης για τη βελτιστοποίηση
του Αγροτικού ΑΕΠ σε βροχοεξαρτώμενη γεωργία (Εφαρμογή στην
Ινδία)**

Κονταράκης Μ.Ε. (Επιβλέπων: Κουτσογιάννης Δ.)

Περίληψη

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank), στις αναπτυσσόμενες χώρες, και συγκεκριμένα στη Νοτιοανατολική Ασία διαπιστώνεται υψηλή εξάρτηση του συνολικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) από την αγροτική τους παραγωγή. Εν ελλείψει τεχνικών υποδομών για άρδευση (π.χ. ταμιευτήρες και δίκτυα) το γεωργικό προϊόν και οι καλλιέργειες των αγροτών των αναπτυσσόμενων χωρών εξαρτώνται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες, το οποίο συμβάλλει στην πλειονότητα της γεωργίας και της αγροτικής παραγωγής να είναι βροχοεξαρτώμενη (rainfed agriculture). Χώρες όπως η Αιθιοπία και η Ινδία, που οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν μεγάλα προβλήματα πείνας, σύμφωνα με τον ΟΗΕ, αλλά και όλο και περισσότερα κράτη συμμετέχουν στο Green Revolution, που είναι ένας στόχος επίτευξης ικανοποίησης αναγκών για τροφή μέχρι το 2025. Αυτό επιθυμείται να επιτευχθεί με την αύξηση του συνολικού ΑΕΠ των χωρών με την βελτιστοποίηση της οικονομίας τους. Σημαντικό ρόλο για τις οικονομίες των αναπτυσσόμενων χωρών διαδραματίζει η γεωργία, η οποία είναι βροχοεξαρτώμενη στις συγκεκριμένες χώρες. Συγκεκριμένα, στην Ινδία το συνολικό ΑΕΠ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γεωργία που το μεγαλύτερο κομμάτι της είναι βροχοεξαρτώμενο. Χρήζει, λοιπόν, μελέτης η σχέση που έχει η βροχόπτωση και η θερμοκρασία με την αγροτική παραγωγή, αλλά και με το ΑΕΠ που προκύπτει από τη γεωργία (Agriculture value added), καθώς και η εξάρτηση των δεύτερων από τα πρώτα.

Στη διαδικασία μελέτης των συσχετίσεων μεταξύ των υδροκλιματικών παραμέτρων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας με το αγροτικό ΑΕΠ και ενός δείκτη αγροτικής παραγωγής που ονομάζεται Crop Production Index, υπολογίστηκε συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο ενός υδρολογικού έτους με το ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ $\rho=0.78$, που καταδεικνύει υψηλή συσχέτιση των προς σύγκριση συνόλων. Μελετήθηκε το θερινό εξάμηνο, καθώς αυτή η περίοδος – εποχή του έτους έχει τα υψηλότερα επίπεδα κατακρήμνισης, λόγω των μουσώνων. Για να είναι τα συμπεράσματα για το αγροτικό ΑΕΠ και την αγροτική παραγωγή ορθότερα, κρίθηκε γόνιμο να μελετηθεί η συμπεριφορά της βροχόπτωσης στην Ινδία για τη χρονική περίοδο 1901-2015. Αφού με επεξεργασία δεδομένων φάνηκε η «βροχερή» εποχή του χρόνου και με στατιστική ανάλυση υπολογίστηκε ότι η χρονοσειρά της βροχόπτωσης για τα συναπτά έτη έχει εμμονή, καταστήθηκε μοντέλο απλής ομοιοθεσίας $3AR(1)$, ώστε να είναι ευνοϊκότερη η μελλοντική διαχείριση της, που με την ισχυρή της συσχέτιση με τις οικονομικές μεταβλητές, θα συνέβαλλε και στην βελτιστοποίηση της οικονομίας. Επίκεντρο στο μεγαλύτερο κομμάτι της εργασίας ήταν ο ρυθμός μεταβολής των μεγεθών που αναφέρθηκαν, καθώς ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται οι υδροκλιματικές παράμετροι, μπορεί να αποτελέσει ένδειξη για πιθανή παρόμοια μεταβολή του αγροτικού ΑΕΠ και του δείκτη CPI.

Τέλος, έγινε προσπάθεια ανάλυσης των συσχετίσεων μεταξύ του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο και του αγροτικού ΑΕΠ, και υπολογίστηκε ότι η συσχέτιση της βροχόπτωσης με το αγροτικό ΑΕΠ τους πρώτους τρεις μήνες του εξαμήνου δεν μεταβάλλεται σημαντικά έως το τέλος του εξαμήνου. Η αγροτική παραγωγή συλλέγεται στο τέλος του χρόνου και το αγροτικό ΑΕΠ καταγράφεται τότε. Οπότε, το προηγούμενο αποτέλεσμα μπορεί να προσφέρει ενδείξεις για τη μεταβλητότητα του ΑΕΠ τρεις μήνες νωρίτερα από το προβλεπόμενο, και να γίνουν οι απαραίτητες διαχειριστικές και επενδυτικές κινήσεις. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να γίνει σε ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου, καθώς και να μελετηθεί ολοκληρωμένο μοντέλο βροχόπτωσης – αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία αλλά και σε περισσότερες χώρες με βροχοεξαρτώμενη γεωργία.

DIPLOMA THESIS

**Optimization of the Agriculture value added with the exploitation of
rainfall data in rainfed agriculture (application in India)**

Kontarakis M. E. (supervised by Koutsogiannis D.)

Abstract

According to international data from World Bank on developing countries and in the Southeast Asia, there is a strong relation of their Gross Domestic Product (GDP) to their agricultural output, suggesting that a large fraction of total income in the developing world derives from domestic agricultural value added. In addition, the significant lack of irrigation infrastructure (e.g. reservoirs and irrigation networks) forces these countries' income into strong dependence from local hydroclimatic conditions such as precipitation and temperature; as the majority of crop output is -in turn- based on rain-fed agriculture. More and more countries, such as Ethiopia and India, where people face poverty and lack of food, participate, according to United Nations, in the Green Revolution initiative, which is a realistic target it the needs of food satisfaction until 2025. This is desired to be accomplished by the increase of the GDP in these countries through the improvement of the economy. Significant field of the economy in the developing countries is the agriculture, which in most cases is rainfed. Especially in India, GDP has a strong relation with agriculture and agricultural production, which is based in rainfed systems. So, study should be implemented in order the correlation of the rainfall and temperature with the Agriculture value added and agricultural production to be found.

In the procedure of the study of the correlations between hydroclimatic (Precipitation and Temperature) and economic values (Agriculture value added and Crop production index), the Pearson correlation coefficient was calculated and equals $\rho=0.78$. We had to discriminate the year in the rainy and dry season, and it has been concluded that the rainy season of the year was the summer semester, due to the monsoon phenomenon. In order for the deductions for the Agriculture value added and CPI to be more precise, the rainfall in the period 1901-2015 has been studied. Since it was indicated through statistical analysis that the time series of rainfall in India has long term persistence, it was implemented a Hurst – Kolmogorov process 3AR (1) so as to be easier in the future, the management of water resources and precipitation in India. By this way, it could be predictable the change percentage of the economic values, that would lead to the improvement of economy. Basic part of the project was the study of the percentage of change of many variables and the

statistical analysis of the growth of hydroclimatic and economic values.

Lastly, endeavor has been conducted for the correlations between rainfall and agriculture value added to be analyzed, and it is assessed that the correlation of the 2 values does not change significantly from the first 3 months of the summer semester until the end of the semester. Agricultural output and agriculture value added is gathered at the end of the year, so the last conclusion offers indications for the variability of the agriculture value added 3 months earlier than the predicted and the appropriate movements of investments could be done earlier in order for the GDP to be increased. Further research could be done in the future for a model construction for rainfall- agriculture added in India or other countries with rainfed agriculture.

Ευχαριστίες

Δεν είχα φανταστεί ως τώρα πως η συγγραφή των ευχαριστιών θα ήταν μια τόσο δύσκολη διαδικασία. Πώς γίνεται να εκφράσω, εξάλλου, την ευγνωμοσύνη μου προς όλους εκείνους που στάθηκαν στο πλευρό μου σε τόσες λίγες γραμμές;

Ολοκληρώνοντας την συγκεκριμένη εργασία έρχεται σε πέρας ένα πολύ δημιουργικό κομμάτι της ζωής μου, καθώς με το τέλος αυτού, ξεκινά ένα νέο, εύχομαι ακόμα δημιουργικότερο. Διανύοντας τα φοιτητικά μου χρόνια, αντιλαμβάνομαι τη μεγάλη συνεισφορά της σχολής σε αξίες και γνώσεις, και χρήζει αναφοράς των ανθρώπων που με βοήθησαν να φτάσω σε αυτό το σημείο.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου και πρώην κοσμήτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ κ. Δημήτρη Κουτσογιάννη όχι μόνο για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας και τις χρήσιμες συμβουλές που μου έδωσε, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε, που οδήγησε στην επιτυχή ολοκλήρωση της. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για το ήθος και την αγάπη του προς του φοιτητές του, γεγονός που κάνει σπουδαίο το διδακτικό του έργο καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών. Με τη βοήθεια του, συμμετείχα στο πρώτο μου συνέδριο το 2018 στην EGU με θέμα τις στοχαστικές μεθόδους σε οικονομικούς παράγοντες. Αποτελεί η συμμετοχή μου αυτή στο συνέδριο μια από τις σημαντικότερες εμπειρίες που είχα στη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων καθώς κατανόησα περισσότερο το περιβάλλον της επιστημονικής κοινότητας και μπόρεσα να βάλω και εγώ τη σφραγίδα μου, κατά το δυνατόν σε αυτόν τον κύκλο.

Η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να διεκπεραιωθεί και να φτάσει εις πέρας χωρίς τη βοήθεια του Παναγιώτη Δημητριάδη. Με τη συνεχή καθοδήγηση του και την κρίσιμη στήριξη του σε όλες τις πτυχές της εργασίας, και με μοναδικό κίνητρο την επιστημονική περιέργεια, κατάφερα να συνάγω αξιόλογα συμπεράσματα και να έχω μια δομημένη εργασία και για αυτό το λόγο τον ευχαριστώ θερμά.

Επίσης, θα ήθελα να ευγνωμονήσω τον Γιώργο Καρακατσάνη, για τις υποδείξεις του σε οικονομικούς δείκτες και χρηματοοικονομικές ορολογίες που χρειάστηκαν στην εργασία, τα οποία αποτελούσαν για μένα άγνωστα ακαδημαϊκά αντικείμενα.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η προσφορά και συμβολή σε εξεζητημένα ζητήματα στον κώδικα στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab του καλού και παιδικού μου φίλου Ιωάννη Ι. Κουλιεράκη Ηλεκτρολόγου Μηχανικού ΕΜΠ, που χωρίς τη δική του βοήθεια σε εξοικείωση σε βάθος στον προγραμματισμό δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί με ευκολία ένα μεγάλο τμήμα του κώδικα. Αποτελέσε καλός σύμβουλος και βοηθός ουκ ολίγες φορές. Και τον ευχαριστώ γι αυτό.

Τέλος, τα λόγια δεν είναι αρκετά για να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την οικογένεια μου για την αγάπη και τις θυσίες που έκαναν όλα αυτά τα χρόνια στηρίζοντας με. Ήταν και είναι πάντα δίπλα μου στηρίζοντας κάθε επιλογή μου και εμπνέοντας με με δύναμη και ήθος.

Κονταράκης Μανούσου Ευάγγελος
Μάρτιος 2019 – Μάιος 2019

1 Εισαγωγή

1.1 Υπόθεση έρευνας

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας σχετίζεται με την συζήτηση που έχει ξεκινήσει εδώ και μερικές δεκαετίες και έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια και αφορά την συμβολή των καιρικών συνθηκών στην διαχείριση αγροτικών προϊόντων και τροφίμων σε χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου. Πιο συγκεκριμένα, σε χώρες χωρίς μεγάλο αρδευτικό σύστημα που οι καλλιέργειες τους είναι κυρίως βροχοεξαρτώμενες, όπως είναι η Ινδία, χρειάζεται να εξετάσουμε πιθανές σχέσεις της αγροτικής παραγωγής με τα τοπικά καιρικά φαινόμενα και κάποιες υδροκλιματικές παραμέτρους. Στα πλαίσια αυτής της συζήτησης διερευνήθηκε η ετεροσυσχέτιση μεταξύ του ρυθμού μεταβολής του αγροτικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος στην Ινδία (Agricultural Value Added) και της βροχόπτωσης τα θερινά εξάμηνα κάθε χρόνου από το 1968-2015, και προέκυψαν κάποια αξιολογικά συμπεράσματα.

Παράλληλα, έγινε στατιστική και στοχαστική ανάλυση της βροχόπτωσης στην Ινδία για τις χρονολογίες 1901-2015 τόσο για όλη τη διάρκεια κάθε έτους (12 μήνες), όσο και για την περίοδο ενδιαφέροντος που είναι τα θερινά πεντάμηνα (Μάιος - Οκτώβριος). Οι κύριοι στόχοι της στοχαστικής ανάλυσης αυτής ήταν τόσο να διερευνηθεί η βροχόπτωση στην Ινδία, στατιστικές ιδιότητες και πιθανότητα ύπαρξης εμμονής με τον υπολογισμό του συντελεστή Hurst, μελέτη της δομής της αυτοσυσχέτισης, προσαρμογή θεωρητικών κατανομών με τη μέθοδο των κεντρικών και L ροπών αλλά και κατασκευή ενός στοχαστικού μοντέλου διαχείρισης της για τα επόμενα χρόνια.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια και παραρτήματα. Το παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο (Κεφάλαιο 1), οριοθετεί το στόχο και την υπόθεση της εργασίας και περιγράφει τα δεδομένα που απαιτήθηκαν για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης έρευνας.

Στο Κεφάλαιο 2 ορίζονται και περιγράφονται όλες οι οικονομικές παράμετροι και χρηματοοικονομικά δεδομένα που απαιτήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση της έρευνας και παρατίθεται βιβλιογραφική επισκόπηση των βασικών ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί στη συσχέτιση αγροτικών προϊόντων και οικονομικών δεικτών με μεταβλητές καιρικών φαινομένων όπως κατακρήμνιση και θερμοκρασία. Επίσης αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των οικονομικών μεταβλητών που επιλέξαμε να μελετήσουμε καθώς και οι παράγοντες που παίζουν ρόλο στη μεταβλητότητα και την ευαισθησία τους και αποτελούν κινητήριες δυνάμεις της οικονομίας της Ινδίας, αλλά και άλλων χωρών με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες. Τέλος, παρατίθενται αναλυτικά πληροφορίες για τις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες και το ποσοστό εκμετάλλευσής τους ανά τον κόσμο, καθώς παρατίθεται επίσης βιβλιογραφική επισκόπηση των βασικών ερευνών που έχουν γίνει για το συγκεκριμένο είδος καλλιέργειας στην Ινδία.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύονται οι κλιματικές συνθήκες και οι υδροκλιματικές παράμετροι, και συγκεκριμένα, κατακρήμνιση και θερμοκρασία, στις ζώνες παραγωγής των αγροτικών προϊόντων στην Ινδία και ορίζονται τα δεδομένα των γεωφυσικών αυτών μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, αναλύονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που έγινε σε μηνιαίες και ετήσιες χρονοσειρές κατακρήμνισης της Ινδίας και παρατίθενται τα αποτελέσματα των υπολογισμών, καθώς και το στοχαστικό μοντέλο που κατασκευάστηκε για τη διαχείριση και τη μελέτη της βροχόπτωσης στην υπό μελέτη περιοχή.

Το Κεφάλαιο 4, αφορά στη συνδυαστική ανάλυση των οικονομικών και υδροκλιματικών μεταβλητών. Αρχικά αναλύονται δεδομένα παραγωγής και απόδοσης των αγροτικών προϊόντων και καλλιεργειών στην Ινδία, καθώς και βασικών παραγόντων ή οικονομικών συντελεστών που σχετίζονται με την παραγωγή όπως τιμές ενός συνόλου αγροτικών προϊόντων βροχεξαρτώμενων καλλιεργειών από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (IMF). Μέσα από βιβλιογραφική επισκόπηση και ανάλυση των δεδομένων καταλήγουμε στα έτη μελέτης 1968-2015 για την Ινδία για τις οικονομικές παραμέτρους. Έπειτα, διεκπεραιώνεται μελέτη για εύρεση πιθανών συσχετίσεων μεταξύ του ρυθμού μεταβολής των οικονομικών παραμέτρων αυτών, και συγκεκριμένα του Αγροτικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Agriculture Value Added) με το ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στοχαστική ανάλυση και τις συσχετίσεις των παραπάνω μεταβλητών, καθώς και προτείνεται εφαρμογή διαχείρισης των αγροτικών μηχανημάτων και τεχνολογιών στην Ινδία προκειμένου να υπάρξει εξοικονόμηση πόρων από ακραίες καιρικές συνθήκες σε βροχόπτωση σε πλημμύρα ή ξηρασία σε μελλοντικά έτη.

Στο Παράρτημα Α παρουσιάζεται κώδικας σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab που χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική και στοχαστική ανάλυση των μεταβλητών.

2 Οικονομικές Μεταβλητές

Στο κεφάλαιο 2 αρχικά παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία που αφορούν στις βροχεξαρτώμενες καλλιέργειες ανά τον κόσμο και στις περιοχές εύρεσης τους και οι επικείμενες διαφορές που μπορεί να έχουν με τις αρδευόμενες καλλιέργειες από ταμειυτήρες ή άλλα υδραυλικά έργα, καθώς και οικονομικές παράμετροι που σχετίζονται με τις καλλιέργειες αυτές, αλλά και με την υπό μελέτη χώρα Ινδία. Παρουσιάζονται οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτώνται και κάποια γενικά στατιστικά χαρακτηριστικά όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση και η διαδικασία εύρεσης τους και τέλος η στατιστική ανάλυση και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

2.1 Εισαγωγή

Περίπου 800 εκατομμύρια άνθρωποι στον πλανήτη μας αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα όσο αφορά βασικές βιολογικές τους ανάγκες που σχετίζονται με την τροφή, καθώς και 166 εκατομμύρια παιδιά στην προσχολική ηλικία είναι υποσιτισμένα στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Με την ορολογία αναπτυσσόμενος κόσμος αναφερόμαστε στις

χώρες που βρίσκονται σε χαμηλό στάδιο οικονομικής ανάπτυξης, καθώς παλιότερα χρησιμοποιούνταν η ορολογία τρίτος κόσμος. Κύρια χαρακτηριστικά αυτών των χωρών βρίσκονται να είναι η διαδεδομένη φτώχεια, οι κακές υποδομές, η χαμηλή μόρφωση και το ανειδίκευτο ανθρώπινο δυναμικό, έλλειψη των επενδύσεων και βιομηχανικής παραγωγής, καθώς και η ανώριμη δημοκρατία ή η πλήρης έλλειψη της που μπορεί να συνοδεύεται από χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα κ.τ.λ.

Θεωρείται, επομένως, μεγάλη πρόκληση η παραγωγή επαρκούς τροφής και εισοδήματος στις χώρες αυτές, έτσι ώστε να μπορούν καλύτερα να τραφούν οι φτωχότεροι και να μειωθεί ο αριθμός των υποσιτισμένων και αυτών που υποφέρουν. Η πρόκληση αυτή, πρόκειται να γίνει εντονότερη τα ακόλουθα χρόνια, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει προβλεφθεί να έχει αύξηση περίπου στα 7.8 δισεκατομμύρια το 2025, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερη πίεση στην παγκόσμια ασφάλιση της τροφής (world food security), ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες, στις οποίες παραπάνω από το 80% της προαναφερθείσας αύξησης πληθυσμού πρόκειται να συμβεί (Mark Rosegrant, Ximing Cai, Sarah Cline και Naoko Nakagawa, 2002). Η αρδευόμενη γεωργία έχει, σαν μέθοδος παραγωγής των αγροτικών προϊόντων και αγαθών, και κατ'επέκταση της τροφής, συνεισφέρει στην εξάπλωση στα παγκόσμια αποθέματα τροφής μετά το 1960, καθώς αναμένεται να διαδραματίσει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην τροφική αποκατάσταση του παγκόσμιου υποσιτισμένου πληθυσμού.

Παρόλα αυτά, οι αγροτικές περιοχές που εξαρτώνται αποκλειστικά από την βροχή στη μέθοδο παραγωγής των αγροτικών προϊόντων, τη δεδομένη χρονική στιγμή κατέχουν το 58% του συνόλου. Δεδομένης της σημασίας των σιτηρών που παράγονται σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες και του μεγάλου ποσοστού που προαναφέραμε, όλο και περισσότερες χώρες του αναπτυσσόμενου και μη κόσμου, που έχουν μεγάλη δραστηριότητα στον αγροτικό τομέα, και κυρίως εξαρτώνται τροφικά από αυτόν, στρέφονται προς βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες (rain fed agriculture) και αναζητούν τρόπους βελτίωσης αυτών των συστημάτων.

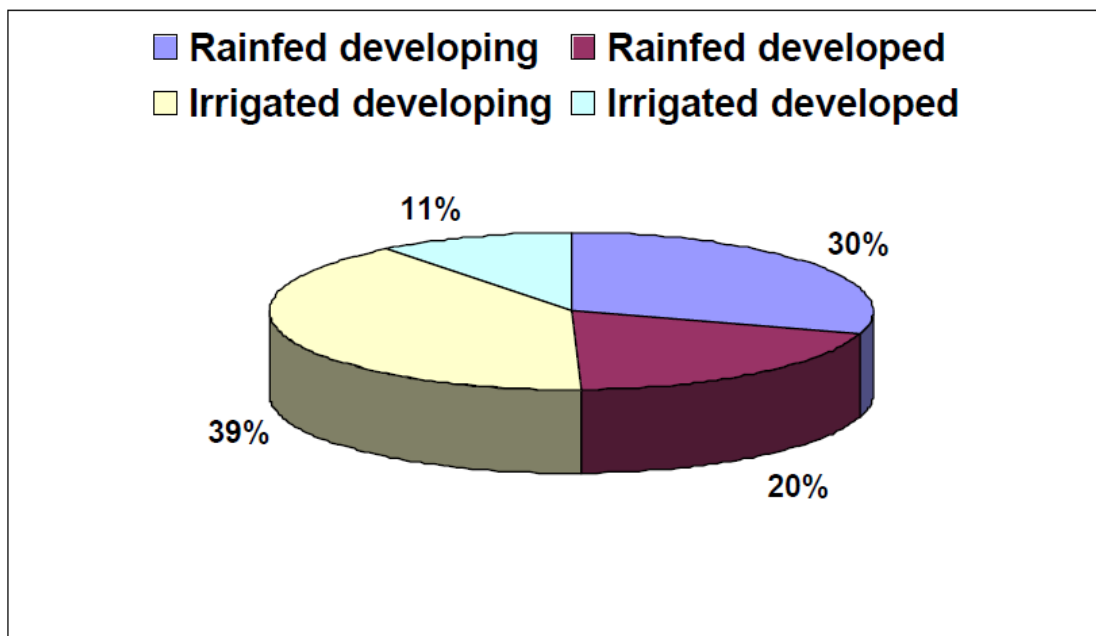
Σύμφωνα με μια Γενική Αξιολόγηση (Comprehensive Assessment), είναι πολύ πιθανό να παραχθεί επαρκής τροφή τις επόμενες δεκαετίες, αλλά είναι πιθανότερο ότι εάν συνεχίσει η τωρινή παραγωγή τροφής και οι περιβαλλοντικές τάσεις, θα προκύψουν κρίσεις οικονομικές και κοινωνικές σε πολλά σημεία ανά τον κόσμο (Molden, 2007). Η αξιολόγηση αυτή έδειξε, επίσης, ότι οι υδατικοί πόροι και η διαθέσιμη γη μπορούν να καλύψουν μελλοντικές ανάγκες στη ζήτηση με τα ακόλουθα:

- Επενδύσεις σε βροχοεξαρτώμενη γεωργία προς αύξηση της αγροτικής παραγωγής.
- Επενδύσεις σε αρδευόμενες καλλιέργειες
- Αναπτύσσοντας αγροτικό εμπόριο μεταξύ των χωρών επενδύοντας όλο και περισσότερο σε αγροτικά προϊόντα

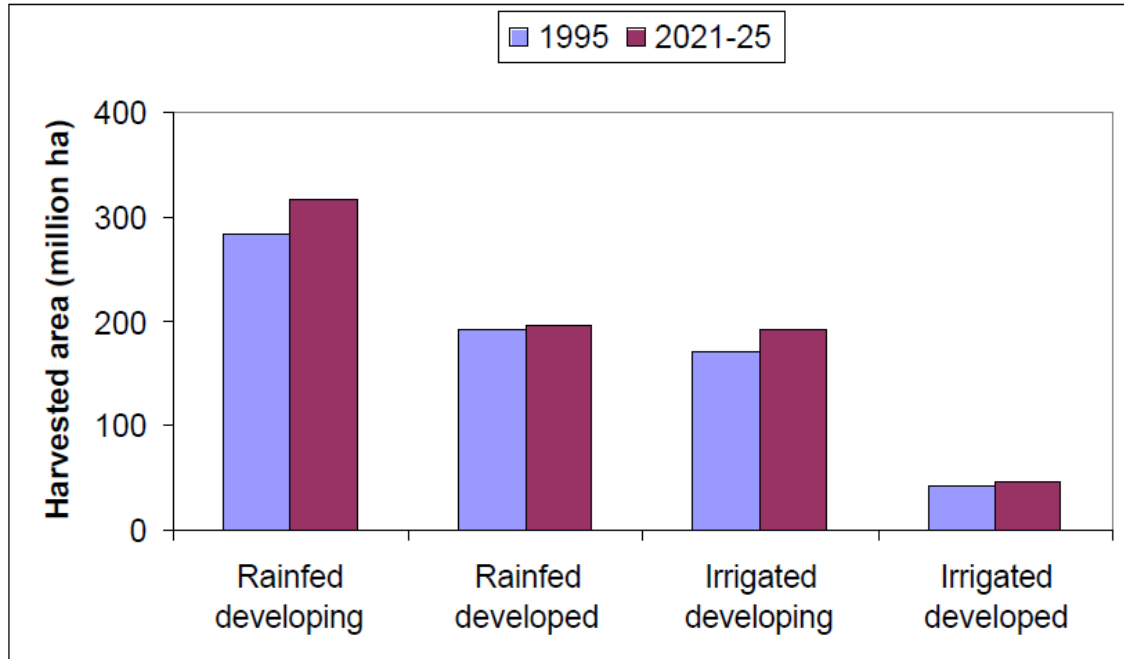
2.2 Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες (Rainfed Agriculture)

Τα γεωργικά και αγροτικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή με πολλούς διαφορετικούς τρόπους σε διαφορετικές τοποθεσίες και χώρες του κόσμου. Τα συστήματα αυτά ποικίλλουν ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, την τοποθεσία της εκάστοτε χώρας, τα

αποθέματα στους υδατικούς πόρους, το επίπεδο της φτώχειας και τις υποδομές. Η οποιαδήποτε επιτυχία στην αγροτική παραγωγή και ανάπτυξη εξαρτάται σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό από την αποτελεσματικότητα της χρήσης και διαχείρισης των φυσικών και υδατικών πόρων (γη, καλλιέργειες, ζώα και νερό). Πάνω σε αυτό το περιεχόμενο, δικαιολογείται και η ανάγκη για βελτιωμένα αγροτικά συστήματα και καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων, που υπαγορεύεται από τα παρακάτω. Περίπου 43-88% του ανθρώπινου πληθυσμού εξαρτάται από την γεωργία για τον βιοπορισμό του, από το οποίο το 12-93 % των ανθρώπων ζουν σε περιοχές που η γεωργία εξαρτάται αποκλειστικά από την βροχή, καθώς και το 26-84% των αγροτικών εξαγωγών προκύπτει από την καλλιέργεια σε αυτές τις περιοχές. Έχει υπολογισθεί ότι το 70-90% των μηρκαστικών ζώων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία χρησιμοποιούνται σε φάρμες των προαναφερθέντων καλλιεργειών (Devendra 2012). Για τους παραπάνω λόγους κρίνεται επιτακτική η ανάγκη να στραφούμε σε αγροτική παραγωγή βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών και να αναφέρουμε τη σημαντικότητα τους ως προς τα υπόλοιπα συστήματα γεωργίας, καθώς και να επικεντρωθούμε στην νότιο-ανατολική Ασία, και συγκεκριμένα στην Ινδία, εφόσον η γεωργία αποτελεί πολύ μεγάλο παράγοντα της οικονομίας της.

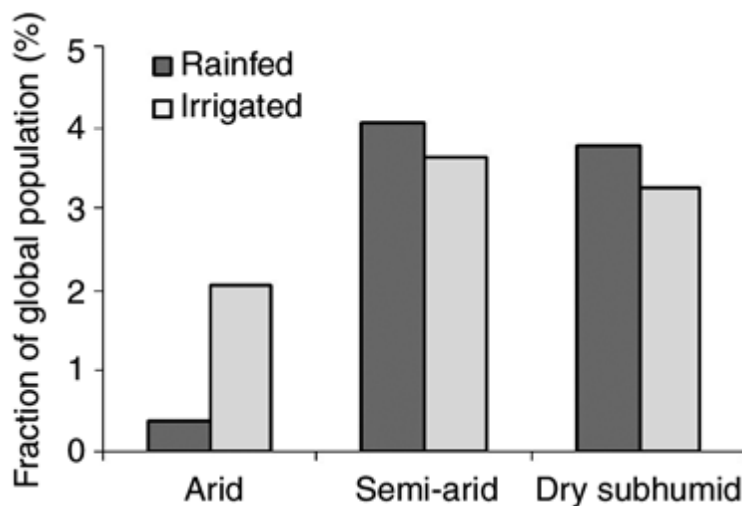


Εικόνα 1 Κατανομή αρδευόμενης και βροχοεξαρτώμενης αγροτικής παραγωγής σε σιτηρά 1995-2021/25 (Πηγή: FAO, 2005)



Εικόνα 2 Θεριζόμενες περιοχές σιτηρών το 1995 και η προβλεπόμενη για το 2021/25 (Πηγή: FAO, 2005)

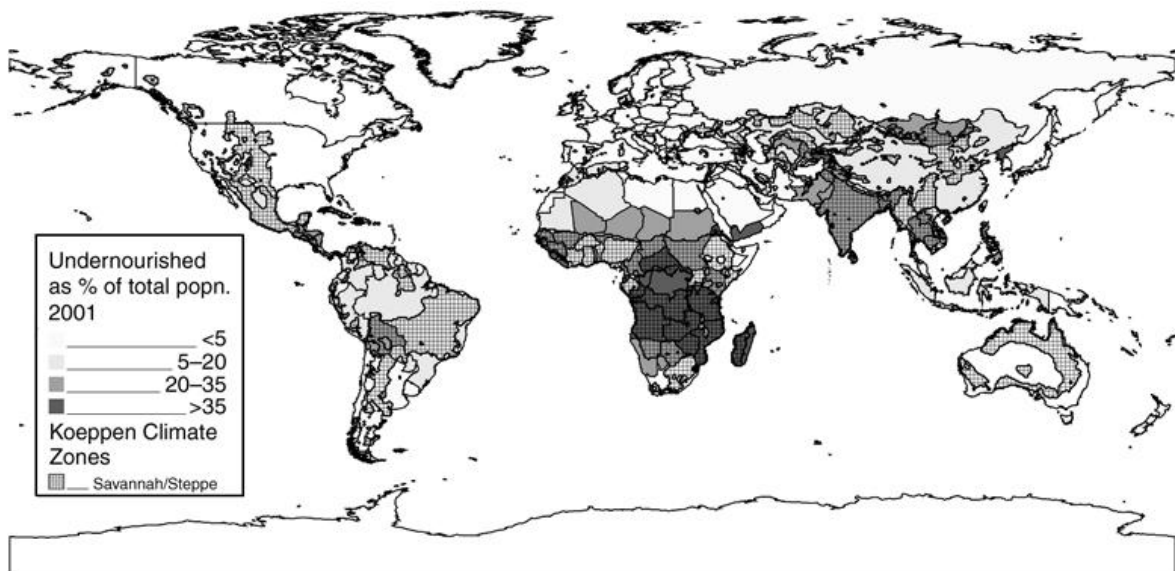
Η σημασία των βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών σε σιτηρά είναι ιδιαίτερα μεγάλη καθώς η βροχοεξαρτώμενη γεωργία κυριαρχεί στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Περισσότερο από 80% της περιοχής που καλλιεργούνται σιτηρά στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι βροχοεξαρτώμενη, καθώς παράγονται μεγάλες ποσότητες από καλαμπόκι και σιτάρι, παρόμοιες με αυτές που παράγονται στη Βορειοδυτική Αμερική και σε κάποια μέρη στην Ευρώπη (FAO, 2005).



Εικόνα 3 Αριθμός των ανθρώπων σε κάθε υδροκλιματική ζώνη σε σχέση με τον παγκόσμιο πληθυσμό (Πηγή: IWMI, 2009)

Στην Υποσαχάρια Αφρική, δηλαδή το τμήμα της αφρικανικής ηπείρου που εκτείνεται νότια από την Σαχάρα, ή οι χώρες της Αφρικής που βρίσκονται πλήρως ή εν μέρει νοτίως της Σαχάρας, περισσότερο από το 95% της γεωργικής γης είναι βροχοεξαρτώμενες

καλλιέργειες, ενώ αντίστοιχο ποσοστό για την Λατινική Αμερική φθάνει το 90%, για την Νότια Ασία το 60%, για την Ανατολική Ασία το 65% και για την Βορειοανατολική Αφρική το 75% (FAOSTAT,2005). Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο βασίζονται κυρίως στη βροχοεξαρτώμενη γεωργία όσον αφορά την παραγωγή των σιτηρών. Παρά τα σημαντικά βήματα που έχουν γίνει προς την βελτίωση της παραγωγής και των περιβαλλοντικών συνθηκών σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου, ένας μεγάλος αριθμός φτωχών οικογενειών αντιμετωπίζουν συνθήκες εξαθλίωσης, πείνας και υποσιτισμό, καθώς εξαρτώνται αποκλειστικά από βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες προκειμένου να επιβιώσουν. Τα προαναφερόμενα προβλήματα επιδεινώνονται με την έλλειψη υποδομών και ασθενών κοινωνικοοικονομικών συνθηκών σε πολλές περιοχές στα ημι-άνυδρη τροπική ζώνη (semi-arid tropics SAT). Αυτές οι περιοχές αποτελούνται σε ποσοστό 38% από αναπτυσσόμενες χώρες, το 75% των οποίων βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Περισσότερο από το 45% των παιδιών παγκοσμίως που πάσχουν από έλλειψη τροφής, και συγκεκριμένα παραπάνω από το 70% των υποσιτισμένων, βρίσκονται σε περιοχές SAT.



Εικόνα 4 Συχνότητα του υποσιτισμού στις αναπτυσσόμενες χώρες (σαν ποσοστό του πληθυσμού 2001-2002, UNSTAT,2005), μαζί με την κατανομή των ημι-άνυδρων και ξηρών υδροκλιμάτων παγκοσμίως π.χ. σαββάνες και αγροοικοσυστήματα στεπών. Κυρίως rainfed agriculture

Ακόμα και με την εντατικοποίηση της παγκοσμιοποίησης, της έντονης αστικοποίησης που παρατηρείται και την ύπαρξη αποτελεσματικότερων κυβερνήσεων στην Αφρική και στην Ασία, η πείνα, η φτώχεια και ο ασθενής βιοπορισμός θα εξακολουθήσουν να υφίστανται στις αγροτικές περιοχές που προαναφέραμε. Αυτές οι μεταβλητές, επηρεάζονται σίγουρα από την ποικιλία στο κλίμα, την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, την κατανάλωση των φυσικών πόρων, καθώς και τις αλλαγές στα μοτίβα της παραγωγής, της ζήτησης και της προσφοράς (Ryan and Spencer, 2001). Η σημασία του φαγητού που προκύπτει από πηγές βροχοεξαρτώμενης γεωργίας δίνει ένα πλεονέκτημα στο γυναικείο πληθυσμό, δεδομένου ότι περίπου το 70% της παγκόσμιας φτώχειας αποτελείται από γυναίκες (WHO, 2000). Η γεωργία διαδραματίζει έναν εξαιρετικά σπουδαίο ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη (World Bank, 2005) και στη μείωση της φτώχειας (Irz and Roe, 2000), με στοιχεία να υποδεικνύουν ότι κάθε 1% αύξησης σε αγροτική παραγωγή μεταφράζεται σε 0.6-1.2% μείωση του ποσοστού της απόλυτης φτώχειας (Thirtle et al., 2002). Στην

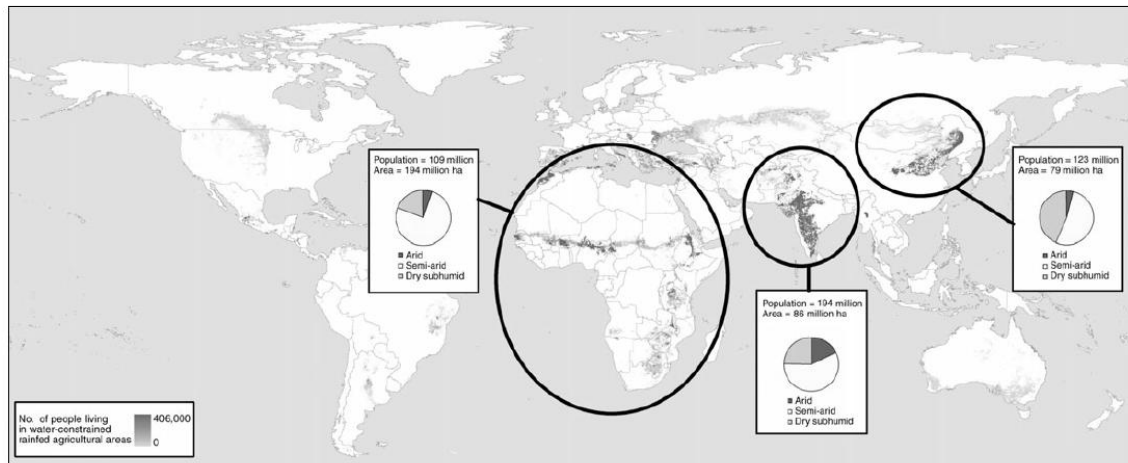
Υποσαχάρια Αφρική, η γεωργία αποτελεί σε μέσο όρο το 35% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (gross domestic product GDP) και απασχολεί επαγγελματικά το 70% του πληθυσμού (World Bank, 2000), ενώ παραπάνω από το 95% της γεωργίας είναι βροχοεξαρτώμενη (FAOSTAT, 2005).

	Irrigated Area (million ha)	Irrigated Yield (mt/ha)	Irrigated Production (million mt)	Rainfed Area (million ha)	Rainfed Yield (mt/ha)	Rainfed Production (million mt)	Rainfed Area Percent	Rainfed Production Percent
USA	8.2	7.04	57.8	54.7	4.82	263.4	86.9	82.0
15 European Countries	9.4	6.32	59.4	26.0	4.79	124.4	73.4	67.7
Japan	2.1	4.39	9.2	0.2	3.28	0.7	9.7	7.5
Australia	2.6	2.31	6.0	11.8	1.64	19.4	81.9	76.3
Other Developed	2.1	2.84	6.0	23.4	2.58	60.5	91.7	91.0
Eastern Europe	5.9	4.23	25.1	18.0	2.87	51.6	75.2	67.3
Cenasia	9.4	1.14	10.7	11.9	0.57	6.8	56.1	39.0
Rest Former USSR	11.4	1.93	22.1	58.0	1.53	88.4	83.5	80.0
Mexico	3.1	4.74	14.7	7.4	1.66	12.4	70.6	45.7
Brazil	1.2	2.94	3.5	18.6	2.16	40.1	93.9	91.9
Argentina	1.0	4.79	4.7	8.5	2.54	21.6	89.6	82.1
Colombia	0.3	3.39	1.0	1.0	1.83	1.9	77.1	64.5
Other Latin America	1.9	3.42	6.6	6.2	1.66	10.4	76.5	61.2
Latin America	7.5	4.07	30.6	41.8	2.07	86.4	84.7	73.8
Nigeria	1.3	2.84	3.7	16.6	0.90	14.9	92.8	80.2
N Sub-Saharan Africa	1.1	1.51	1.6	29.0	0.65	18.8	96.4	92.1
C&W Sub-Saharan Africa	0.2	2.00	0.4	9.6	0.91	8.7	98.0	95.8
S Sub-Saharan Africa	0.6	1.90	1.1	8.1	0.95	7.7	93.4	87.6
E Sub-Saharan Africa	0.1	2.06	0.3	6.5	1.42	9.2	98.0	97.1
Sub-Saharan Africa	2.0	1.71	3.4	53.2	0.83	44.3	96.4	93.0
Egypt	2.6	5.48	14.3	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
Turkey	0.3	4.83	57.8	13.7	1.96	263.4	98.2	95.7

Εικόνα 5 Βροχοεξαρτώμενες και αρδευόμενες περιοχές καλλιέργειας σιτηρών, αγροτικής παραγωγής 1995 και διαχωρισμός μεθόδων παραγωγής μεταξύ τους (α)

	Irrigated Area (million ha)	Irrigated Yield (mt/ha)	Irrigated Production (million mt)	Rainfed Area (million ha)	Rainfed Yield (mt/ha)	Rainfed Production (million mt)	Rainfed Area Percent	Rainfed Production Percent
Other W Asia & N Africa	6.9	2.81	19.4	20.3	1.02	20.6	74.6	51.5
W Asia & N Africa	9.8	3.58	34.9	34.0	1.40	47.5	77.7	57.6
India	37.8	2.65	100.3	62.3	1.20	74.6	62.2	42.7
Pakistan	10.4	2.02	21.1	0.8	0.60	0.5	7.4	2.3
Bangladesh	5.8	2.85	16.5	1.9	1.35	2.6	24.9	13.5
Other S Asia	3.7	1.62	6.0	2.9	1.35	3.9	43.5	39.2
South Asia	57.7	2.49	143.8	67.9	1.20	81.5	54.1	36.2
Indonesia	9.1	3.44	31.4	5.6	1.70	9.6	38.1	23.3
Thailand	2.1	2.67	5.6	8.8	1.52	13.3	80.7	70.4
Malaysia	0.5	2.36	1.1	0.3	1.45	0.4	35.9	25.6
Philippines	2.6	2.18	5.7	3.9	1.49	5.9	60.1	50.8
Vietnam	3.8	3.16	11.9	3.6	1.68	6.0	48.8	33.5
Myanmar	0.9	2.74	2.5	5.3	1.87	10.0	85.3	79.8
Other SE Asia	0.2	2.02	0.3	2.2	1.22	2.7	92.9	88.8
Southeast Asia	19.2	3.05	58.5	29.8	1.61	47.9	60.8	45.0
China	62.4	4.23	263.6	26.2	3.59	94.0	29.6	26.3
S Korea	1.0	4.41	4.4	0.2	3.29	0.6	16.1	12.5
Other E Asia	1.1	2.71	3.1	0.6	1.57	1.0	36.2	24.8
East Asia	64.5	4.20	271.1	27.1	3.54	95.7	29.5	26.1
World Other	0.0	1.63	0.0	0.0	0.42	0.0	81.8	53.6
World	213.1	3.48	742.3	474.3	2.18	1033.3	69.0	58.2
Developed	41.8	4.44	185.6	192.1	3.17	608.3	82.1	76.6
Developing	171.3	3.25	556.7	282.2	1.51	425.0	62.2	43.3

Εικόνα 6 Βροχοεξαρτώμενες και αρδευόμενες περιοχές καλλιέργειας σιτηρών, αγροτικής παραγωγής 1995 και διαχωρισμός μεθόδων παραγωγής μεταξύ τους (β)



Εικόνα 7 Άνθρωποι που ζουν σε βροχοεξαρτώμενες περιοχές, καθώς οι τρεις κύκλοι αναπαριστούν τις μεγαλύτερες και σημαντικότερες περιοχές παγκοσμίως βροχοεξαρτώμενης γεωργίας στις οποίες ζουν πάνω από 100 εκατομμύρια άνθρωποι (Πηγή: Rockstrom και Karlberg, 2012)

2.2.1 Γεωργική Απόδοση σε περιοχές με Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες

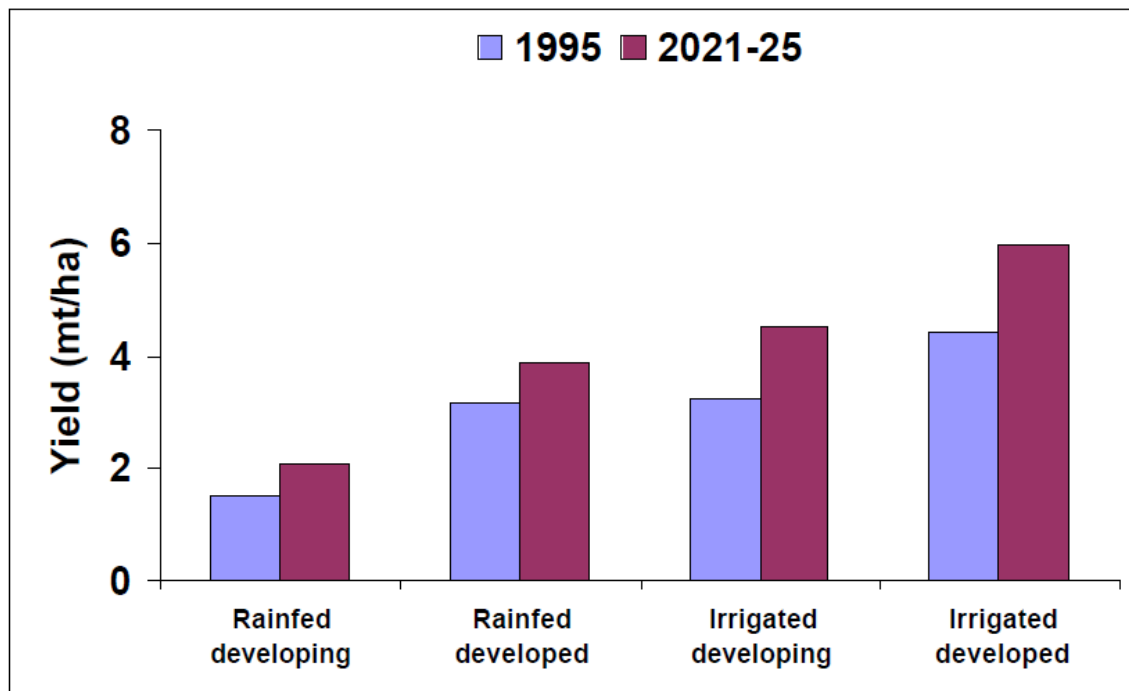
Με τον όρο γεωργική απόδοση (crop yield) αναφερόμαστε τόσο στη μέτρηση της παραγωγής μιας καλλιέργειας ανά μονάδα μέτρησης (στη δεδομένη περίπτωση της αγροτικής παραγωγής είναι τα εκτάρια) καλλιεργήσιμης γης, όσο και στην αναπαραγωγή και ρυθμό ανάπτυξης των σπόρων των καλλιεργειών. Για παράδειγμα, εάν για κάθε σπόρο που φυτεύεται, θερίζονται τρεις, το αποτέλεσμα της απόδοσης είναι 1:3. Η αναλογία 1:3, συστήνεται από αγρονόμους και γεωπόνους ως το ελάχιστο απαραίτητο για τη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής (Charles Scribner's Sons, NY 1974).

Από το 1960 και μετά, η χρήση της γεωργικής γης έχει επεκταθεί κατά 20-25%, καθώς έχει συνεισφέρει περίπου κατά 30% στην παγκόσμια αγροτική παραγωγή των σιτηρών αυτές τις δεκαετίες (FAO, 2002, Ramankutty et al., 2002). Οι εναπομένουσες εξαγωγές της σοδειάς αυξήθηκαν ανά εκτάριο καλλιεργήσιμης γης. Παρόλα αυτά υπάρχει μεγάλη διαφορά και ποικιλία στις καλλιέργειες, καθώς κάποιες είναι αρδευόμενες και κάποιες βροχοεξαρτώμενες. Στον αναπτυσσόμενο κόσμο, η απόδοση της σοδειάς από βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες είναι κατά μέσο όρο 1.5 τόνος/εκτάριο σύγκριση με τις αρδευόμενες καλλιέργειες που είναι 3.1 τόνους/εκτάριο (Rosegrant et al., 2002), καθώς υπάρχει αύξηση στη βροχοεξαρτώμενη γεωργία.

Ανάλογα με την περιοχή υπάρχει εμφανής διαφορά και στις αγροτικές τάσεις. Η καλλιεργήσιμη γη σε δημητριακά στην Υποσαχάρια Αφρική έχει διπλασιαστεί από το 1960, καθώς η παραγωγή δημητριακών αποτελείται 99% από καλαμπόκι, κεχρί και σόργο, ενώ η απόδοση ανά εκτάριο γης έχει παραμείνει στάσιμη για αυτές τις βασικές καλλιέργειες (FAOSTAT, 2005). Στη νότια Ασία, έχει ξεκινήσει σημαντικά η παραγωγή καλλιεργειών όπως σόργο και κεχρί, καθώς το σιτάρι και το καλαμπόκι έχουν περίπου διπλασιαστεί στην περιοχή από το 1961 και μετά (FAOSTAT, 2005). Την ίδια περίοδο, η γεωργική απόδοση ανά εκτάριο γης (crop yield per unit) για το σιτάρι και το καλαμπόκι ανέβηκε πάνω από το διπλάσιο. Για τα κύρια συστήματα βροχοεξαρτώμενης γεωργίας, οι

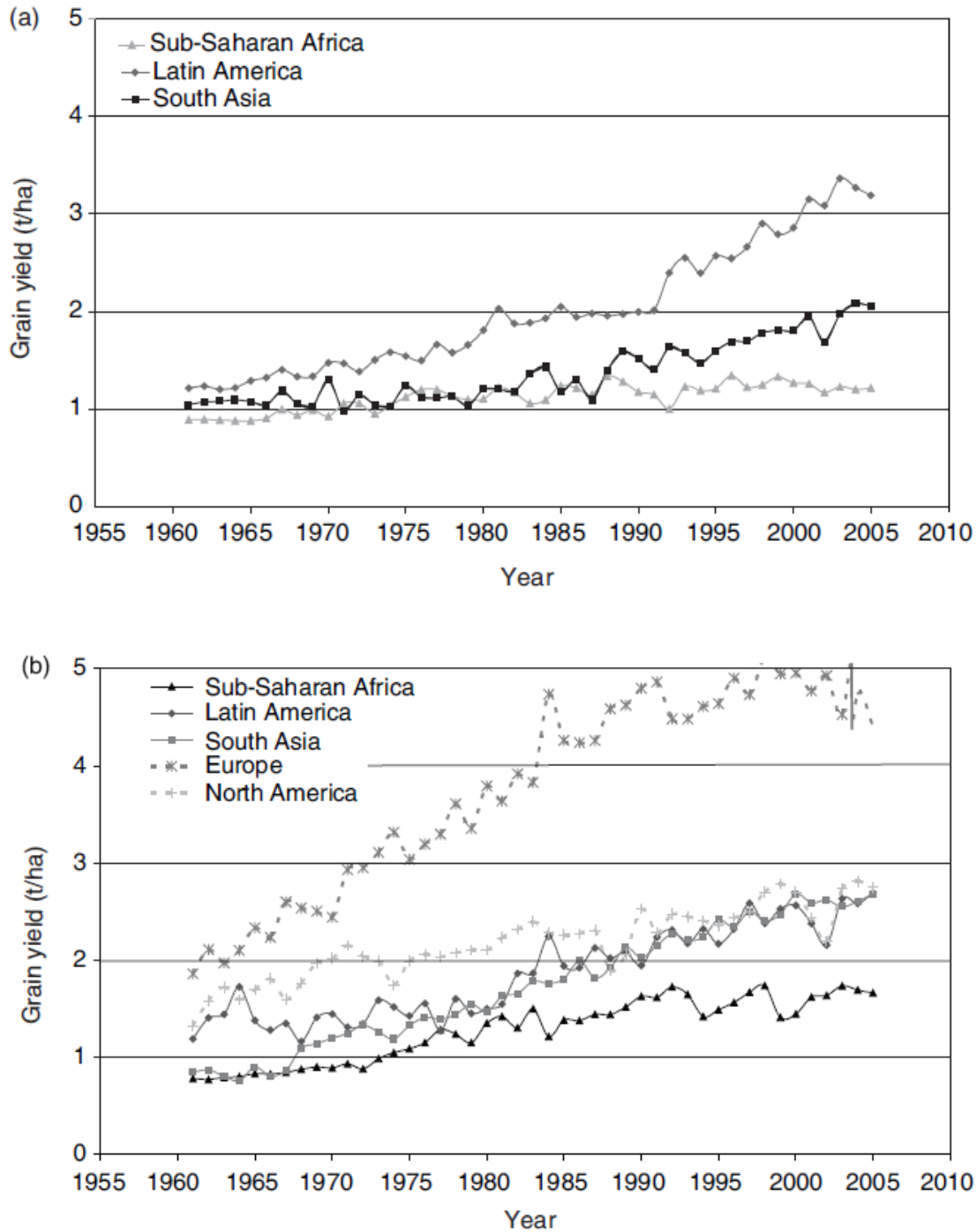
καλλιέργειες σιταριού ανά εκτάριο μέτρο γης έχουν περίπου τριπλασιαστεί, ενώ για το καλαμπόκι έχουν διπλασιαστεί την παραπάνω περίοδο.

Ο μέσος όρος της γεωργικής απόδοσης των βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών των αναπτυσσόμενων χωρών ήταν 3.2 τόνοι/εκτάριο το 1995, περίπου τόσο ψηλό όσο ήταν και των αρδευόμενων καλλιεργειών στις αντίστοιχες περιπτώσεις. Οι συγκεκριμένες αποδόσεις από βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στις αναπτυσσόμενες χώρες έχουν προβλεφθεί σύμφωνα με τον FAO, το 1995, να είναι στους 3.9 τόνους/εκτάριο μέχρι το 2021/25.



Εικόνα 8 Γεωργική Απόδοση σιτηρών, 1995 και προβλεπόμενη το 2021/25 (Πηγή:FAO, 2005)

Η απόδοση βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών σιταριού διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την περιοχή στον κόσμο που βρίσκονται οι καλλιέργειες (Εικόνα 2α). Στην Λατινική Αμερική (συμπεριλαμβανομένης και της Καραϊβικής) ξεπερνάνε τους 3 τόνους/εκτάριο, ενώ στην Νότια Ασία είναι περίπου στους 2 τόνους/εκτάριο και στην Υποσαχάρια Αφρική ξεπερνάει μόνο το 1τόνο/εκτάριο. Μπορεί σε αυτό το σημείο να γίνει η σύγκριση με τις αντίστοιχες παραγωγές σιταριού στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στην Ευρώπη, που το ποσό αυτό βρίσκεται περίπου στους 7-10 τόνους/εκτάριο (οι περισσότερες καλλιέργειες σε αυτές τις περιοχές είναι αρδευόμενες). Κατά μέσο όρο η γεωργική απόδοση ανά εκτάριο παραγωγής για το καλαμπόκι στη Λατινική Αμερική (συμπεριλαμβανομένης της Καραϊβικής) και στη νότια Ασία είναι παρόμοια περίπου με ίδια με τη βόρεια Αμερική σε νούμερα 2.5-2.7 τόνους/εκτάριο (Εικόνα 2β). Συγκρίνοντας, η απόδοση του καλαμποκιού στη Δυτική Ευρώπη είναι περίπου διπλάσια (5 τόνους/εκτάριο), ενώ στην Υποσαχάρια Αφρική παραμένει κάτω από 2 τόνους/εκτάριο. Οπότε, συγκριτικά με την έως τώρα ανάπτυξη στην αγροτική παραγωγή βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών, υπάρχει αρκετή δυναμική και δυνατότητα για βελτίωση στην Υποσαχάρια Αφρική και στην Νότια Ασία.



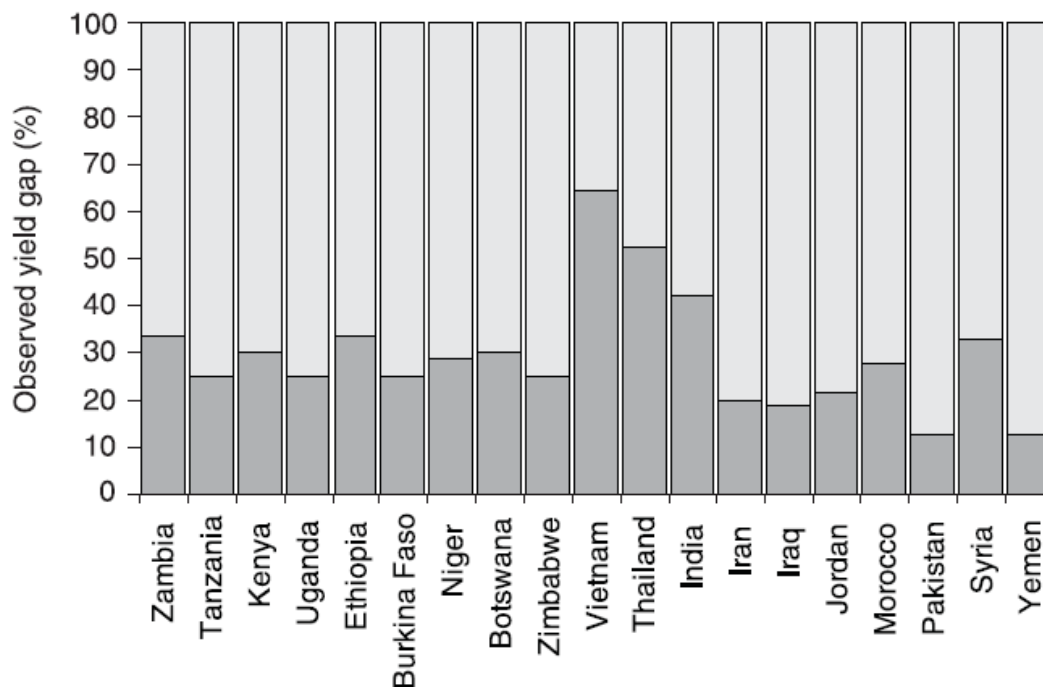
Εικόνα 9 Γεωργική Απόδοση Σιτηρών σημαντικών συστημάτων στη βροχοεξαρτώμενη γεωργία για (α) σιτάρι και (β) καλαμπόκι το 1961-2000 (FAOSTAT,2005) για διαφορετικές περιοχές

2.2.2 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία –Περιορισμοί και ανεκμετάλλευτα συστήματα

Σε πολλές περιοχές του κόσμου, η βροχοεξαρτώμενη γεωργία παράγει ιδιαίτερα μεγάλα ποσά καλλιεργειών. Αυτές είναι κυρίως εύκρατες περιοχές, με σχετικά αξιόπιστα επίπεδα βροχόπτωσης και εγγενώς παραγωγικά εδάφη. Ακόμα και σε τροπικές περιοχές, και ειδικά

σε ημι-υγρές ή υγρές ζώνες, οι αγροτικές καλλιέργειες στην εμπορική βροχοεξαρτώμενη γεωργία ξεπερνούν τους 5-6 τόνους/εκτάριο (Rockström και Falkenmark, 2000; Wani *et al.*, 2003a,b). Οι ξηρές ημι-υγρές και ημι-άνυδρες ζώνες βιώνουν τις πιο χαμηλές και αδύναμες παραγωγές ανά εκτάριο καλλιεργήσιμης γης. Οι αποδόσεις σε αυτή την περίπτωση αμφιταλαντεύονται μεταξύ του 0.5 και 2 τόνους/εκτάριο, με ένα μέσο όρο 1 τόνου/εκτάριο στην Υποσαχάρια Αφρική και 1-1.5 τόνου/εκτάριο στη Νότια Ασία, κεντρική και δυτική Ασία και Βόρεια Αφρική (CWANA) για τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία (Rockström and Falkenmark, 2000; Wani *et al.*, 2003a,b).

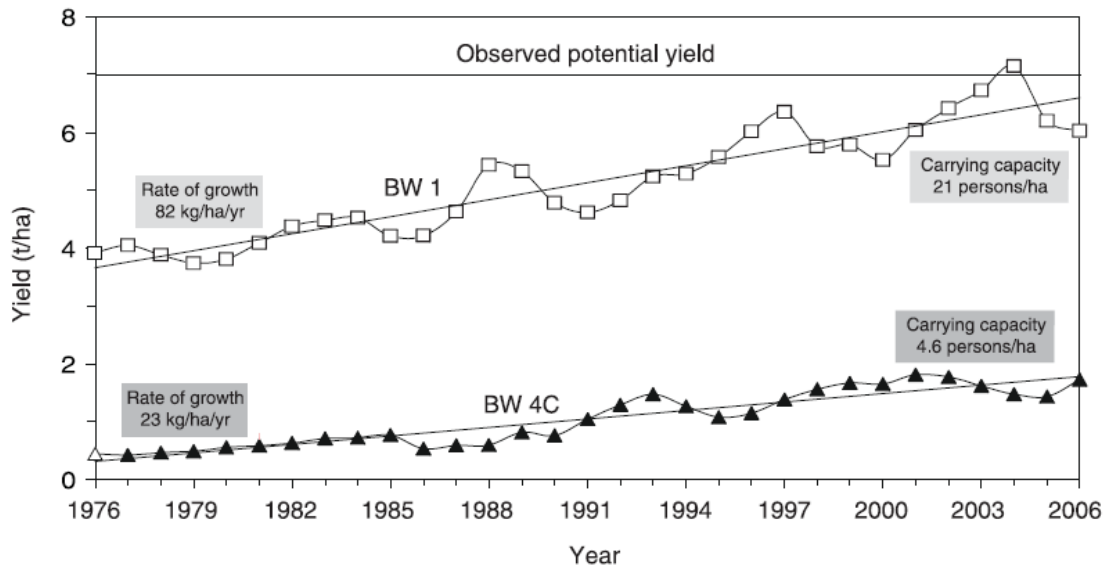
Αναλύσεις που διεκπεραιώθηκαν από τη Γενική Αξιολόγηση (Comprehensive Assessment) για σημαντικές βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες σε ήμι-άνυδρες περιοχές της Ασίας και της Αφρικής, καθώς και βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες καλαμποκιού στην WANA Ινδονησία, φανερώνουν μεγάλα κενά στις καλλιέργειες. Η προηγούμενη ορολογία κενά στις καλλιέργειες αναφέρεται στο γεγονός ότι πολλών αγροτών οι καλλιέργειες είναι σε βαθμό 2 με 4 φορές χαμηλότερες σε επίπεδο από ότι θα μπορούσαν να είναι. Δυνητικά, δηλαδή, θα μπορούσαν να πετύχουν μεγαλύτερες αποδόσεις και στόχους και να είχαν μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή από βροχοεξαρτώμενα αγροτικά προϊόντα. Χαρακτηριστικά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα παραδείγματα από κενά στην απόδοση της αγροτικής παραγωγής σε διάφορες χώρες της Αφρικής, της Ασίας και της Μέσης Ανατολής. Ειδικότερα, σε χώρες της ανατολικής και νότιας Αφρικής το κενό αυτό στις αποδόσεις είναι πολύ μεγάλο. Παρομοίως, σε πολλές χώρες της δυτικής Ασίας, οι αποδόσεις αγροτών είναι χαμηλότερες από το 30% του δυνητικά επιτεύξιμου, καθώς σε κάποιες Ασιατικές χώρες το ποσοστό είναι κοντά στο 50% (Wani *et al.*, 2003b).



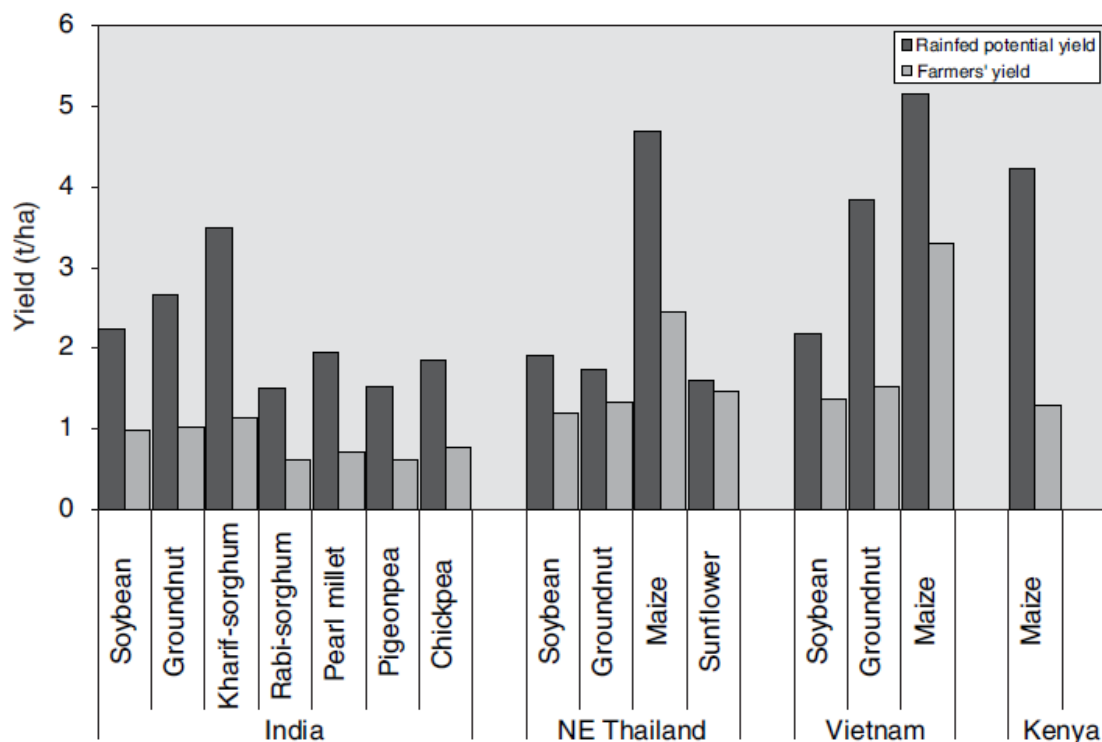
*Εικόνα 10 Παραδείγματα από κενά στις αποδόσεις (για σιτηρά) μεταξύ παραγόμενων καλλιεργειών και δυνητικά παραγόμενων (100% σημαίνει το δυνατό επιτεύξιμο επίπεδο, οι στήλες δείχνουν το παρατηρούμενο)
(Πηγή: Rockström *et al.*, 2007)*

Μια ματιά στις απογραφές των φυσικών πόρων σε περιοχές με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες υποδεικνύει μια δυσάρεστη εικόνα έλλειψης νερού, εύθραυστου περιβάλλοντος, ξηρασίας και εξαθλίωσης γης εξαιτίας της διάβρωσης των εδαφών λόγω νερού και ανέμου, κακής χρήσης υπογείων νερών, υπερπληθυσμού, φτώχειας και χαμηλών επενδύσεων σε υδατικούς πόρους (Wani *et al.*, 2003b,c; Rockström *et al.*, 2007).

Η έως τώρα υπάρχουσες βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες αδυνατούν να διατηρήσουν την οικονομική ανάπτυξη και την ασφάλιση της τροφής που χρειάζεται να επιτευχθούν τα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 11 Κινούμενος μέσος όρος τριών χρόνων για την γεωργική απόδοση του σόργου και της φακής υπό βελτιωμένης και παραδοσιακής διαχείρισης σε λεκάνη απορροής στο Patancheru στην Ινδία



Εικόνα 12 Κενό Γεωργικής Απόδοσης σημαντικών βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών σε διαφορετικές χώρες (Πηγή: Rockström et al., 2007)

Οπότε, διαμορφώνεται μια επιτακτική ανάγκη να αναπτυχθεί μια ιδεολογική δομή σωστής διαχείρισης του εδάφους και των υδατικών πόρων, καθώς πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αποτελεσματική τους χρήση και στις επενδυτικές κινήσεις που χρειάζεται να διεκπεραιωθούν ώστε να ολοκληρωθεί το κενό στη γεωργική απόδοση στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες και να αποδώσουν υψηλότερη αναλογία στην παγκόσμια τροφή.

Παγκοσμίως, οι περιοχές με βροχοεξαρτώμενη παραγωγή σιτηρών έχει προβλεφθεί το 2021/25 να είναι 512 εκατομμύρια εκτάρια, και 8% αύξηση της έκτασης της γης από την υπάρχουσα το 1995. Η συνολική γεωργική απόδοση των υγρών σιτηρών θα είναι 27% υψηλότερη από αυτήν το 1995, καθώς και η συνολική αγροτική παραγωγή των βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών σιτηρών θα είναι μετά από προβλέψεις 37% υψηλότερη από αυτή του 1995. Αυξήσεις στην αρδευόμενη γη, γεωργική απόδοση και παραγωγή θα είναι ελαφρά υψηλότερες από αυτές των βροχοεξαρτώμενων περιοχών με ένα ποσοστό 11% αύξηση στην έκταση γης, 38% στην γεωργική απόδοση και 53% στην παραγωγή, σε σύγκριση με τα δεδομένα για το 1995. Για τον αναπτυσσόμενο κόσμο, έχει προβλεφθεί ότι οι βροχοεξαρτώμενες αξίες που προαναφέρθηκαν θα παραμείνουν σε παρόμοια ποσοστά με αυτά του 1995, καθώς θα υπάρχει μια ανάπτυξη στην γεωργική απόδοση της τάξης του 0.57 τόνους/εκτάριο. Ο αναπτυσσόμενος κόσμος θα αντιμετωπίσει μεγαλύτερη αύξηση στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, καθώς θα παρουσιαστεί μια αύξηση των 0.72 τόνων/εκτάριο σε σχέση με τα επίπεδα το 1995. Αναλυτικά, φαίνονται παρακάτω αναλύσεις για διάφορα γεωργικά προϊόντα σε βροχοεξαρτώμενες και αρδευόμενες καλλιέργειες για το ρύζι, το καλαμπόκι, το σιτάρι, τα συνολικά παραγόμενα σιτηρά και τη σόγια σε διάφορες χώρες και περιοχές.

Rice	Area		Production	
	1995	2021-25	1995	2021-25
USA	0.00	0.00	0.00	0.00
15 European Countries	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Developed	0.00	0.00	0.00	0.00
China	0.02	0.02	0.02	0.01
East Asia (excl. China)	0.17	0.11	0.07	0.04
India	0.58	0.43	0.44	0.28
South Asia (excl. India)	0.26	0.23	0.16	0.15
Southeast Asia	0.53	0.53	0.36	0.38
Latin America	0.56	0.52	0.35	0.35
Sub-Saharan Africa	0.81	0.77	0.68	0.64
W Asia & N Africa	0.00	0.00	0.00	0.00
Developed	0.00	0.00	0.00	0.00
Developing	0.41	0.38	0.24	0.22
World	0.40	0.37	0.23	0.22

Εικόνα 13 Ποσοστά αύξησης για βροχοεξαρτώμενες περιοχές και βροχοεξαρτώμενη αγροτική παραγωγή για το ρύζι για συγκεκριμένες χώρες το 1995 και οι προβλεπόμενες το 2021/25 (FAO, 2005)

Wheat	Area		Production	
	1995	2021-25	1995	2021-25
USA	0.93	0.94	0.87	0.88
15 European Countries	0.79	0.79	0.74	0.71
Other Developed	0.86	0.84	0.82	0.76
China	0.28	0.22	0.22	0.17
East Asia (excl. China)	0.24	0.25	0.17	0.17
India	0.28	0.19	0.18	0.12
South Asia (excl. India)	0.10	0.09	0.04	0.04
Southeast Asia	0.24	0.16	0.13	0.11
Latin America	0.89	0.91	0.80	0.87
Sub-Saharan Africa	0.78	0.75	0.73	0.71
W Asia & N Africa	0.81	0.81	0.63	0.59
Developed	0.86	0.85	0.81	0.77
Developing	0.47	0.46	0.33	0.31
World	0.66	0.64	0.57	0.53

Εικόνα 14 Ποσοστά αύξησης για βροχοεξαρτώμενες περιοχές και βροχοεξαρτώμενη αγροτική παραγωγή για το καλαμπόκι για συγκεκριμένες χώρες το 1995 και οι προβλεπόμενες το 2021/25 (FAO, 2005)

Maize	Area		Production	
	1995	2021-25	1995	2021-25
USA	0.85	0.85	0.83	0.80
15 European Countries	0.75	0.70	0.72	0.63
Other Developed	0.82	0.80	0.76	0.71
China	0.61	0.58	0.54	0.46
East Asia (excl. China)	0.38	0.32	0.30	0.25
India	0.84	0.77	0.70	0.52
South Asia (excl. India)	0.50	0.50	0.50	0.47
Southeast Asia	0.95	0.92	0.88	0.86
Latin America	0.90	0.90	0.79	0.78
Sub-Saharan Africa	0.96	0.96	0.90	0.90
W Asia & N Africa	0.36	0.27	0.16	0.12
Developed	0.83	0.82	0.81	0.77
Developing	0.82	0.80	0.66	0.61
World	0.82	0.80	0.74	0.69

Εικόνα 15 Ποσοστά αύξησης για βροχοεξαρτώμενες περιοχές και βροχοεξαρτώμενη αγροτική παραγωγή για το σιτάρι για συγκεκριμένες χώρες το 1995 και οι προβλεπόμενες το 2021/25 (FAO, 2005)

Total Cereals	Area		Production	
	1995	2021-25	1995	2021-25
USA	0.87	0.87	0.82	0.81
15 European Countries	0.73	0.72	0.68	0.63
Other Developed	0.82	0.81	0.76	0.72
China	0.30	0.31	0.26	0.26
East Asia (excl. China)	0.28	0.25	0.18	0.17
India	0.62	0.52	0.43	0.31
South Asia (excl. India)	0.22	0.21	0.14	0.14
Southeast Asia	0.61	0.61	0.45	0.47
Latin America	0.85	0.85	0.74	0.75
Sub-Saharan Africa	0.96	0.95	0.89	0.89
W Asia & N Africa	0.78	0.77	0.58	0.55
Developed	0.82	0.81	0.77	0.74
Developing	0.62	0.62	0.43	0.43
World	0.69	0.68	0.58	0.56

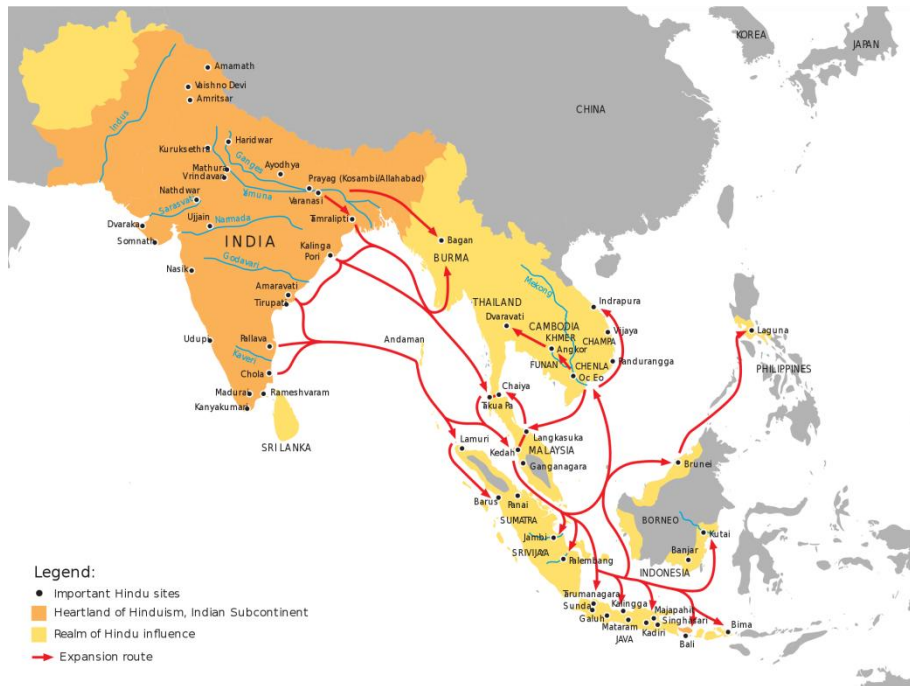
Εικόνα 16 Ποσοστά αύξησης για βροχοεξαρτώμενες περιοχές και βροχοεξαρτώμενη αγροτική παραγωγή για τα συνολικά σιτηρά για συγκεκριμένες χώρες το 1995 και οι προβλεπόμενες το 2021/25 (FAO, 2005)

Soybean	Area		Production	
	1995	2021-25	1995	2021-25
USA	0.92	0.92	0.91	0.90
15 European Countries	0.85	0.85	0.82	0.77
Other Developed	0.84	0.84	0.83	0.86
China	0.49	0.55	0.50	0.54
East Asia (excl. China)	0.95	0.95	0.94	0.95
India	0.90	0.94	0.87	0.92
South Asia (excl. India)	0.73	0.73	0.64	0.67
Southeast Asia	1.00	1.00	1.00	1.00
Latin America	0.92	0.94	0.89	0.92
Sub-Saharan Africa	0.25	0.27	0.49	0.52
W Asia & N Africa	0.00	0.00	0.00	0.00
Developed	0.91	0.91	0.91	0.90
Developing	0.80	0.84	0.80	0.85
World	0.85	0.87	0.85	0.87

Εικόνα 17 Ποσοστά αύξησης για βροχοεξαρτώμενες περιοχές και βροχοεξαρτώμενη αγροτική παραγωγή για τη σόγια για συγκεκριμένες χώρες το 1995 και οι προβλεπόμενες το 2021/25 (FAO, 2005)

2.2.3 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία στην Νότια και Ανατολική Ασία

Η Νοτιοανατολική Ασία έχει καλλιεργήσιμη γεωργική γη 4.5 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα (km²). Περίπου το μισό αυτής της περιοχής είναι ηπειρωτική (Μπούρμα, Ταϊλάνδη, Βιετνάμ, Λάος, Καμπότζη, Σιγκαπούρη και Μαλαισία), και το άλλο μισό είναι περίπου παραθαλάσσιο ή απομονωμένο (Ινδονησία, Φιλιπίνες, Μπρουνέι, Σάμπα και Σαραουάκ). Το μεγαλύτερο κομμάτι της Νοτιοανατολικής Ασίας έχει υγρό τροπικό κλίμα με τροπικά δάση με φυσική βλάστηση. Κάποιες περιοχές δέχονται παραπάνω επίπεδα βροχόπτωσης από όσο αξιοποιούν κατά τη διάρκεια του χρόνου. Περιοχές όπως το απομονωμένο τμήμα της Ταϊλάνδης, η παραθαλάσσια Burma, Kamruche, Sulawesi και το Mindanao έχουν ξηρό κλίμα αλλά επαρκή βροχόπτωση (μεγαλύτερη από 1900 mm το χρόνο) που το έδαφος σπανίως μένει χωρίς υδατικούς πόρους. Περισσότερο από το υπόλοιπο τμήμα της Νοτιοανατολικής Ασίας έχει τροπικό ημιυγρό κλίμα με τυπική βροχόπτωση λιγότερη από 1500 mm βροχόπτωσης το χρόνο. Η ετήσια εξατμισοδιαπνοή σε ημιυγρές περιοχές ξεπερνούν την ετήσια βροχόπτωση, οπότε το έδαφος ξεραίνεται τις περισσότερες φορές κατά τη διάρκεια του χρόνου.



Εικόνα 18 Νοτιοανατολική Ασία και περιοχές ενδιαφέροντος της εργασίας

Η Νοτιοανατολική Ασία έχει μεγάλη ποικιλία από εδάφη ποικίλουν τόσο στην προέλευση όσο και στη γονιμότητα (Dudal et al., 1974). Παρόλο που υπάρχουν εδάφη που δέχονται υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης, καθώς είναι ασθενή σε γονιμότητα και έχουν μεγάλα επίπεδα διαρροής, υπάρχουν επίσης εδάφη, τα οποία είναι σε υψηλά επίπεδα γονιμότητας λόγω εναπομένουσας ηφαιστειακής τέφρας. Η υψηλή βροχόπτωση σε συνδυασμό με τη γεωργία σε αγροτικές πλαγιές, συχνά έχει οδηγήσει σε διάβρωση, η οποία έχει μειώσει την αγροτική παραγωγικότητα στα υψίπεδα, αλλά η εναπόθεση ιζημάτων στις πεδιάδες έχει δημιουργήσει μεγάλες περιοχές γόνιμων αλούβιων εδαφών, διαμορφώνοντας τις συνθήκες για βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες ρυζιού στην περιοχή. Έχει γίνει, επίσης, δυνατή η παραγωγή ρυζιού πέρα από τις συγκεκριμένες πεδινές περιοχές με την ανθρώπινη παρέμβαση τόσο μέσω της άρδευσης αλλά και με συστήματα γεωργικών αναβαθμίδων.



Εικόνα 19 Γεωργία με συστήματα αναβαθμίδων σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στη Νοτιοανατολική Ασία, Ινδονησία



Εικόνα 20 Γεωργία με συστήματα αναβαθμίδων σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στη Νοτιοανατολική Ασία, Ινδία

Η αγροτική παραγωγή είναι ο βασικός παράγοντας στους πυλώνες της οικονομικής δραστηριότητας στη Νοτιοανατολική Ασία (Duckham και Masefield 1969). Περίπου 16% της έκτασης της γης αφιερώνεται στην γεωργία. Η γεωργία παρέχει εργασία στο 61% του ενεργά οικονομικού πληθυσμού, καθώς και περίπου 35% από το ΑΕΠ προέρχεται από τη γεωργία. Το περισσότερο τμήμα της γεωργίας στην περιοχή αποτελείται κυρίως από μικρής κλίμακας παραδοσιακά αγροτικά συστήματα, καθώς τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι αγρότες και γαιοκτήμονες εισβάλλουν στις αναπτυσσόμενες αγορές μέσω του εμπορίου και εισαγωγή νέων προϊόντων στις καλλιέργειες.

Από την διαθέσιμη γεωργική γη της Ασίας, οι βροχοεξαρτώμενες περιοχές αποτελούν το 83.1% της έκτασης της γης, συγκρινόμενα με τις αρδευόμενες περιοχές που είναι περίπου το 16.6% της γης. Στη Νοτιοανατολική Ασία η συνολική έκταση που εξαρτάται αποκλειστικά από την βροχή για να καλλιεργηθεί υπολογίζεται σε 99 εκατομμύρια εκτάρια, ενώ στη Νότια Ασία σε 116 εκατομμύρια εκτάρια. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι το εκτάριο (ha) είναι μονάδα μέτρησης της επιφάνειας και το ένα εκτάριο ισούται με 10.000 τετραγωνικά μέτρα, δηλαδή 10 στρέμματα.



Εικόνα 21 Χαρακτηριστικό μικρό σπιτικό αγροκτήματος στο Chulinanda στο Νεπάλ. Φαίνεται ότι τμήμα του σπιτιού χρησιμοποιείται σαν αποθήκευση για άχυρο για την τροφή του χειμώνα, καθώς και σαν ποιμνιοστάσιο για τα ζώα που χρειάζονται στη γεωργία. (Πηγή: C. Devendra, 2012)

Παρόλο που οι περισσότερες πρακτικές που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας είναι παραδοσιακές και χαμηλής κλίμακας, δεν μπορούμε να πούμε ότι βρίσκονται σε αδρανειακό επίπεδο. Η μεθοδολογία της γεωργίας που παρατηρείται είναι μία πρόσμιξη πολλών παραγόντων. Υιοθετούνται παραδοσιακές πρακτικές, οι οποίες μεταβιβάζονται από τους προγόνους κληρονομικά από γενιά σε γενιά, καλλιέργειες που έχουν επιτυχημένη απόδοση που προκύπτουν από αντιγραφή των γειτονικών χωραφιών, νέες ποικιλίες και τεχνολογίες που έχουν υιοθετηθεί λόγω κυβερνητικών προγραμμάτων, καθώς και νέες εισαγωγές στις καλλιέργειες (λιπάσματα και παρασιτοκτόνα) μέσω του ιδιωτικού τομέα. Οι περισσότεροι αγρότες σε επίπεδο μικρής κλίμακας πειραματίζονται με νέες σοδειές και νέες τεχνικές καλλιέργειας, καθώς και είναι πρόθυμοι να αλλάξουν τον τρόπο της αγροτικής παραγωγής εάν πεισθούν ότι θα συνεισφέρει στην αύξηση του εισοδήματος και στη βελτίωση της παραγωγής τους.

	Total Land Area	Annual Cropland ^a	Perennial Cropland ^b	Permanent Pasture ^c	Forest and Woodland ^d
Burma	65,774	9,573	450	361	32,167
Indonesia	181,135	14,200	5,300	12,000	121,800
Kampuchea	17,652	2,900	146	580	13,372
Laos	23,080	860	20	800	13,000
Malaysia	32,855	1,000	3,310	27	22,390
Philippines	29,817	7,050	2,870	1,000	12,300
Thailand	51,177	16,250	1,720	308	15,790
Vietnam	32,536	5,595	460	4,870	10,330
Southeast Asia Total	434,026	57,428	14,276	19,946	241,149

Source: FAO (1982).

^a Land under temporary crops (double cropped areas are counted only once), temporary meadows for mowing pasture, land under market and kitchen gardens, and land temporarily fallow or lying idle.

^b Land cultivated with crops that occupy the land for long periods and need not be replanted after each harvest, such as cocoa, coffee, and rubber; it includes land under shrubs, fruit trees, nut trees, and vine but excludes land under trees grown for wood or timber.

^c Land in permanent (five years or more) herbaceous forage crops, either cultivated or growing wild (wild prairie or grazing land).

^d Land under natural or planted stands of trees, productive or not, includes land from which forests have been cleared but will be reforested in the foreseeable future.

Εικόνα 22 Χρήση γης στη Νοτιοανατολική Ασία από το 1980 και μετά σε χιλιάδες εκτάρια

	Percent of Economically Active Population in Agriculture	Percentage of Gross Domestic Product Due to Agriculture
Burma	51	44
Indonesia	58	34
Kampuchea	74	—
Laos	73	—
Malaysia	47	30
Philippines	45	29
Thailand	75	30
Vietnam	70	—

Sources: IBRD-World Bank (1980), FAO (1982).

Εικόνα 23 Η σημασία της Γεωργίας στη Νοτιοανατολική Ασία

Η γεωργία αποτελεί, όπως προαναφέραμε, ένα πολύ σημαντικό παράγοντα στις οικονομίες της Ασίας και σύμφωνα με δεδομένα από τον FAO (1996,1997) συνεισφέρει σε ποσοστό 25-43% στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (GDP), ανάλογα με τη χώρα. Κάποια από αυτή τη συνεισφορά προκύπτει από γόνιμες αρδευόμενες περιοχές οι οποίες όμως χρησιμοποιούνται σε υπερβολικό βαθμό. Από την άλλη, οι περιοχές με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες έχουν ιδιαίτερη δυναμική και χρήζουν περισσότερης σημασίας για τους παρακάτω λόγους:

- Η καλλιεργήσιμη γη για τις καλλιέργειες της σοδειάς έχει φτάσει σε ένα ανώτατο όριο. Η συνολική αυτή γη έχει μείνει σε σταθερό επίπεδο τα τελευταία χρόνια, καθώς σε πολλές χώρες έχει παρατηρηθεί ότι συρρικνώνεται.
- Οι βροχοεξαρτώμενες περιοχές λειτουργούν και σαν αποθηκευτικοί χώροι μηρυκαστικών ζώων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία (Βοοειδή, κατσίκες και πρόβατα), καμήλες και μικρότερος αριθμός βουβάλων. Στην Ασία, οι περιοχές με βροχοεξαρτώμενη γεωργία φιλοξενούν περίπου 51% των συνολικών βοοειδών και 55% του συνόλου των μηρυκαστικών (TAC, 1992). Στη Νότια Ασία, το 70-90% των μηρυκαστικών (βούβαλοι, βοοειδή, κατσίκες, πρόβατα) βρίσκονται επίσης σε βροχοεξαρτώμενες περιοχές.
- Η ζήτηση για τροφή που προκύπτει από ζωικό πληθυσμό αυξάνεται στις συγκεκριμένες περιοχές ολοένα και περισσότερο. Για να επιτευχθεί αυτή η ζήτηση, χρήζει προσοχής η βελτιωμένη παραγωγικότητα των ζώων στην γεωργία μέσω της εντατικοποίησης τους, καθώς και με την προσθήκη νέων ειδών.



Εικόνα 24 Γηγενή Βοοειδή χρησιμοποιούνται σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στο Surin, Ταϊλάνδη (C. Devendra)

Κάποιες χώρες, όπως η Κίνα, Ινδία και η Ινδονησία δίνουν προτεραιότητα στη γεωργία και την αγροτική ανάπτυξη τέτοιων βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών. Στην Κίνα, για παράδειγμα, βορειοδυτικά κάποιες περιοχές εντατικοποιούν την αγροτική εκμετάλλευση αρδευόμενων βοσκοτοπιών και δημιουργία «climate-free» γεωργίας, αλλά αυτό έρχεται σε αντίθεση με μεγάλη μερίδα του πληθυσμού, καθώς υπάρχουν διαμαρτυρίες για αύξηση του επιπέδου της φτώχειας και της εξαθλίωσης του βιοτικού επιπέδου.



Εικόνα 25 Τυπικό υψίπεδο rainfed καλλιέργειας στην παροικία Lioning στην Κίνα (C. Devendra)

Σε αυτό το σημείο χρήζει να δοθεί ένας ορισμός και η σημασία των περιοχών με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες προκειμένου να μη γίνουν εννοιολογικά λάθη από τον αναγνώστη. Πρόκειται για όλες τις περιοχές στη γεωργία που δεν αρδεύονται και δεν έχουν συστήματα άρδευσης. Σε πολλές χώρες αναφέρονται σαν εύθραυστες περιοχές, με χαμηλές δυνατότητες που αποτελούνται από υψίπεδα και πλαγιές, δάση και δασότοπους. Λόγω του γεγονότος ότι είναι περιοχές της γεωργίας που δεν αρδεύονται, εξαρτώνται αποκλειστικά από την βροχόπτωση. Αυτό, βέβαια, δημιουργεί και κάποια προβλήματα, καθώς πολλές φορές δεν παρατηρείται η επιθυμητή βροχόπτωση οπότε έπονται οι ακόλουθοι κίνδυνοι:

- Περισσότερες ξηρασίες και αστάθεια τοπικού κλίματος
- Αδυναμία επιθυμητού αποτελέσματος στην αγροτική παραγωγή και κατ'επέκταση στην επάρκεια τροφής
- Εκατομμύρια άνθρωποι με τα ζώα που έχουν στην ιδιοκτησία τους και συμβάλλουν στην παραγωγή στρέφονται στον νομαδισμό και στη μετανάστευση προκειμένου να επιβιώσουν
- Οι ντόπιοι κάτοικοι περιθωριοποιούνται σε καταστάσεις πείνας, φτώχειας και εξαθλίωσης
- Πολλές φορές οι καταστροφές στο περιβάλλον είναι μεγάλες και χωρίς επιστροφή



Εικόνα 26 Αγροτικό χωριό με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στο Mokhotlong, Ανατολικό Lesotho (C. Devendra)

Στην Ασία και στον Ειρηνικό, η αγροτική έκταση από βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες υπολογίζεται περίπου σε 223 εκατομμύρια εκτάρια, αποτελώντας το 67% της συνολικής διαθέσιμης γεωργικής γης (ADB, 1989). Σε αυτή την περιοχή, οι 6 χώρες της Νότιας Ασίας διατηρούν ποσοστό 52% της συνολικής γης. Ο Αλεξανδράτος (1995) έχει υπολογίσει χαρακτηριστικά ότι οι περιοχές με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες κατάλληλες και διαθέσιμες για αγροτική παραγωγή στη Νότια Ασία που δεν χρησιμοποιούνται ως τώρα, είναι περίπου 81 εκατομμύρια εκτάρια στην νοτιοανατολική Ασία και 37 εκατομμύρια εκτάρια στην νότια Ασία.

Parameters	Arid/semi-arid zones		Sub-humid zone		Humid zone		% of Asia in agro-ecological zones
	Amount/number	% of Asia	Amount/number	% of Asia	Amount/number	% of Asia	
Human populations in 2010 (10^6)	1,311.4	35.7	588.8	16.0	1,264.5	34.4	86.1
Food demand in 2020 (10^6 tGE)	358.6	33.4	175.5	16.3	383.9	35.8	85.5
Production of food crops (10^6 tGE)	230.9	31.5	123.6	16.9	262.7	35.9	84.3
Production of cash crops (10^6 tGE)	79.6	33.6	62.8	26.5	89.7	37.9	98.0
Land area (10^6 ha)	327.6	16.1	237.7	11.7	534.1	26.2	54.0
Arable land (10^6 ha)	191.9	41.5	73.0	15.8	123.4	26.7	84.0
Rain-fed arable land (10^6 ha)	126.8	38.8	55.2	16.9	86.1	26.3	82.0
Irrigated arable land (10^6 ha)	65.2	48.8	17.8	13.1	37.3	27.5	88.6

* t GE = Tones of grain equivalent. Excludes cool tropics.

Εικόνα 27 Ανθρώπινος πληθυσμός, ζήτηση τροφής και χρήση γης στις αγροοικονομικές ζώνες της Ασίας (ADB, 1989)

Region	Favoured	Marginal	Sparsely populated arid lands	Forests and woodlands	Rural population living in favoured lands (%)
Asia (excluding West Asia)	16.6	30.0	18.5	34.6	37.0
Latin America and the Caribbean	9.6	20.3	8.1	61.9	34.0
Sub-Saharan Africa	8.5	23.1	24.6	43.7	27.0
West Asia and North Africa	7.8	22.6	65.8	3.9	24.0
Total (105 countries)	10.7	24.0	25.9	39	35.0

Εικόνα 28 Κατανομή κατηγοριών γης ανάλογα με την περιοχή (CGIAR/TAC, 2000)

Στη Νοτιοανατολική Ασία οι βροχοεξαρτώμενες περιοχές σαν αναλογία σε σχέση με την συνολική γεωργική έκταση υπολογίζονται ανάμεσα σε 63% στην Ινδονησία, 68.5% στη Μαλαισία και 97% στην Καμπότζη. Στην Νότια Ασία, οι αντίστοιχες μετρήσεις δείχνουν ποσοστά 27% στο Πακιστάν και 84% στο Νεπάλ. Μόνο στο Πακιστάν και στη Σρι Λάνκα το ποσοστό της αρδευόμενης γης ξεπερνά αυτό της βροχοεξαρτώμενης. Παρόλα αυτά, η μεγαλύτερη σε ποσοστό αρδευόμενη γη βρίσκεται στην Ινδία και αποτελείται από 43.8 εκατομμύρια εκτάρια. Η συνεισφορά της βροχοεξαρτώμενης γεωργίας στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, εξαιρώντας το Πακιστάν, ποικίλλει από 16% στη Μαλαισία μέχρι 61% στη Μιανμάρ (Devendra, 2010).

Στη Μαλαισία επικρατεί τόσο η ετήσια παραγωγή των καλλιεργειών όσο και η μακροχρόνια. Ενώ το ρύζι, τα φρούτα, η πιπεριά και τα λαχανικά είναι ιδιαίτερα σημαντικά σαν καλλιέργειες, αυτά που προσδίδουν έντονη συνεισφορά στη γεωργία είναι το φοινικέλαιο, το καουτσούκ και το κακάο. Οι καλλιέργειες δένδρων απασχολούν περισσότερο από 86% της συνολικής καλλιεργήσιμης περιοχής. Μόνο οι καλλιέργειες από φοινικέλαιο απασχολούν το 63.4% της αγροτικής γης.



Εικόνα 29 Καλλιέργειες Φοινίκων για φοινικέλαιο στη Μαλαισία

Selected countries	Total rainfed area in 10 ⁶ ha	Rainfed area as a proportion of total arable land (%)	Rainfed production as a proportion of agricultural GDP (%)	Population dependant on agriculture (%)
East and S.E.Asia				
1. China	52.0	53.8	33.0	30.0
2. Indonesia	9.2	62.2	19.1	36.8
3. Thailand	13.8	81.6	49.9	59.4
4. Vietnam	4.4	53.8	33.0	30.0
S.Asia				
5. Bangladesh	7.7	81.6	40.5	41.5
6. Bhutan	0.07	81.0	28.9	93.0
7. India	100.0	69.5	25.7	43.2
8. Nepal	2.6	84.0	40.9	41.0

Εικόνα 30 Σημαντικότητα Βροχοεξαρτώμενης γεωργίας σε συγκεκριμένες χώρες της Ασίας (Πηγή: ADB, 1989)

Χρησιμοποιώντας τη διακριτοποίηση της Τεχνικής Συμβουλευτικής Επιτροπής Technical Advisory Committee TAC (1994) του CGIAR, οι βροχοεξαρτώμενες αγροοικολογικές ζώνες είναι:

- Βροχοεξαρτώμενες εύκρατες και τροπικές ορεινές περιοχές στην Ινδική περιοχή των Ιμαλαίων.
- Βροχοεξαρτώμενα υγρά και ημιυγρά τροπικά συστήματα, ειδικά σε χώρες όπως η Κίνα, η ανατολική και νοτιοανατολική Ασία, νησιά του Ειρηνικού, καθώς και τμήματα του Μπαγκλαντές και της Σρι Λάνκα.
- Βροχοεξαρτώμενα άνυδρα και ημιάνυδρα τροπικά συστήματα, ειδικότερα σε χώρες στη Νότια Ασία χωρίς το Νεπάλ και το Μπαγκλαντές.

Το ρύζι είναι η κυριότερη καλλιέργεια στην Ασία, και παράγει διάφορες γεωργικές αποδόσεις σε εύρος 1.5-3.0 τόνους/εκτάριο. Καλλιέργειες οσπρίων και σπόροι ελιάς είναι επίσης σε μεγάλη ανάπτυξη. Οι βούβαλοι που χρησιμοποιούνται στη γεωργία είναι χαμηλότεροι σε πληθυσμό σε βροχοεξαρτώμενες περιοχές από ότι σε αρδευόμενες, καθώς ισχύει το αντίστροφο για τα βοοειδή. Στα υψίπεδα η τοπογραφία είναι λοφώδης και συχνά με απότομες κλίσεις. Η υπερβόσκηση και η υποβάθμιση των πόρων είναι συχνή. Τόσο ετήσιες όσο και μακροχρόνιες καλλιέργειες καλλιεργούνται, και συχνά χωρίς την ενσωμάτωση των ζώων. Οι καλλιέργειες ρυζιού έχουν απόδοση σε εύρος 0.9-1.6 τόνοι/εκτάριο. Τα ζώα που συνεισφέρουν στη γεωργία είναι συνήθως γουρούνια και πουλερικά ενώ λιγότερο βοηθούν βοοειδή, κατσίκες και πρόβατα.

Όπως προαναφέρθηκε, στη Νοτιοανατολική Ασία μια από τις κύριες καλλιέργειες που συνεισφέρουν στην οικονομία είναι η αγροτική παραγωγή του ρυζιού. Το ρύζι είναι το προτιμότερο καλλιεργήσιμο προϊόν, όταν προσφέρονται οι κατάλληλες συνθήκες για την καλλιέργεια του. Το υγρό ρύζι (wet rice) είναι μια μορφή καλλιέργειας η οποία προκύπτει από μόνιμη γεωργία που κυριαρχεί σε πεδινές περιοχές, καθώς συναντάται και σε κάποιες πυκνοκατοικημένες περιοχές σε υψίπεδα, όπου έχουν κατασκευαστεί συστήματα

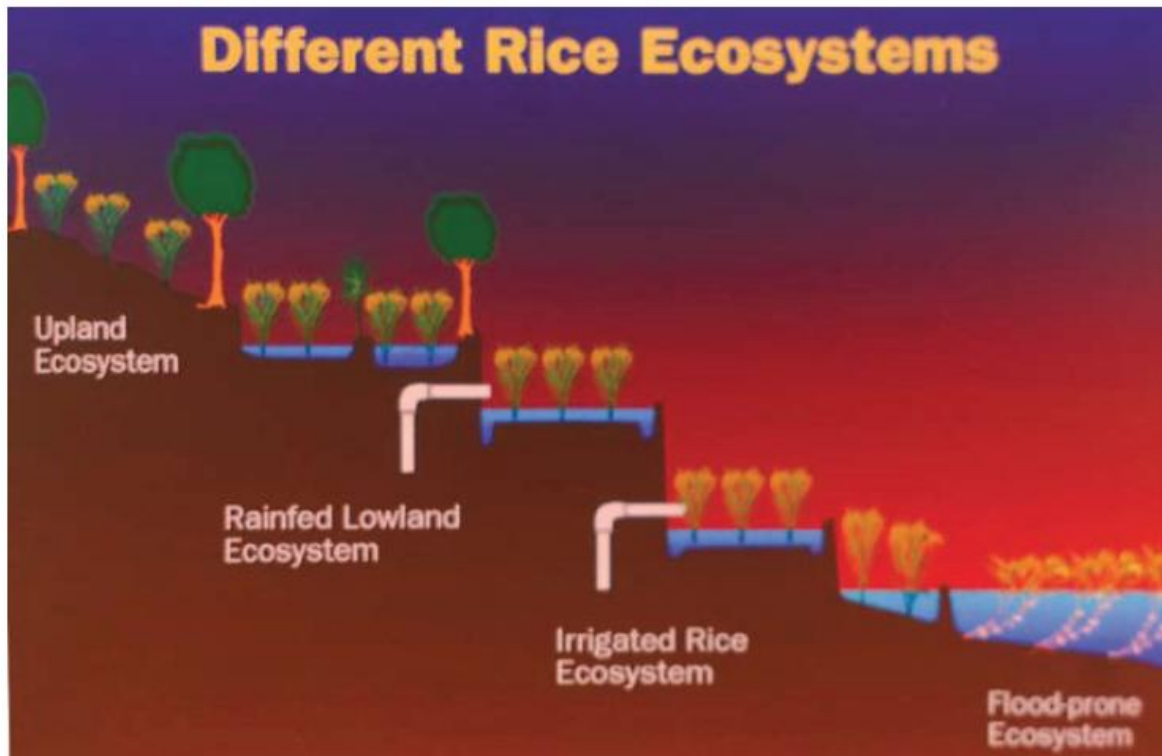
αναβαθμίδων προκειμένου να διευκολυνθεί η γεωργία. Το υγρό ρύζι μπορεί να αναπτυχθεί όλη τη διάρκεια του χρόνου όταν η περιοχή και η γεωργία είναι αρδευόμενη, αλλά κυρίως αναπτύσσεται την βροχερή εποχή του χρόνου, και γι αυτό το λόγο συναντάται περισσότερο σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, καθώς απαιτεί υγρές συνθήκες για την ανάπτυξη του. Παρόλα αυτά, δεν απαιτούν όλες οι καλλιέργειες ρυζιού μεγάλες ποσότητες υδατικών πόρων, καθώς σε κάποιες περιοχές συναντάται το ξηρό ρύζι (dry rice). Το ξηρό ρύζι, που καλλιεργείται χωρίς μεγάλες ποσότητες νερού στο χωράφι, είναι η πιο συνήθης καλλιέργεια ρυζιού στα υψίπεδα καθώς εκεί υπάρχει η έλλειψη νερού.



Εικόνα 31 Καλλιέργεια Υγρού Ρυζιού σε βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες στην Ινδονησία



Εικόνα 32 Καλλιέργεια Ξηρού Ρυζιού σε άνυδρη περιοχή σε Νοτιοανατολική Ασία



Εικόνα 33 Καλλιέργειες Ρυζιού στην Ασία. Τμήματα πεδινών βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών μπορεί να επωφεληθούν από διαρροές υδατικών πόρων από κοντινά αρδευόμενα συστήματα.

Η ιδιωτική ιδιοκτησία γης είναι αρκετά συχνή σε μικρής κλίμακας παραγωγούς αρδευόμενου ρυζιού στις πεδινές περιοχές, καθώς πολλοί παραγωγοί ρυζιού ενοικιάζουν καλλιεργήσιμες περιοχές όπου η παραγωγικότητα είναι υψηλή. Σε κάποιες υγρές περιοχές παραγωγής ρυζιού, συγκεκριμένα σε υψίπεδα, η ιδιοκτησία γης δεν είναι νόμιμα αναγνωρισμένη από την κυβέρνηση. Οι περισσότερες βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες ρυζιού είναι μικρής κλίμακας με το περισσότερο τμήμα της παραγωγής χρησιμοποιείται για σπιτική χρήση για τροφή, και το υπόλοιπο για την αποπληρωμή ενοικιαστικών κομίστρων και κάλυψη εξόδων για αγροτικές ανάγκες. Το νοικοκυριό είναι η τυπική μονάδα της αγροτικής παραγωγής, καθώς η βοήθεια από εργατικό ανθρώπινο δυναμικό χρησιμοποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για το θερισμό της σοδειάς. Η διαδικασία του οργώματος πραγματοποιείται με τη βοήθεια ζωικού κεφαλαίου όπως βούβαλοι. Χαμηλής κλίμακας αγροτικός εξοπλισμός τρακτέρ χρησιμοποιείται χρονιές με μεγάλη παραγωγή. Συνήθως ανήκει σε ένα αγρότη και νοικιάζεται σε άλλους στον αγροτικό οικισμό προκειμένου να συνεισφέρει στην αγροτική παραγωγή. Υπάρχουν, βέβαια, κάποιες βιοτεχνίες αγροτικής δραστηριότητας στις Φιλιππίνες, οι οποίες χρησιμοποιούν πιο εξειδικευμένο αγροτικό εξοπλισμό όπως τρακτέρ, σκαλιστήρια και άλλα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με εργατικό δυναμικό.



Εικόνα 34 Αγρότης σε βροχοεξαρτώμενη καλλιέργεια φασολιάς που χρησιμεύει τόσο στην κατανάλωση τροφής του νοικοκυριού, καθώς και στην τροφή των ζώων στο Mahasarakam στην Βορειοανατολική Ταϊλάνδη, παρόμοιο σύστημα με τις καλλιέργειες ρυζιού στις Φιλιππίνες (Πηγή: Devendra, 2005)

	Total Rice Area 000 ha	Percent		
		Rainfed Upland Rice ^a	Rainfed Wet Rice ^b	Irrigated Rice
Burma	5,500	0	84	16
Indonesia	9,005	16	45	39
Laos	739	29	57	14
Philippines	3,500	14	46	40
Thailand	9,140	10	66	24
Vietnam	5,615	8	79	13

Source: Modified from IRRI (1978).

^a Unbounded rice.

^b Including deep water rice.

Εικόνα 35 Περιοχή στην Νοτιοανατολική Ασία με καλλιέργειες ρυζιού



Εικόνα 36 Χαρακτηριστικές καλλιέργειες σε υψίπεδα και πεδιάδα στη λοφώδη περιοχή Chulidanda στο Νεπάλ (Πηγή: C. Devendra, 2005)



Εικόνα 37 Κοπριά από μηρυκαστικά σαν παραδοσιακή μορφή λιπάσματος σε μικρά αγροκτήματα βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών. Στην εικόνα απεικονίζονται μικρά ποσά κοπριάς διεσπαρμένα στη βροχοεξαρτώμενη περιοχή Chulidanda στο Νεπάλ, σε αναμονή του θερισμού με συνεισφορά βοοειδών προς καλλιέργεια ρυζιού (C. Devendra, 2005)

Η Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή Ηνωμένων Εθνών για την Ασία και τον Ειρηνικό ESCAP, που είναι ένα οικονομικό και κοινωνικό συμβούλιο του ΟΗΕ, χαρακτηριστικά το 2008 πρότεινε ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στη συντήρηση των υδατικών πόρων στις βροχοεξαρτώμενες περιοχές, καθώς και την διαχείριση του με σύγχρονα συστήματα. Αυτά περιλαμβάνουν τεχνικές water harvesting και άλλες μεθοδολογίες αποθήκευσης, κάτω από δύσκολες συνθήκες.



Εικόνα 38 Κοπριά αγελάδας σαν λίπασμα και προετοιμασία του εδάφους προς παραγωγή ρυζιού στην παροικία του Bin Phouc στο Βιετνάμ (Πηγή: C. Devendra, 2001)

2.2.4 Σημασία της Βροχόπτωσης στις Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες

Για την ενίσχυση της αποτελεσματικής χρήσης των υδατικών πόρων στη βροχοεξαρτώμενη γεωργία, δεν είναι δυνατή από μόνη της η σωστή διαχείριση του νερού, καθώς στις προαναφερμένες περιοχές οι καλλιέργειες αντιμετωπίζουν σημαντικότερα προβλήματα από την έλλειψη νερού. Η εμπειρία του Διεθνούς Ινστιτούτου Ερευνών για τις Καλλιέργειες στις Ημιάνυδρες Τροπικές Περιοχές (ICRISAT) στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες έχει υποδείξει ξεκάθαρα ότι δεν είναι πρόβλημα η ποσότητα του νερού στις περιοχές SAT, καθώς σε εκείνες τις περιοχές είναι αρκετά αξιόπιστες οι ποσότητες νερού, ενώ πρόβλημα θεωρείται η έλλειψη σωστής διαχείρισης των υδατικών πόρων. (Wani et al., 2006a).

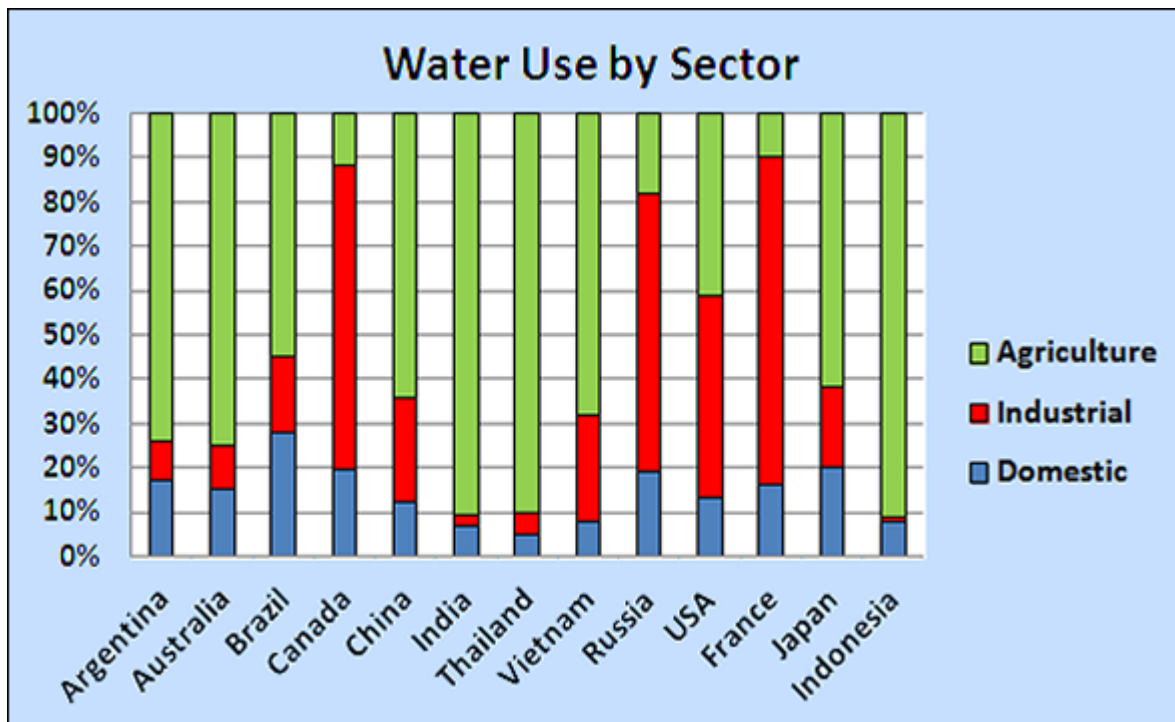
Συγκεκριμένα, το Ινστιτούτο ICRISAT είναι ένας διεθνής οργανισμός που πραγματοποιεί γεωργική έρευνα για την ανάπτυξη της υπαίθρου. Έχει έδρα στο Παταντσέρου της Ινδίας με αρκετά περιφερειακά κέντρα στο Μάλι, στην Κένυα και ερευνητικούς σταθμούς στο Νίγηρα, στη Νιγηρία, στο Μαλάουι, την Αιθιοπία και την Ζιμπάμπουε. Έτος ίδρυσης είναι το 1972 από κοινοπραξία οργανισμών και το καταστατικό της υπεγράφη από τη FAO και τον UNDP. Από τον Ιούνιο του 2010, έγιναν ελεύθερα διαθέσιμες περίπου 3000 δημοσιεύσεις συνεισφέροντας στην έρευνα για τις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες.



Εικόνα 39 Περιοχή Παταντσέρου, Υντεραμπάντ της Ινδία που βρίσκονται τα κεντρικά της ICRISAT

Όπως χαρακτηριστικά υποδεικνύεται από τον Agarwal, 2000, η Ινδία δεν θα υπέφερε από τοπικές ξηρασίες εάν οι υδατικοί πόροι στις συγκεκριμένες περιοχές ετύγγχαναν καλύτερη διαχείριση. Ακόμα και σε ξηρά χρόνια όμως, οι προσπάθειες της διαχείρισης της βροχόπτωσης έχουν συνεισφέρει την αγροτική παραγωγή των Ινδών αγροτών. Για παράδειγμα, κάποια συγκεκριμένα χωριά που τυγχάνουν καλύτερης διαχείρισης στους υδατικούς πόρους έχουν αυξήσει την παραγωγή σοδειάς και την αγοραστική αξία των αγροτικών προϊόντων σε ποσοστό 63%, συγκρινόμενα με άλλα χωριά που δεν έχουν την ίδια θετική αντιμετώπιση στους υδατικούς πόρους ακόμα και στα ξηρά χρόνια (Wani et al., 2006b). Μια ανάλυση που έγινε στο Μαλάουι, υποδεικνύει ότι από το τέλος του 1970, μόνο ένα μικρό ποσοστό των χρόνων που ανακηρύχθηκαν πολιτικά σαν ξηρά χρόνια ήταν και μετεωρολογικά χρόνια με ξηρασίες, δηλαδή χρόνια στα οποία τα ποσά της βροχόπτωσης ήταν χαμηλότερα από τα απαιτούμενα για την παραγωγή τροφής (Mwale, 2003). Αυτό σημαίνει ότι δεν ήταν λίγες οι φορές που τυχόν αποτυχημένες πολιτικές διαχείρισης των υδατικών πόρων μεταφράστηκαν σαν ξηρά χρόνια.

Αυτό εγείρει το συγκεκριμένο ερώτημα. Για ποιο λόγο επιρρίπτονται ευθύνες σε ξηρασίες όταν υπάρχει μεγάλο επίπεδο λιμού και ανεπάρκεια τροφής στις συγκεκριμένες περιοχές SAT; Η απάντηση μπορεί να βρεθεί στο εξής. Ακόμα και να μην υπήρξαν ξηρασίες λόγω επιπέδου βροχόπτωσης (δηλαδή να μην υπήρχε χαμηλή βροχόπτωση), μπορεί να ανακηρύχθηκαν ξηρά τα χρόνια επειδή οι καλλιέργειες μπορεί να υπέφεραν από έλλειψη συστημάτων διαχείρισης του υφισταμένου νερού και υγρασίας του εδάφους. Σε αρκετές περιπτώσεις η εξαθλίωση της γης και η ασθενής διαχείριση της γονιμότητας του εδάφους είναι οι κύριες αιτίες των ξηρασιών. Χρειάζεται εδώ να αναφέρουμε ότι, οι ξηρασίες αυτές χαρακτηρίζονται ως αγροτικές ξηρασίες και η βροχόπτωση δεν χρησιμοποιείται πλήρως για την ανάπτυξη των αγροτικών καλλιεργειών.

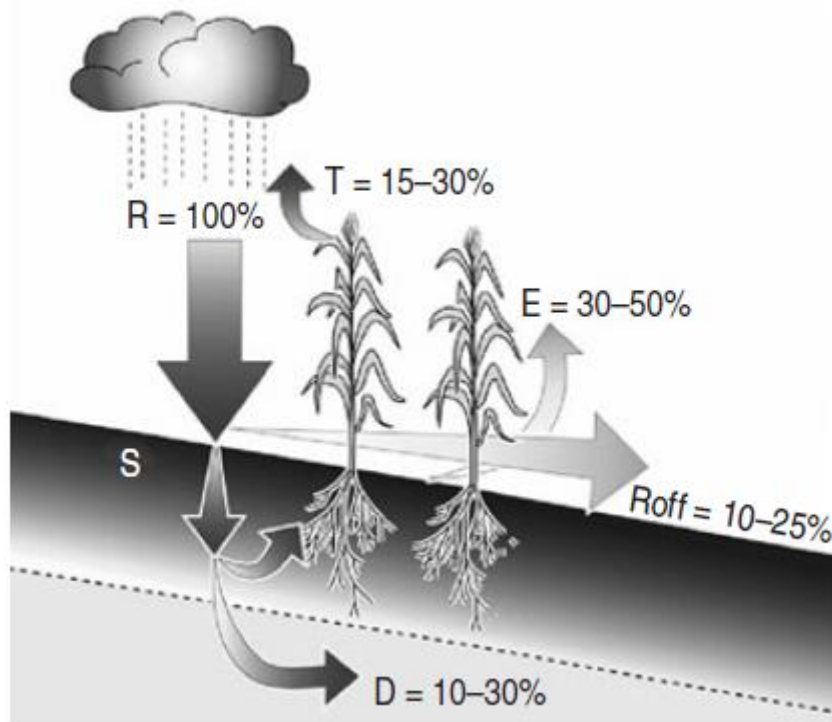


Εικόνα 40 Διαχωρισμός σε χρήσεις του νερού σε διάφορες χώρες και σημαία υδατικών πόρων στη γεωργία σε διάφορες περιοχές (Πηγή: Hans Schreier's Personal Website - University of British Columbia)

Αναλύσεις από βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες αγροτών σε όλο τον κόσμο υποδεικνύουν ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό, λιγότερο από 30%, βροχόπτωσης χρησιμοποιείται παραγωγικά για την επιτυχημένη διαπνοή των καλλιεργειών που οδηγεί στην ανάπτυξη των προϊόντων (Rockstrom, 2003). Πιο συγκεκριμένα, στοιχεία από τη Υποσαχάρια Αφρική δείχνουν ότι αυτό το ποσοστό κυμαίνεται από 15 έως 30% βροχόπτωσης, ακόμα και σε περιοχές με σοβαρή έλλειψη νερού. Αυτό το εύρος είναι ακόμα χαμηλότερο σε περιοχές με εξαθλιωμένη γη με καλλιέργειες που αποδίδουν αγροτική απόδοση χαμηλότερη από 1 τόνο/εκτάριο. Για άνυδρες περιοχές ένα τυπικό ποσοστό εκμετάλλευσης 10% βροχόπτωσης καταναλώνεται για παραγωγική διαπνοή των καλλιεργειών και το 90% καταλήγει σαν μη παραγωγική εξάτμιση (Oweis και Hachum, 2001). Για εύκρατες ξηρές περιοχές, όπως η WANA στην Ινδονησία, ένα μεγαλύτερο ποσοστό βροχόπτωσης καταναλώνεται αναλογικά στην παραγωγική διαπνοή σε ποσοστό 40-45%, καθώς υπάρχει μεγαλύτερη γεωργική απόδοση (3-4 τόνους/εκτάριο όταν συγκρίνεται με τους προηγούμενους 1-2 τόνους/εκτάριο). Παρόλα αυτά ένα ποσοστό των 25-35% του επιπέδου της βροχόπτωσης καταλήγει σε μη παραγωγική εξάτμιση.

Τα παραπάνω καταδεικνύουν ένα μεγάλο επίπεδο προοπτικής και ευκαιρίας για τη μελλοντική βροχοεξαρτώμενη γεωργία, καθώς μπορούν να επιτευχθούν μεγαλύτερα ποσοστά αξιοποίησης της βροχόπτωσης και καλύτεροι στόχοι αγροτικής παραγωγής. Συχνά οι χαμηλές αποδόσεις όπου υπάρχουν στη βροχοεξαρτώμενη γεωργία, στην πραγματικότητα, προκύπτουν από άλλους παράγοντες και όχι από τα επίπεδα της βροχόπτωσης. Όταν αυτό συμβαίνει σε καλλιέργειες αγροτών χαμηλής κλίμακας όσο αφορά την παραγωγή, προκύπτει από περιορισμούς όπως έλλειψη ανθρωπίνου δυναμικού στη γεωργία, μη ασφαλής ιδιοκτησία καλλιεργήσιμης γης και προβλήματα στο κεφάλαιο.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τον τρόπο καλλιέργειας της σοδειάς, καθώς και την δυνητική βελτίωση που μπορεί να υπάρχει.



Εικόνα 41 Επισκόπηση διαχωρισμού βροχόπτωσης σε γεωργικά βροχοεξαρτώμενα συστήματα σε ημιάνυδρες και τροπικές περιοχές στην Νότια Ασία. Φαίνεται το υψηλό επίπεδο βροχόπτωσης R καθώς και η αποστράγγιση D , επιφανειακή απορροή R_{off} και η μη παραγωγική εξάτμιση E . Η εναπομένουσα βροχόπτωση είναι διαπνοή. (Πηγή: Rockstrom et al., 2007)

2.2.5 Συμπεράσματα για Βροχοεξαρτώμενη γεωργία

Παρόλο που η αρδευόμενη αγροτική παραγωγή έχει συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στην παγκόσμια τροφή (ειδικά κατά τη διάρκεια της Πράσινης Επανάστασης Green Revolution), η βροχοεξαρτώμενη γεωργία εξακολουθεί να παράγει πάνω από 60% του συνόλου των σιτηρών. Πράσινη Επανάσταση ήταν μια επιστημονική πρόταση, η οποία υλοποιήθηκε με εντυπωσιακά αποτελέσματα, στις αρχές του δευτέρου μισού του 20^{ου} αιώνα, σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία που είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες. Στηρίχτηκε στην εξασφάλιση εκτάσεων γης, οι οποίες καλλιεργήθηκαν εντατικά και συνήθως με ένα μόνο είδος φυτού (μονοκαλλιέργεια). Βασικές αναλύσεις που έχουν διεκπεραιωθεί για το συγκεκριμένο ζήτημα υποδεικνύουν ότι η βροχοεξαρτώμενη γεωργία θα συνεχίσει να διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των σιτηρών, συνεισφέροντας πολύ στην αύξηση των σιτηρών από το 1995 έως το 2025. Παρόλα αυτά χρήζουν ιδιαίτερης αναφοράς οι απαραίτητες επενδύσεις και συστήματα που πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες.



Εικόνα 42 Σύστημα τεχνικής Water Harvesting σε οικισμούς στην Ινδία προς ορθότερης διαχείρισης του νερού (Πηγή: Traditional Water Management Systems of India, Kalyan Kumar Chakravarty)

Η συγκέντρωση και η σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων ύστερα από βροχόπτωση (Water Harvesting) έχει ιδιαίτερη προοπτική σε πολλές αγροτικές βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, καθώς μπορεί να βελτιώσει σε πολλούς αγρότες τη διαθεσιμότητα του νερού και να αυξήσει τη γονιμότητα του εδάφους σε κάποιες περιοχές και οικοσυστήματα. Παρά, βέβαια, κάποιες τοπικές επιτυχημένες προσπάθειες εφαρμογής των μεθόδων του water harvesting, η ευρύτερη αποδοχή των σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης των υδατικών πόρων και νέων συστημάτων είναι δύσκολη και περιορισμένη, καθώς είναι μεγάλα τα κόστη της εφαρμογής των σύγχρονων τεχνικών, του κεφαλαίου και ανθρώπινου εργατικού δυναμικού. Πρωτοβουλίες και σύμφωνα, για την ορθότερη διαχείριση του νερού έπεται από βροχόπτωση συχνά πάσχουν από έλλειψη υδρολογικών δεδομένων και ανεπαρκούς προσοχής στο σχεδιασμό των οικονομικών βημάτων είτε από ιδιωτική είτε από κυβερνητική οπτική. Με την κατάλληλη προσοχή σε επενδύσεις και εισαγωγή νέων τεχνικών σίγουρα θα μπορούσε να επιτευχθεί μεγαλύτερη γεωργική απόδοση στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, και κατ'επέκταση στα επίπεδα της τροφής παγκοσμίως.

2.3 Βροχοεξαρτώμενη γεωργία και Αγροτική Παραγωγή στην Ινδία

Με συνολική έκταση 32,8 εκ. τετρ. χιλιομέτρων, η Ινδία αποτελεί την 7η μεγαλύτερη χώρα στον κόσμο, ενώ είναι δεύτερη σε πληθυσμό. Αποτελεί υπό-ήπειρο, καθώς είναι αποκομμένη από την υπόλοιπη Ασία. Οριοθετείται από τα Ιμαλάια στον βορά και εκτείνεται έως τον Τροπικό του Καρκίνου στο Νότο, ενώ περιβάλλεται από τον Ινδικό Ωκεανό στα ανατολικά και την Αραβική Θάλασσα στα δυτικά.

- Συνολική έκταση: 32,8 εκ. τετ. χλμ.
- Μήκος συνόρων: 15.200 χλμ.
- Συνορεύουσες χώρες:

- □ Δυτικά: Πακιστάν (2.912 χλμ.)
- □ Βόρεια: Κίνα (3.380 χλμ.), Νεπάλ (1.690 χλμ.), Μπουτάν (605 χλμ.)
- □ Ανατολικά: Μπαγκλαντές (4.053 χλμ.), Μυανμάρ (1.463 χλμ.)
- Ακτογραμμή: 7.516,6 χλμ., Ινδικός Ωκεανός (Νότια), Αραβική Θάλασσα (Νοτιοδυτικά) και Κόλπος της Βεγγάλης (Νοτιοανατολικά)
- Διοίκηση: 29 κρατίδια

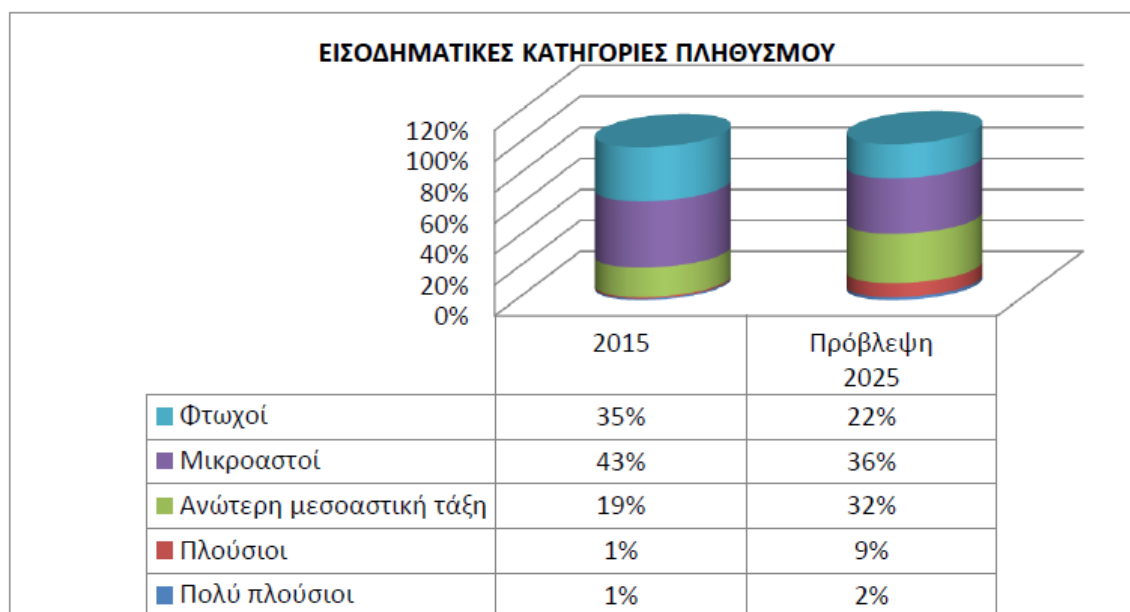


Εικόνα 43 Χάρτης της Ινδίας

Σύμφωνα με το Υπουργείο Στατιστικής, Σχεδιασμού και Εφαρμογής Προγραμμάτων (CIA World Fact book, World Bank), το 2011, σύμφωνα με την απογραφή του ίδιου έτους, ο ινδικός πληθυσμός ανερχόταν σε 1,21 δις. Το έτος 2017 υπολογίζεται ότι ανήλθε σε 1,31 δις. Η έκταση της χώρας καταλαμβάνει το 2,4% της επιφάνειας της γης, οι κάτοικοι της στο σύνολό τους αντιπροσωπεύουν το 17,99% του παγκόσμιου πληθυσμού, ενώ η μέση πυκνότητα ανέρχεται σε 398 κατοίκους/τετ. χιλιόμετρο. Η αναλογία γυναικών/ανδρών είναι δυσμενής για τις γυναίκες και ανέρχεται σε 1,08 άνδρες/1 γυναίκα.

- 1,310,000,000 κάτοικοι
- Μερίδιο παγκόσμιου πληθυσμού: 17,99%, 2η πολυπληθέστερη χώρα στον κόσμο
- Ετήσια αύξηση πληθυσμού: 1,19 %

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εισοδηματικές κατηγορίες του πληθυσμού, καθώς η οικονομία της Ινδίας είναι από τα κύρια αντικείμενα της παρούσας εργασίας.



(Πηγή: MGI Report)

Εικόνα 44 Κατανομή Εισοδηματικών κατηγοριών του πληθυσμού στην Ινδία (Ετήσια Έκθεση 2016, ΟΥΕ Νέο Δελχί)

Η εγχώρια παραγωγή υπήρξε ο κύριος μοχλός οικονομικής ανάπτυξης της Ινδίας τις τελευταίες δεκαετίες. Σύμφωνα με την Credit Suisse Global Wealth Report 2014, 0,3% του πληθυσμού της χώρας (2,4 εκ.) έχει περιουσία μεγαλύτερη του \$1 εκ., ενώ 254.000 ινδοί συγκαταλέγονται στο 1% των πλουσιότερων παγκοσμίως, από τους οποίους 2.080 έχουν περιουσία που ξεπερνά τα \$50 εκ. και 940 διαθέτουν περισσότερα από \$100 εκ. περιουσιακά στοιχεία.

Ποσοστό 10% των ινδών (128 εκ.) εκπροσωπούν 30% των συνολικών εισοδημάτων, 23% των εξόδων των νοικοκυριών και 64% του εισοδηματικού πλεονάσματος της Ινδίας (ICE 360 Survey 2014). Αντίθετα, το 10% των φτωχότερων ινδών αναγκάζονται να δανειζονται για να καλύψουν τις βασικές τους ανάγκες. Σχεδόν 63% των πλουσιότερων ινδών (βλ. 10%) ζουν σε αστικές περιοχές, ενώ 85% των φτωχότερων στρωμάτων ζουν σε αγροτικές περιοχές. Από τους πλούσιους των αστικών περιοχών (85 εκ.), περίπου 2/3 διαβιών σε μητροπόλεις και 1/3 σε μικρότερες πόλεις (Financial Express, 6.11.2015).

Το εθνικό νόμισμα της Ινδίας είναι η ρουπία. Το φθινόπωρο του 2017, η συναλλαγματική ισοτιμία της ρουπίας έχει ως ακολούθως: 1€ = 75 ρουπίες, 1\$ = 67 ρουπίες.

Η Ινδία αποτελεί ιδρυτικό μέλος των Ηνωμένων Εθνών. Επιπλέον, είναι μέλος σε πολλούς από τους επιμέρους Οργανισμούς των ΗΕ και συγκεκριμένα:

- Οργανισμός ΗΕ για την Εκπαίδευση, την Επιστήμη και τον Πολιτισμό (**UNESCO**),
- Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας (**ΙΑΕΑ**),
- Διεθνής Οργανισμός Εργασίας (**ILO**),
- Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (**FAO**),
- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (**WHO**),
- Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου (**WTO**),
- Οργανισμός Βιομηχανικής Ανάπτυξης ΗΕ (**UNIDO**),

- Ύπατη Αρμοστεία ΗΕ για τους Πρόσφυγες (**UNHCR**) και
- Παγκόσμια Ταχυδρομική Ένωση (**UPU**).

Επίσης, είναι μέλος στους παρακάτω Διεθνείς Οργανισμούς:

- Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (**IMF**),
- Διεθνής Τράπεζα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης (**World Bank**),
- Διεθνής Οργανισμός Ανάπτυξης (**IDA**)

Δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε από το συγκεκριμένο κεφάλαιο μια γενική επισκόπηση στην οικονομία της Ινδίας σύμφωνα με την Ετήσια Έκθεση του ΟΥΕ στο Νέο Δελχί το 2016. Η Ινδία είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη χώρα στον κόσμο, με ρυθμό οικ. μεγέθυνσης 7,1% το 2016-17. Η ινδική Οικονομία είναι η 7η μεγαλύτερη στον κόσμο σε απόλυτα νούμερα και η 3η μεγαλύτερη σύμφωνα με τον δείκτη Ισοτιμίας Αγοραστικής Δύναμης (PPP-Purchasing Power Parity). Η χώρα είναι μέλος της ομάδας G-20 και των BRICKS και γνωρίζει αδιάλειπτη ανάπτυξη την τελευταία εικοσαετία με ρυθμό γύρω σε 7%.

Οι μακροπρόθεσμες προοπτικές της ινδικής Οικονομίας είναι θετικές χάρη στο μεγάλο ποσοστό νέων του πληθυσμού της, στις ικανοποιητικές ιδιωτικές τραπεζικές καταθέσεις, στον υψηλό ρυθμό επενδύσεων και στην αυξανόμενη ενσωμάτωση στην παγκόσμια οικονομία. Με την προϋπόθεση της συνέχισης της μεγέθυνσης της ινδικής οικονομίας με τους σημερινούς ρυθμούς, η Ινδία έχει τη δυνατότητα να γίνει η 3η μεγαλύτερη οικονομία στον κόσμο σε απόλυτους αριθμούς μέσα στην επόμενη δεκαετία.

Συγκεκριμένα, ο Αγροτικός Τομέας απασχολεί τον μεγαλύτερο αριθμό εργαζομένων, αλλά συνεισφέρει σε μόλις 16,5% του ΑΕΠ (οικ. έτος 2016-17). Η αγροτική παραγωγή της χώρας κατατάσσεται 2η στον κόσμο, καθώς είναι η πατρίδα του 3^{ου} μεγαλύτερου πληθυσμού δισεκατομμυρίων (111 το 2016) και του 4^{ου} μεγαλύτερου αριθμού πλουσίων νοικοκυριών με περιουσία μεγαλύτερη των 100 εκατομμυρίων δολαρίων.

Στην Ινδία, το βροχοεξαρτώμενο περιβάλλον απασχολεί το 68% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης και υποστηρίζει 40% του ανθρώπινου και 65% του ζωικού πληθυσμού στη γεωργία (Misra et al., 2004). Η περιοχή παράγει 44% των τροφικών απαιτήσεων και θα συνεχίζει να διαδραματίζει ένα σπουδαίο ρόλο στη γεωργία της Ινδίας (Singh et al., 2004). Επίσης, υπάρχει και ενισχύεται ολοένα και περισσότερο ένα δίκτυο ζωικού πληθυσμού, που αντικείμενο του είναι η συνεισφορά στη γεωργία και κατ'επέκταση στην οικονομία (Kohler-Rollefson και Kishore, 2010).

Οικονομικό έτος	1η Απριλίου 2016– 31^η Μαρτίου 2017
ΑΕΠ	\$2.29 τρις (ονομαστικό2016) \$8.64 τρις (PPP- 2016)
Παγκόσμια κατάταξη ΑΕΠ	7η (Ονομαστική) /3η (PPP)
Μεγέθυνση ΑΕΠ (2016-17)	7.1%
Κατά κεφαλή ΑΕΠ (2016-17)	\$1,942 (ονομαστικό-129 ^η) \$6,700 (PPP-108 ^η)
Ποσοστό Τομέων στο ΑΕΠ (2016)	Γεωργία: 16.5% Βιομηχανία: 29.8% Υπηρεσίες: 53.7%
Πληθωρισμός	Τιμών Λιανικής: 4,9% (Απρίλιος 2017) WPI: 3,4% (Απρίλιος 2017)

Εικόνα 45 Βασικά Οικονομικά Μεγέθη Ινδίας στην Ετήσια Έκθεση 2016 ΟΥΕ Νέο Δελχί (Πηγή: ΠΟΕ, Department of Industrial Policy and Promotion, CIA World Fact Book) (α)

Βάση επιτοκίου δανεισμού	(6,5%)
Πληθυσμός κάτω από το όριο της φτώχειας	21.3% (< \$1.90/μέρα-Παγκόσμια Τράπεζα, 2016)
Εργατικό Δυναμικό	513,7 εκ. (2016)
Εργαζόμενοι ανά τομέα	Γεωργία: 47% Βιομηχανία: 22% Υπηρεσίες: 31%
Ανεργία	5% Αστική 4,9% Αγροτική
Μέσο εισόδημα νοικοκυριού	\$8,671/έτος (2016)
Κύριες Βιομηχανίες	Λογισμικό, πετρελαιοειδή, χημικά, φαρμακευτικά, αγροτικά προϊόντα, υφάσματα,

Εικόνα 46 Βασικά Οικονομικά Μεγέθη Ινδίας στην Ετήσια Έκθεση 2016 ΟΥΕ Νέο Δελχί (Πηγή: ΠΟΕ, Department of Industrial Policy and Promotion, CIA World Fact Book) (β)

Ευκολία Επιχειρείν	130 ⁿ (2017-Παγκόσμια Τράπεζα)
Εξαγωγές αγαθών⁴	\$244,8 δις
Κύριες Εξαγωγές	Λογισμικό, πετροχημικά, αγροτικά προϊόντα, δέρμα, κοσμήματα, μηχανήματα, φαρμασκευτικά, υφάσματα, χημικά, μεταφορές, μεταλλεύματα
Κύριοι εξαγωγικοί εταίροι	ΕΕ: 16,9% ΗΠΑ: 15,2% ΗΑΕ: 11,3% Χονγκ Κονγκ: 4,6% Κίνα: 4,6%
Εισαγωγές αγαθών⁵	\$340,9 δις

Εικόνα 47 Βασικά Οικονομικά Μεγέθη Ινδίας στην Ετήσια Έκθεση 2016 ΟΥΕ Νέο Δελχί (Πηγή: ΠΟΕ, Department of Industrial Policy and Promotion, CIA World Fact Book) (γ)

Κύριες εισαγωγές	αργό πετρέλαιο, χρυσός και πολύτιμοι λίθοι, ηλεκτρονικά, μηχανολογικός εξοπλισμός, χημικά, πλαστικά, άνθρακας και μεταλλεύματα, σίδηρος και χάλυβας, φυτικό λάδι
Κύριοι εισαγωγικοί εταίροι	Κίνα: 15,8% Ε.Ε.: 11,2% Σ. Αραβία: 5,5% Ελβετία: 5,4%
Εισροές ΑΞΕ⁶	\$46,4 δις (2016)
Ακαθάριστο εξωτερικό χρέος	\$507 δις (31 Δεκεμβρίου 2016) (Ετήσια αύξηση: \$27 δις)
Δημόσιο χρέος	52,3% του ΑΕΠ (2016) ⁷

Εικόνα 48 Βασικά Οικονομικά Μεγέθη Ινδίας στην Ετήσια Έκθεση 2016 ΟΥΕ Νέο Δελχί (Πηγή: ΠΟΕ, Department of Industrial Policy and Promotion, CIA World Fact Book) (δ)

Κατά το έτος 2016, υπήρξε σχετική σταθερότητα ως προς τους μακροοικονομικούς δείκτες. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ της Ινδίας το 2016 παρέμεινε ο μεγαλύτερος διεθνώς, αλλά ήταν μειωμένος σε σχέση με το προηγούμενο έτος

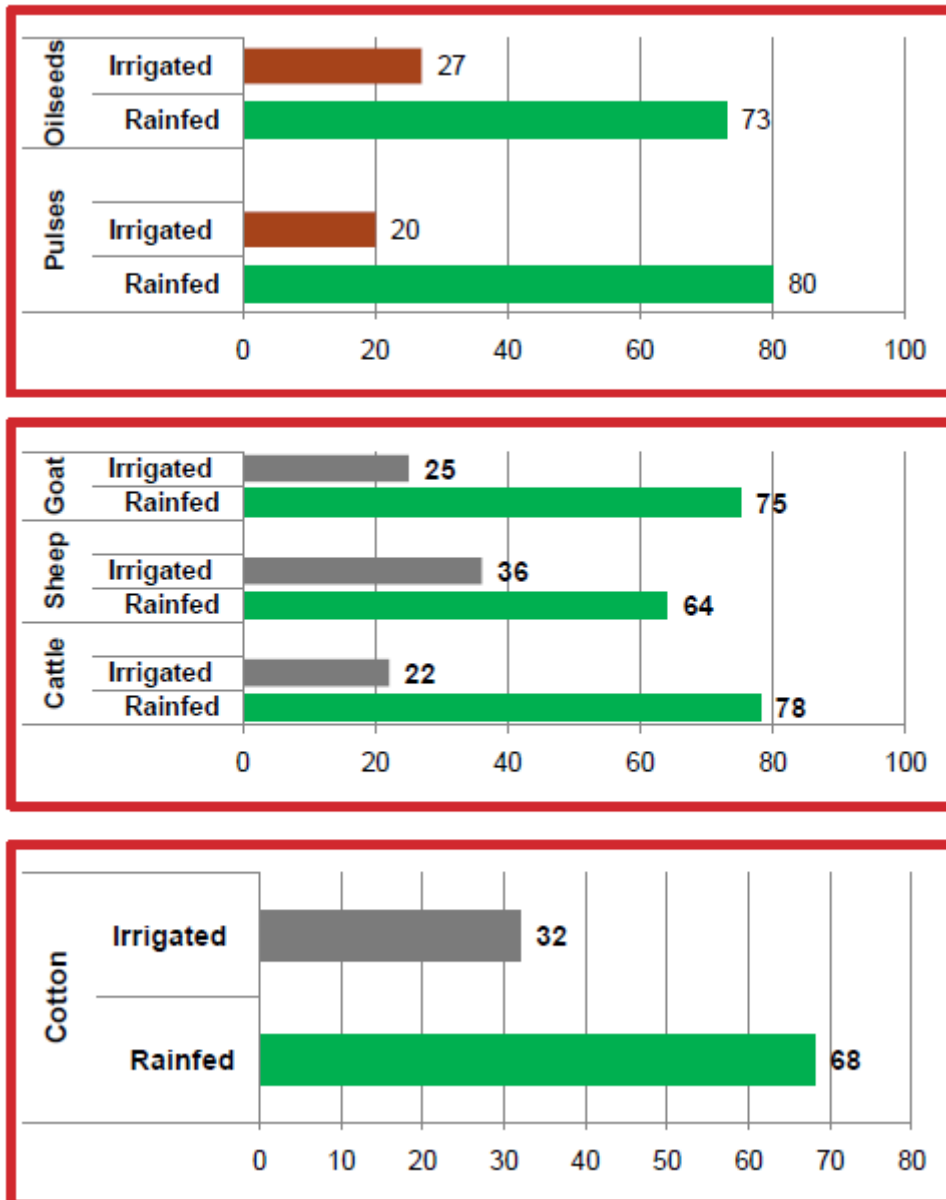
ανερχόμενος σε 7,1%. Η πιθανότερη αιτία της προαναφερθείσας πτώσης υπήρξε η αποκαλούμενη και «απονομισματοποίηση», δηλαδή η απόσυρση τον Νοέμβριο 2016 του συνόλου των κυκλοφορούντων χαρτονομισμάτων των 500 και 1.000 ρουπιών, η οποία επηρέασε αρνητικά την οικονομική δραστηριότητα κατά τους τελευταίους μήνες του οικονομικού έτους 2016-17. Το 2016 το κατά κεφαλή ΑΕΠ της Ινδίας ανήλθε σε \$ 1.942 από \$ 1.820 το 2015 και \$1.596 το 2014. Το Δημοσιονομικό έλλειμμα της χώρας ανήλθε σε 3,5% του ΑΕΠ από 3,9% το 2015, 4,5% το 2014 και 4,9% το 2013 (Αποθεματική Τράπεζα Ινδίας, Παγκόσμια Τράπεζα, ΔΝΤ 2016).

Η Ινδία έχει τη δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγή αγροτικών προϊόντων στον κόσμο. Η Γεωργία (μαζί με τη Δασοκομία και την Αλιεία) αποφέρουν περίπου το 16,5% του ΑΕΠ και απασχολούν το 47% του εργατικού δυναμικού της χώρας (CIA Fact Book). Αν και το ποσοστό της Γεωργίας στο ινδικό ΑΕΠ βαίνει συνεχώς μειούμενο, εξαιτίας της ταχείας και πολύπλευρης οικονομικής ανάπτυξης της χώρας, δημογραφικά, ο πρωτογενής κλάδος συνεχίζει να αποτελεί τον ευρύτερο οικονομικό τομέα και να παίζει σημαντικό ρόλο στον συνολικό κοινωνικό-οικονομικό ιστό της Ινδίας.

Η Ινδία είναι ο έβδομος μεγαλύτερος εξαγωγέας αγροτικών προϊόντων στον κόσμο. Τα σημαντικότερα εξ αυτών καθώς και η αντίστοιχη διεθνής κατάταξη της χώρας είναι (Indian Brand Equity Foundation):

- Η μεγαλύτερη παραγωγός χώρα στον κόσμο στο γάλα (137,7 εκ. τόνοι), τα μάνγκος (18,4 εκ. τόνοι) και τις μπανάνες (29,7 εκ. τόνοι)
- Η Ινδία διαθέτει τον μεγαλύτερο πληθυσμό βουβαλιών στον κόσμο (56,7% του παγκόσμιου)
- Η χώρα είναι δεύτερη παγκοσμίως στην παραγωγή φρούτων (89 εκ. τόνοι) και λαχανικών (162,9 εκ. τόνοι)
- Η ίδια χώρα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός ψαριών στον κόσμο (9,6 εκ. τόνοι).

Τα σημαντικότερα προβλήματα του τομέα είναι: α) Έλλειψη κατάλληλων και επαρκών υποδομών, β) μικρή παραγωγικότητα, γ) αυτοκτονίες εκατοντάδων αγροτών λόγω χρεών και δ) χρήση αγροτικών εκτάσεων για μη γεωργικούς σκοπούς.



Εικόνα 49 Ποσοστωση Βροχοεξαρτώμενων και Αρδευόμενων καλλιεργειών για διάφορα αγροτικά προϊόντα στην Ινδία (Πηγή: Mishra, 2011)

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρθηκε παραπάνω, η οικονομία της Ινδίας εξαρτάται κυρίως από τη γεωργία, καθώς συνεισφέρει 21% περίπου στο ΑΕΠ και απασχολεί επαγγελματικά παραπάνω από το 60% του πληθυσμού. Η Ινδία έχει κάνει πολύ σημαντικά βήματα στην παραγωγή της τροφής τις τελευταίες 3 δεκαετίες καταλήγοντας σε επάρκεια φαγητού στις περιοχές και στα αποθέματα. Παρόλα αυτά, η υπεραύξηση του πληθυσμού τα επόμενα χρόνια θα αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα στην επίτευξη του στόχου της επάρκειας τροφής για όλους. Η χώρα θα χρειαστεί να θρέψει 1.3 δισεκατομμύρια ανθρώπους μέχρι το 2020, καθώς χρειάζονται 5-6 megatons προστιθέμενης τροφής ετησίως για να καλυφθεί αυτός ο στόχος. Παραπάνω από 70% του Ινδικού πληθυσμού, που κυρίως ζουν σε αγροτικές περιοχές, δεν έχουν πρόσβαση σε ανέσεις και εγκαταστάσεις παροχής τροφής λόγω ανεπαρκών υποδομών. Η βροχοεξαρτώμενη γεωργία απασχολεί το 67% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης, συνεισφέροντας 44% στην παραγωγή της τροφής και υποστηρίζοντας το 40% του πληθυσμού. Ακόμα και με την προοπτική της συνολικής

άρδευσης που δύναται να επιτευχθεί στη χώρα, το 50% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης θα παραμείνει βροχοεξαρτώμενη (CRIDA, 1997). Οι βροχοεξαρτώμενες περιοχές όπως αναφέρεται και παρακάτω αποτελούνται από 95% καλλιέργειες από άγριο σιτάρι, 91% από όσπρια, 80% από καλλιέργειες ελιάς, 65% βαμβάκι και 53% ρύζι (Government of India, 1994). Σχηματισμοί ζωικού πληθυσμού για συνεισφορά στη γεωργία παρατηρούνται έντονα στο βροχοεξαρτώμενο περιβάλλον, καθώς 2 στα 3 ζώα ευδοκούν στις συγκεκριμένες περιοχές. Αυτές οι περιοχές είναι απλωμένες κατά μήκος όλης της χώρας από ημιάνυδρα έως και ημιυγρά περιβάλλοντα, καθώς οι καλλιέργειες ποικίλουν από 90 έως 180 μέρες.



Εικόνα 50 Καλλιέργειες υγρού ρυζιού στην Ινδία (NRAA, 2012)

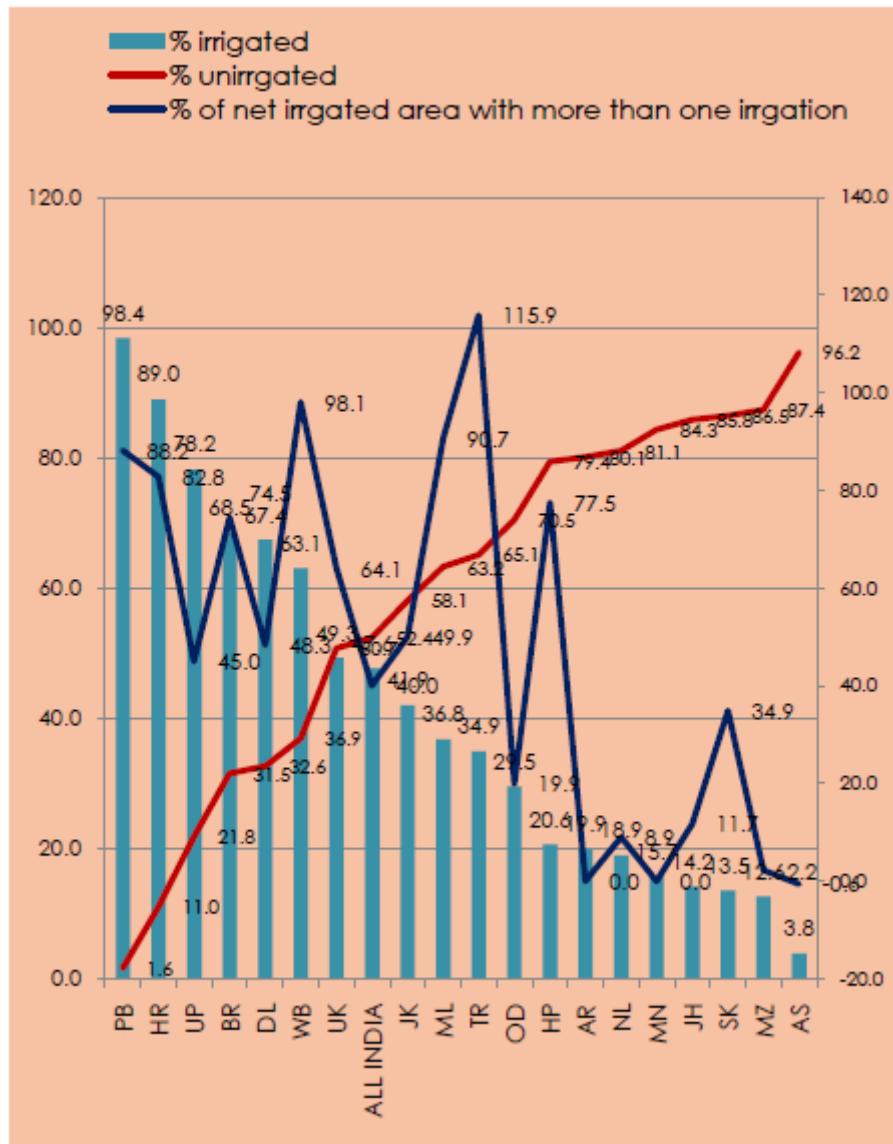
Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος των μηρυκαστικών όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην εξάπλωση και χρήση των βροχοεξαρτώμενων περιοχών στην Ινδία. Είναι αρκετά ενδιαφέρουσα η κατανομή των βουβάλων και των βοοειδών στις αγροοικολογικές ζώνες της Ινδίας. Ενώ οι αρδευόμενες αγροοικολογικές περιοχές είναι τα παραδοσιακά οικοσυστήματα των συγκεκριμένων ειδών, υπάρχουν ενδείξεις ότι ο πληθυσμός των βουβάλων τείνει να αυξάνεται προς βροχοεξαρτώμενες περιοχές επίσης. Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ των χρόνων 1982-1997, υπάρχουν ενδείξεις ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των βουβάλων ήταν μεγαλύτερος στις άνυδρες περιοχές από ότι στις αρδευόμενες. Συγκεκριμένα, αξιολογείται μια αύξηση του ρυθμού αυτού σε 5.2% ετησίως για τις ξηρές και βροχοεξαρτώμενες περιοχές στους βουβάλους που είναι παραπάνω από διπλάσιο ποσοστό από τις αρδευόμενες περιοχές.

Agro-ecological zone (AEZ)	Area share (%)	Share in buffalo numbers (%)		Annual growth rate (1982-1997, %)
		1972	1997	
Arid	8.3	2.5	4.7	3.8
Rainfed	51.2	43.9	43.5	1.7
Hills and mountains	3.4	2.1	1.1	1.2
Coastal	7.9	8.2	1.1	0.8
Irrigated	15.2	38.4	41.9	1.9
Total	86.2	98.2	99.9	-

NB. The data excludes Jammu and Kashmir.

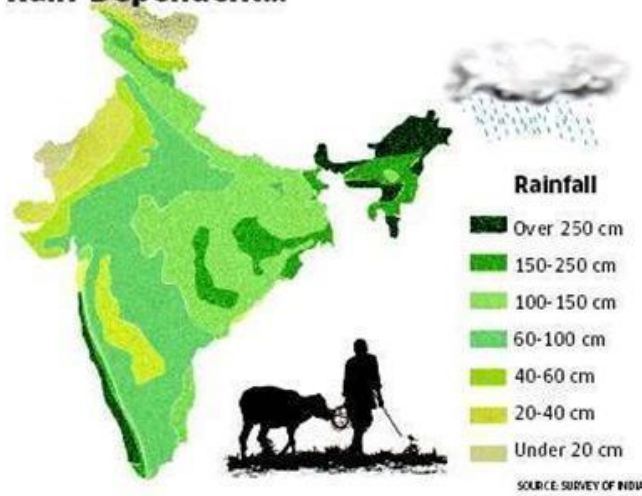
Εικόνα 51 Κατανομή Βουβάλων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία στις αγροοικολογικές ζώνες της Ινδίας (1972-1997) (Πηγή: Κυβέρνηση της Ινδίας, 1997)

Η Ινδία αντιμετωπίζει ανά διαστήματα σοβαρά προβλήματα διαχείρισης των υδατικών πόρων, καθώς και ξηρασίες που επιδεινώνουν την αγροτική παραγωγή. Το 52% της υπάρχουσας καλλιεργήσιμης γης παραμένει χωρίς άρδευση και κάποιες περιοχές παραμένουν χωρίς νερό. Τη δεδομένη χρονική στιγμή, η άρδευση καταναλώνει το 84% του συνόλου του νερού (η βιομηχανία το 12% και τα νοικοκυριά το 4%). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η χρήση νερού στην άρδευση στην Ινδία είναι από 2 έως 4 φορές υψηλότερη από ότι στην Αμερική και την Κίνα ανά εκτάριο των μεγαλύτερων καλλιεργειών (NITI Aayong, Government of India).

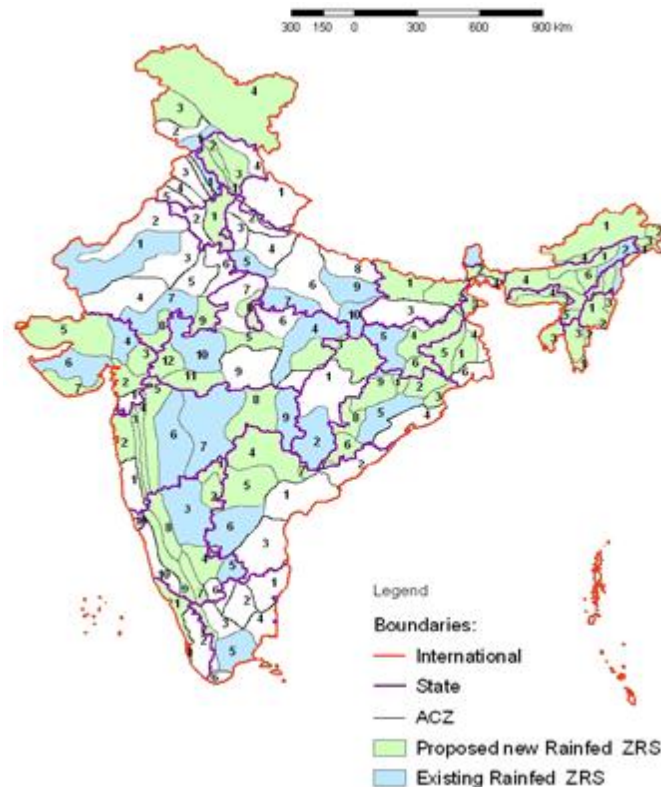


Εικόνα 52 Χωρική Ποσόστωση κατανάλωσης νερού σε βροχοεξαρτώμενες και αρδευόμενες καλλιέργειες στην Ινδία (Mishra, Government of India)

About 60% of India's Agri Land is Rain-Dependent...



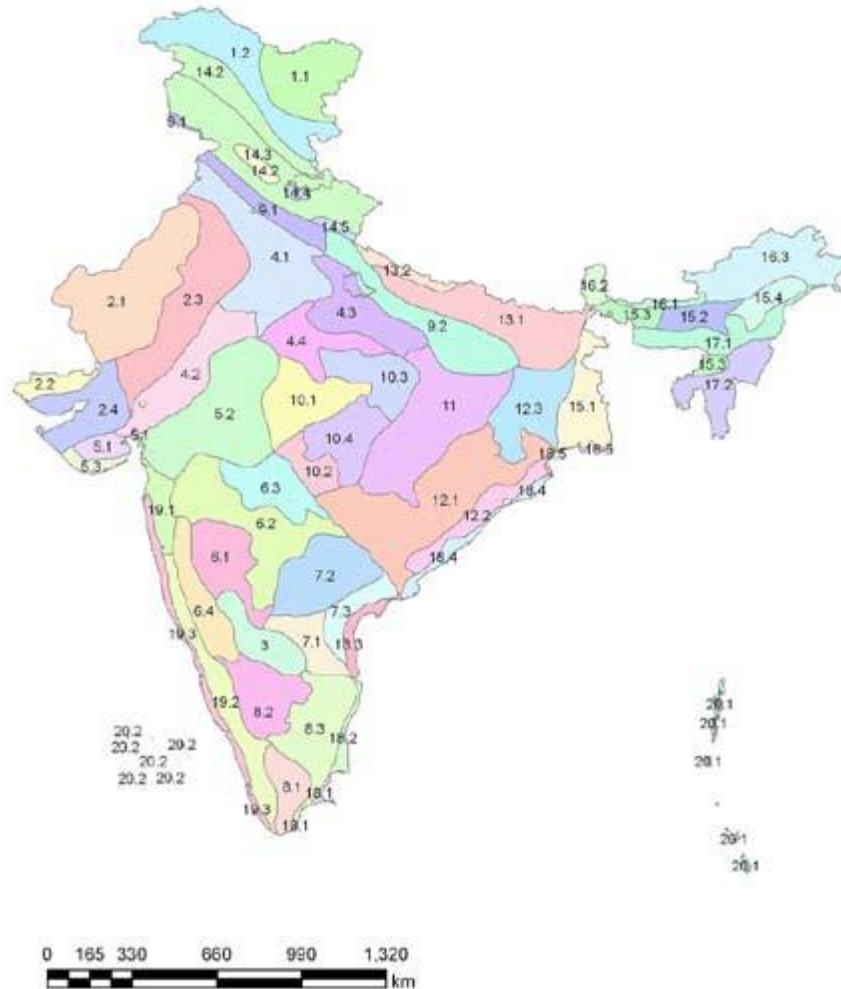
Εικόνα 53 60% της Αγροτικής καλλιεργήσιμης γης στην Ινδία είναι βροχοεξαρτώμενη. Χρωματικά φαίνεται η κατηγοριοποίηση των περιοχών ανάλογα με τα cm βροχόπτωσης ετησίως. (Πηγή: Survey of India, 2012)



Εικόνα 54 Σχεδιάγραμμα των αγροοικολογικών ζωνών που προέκυψαν από το NARP National Agricultural Research Project στην Ινδία (Πηγή: NRAA, 2012)

Υπό την αξιολόγηση του National Agricultural Technology Project (NATP), η ιδέα για συστήματα αγροτικής παραγωγής εισήχθη από την ICAR. Για να δοθεί προτεραιότητα σε βροχοεξαρτώμενες περιοχές στην Ινδία, αναλύθηκαν δεδομένα από καλλιέργειες,

καθώς και κοινωνικοοικονομικοί παράμετροι με ποσοστό μικρότερο 30% άρδευση σε αυτές. Οι περιοχές με σταθερή ή χαμηλή παραγωγικότητα κάτω από καλλιέργειες ενός συγκεκριμένου προϊόντος είχαν ιδιαίτερη σημασία και προτεραιότητα σαν επιλογή. Σαν βασική ιδέα για την Ινδία η παραπάνω πρόταση συνεισφέρει στο γεγονός ότι εάν υπήρχε βελτίωση στην αγροτική παραγωγή σε τέτοιες καλλιέργειες τότε θα υπήρξε αύξηση της παραγωγικότητας και κατ επέκταση των αναγκών που πρέπει να καλυφθούν (NATP, 2004).



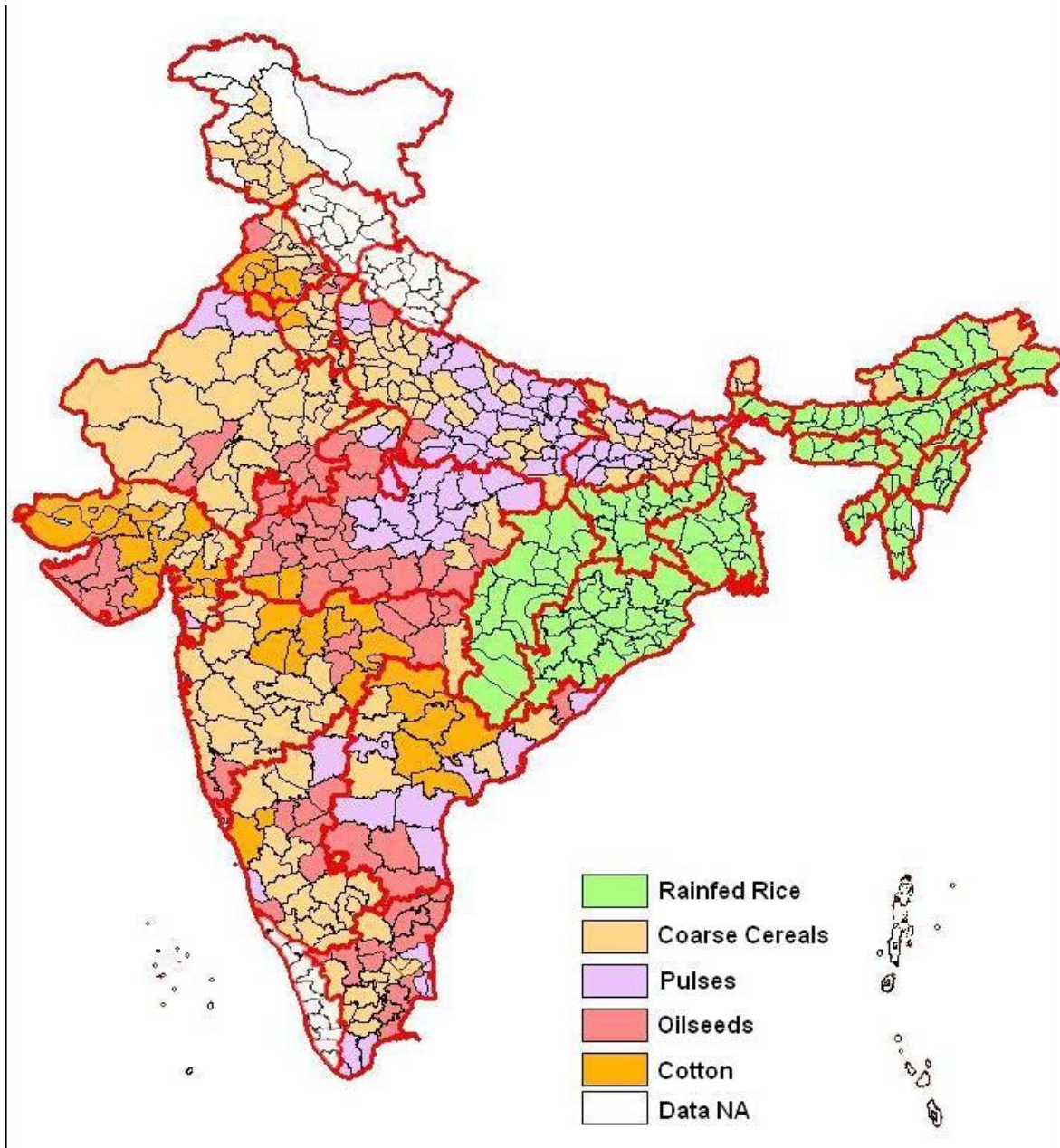
Εικόνα 55 Αγροοικολογικές υποπεριοχές της Ινδίας (Πηγή: Seghal et al., 1992 και 1995)

Στην παραπάνω προσέγγιση, τα βροχοεξαρτώμενα οικοσυστήματα υποδιαιρούνται σε 5 ομογενή συστήματα παραγωγής :

- i. Βροχοεξαρτώμενα συστήματα παραγωγής ρυζιού
- ii. Συστήματα παραγωγής σιτηρών-δημητριακών
- iii. Συστήματα παραγωγής ελιάς
- iv. Όσπρια
- v. Καλλιέργειες Βαμβακιού

Η αγροτική παραγωγή βροχοεξαρτώμενου ρυζιού κυριαρχεί στα ανατολικά και βορειοανατολικά τμήματα της Ινδίας. Τα σιτηρά είναι η κύρια και σημαντικότερη τροφή των φτωχότερων ανθρώπων. Η παραγωγή της ελιάς που κυρίως είναι βροχοεξαρτώμενη

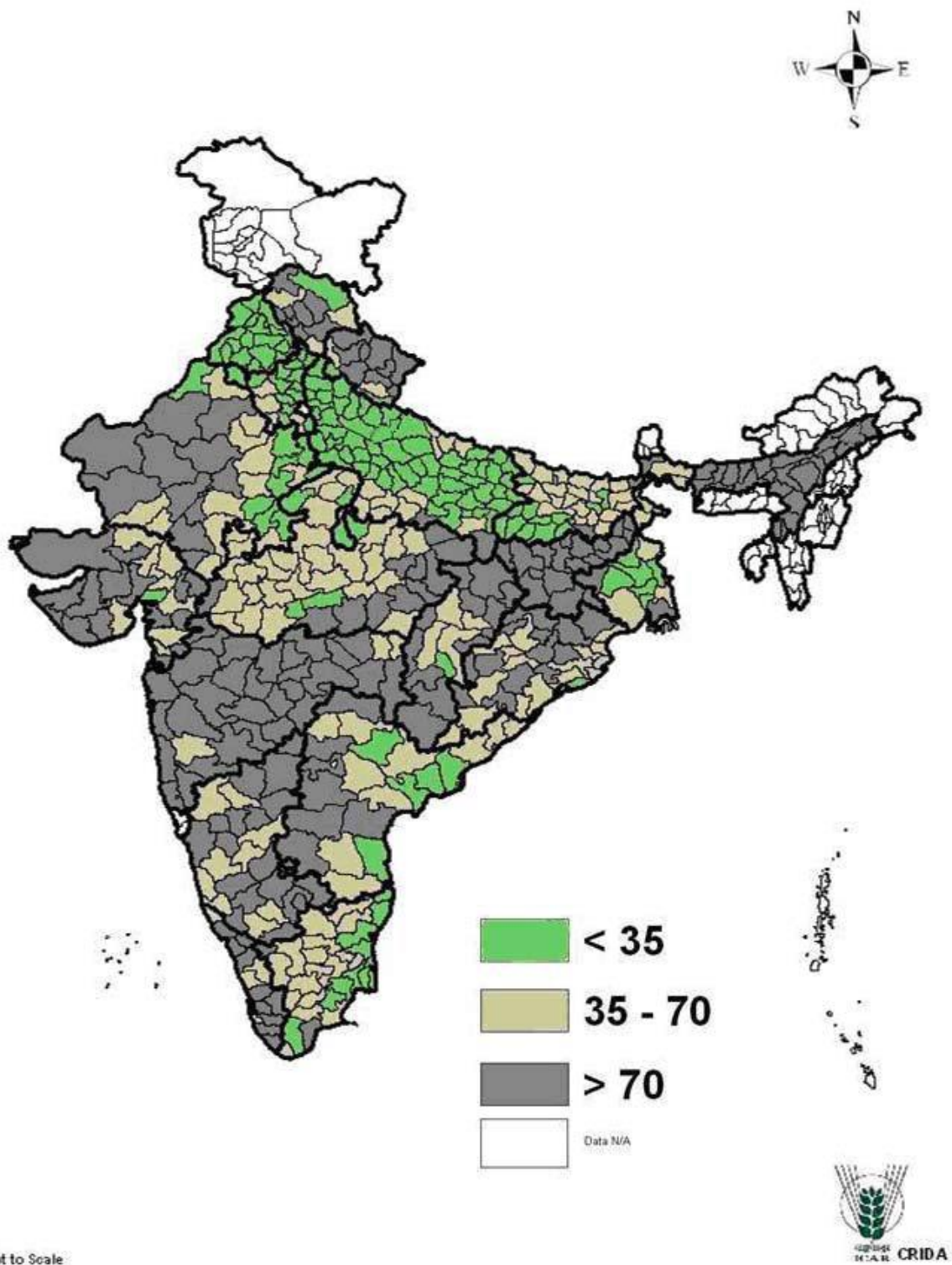
στην Ινδία βρίσκεται στα βόρεια τμήματα καθώς και υπάρχουν διάσπαρτα τμήματα στο νότιο κομμάτι της χώρας. Αντίστοιχα, φαίνονται αναλυτικά οι καλλιέργειες στα διάφορα τμήματα της Ινδίας όσο αφορά την αγροτική παραγωγή.



Εικόνα 56 Κυριότερα βροχοεξαρτώμενα συστήματα αγροτικής παραγωγής στην Ινδία (NRAA, 2012)

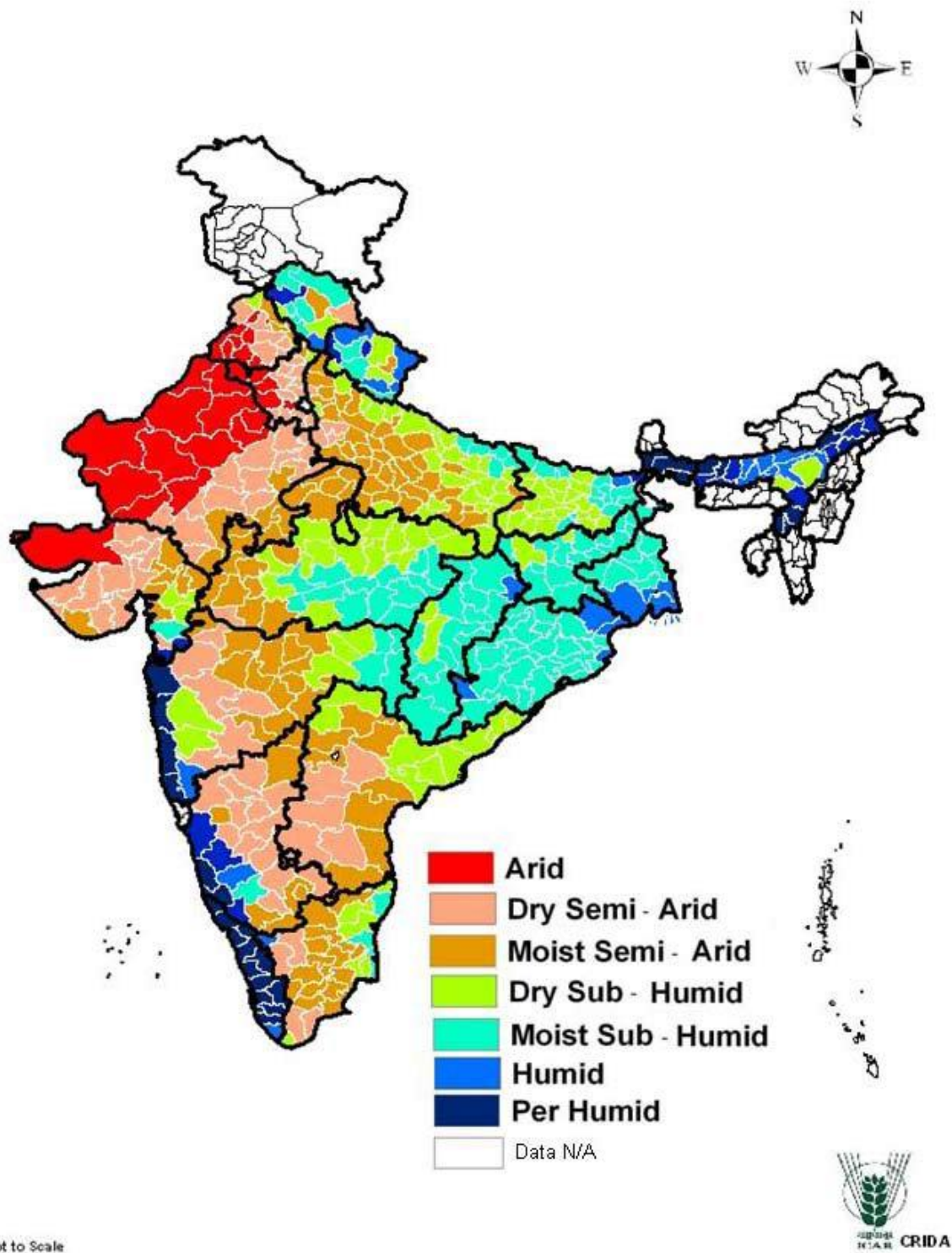
Μεγάλη σημασία όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έχει η βροχόπτωση στις βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, καθώς εν απουσία της δεν υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης της σοδειάς και της επιτυχημένης παραγωγής. Το πάνω όριο της βροχόπτωσης σαν ετήσιο μέσο όρο είναι τα 1500 mm, και κυριαρχεί στο παραπάνω από 80% των περιοχών στη γεωγραφική περιοχή (Mandal et al., 1999). Επιπροσθέτως, η ζήτηση για τη δυνατή εξατμισοδιαπνοή για την περίοδο της καλλιέργειας είναι εντός ορίων, καθώς καλύπτει για τα δεδομένα επίπεδα βροχόπτωσης το 99.8% της γεωγραφικής περιοχής

(IMD Science Report No. 36). Οι περιοχές κατατάσσονται σε 3 τάξεις ανάλογα με τη βροχόπτωση η οποία λαμβάνεται ετησίως. Συγκεκριμένα, λιγότερο από 35% βροχοεξαρτώμενες περιοχές, 35-70% και παραπάνω από 70% βροχοεξαρτώμενες περιοχές. Εκτός από κάποιες νέες περιοχές στην παραθαλάσσια Ινδία, όλες οι υπόλοιπες περιοχές κοντά στη θάλασσα χαρακτηρίζονται σαν λιγότερο από 35% σαν βροχοεξαρτώμενες. Οι περισσότερες περιοχές στην Κεντρική Ινδία έχουν παραπάνω από 70% βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες, καθώς έχουν ξηρό και ημιάνυδρο κλίμα.

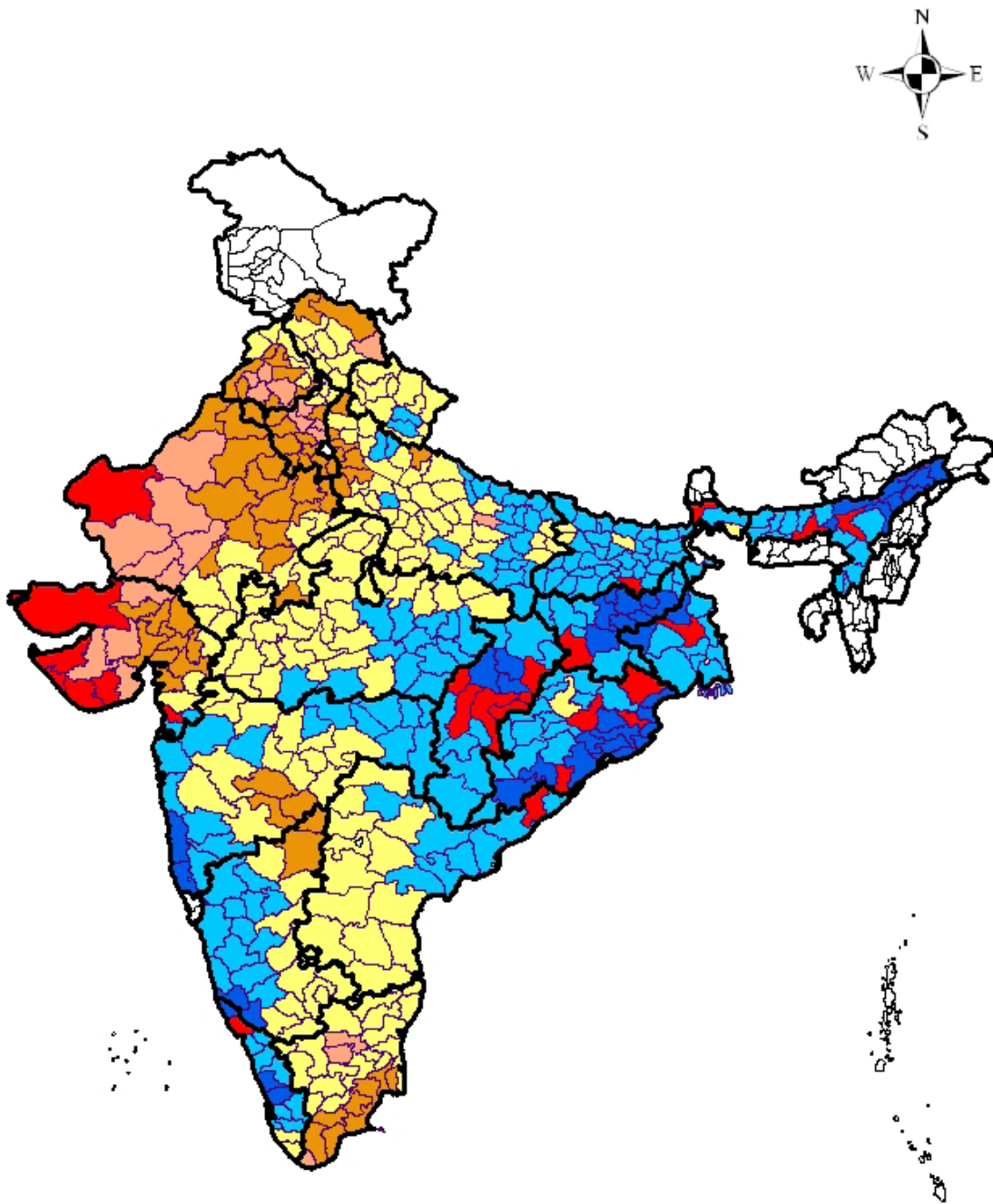


Not to Scale

Εικόνα 57 Ποσοστό βροχοεξαρτώμενης καλλιεργήσιμης περιοχής συνολικά στην Ινδία (NRAA, 2012)



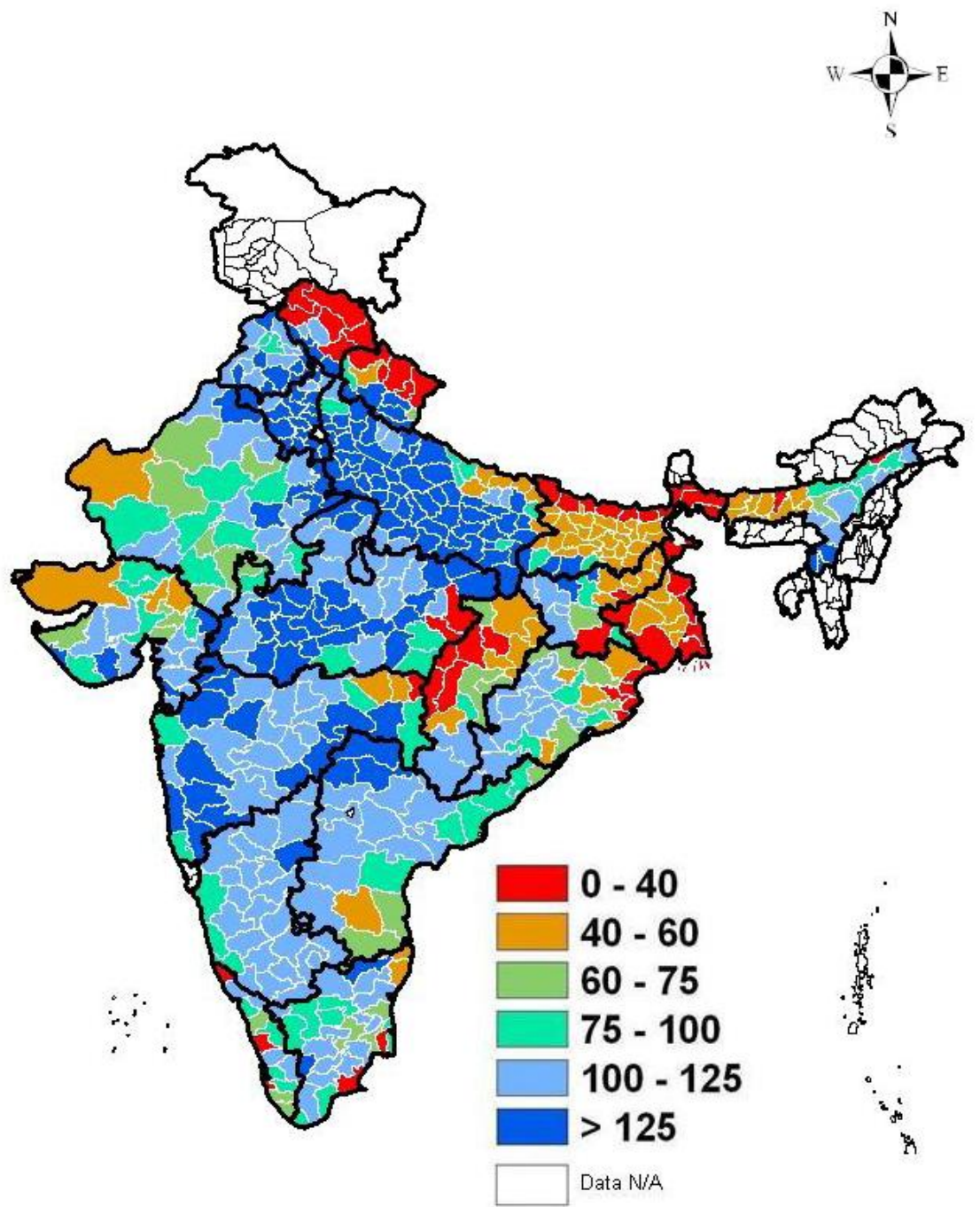
Εικόνα 58 Κατάταξη κλίματος βασισμένο στα επίπεδα βροχόπτωσης (NRAA, 2012)



Not to Scale



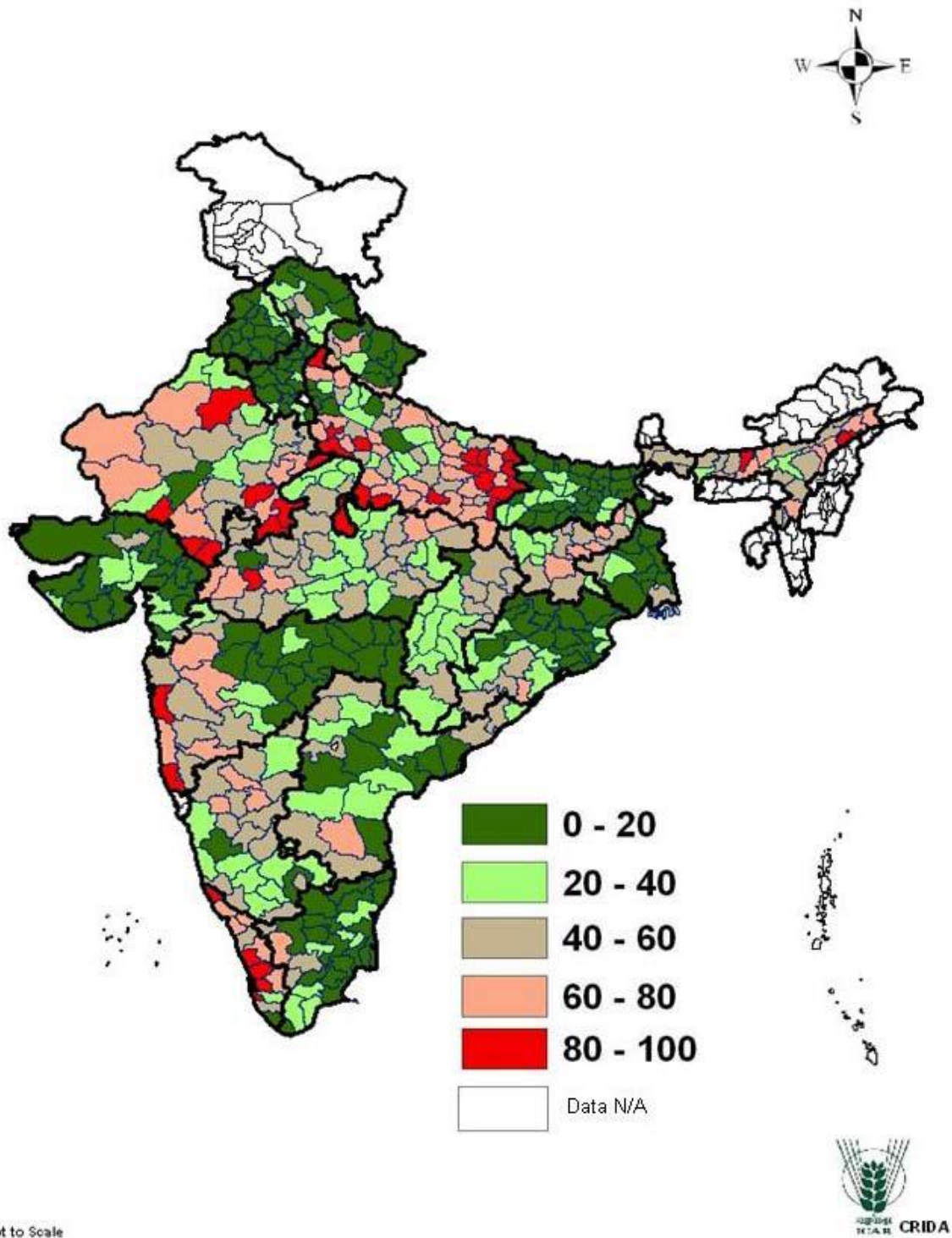
Εικόνα 59 Πιθανότητα επί τοις εκατό εμφάνισης σοβαρής και μεγάλης ξηρασίας στις περιοχές της Ινδίας (NRAA, 2012)



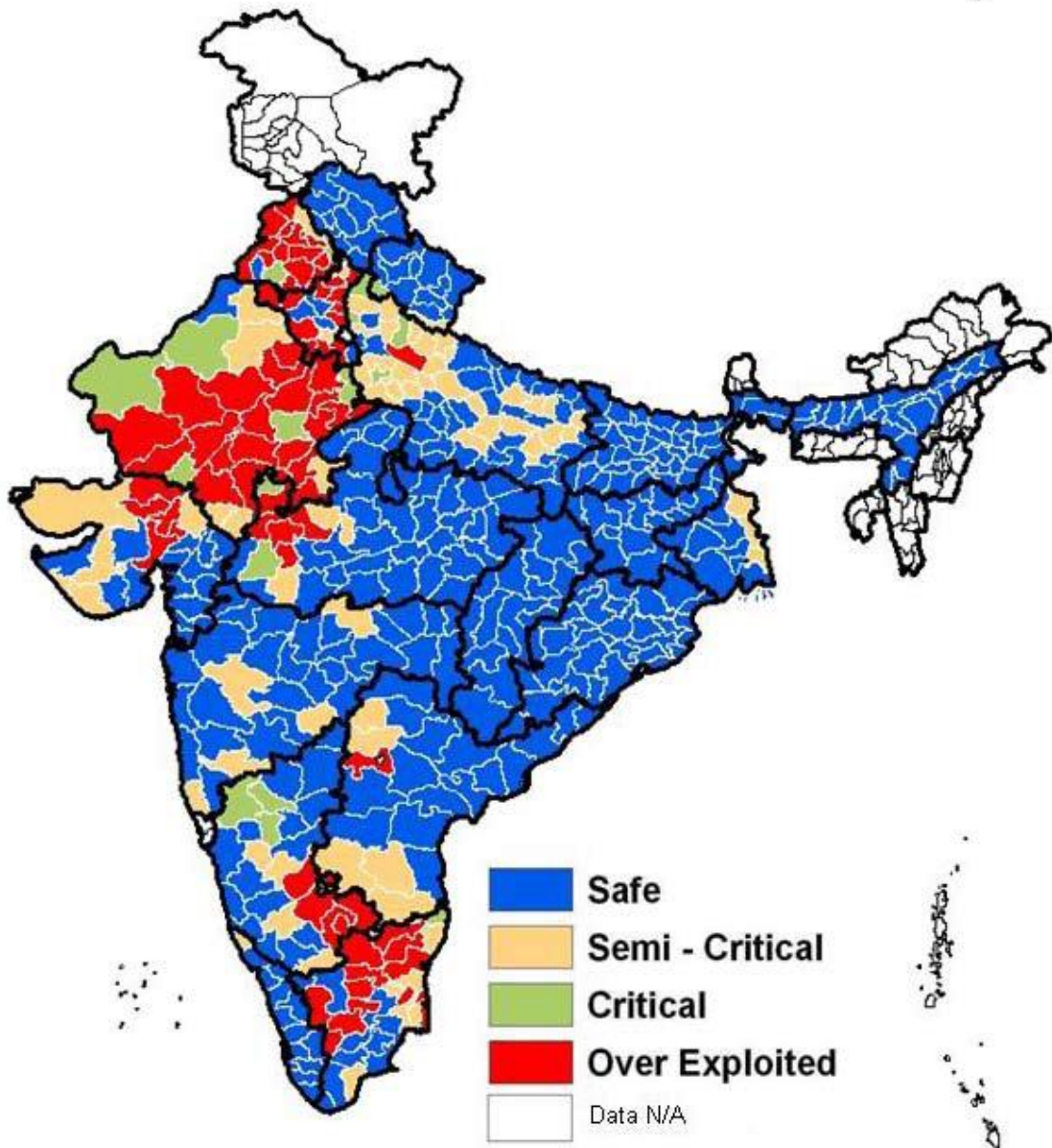
Not to Scale

Εικόνα 60 Διαθέσιμες ποσότητες υδατικών πόρων-νερού σε mm (NRAA, 2012)





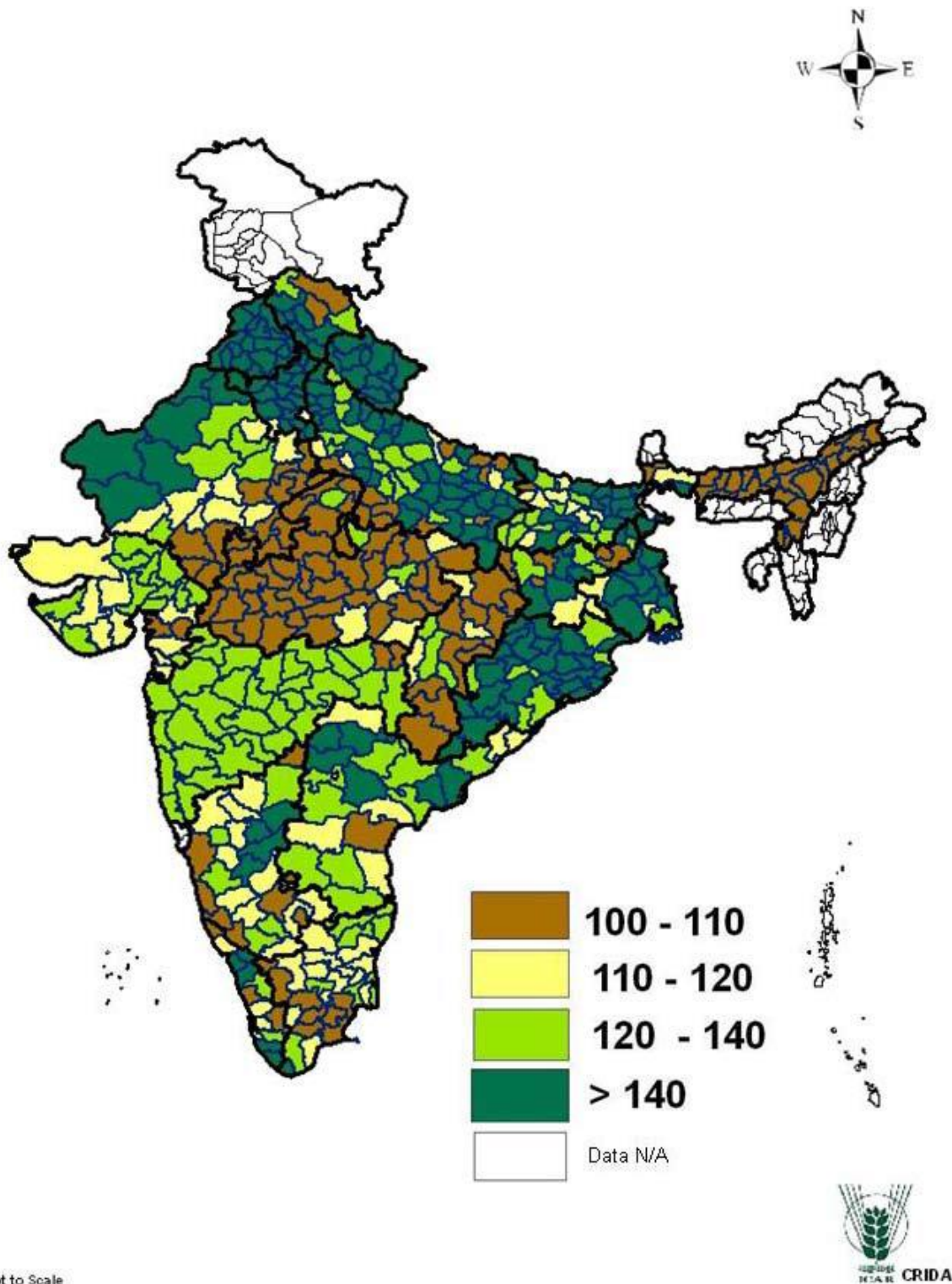
Εικόνα 61 Ποσοστό επί τοις εκατό εξαθλιωμένη και άγρονη γη της συνολικής γεωγραφικής περιοχής (NRAA, 2012)



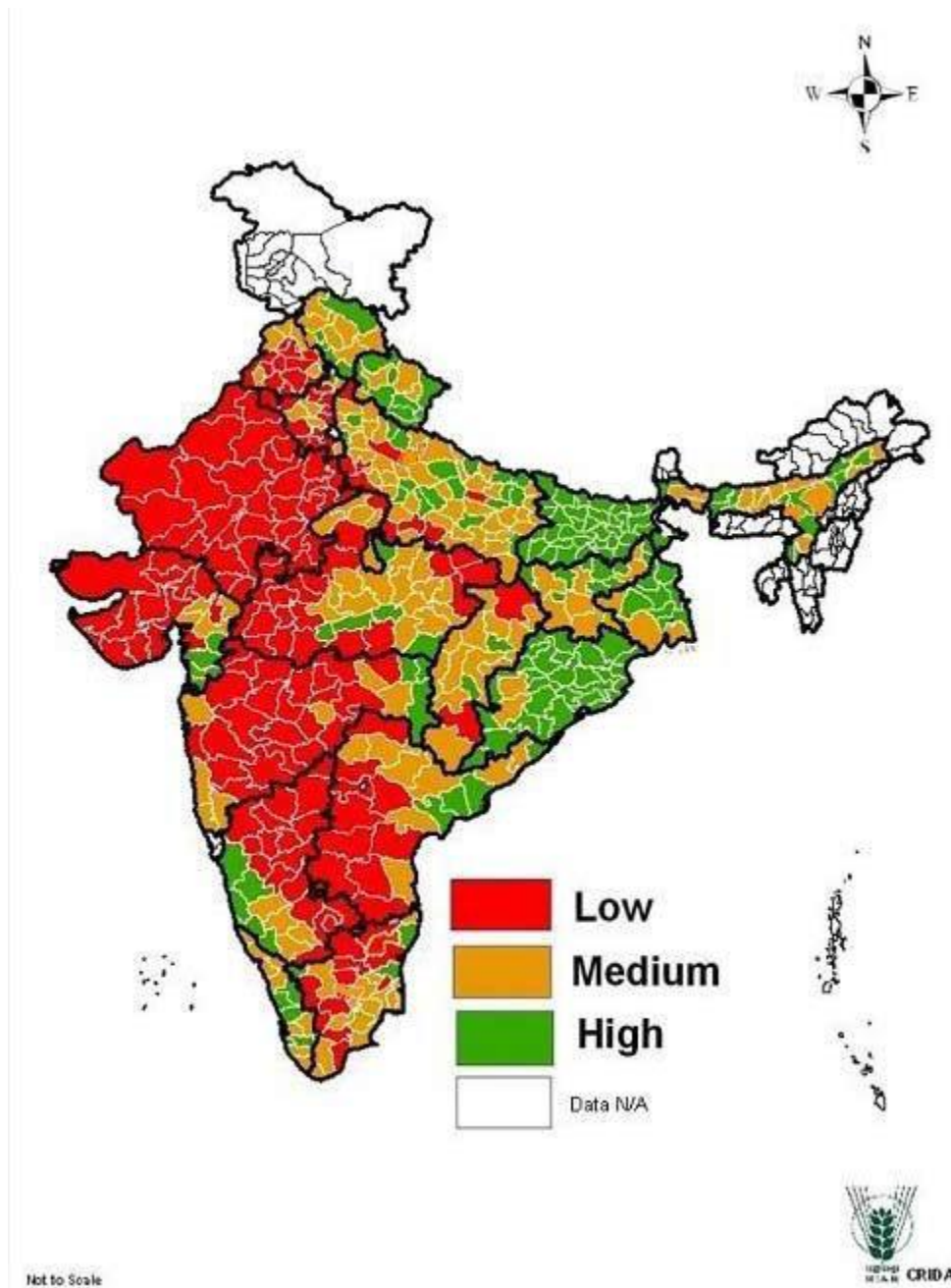
Not to Scale



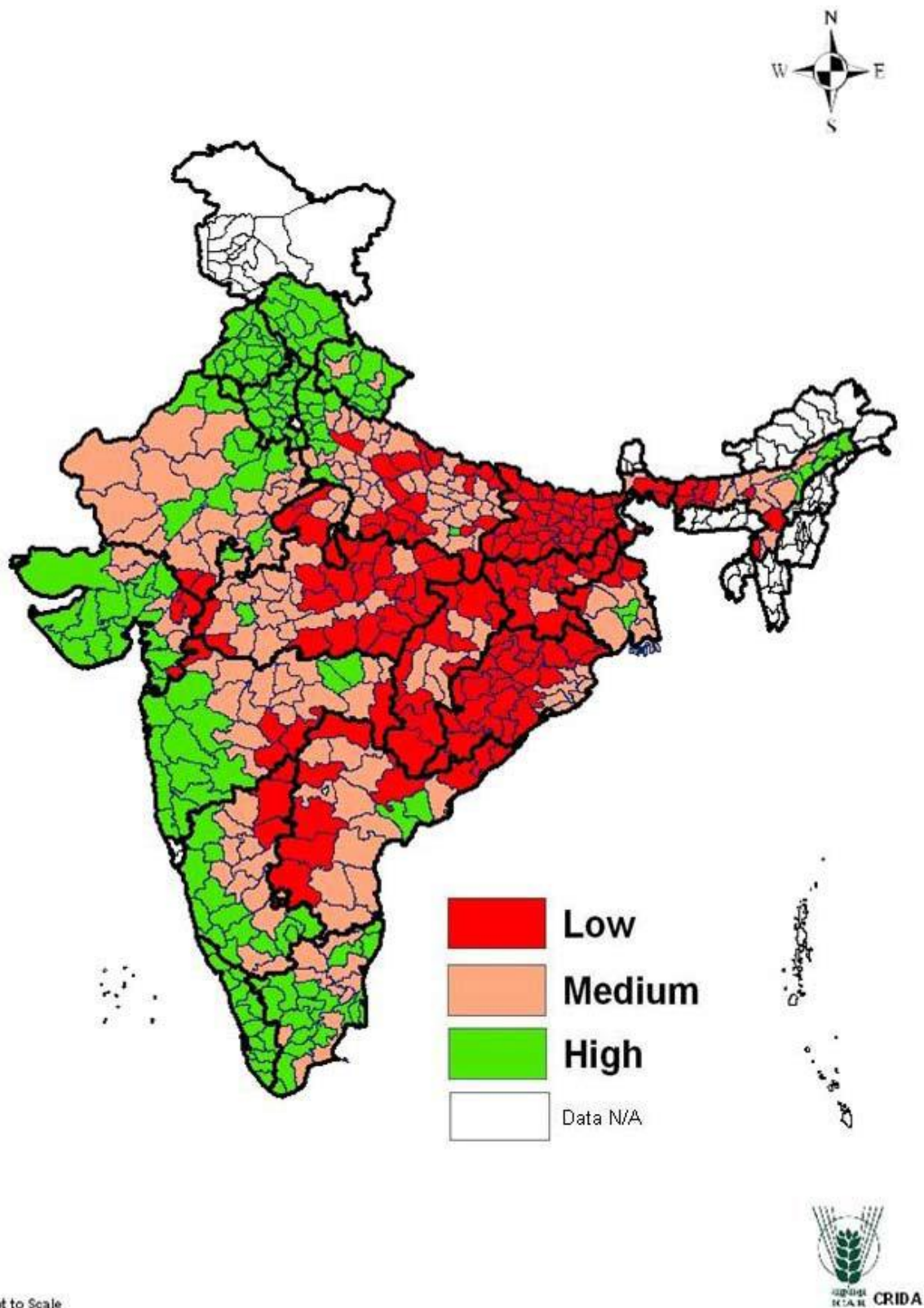
Εικόνα 62 Κατάσταση υπογείου νερού και διαθεσιμότητα στην Ινδία (NRAA, 2012)



Εικόνα 63 Ένταση άρδευσης στην Ινδία (%). Σημειώνεται ότι νούμερο πάνω από το 100 υποδηλώνει ότι χρειάζονται άλλες προσθήκες νερού όπως η βροχόπτωση (NRAA, 2012)



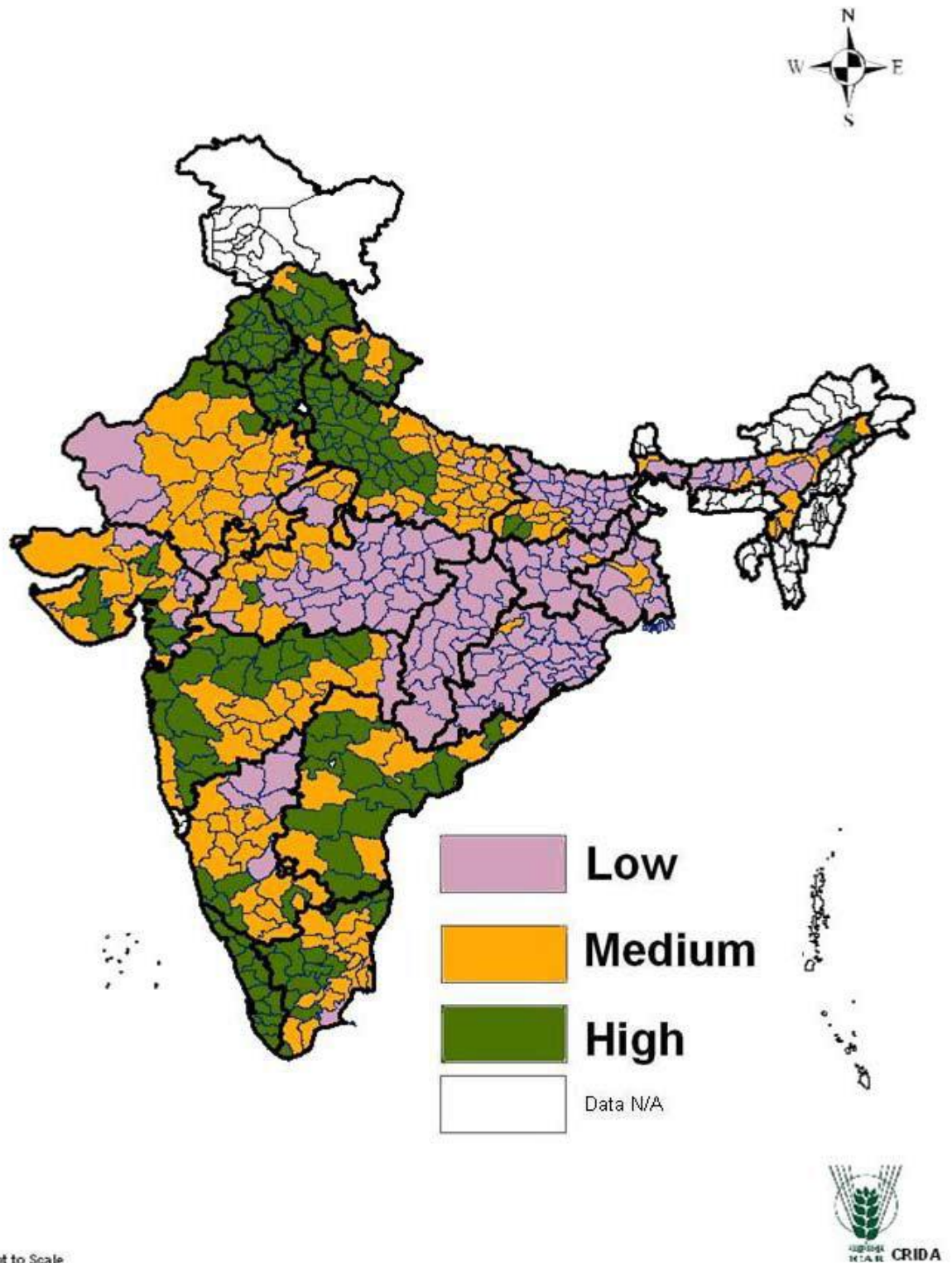
Εικόνα 64 Κατάσταση και επίπεδο φυσικών πόρων στην Ινδία σύμφωνα με τον δείκτη NRI Natural Resource Index (NRAA, 2012)



Not to Scale

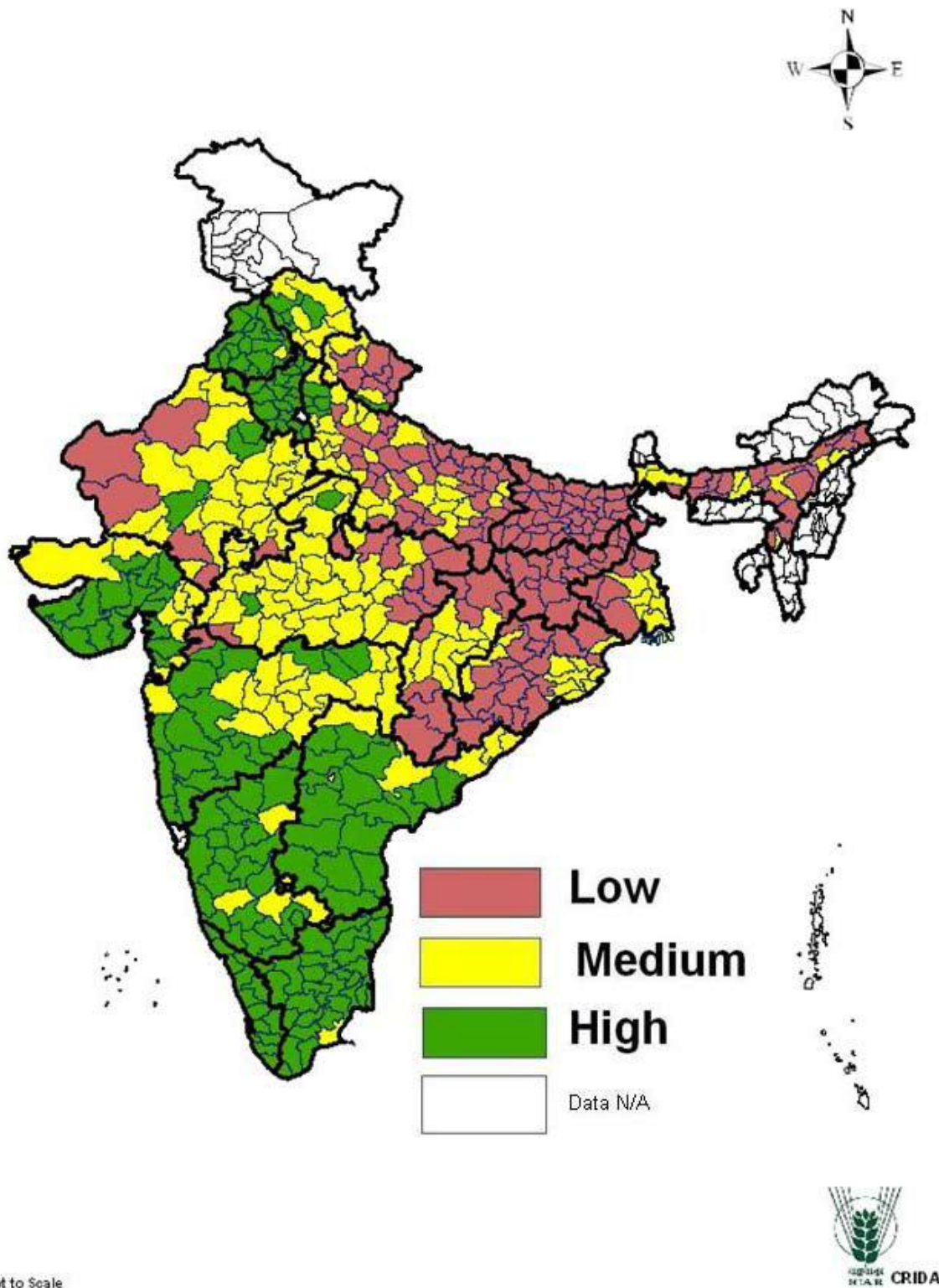


Εικόνα 65 Κατάσταση και επίπεδο κοινωνικοοικονομικών συνθηκών ανάλογα με την περιοχή (NRAA, 2012)



Not to Scale

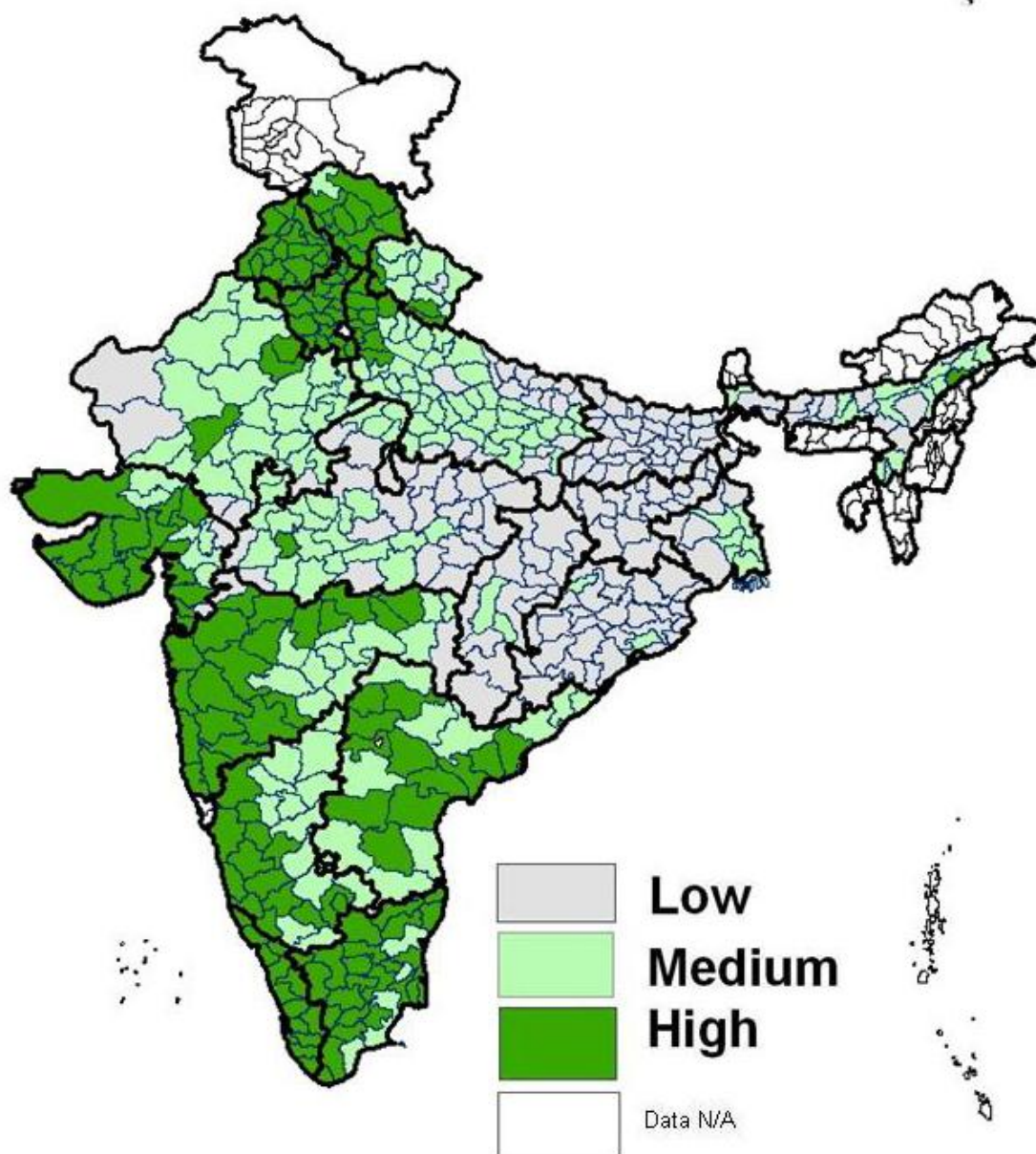
Εικόνα 66 Κατάσταση και επίπεδο υγιεινής και υγείας στην Ινδία (NRAA, 2012)



Not to Scale



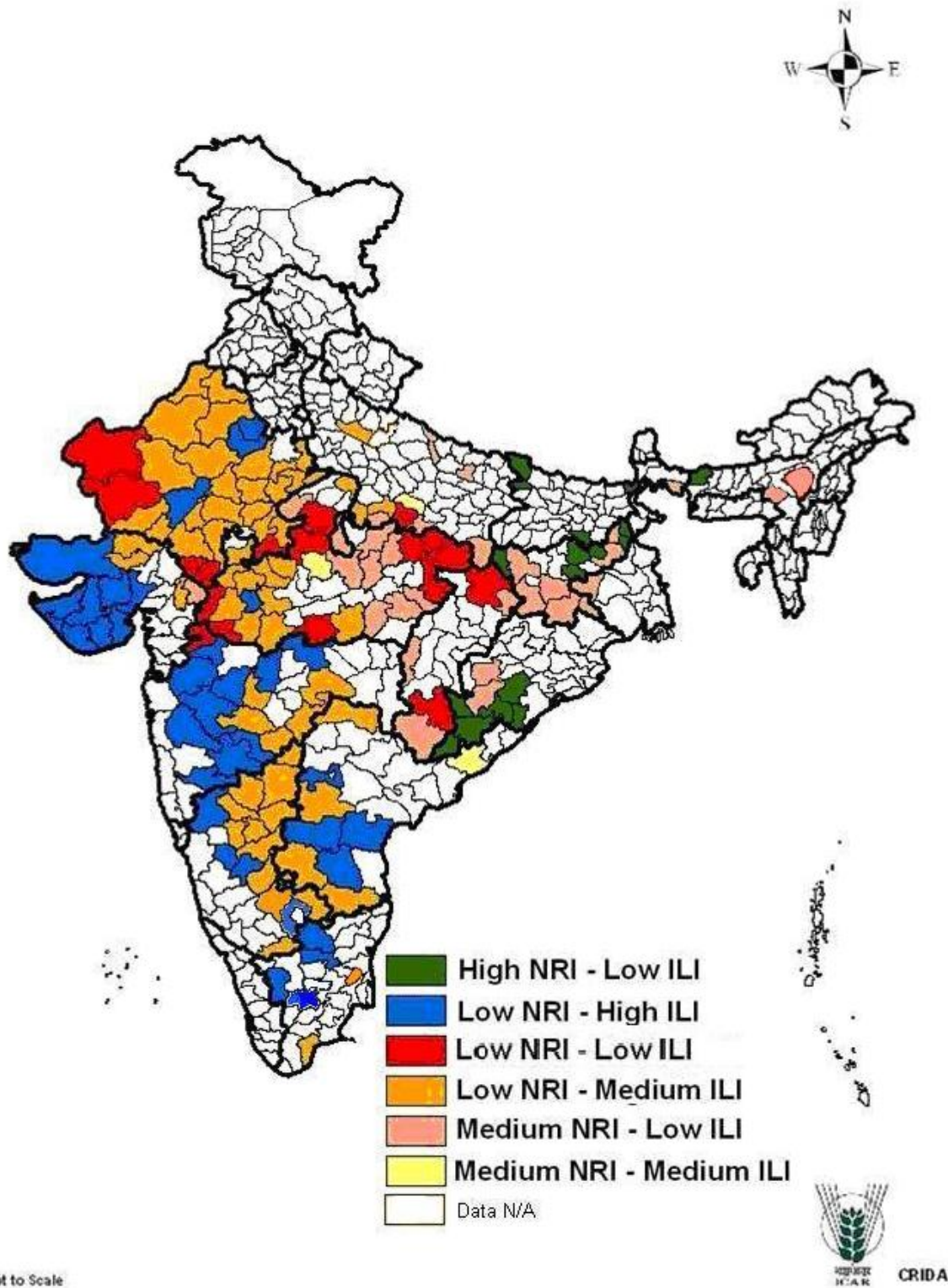
Εικόνα 67 Κατάσταση και επίπεδο υποδομών ανάλογα με την περιοχή (NRAA, 2012)



Not to Scale



Εικόνα 68 Κατάσταση και επίπεδο βιοπορισμού ανάλογα με τον δείκτη Index of Livelihood ILI στην Ινδία (NRAA, 2012)



Εικόνα 69 Κατάσταση και επίπεδο φυσικών πόρων σε συνδυασμό με βιοποριστικές συνθήκες στις περιοχές με προτεραιότητα στην Ινδία (NRAA, 2012)

2.4 Συλλογή Δεδομένων

Η συλλογή οικονομικών δεδομένων ήταν μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της συγκεκριμένης εργασίας. Το αρχικό ερώτημα ήταν το είδος των χρονοσειρών που θα χρησιμοποιηθούν. Τελικά η έρευνα συμπεριλαμβάνει κυρίως χρονοσειρές ετήσιου ρυθμού μεταβολής Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος που προκύπτει από την αγροτική παραγωγή της Ινδίας που ονομάζεται Agriculture Value Added, καθώς και χρονοσειρές από το ΑΕΠ της Ινδίας, τιμές αγροτικών προϊόντων που έλαβαν οι αγρότες στην Ινδία, καθώς και ενός δείκτη αγροτικής παραγωγής που ονομάζεται Crop Production Index CPI.

Η συλλογή των δεδομένων ήταν μια διαδικασία με αρκετά εμπόδια καθώς είναι ελάχιστοι οι ιστότοποι από όπου μπορεί κανείς να αποκτήσει δεδομένα χωρίς συνδρομή. Υπάρχουν δύο μεγάλες βάσεις δεδομένων που περιέχουν χρονοσειρές για το ΑΕΠ, την Agriculture Value Added (Αγροτική Προστιθέμενη Αξία), τον δείκτη CPI και τις τιμές των αγροτικών προϊόντων που έλαβαν οι αγρότες διαρκείας 48 ετών (1968-2015) οι οποίες είναι της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank) και του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου (IMF).

Ακόμα, η αρχική σκέψη ήταν να γίνει ανάλυση κι άλλων οικονομικών μεταβλητών που συσχετίζονται με την αγροτική παραγωγή βροχοεξαρτώμενων καλλιεργειών στην Ινδία όπως το κατά κεφαλή ΑΕΠ, ο αγροτικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται (τρακτέρ και μηχανήματα), λιπάσματα και εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες, καθώς και εκτάρια καλλιεργήσιμη γη σε συνδυασμό με τη συνολική γη της Ινδίας. Μια βασική προϋπόθεση ήταν να υπάρχουν διαθέσιμες χρονοσειρές υδροκλιματικών μεταβλητών τα συγκεκριμένα έτη μελέτης, καθώς και επαρκή δεδομένα για όλες τις μεταβλητές υπό μελέτη. Με βάση τα κριτήρια που περιγράφηκαν πιο πάνω, τα δεδομένα που τελικά χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα είναι:

- a) Χρονοσειρές μέσω ετησίων τιμών του Αγροτικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ινδίας μήκους 47 ετών (1968-2015). Πρόκειται για την οικονομική αξία των αγροτικών προϊόντων σε συνδυασμό με τον Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, η οποία μετρείται σε δολάρια. Ουσιαστικά είναι τα έσοδα που παρατηρούνται στην Ινδία που προκύπτουν από τη γεωργία και την αγροτική παραγωγή. (Agriculture, forestry and fishing, value added)
- b) Χρονοσειρές τιμών ενός δείκτη της Αγροτικής Παραγωγής στην Ινδία, ο οποίος συσχετίζεται με τις τιμές της Agriculture value added και ονομάζεται Crop Production index CPI μήκους 47 ετών (1968-2015). Ο δείκτης CPI πρακτικά αναφέρεται στην αγροτική παραγωγή κάθε χρόνο σε σύγκριση με ένα χαρακτηριστικό προηγούμενο έτος και συγκεκριμένα το έτος 2010. Περιλαμβάνει όλες τις υφιστάμενες καλλιέργειες κάθε χώρας σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα και τον FAO.
- c) Χρονοσειρές ενός δείκτη τιμών αγροτικών προϊόντων που έλαβαν οι αγρότες, ο οποίος προκύπτει από ένα σύνολο αγροτικών προϊόντων και συμπεριλαμβάνει όλες τις τιμές των καλλιεργειών των αγροτών και αθροιστικά προκύπτει αυτός ο δείκτης μήκους 35 ετών (1980-2015). (Agriculture Price Index, 2016 = 100, includes Food and Beverages and Agriculture Raw Materials Price Indices)
- d) Χρονοσειρές του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος για την Ινδία μήκους 47 ετών (1968-2015), προκειμένου να κάνουμε σύγκριση με την Agriculture value added και να δούμε πόσο συσχετίζεται αυτή η μεταβλητή με το συνολικό ΑΕΠ και την οικονομία της Ινδίας. (GDP)

2.4.1 Αξία ΑΕΠ από γεωργία και αγροτική παραγωγή (Agriculture, forestry and fishing, value added)

Αρχικά, χρειάζεται να αναφερθούμε στη δράση της Παγκόσμιας Τράπεζας, καθώς από αυτή τη βάση δεδομένων βρέθηκαν οι χρονοσειρές των δεδομένων και οι μεταβλητές που χρησιμοποιήσαμε. Η Παγκόσμια Τράπεζα είναι διεθνές χρηματοπιστωτικό ίδρυμα το οποίο παρέχει οικονομική και τεχνική βοήθεια σε αναπτυσσόμενες χώρες για αναπτυξιακά έργα (π.χ. δρόμοι, γέφυρες, σχολεία) με δεδηλωμένο στόχο τη μείωση της φτώχειας. Κύριο μήνυμα που εδραιώνει τα μέλη του οργανισμού είναι « Εργαζόμαστε για έναν κόσμο απαλλαγμένο από τη φτώχεια ». Ιστότοπος για περισσότερες πληροφορίες είναι ο worldbank.org .

Η μεταβλητή Agriculture value added ή Αξία ΑΕΠ που προκύπτει από τη γεωργία αναφέρεται στα καθαρά έσοδα και εισοδήματα (σε μονάδα χρηματικής αξίας, δολάρια) που προκύπτουν σε κάποια χώρα αν αφαιρεθούν όλα τα έξοδα και τα κόστη από τον τομέα της γεωργίας. Στη γεωργία συμπεριλαμβάνονται πέρα από τις καλλιέργειες και την αγροτική παραγωγή των εκάστοτε καλλιεργειών κάθε χώρας, που είτε οδηγούν στην τροφή του πληθυσμού της χώρας, είτε στο εμπόριο και στο χρηματιστήριο στον τομέα των προϊόντων (commodities), η ανάπτυξη του ζωικού πληθυσμού που συνεισφέρει στην αγροτική παραγωγή καθώς και η αλιεία και τα παράγωγα της είναι τμήμα της συγκεκριμένης μεταβλητής. Υπολογίζεται χωρίς την εξαθλίωση των φυσικών πόρων. Η ορολογία value added προέκυψε και ορίστηκε από την Διεθνή Τυπική Βιομηχανική Κατηγοριοποίηση International Standard Industrial Classification (ISIC), έκθεση 3 και 4. Τα δεδομένα παρέχονται σε σταθισμένη - σταθερή νομισματική αξία εφόσον συμπεριλαμβάνεται και ο πληθωρισμός της εκάστοτε χώρας. Η πηγή όπως χαρακτηριστικά αναφέρθηκε είναι η Παγκόσμια Τράπεζα και συγκεκριμένα η αναζήτηση World Indicators, καθώς και OECD National Accounts data files.

Σε αυτό το σημείο χρήζει αναφοράς και σύγκρισης δύο διαφορετικών μεταβλητών που συχνά τυγχάνουν σύγχυσης και αξίζει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία. Οι μεταβλητές που αναφερόμαστε είναι η παράμετρος της συγκεκριμένης εργασίας, Agriculture value added και η άλλη είναι η γεωργία και η αγροτική παραγωγή. Παραπάνω εξηγήθηκε η οικονομική μεταβλητή της εργασίας αυτής, Αγροτικό ΑΕΠ στη Ινδία και αναφέρεται στη χρηματική αξία και προσφορά της γεωργίας και όχι όσο στη γεωργία αυτή καθ'εαυτή. Αναλύεται, έπειτα ο όρος και η γεωργία για να μην συγχέονται τόσο στη μελέτη όσο και στη βιβλιογραφία.

Με τον όρο γεωργία εννοούμε το σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την καλλιέργεια του εδάφους της γης με σκοπό την παραγωγή των φυτικών προϊόντων. Παράγοντες που επηρεάζουν τη γεωργία είναι το κλίμα και η μορφολογία του εδάφους, καθώς και αποτελεί αντικείμενο των περισσότερων κλάδων της γεωπονίας, μαζί με τη κτηνοτροφία και την αλιεία. Με τη γεωργία παράγονται προϊόντα που προορίζονται για τη διατροφή των ανθρώπων, των οικόσιτων ζώων αλλά και μερικά που προορίζονται για την παραγωγή άλλων ειδών προϊόντων ως και βιοκαυσίμων, τα τελευταία χρόνια κυρίως. Θεωρείται ότι ήταν κλειδί για την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και την ανάπτυξη του πολιτισμού, αφού η γεωργία και η κτηνοτροφία δημιούργησε πλεόνασμα τροφίμων που επέτρεψαν και την αύξηση του πληθυσμού και την εξέλιξη του πολιτισμού. Η αύξηση της παραγωγής επιτυγχάνεται με τη βελτίωση του εδάφους, τη δημιουργία ποικιλιών που

αντέχουν περισσότερο στο υπάρχον έδαφος και κλίμα και τη βελτίωση της συγκομιδής. Από την επίλυση αυτών των βασικών προβλημάτων εξαρτάται η παραγωγικότητα της εργασίας στη γεωργία και η ποιότητα των προϊόντων.

2.4.2 Δείκτης Αγροτικής Παραγωγής CPI (*Crop Production Index*)

Ο δείκτης CPI, ο οποίος αναφέρεται και χρησιμοποιείται πολύ συχνά στη βιβλιογραφία και σε ερευνητικές μελέτες αγροτικής παραγωγής και οικονομίας, δείχνει την αγροτική παραγωγή για κάθε χρόνο σε σχέση με μία χαρακτηριστική περίοδο 2010. Για να υπολογιστεί ο δείκτης, έχουν συμπεριληφθεί πολλές οικονομικές παράμετροι όπως το νόμισμα κάθε χώρας, ο πληθωρισμός, κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες καθώς και οι τιμές των αγροτικών προϊόντων στα διεθνή χρηματιστήρια σύμφωνα με τον FAO και αναφέρεται στη νομισματική αξία του δολαρίου.

Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του δείκτη προέρχονται όλα από καλλιέργειες σοδειάς και κτηνοτροφία στην κάθε χώρα. Πρόκειται για αγροτικά εμπορεύματα που θεωρούνται φαγώσιμα και περιέχουν θρεπτικά συστατικά. Συνεπώς, ο καφές και το τσάι, αλλά και παρόμοια βρώσιμα προϊόντα, εξαιρούνται, εφόσον δεν έχουν κάποια θρεπτική αξία. Τα δεδομένα για τον δείκτη αναφέρονται ουσιαστικά στις καλλιέργειες που ήδη υπάρχουν και δεν συμπεριλαμβάνουν τυχόν απώλειες. Οπότε, η παραγωγή περιλαμβάνει τις ποσότητες των προϊόντων που έχουν αγοραστική αξία και πωλούνται στην αγορά, καθώς και τις ποσότητες που καταναλώνονται ή χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς και τους αγρότες.

Υπάρχουν, βέβαια και κάποιοι περιορισμοί και εξαιρέσεις δεδομένων που αξίζει να αναφερθούν. Ο δείκτης CPI πιθανόν να διαφέρει σε κάποια σημεία από αντίστοιχους δείκτες που υπολογίζονται σε κάθε χώρα ξεχωριστά. Αυτό ισχύει γιατί έγκεινται αρκετές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η αγροτική παραγωγή σε κάθε χώρα, ο χρόνος στον οποίο θερίζονται οι σοδειές, βάρη και παράμετροι που έχουν συγκεκριμένες καλλιέργειες, επάρκεια δεδομένων, μέθοδοι υπολογισμού, καθώς και τιμές των αγροτικών προϊόντων ανάλογα με την εκάστοτε οικονομία. Τα αγροτικά δεδομένα συλλέγονται από τον οργανισμό FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, ο οποίος τα αποκτά από επίσημες εθνικές βάσεις δεδομένων και πηγές και σταθμούς παρατήρησης με εθνικές καταγραφές και εκθέσεις και συμπληρώνονται με πληροφορίες με δευτερογενή δεδομένα και πηγές. Οι δευτερογενείς αυτές πηγές καλύπτουν επίσημα δεδομένα για χώρες από ιστοσελίδες υπουργείων και κυβερνήσεων, διεθνείς δημοσιεύσεις και πληροφορίες από οργανισμούς σαν την Παγκόσμια Τράπεζα που εργάζονται για την επίλυση της φτώχειας. Ο FAO προσπαθεί να επιβάλλει τυπικούς ορισμούς, εκθέσεις και αναφορές για να γίνει ευκολότερη η καταγραφή και μελέτη των δεδομένων. Συγκεκριμένα, δεδομένα για την εργασιακή απασχόληση στον αγροτικό τομέα πρέπει να λαμβάνονται με ιδιαίτερη προσοχή. Αυτό συμβαίνει επειδή σε πολλές χώρες η εργασία στη γεωργία είναι παράνομη και μη καταγεγραμμένη, καθώς περιλαμβάνει και εργασιακά περιβάλλοντα με γυναικείο πληθυσμό μη καταγεγραμμένο και παιδιά.

Ο δείκτης υπολογίζεται και έχει ετήσια τιμή, και μπορεί να βρεθεί χωρίς χρέωση στην ιστοσελίδα του FAO για ερευνητική και όχι μόνο χρήση. Στη μέθοδο υπολογισμού του πρωταγωνιστικό ρόλο έχει η μέθοδος Laspeyres. Ένας δείκτης υπολογισμένος με τη μέθοδο Laspeyres είναι γνωστός και σαν «base-weighted» ή «fixed-weighted» δείκτης επειδή οι αυξήσεις στις τιμές υπολογίζονται από τις ποσότητες της βασικής περιόδου παραγωγής. Άλλο παράδειγμα ενός δείκτη Laspeyres είναι ο Consumer Price Index.

Περισσότερες πληροφορίες για τα δεδομένα που αναλύθηκαν και για την ιστορία του οργανισμού FAO και της Παγκόσμιας Τράπεζας World Bank δίδονται στην επίσημη ιστοσελίδα του οργανισμού:

<http://www.fao.org/home/en/>

<https://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>

2.4.3 Τιμές αγροτικών προϊόντων που έλαβαν οι αγρότες «International Commodities Prices»

Χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του δείκτη CPI και της μεταβλητής Agriculture value added επίσης, οι «διεθνείς τιμές εμπορευμάτων και αγροτικών προϊόντων από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο» (international commodity prices) προκειμένου να αποφευχθούν οι διαφορές στο συνάλλαγμα κάθε χώρας και να βελτιωθεί η διεθνής χρήση και ανάλυση της παραγωγικότητας. Αυτές οι «διεθνείς τιμές», οι οποίες ορίζονται και ως «διεθνή δολάρια» προκύπτουν υπολογιστικά από τη μέθοδο Geary-Khamis για τον αγροτικό τομέα. Αυτή η μέθοδος παρέχει μία μόνο τιμή για το κάθε εμπόρευμα. Για παράδειγμα, ένας υπολογιστικός τόνος από καλαμπόκι έχει την ίδια τιμή από όποια χώρα και να παράγεται και υπό τις οποιεσδήποτε συνθήκες. Η μονάδα συναλλάγματος, στην οποία οι τιμές εκφράζονται δεν επηρεάζει τις τιμές που δημοσιεύονται. Η μέθοδος Geary-Khamis είναι μία αθροιστική μέθοδος εξαγωγής των διεθνών τιμών στην οποία οι τιμές προκύπτουν ταυτόχρονα από συστήματα γραμμικών εξισώσεων.



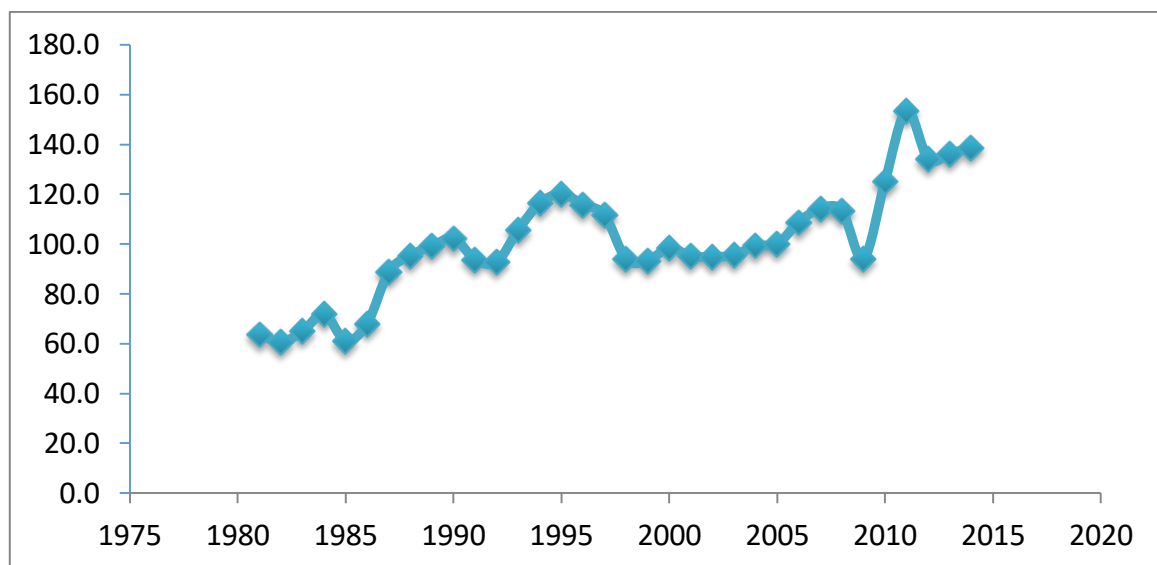
Εικόνα 70 Δείκτης διεθνών τιμών αγροτικών προϊόντων(με πράσινο) που έλαβαν οι αγρότες για τις σημαντικότερες καλλιέργειες που συνεισφέρουν στην οικονομία και στο ΑΕΠ σε σύγκριση με τον δείκτη για το σύνολο των εμπορευμάτων(με μπλε) (Πηγή: IMF, 2018)

Περιλαμβάνει ο δείκτης, ουσιαστικά, τις τιμές σε ένα σύνολο αγροτικών προϊόντων σαν πρώτη ύλη από τις σημαντικές καλλιέργειες κάθε χώρας, που είτε καταναλώνονται σαν τροφή είτε χρησιμοποιούνται στο εμπόριο, και χρησιμοποιείται είτε από τους αγρότες και παραγωγούς για επαγγελματική χρήση με συνεισφορά στη παραγωγή είτε για ερευνητικούς σκοπούς και μελέτη σύγκρισης διεθνούς κλίμακας. Οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν μέσες μηνιαίες τιμές του δείκτη σε ένα μήκος 35 ετών 1980-2015. Τα δεδομένα βρέθηκαν στην επίσημη ιστοσελίδα του Διεθνούς Νομισματικού

Ταμείου (International Monetary Fund), καθώς περισσότερες πληροφορίες για τα δεδομένα και αναλύσεις δίδονται επίσημα στην ιστοσελίδα:

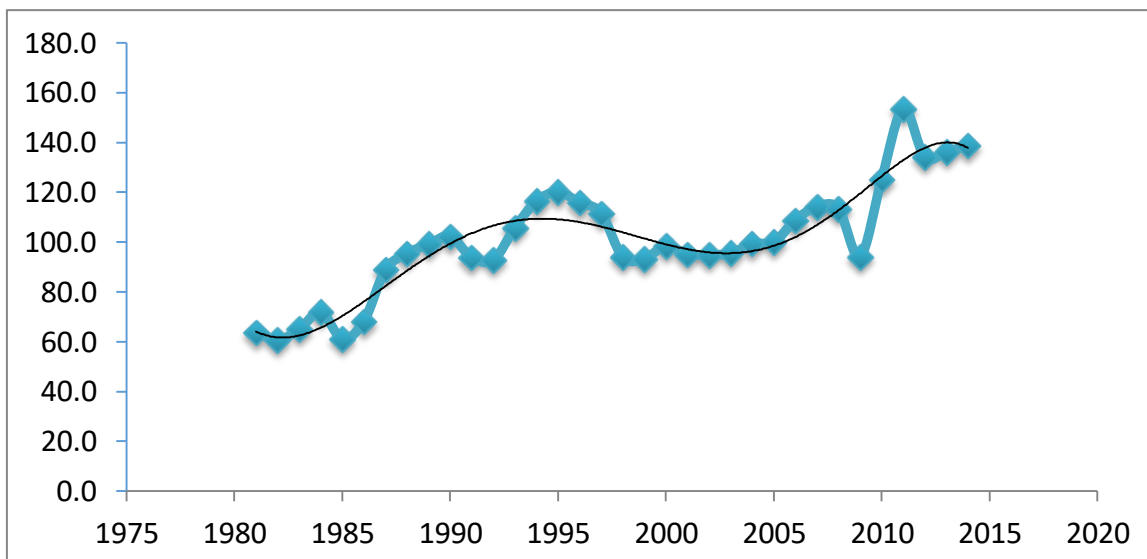
<https://www.imf.org/en/Research/commodity-prices>

Έγινε βασική στατιστική ανάλυση του δείκτη των διεθνών τιμών των αγροτικών εμπορευμάτων που αναφέρθηκαν και παρατηρείται μια αύξηση των τιμών από τα αρχικά έτη μελέτης τις τελευταίες δεκαετίες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 71. Η ανάλυση αυτή θα χρησιμοποιηθεί για σύγκριση και μελέτη σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές που μελετήθηκαν, τόσο τις οικονομικές όσο και τις υδροκλιματικές, βροχόπτωση και θερμοκρασία, για να εξεταστούν πιθανές συσχετίσεις και σχέσεις.



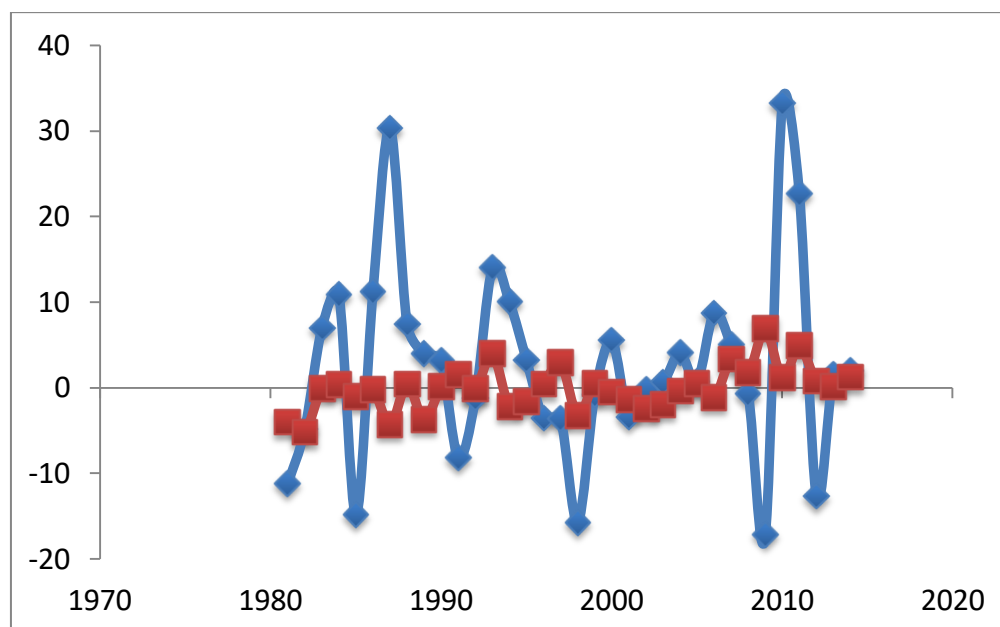
Εικόνα 71 Δείκτης Διεθνών τιμών αγροτικών εμπορευμάτων για ένα σύνολο σημαντικών καλλιεργειών που συνεισφέρουν στην οικονομία για ένα μήκος 35 ετών 1980-2015 (Πηγή: IMF, 2018)

Έπειτα εξετάστηκε εάν υπάρχουν τυχόν τάσεις της χρονοσειράς των δεδομένων αυτών που μελετήθηκαν, καθώς χρησιμοποιώντας υπολογιστικά φύλλα του Microsoft Excel για ανάλυση και προσθήκη τάσης καταλήξαμε στο παρακάτω αποτέλεσμα παρατήρησης που ταιριάζει σε αυτά τα 35 χρόνια παρατήρησης, καθώς χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή εξέτασης μαθηματικής τάσης που να καλύπτει περισσότερα χρόνια και δεδομένα ανάλυσης.



Εικόνα 72 Ανάλυση προσθήκης τάσης με υπολογιστικό φύλλο Excel του δείκτη των τιμών των αγροτικών εμπορευμάτων για μια αρχική μελέτη 1981-2015

Η συγκεκριμένη ανάλυση έγινε για βασική και αρχική μελέτη προκειμένου να συναχθούν κάποια αρχικά συμπεράσματα και να αναγνωριστούν τυχόν μαθηματικές τάσεις. Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας όμως είναι η ανάλυση ρυθμών μεταβολής των μεγεθών που εξετάζονται και όχι τα μεγέθη αυτά καθ'αυτά, οπότε προχωρήσαμε σε μια ανάλυση ρυθμού μεταβολής του δείκτη των διεθνών τιμών από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο και καταλήξαμε στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα 73 Μηνιαίος (κόκκινος) και ετήσιος (μπλε) Ρυθμός μεταβολής (%) του δείκτη διεθνών τιμών αγροτικών εμπορευμάτων για 1980-2015

Ο ρυθμός μεταβολής του δείκτη υπολογίστηκε ως εξής:

$$\text{Ρυθμός μεταβολής έτος (i+1)} = [\text{τιμή του δείκτη έτος (i+1)} - \text{τιμή του δείκτη έτος (i)}] / [\text{έτος (i+1)} - \text{έτος (i)}]$$

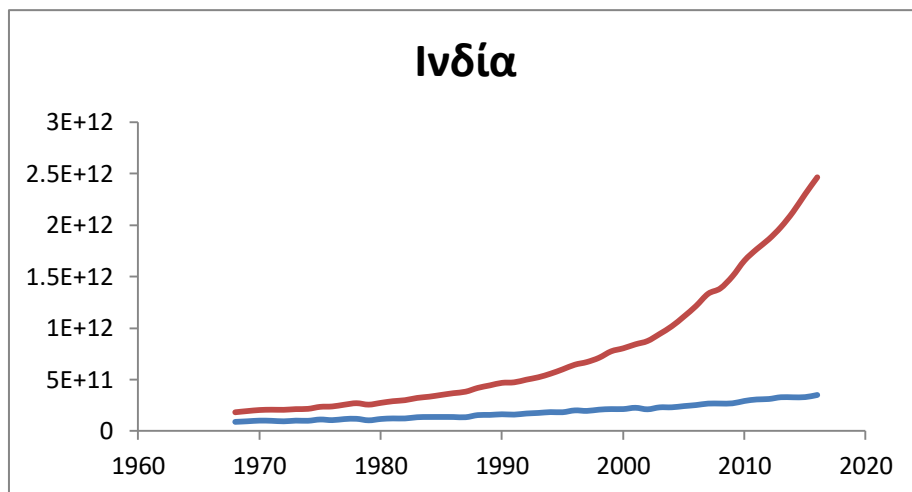
Περισσότερες πληροφορίες για την ανάλυση του δείκτη αυτού και των άλλων οικονομικών μεταβλητών δίδονται σε επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

2.5 Βασική στατιστική ανάλυση οικονομικών μεταβλητών, Agriculture value added και δείκτης CPI

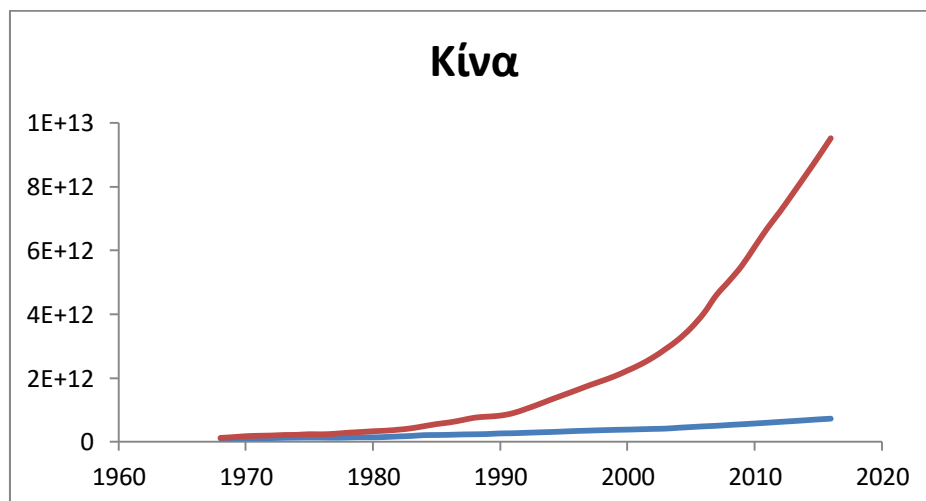
Αρχικά, έγινε μια προμελέτη των δεδομένων για τις οικονομικές μεταβλητές που αναφέρθηκαν για τις χώρες με τις μεγαλύτερες βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες που συνεισφέρουν στη γεωργία και κατ'επέκταση στην οικονομία της εκάστοτε χώρας μέσω του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος. Οι χώρες που επιλέχθηκαν για την αρχική μελέτη είναι χώρες που παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά βροχοεξαρτώμενης γεωργίας όπως αναφέρθηκε παραπάνω, καθώς και η αξία της αγροτικής παραγωγής αποτελεί μεγάλο ποσοστό της οικονομίας και του ΑΕΠ. Αυτό φαίνεται με την ανάλυση της μεταβλητής Agriculture value added και του δείκτη Crop Production Index όπως φαίνεται για τις παρακάτω χώρες:

1. Ινδία στη Νότια Ασία
2. Κίνα στην Ασία
3. Βραζιλία στη Νότια Αμερική
4. Ινδονησία στη Νοτιοανατολική Ασία
5. Ταϊλάνδη στη Νοτιοανατολική Ασία
6. Μπαγκλαντές στη Νότια Ασία
7. Νεπάλ στη Νότια Ασία
8. Αιθιοπία στην Υποσαχάρια Αφρική

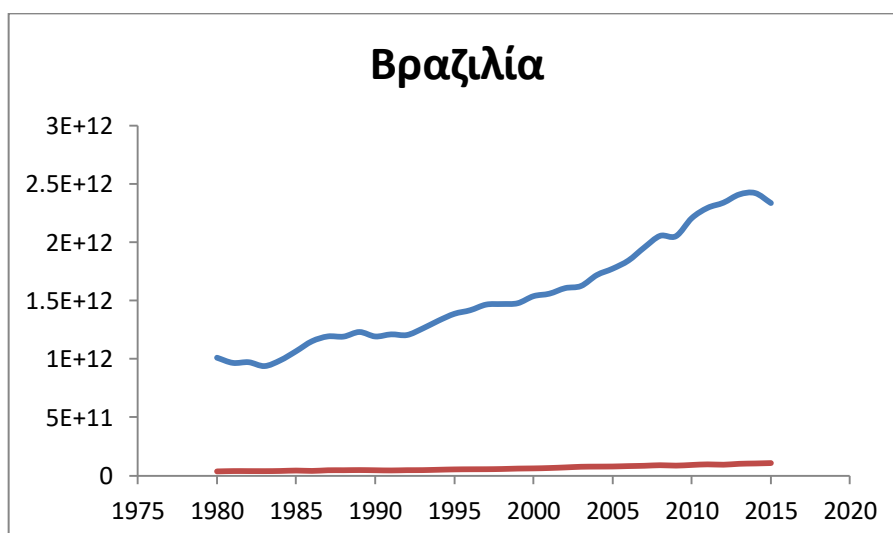
Μελετήθηκαν οι μεταβλητές Αγροτικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε συνδυασμό με το ΑΕΠ κάθε χώρας, ο δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI και το ποσοστό της βροχοεξαρτώμενης γεωργίας σε σχέση με τη συνολική γεωργία και σύγκριση με τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατέθηκαν. Έπειτα από τη μελέτη των μεγεθών αυτών επικεντρωθήκαμε στο ρυθμό μεταβολής αυτών για να γίνει η σύγκριση έπειτα με το ρυθμό μεταβολής της κατακρήμισης που είναι η σημαντικότερη παράμετρος για τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία και απαραίτητη μεταβλητή για την ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής και τη βελτίωση της παραγωγικότητας.



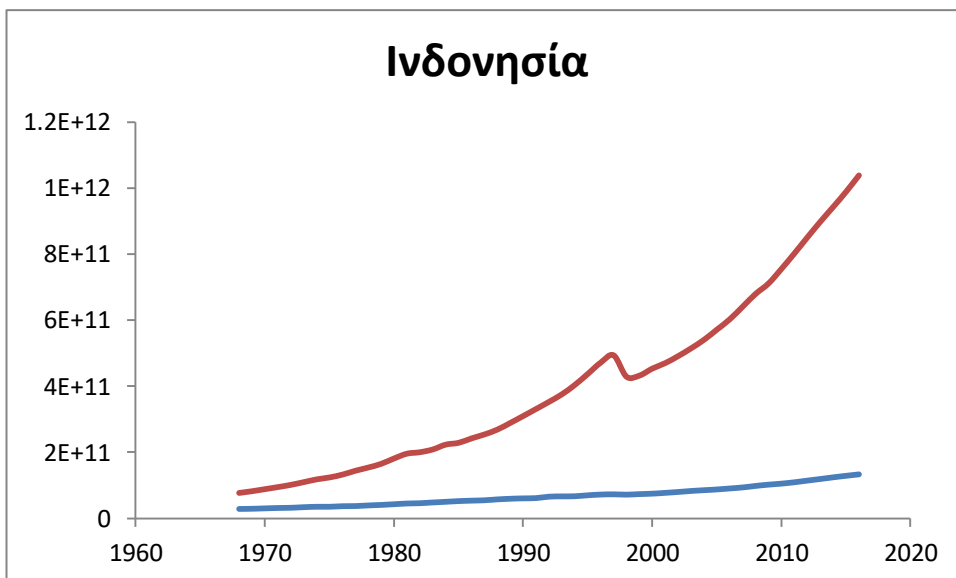
Εικόνα 74 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) της Ινδίας σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



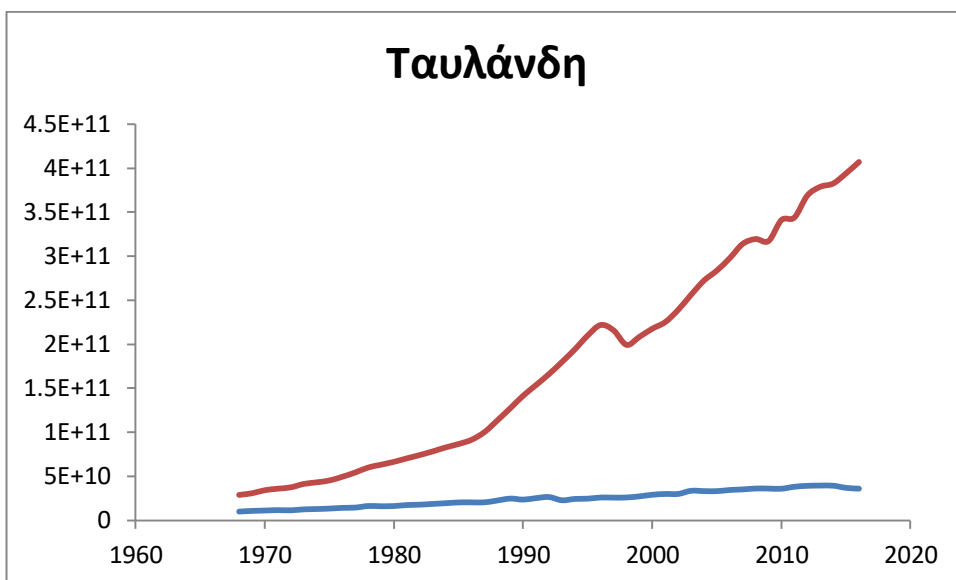
Εικόνα 75 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) της Κίνας σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



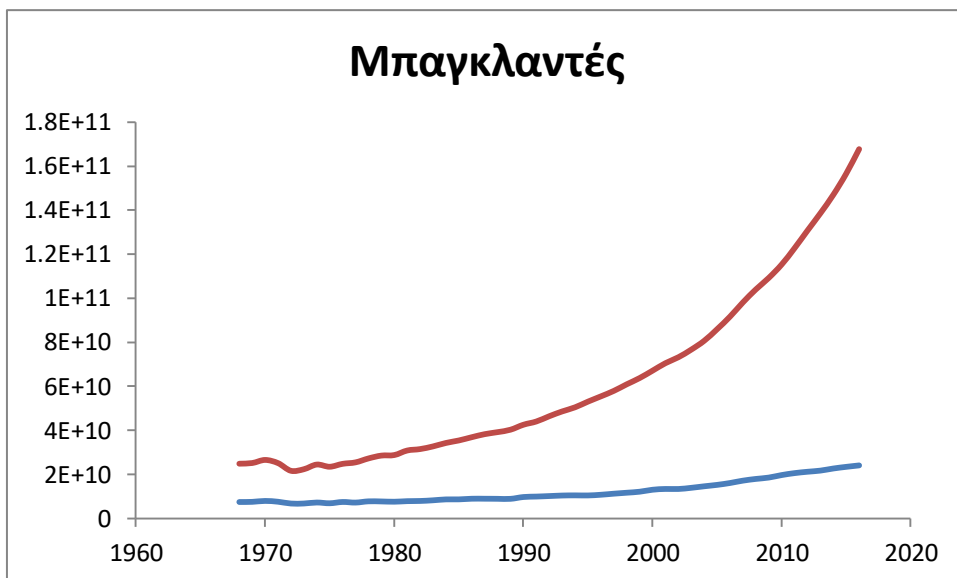
Εικόνα 76 Αγροτικό ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Μπλε) της Βραζιλίας σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



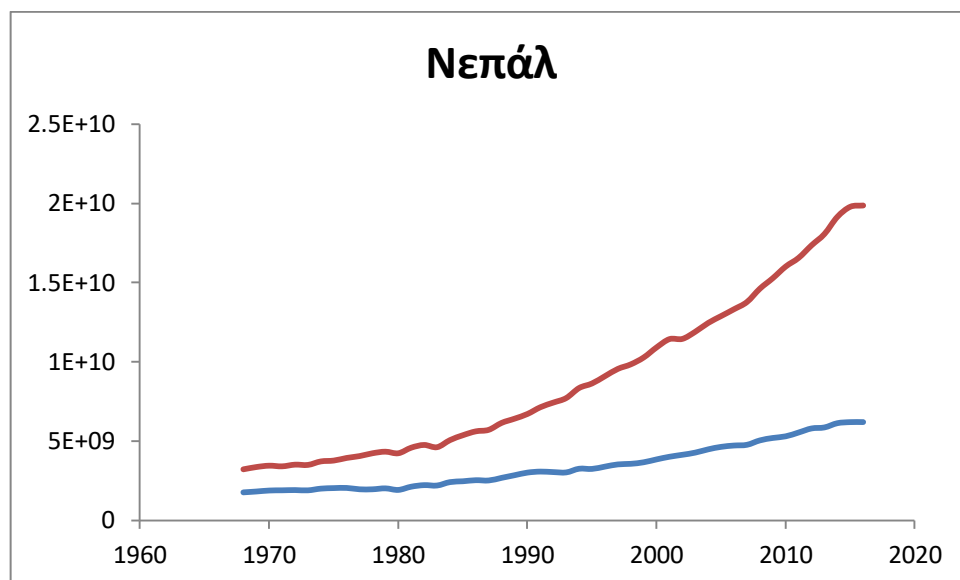
Εικόνα 77 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) της Ινδονησίας σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



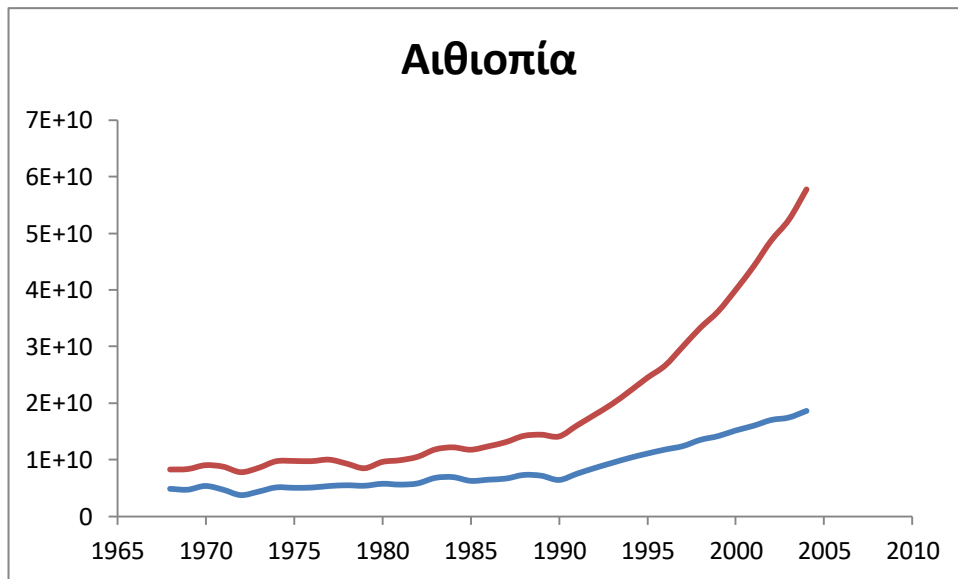
Εικόνα 78 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) της Ταϊλάνδης σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



Εικόνα 79 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) του Μπαγκλαντές σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015

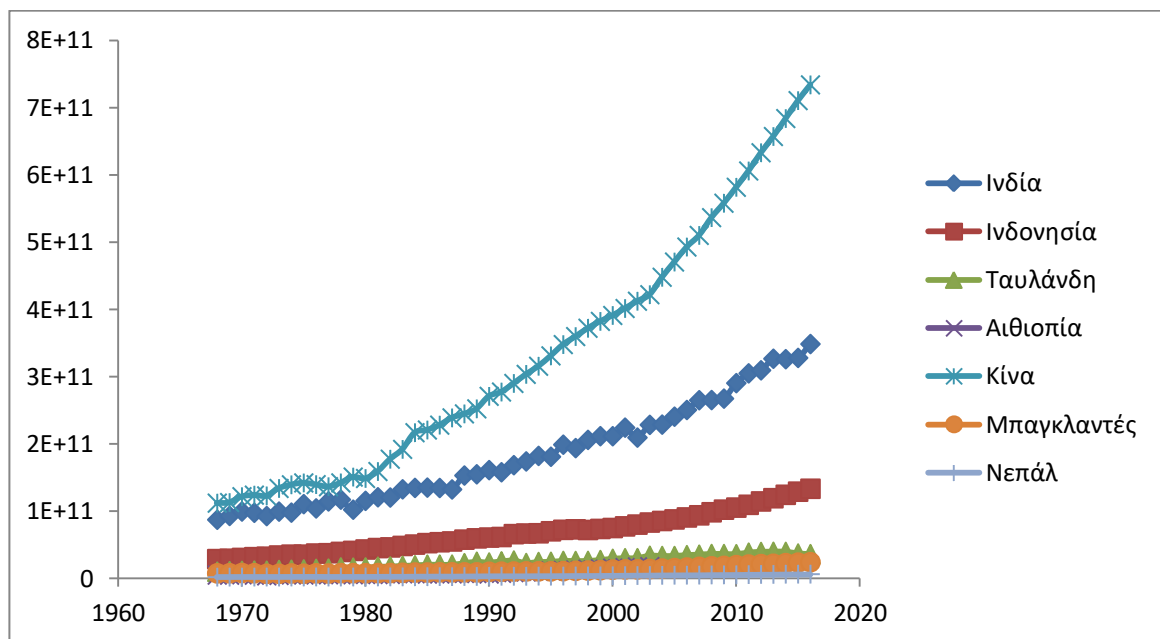


Εικόνα 80 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) του Νεπάλ σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015



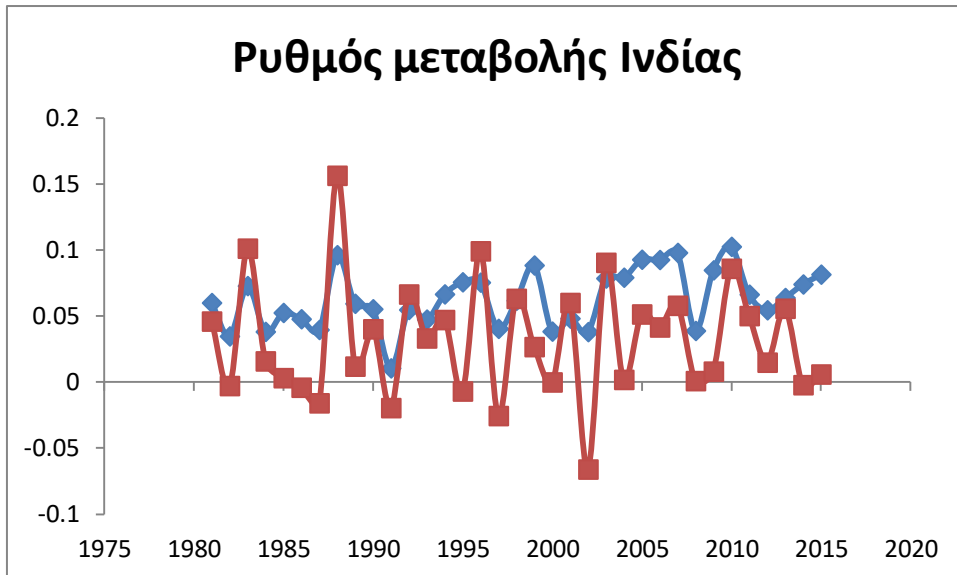
Εικόνα 81 Αγροτικό ΑΕΠ (Μπλε) σε σύγκριση με το συνολικό ΑΕΠ (Κόκκινο) της Αιθιοπίας σε ένα μήκος 47 ετών 1968-2015

Συγκεντρωτικά φαίνεται η μεταβλητή Αγροτικό ΑΕΠ (Agriculture value added) που μελετάται σε αυτή την εργασία για ένα σύνολο 7 χωρών με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες και μεγάλη συνεισφορά της γεωργίας στον οικονομικό τομέα, και παρατηρούνται οι διαφορές ανάλογα με την περιοχή και το οικονομικό καθεστώς.

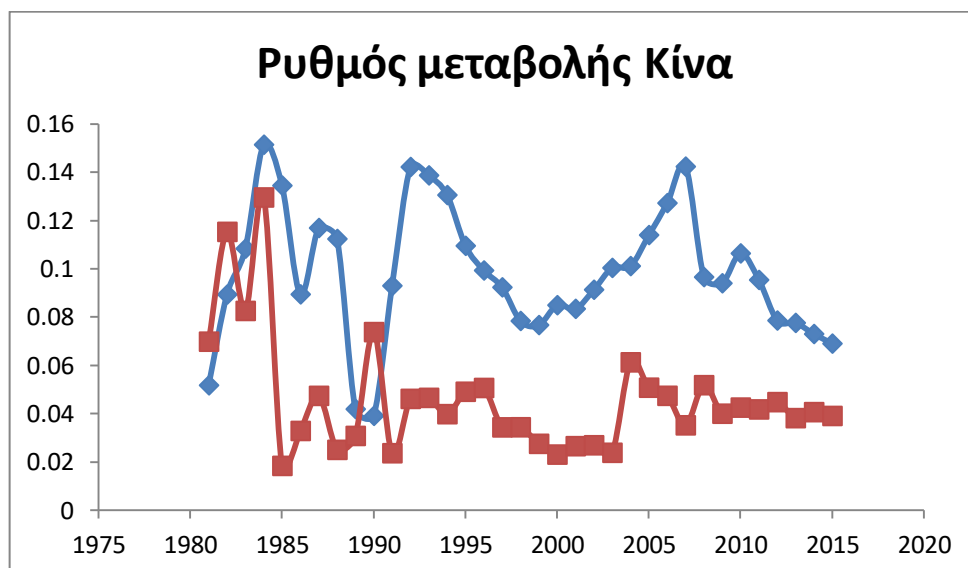


Εικόνα 82 Αγροτικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε 7 χώρες με βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες για ένα μήκος 47 ετών 1968-2015

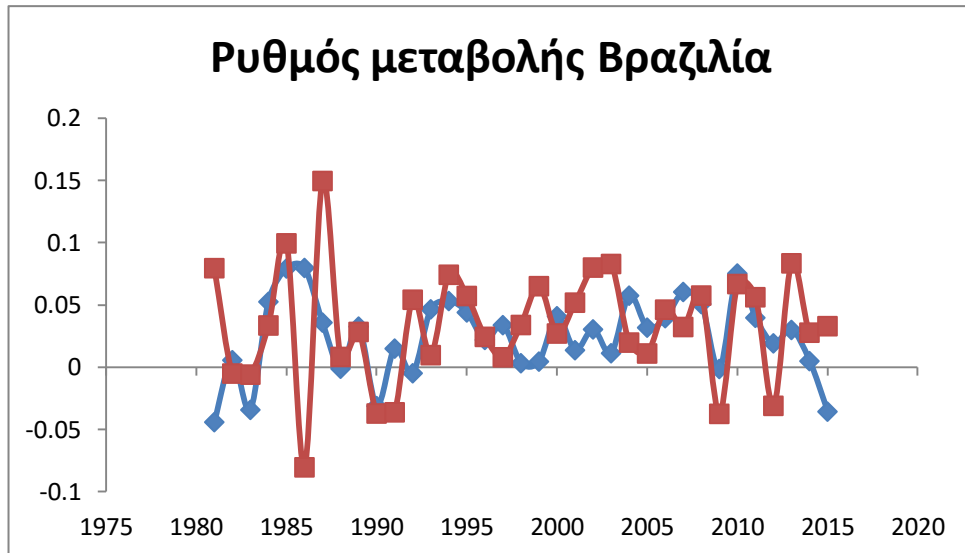
Υπολογίστηκαν, έπειτα, οι ρυθμοί μεταβολής του Αγροτικού ΑΕΠ στις αρχικές χώρες μελέτης και οι ρυθμοί μεταβολής του συνολικού ΑΕΠ στις ίδιες χώρες και απεικονίζονται στα παρακάτω διαγράμματα. Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη των ρυθμών μεταβολής των μεταβλητών, τόσο των οικονομικών σε αυτό το κεφάλαιο και των υδροκλιματικών μεταβλητών σε μετέπειτα κεφάλαιο.



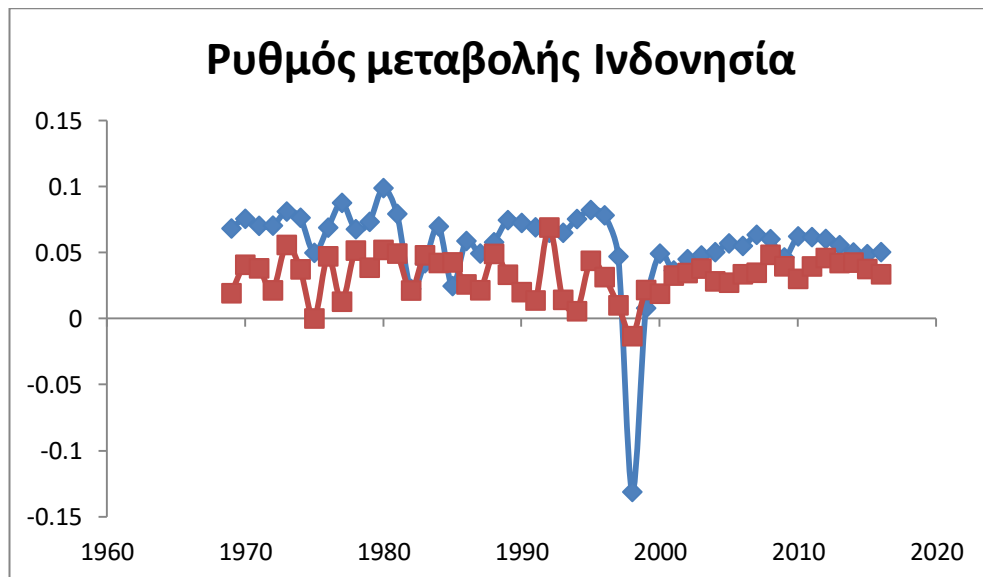
Εικόνα 83 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στην Ινδία σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



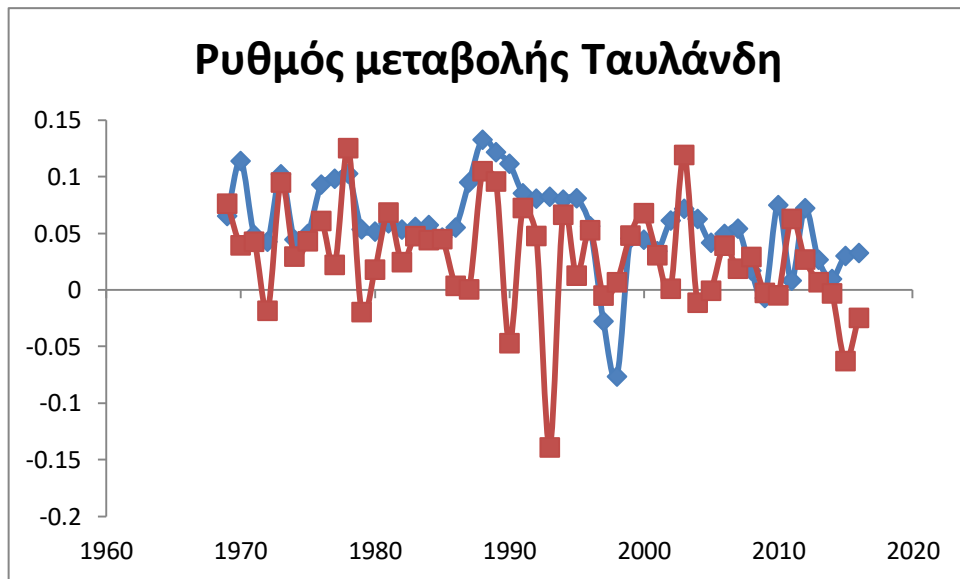
Εικόνα 84 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στην Κίνα σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



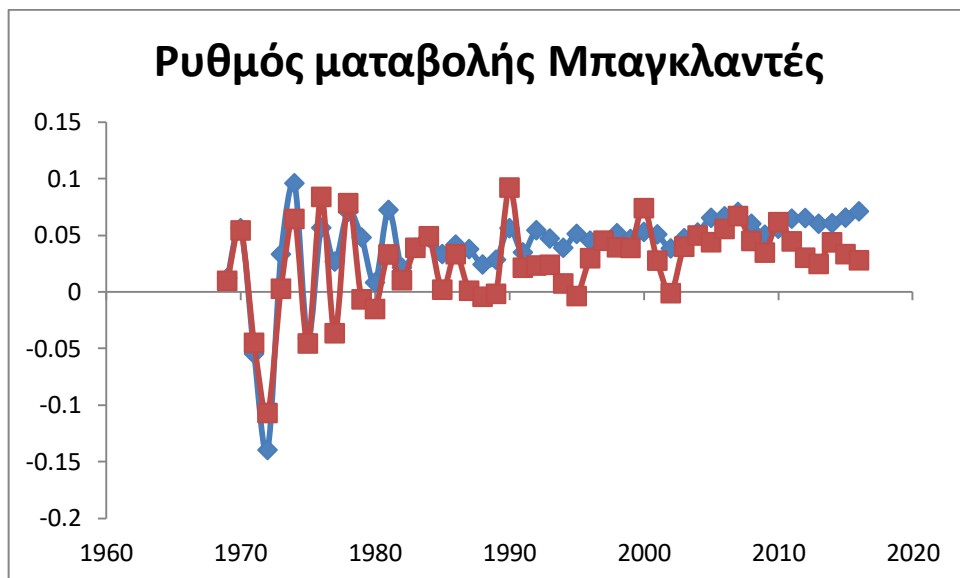
Εικόνα 85 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στη Βραζιλία σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



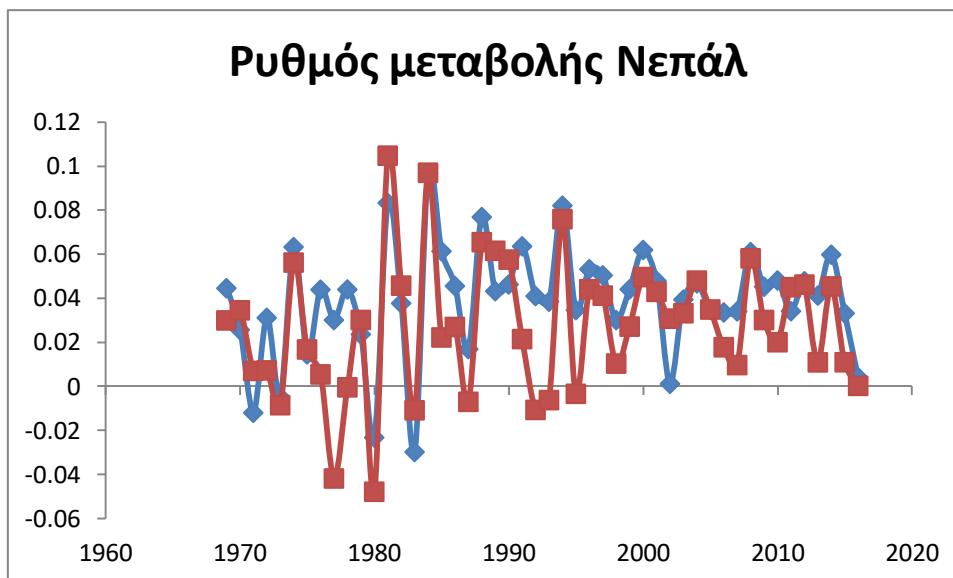
Εικόνα 86 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στην Ινδονησία σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



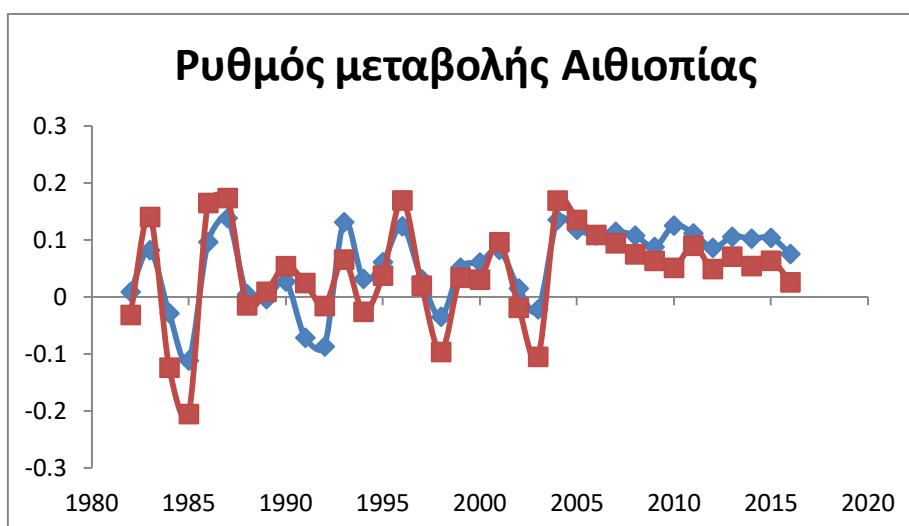
Εικόνα 87 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στην Ταϋλάνδη σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



Εικόνα 88 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στο Μπαγκλαντές σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



Εικόνα 89 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στο Νεπάλ σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015



Εικόνα 90 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ (Κόκκινο) σε σύγκριση με το ρυθμό μεταβολής συνολικού ΑΕΠ (Μπλε) στην Αιθιοπία σε ένα σύνολο 46 ετών 1969-2015

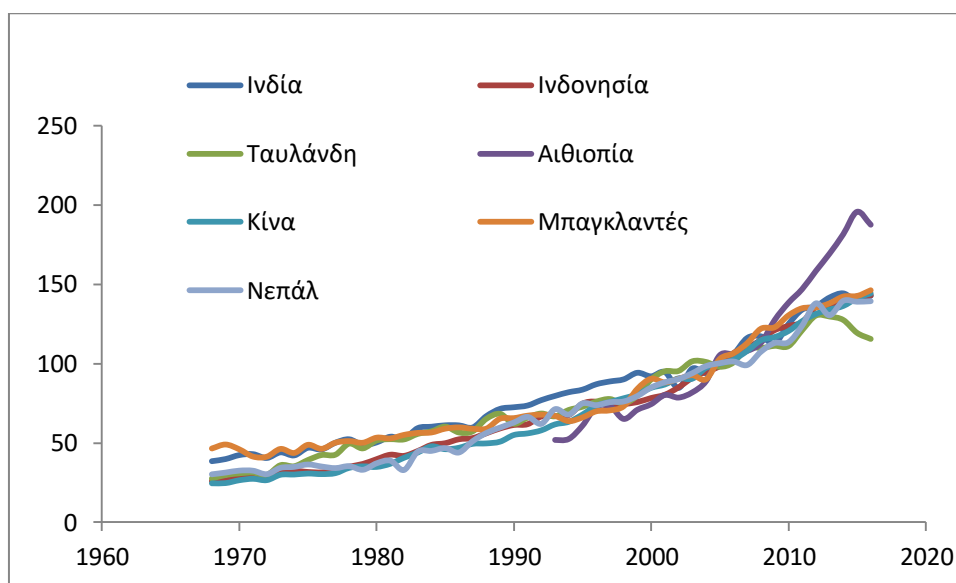
Στη συνέχεια μελετήθηκαν, από την Παγκόσμια Τράπεζα, χρονοσειρές τιμών καλλιεργήσιμης έκτασης στις παραπάνω χώρες, καθώς και χρονοσειρές τιμών ποσοστού αρδευόμενης γεωργίας σε όλες αυτές τις χώρες. Η συγκεκριμένη ανάλυση συμβάλλει στο εξής. Από το ποσοστό της αρδευόμενης γεωργίας σε σχέση με τη συνολική καλλιεργήσιμη γη συνάχθηκε το ποσοστό της βροχοεξαρτώμενης γεωργίας ως το ποσοστό που δεν ανήκει στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Οπότε εκτός από τη βιβλιογραφία που αναφέρθηκε παραπάνω, από τη μελέτη αυτή προέκυψαν τα αποτελέσματα:

Η Ινδία, με ποσοστό 26.61% το Αγροτικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε ποσοστό περίπου 66% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης. Η Κίνα, με ποσοστό 21.58% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη

γεωργία σε ποσοστό περίπου 89.52% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης. Η Ινδονησία, με ποσοστό 17.27% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε ποσοστό περίπου 85.57% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης. Η Ταϊλάνδη, με ποσοστό 15.35% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, δεν είχε δεδομένα στην Παγκόσμια Τράπεζα για την καλλιεργήσιμη γη οπότε δεν υπολογίστηκε ποσοστό βροχοεξαρτώμενης γεωργίας. Το Μπαγκλαντές, με ποσοστό 31.22% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε ποσοστό περίπου 48% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης. Το Νεπάλ, με ποσοστό 46.13% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε ποσοστό περίπου 73.4% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης. Η Αιθιοπία, με ποσοστό 46.67% το Γεωργικό ΑΕΠ (Agriculture value added) σε σχέση με το συνολικό ΑΕΠ, συνιστά βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε ποσοστό περίπου 99.5% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης.

Σε αυτό το σημείο χρήζει αναφοράς το γεγονός ότι η βασική μελέτη αυτή έγινε για συγκεκριμένα έτη, καθώς δεν υπήρχε πληθώρα δεδομένων στην Παγκόσμια Τράπεζα και έτσι χρειάστηκε η επιλογή συγκεκριμένων χρόνων μελέτης, αρκετά ενδεικτικών για την υφιστάμενη γεωργική και οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας.

Αντίστοιχα, έγινε ανάλυση και για τον δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI προκειμένου να είναι εμφανής η διαφορά της οικονομικής αξίας που προκύπτει από τη γεωργία στις χώρες και ονομάζεται Αγροτικό ΑΕΠ ή Agriculture value added και της αγροτικής παραγωγής σαν δείκτης που δείχνει την ανάπτυξη των καλλιεργειών χωρίς να συμπεριλαμβάνει κάποια οικονομικά κριτήρια. Για τις χώρες της βασικής μελέτης που αναφέραμε, τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι τα παρακάτω. Παρατηρούμε ότι για όλες τις χώρες ο δείκτης της αγροτικής παραγωγής αυξήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς έχει αυξηθεί η αγροτική παραγωγή τα τελευταία χρόνια και βρίσκεται σε παρόμοιες τιμές. Λεπτομερής εξαίρεση αποτελεί η Αιθιοπία, στην οποία ο δείκτης έχει εμφανώς μεγαλύτερες τιμές από τις άλλες χώρες, δεδομένο που καταδεικνύει την αυξημένη αγροτική παραγωγή στην Αιθιοπία, όπως αναφέραμε παραπάνω.



Εικόνα 91 Δείκτης Αγροτικής Παραγωγής CPI για τις χώρες της βασικής μελέτης για ένα μήκος 47 ετών 1968-2015

3 Υδροκλιματικές μεταβλητές

3.1 Εισαγωγή

Στον παρόν κεφάλαιο θα γίνει σύντομη επισκόπηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στις ζώνες της αγροτικής παραγωγής στις χώρες μελέτης στη Νότια Ασία και συγκεκριμένα στην Ινδία, καθώς είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη γεωργία από όλες τις χώρες στην περιοχή. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα δεδομένα των γεωφυσικών μεταβλητών που εξετάσαμε και θα αναλυθούν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των μηνιαίων και ετήσιων χρονοσειρών κατακρήμνισης (1905-2015 και 1968-2015) στην περιοχή μελέτης. Παράλληλα θα γίνει υπολογισμός των κεντρικών και L-ροπών των μηνιαίων και ετησίων χρονοσειρών κατακρήμνισης και κατασκευή στοχαστικού μοντέλου για τη διαχείριση της βροχόπτωσης τα θερινά βροχερά εξάμηνα τα επόμενα χρόνια.

3.2 Κλιματικό προφίλ στην Ινδία

Η χώρα διαιρείται σε τρία φυσικά διαμερίσματα: Το βόρειο μεγάλο ορεινό τείχος, που αποτελείται κυρίως από τα Ιμαλάια και τις παρυφάδες του, τη μεγάλη χαμηλή πεδιάδα, που βρίσκεται νότια του ορεινού τείχους και διαρρέεται από τους μεγάλους ποταμούς Γάγγη, Ινδό (που για αυτό ονομάζεται Ινδογαγγική) και Βραχμαπούτρα, και το νότιο μεγάλο οροπέδιο που ονομάζεται Ντεκκάν και καταλήγει στο ακρωτήριο Κομορίν, το νοτιότερο της Ινδίας. Η Σρι Λάνκα και μερικά νησιά που προεκτείνονται βαθιά στον Ινδικό ωκεανό αποτελούν γεωλογική συνέχεια της Ινδικής χερσονήσου.

Εκτός από τις ψηλές ορεινές περιοχές της, η Ινδία δέχεται την επίδραση της τροπικής θερμότητας με μέση ετήσια θερμοκρασία 24-28 °C. Το κλίμα της επηρεάζεται από τους ετήσιους ανέμους μουσώνες. Διακρίνουμε κυρίως 3 εποχές: τον ήπιο και χωρίς πολλές βροχές χειμώνα, τη θερμή και ξερή άνοιξη και το υγρό, τροπικό καλοκαίρι. Η καθυστέρηση της βροχής συχνά καταστρέφει τις καλλιέργειες και προκαλεί ομαδικούς θανάτους από πείνα. Η σοδειά καταστρέφεται πολλές φορές εξαιτίας καταρρακτωδών βροχών που προκαλούν μεγάλης έκτασης πλημμύρες.

Η βλάστηση της Ινδίας μοιάζει με την αφρικανική. Στα ινδικά δάση συναντάται μεγάλη ποικιλία τροπικών φυτών και ζώων.

3.3 Συλλογή Δεδομένων

Η συλλογή των υδρολογικών δεδομένων ήταν εξαιρετικά προκλητική διαδικασία στη συγκεκριμένη εργασία. Αρχικά, όπως και για τα οικονομικά δεδομένα, έπρεπε να βρεθεί το είδος των χρονοσειρών που θα χρησιμοποιούνταν. Τελικά στην έρευνα συμπεριλαμβάνονται χρονοσειρές ετήσιου και μηνιαίου ρυθμού μεταβολής κατακρήμνισης, χρονοσειρές ετήσιου και μηνιαίου ρυθμού μεταβολής θερμοκρασίας

καθώς και χρονοσειρές τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας της Ινδίας για στατιστική και στοχαστική μελέτη της βροχόπτωσης. Δευτερεύουσα μελέτη για στατιστική ανάλυση έγινε για κάποιες βασικές χώρες μελέτης που χρησιμοποιήθηκαν στις αγροτικές μεταβλητές για διερεύνηση στατιστικών παραμέτρων σε ετήσιες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, καθώς και ετήσιους και μηνιαίους ρυθμούς μεταβολής των ιδίων παραμέτρων.

Η συλλογή δεδομένων ήταν μια διαδικασία με αρκετά εμπόδια καθώς δεν υπάρχουν αρκετές ιστοσελίδες από όπου μπορεί κανείς να αποκομίσει δωρεάν υδρολογικά δεδομένα. Υπάρχει μία μεγάλη βάση δεδομένων που περιέχει χρονοσειρές για τη βροχόπτωση και για τη θερμοκρασία, η οποία είναι η Climate Change Knowledge Portal, οργανισμός που συνεργάζεται με την Παγκόσμια Τράπεζα (World Bank). Για την συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε η παραπάνω και χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των δεδομένων που είναι δημοσιευμένες διεθνώς.

Συνολικά, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα είναι :

- a) Χρονοσειρές μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης
- b) Χρονοσειρές μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας

Έπειτα από την ανάκτηση των δεδομένων για τις παραπάνω υδροκλιματικές μεταβλητές έγινε στατιστική επεξεργασία τους και μελετήθηκαν και χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής των μεταβλητών καθώς και η μετατροπή τους σε ετήσιες τιμές. Η ανάλυση και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω.

Περισσότερες πληροφορίες για τα δεδομένα που αναλύθηκαν και για την ιστορία του οργανισμού Climate Change Knowledge Portal και της Παγκόσμιας Τράπεζας World Bank δίδονται στην επίσημη ιστοσελίδα του οργανισμού:

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>

3.4 Μεθοδολογία και αρχική ανάλυση των υδροκλιματικών παραμέτρων

3.4.1 Αρχική στατιστική ανάλυση βροχόπτωσης και θερμοκρασίας σε 5 χώρες

Αρχικά, αναζητήθηκαν χώρες με υψηλά ποσοστά βροχοεξαρτώμενης γεωργίας όπως αναφέρθηκαν παραπάνω με στόχο τη μελέτη των παραμέτρων της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας για να αποκρυπτογραφηθεί το υδρολογικό και κλιματικό τους προφίλ σε πρώτη βάση, και σε δεύτερη βάση, στη χώρα που επιλέχθηκε με μεγάλη βροχοεξαρτώμενη γεωργία, να γίνει κάποιο μοντέλο διαχείρισης της βροχόπτωσης για τα επόμενα χρόνια αλλά και να διερευνηθούν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων της βροχόπτωσης και του Αγροτικού ΑΕΠ, προκειμένου να συναχθούν κάποια συμπεράσματα.

Οι χώρες που αναζητήθηκαν στην πρώτη φάση της εργασίας είναι οι εξής:

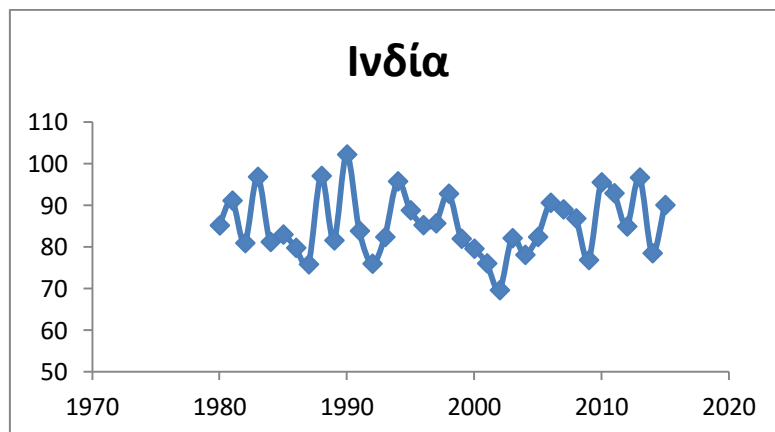
1. Ινδία

2. Κίνα
3. Αιθιοπία
4. Βραζιλία
5. Αργεντινή

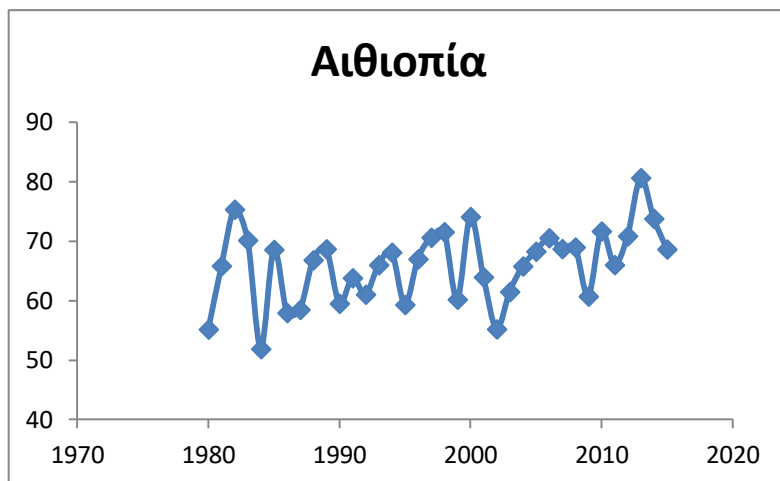
Σε αυτές τις χώρες έγινε μία πρώιμη στατιστική μελέτη των χρονοσειρών που ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων που αναφέραμε ξεκινώντας από τις μηνιαίες χρονοσειρές βροχόπτωσης στην χρονική περίοδο 1901-2015. Σε υπολογιστικά φύλλα Excel υπολογίστηκαν οι ετήσιες χρονοσειρές βροχόπτωσης τα δεδομένα χρόνια και προέκυψε ένα μήκος 114 τιμών, καθώς και ο ρυθμός μεταβολής της βροχόπτωσης στις χώρες αυτές με τη μέθοδο που αναφέρθηκε παραπάνω για τις αγροτοοικονομικές μεταβλητές. Ο ρυθμός μεταβολής είναι ένα μέγεθος ιδιαίτερα σημαντικό για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας, καθώς πέρα από το μέγεθος της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και των οικονομικών μεταβλητών, παρουσιάζει ενδιαφέρον ο τρόπος που μεταβάλλονται αυτά τα μεγέθη από χρόνο σε χρόνο και το εύρος της εκάστοτε μεταβολής, το οποίο υπολογίζεται παρακάτω.

Από τα 114 χρόνια παρατήρησης για τις παραμέτρους μελέτης επιλέχθηκαν στην αρχική μελέτη 36 χρόνια, καθώς οι τιμές των αγροτικών εμπορευμάτων που δόθηκαν στους αγρότες από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, βρέθηκαν από το 1980 και μετά, οπότε πιθανές συσχετίσεις σε συνδυαστική ανάλυση θα μπορούσε να γίνει μόνο σε ίδιο μήκος χρόνων.

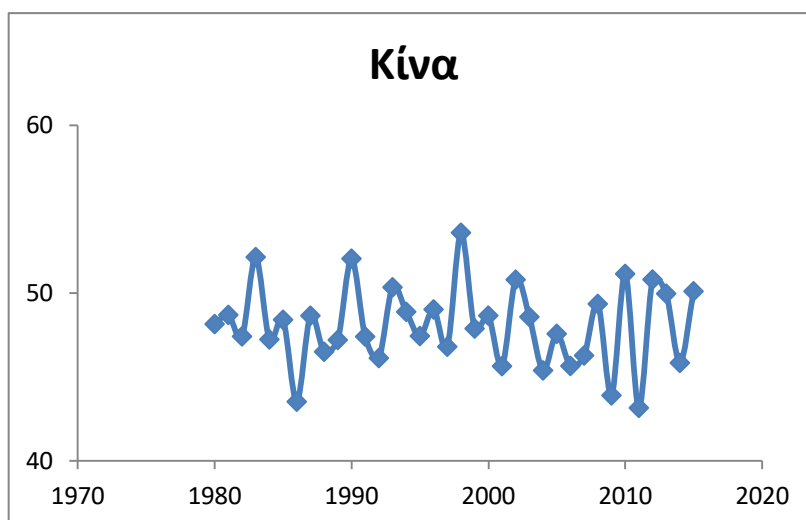
Κάθε τιμή στις μέσες ετήσιες χρονοσειρές βροχόπτωσης προέκυψε με υπολογισμό της μέσης τιμής των 12 τιμών κάθε χρόνου και με αυτόν τον τρόπο έχουμε μία μέση τιμή βροχόπτωσης κάθε χρόνο για 114 χρόνια στις συγκεκριμένες χώρες. Έπειτα υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής και τα σχετικά διαγράμματα φαίνονται παρακάτω.



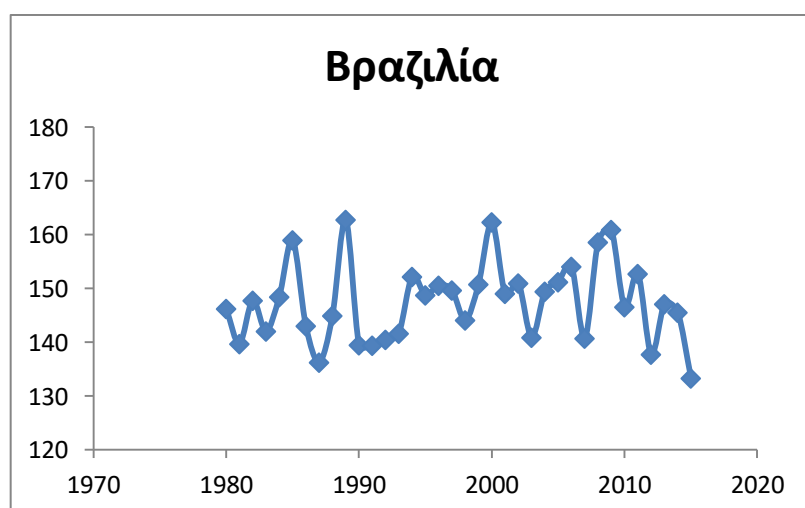
Εικόνα 92 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1980-2015



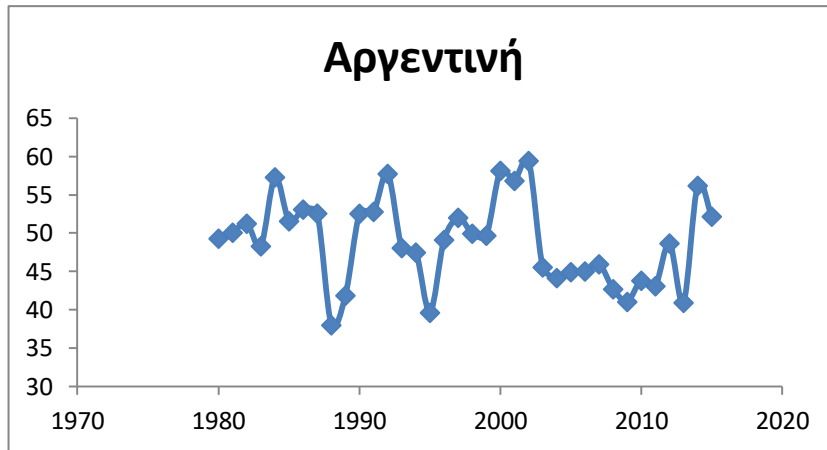
Εικόνα 93 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στην Αιθιοπία τη χρονική περίοδο 1980-2015



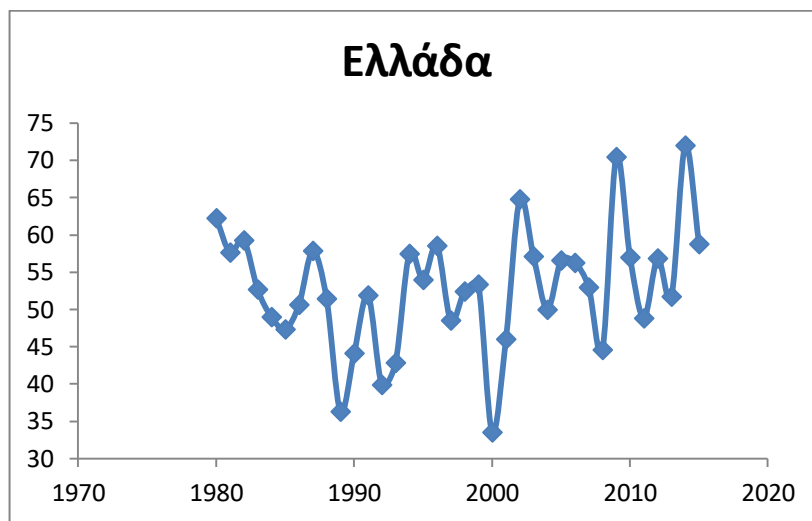
Εικόνα 94 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στην Κίνα τη χρονική περίοδο 1980-2015



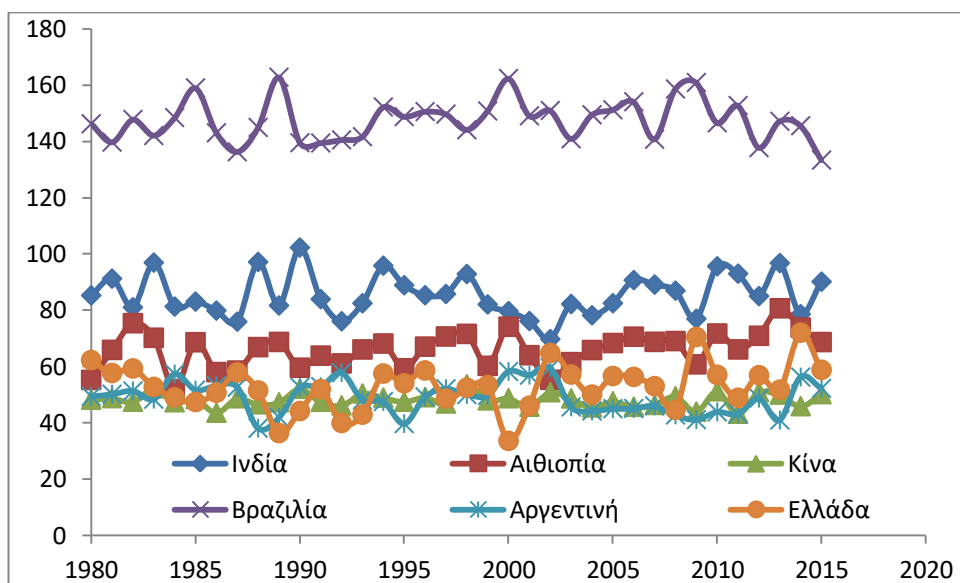
Εικόνα 95 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στη Βραζιλία τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 96 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στην Αργεντινή τη χρονική περίοδο 1980-2015



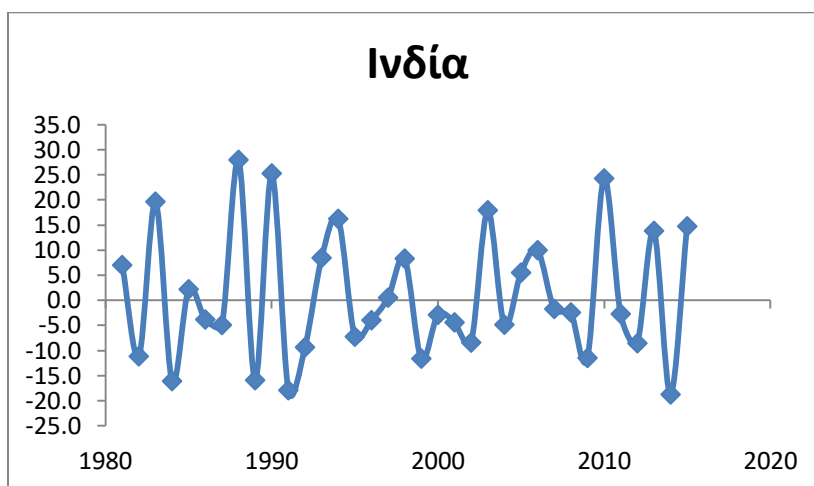
Εικόνα 97 Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1980-2015



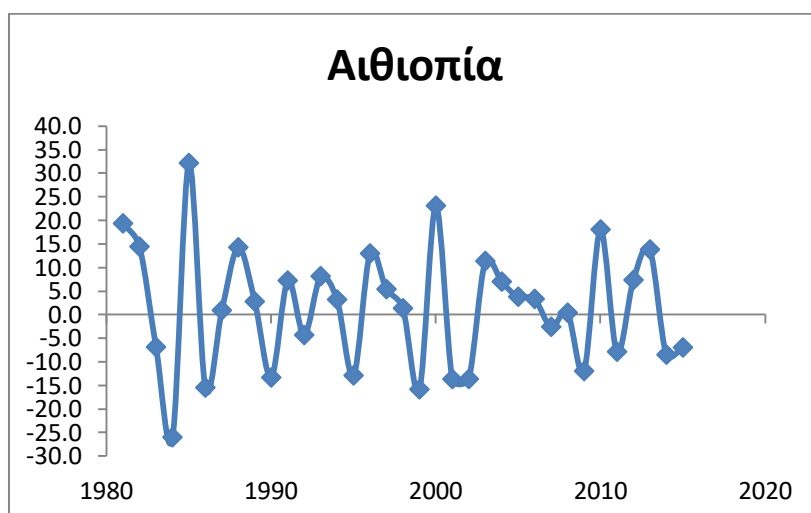
Εικόνα 98 Συνολικά μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης για 5 χώρες μελέτης με βροχοεξαρτώμενη γεωργία τη χρονική περίοδο 1980-2015

Παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα ότι υπολογίστηκαν αθροιστικά οι μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης για 6 χώρες με υψηλά επίπεδα βροχοεξαρτώμενης γεωργίας την χρονική περίοδο 1980-2015 και φαίνονται για να προκύψουν οι συγκρίσεις στο επίπεδο της βροχόπτωσης. Για λόγους σύγκρισης, υπολογίστηκαν και οι αντίστοιχες τιμές βροχόπτωσης για την Ελλάδα, η οποία δεν στηρίζεται ιδιαίτερα σε βροχοεξαρτώμενα συστήματα για την αγροτική της παραγωγή. Φαίνεται από το διάγραμμα ότι η Βραζιλία έχει ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης σε σχέση με τις άλλες χώρες ενώ δεύτερη σε βροχόπτωση τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο έρχεται η Ινδία με μέσες τιμές περί 85 mm. Η Ελλάδα, καθώς και οι υπόλοιπες χώρες έχουν χαμηλότερες τιμές.

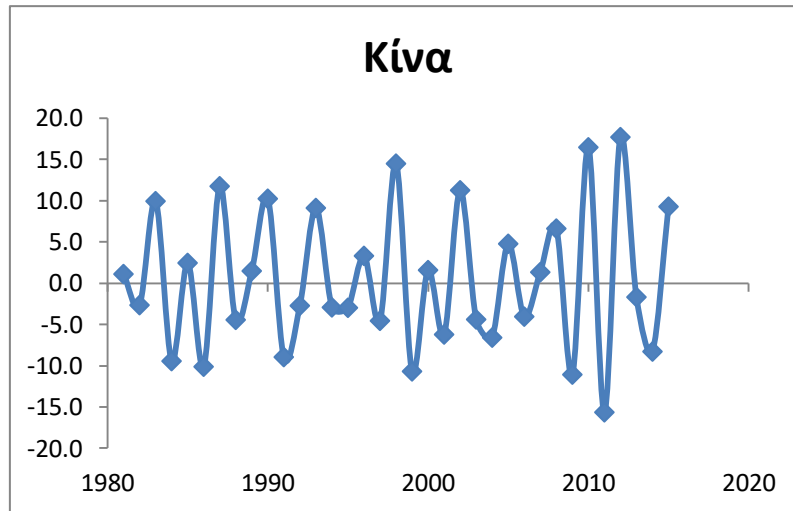
Στη συνέχεια, με τη μέθοδο που προαναφέρθηκε παραπάνω υπολογίστηκαν τα ποσοστά μεταβολής των μέσων ετησίων τιμών βροχόπτωσης στις χώρες αυτές τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και φαίνεται αντίστοιχα παρακάτω στα διαγράμματα, τόσο μεμονωμένα σε κάθε χώρα όσο και συνολικά.



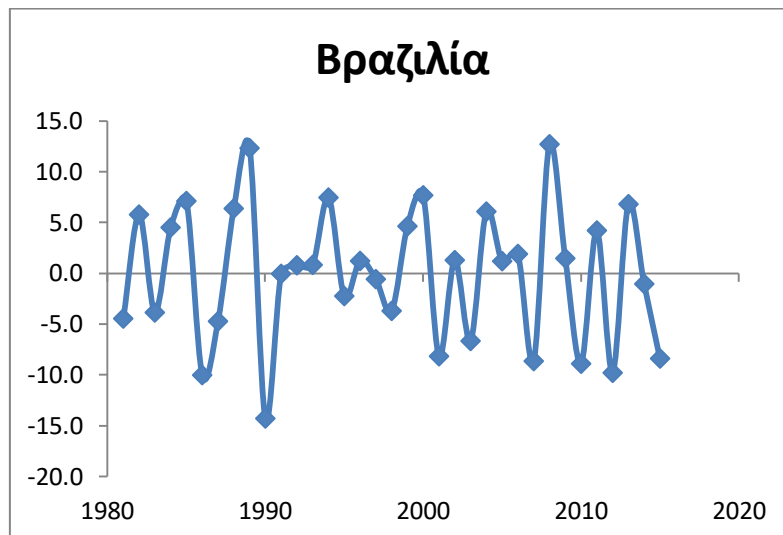
Εικόνα 99 Ποσοστό μεταβολής μέσων ετησίων τιμών βροχόπτωσης στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1980-2015



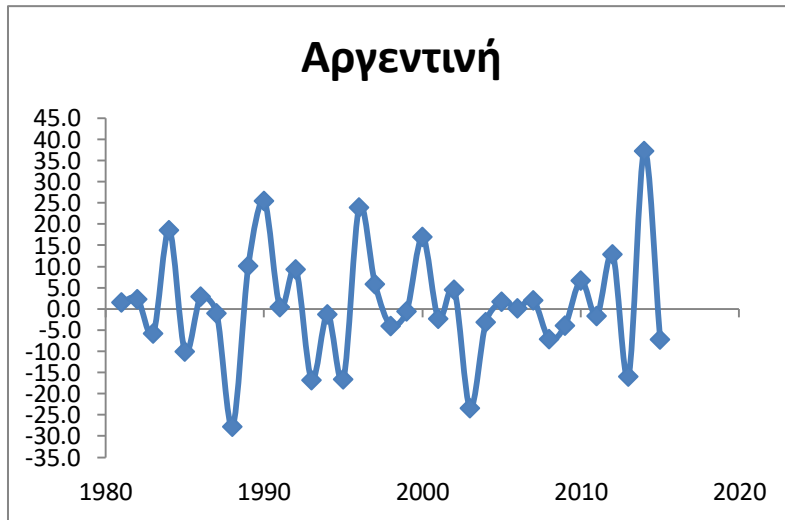
Εικόνα 100 Ποσοστό μεταβολής μέσων ετησίων τιμών βροχόπτωσης στην Αιθιοπία τη χρονική περίοδο 1980-2015



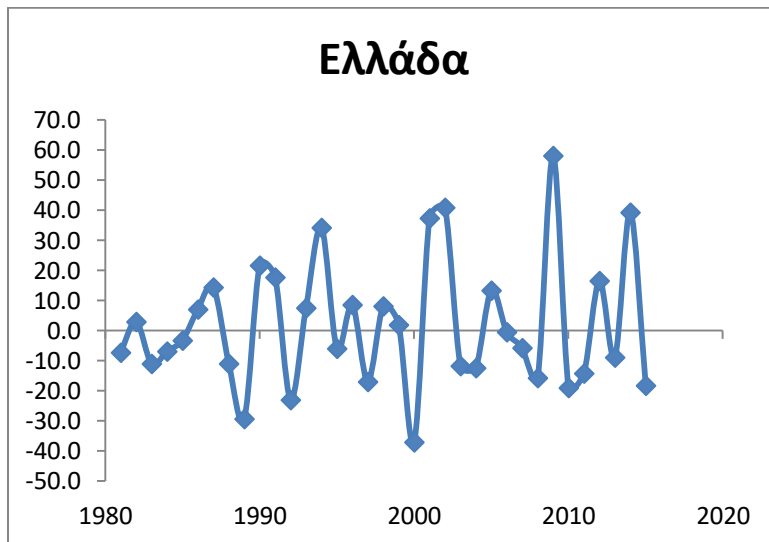
Εικόνα 101 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών βροχόπτωσης στην Κίνα τη χρονική περίοδο 1980-2015



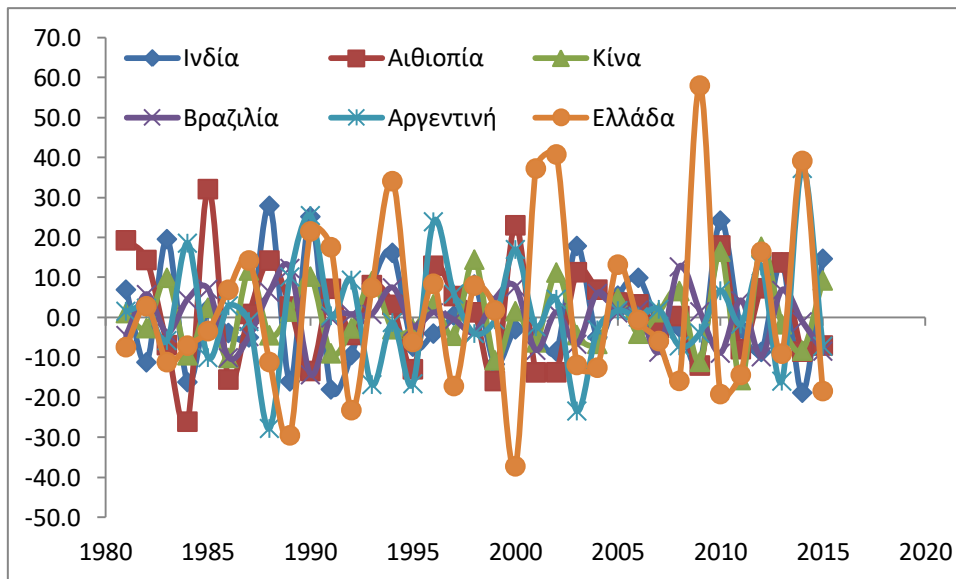
Εικόνα 102 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών βροχόπτωσης στη Βραζιλία τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 103 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών βροχόπτωσης στην Αργεντινή τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 104 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών βροχόπτωσης στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1980-2015

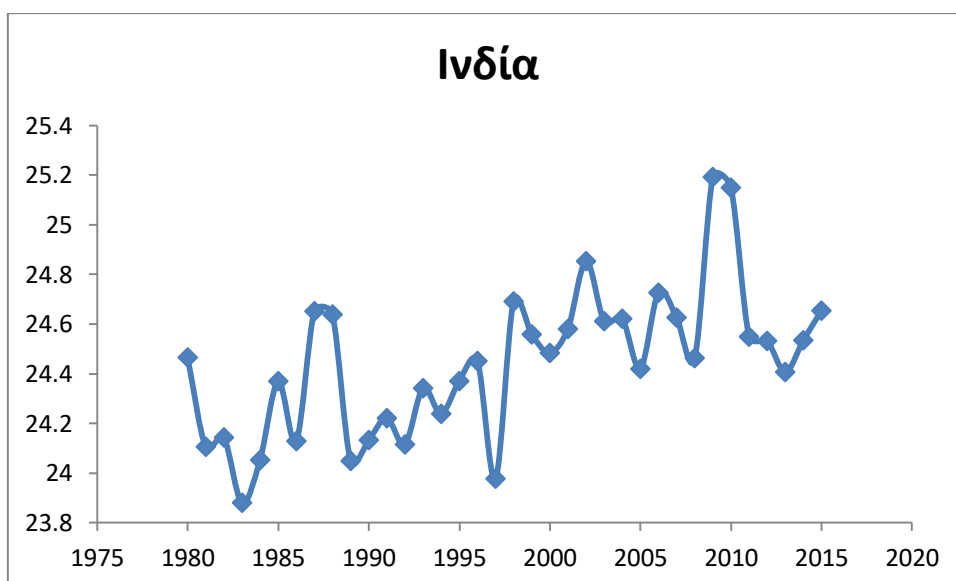


Εικόνα 105 Συνολική αποτίμηση ποσοστού μεταβολής μέσω ετησίων τιμών βροχόπτωσης στις 6 χώρες βασικής μελέτης τη χρονική περίοδο 1980-2015

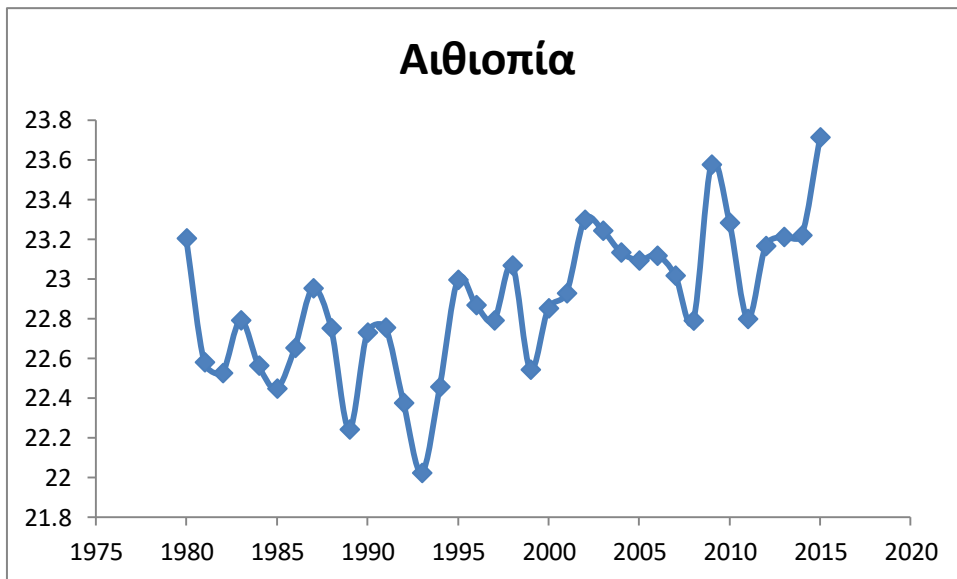
Ενδιαφέρον από το τελευταίο διάγραμμα είναι ότι ενώ στις υπόλοιπες χώρες οι ρυθμοί μεταβολής της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης κυμαίνονται από -30% έως 30%, στην Ελλάδα παρουσιάζονται διακυμάνσεις έως και στα διπλάσια νούμερα, γεγονός που υποδεικνύει την έντονη μεταβλητότητα της βροχόπτωσης από χρόνο σε χρόνο στην Ελλάδα τα συγκεκριμένα χρόνια.

Επίσης παρατηρείται από τα διαγράμματα ότι οι ρυθμοί μεταβολής παρουσιάζουν κάποιο είδος περιοδικότητας και δεν είναι σταθεροί σε συγκεκριμένες τιμές, γεγονός που επίσης αποδεικνύει την έντονη μεταβλητότητα της βροχής από χρόνο σε χρόνο και θα ήταν αντικείμενο επόμενης μελέτης να διερευνηθεί αυτή η περιοδικότητα και η συχνότητα της.

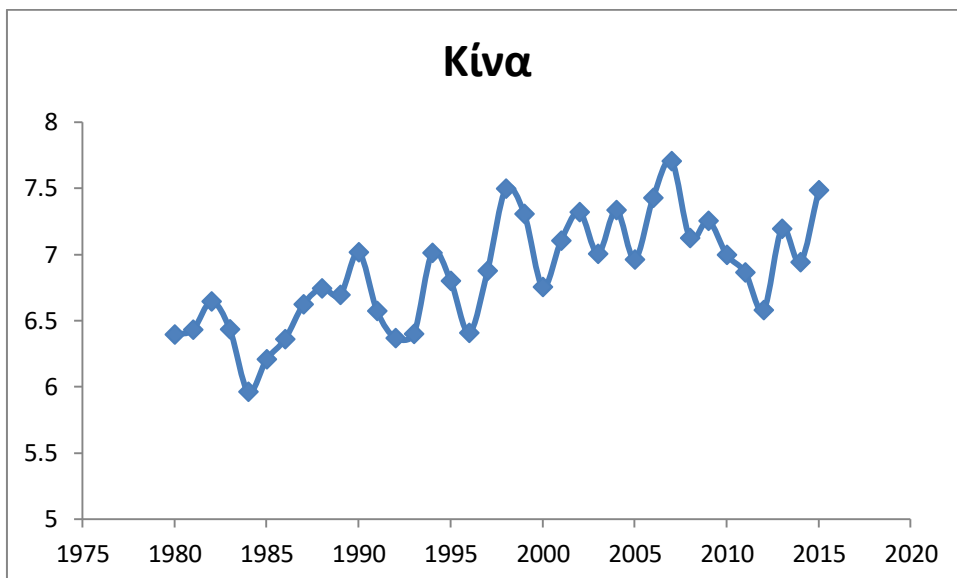
Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία από το φοιτητή για τις χρονοσειρές θερμοκρασίας για τις ίδιες χώρες και προέκυψαν τα ακόλουθα διαγράμματα.



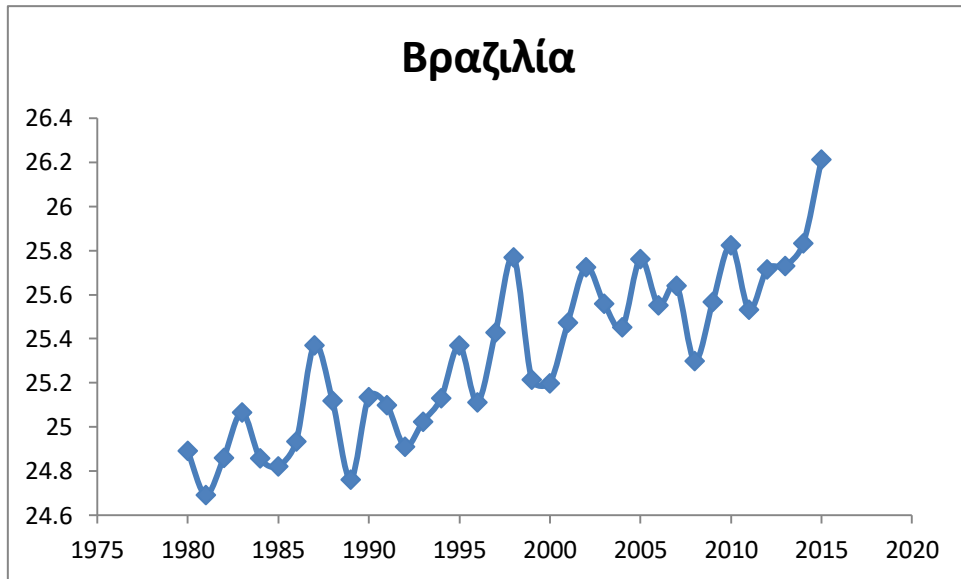
Εικόνα 106 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1980-2015



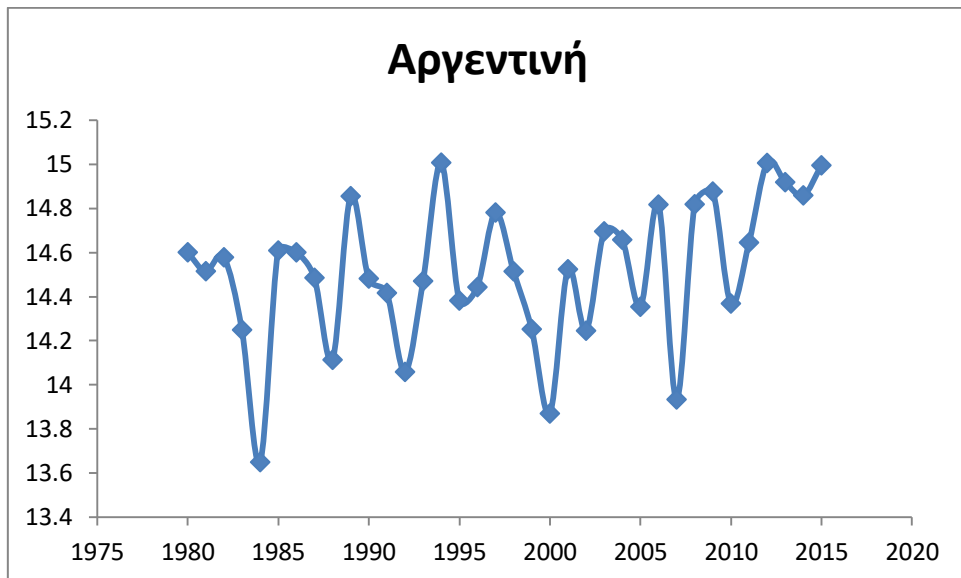
Εικόνα 107 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Αιθιοπία τη χρονική περίοδο 1980-2015



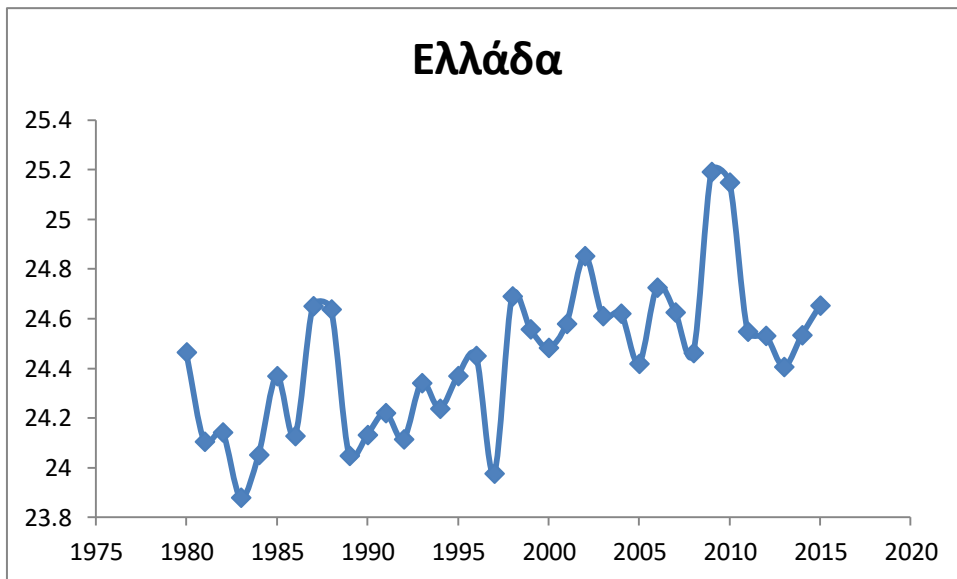
Εικόνα 108 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Κίνα τη χρονική περίοδο 1980-2015



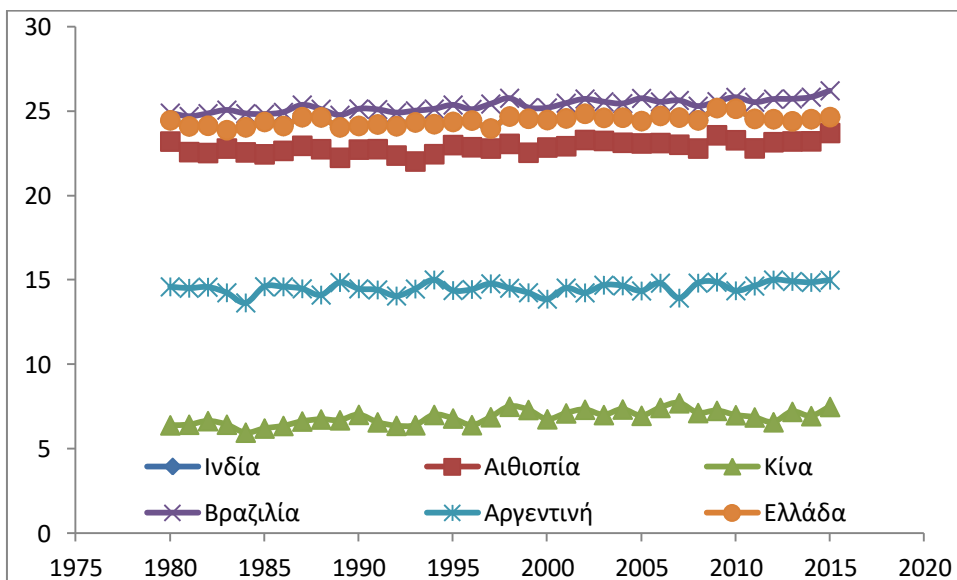
Εικόνα 109 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στη Βραζιλία τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 110 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Αργεντινή τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 111 Μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1980-2015

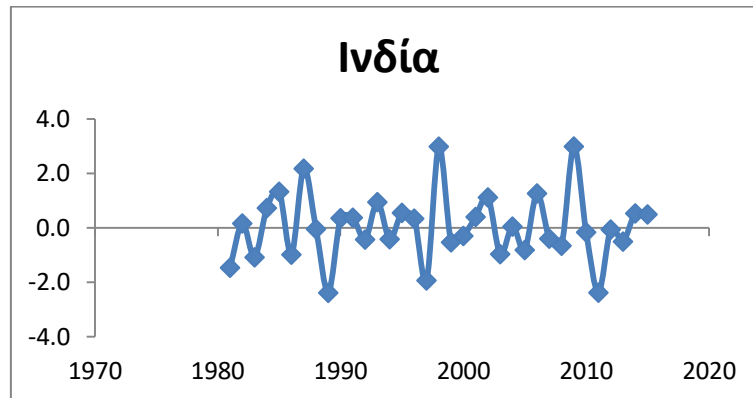


Εικόνα 112 Συνολικά μέσες ετήσιες τιμές Θερμοκρασίας για τις 6 χώρες βασικής μελέτης τη χρονική περίοδο 1980-2015

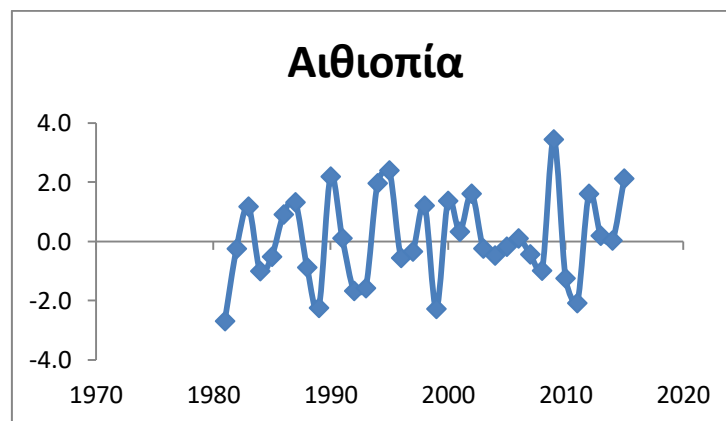
Παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα ότι υπολογίστηκαν αθροιστικά οι μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας για τις 6 χώρες με υψηλά επίπεδα βροχοεξαρτώμενης γεωργίας την χρονική περίοδο 1980-2015. Για λόγους σύγκρισης, υπολογίστηκαν και οι αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας για την Ελλάδα, η οποία δεν στηρίζεται ιδιαίτερα σε βροχοεξαρτώμενα συστήματα για την αγροτική της παραγωγή. Φαίνεται από το διάγραμμα ότι η Βραζιλία, η Ελλάδα και η Αργεντινή έχουν ιδιαίτερα υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες σε σχέση με τις άλλες χώρες περί τους 23-25 °C, ακολουθεί η Αργεντινή και ψυχρότερο κλίμα παρατηρείται στην Κίνα.

Στη συνέχεια, με τη μέθοδο που προαναφέρθηκε παραπάνω υπολογίστηκαν τα ποσοστά μεταβολής των μέσω ετησίων τιμών θερμοκρασίας στις χώρες αυτές τη συγκεκριμένη

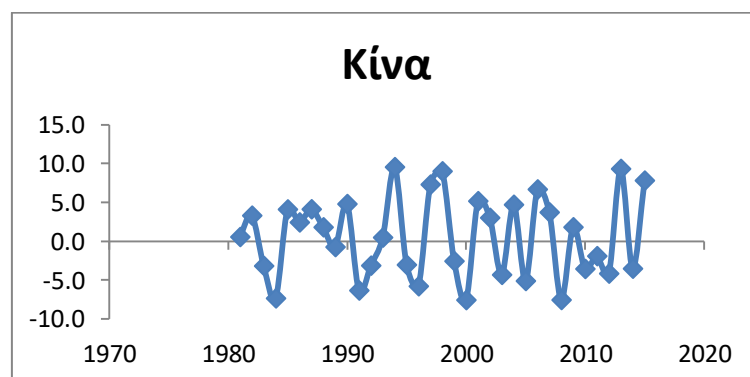
χρονική περίοδο και φαίνεται αντίστοιχα παρακάτω στα διαγράμματα, τόσο μεμονωμένα σε κάθε χώρα όσο και συνολικά.



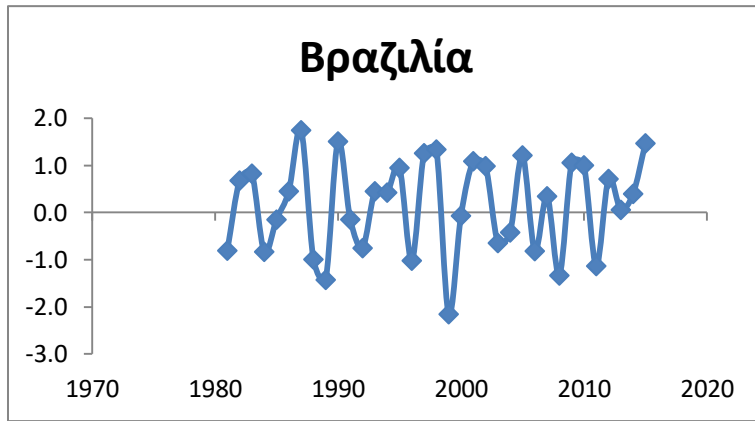
Εικόνα 113 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών θερμοκρασίας στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1980-2015



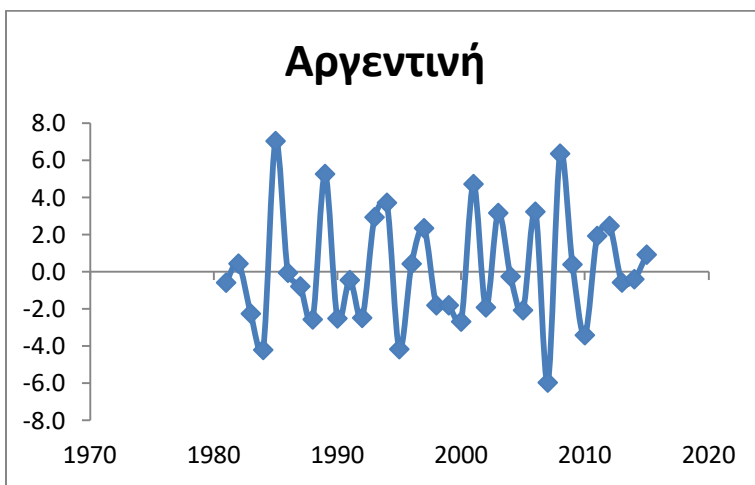
Εικόνα 114 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών θερμοκρασίας στην Αιθιοπία τη χρονική περίοδο 1980-2015



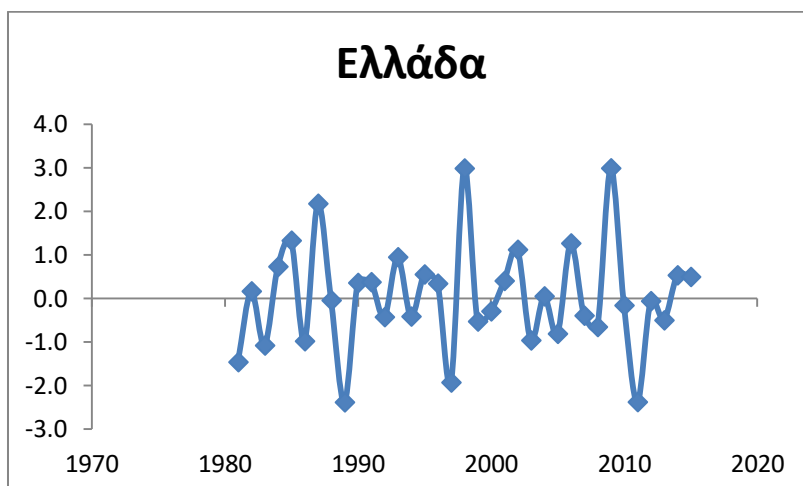
Εικόνα 115 Ποσοστό μεταβολής μέσω ετησίων τιμών θερμοκρασίας στην Κίνα τη χρονική περίοδο 1980-2015



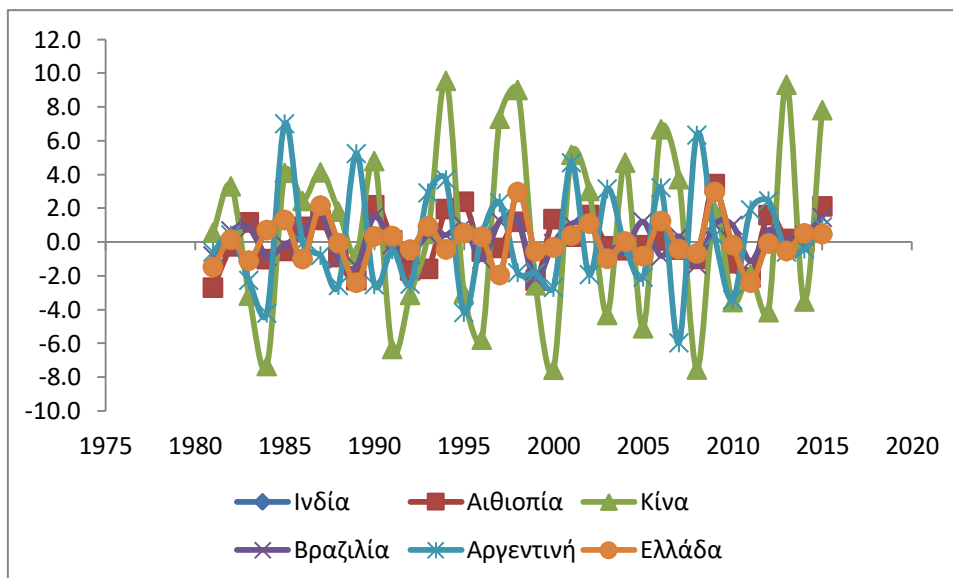
Εικόνα 116 Ποσοστό μεταβολής μέσω των ετησίων τιμών θερμοκρασίας στη Βραζιλία τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 117 Ποσοστό μεταβολής μέσω των ετησίων τιμών θερμοκρασίας στην Αργεντινή τη χρονική περίοδο 1980-2015



Εικόνα 118 Ποσοστό μεταβολής μέσω των ετησίων τιμών θερμοκρασίας στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1980-2015

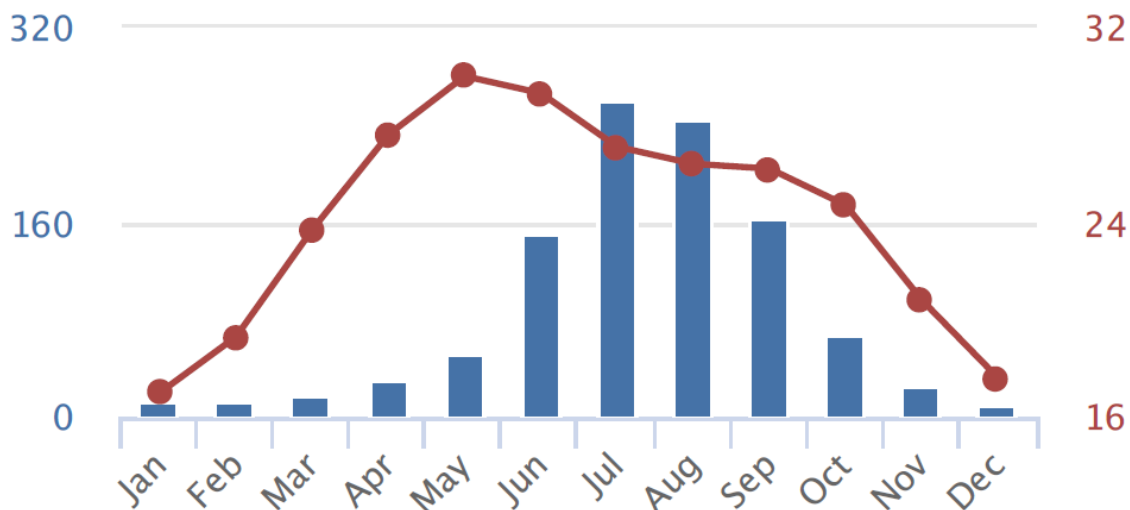


Εικόνα 119 Συνολικά ποσοστά μεταβολής μέσω ετησίων τιμών θερμοκρασίας για τις 6 χώρες βασικής μελέτης τη χρονική περίοδο 1980-2015

3.4.2 Στατιστική μελέτη δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στην Ινδία

Όπως διερευνήθηκε παραπάνω η χώρα που επιλέχθηκε να αποτελέσει εφαρμογή της στατιστικής διερεύνησης για τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας σε σύγκριση με τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία και το Αγροτικό ΑΕΠ βρίσκεται στην Νοτιοανατολική Ασία και είναι η Ινδία. Αν και στη βασική στατιστική ανάλυση στο προηγούμενο υποκεφάλαιο αναφέρθηκαν 5 χώρες, στη συνέχεια της εργασίας θα γίνει αναλυτική μελέτη και αξιοποίηση των δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για την Ινδία προκειμένου να εξαχθούν συγκεκριμένα συμπεράσματα. Σε επόμενο στάδιο της εργασίας ή σε κάποια διαφορετική μελέτη θα μπορούσε να εφαρμοστεί η μεθοδολογία αυτή και σε άλλες χώρες με βροχοεξαρτώμενα συστήματα ή χώρες οι οποίες παρουσιάζουν να έχουν μεγάλη εξάρτηση της βροχόπτωσης με τη γεωργία, και συγκεκριμένα με τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία.

Συγκεκριμένα για την αγροτική παραγωγή της Ινδίας, καθώς και για τα βροχοεξαρτώμενα συστήματα που έχουν εδραιωθεί, αλλά και αυτά που δυνητικά μπορεί να αξιοποιηθούν, φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο η βροχόπτωση, καθώς και η συχνότητα της ή οι περίοδοι μέσα σε ένα υδρολογικό έτος που παρατηρείται είτε μεγαλύτερη κατακρήμνιση είτε φαινόμενα ξηρασίας. Για αυτό το λόγο, το επίκεντρο του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας της Ινδίας και η διερεύνηση των εποχών σε ένα υδρολογικό έτος που εμφανίζονται οι μέγιστες ή οι μεγαλύτερες τιμές που σχετίζονται με την αγροτική παραγωγή προϊόντων βροχοεξαρτώμενης γεωργίας.



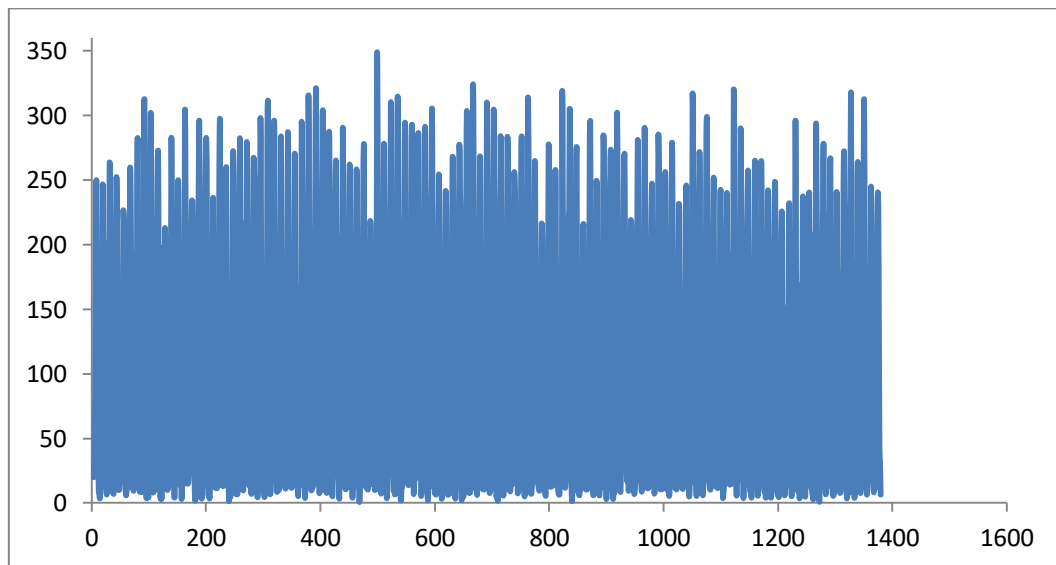
Εικόνα 120 Εποχιακή Βροχόπτωση (Μπλε) και Θερμοκρασία (Κόκκινο) σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία (Πηγή: Climate Change Knowledge Portal, 2018)

Το παραπάνω σχήμα παραθέτει την βροχόπτωση και τη θερμοκρασία μέσα σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία και αποτελεί ενδεικτικές περιόδους κατακρήμνισης και αύξησης θερμοκρασίας κάθε έτος. Είναι φανερό ότι οι μήνες με την περισσότερη βροχόπτωση σε ένα έτος είναι το θερινό εξάμηνο, καθώς τότε παρατηρείται και εποχιακή αύξηση της θερμοκρασίας. Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι αναμενόμενη, καθώς εκείνη την περίοδο του χρόνου παρατηρείται και το φαινόμενο των μουσώνων στην Ινδία και στη Νοτιοανατολική Ασία και παρατηρούνται κάθε χρόνο μεγαλύτερα επίπεδα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.

Σε αυτό το σημείο χρήζει κάποιας αναφοράς το φαινόμενο των μουσώνων και η σημασία τους. Με την ονομασία μουσώνες είναι γνωστοί ισχυροί εποχικοί άνεμοι που δημιουργούνται κυρίως στον Ινδικό Ωκεανό και στη Νότια Σινική θάλασσα (νοτιοανατολική Ασία), καθώς και σε άλλες περιοχές της Γης. Το όνομα τους προέρχεται από την αραβική λέξη «monsoon», που σημαίνει εποχικός.

Οι μουσώνες που πνέουν από τον Ινδικό Ωκεανό προς την ασιατική ήπειρο και το αντίστροφο, φέρνουν βροχές στη νότια και νοτιοανατολική Ασία. Οι μουσώνες ανάλογα της εποχής που πνέουν διακρίνονται σε χειμερινούς και σε θερινούς μουσώνες, που παρουσιάζουν αντίθετες μεταξύ τους φορές (διευθύνσεις). Κατά μεν τους χειμερινούς μήνες πνέουν από τις ηπείρους προς τους Ωκεανούς, κατά δε τους θερινούς μήνες αντίστροφα, από τους ωκεανούς προς τις ηπείρους. Οφείλονται κυρίως στη διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα και κατά συνέπεια, της ατμοσφαιρικής πίεσης που παρατηρείται μεταξύ των ηπείρων και των ωκεανών, τόσο τον χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Οι θερινοί μουσώνες του Ινδικού συνοδεύονται από καταρακτώδεις βροχές. Οι βροχές αυτές εκδηλώνονται κυρίως στις υπήγνμες ακτές και στη ηπειρωτικές ζώνες της νότιας και ΝΑ Ασίας και προέρχονται από απότομη άνοδο του αέρα είτε από πρόσκρουση στις ορεινές ακτές, ή παραθαλάσσιους ορεινούς όγκους, είτε από υπερθέρμανση του. Είναι δε πολύ συχνές στις ακτές της Ινδίας και ΝΑ Ασίας που όμως χρονικά είναι περιορισμένες. Γίνεται συνεπώς αντιληπτό πως όταν πνέουν οι θερινοί μουσώνες μέσα στον Ινδικό δεν συνοδεύονται με βροχές.

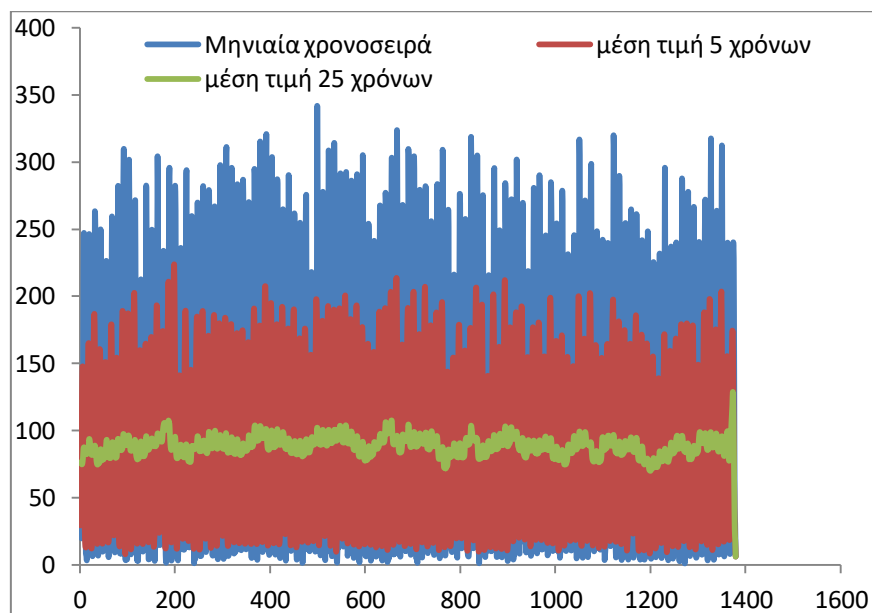
Αρχικά, εξάγοντας τα δεδομένα των μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης από την βάση δεδομένων Climate Change Knowledge Portal για τη χρονική περίοδο 1901-2015 σε υπολογιστικό φύλλο Excel, σχηματίστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα.



Εικόνα 121 Συνολική Μηνιαία Χρονοσειρά για την Ινδία τη χρονική περίοδο 1901-2015

Παρατηρούμε ότι η περίοδος 1901-2015 αποτελεί 114 χρόνια, και εφόσον έχουμε μηνιαίες τιμές σημαίνει ότι η χρονοσειρά αποτελείται από 1380 τιμές, όπως φαίνεται στον οριζόντιο άξονα παραπάνω.

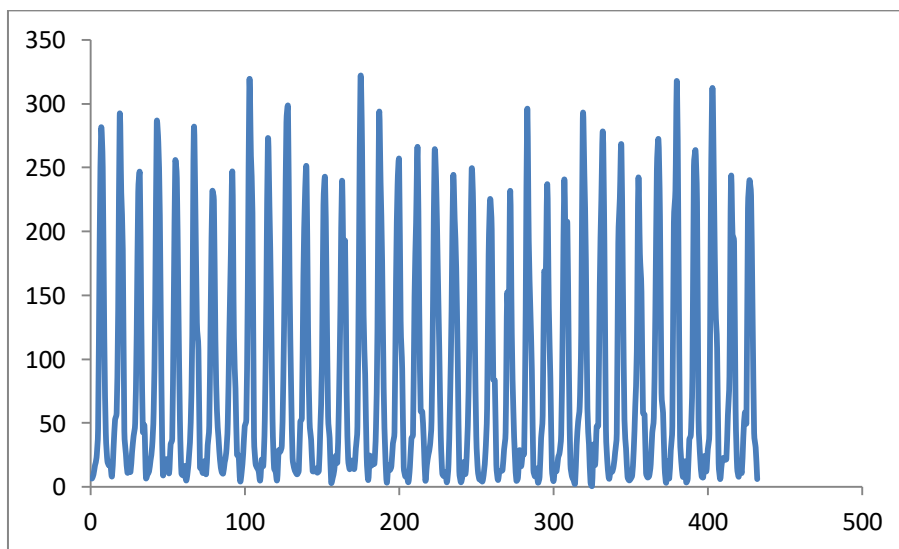
Για λόγους σύγκρισης υπολογίστηκε η χρονοσειρά με τιμές που αποτελούν τη μέση τιμή 5 χρόνων από τη συνολική μηνιαία χρονοσειρά, καθώς και η αντίστοιχη χρονοσειρά με μέσες τιμές κάθε 25 χρόνων και αναπαριστώνται στο παρακάτω διάγραμμα.



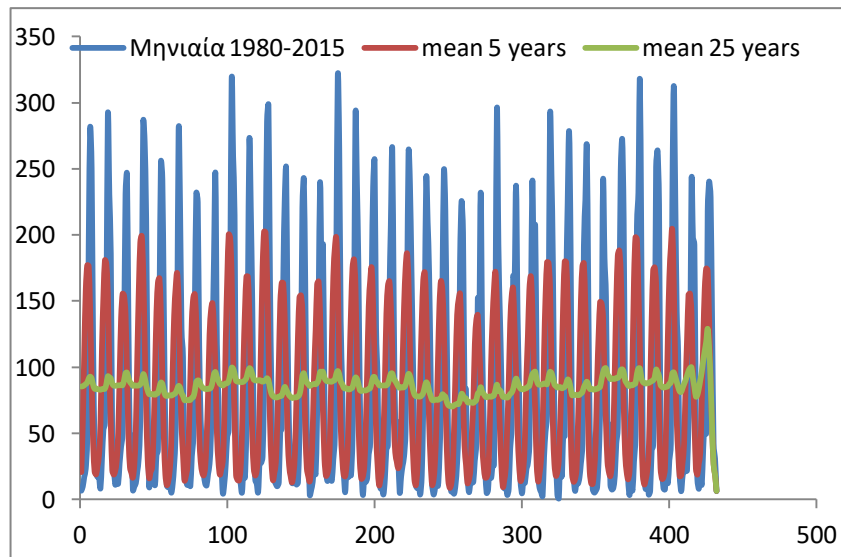
Εικόνα 122 Συνολική μηνιαία χρονοσειρά και οι χρονοσειρές με τις μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων τη χρονική περίοδο 1901-2015

Σε αυτό το σημείο χρήζει αναφοράς η ιδιότητα των τυχαίων μεταβλητών όπως η βροχόπτωση και η θερμοκρασία να είναι στάσιμες χρονοσειρές, δηλαδή ή ύπαρξη στασιμότητας στις υδροκλιματικές παραμέτρους. Γενικά, οι στατιστικές παράμετροι μιας στοχαστικής ανάλυσης, π.χ. η μέση τιμή και η διασπορά της, μπορεί να μεταβάλλονται στο χρόνο. Όμως, παρουσιάζουν ενδιαφέρον οι στάσιμες ανελίξεις στις οποίες δεν υπάρχει μεταβολή των στατιστικών χαρακτηριστικών με την πάροδο του χρόνου. Μια στοχαστική ανάλυση λέγεται στάσιμη με την αυστηρή έννοια, ή απλώς στάσιμη, όταν η συνάρτηση κατανομής της δεν επηρεάζεται από το χρόνο, δηλαδή αν, για τυχούσα χρονική μετατόπιση τ , η συνάρτηση κατανομής οποιασδήποτε τάξης της $x(t+\tau)$ ταυτίζεται με τη συνάρτηση κατανομής της ίδιας τάξης της $x(t)$. Μια στοχαστική ανάλυση λέγεται στάσιμη με την ευρεία έννοια αν η μέση τιμή της είναι σταθερή και η αυτοσυνδιασπορά της εξαρτάται μόνο από τη διαφορά του χρόνου, δηλαδή αν $E[x(t)] = \mu = \text{σταθερά}$, $E[(x(t)-\mu)(x(t+\tau)-\mu)] = C(\tau)$. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται η υπόθεση ότι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία είναι στάσιμες ανελίξεις, και όπως φαίνεται και στο σχήμα παρατηρούνται τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους να μένουν σταθερά με την πάροδο του χρόνου.

Αναπαριστάται επίσης παρακάτω η μηνιαία χρονοσειρά της βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2015 που αποτελείται από 433 τιμές όπως φαίνεται στον αντίστοιχο άξονα.

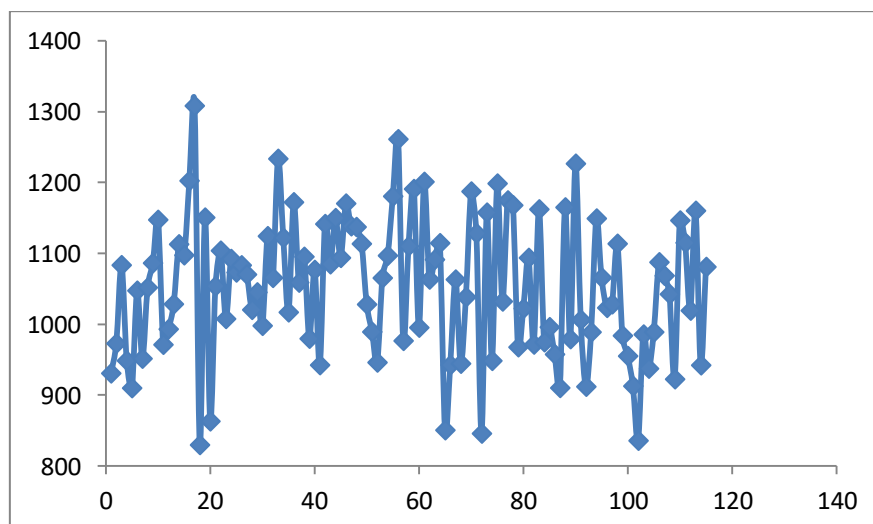


Εικόνα 123 Μηνιαία Χρονοσειρά για τη Βροχόπτωση τη χρονική περίοδο 1980-2015

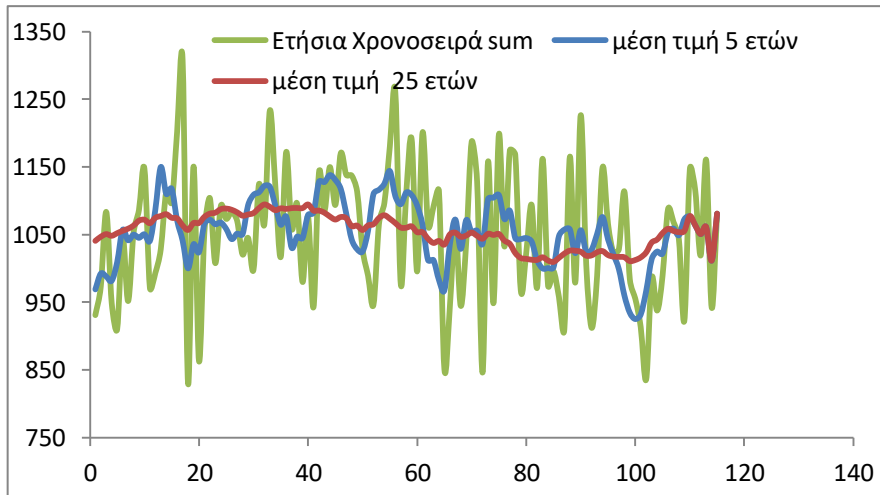


Εικόνα 124 Μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης 1980-2015 με μέση τιμή 5 και 25 χρόνων αντίστοιχα

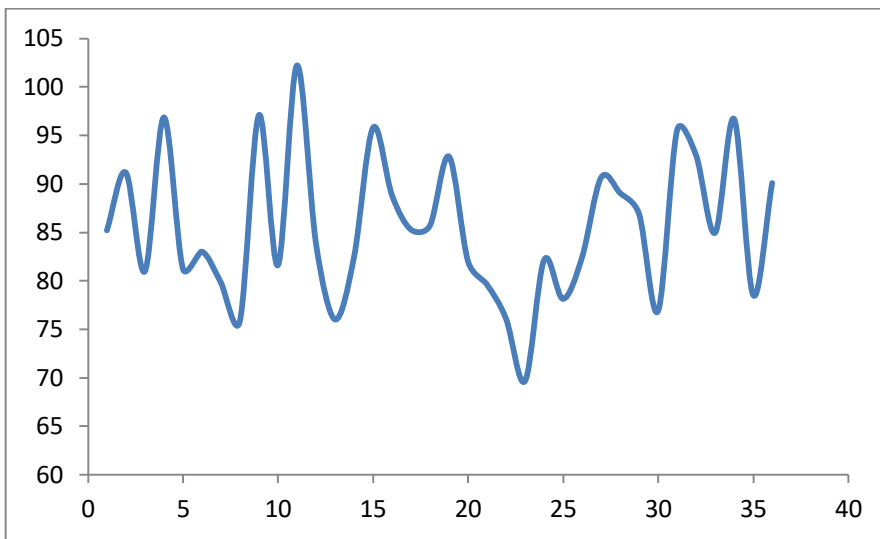
Στη συνέχεια υπολογίστηκε η αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης για το 1901-2015 προσθέτοντας όλες τις τιμές κάθε μήνα ενός χρόνου από τη μηνιαία χρονοσειρά, δίνοντας μία τιμή στην αθροιστική ετήσια, που υποδηλώνει πόσα mm βροχής παρατηρούνται σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία κάθε χρόνο (για τους 12 μήνες) από το 1901 έως το 2015 που είναι το τελευταίο έτος της συγκεκριμένης εργασίας. Αντίστοιχα, προέκυψαν και οι τιμές της μέσης ετήσιας χρονοσειράς που υπολογίστηκαν με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε παραπάνω για το 1980-2015 και φαίνονται σε σχετικά διαγράμματα.



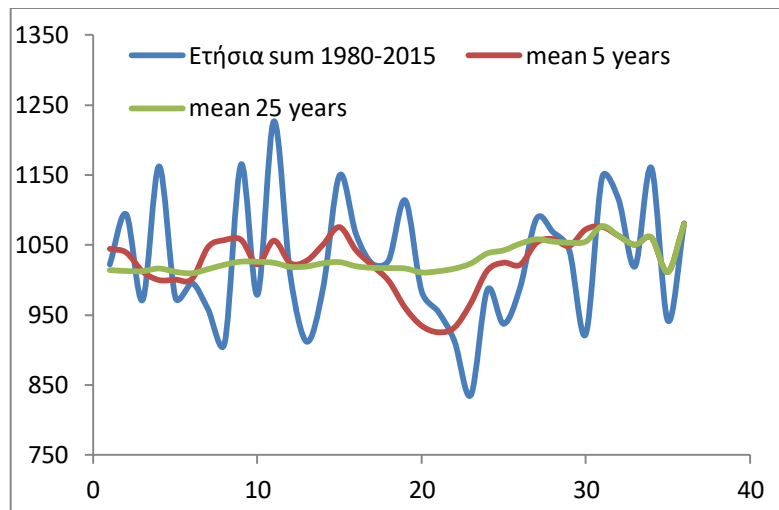
Εικόνα 125 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1901-2015



Εικόνα 126 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων 1901-2015

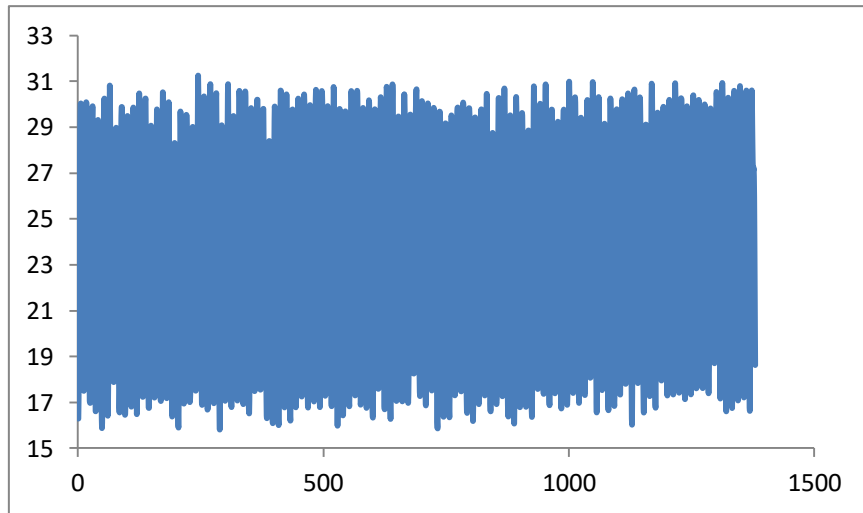


Εικόνα 127 Μέση ετήσια χρονοσειράς βροχόπτωσης 1980-2015

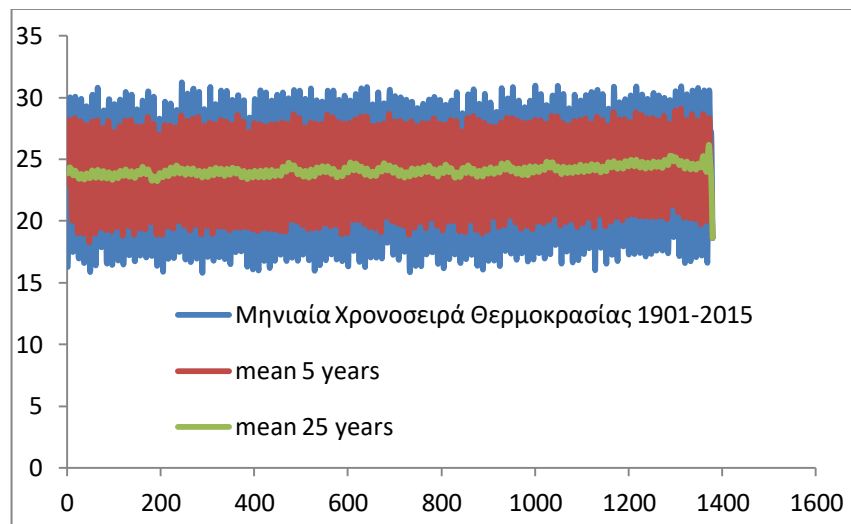


Εικόνα 128 Ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1980-2015 με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων

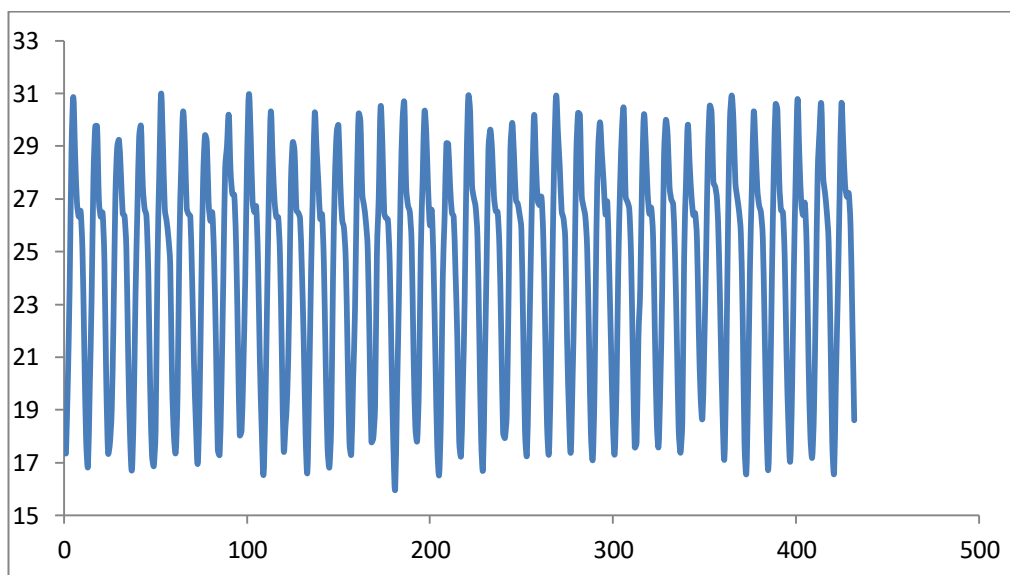
Αναλόγως, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για τη θερμοκρασία στην Ινδία και έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα.



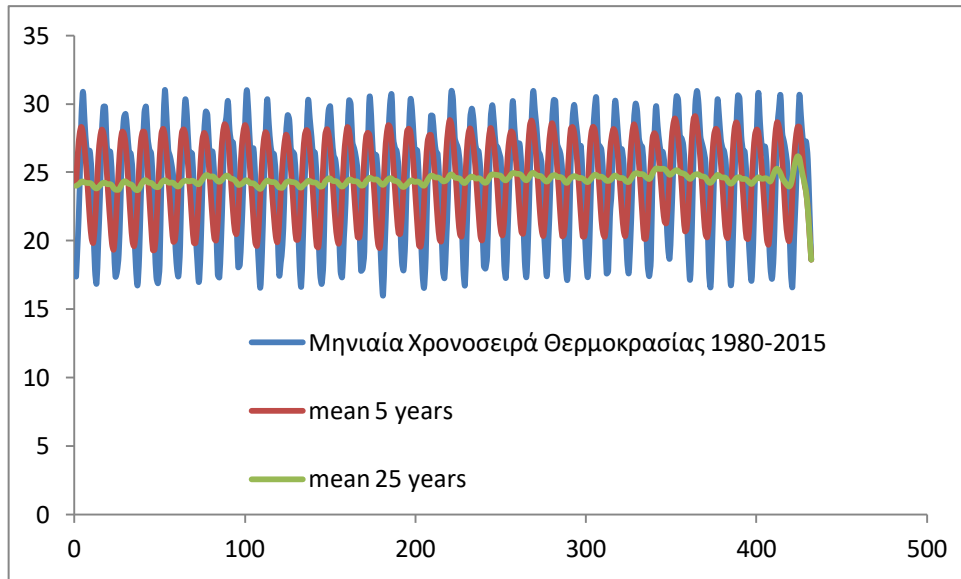
Εικόνα 129 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1901-2015



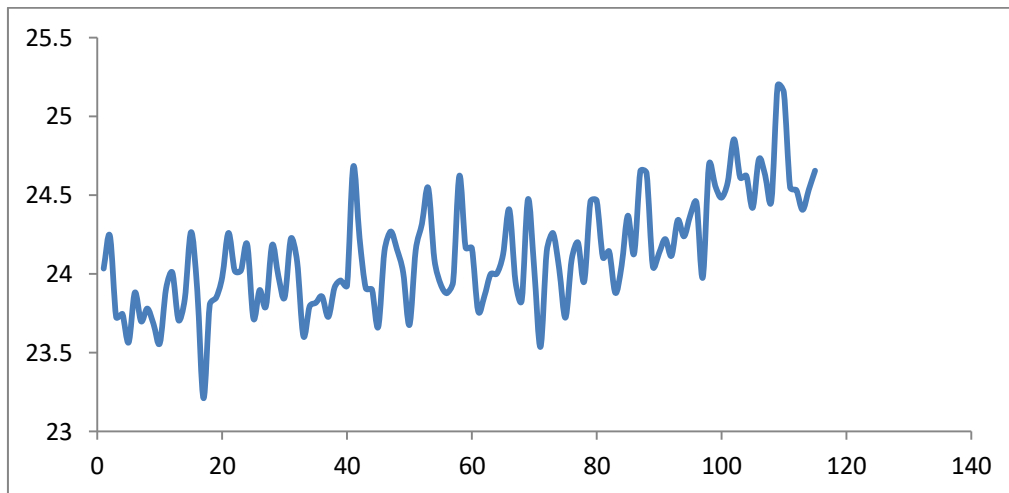
Εικόνα 130 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1901-2015 με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων



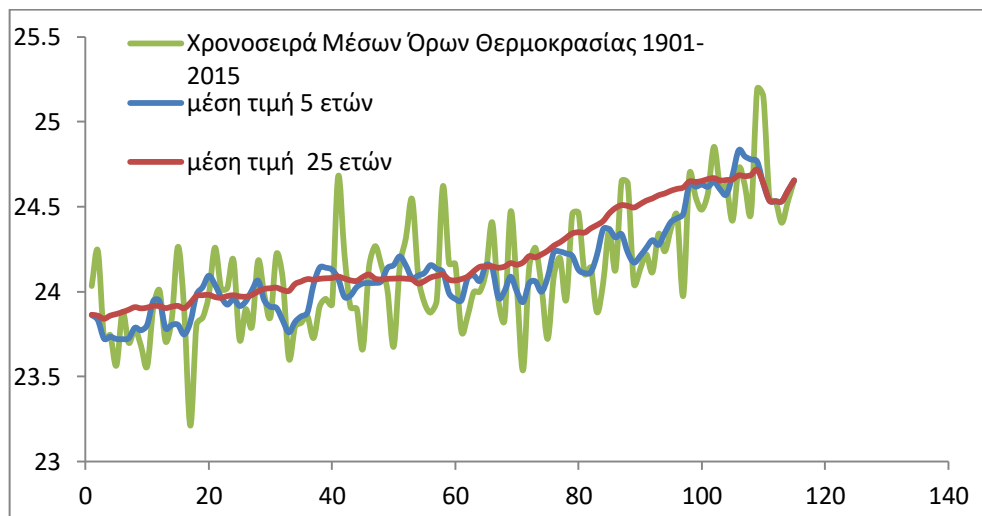
Εικόνα 131 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1980-2015



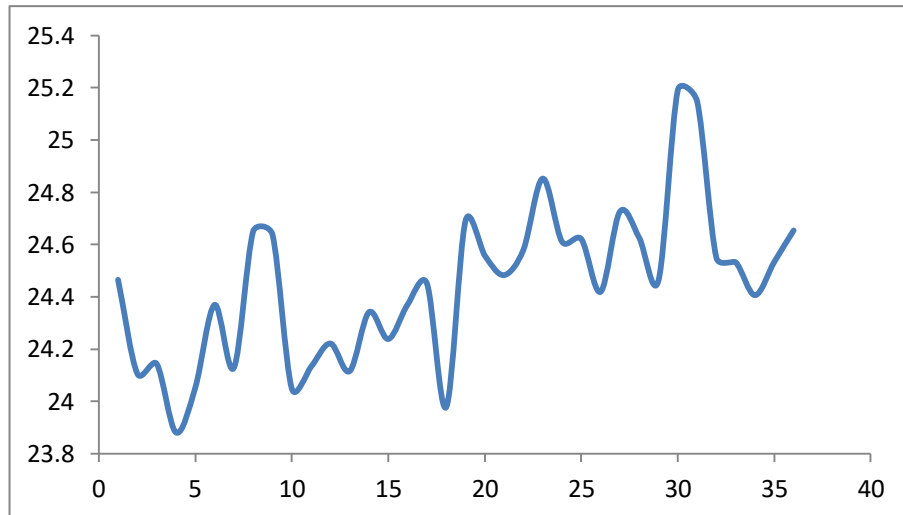
Εικόνα 132 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1980-2015 με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων



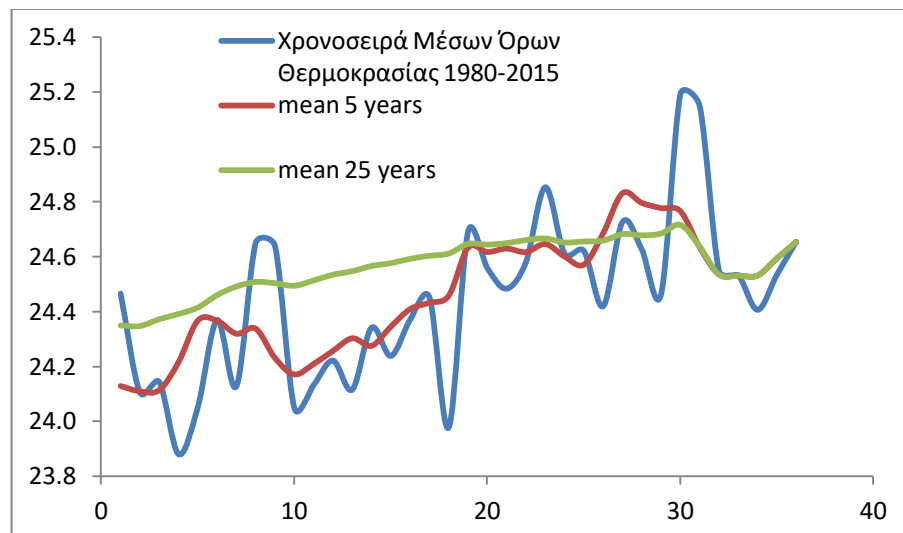
Εικόνα 133 Ετήσια χρονοσειρά μέσων όρων θερμοκρασίας 1901-2015



Εικόνα 134 Ετήσια χρονοσειρά μέσων όρων με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων 1901-2015



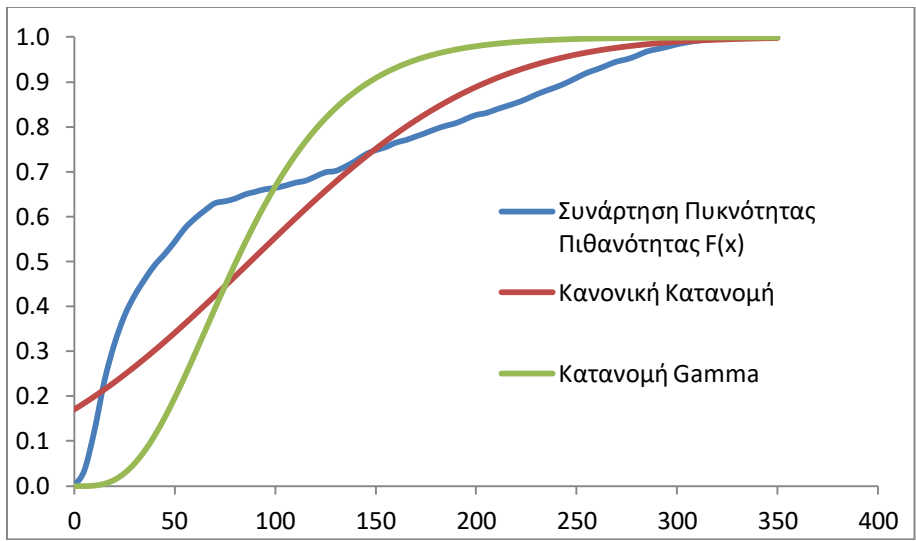
Εικόνα 135 Ετήσια χρονοσειρά μέσωσν όρων θερμοκρασίας 1980-2015



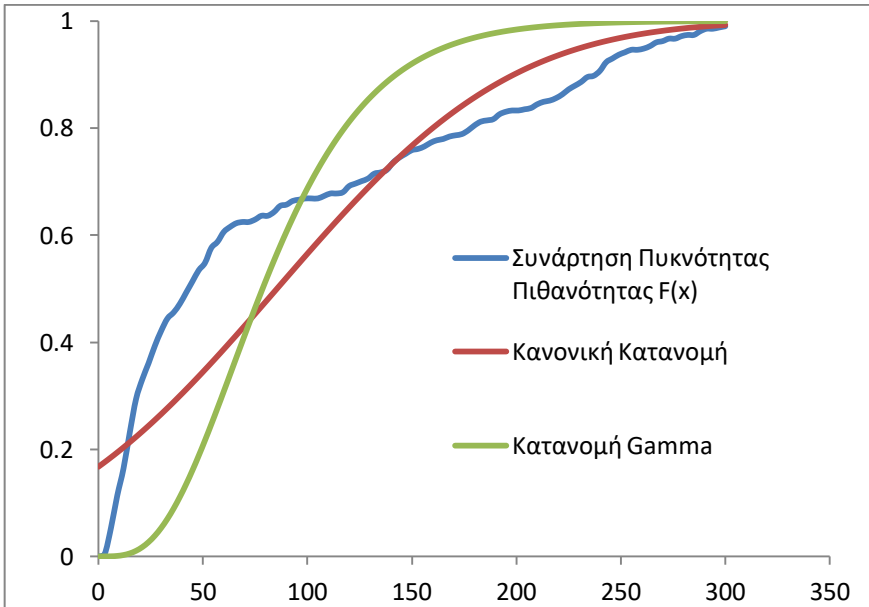
Εικόνα 136 Ετήσια χρονοσειρά μέσωσν όρων θερμοκρασίας με μέσες τιμές 5 και 25 χρόνων

3.4.3 Μέθοδος κεντρικών ροπών για προσαρμογή κατανομών δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

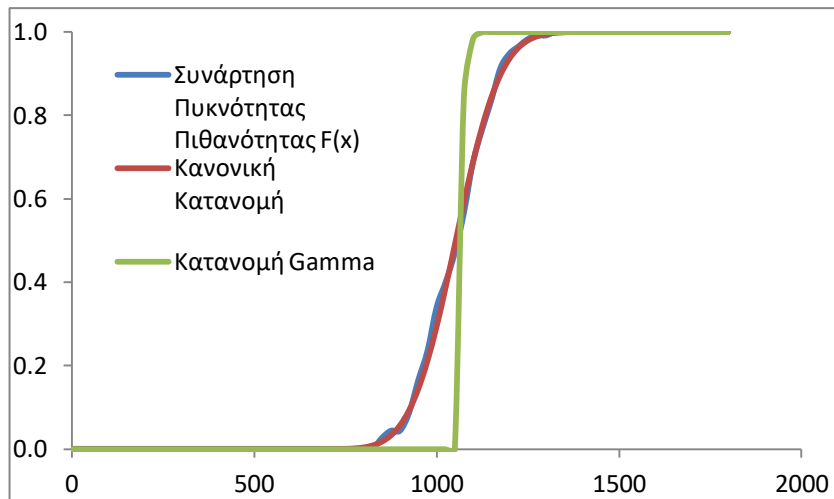
Υπολογίστηκε η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των χρονοσειρών που αναφέρθηκαν, δηλαδή της μηνιαίας χρονοσειράς 1901-2015, αθροιστικής ετήσιας 1901-2015, μηνιαίας 1980-2015 και μέσης ετήσιας χρονοσειράς 1980-2015. Εκτός από την συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και της συνάρτησης κατανομής των δεδομένων, έγινε η προσπάθεια υπολογισμού προσαρμογής των δεδομένων των χρονοσειρών στην κανονική κατανομή Gaussian και στην κατανομή Gamma. Η κατανομή πιθανότητας μιας τυχαίας μεταβλητής δύναται να εκφραστεί είτε από την αθροιστική συνάρτηση κατανομής είτε από τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Οι παράμετροι της κατανομής μιας τυχαίας μεταβλητής, όπως είναι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία, δίδουν μία περιληπτική περιγραφή της πιθανοθεωρητικής συμπεριφοράς μιας τυχαίας μεταβλητής. Έτσι, η αθροιστική συνάρτηση κατανομής, αλλά και η κανονική και η Gamma κατανομή έχουν ως αρχή το 0 και σαν τέλος την τιμή 1 και φαίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα παρακάτω διαγράμματα.



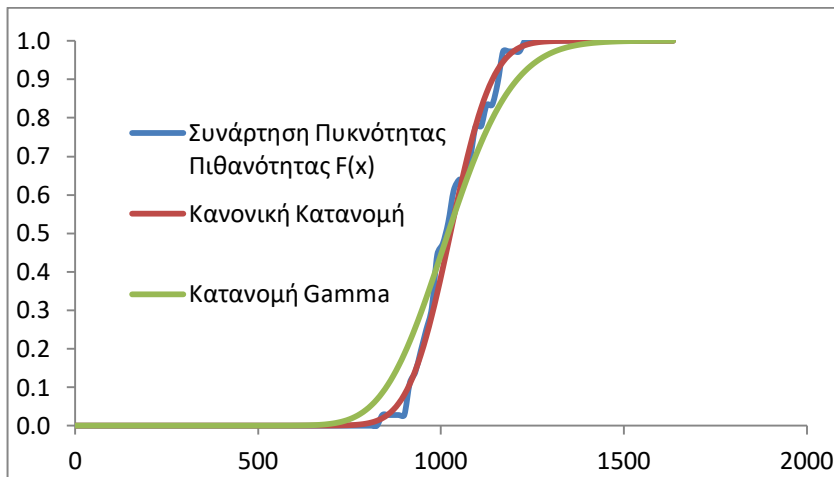
Εικόνα 137 Προσαρμογή συνολικής μηνιαίας χρονοσειράς στις ανωτέρω κατανομές για περιγραφή συμπεριφοράς της βροχόπτωσης 1901-2015



Εικόνα 138 Προσαρμογή μηνιαίας χρονοσειράς στις ανωτέρω κατανομές για περιγραφή συμπεριφοράς της βροχόπτωσης 1980-2015



Εικόνα 139 Προσαρμογή αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς στις ανωτέρω κατανομές για περιγραφή της συμπεριφοράς της βροχόπτωσης 1901-2015



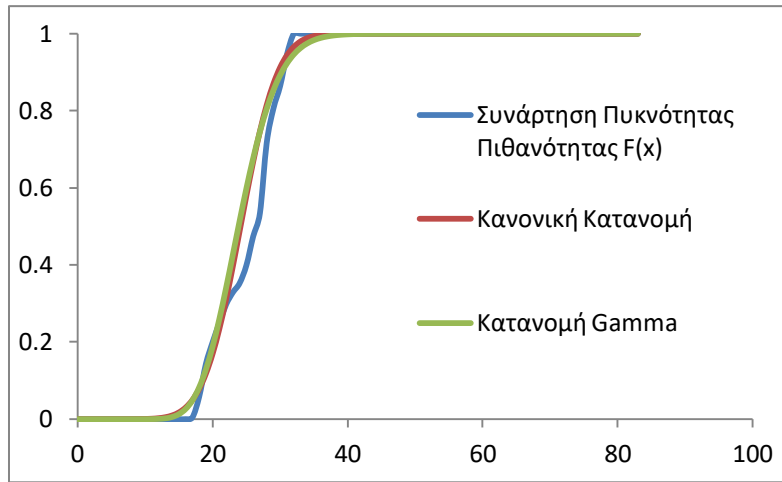
Εικόνα 140 Προσαρμογή μέσης ετήσιας χρονοσειράς στις ανωτέρω κατανομές για περιγραφή της συμπεριφοράς της βροχόπτωσης 1980-2015

Παρακάτω φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά για τις χρονοσειρές της βροχόπτωσης που αναφέρθηκαν. Τα βασικά χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν είναι η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η διάμεσος, ο συντελεστής ασυμμετρίας και ο συντελεστής κύρτωσης.

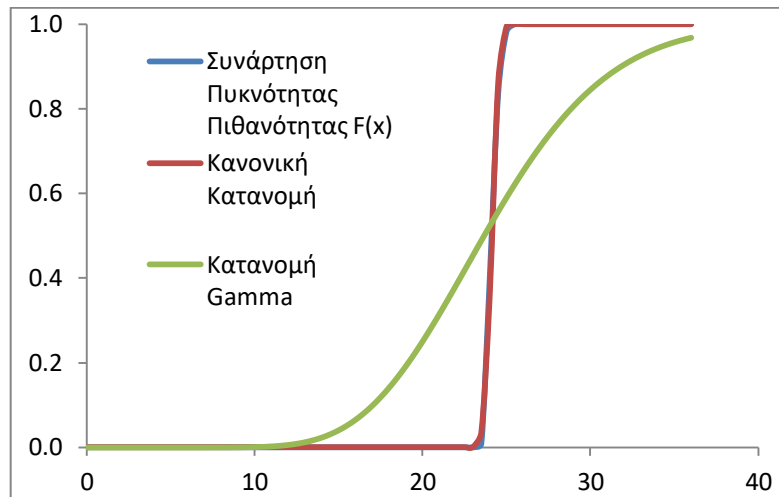
Χαρακτηριστικά Χρονοσειρών	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση	Συντελεστής Ασυμμετρίας	Συντελεστής Κύρτωσης
Συνολική μηνιαία χρονοσειρά	87.72	41.29	91.96	1.00	2.60
Αθροιστική Ετήσια Χρονοσειρά	1052.60	1063.20	96.89	-0.04	2.65
Μέση Ετήσια χρονοσειρά	87.72	88.60	8.07	-0.04	2.65
Μηνιαία Χρονοσειρά 1980-2015	85.50	42.33	88.57	0.99	2.61
Αθροιστική Ετήσια Χρονοσειρά 1980-2015	1025.95	1012.90	89.80	0.27	2.54
Μέση Ετήσια Χρονοσειρά 1980-2015	85.50	84.41	7.48	0.27	2.54

Εικόνα 141 Στατιστικά περιγραφικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης για την Ινδία

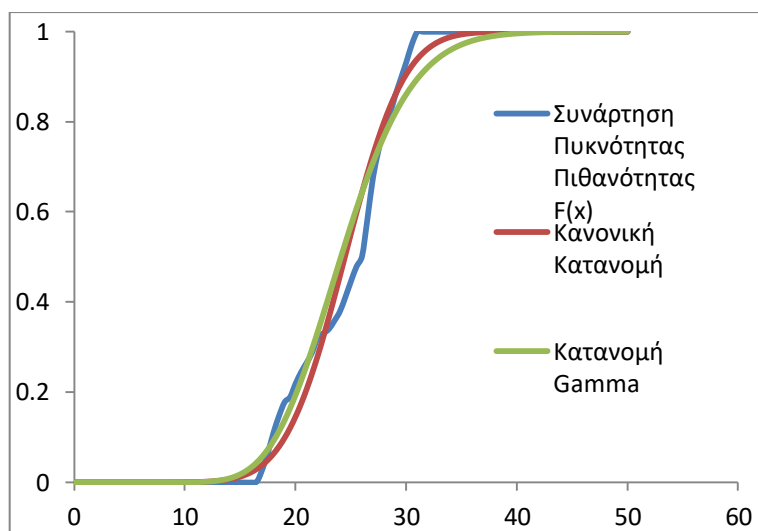
Φαίνεται παρακάτω η ίδια διαδικασία για τις χρονοσειρές της θερμοκρασίας για να γίνει αντιληπτή αντίστοιχα η πιθανοθεωρητική συμπεριφορά της τυχαίας αυτής η μεταβλητής.



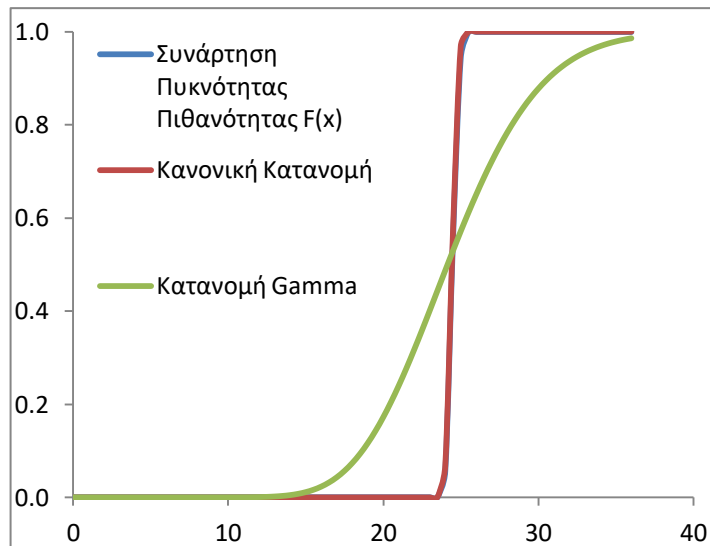
Εικόνα 142 Προσαρμογή μηνιαίας χρονοσειράς θερμοκρασίας 1901-2015 σε σύγκριση με άλλες κατανομές



Εικόνα 143 Προσαρμογή χρονοσειράς μέσω των όρων θερμοκρασίας 1901-2015 σε σύγκριση με άλλες κατανομές



Εικόνα 144 Προσαρμογή μηνιαίας χρονοσειράς θερμοκρασίας 1980-2015 σε σύγκριση με άλλες κατανομές



Εικόνα 145 Προσαρμογή χρονοσειράς μέσωσν όρων θερμοκρασίας 1980-2015 σε σύγκριση με άλλες κατανομές

Αντίστοιχα τα περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά για τη θερμοκρασία απεικονίζονται παρακάτω.

Χαρακτηριστικά Χρονοσειρών	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση	Συντελεστής ασυμμετρίας	Συντελεστής κύρτωσης
Συνολική μηνιαία χρονοσειρά	24.13	25.66	4.33	-0.38	1.85
Χρονοσειρά μέσωσν όρων 1901-2015	24.13	24.09	0.35	0.48	3.32
Χρονοσειρά μέσωσν όρων 1901-2015	24.13	24.09	0.35	0.48	3.32
Μηνιαία Χρονοσειρά 1980-2015	24.44	25.92	4.23	-0.42	1.89
Ετήσια Χρονοσειρά μέσωσν όρων 1980-2015	24.44	24.46	0.30	0.38	3.41
Ετήσια Χρονοσειρά μέσωσν όρων 1980-2015	24.44	24.46	0.30	0.38	3.41

Εικόνα 146 Περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά για θερμοκρασία

3.4.4 Μέθοδος L-ροπών για προσαρμογή κατανομών δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Η μέθοδος των L-ροπών είναι μια στατιστική μεθοδολογία για την περιγραφή του σχήματος μίας κατανομής πιθανότητας.

Για μια τυχαία μεταβλητή X, η r^{th} L-ροπή είναι :

$$\lambda_r = r^{-1} \sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} EX_{r-k:r}$$

Εικόνα 147 L-ροπή τυχαίας μεταβλητής όπως η βροχόπτωση ή η θερμοκρασία

όπου:

- $X_{k:n}$ είναι η k^{th} στατιστική τάξη από ένα ανεξάρτητο δείγμα μεγέθους n από μία κατανομή X
- E είναι η αναμενόμενη τιμή

Συγκεκριμένα, οι πρώτες τέσσερις ροπές δίνονται από τις σχέσεις:

$$\lambda_1 = EX$$

$$\lambda_2 = (EX_{2:2} - EX_{1:2})/2$$

$$\lambda_3 = (EX_{3:3} - 2EX_{2:3} + EX_{1:3})/3$$

$$\lambda_4 = (EX_{4:4} - 3EX_{3:4} + 3EX_{2:4} - EX_{1:4})/4$$

Εικόνα 148 4 πρώτες L-ροπές

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας των L-ροπών είναι πως δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις ακραίες τιμές και το μήκος του δείγματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις που διατίθενται χρονοσειρές με μικρό πλήθος παρατηρήσεων, όπως στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας που μελετώνται και χρονοσειρές μήκους 114 και 36 τιμών, που θεωρούνται αρκετά μικρά δείγματα στη στατιστική. Για αυτούς τους λόγους, η χρήση τους τείνει να υπερισχύει της χρήσης άλλων μεθόδων, όπως των κλασικών ροπών.

Μέσω της διαδικασίας L-ροπών υπολογίζονται οι στατιστικές εκτιμήτριες $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$, που με τη χρήση των παρακάτω εξισώσεων αντιστοιχούν στις στατιστικές παραμέτρους της μέσης τιμής, του συντελεστή μεταβλητότητας, την παράμετρο της ασυμμετρίας και της κύρτωσης για το δείγμα που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Για την μέση τιμή ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$\tau_1 = \lambda_1$$

Η μέση αριθμητική τιμή ή μέσος όρος προκύπτει από το πηλίκο διαίρεσης του αθροίσματος των τιμών μιας μεταβλητής δια του συνολικού πλήθους τους, δηλαδή του συνόλου των συχνοτήτων τους. Αποτελεί το σπουδαιότερο και χρησιμότερο μέτρο της στατιστικής, και αποτελεί μέτρο της θέσης, δηλαδή δείχνει σχετικά τις θέσεις των αριθμών στους οποίους αναφέρεται.

Για τον συντελεστή μεταβλητότητας:

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι ένα στατιστικό μέτρο που είναι χρήσιμο στις περιπτώσεις στην σύγκριση ομάδων τιμών, που είτε εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες

μέτρησης είτε εκφράζονται στην ίδια μονάδα μέτρησης αλλά έχουν σημαντικά διαφορετικές μέσες τιμές.

Ο συντελεστής μεταβολής εκφράζεται επί τοις εκατό είναι συνεπώς ανεξάρτητος από τις μονάδες μέτρησης και παριστάνει ένα μέτρο σχετικής διασποράς των τιμών και όχι της απόλυτης διασποράς. Εκφράζει, δηλαδή, τη μεταβλητότητα των δεδομένων απαλλαγμένη από την επίδραση της μέσης τιμής.

Για το μέτρο ασυμμετρίας:

$$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}$$

Η κατανομή του πληθυσμού που μελετάται μπορεί να είναι είτε συμμετρική είτε μη συμμετρική. Στην περίπτωση συμμετρικής κατανομής η κορυφή, διάμεσος και μέση τιμή συμπίπτουν, ενώ στην περίπτωση της μη συμμετρικής κατανομής μια από τις τρεις παραμέτρους η κορυφή της κατανομής την διασπά σε ασύμμετρα, ως προς το πλήθος των παρατηρήσεων, τμήματα.

Το είδος της ασυμμετρίας χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την θετική και την αρνητική, οι οποίες ορίζουν μια κατανομή στην οποία οι περισσότερες παρατηρήσεις τοποθετούνται στη δεξιά και αριστερή, αντίστοιχα, πλευρά της κορυφής της.

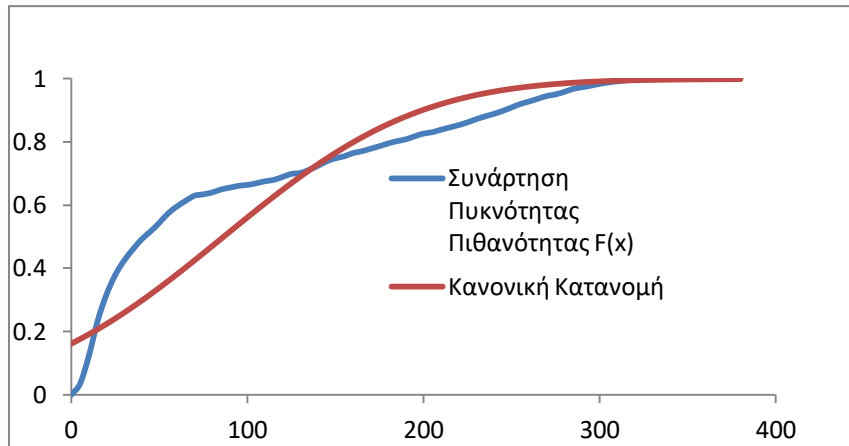
Για το μέτρο κυρτότητας:

$$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$$

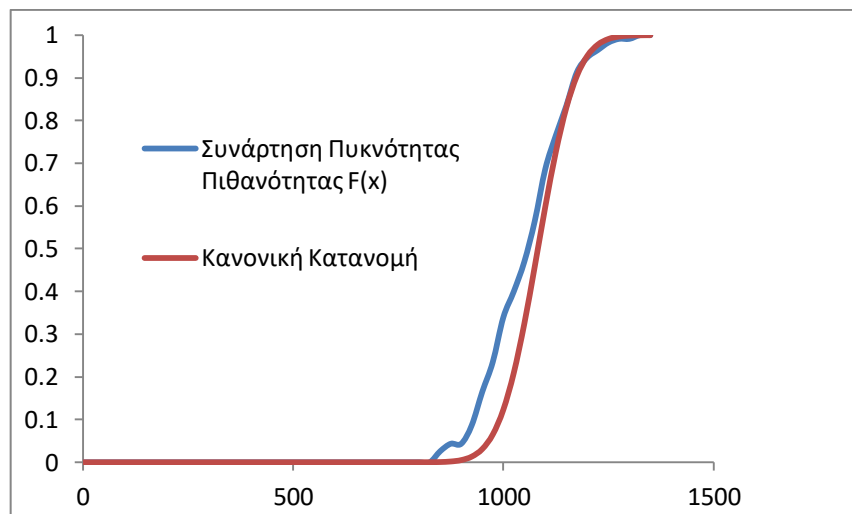
Μια κατανομή η οποία έχει σχετικά μεγάλη μέγιστη συχνότητα (κορυφή) και επομένως, υπάρχει μια μεγάλη συγκέντρωση τιμών γύρω από το μέσο λέγεται λεπτόκυρτη. Αντιθέτως στην περίπτωση που η μέγιστη συχνότητα της είναι σχετικά μικρή λέγεται πλατύκυρτη, ενώ την περίπτωση που η κατανομή προσεγγίζει την κανονική ονομάζεται μεσόκυρτη.

Έχοντας υπόψη πως οι κανονικές κατανομές έχουν τιμή κυρτότητας ίση με 3, είναι σύνηθες να ορίζεται η κυρτότητα μιας κατανομής με βάση την απόκλιση της από την παραπάνω σταθερά. Δηλαδή, κατανομές με κυρτότητα μεγαλύτερη της τιμής 3 ονομάζονται λεπτόκυρτες, ενώ με αρνητική διαφορά πλατύκυρτες.

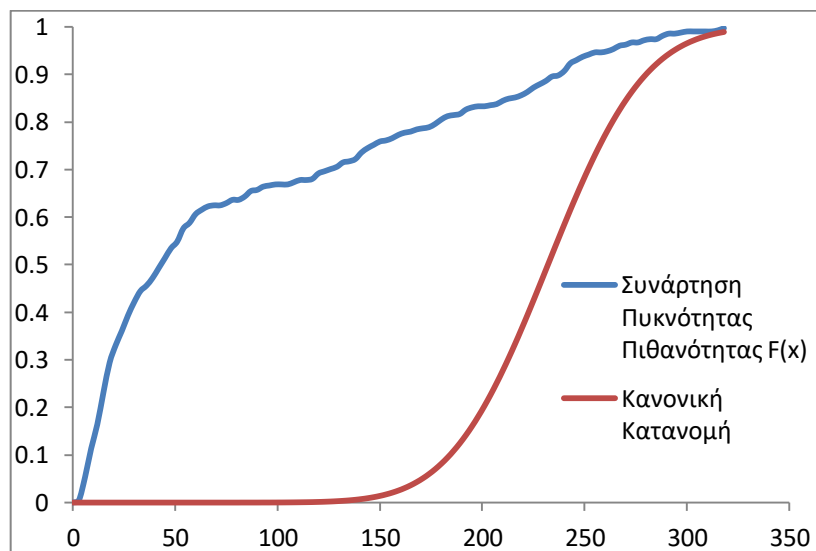
Υπολογίστηκε η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των χρονοσειρών που αναφέρθηκαν, δηλαδή της μηνιαίας χρονοσειράς 1901-2015, αθροιστικής ετήσιας 1901-2015, μηνιαίας 1980-2015 και μέσης ετήσιας χρονοσειράς 1980-2015. Εκτός από την συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και της συνάρτησης κατανομής των δεδομένων, έγινε η προσπάθεια υπολογισμού προσαρμογής των δεδομένων των χρονοσειρών στην κανονική κατανομή Gaussian και τα σχετικά διαγράμματα φαίνονται παρακάτω τόσο για τις χρονοσειρές της βροχόπτωσης όσο και για της θερμοκρασίας.



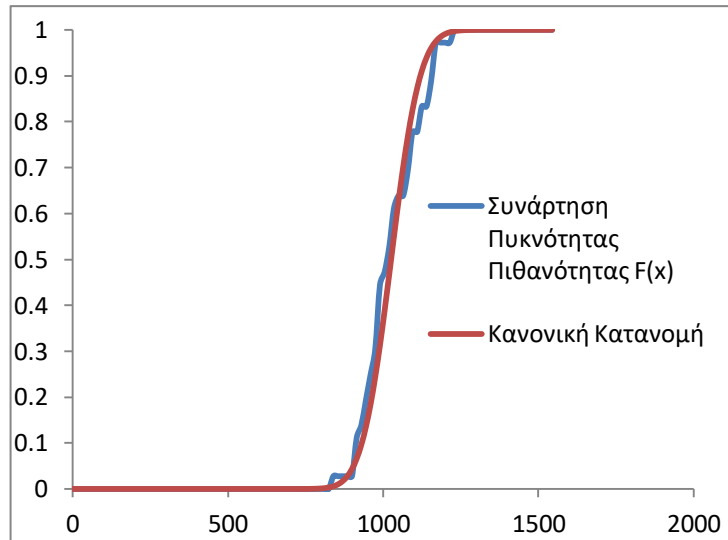
Εικόνα 149 Συνολική μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης 1901-2015



Εικόνα 150 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1901-2015



Εικόνα 151 Μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης 1980-2015

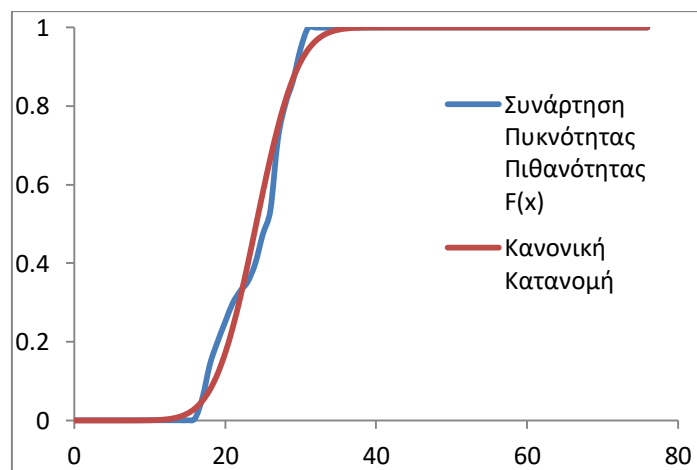


Εικόνα 152 Ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1980-2015

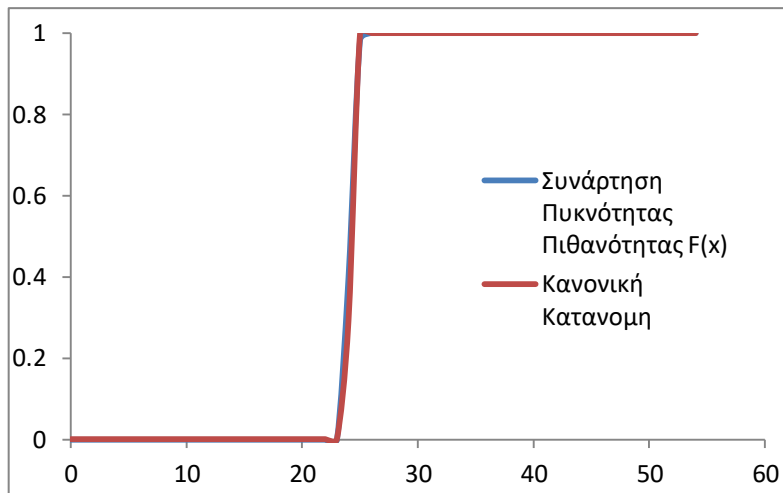
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ L			
	τ_2	τ_3	τ_4
Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά 1901-2015	0.037	0.0569	-0.016
Συνολική μηνιαία χρονοσειρά	0.5724	0.3184	0.0406
μηνιαία 1980-2015	0.0908	0.0351	0.0575
ετήσια 1980-2015	0.0405	0.0559	-0.122

Εικόνα 153 Στατιστικές εκτιμήτριες L-ροπών βροχόπτωσης

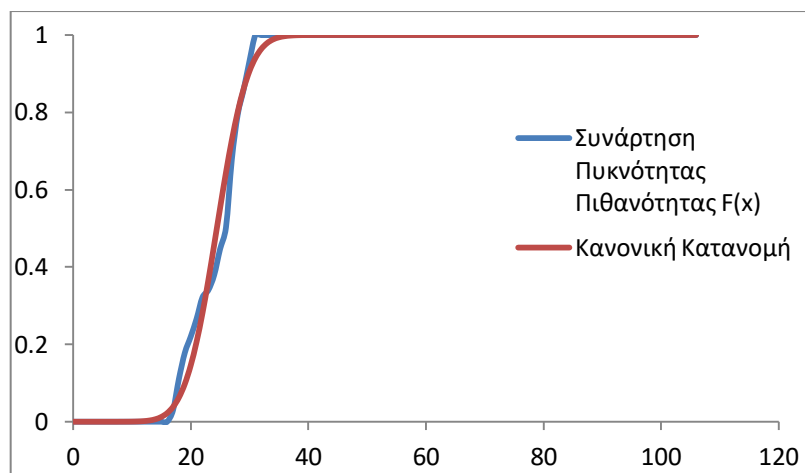
Αντίστοιχα ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για τις χρονοσειρές της θερμοκρασίας στην Ινδία οπότε προέκυψαν τα σχετικά διαγράμματα.



Εικόνα 154 Συνολική μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1901-2015



Εικόνα 155 Ετήσια χρονοσειρά μέσωσ όρων θερμοκρασίας 1901-2015



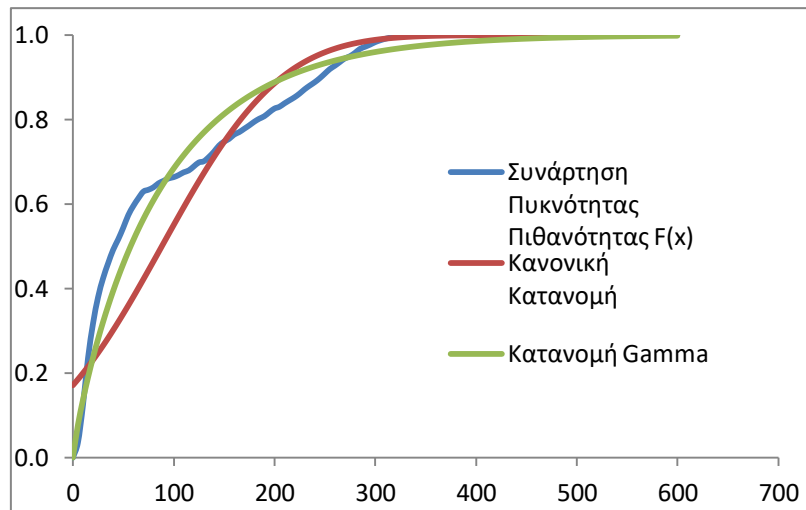
Εικόνα 156 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1980-2015

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ L			
	τ_2	τ_3	τ_4
Ετήσια χρονοσειρά μέσωσ όρων 1901-2015	0.0054	0.1295	-0.328
συνολική μηνιαία	0.1014	-0.115	0.007
μηνιαία 1980-2015	0.0971	-0.126	0.0082
ετήσια 1980-2015	-0.002	0.1802	4.4906

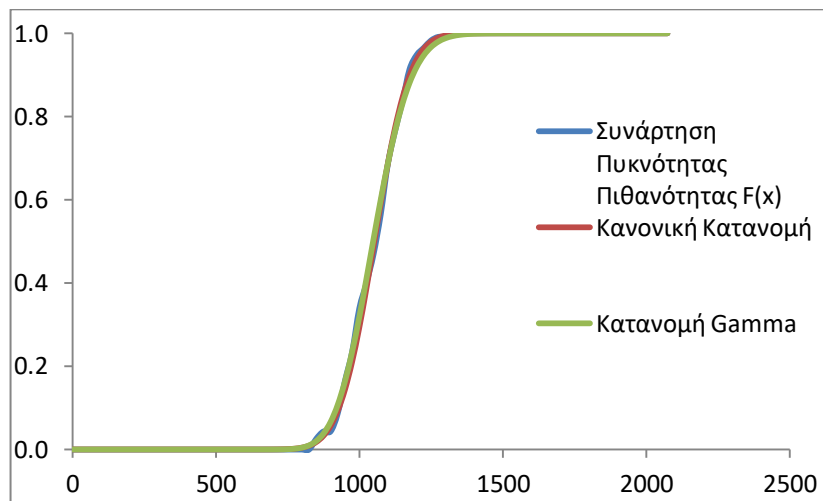
Εικόνα 157 Στατιστικές εκτιμήτριες L-ροπών θερμοκρασίας

3.4.5 Μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας για προσαρμογή κατανομών δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.

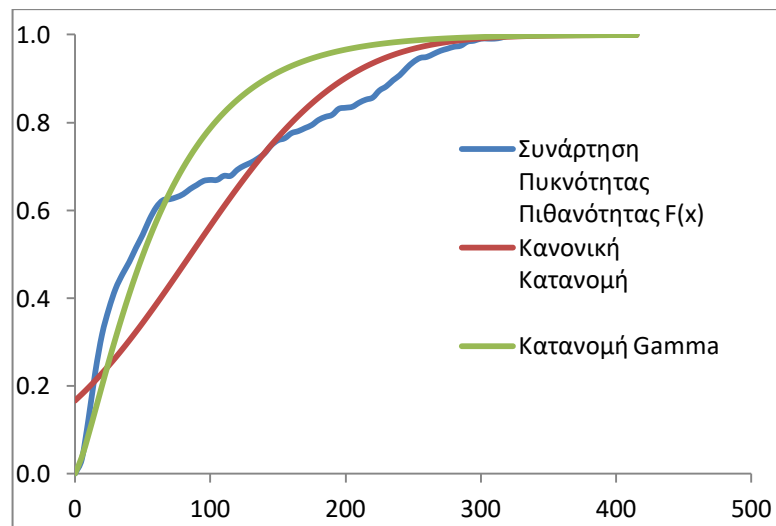
Στις στατιστικές, η εκτίμηση μέγιστης πιθανοφάνειας (EMΠ) είναι μια μέθοδος για την εκτίμηση των παραμέτρων από ένα στατιστικό μοντέλο δεδομένων. Σε γενικές γραμμές, για ένα σταθερό σύνολο των δεδομένων και των υποκείμενων στατιστικών μοντέλων, η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας επιλέγει το σύνολο των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου που μεγιστοποιεί την συνάρτηση πιθανότητας. Ακολουθήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία επίσης αυτή η μέθοδος προκειμένου να γίνει προσαρμογή των δεδομένων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στην κανονική κατανομή και στην κατανομή Gamma και να συγκριθούν τα αποτελέσματα, τα οποία φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 158 Συνολική μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης 1901-2015

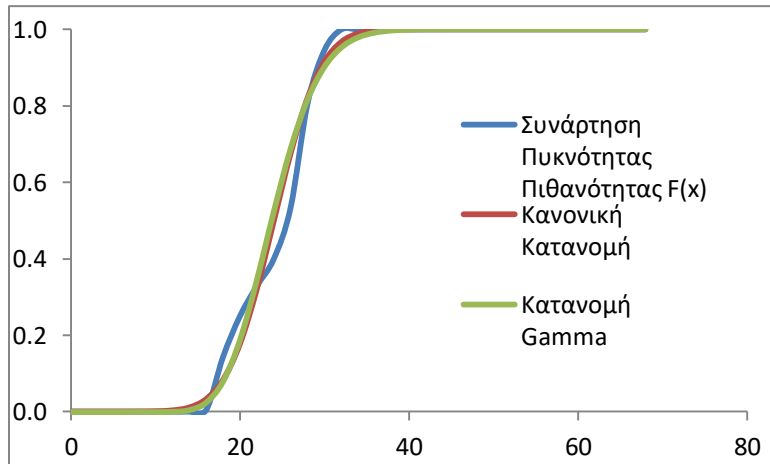


Εικόνα 159 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1901-2015

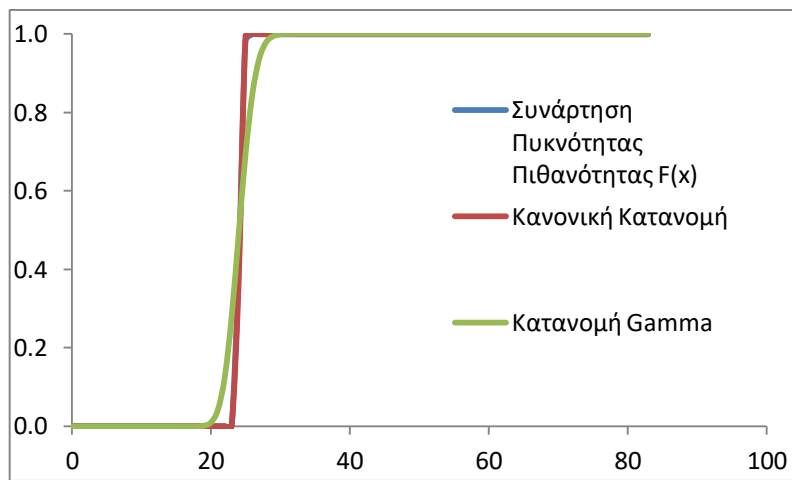


Εικόνα 160 Μηνιαία χρονοσειρά 1980-2015

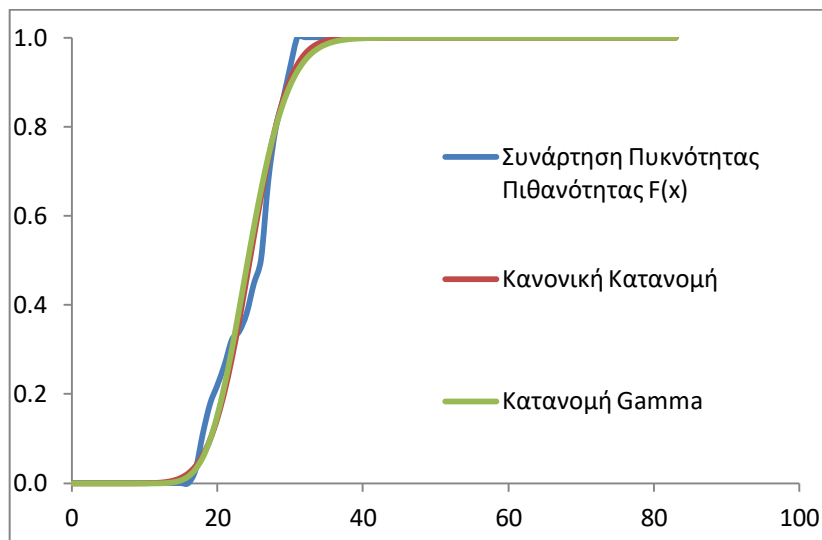
Και τα αντίστοιχα διαγράμματα για τη θερμοκρασία απεικονίζονται παρακάτω.



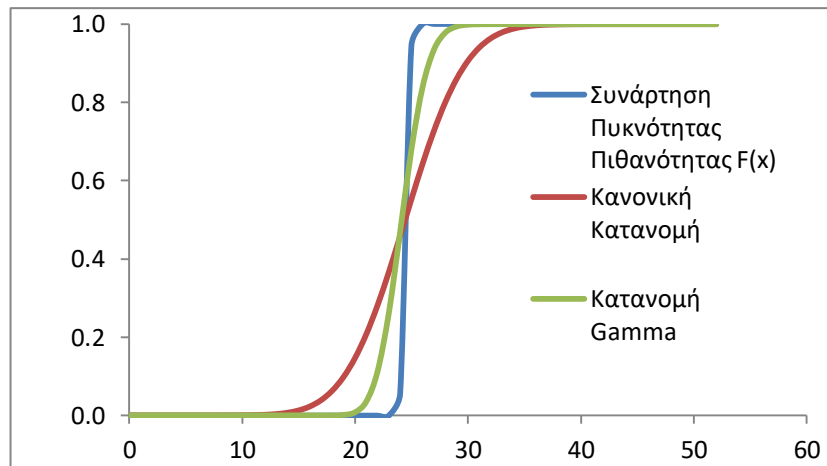
Εικόνα 161 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1901-2015



Εικόνα 162 Χρονοσειρά μέσω των όρων θερμοκρασίας 1901-2015



Εικόνα 163 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1980-2015



Εικόνα 164 Ετήσια χρονοσειρά μέσωσν όρων θερμοκρασίας 1980-2015

3.4.6 Εποχικότητα μέσα στο έτος

Ιδιαίτερα σημαντικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση εποχικότητας και περιόδων με υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, καθώς έτσι θα γίνει αντιληπτό ποιες περιόδους του χρόνου τα βροχοεξαρτώμενα συστήματα που μελετώνται θα δέχονται υψηλά επίπεδα βροχής και μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για την αγροτική παραγωγή και την απόδοση της βροχοεξαρτώμενης γεωργίας.

Η υπολογιστική διαδικασία που ακολουθήθηκε σε αυτό το βήμα ήταν η εξής:

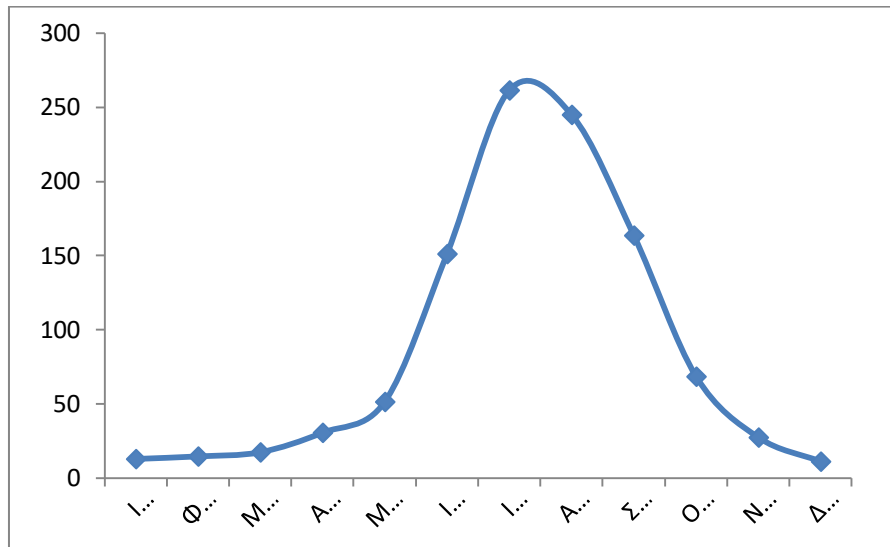
- 1) Αφού εξήχθησαν τα μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 1901-2015 από τον ιστότοπο, κατασκευάστηκε ένας πίνακας τιμών ο οποίος στη κατακόρυφη στήλη έχει τις τιμές βροχόπτωσης κάθε χρονολογίας και στην οριζόντια στήλη έχει τις τιμές κάθε μήνα μέσα σε ένα χρόνο, οπότε η πρώτη στήλη έχει τις τιμές για όλη τη χρονική περίοδο τον Ιανουάριο, η δεύτερη στήλη τον Φεβρουάριο κλπ.
- 2) Υπολογίστηκε σε δεύτερο πίνακα η μέση τιμή κάθε στήλης του προηγούμενου πίνακα, δηλαδή υπολογίστηκε η μέση τιμή κάθε μήνα για τη χρονική περίοδο 1901-2015 και παρουσιάστηκαν 12 τιμές πλέον στον δεύτερο πίνακα. Αντίστοιχα με τη μέση τιμή, υπολογίστηκε επίσης η τυπική απόκλιση, η διασπορά, ο συντελεστής ασυμμετρίας και ο συντελεστής κύρτωσης. Ο δεύτερος αυτός πίνακας φαίνεται παρακάτω.

Συντελεστής Ασυμμετρίας	Cs	0.60140876	0.729320384	1.06555	0.818012	0.3269	0.134	-0.9044	0.00732024	0.280252403	0.3120908	0.8363391	1.27875321
Συντελεστής Διασποράς	Cv	0.51440257	0.572407331	0.48693	0.32207	0.2306	0.2261	0.1436	0.1396728	0.217391587	0.341298	0.5650692	0.61472009
Τυπική Απόκλιση	σ	6.48431321	8.205771667	8.34274	9.771606	11.799	34.144	37.528	34.2095864	35.53194218	23.282994	15.334286	6.68253921
Μέση τιμή	μ	12.6055226	14.33554609	17.1334	30.34003	51.169	151.01	261.41	244.926609	163.4467217	68.218965	27.137006	10.8708652
Κύρτωση	Ck	3.29984776	2.831041277	4.14272	3.771634	3.2614	2.8294	4.6693	2.70594645	2.636005261	2.5750864	2.9107265	5.57266472

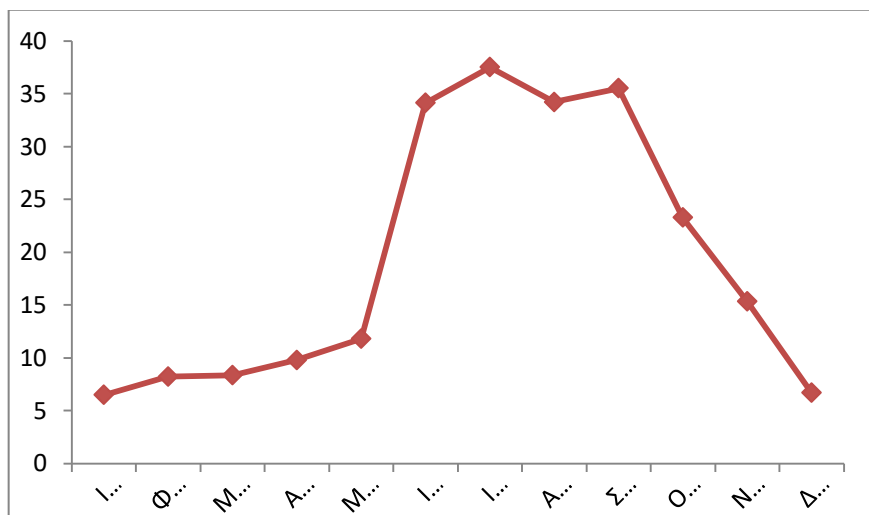
Εικόνα 165 Στατιστικά χαρακτηριστικά κάθε μήνα υδρολογικών ετών 1901-2015 βροχόπτωση

- 3) Παρουσιάζονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο βήμα σε διαγράμματα για να διερευνηθεί η εποχικότητα μέσα στο υδρολογικό έτος και να γίνει η επιλογή ποιοι μήνες του χρόνου θα επιλεγθούν να μελετηθούν ώστε να γίνουν οι απαραίτητες συσχετίσεις με τις αγροοικονομικές

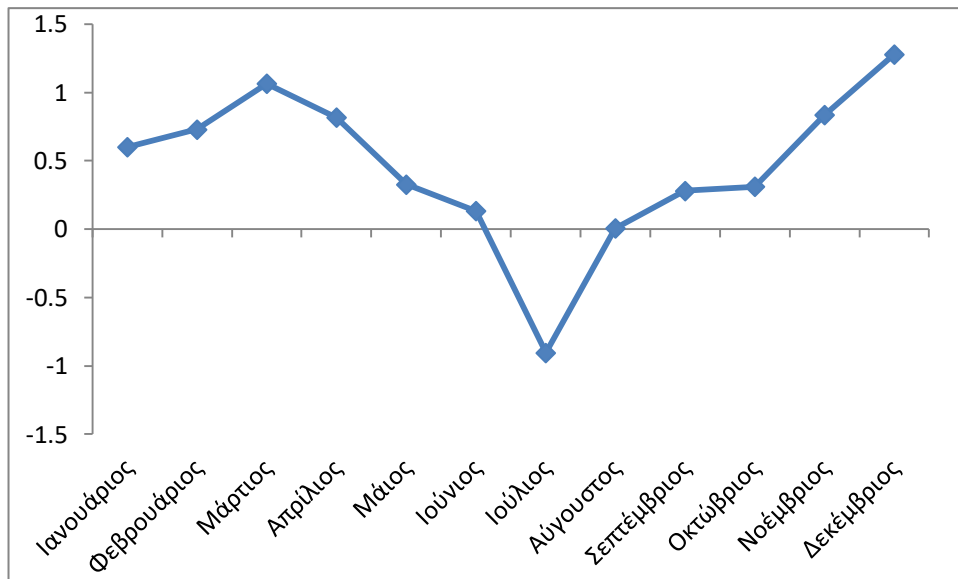
μεταβλητές και τότε εμφανίζεται η μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.



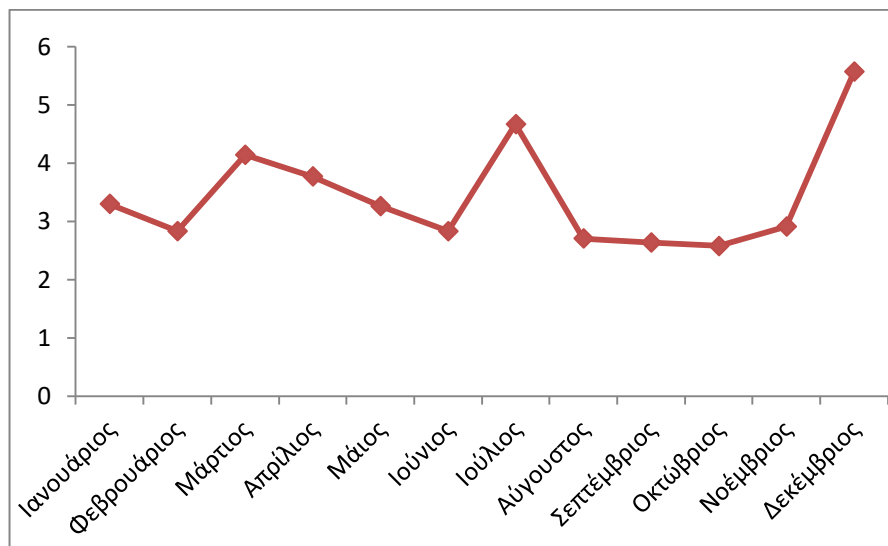
Εικόνα 166 Μέση τιμή βροχόπτωσης 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία σε mm τη χρονική περίοδο 1901-2015



Εικόνα 167 Τυπική απόκλιση βροχόπτωσης 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία σε mm τη χρονική περίοδο 1901-2015



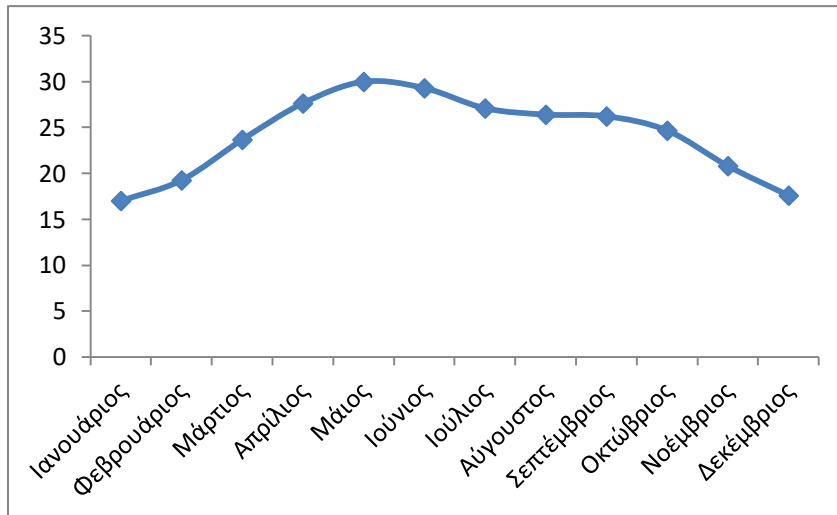
Εικόνα 168 Ασυμμετρία βροχόπτωσης 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1901-2015



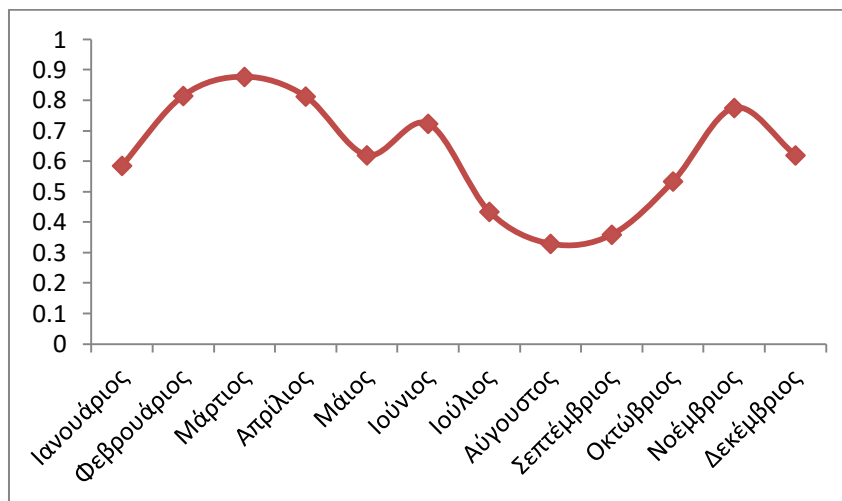
Εικόνα 169 Κύρτωση βροχόπτωσης 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1901-2015

Παρατηρούμε από το διάγραμμα της μέσης τιμής ότι οι μήνες με τα περισσότερα mm βροχόπτωσης στην Ινδία είναι Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος και Οκτώβριος, δηλαδή το θερινό εξάμηνο που είναι και η περίοδος των μουσώνων, όπως και ήταν αναμενόμενο. Αντίστοιχα, παρατηρούμε ότι η τυπική απόκλιση είναι υψηλότερη το θερινό εξάμηνο, καθώς υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα στις τιμές της βροχόπτωσης την περίοδο των μουσώνων. Σε επόμενο υποκεφάλαιο της εργασίας αναλύονται και μελετώνται μόνο οι 6 μήνες του θερινού εξαμήνου με τα υψηλότερα επίπεδα βροχόπτωσης, καθώς οι συσχετίσεις που είναι επιθυμητές να διερευνηθούν για το Αγροτικό ΑΕΠ, θα είναι μεγαλύτερες την βροχερή περίοδο στην Ινδία.

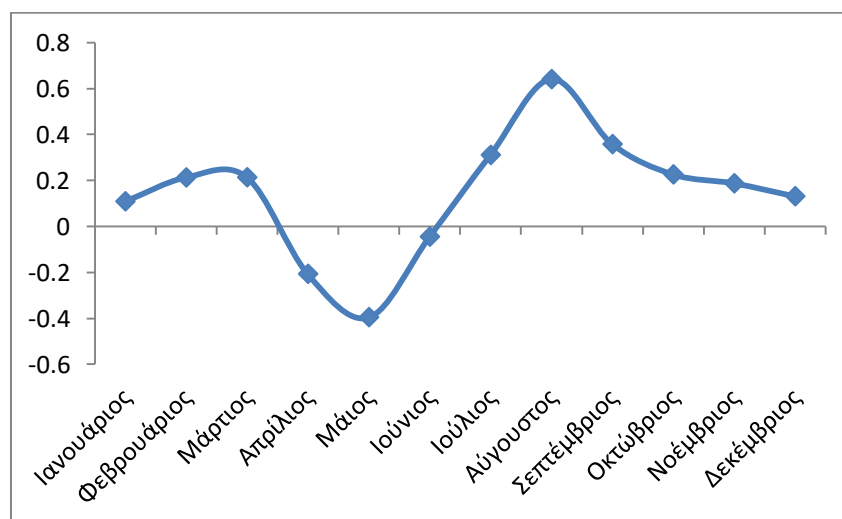
Ίδια υπολογιστική διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα δεδομένα θερμοκρασίας στην Ινδία και συνάχθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα προκειμένου να βγουν συμπεράσματα για τις εποχές της θερμοκρασίας μέσα στο έτος.



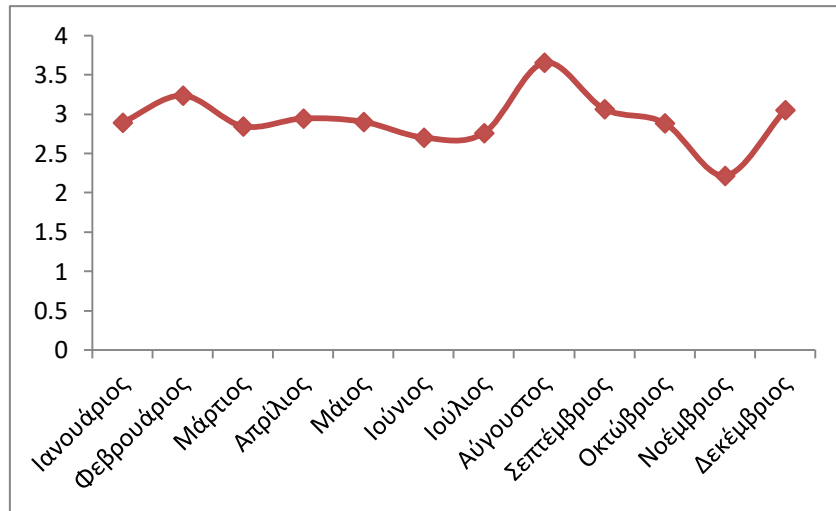
Εικόνα 170 Μέση τιμή θερμοκρασίας 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία σε °C τη χρονική περίοδο 1901-2015



Εικόνα 171 Τυπική απόκλιση θερμοκρασίας 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία σε °C τη χρονική περίοδο 1901-2015



Εικόνα 172 Ασυμμετρία θερμοκρασίας 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1901-2015



Εικόνα 173 Κύρτωση θερμοκρασίας 12 μηνών σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1901-2015

Παρατηρούμε ότι και για τη μέση τιμή της θερμοκρασίας τα υψηλότερα επίπεδα είναι το θερινό εξάμηνο την περίοδο των μουσώνων που θα αποτελέσει αντικείμενο της εργασίας στα επόμενα κεφάλαια. Οπότε μέσα από τη συγκεκριμένη υπολογιστική διαδικασία καταλήγουμε ότι αντικείμενο των επόμενων σταδίων της μελέτης είναι το θερινό εξάμηνο σε ένα υδρολογικό έτος στην Ινδία, στο οποίο θα γίνει στοχαστική ανάλυση των δεδομένων για τη μελλοντική διαχείριση της βροχόπτωσης καθώς και πιθανών ευεργετικών, για το αγροτικό ΑΕΠ και την αγροτική παραγωγή, συμπερασμάτων.

3.5 Κλιμακόγραμμα και συντελεστής Hurst για τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Είναι ευρέως γνωστό και δεδομένο πως κάποια από τα ανθρώπινα και φυσικά φαινόμενα χαρακτηρίζονται από εμμονή. Από την δεκαετία του 70 πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με την μελέτη της εμμονής, τόσο στην οικονομία όσο και γενικότερα σε διάφορα πεδία των φυσικών επιστημών, με τις πρώτες μελέτες να ανήκουν στον Mandelbrot (1971). Η εμμονή ποσοτικοποιείται με τον συντελεστή Hurst. Τιμή του Hurst στο διάστημα (0.5-1) αποδεικνύει την ύπαρξη εμμονής η οποία δηλώνει την ομαδοποίηση των ακραίων τιμών μιας χρονοσειράς.

Σε αυτήν την εργασία, ο συντελεστής Hurst υπολογίστηκε βάσει της μεθόδου που βασίζεται στη τυπική απόκλιση της συναθροισμένης ανέλιξης:

$$X^{(k)}(\tau) := \frac{1}{k} \sum_{t=(\tau-1)k+1}^{\tau k} X(t)$$

Αποδεικνύεται ότι ισχύει ο τύπος:

$$\sigma_{x^{(k)}} = k^{H-1} \sigma_x$$

Λογαριθμίζοντας την παραπάνω σχέση προκύπτει:

$$\ln \sigma_{x^{(k)}} = (H-1) \ln k + \ln \sigma_x$$

Ως αποτέλεσμα, η τυπική απόκλιση της συναθροισμένης ανέλιξης του δείγματος $\sigma_x^{(k)}$ συναρτήσει της κλίμακας συνάθροισης k , σε ένα διπλά λογαριθμικό διάγραμμα, θα αποτυπώνεται ως ευθεία γραμμή και ο εκτιμώμενος συντελεστής Hurst δίνεται από τη σχέση:

$$H = 1 + n$$

Όπου : n η κλίση της ευθείας.

Επίσης, πριν το επόμενο βήμα της εργασίας καλό είναι να οριστεί η συναθροισμένη ανέλιξη και το αθροιστικό κλιμακόγραμμα (Κουτσογιάννης,2002).

Ανέλιξη στη βασική κλίμακα ορίζεται ως:

$$x_i, i=1,2,\dots$$

Αυτή είναι η ετήσια κλίμακα.

Συναθροισμένη ανέλιξη υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$z_i^{(k)} := \sum z_i$$

Αναλυτικά λαμβάνεται με αυτή τη σχέση το 1^ο με το 2^ο έτος και φτιάχνεται η μεταβλητή ζ_1 , το 3^ο με το 4^ο και φτιάχνεται η μεταβλητή ζ_2 και ούτω καθεξής. Έτσι για παράδειγμα μπορεί να κατασκευαστεί μια χρονοσειρά από 1000 έτη σε 100 τιμές και αυτό να ονομάζεται σε αυτό το κεφάλαιο της στατιστικής συναθροισμένη ανέλιξη.

Ύστερα η μέση ανέλιξη σε κλίμακα k υπολογίζεται :

$$x_i^{(k)} := z_i^{(k)} / k$$

και το αθροιστικό κλιμακόγραμμα από τον τύπο:

$$\Gamma(k) := \text{Var}[z_i^{(k)}]$$

Ενώ το Κλιμακόγραμμα ορίζεται ως :

$$\gamma(k) := \text{Var}(x_i^{(k)})$$

Μπορούμε να πούμε σε αυτό το σημείο ότι το κλιμακόγραμμα είναι ένας διαφορετικός τρόπος έκφρασης της διασποράς μια μεταβλητής στη στατιστική.

Η τάση ομαδοποίησης χαμηλών (ή υψηλών) τιμών σε μεγαλύτερες περιόδους ξηρασιών (ή υδρολογικά πλουσίων) ετών (εμμονή μακράς κλίμακας ή μακροπρόθεσμη) λέγεται αλλιώς φαινόμενο Hurst ή δυναμική Hurst-Kolmogorov (Κουτσογιάννης,2002).

Πιο συγκεκριμένα, για ένα μοντέλο απλής ομοιοθεσίας (simple scaling) ή για τις ανελιζεις απλής ομοιοθεσίας ή ανελιζεις Hurst-Kolmogorov διατυπώνεται ότι είναι στάσιμες ανελιζεις και το κλιμακόγραμμα (δηλαδή συνάρτηση δύναμης της κλίμακας συνάθροισης k) δίνεται από τον τύπο:

$$\gamma_0^{(k)} := \text{Var}[z_i^{(k)}] = k^{2H}\gamma_0$$

και η αυτοσυσχέτιση, η οποία είναι ανεξάρτητη της κλίμακας συνάθροισης k δίνεται από τον τύπο:

$$\rho_j^{(k)} = \rho_j = (1/2) [(j+1)^{2H} + (j-1)^{2H}] - j^{2H}, \quad j > 0$$

ή προσεγγιστικά (συνάρτηση δύναμης της υστέρησης) από τον τύπο:

$$\rho_j^{(k)} = \rho_j = H(2H-1)j^{2H-2}$$

Αυτή η σχέση είναι παρόμοια σχέση με την παραπάνω. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι συνάρτηση δύναμης της υστέρησης.

Στη συνέχεια έχοντας κατασκευάσει παραπάνω την αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 1901-2015 και 1980-2015, καθώς και τις αντίστοιχες χρονοσειρές για τα δεδομένα της θερμοκρασίας στην Ινδία θα υπολογιστεί ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, ο οποίος διαδραματίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στα συμπεράσματα της στατιστικής.

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson υπολογίζεται για κάθε βήμα συνάθροισης Δt σύμφωνα με τη σχέση:

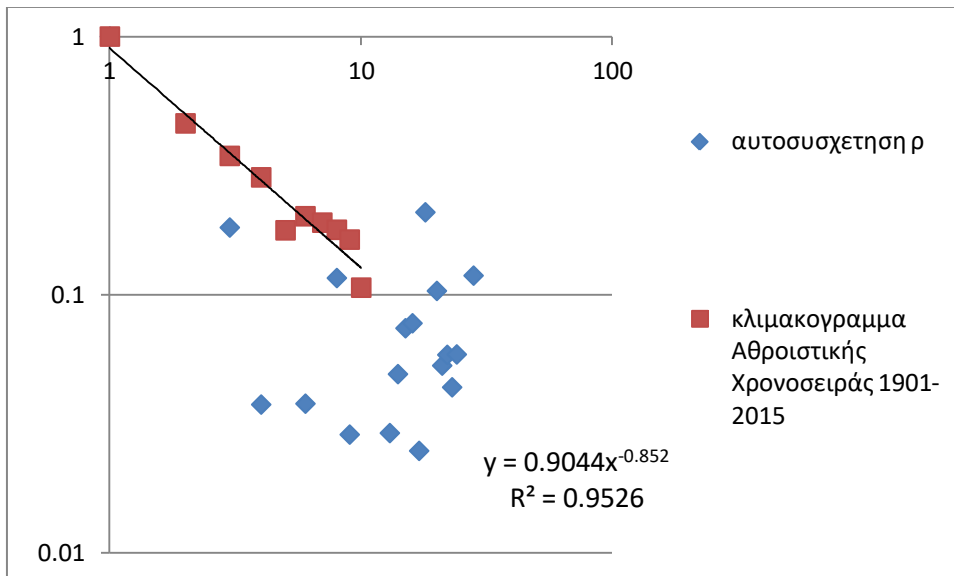
$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

όπου:

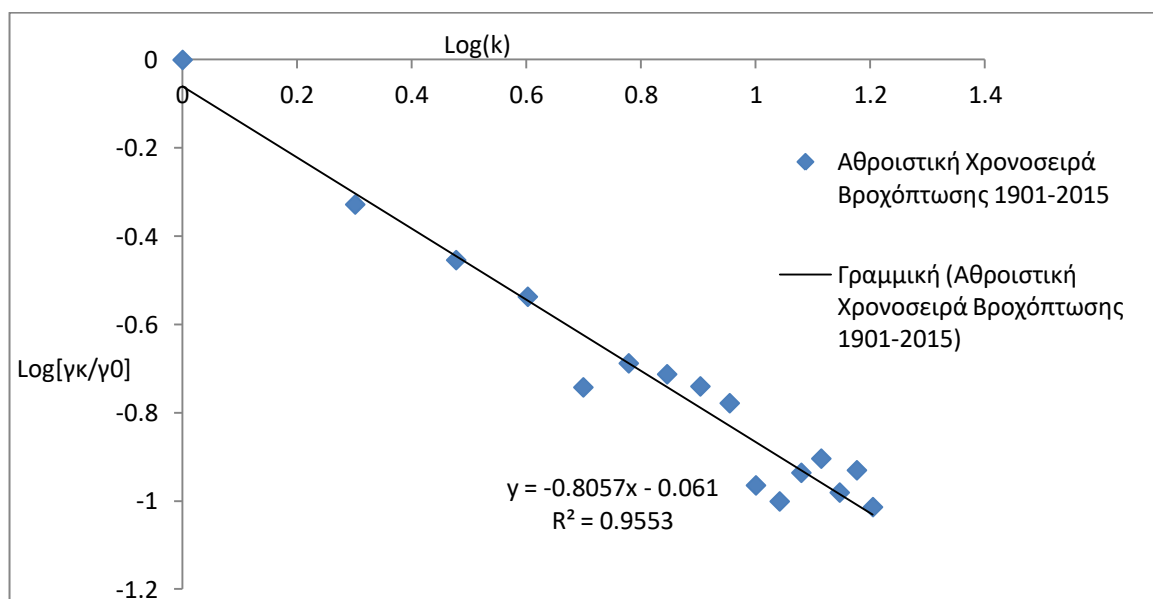
- n το εύρος του δείγματος
- x_i, y_i το ζεύγος των χρονοσειρών
- $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$ η μέση τιμή του δείγματος x_i
- $\bar{y} = 1/n \sum_{i=1}^n y_i$ η μέση τιμή του δείγματος y_i

Η συσχέτιση που αφορά ένα δείγμα x με το ίδιο δείγμα x ονομάζεται αυτοσυσχέτιση, ενώ η συσχέτιση που δείχνει τη σχέση ενός δείγματος x με ένα άλλο δείγμα δεδομένων ίδιου μήκους y ονομάζεται ετεροσυσχέτιση. Παίρνει τιμές από -1 έως 1 , καθώς όταν είναι ο συντελεστής κοντά στο -1 σημαίνει ότι τα δείγματα που εξετάζονται συμπεριφέρονται με αντίθετο τρόπο, όταν είναι κοντά στο 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου συσχέτιση, ενώ όταν είναι κοντά στο 1 σημαίνει ότι συμπεριφέρονται γραμμικά με παρόμοιο τρόπο.

Υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα και η αυτοσυσχέτιση για τις χρονοσειρές που αναφέρθηκαν με την μεθοδολογία που παρατάθηκε παραπάνω και φαίνονται στα σχετικά διαγράμματα παρακάτω.



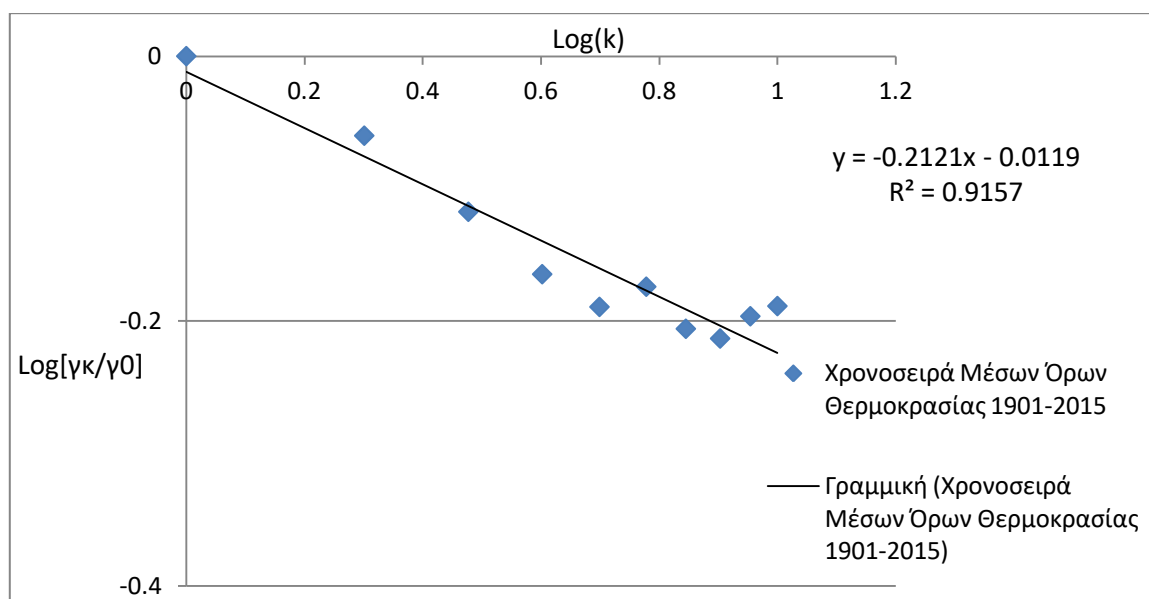
Εικόνα 174 Σύγκριση αυτοσυσχέτισης με κλιμακόγραμμα για την αθροιστική ετήσια χρονοσειρά 1901-2015 και η προσθήκη γραμμικής τάσης στο κλιμακόγραμμα



Εικόνα 175 Κλιμακόγραμμα αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης 1901-2015 και γραμμική τάση με συντελεστή R^2

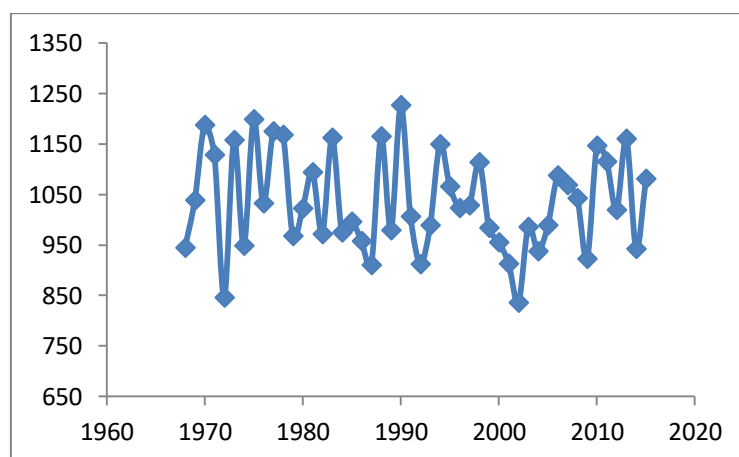
Ο συντελεστής Hurst υπολογίστηκε με την παραπάνω υπολογιστική διαδικασία $H=0.57$. Όσο πιο κοντά είναι στην τιμή 1 ο συντελεστής τόσο μεγαλύτερη εμμονή παρουσιάζει το συγκεκριμένο δείγμα δεδομένων. Όταν πλησιάζει την τιμή 0.5 βρίσκεται κοντά στο λευκό θόρυβο δηλαδή $Hurst=0.5$, ασυσχέτιστες τιμές ενώ όταν πλησιάζει την μηδενική τιμή τότε καλείται το φαινόμενο αντιέμμοно και δεν παρουσιάζει εμμονή το συγκεκριμένο δείγμα δεδομένων μελέτης. Για την αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης που υπολογίστηκε $H=0.57$ παρατηρείται ότι είναι πάνω από τιμή 0.5 οπότε δεν μπορούμε να μιλήσουμε για λευκό θόρυβο αλλά πλησιάζει περισσότερο τον λευκό θόρυβο από ότι μεγαλύτερες τιμές εμμονικής τάσης.

Αντίστοιχα, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για την θερμοκρασία και προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα και ο συντελεστής Hurst=0.96. Είναι γνωστό ότι χρονοσειρές τιμών θερμοκρασίας έχουν υψηλούς συντελεστές Hurst, καθώς παρατηρείται μεγάλη ομαδοποίηση υψηλών και χαμηλών τιμών της συγκεκριμένης μεταβλητής.

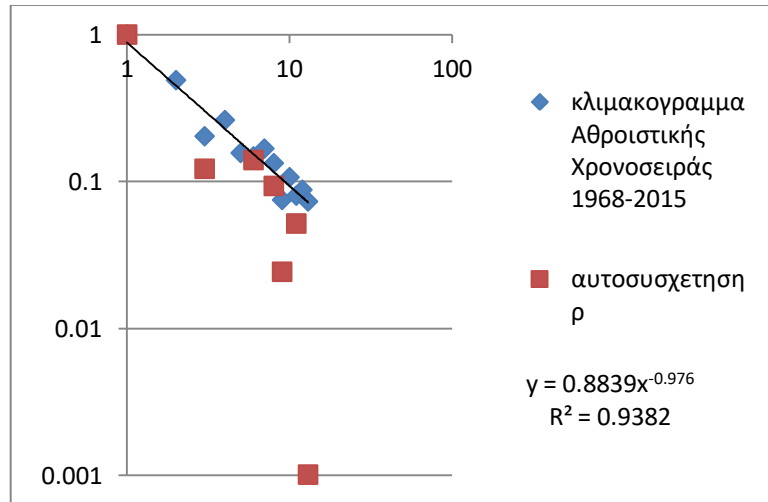


Εικόνα 176 Κλιμακόγραμμα ετήσιας θερμοκρασίας 1901-2015 και γραμμική τάση περιγραφής του κλιμακογράμματος

Στη συνέχεια χρειάζεται να αναφερθεί ότι αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας όπως παρατέθηκε και παραπάνω είναι η αναζήτηση πιθανών ισχυρών συσχετίσεων βροχόπτωσης με το αγροτικό ΑΕΠ ή ενός δείκτη αγροτικής παραγωγής (CPI), όχι τόσο σαν μεγέθη αυτά κάθε αυτά αλλά συσχέτιση του ρυθμού μεταβολής των μεταβλητών ώστε να συναχθούν συγκεκριμένα συμπεράσματα διαχείρισης μελλοντικών καταστάσεων. Στην Παγκόσμια Τράπεζα τα δεδομένα για το Αγροτικό ΑΕΠ και τον δείκτη αγροτικής παραγωγής που βρέθηκαν αφορούσαν τη χρονική περίοδο 1968-2015. Αφού συσχετίσεις μεταξύ 2 σετ δεδομένων πραγματοποιούνται μόνο όταν τα δύο δείγματα δεδομένων έχουν το ίδιο μήκος, θα πρέπει πέρα από τη χρονική περίοδο μελέτης για τη βροχόπτωση 1901-2015 να εξεταστεί και η συμπεριφορά αυτής της τυχαίας μεταβλητής, αλλά και της θερμοκρασίας και την περίοδο 1968-2015 και θα φανεί η μελέτη στην υπολογιστική διαδικασία στα διαγράμματα παρακάτω.

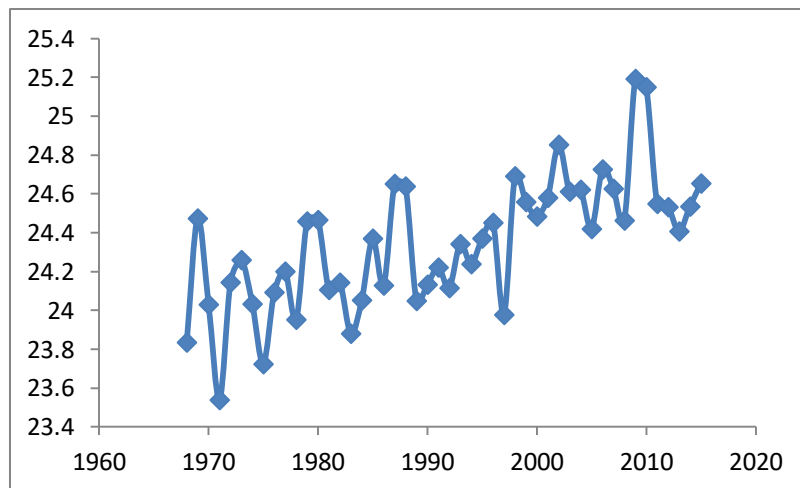


Εικόνα 177 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1968-2015

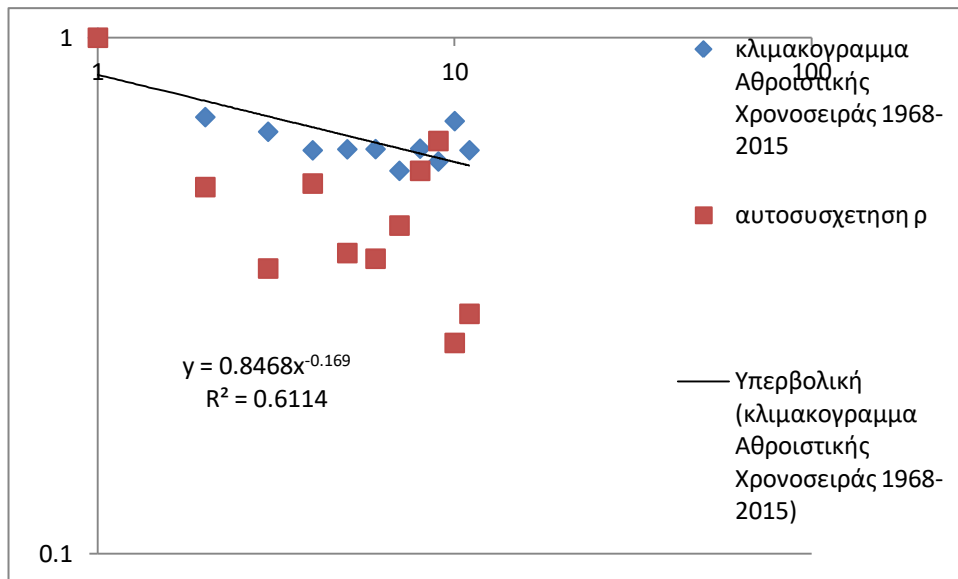


Εικόνα 178 Κλιμακόγραμμα και αυτοσυσχέτιση αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης 1968-2015

Αντίστοιχα για τα δεδομένα θερμοκρασίας στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1968-2015 κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα παρακάτω.



Εικόνα 179 Ετήσια θερμοκρασία 1968-2015 στην Ινδία

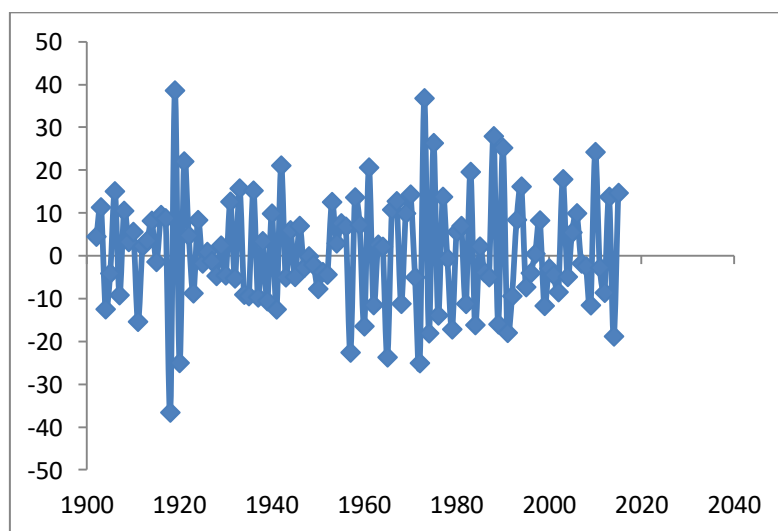


Εικόνα 180 Κλιμακόγραμμα και αυτοσυσχέτιση ετήσιας θερμοκρασίας 1968-2015

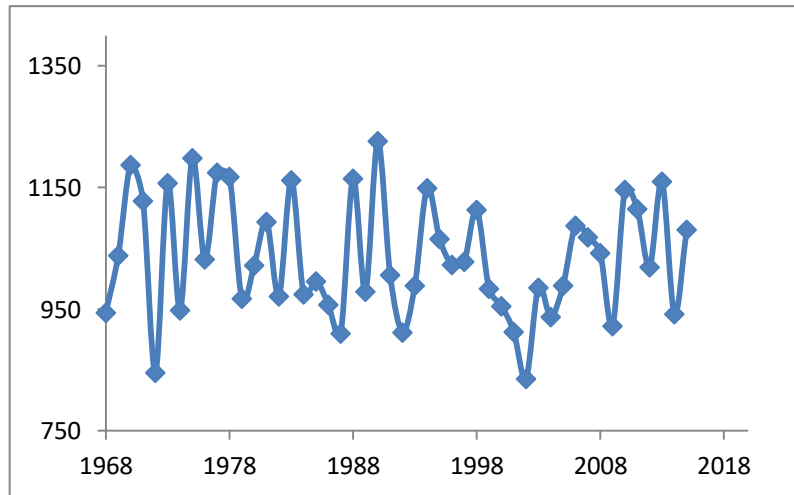
3.6 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στην Ινδία

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εκτός από το μέγεθος της βροχόπτωσης και τη θερμοκρασία για την Ινδία παρουσιάζει και ο ρυθμός μεταβολής τους στα χρόνια μελέτης, καθώς αυτό είναι το απόλυτο μέγεθος το οποίο θα συσχετιστεί στο επόμενο κεφάλαιο με το ρυθμό μεταβολής των οικονομικών μεταβλητών και παρουσιάζει και σημαντικό αντικείμενο μελέτης για περαιτέρω έρευνα στην συγκεκριμένη εργασία αλλά και σε επόμενες.

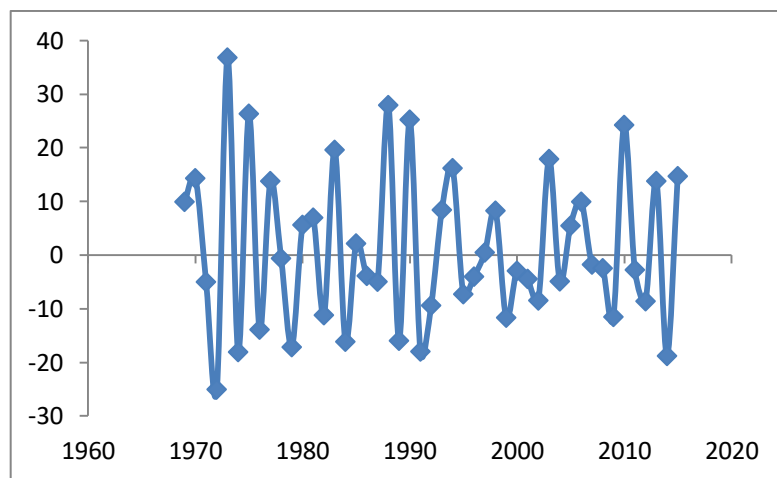
Ο ρυθμός μεταβολής για τη βροχόπτωση το 1901-2015 στην Ινδία, καθώς και για τη κύρια περίοδο μελέτης η οποία είναι 1968-2015 φαίνονται παρακάτω στα διαγράμματα, καθώς υπολογίστηκαν με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω στην εργασία.



Εικόνα 181 Ρυθμός μεταβολής αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης Ινδία 1901-2015

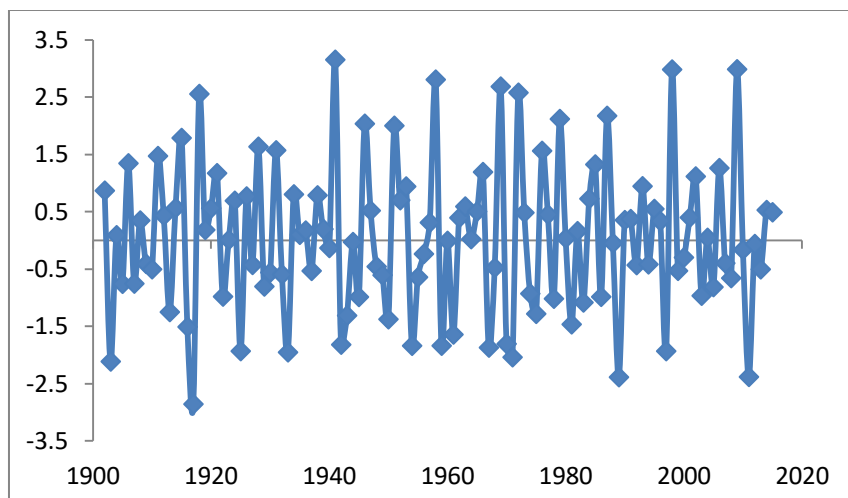


Εικόνα 182 Αθροιστική ετήσια βροχόπτωση Ινδία 1968-2015

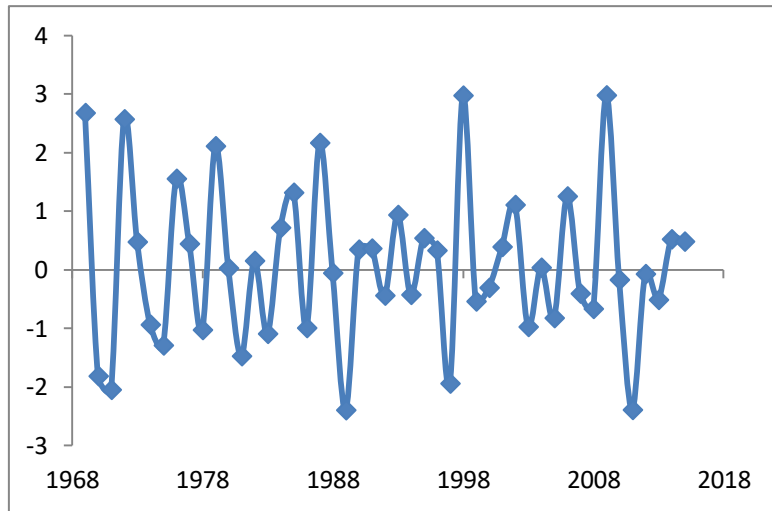


Εικόνα 183 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης Ινδία 1968-2015

Αντίστοιχα, υπολογίστηκαν οι ρυθμοί μεταβολής για τη θερμοκρασία για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1901-2015 και 1968-2015 και προέκυψαν τα κάτωθι διαγράμματα.



Εικόνα 184 Ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας 1901-2015 στην Ινδία



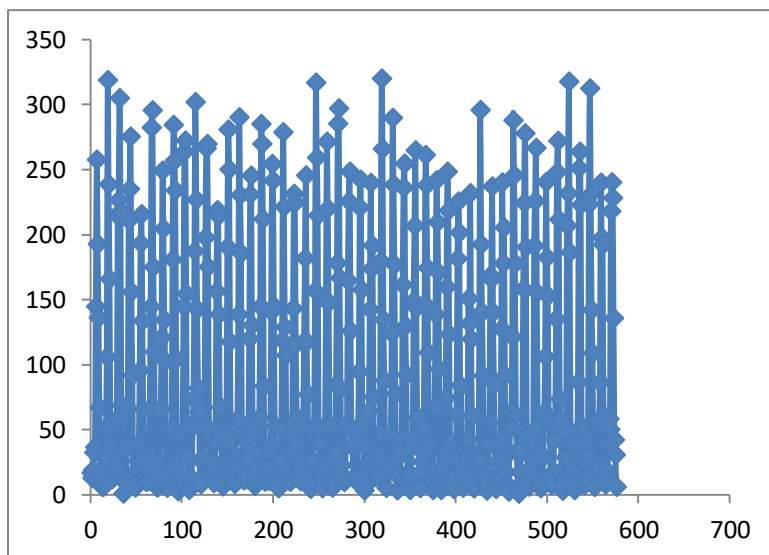
Εικόνα 185 Ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας 1968-2015 στην Ινδία

4 Συνδυαστική ανάλυση υδροκλιματικών και οικονομικών μεταβλητών

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία συνδυαστικής ανάλυσης

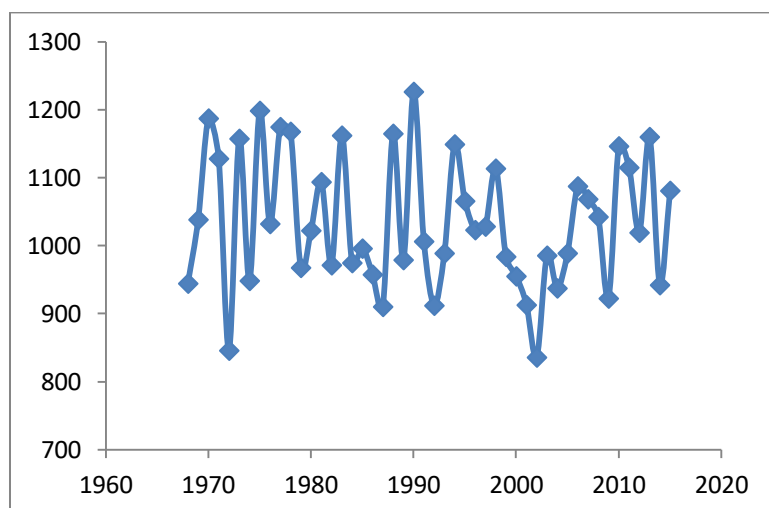
Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας, εκτός από την στατιστική ανάλυση και τη μοντελοποίηση της βροχόπτωσης για τη διαχείριση της στα επόμενα χρόνια στην Ινδία, είναι και η διερεύνηση πιθανών ισχυρών συσχετίσεων της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας με το αγροτικό ΑΕΠ και τον δείκτη αγροτικής παραγωγής και η αξιοποίηση των υδροκλιματικών παραμέτρων για τη βελτιστοποίηση των βροχοεξαρτώμενων συστημάτων στην Ινδία, που αναπόδραστα θα συνεισφέρει στο Green Revolution που είναι ένας ισχυρός στόχος που έχει τεθεί από τον ΟΗΕ για της αντιμετώπιση της πείνας και του λιμού τόσο στην Ινδία όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η χρονική περίοδος η οποία μελετάται για τη διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων είναι τα χρόνια 1968-2015, καθώς για τα συγκεκριμένα χρόνια μόνο βρέθηκαν στοιχεία για το Αγροτικό ΑΕΠ (Agriculture value added) και έτσι η συσχέτιση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο για το συγκεκριμένο εύρος χρόνων. Έτσι, η μηνιαία, καθώς και η αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης για το 1968-2015 αναπαρίσταται παρακάτω.



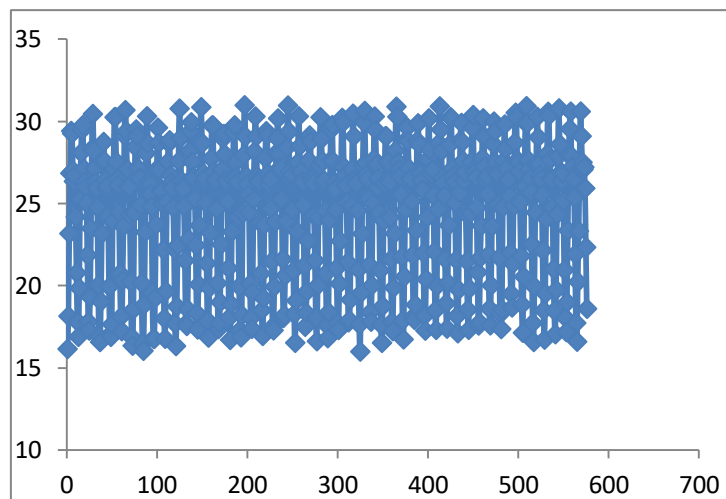
Εικόνα 186 Μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης 1968-2015

Παρατηρείται ότι η χρονοσειρά της βροχόπτωσης στο παραπάνω διάγραμμα είναι ένα σύνολο 576 τιμών καθώς, το εύρος χρόνων μελέτης είναι ένα εύρος 48 χρόνων.

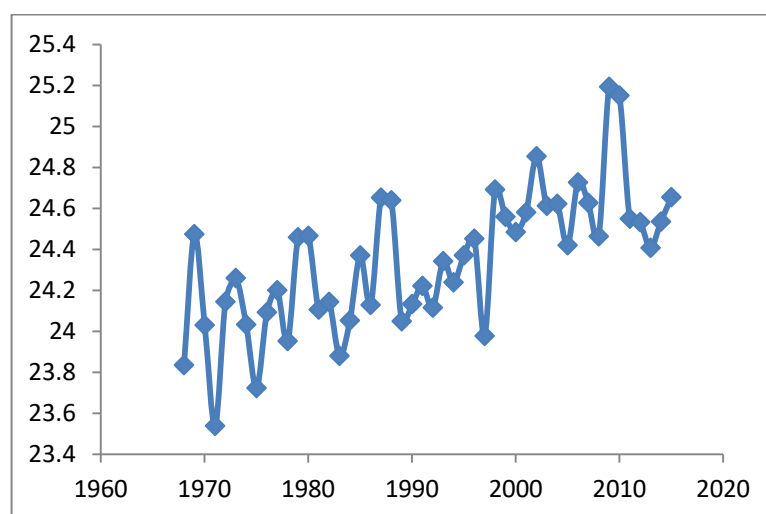


Εικόνα 187 Αθροιστική ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης 1968-2015

Αντίστοιχα για τη θερμοκρασία αναπαραστάθηκαν τα διαγράμματα μηνιαίας και ετήσιας χρονοσειράς για τη περίοδο 1968-2015.



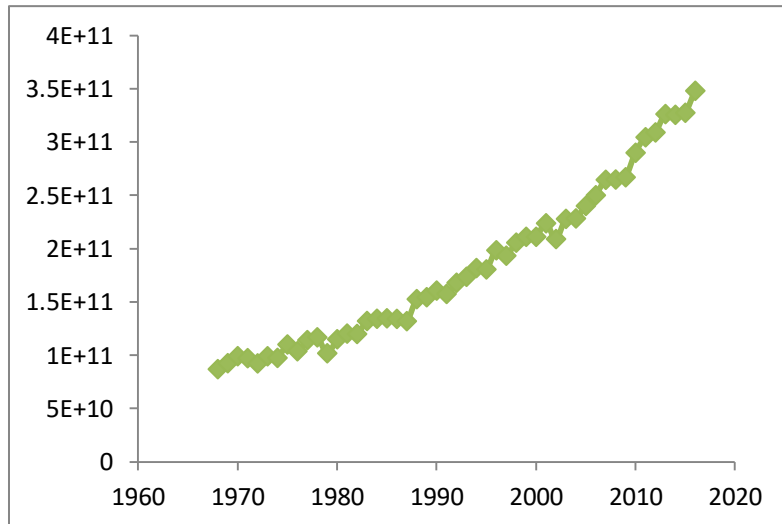
Εικόνα 188 Μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας 1968-2015



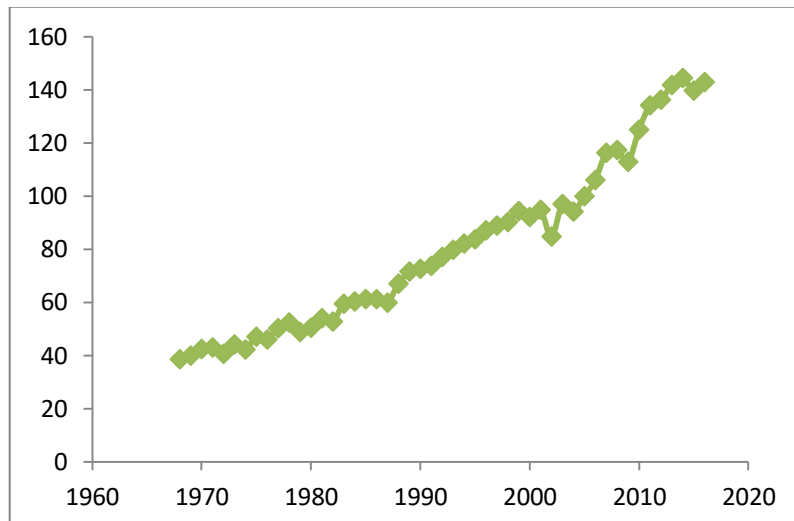
Εικόνα 189 Ετήσια χρονοσειρά θερμοκρασίας 1968-2015

Παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο η θερμοκρασία η ετήσια παρουσιάζει μια αυξητική τάση τιμών, αλλά αυτό δε σημαίνει ότι θα αυξάνεται και τα επόμενα χρόνια.

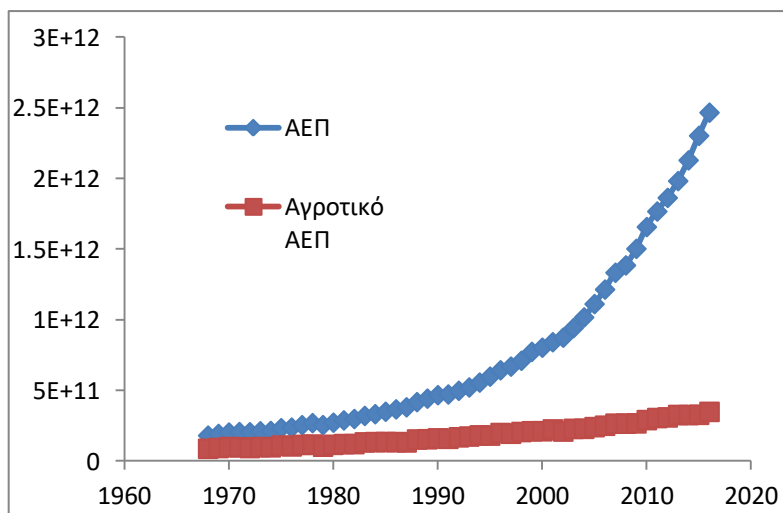
Την ίδια χρονική περίοδο ανακτήθηκαν δεδομένα για το αγροτικό ΑΕΠ, το δείκτη αγροτικής παραγωγής και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ινδίας από την Παγκόσμια Τράπεζα τα οποία αναδεικνύονται στα διαγράμματα παρακάτω.



Εικόνα 190 Δεδομένα αγροτικού ΑΕΠ (Agriculture value added) τη χρονική περίοδο 1968-2015 στην Ινδία

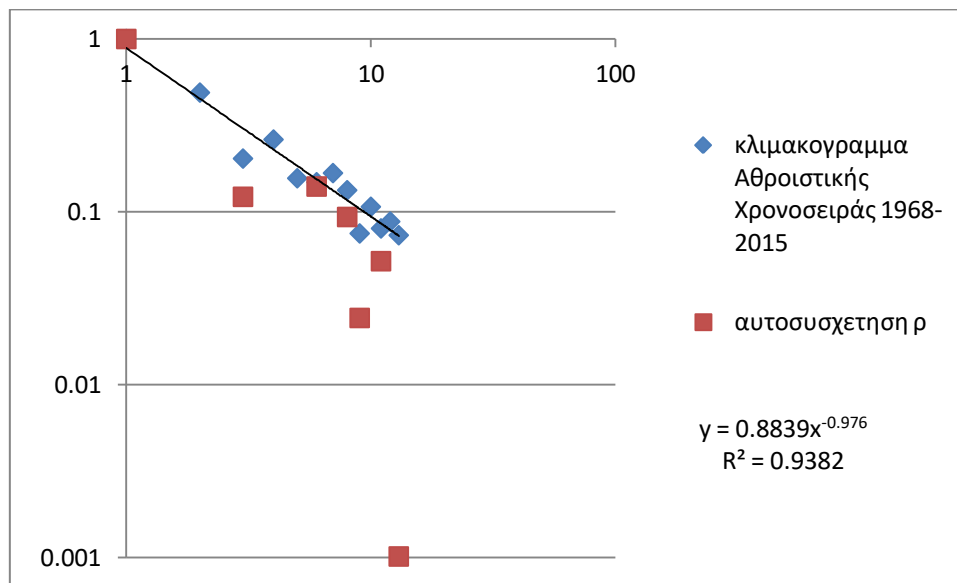


Εικόνα 191 Δεδομένα δείκτη αγροτικής παραγωγής (Crop Production Index CPI) τη χρονική περίοδο 1968-2015



Εικόνα 192 Σύγκριση ΑΕΠ και αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία τη χρονική περίοδο 1968-2015

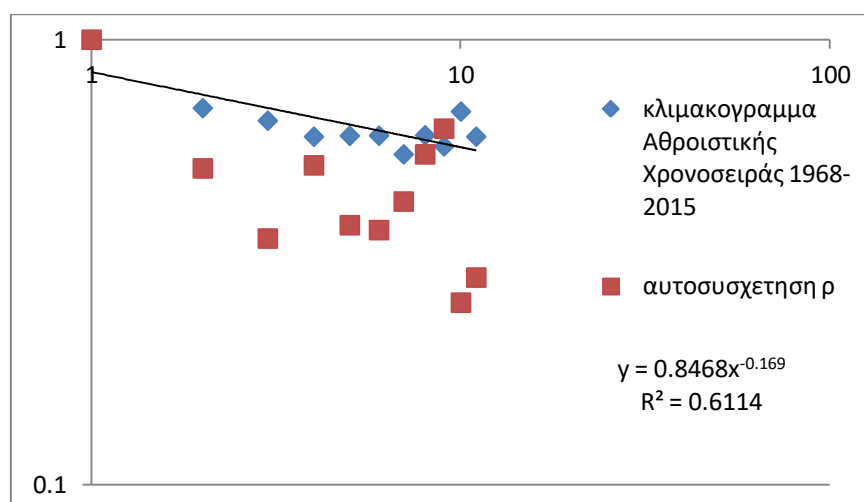
Στη συνέχεια συγκρίθηκε η αυτοσυσχέτιση με το συντελεστή Pearson ρ και το κλιμακόγραμμα για την αθροιστική χρονοσειρά τη χρονική περίοδο 1968-2015 και τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 193 Κλιμακόγραμμα και αυτοσυσχέτιση αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης 1968-2015

Παρατηρούμε ότι το κλιμακόγραμμα δίνει μία καλύτερη προσέγγιση στην αυτοσυνδιασπορά των δεδομένων για την αθροιστική βροχόπτωση τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και περαιτέρω ανάλυση για την τυχαία μεταβλητή διεξάγεται παρακάτω.

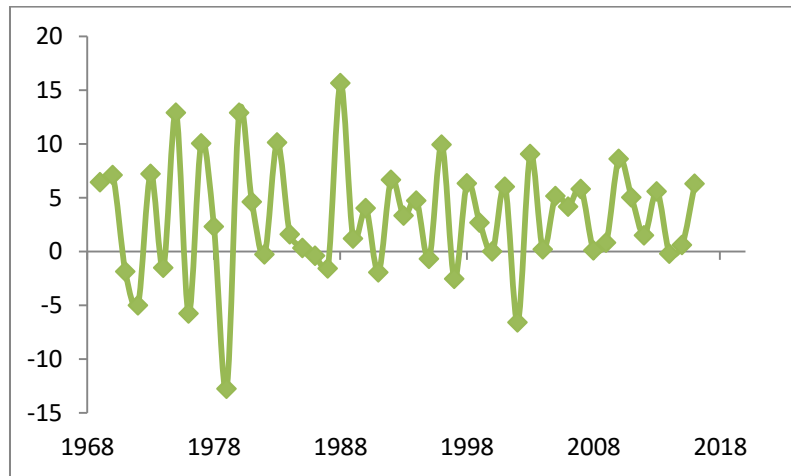
Αντίστοιχα, το κλιμακόγραμμα για την ετήσια θερμοκρασία το 1968-2015 μαζί με την αυτοσυσχέτιση με συντελεστή Pearson ρ φαίνεται παρακάτω.



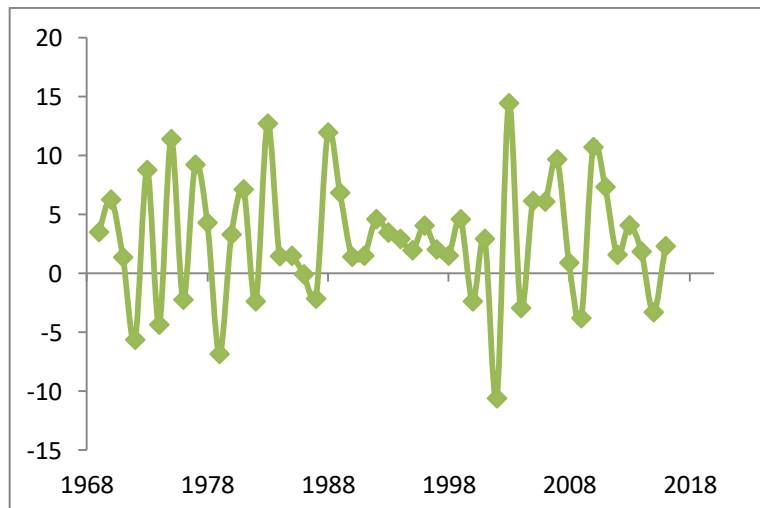
Εικόνα 194 Σύγκριση κλιμακογράμματος με αυτοσυσχέτιση ρ για την ετήσια θερμοκρασία 1968-2015 στην Ινδία

Παραπάνω στο υποκεφάλαιο 3.6 υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τη χρονική περίοδο 1968-2015. Αντίστοιχα με την ίδια μέθοδο

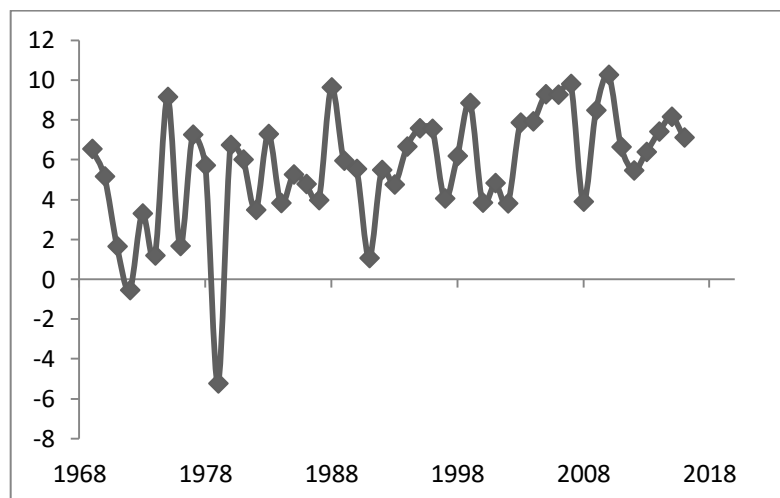
υπολογίστηκαν οι ρυθμοί μεταβολής για τις οικονομικές μεταβλητές και φαίνονται στα διαγράμματα παρακάτω.



Εικόνα 195 Ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ (Agriculture value added) για την Ινδία 1968-2015



Εικόνα 196 Ρυθμός μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής (Crop Production Index CPI) για την Ινδία 1968-2015



Εικόνα 197 Ρυθμός μεταβολής ΑΕΠ (GDP) στην Ινδία 1968-2015

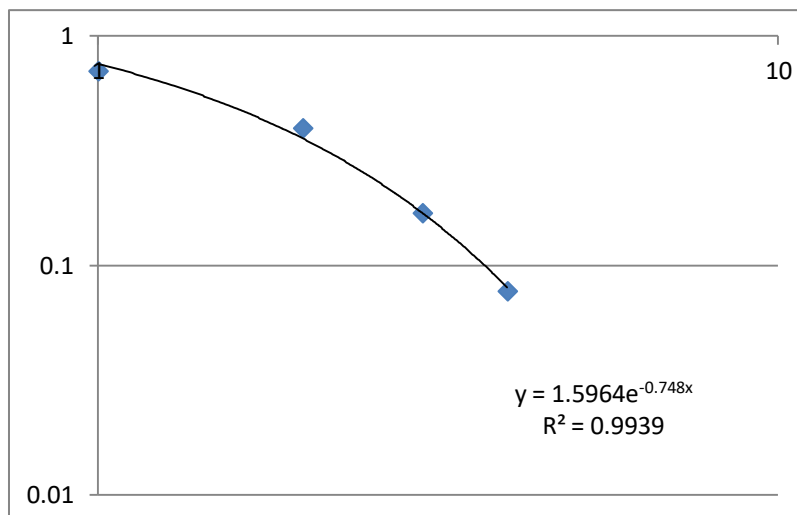
4.2 Συσχετίσεις μεταξύ υδροκλιματικών και οικονομικών μεταβλητών

Όπως αναφέρθηκε και στο 4.1, ένας από τους κυριότερους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας, και των οικονομικών μεταβλητών του αγροτικού ΑΕΠ, του δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI και του ΑΕΠ με εφαρμογή στην Ινδία. Από τα αποτελέσματα των συσχετίσεων, θα γίνει αντιληπτό σε μεγαλύτερο βαθμό ποια μεγέθη επηρεάζονται από άλλα, καθώς και αν μεταβάλλονται με γραμμικό ή όχι τρόπο. Όμως, επίκεντρο των συσχετίσεων δεν ήταν τα απόλυτα μεγέθη, αλλά ο ρυθμός μεταβολής τους, καθώς δεν είναι εύκολο να συγκριθεί το αγροτικό ΑΕΠ που εκφράζεται σε εκατομμύρια δολάρια στην Παγκόσμια Τράπεζα και η βροχόπτωση που εκφράζεται σε mm ύψους, όπως ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων Climate Change Knowledge Portal. Διερευνώντας τον ρυθμό μεταβολής των παραμέτρων, μπορούν να συναχθούν σημαντικά συμπεράσματα για την μεταβλητότητα των μεγεθών, και μπορούν να γίνουν προτάσεις για καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων αλλά και των βροχοεξαρτώμενων συστημάτων γεωργίας.

Χρειάζεται σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ο τρόπος ο οποίος μετρήθηκε η συσχέτιση σε αυτή την εργασία, ώστε να συναχθούν ορθότερα συμπεράσματα μετά το πέρας της υπολογιστικής διαδικασίας. Το πιο γνωστό μέτρο της εξάρτησης μεταξύ δύο ποσοτήτων είναι ο συντελεστής συσχέτισης συνδιακύμανσης Pearson ή Pearson συντελεστής συσχέτισης, που συνήθως ονομάζεται απλά ο συντελεστής συσχέτισης, όπως αναφέρθηκε και προθύστερα στην εργασία. Είναι το πηλίκο της διαίρεσης της συνδιακύμανσης των 2 μεταβλητών που μελετώνται με το γινόμενο των τυπικών αποκλίσεων. Ο γνωστός συντελεστής συσχέτισης $r_{X,Y}$ μεταξύ δύο τυχαίων μεταβλητών X και Y (π.χ. βροχόπτωση και αγροτικό ΑΕΠ ή ρυθμός μεταβολής των 2) με τις αναμενόμενες τιμές μ_X και μ_Y και τυπική απόκλιση σ_X και σ_Y ορίζεται όπως ορίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Όταν η τιμή είναι ανάμεσα στο -1 και στο 1 δείχνει το βαθμό της γραμμικής εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών. Όσο πιο κοντά είναι στις ακραίες τιμές τόσο πιο ισχυρή είναι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

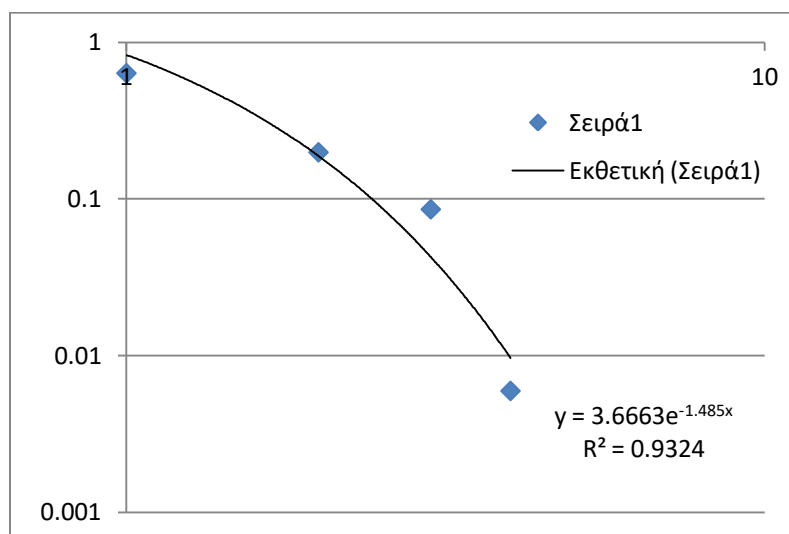
Η υπολογιστική διαδικασία που ακολουθήθηκε για να υπολογιστούν οι συσχετίσεις των μεγεθών και του ρυθμού μεταβολής τους είναι η παρακάτω.

1. Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής παραμέτρων με τη μέθοδο που αναφέρθηκε.
2. Χρησιμοποιώντας τον συντελεστή συσχέτισης Pearson με τη συνάρτηση CORREL σε υπολογιστικά φύλλα Excel υπολογίζουμε την συσχέτιση κάθε μεταβλητής με τον εαυτό της (αυτοσυσχέτιση) ή με μία άλλη (ετεροσυσχέτιση) για το ίδιο δείγμα χρόνων 1968-2015.
3. Σύγκριση των ετεροσυσχετίσεων σε διαγράμματα και εύρεση πιθανής προσθετικής τάσης από υπολογιστικό φύλλο Excel.
4. Καταγραφή αποτελεσμάτων και αναφορά συμπερασμάτων για μελλοντική έρευνα.



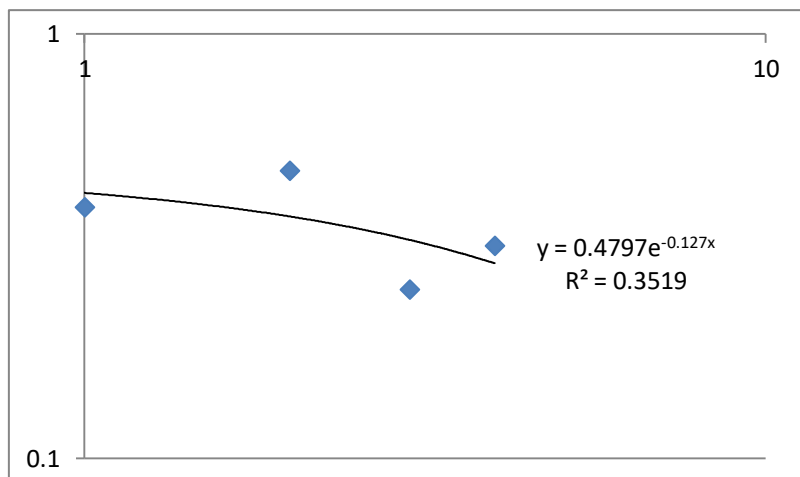
Εικόνα 198 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ για την Ινδία το 1968-2015

Ο συντελεστής ετεροσυσχέτισης υπολογίστηκε $\rho=0.7$, που υποδεικνύει ότι τα 2 δείγματα έχουν αρκετά ισχυρή συσχέτιση και μπορούμε να πούμε ότι εξαρτάται σε ένα βαθμό γραμμικά ο ρυθμός μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ από το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης. Επίσης, από το διάγραμμα φαίνεται και η εκθετική τάση που περιγράφει την ετεροσυσχέτιση με ένα συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.99$.



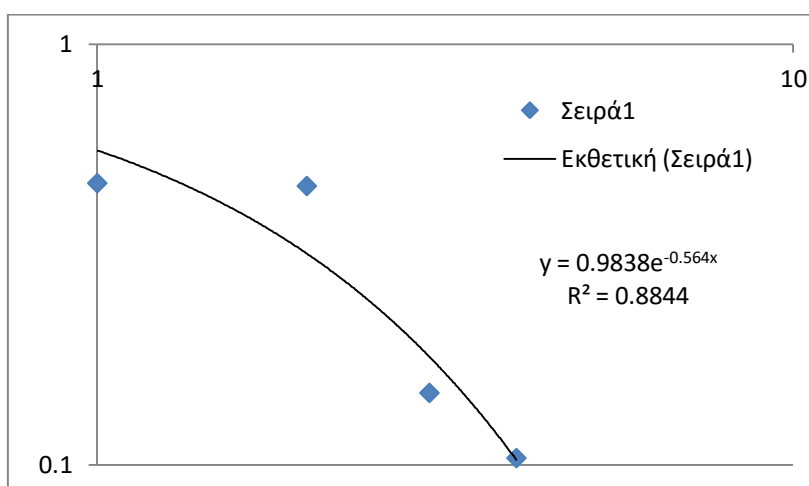
Εικόνα 199 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης με ρυθμό μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής για την Ινδία το 1968-2015

Εδώ ο συντελεστής συσχέτισης ρ είναι $\rho=0.63$ και ο συντελεστής προσδιορισμού της εκθετικής τάσης που εφαρμόστηκε σε Excel είναι $R^2=0.9324$. Παρατηρείται ότι έχει σημαντική συσχέτιση ο ρυθμός μεταβολής της βροχόπτωσης με τα συγκεκριμένο δείκτη της αγροτικής παραγωγής για το συγκεκριμένο εύρος χρόνων, το οποίο ισχυροποιεί την υπόθεση ότι ο ρυθμός μεταβολής της βροχόπτωσης επηρεάζει το ρυθμό μεταβολής της αγροτικής παραγωγής στην Ινδία.



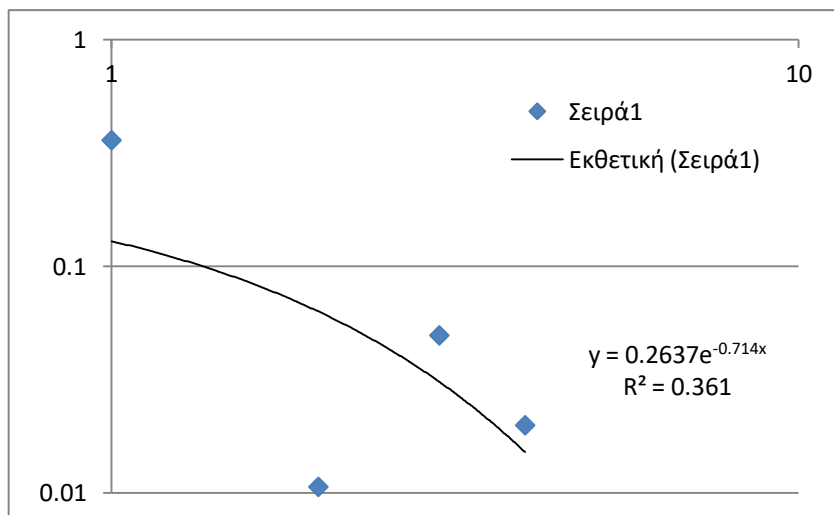
Εικόνα 200 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής θερμοκρασίας με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015

Ο συντελεστής συσχέτισης υπολογίστηκε $\rho=0.39$, που σημαίνει ότι υπάρχει ασθενής συσχέτιση μεταξύ ρυθμού μεταβολής θερμοκρασία με ρυθμό μεταβολής ΑΕΠ, όπως και ήταν αναμενόμενο καθώς η βροχόπτωση διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο από τη θερμοκρασία την οικονομία της γεωργίας στην Ινδία.



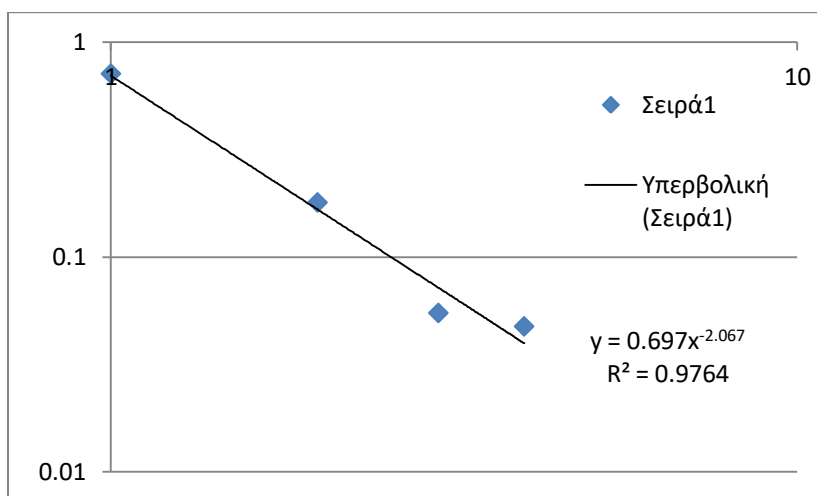
Εικόνα 201 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής θερμοκρασίας με ρυθμό μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI 1968-2015

Αντιθέτως, ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας με το ρυθμός μεταβολής του δείκτη της αγροτικής παραγωγής CPI στην Ινδία παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξάρτηση και πιο ισχυρή συσχέτιση καθώς υπολογίστηκε ο $\rho=0.47$. Αναμενόμενο είναι η θερμοκρασία σαν υδροκλιματικό μέγεθος να επηρεάζει περισσότερο την αγροτική παραγωγή και λιγότερο την οικονομία που είναι αποκλειστικά οικονομικό μέγεθος.



Εικόνα 202 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης με ρυθμό μεταβολής θερμοκρασίας 1968-2015

Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των 2 υδροκλιματικών μεγεθών υπολογίστηκε $\rho=0.36$, που υποδεικνύει ότι υπάρχει αρκετά ασθενής εξάρτηση στη παράλληλη μεταβλητότητα των 2 μεγεθών.



Εικόνα 203 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ και συνολικού ΑΕΠ στην Ινδία 1968-2015

Εδώ παρατηρείται ότι ο συντελεστής ετεροσυσχέτισης μεταξύ των 2 οικονομικών μεταβλητών υπολογίστηκε $\rho=0.71$, καθώς και ο συντελεστής προσδιορισμού της υπερβολικής τάσης στις παραπάνω υστερήσεις της ετεροσυσχέτισης αποτυπώνεται $R^2=0.9764$. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι φαίνεται λογικό αυτό το αποτέλεσμα καθώς, τα δύο σύνολα δεδομένων μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο γραμμικά και το η μεταβολή του ενός σίγουρα σε ένα βαθμό επηρεάζει τη μεταβολή του άλλου.

4.3 Μεγιστοποίηση συντελεστή ετεροσυσχέτισης ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ

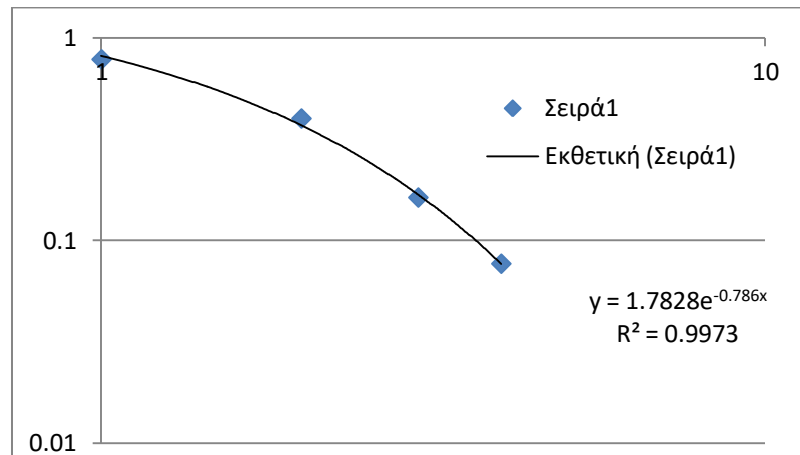
Για να βεβαιωθούμε ότι το θερινό εξάμηνο είναι αυτό με τη μεγαλύτερη συμβολή σε επίπεδα βροχόπτωσης σε σχέση με το αγροτικό ΑΕΠ και να διερευνηθούν οι μήνες-εποχικότητα, που συμβάλλουν περισσότερο στα βροχοεξαρτώμενα συστήματα αγροτικής παραγωγής ακολουθήθηκε η εξής υπολογιστική διαδικασία.

Επιδιώκεται σε αυτό το σημείο να βρεθεί ο μέγιστος συντελεστής συσχέτισης ρ που θα μπορούσε να επιτευχθεί συσχετίζοντας τις 2 μεταβλητές, αναζητώντας την εποχικότητα μέσα στο έτος, δηλαδή τη χρονική περίοδο σε ένα έτος που ο ρυθμός μεταβολής των αθροιστικών τιμών των συγκεκριμένων μηνών, συσχετιζόμενη με το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ θα έδινε μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης ρ .

1. Αποτύπωση μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης σε πίνακα 114 επί 12 που αποτυπώνονται όλες οι τιμές της μηνιαίας βροχόπτωσης τη χρονική περίοδο 1901-2015 στους 12 μήνες του χρόνου (πίνακας που κατασκευάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας).
2. Υπολογισμός αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης 1968-2015 επιλέγοντας μόνο τις μηνιαίες τιμές για τα 48 αυτά χρόνια. Κάθε τιμή της αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης προκύπτει με άθροισμα των τιμών όλων των μηνών κάθε υδρολογικού έτους.
3. Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής της αθροιστικής ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης για το 1968-2015.
4. Υπολογισμός ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ την ίδια χρονική περίοδο.
5. Υπολογισμός συντελεστή ετεροσυσχέτισης ή συντελεστής Pearson ρ όπως αναφέρθηκε παραπάνω που βρέθηκε ίσος με $\rho=0.7$.
6. Κατασκευή δεύτερου πίνακα 114 επί 12, ο οποίος θα έχει τις μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης πολλαπλασιασμένες με ένα συντελεστή a για κάθε μήνα του έτους και θα παράγει κάποιες συνθετικές τιμές βροχόπτωσης. Επιδιώκεται ότι οι συντελεστές κάθε μήνα a πρέπει να έχουν άθροισμα 12, όσοι και οι μήνες του χρόνου.
7. Κατασκευάζεται η συνθετική αθροιστική χρονοσειρά βροχόπτωσης για τη χρονική περίοδο 1968-2015 και υπολογίζεται ο ρυθμός μεταβολής της.
8. Συσχετίζεται με το συντελεστή συσχέτισης ρ ο ρυθμός μεταβολής της συνθετικής χρονοσειράς βροχόπτωσης και ο ρυθμός μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ ως έχει και υπολογίζεται ο ρ .
9. Με το εργαλείο SOLVER του Excel επιδιώκεται να βρεθεί ο μέγιστος συντελεστής συσχέτισης ρ , ώστε να ισχύει ότι το άθροισμα των συντελεστών της συνθετικής χρονοσειράς a να είναι ίσο με 12, καθώς και οπωσδήποτε μεγαλύτερο του 0.
10. Από τον υπολογισμό αυτό προέκυψε ότι οι συντελεστές a ή αλλιώς «ζήτηση της βροχόπτωσης για μεγιστοποίηση συντελεστή συσχέτισης με αγροτικό ΑΕΠ» κατανεμήθηκαν μόνο το θερινό εξάμηνο Μάιο-Οκτώβριο, καθώς οι υπόλοιποι μήνες κατανεμήθηκαν με μηδενικές τιμές των a . Αυτό υποδεικνύει ότι δυνητικά θα μπορούσε να υπάρξει η μέγιστη εξάρτηση των 2 μεγεθών με μηδενική βροχή τους υπόλοιπους μήνες και αυξημένη βροχή το θερινό εξάμηνο στην Ινδία. Από τη διαδικασία υπολογίστηκε ο μεγιστοποιημένος συντελεστής συσχέτισης $\rho=0.782$

και προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα με εκθετική τάση της συσχέτισης με $R^2=0.9973$, τάση που περιγράφει με εξαιρετική ακρίβεια τη συσχέτιση.

Αναγνωρίζεται με την παραπάνω υπολογιστική διαδικασία ποια εποχή μέσα σε κάθε έτος, δηλαδή ποια ομάδα μηνών, η βροχόπτωση συμβάλλει περισσότερο στην αγροτική παραγωγή. Αυτό το βήμα στη συγκεκριμένη εργασία είναι απαραίτητο, γιατί γνωρίζοντας ποιοι μήνες έχουν μεγαλύτερη επιρροή, θα αναμένονται αντίστοιχα τα ανάλογα αποτελέσματα στην αγροτική παραγωγή.



Εικόνα 204 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής συνθετικής βροχόπτωσης (συντελεστών α) με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015

Οπότε προκύπτει το συμπέρασμα ότι το θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης συμβάλλει περισσότερο στο αγροτικό ΑΕΠ της Ινδίας, και κατ'επέκταση στην αγροτική παραγωγή της βροχοεξαρτώμενης γεωργίας. Για αυτό το λόγο, επιλέγεται στη συνέχεια της παρούσας εργασίας η μελέτη και η ανάλυση του θερινού εξαμήνου βροχόπτωσης στην Ινδία για τα χρόνια μελέτης, δηλαδή τις χρονικές περιόδους 1901-2015 και 1968-2015 και οι συσχετίσεις που θα διερευνηθούν θα αφορούν μόνο το θερινό εξάμηνο Μάιο-Οκτώβριο.

Ουσιαστικά αυτοί οι μήνες μόνο επηρεάζουν σχεδόν όλη την αγροτική παραγωγή του έτους και γ' αυτό θα μελετηθεί η βροχόπτωση μόνο των συγκεκριμένων 6 μηνών. Θα καταστηθεί μοντέλο βροχόπτωσης, από το οποίο θα συνάγονται συμπεράσματα βροχόπτωσης μόνο για το συγκεκριμένο εύρος μηνών. Περιορίζεται λοιπόν η μελέτη σε μία εποχή του έτους και όχι συνολικά σε όλο το έτος. Επομένως, στο επόμενο υποκεφάλαιο της εργασίας καταγράφεται η μελέτη μόνο της συγκεκριμένης εποχής του υδρολογικού έτους της βροχόπτωσης στην Ινδία.

4.4 Αξιοποίηση δεδομένων βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών και οικονομικών μεταβλητών σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab

4.4.1 Δεδομένα βροχόπτωσης για τους θερινούς 6 μήνες

Για την επεξεργασία δεδομένων βροχόπτωσης για τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία, και για την μοντελοποίηση της βροχόπτωσης με σκοπό τη διαχείριση της τα επόμενα 10 ή και

100 χρόνια στη χώρα αυτή της Νοτιοανατολικής Ασίας, χρησιμοποιήθηκε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab, καθώς στο μοντέλο που επιδιώκεται να κατασκευαστεί χρειάζεται η επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων βροχόπτωσης, που δεν δύναται να υποστηριχτεί σε υπολογιστικά φύλλα Excel.

Έτσι, ακολουθήθηκε η υπολογιστική διαδικασία:

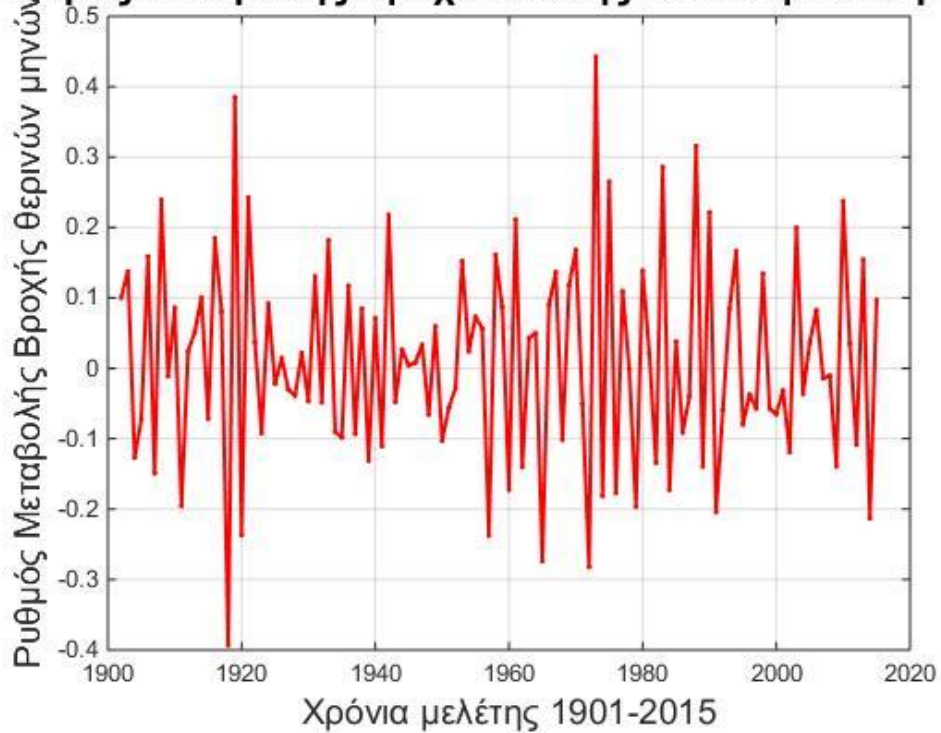
- Υπολογίστηκε η αθροιστική βροχόπτωση τους θερινούς 6 μήνες 1901-2015 στην Ινδία, καθώς και ο ρυθμός μεταβολής της την αντίστοιχη χρονική περίοδο.
- Υπολογισμός κλιμακογράμματος και συντελεστή Hurst για την αθροιστική βροχόπτωση το θερινό εξάμηνο τη χρονική περίοδο 1901-2015 και για το ρυθμό μεταβολής αυτής της χρονοσειράς δεδομένων και γίνεται γραμμική παλινδρόμηση των δεδομένων του κλιμακόγραμματος προς ανεύρεση γραμμικής τάσης και εξίσωσης με συντελεστή προσδιορισμού R^2 .

Τα αποτελέσματα της παραπάνω αρχικής αξιοποίησης των δεδομένων και υπολογιστικής διαδικασίας φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

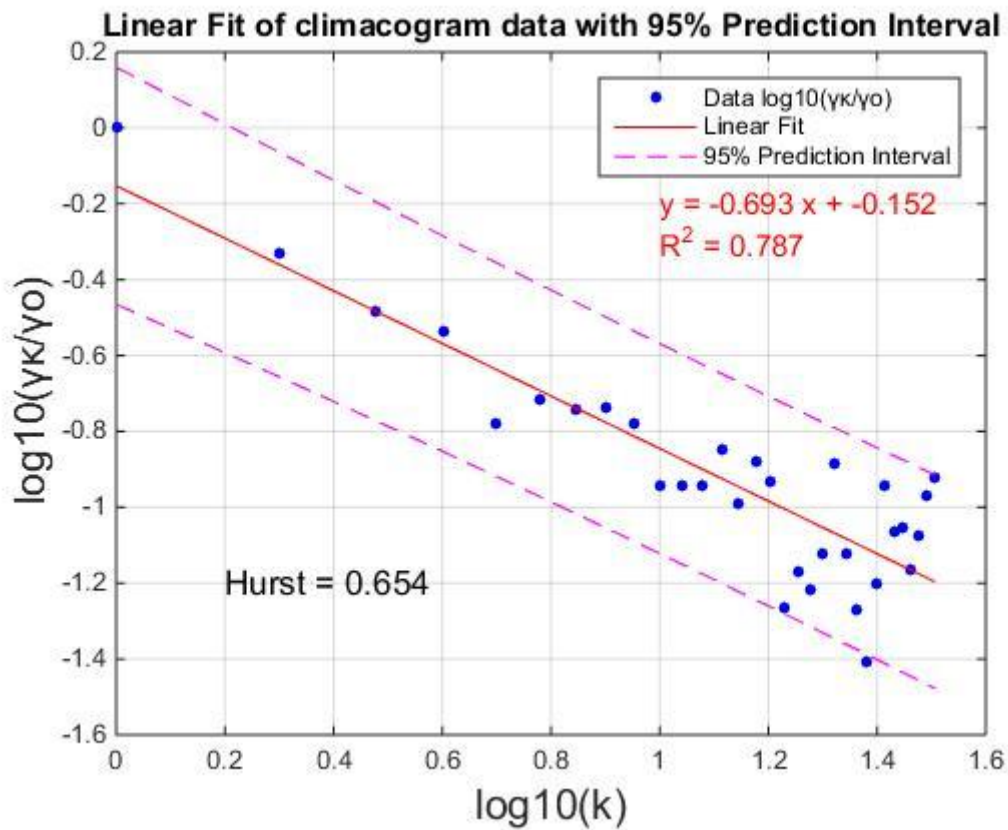


Εικόνα 205 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες Ινδία 1901-2015 Matlab

Ρυθμός Μεταβολής Βροχόπτωσης Ινδία θερινοί 6 μήνες

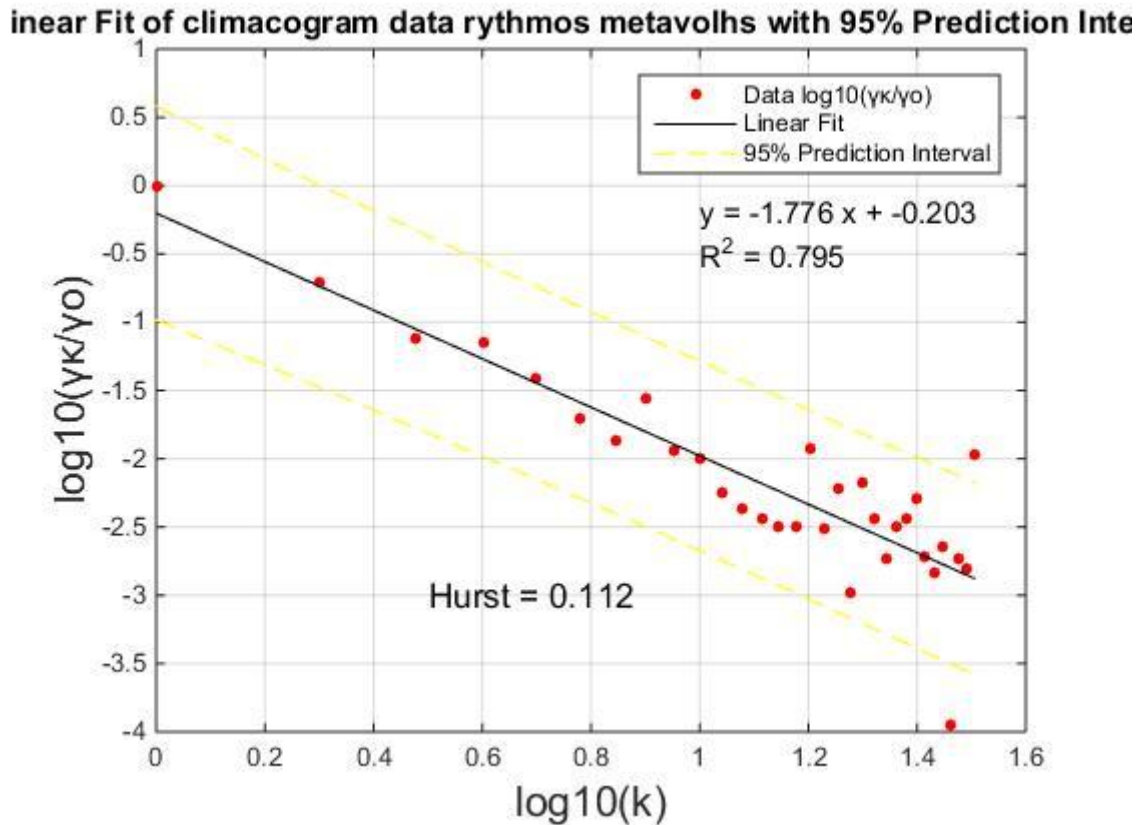


Εικόνα 206 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης θερινοί 6 μήνες 1901-2015 Matlab



Εικόνα 207 Κλιμακόγραμμα δεδομένων βροχόπτωσης 1901-2015 με γραμμική παλινδρόμηση και πιθανότητα 95% μη υπέρβασης των τιμών

Ο συντελεστής Hurst υπολογίστηκε από την κλίση της ευθείας ίσος $H=0.654$ για τα δεδομένα βροχόπτωσης και $H=0.112$ για το ρυθμό μεταβολής της. Παρατηρείται ότι η βροχόπτωση παρουσιάζει κάποια ύπαρξη εμμονής, σε αντίθεση με το ρυθμό μεταβολής που είναι ισχυρά αντιέμμονο φαινόμενο.



Εικόνα 208 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών, γραμμική παλινδρόμηση τιμών και πιθανότητα μη υπέρβασης των τιμών 95%

4.4.2 Κατασκευή μοντέλου απλής ομοιοθεσίας (simple scaling) για δεδομένα βροχόπτωσης 6 μηνών 1901-2015

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ανέλιξη απλής ομοιοθεσίας ή στάσιμα αυτό-όμοιων ανελιξέων (stationary increments of self-similar process), κλασματικός Γκαουσιανός θόρυβος (fractional Gaussian noise) ή ανέλιξη Hurst- Kolmogorov (Hurst-Kolmogorov process) είναι μια στάσιμη ανέλιξη που ορίζεται από τη σχέση :

$$z_i^{(k)} - k \mu = {}_d (k / l)^H (z_j^{(l)} - l \mu)$$

όπου το σύμβολο ${}_d$ σημαίνει ισότητα στην (πεπερασμένης διάστασης από κοινού) κατανομή l, j, k και l είναι οποιοδήποτε ακέραιοι, μ είναι η μέση τιμή του $z_i^{(l)}$ και H είναι μια σταθερά ($0 < H < 1$) γνωστή και ως παράμετρος ή συντελεστής ή εκθέτης Hurst (Κουτσογιάννης, 2002). Το αθροιστικό στην κλίμακα k είναι ίσο με το αθροιστικό στην κλίμακα l αφού πολλαπλασιαστεί με το λόγο των δύο κλιμάκων υψωμένο στον συντελεστή Hurst.

Το κλιμακόγραμμα όπως ορίστηκε σαν συνάρτηση δύναμης της κλίμακας συνάθροισης k δίνεται από τη σχέση:

$$\gamma_o^{(k)} := \text{Var}[z_i^{(k)}] = k^{2H} \gamma_o$$

και η αυτοσυσχέτιση ανεξάρτητη της κλίμακας συνάθροισης k :

$$\rho_j^{(k)} = \rho_j = (1/2) [(j+1)^{2H} + (j-1)^{2H}] - j^{2H}, j > 0$$

ή προσεγγιστικά (συνάρτηση δύναμης της υστέρησης) :

$$\rho_j^{(k)} = \rho_j = H (2H - 1) j^{2H-2}$$

Παρατηρείται από αυτή τη σχέση ότι ενώ σε ένα μοντέλο Μαρκόφ η υστέρηση είναι στον εκθέτη και η σταθερά κάτω, στην ανέλιξη Kolmogorov είναι ανάποδα.

Έτσι, για τη καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο στην Ινδία παράχθηκαν στο Matlab αλγόριθμοι παραγωγής χρονοσειρών απλής ομοιοθεσίας με τη λογική των τυχαίων διακυμάνσεων πολλαπλής κλίμακας.

Η ανέλιξη x_i παράγεται ως άθροισμα τριών ανεξάρτητων AR(1) :

$$X_i = A_i + B_i + C_i$$

Με συντελεστές αυτοσυσχέτισης για υστέρηση 1, αντίστοιχα,

$$\rho = 1.52 (H - 0.5)^{1.32},$$

$$\varphi = 0.953 - 7.69 (1 - H)^{3.85},$$

$$\xi = 0.932 + 0.087 H, \quad H < 0.76$$

Στα δεδομένα της αθροιστικής βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο για την Ινδία το 1901-2015 μετά από την διαδικασία υπολογισμού της αμεροληψίας υπολογίστηκε Hurst = 0.654.

Οι διασπορές αντίστοιχα είναι :

$$(1 - c_1 - c_2) \gamma(1), \quad c_1 \gamma(1), \quad c_2 \gamma(1)$$

όπου τα c_1 και c_2 εκτιμώνται σε τρόπο ώστε η αυτοσυσχέτιση του αθροίσματος των τριών ανεξάρτητων:

$$\rho_j = (1 - c_1 - c_2) \rho^j + c_1 \varphi^j + c_2 \xi^j$$

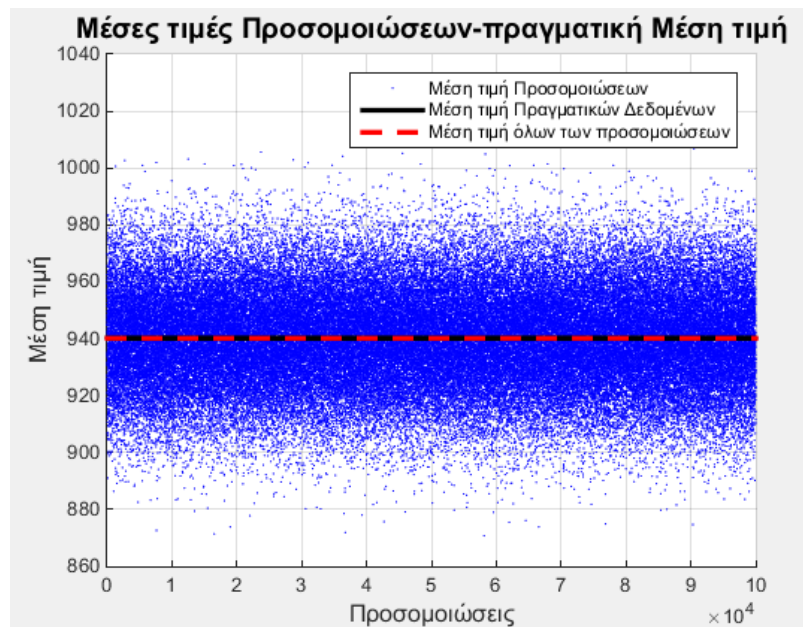
να ταυτίζεται με τη θεωρητική αυτοσυσχέτιση της ανέλιξης απλής ομοιοθεσίας για υστέρηση 1 και 100 (Κουτσογιάννης, 2002).

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε με τις παραπάνω σχέσεις στο Matlab το μοντέλο 3AR(1) για 100 διαχείρισης της βροχόπτωσης στην Ινδία το θερινό εξάμηνο και τα αποτελέσματα

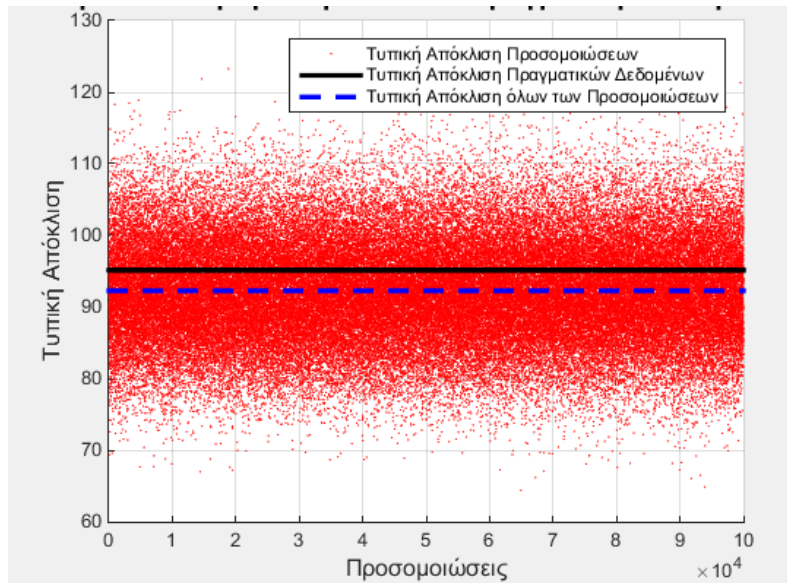
φαίνονται παρακάτω. Σε αυτό το σημείο, προκειμένου να κατασκευαστεί ένα μοντέλο από το οποίο θα συναχθούν αξιόπιστα και ακριβή συμπεράσματα, πραγματοποιήθηκαν 100.000 προσομοιώσεις της συνθετικής χρονοσειράς που προκύπτει από την τυχαία μεταβλητή.

Έτσι, προέκυψαν 100.000 συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης από το μοντέλο 3AR(1) και υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής κάθε μίας συνθετικής χρονοσειράς για τα 100 έτη διαχείρισης με τη μέθοδο που αναφέρθηκε παραπάνω και αποτυπώνεται το σύνολο των ρυθμών μεταβολής των χρονοσειρών του μοντέλου παρακάτω.

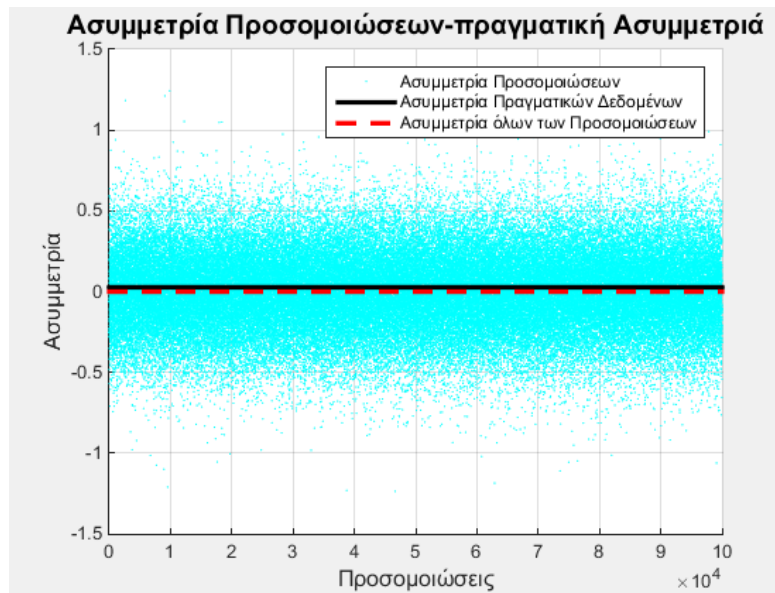
Σε αυτό το βήμα της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε έγινε έλεγχος του μοντέλου που κατασκευάστηκε υπολογίζοντας σαν πρώτο βήμα τα στατιστικά χαρακτηριστικά κάθε συνθετικής χρονοσειράς του μοντέλου βροχόπτωσης όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η ασυμμετρία, η κύρτωση και η διάμεσος. Σαν δεύτερο βήμα υπολογίστηκε η μέση τιμή των στατιστικών χαρακτηριστικών των συνθετικών χρονοσειρών και έγινε η σύγκριση τους με τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δεδομένων παρατήρησης για να συναχθούν τα συμπεράσματα για την αξιοπιστία του μοντέλου απλής ομοιοθεσίας. Τα παραπάνω στατιστικά χαρακτηριστικά απεικονίζονται σε σχετικά διαγράμματα που υπολογίστηκαν μετά από 1.000.000 προσομοιώσεις του μοντέλου και σχολιάζονται τα αποτελέσματα.



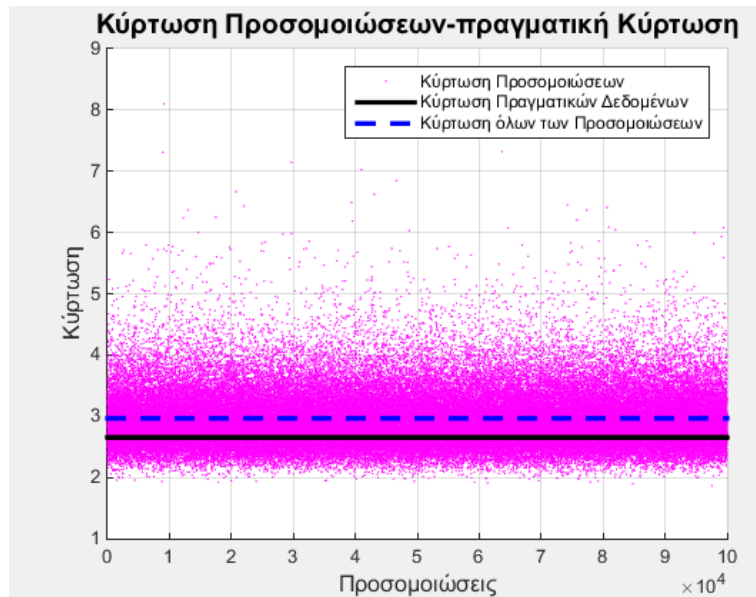
Εικόνα 209 Μέση τιμή μοντέλου και δεδομένων για τη βροχόπτωση



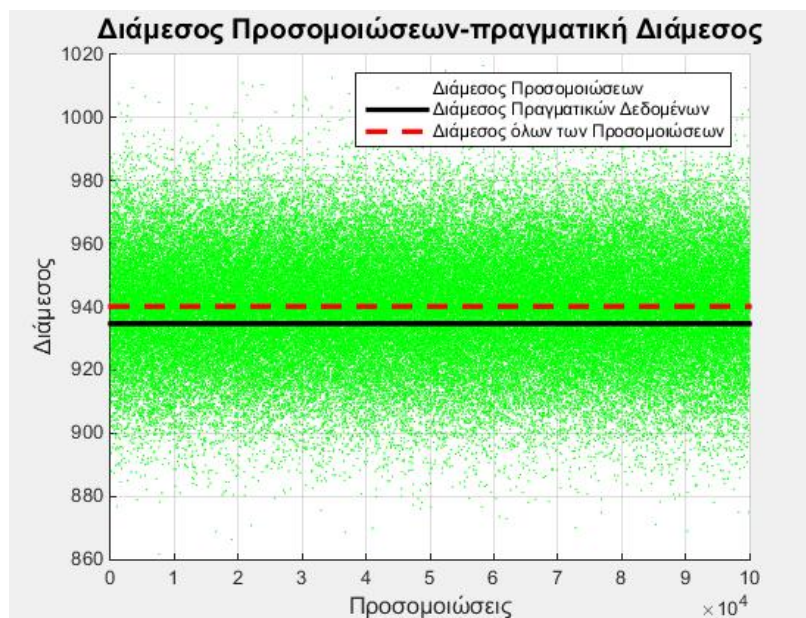
Εικόνα 210 Τυπική απόκλιση μοντέλου και δεδομένων για τη βροχόπτωση



Εικόνα 211 Ασυμμετρία μοντέλου και δεδομένων για τη βροχόπτωση



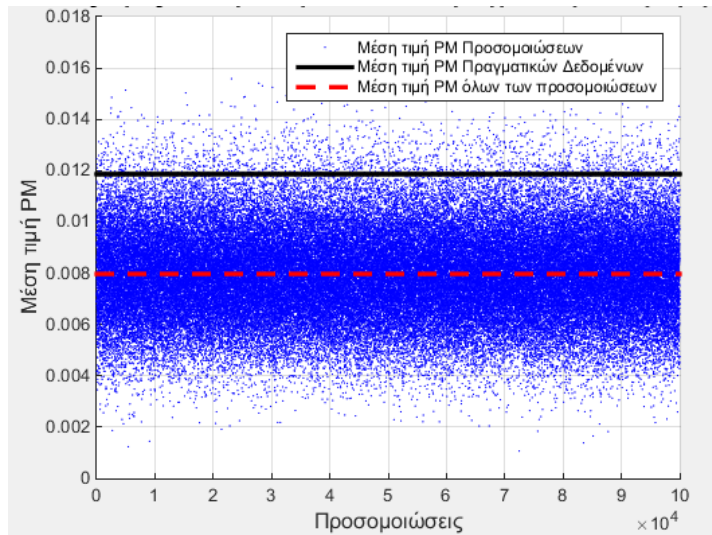
Εικόνα 212 Κύρτωση μοντέλου και δεδομένων για τη βροχόπτωση



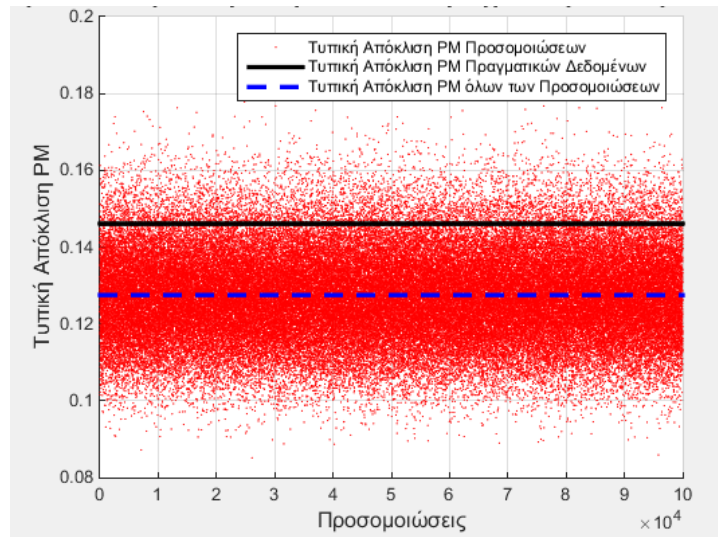
Εικόνα 213 Διάμεσος μοντέλου και δεδομένων για τη βροχόπτωση

Παρατηρείται ότι από το μοντέλο για το σύνολο των προσομοιώσεων προέκυψε μέση τιμή πολύ κοντά στην παρατηρημένη για τη βροχόπτωση, καθώς και για τα υπόλοιπα στατιστικά χαρακτηριστικά είναι κοντά οι τιμές.

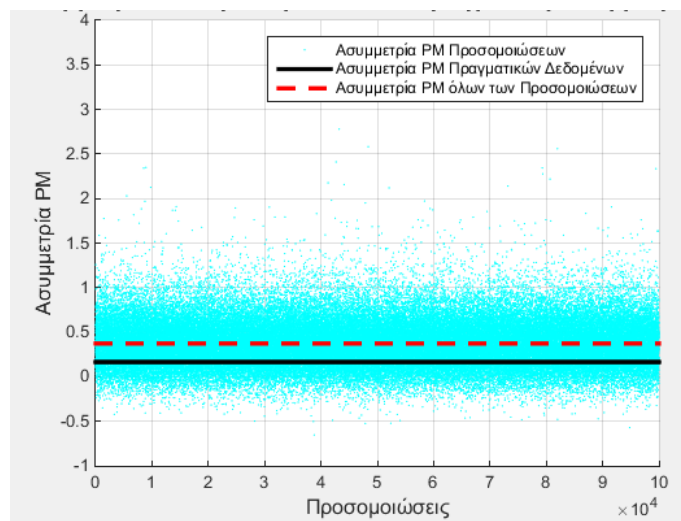
Τρίτο βήμα στην υπολογιστική διαδικασία είναι ο υπολογισμός του ρυθμού μεταβολής των 1.000.000 συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης για 100 χρόνια διαχείρισης και ο υπολογισμός των στατιστικών χαρακτηριστικών κάθε μιας συνθετικής χρονοσειράς ρυθμού μεταβολής που υπολογίστηκε, καθώς και η μέση τιμή των στατιστικών χαρακτηριστικών για να γίνει η σύγκριση με τα χαρακτηριστικά του παρατηρημένου ρυθμού μεταβολής των δεδομένων αθροιστικής βροχόπτωσης για τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία το 1901-2015. Τα σχετικά διαγράμματα φαίνονται παρακάτω και η υπολογιστική διαδικασία στο παράρτημα στο τέλος του αναγραφόμενου τεύχους.



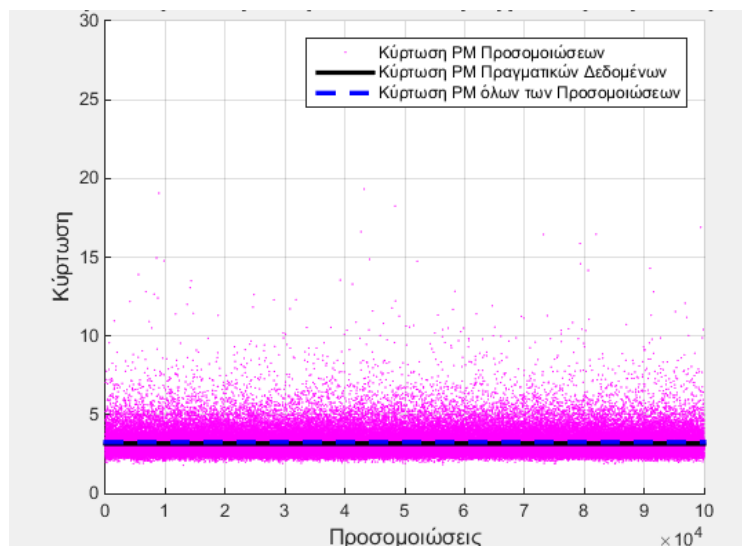
Εικόνα 214 Μέση τιμή μοντέλου και δεδομένων για ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης



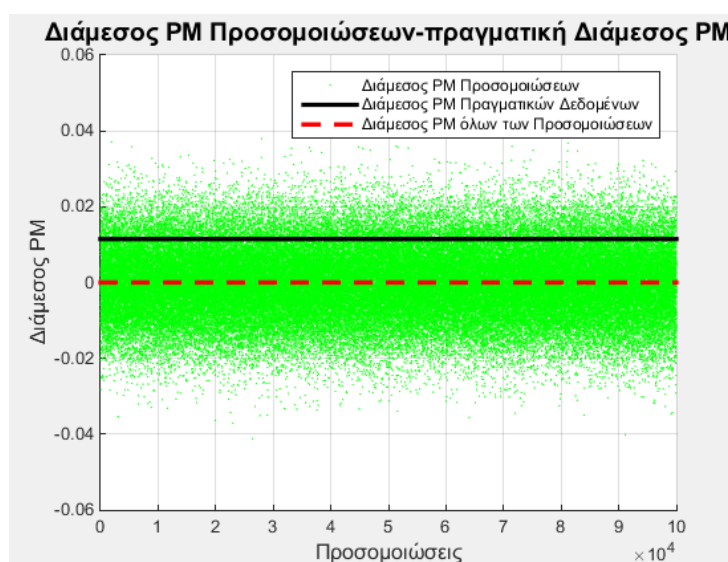
Εικόνα 215 Τυπική απόκλιση μοντέλου και δεδομένων για το ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης



Εικόνα 216 Ασυμμετρία μοντέλου και δεδομένων για ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης



Εικόνα 217 Κύρτωση μοντέλου και δεδομένων για ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης

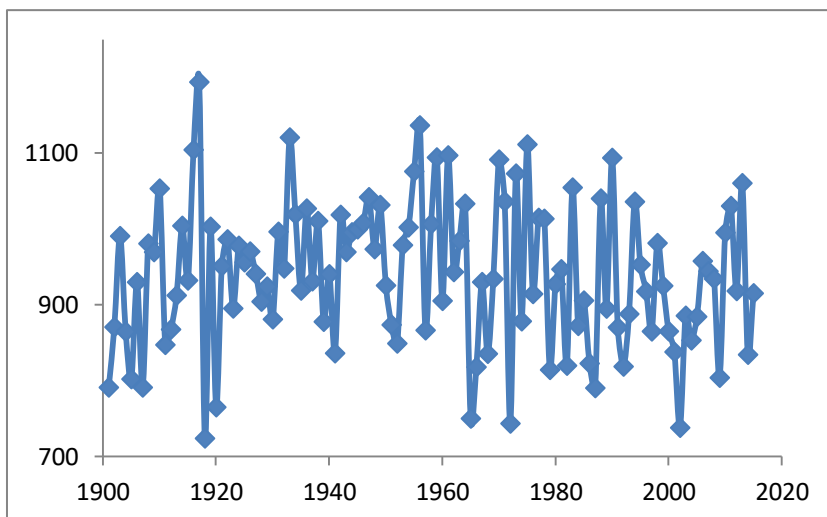


Εικόνα 218 Διάμεσος μοντέλου και δεδομένων για ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης

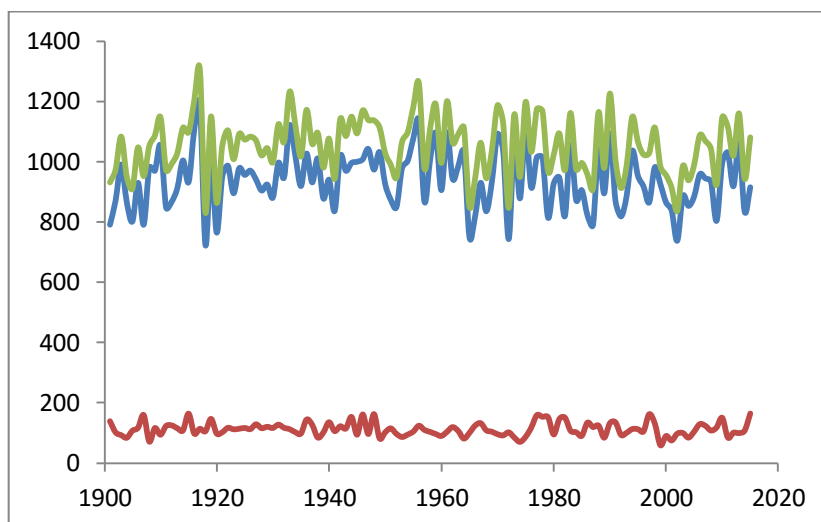
4.5 Μοντελοποίηση δεδομένων βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών

4.5.1 Δεδομένα βροχόπτωσης για τους θερινούς 6 μήνες

Η αθροιστική χρονοσειρά βροχόπτωσης των 6 θερινών μηνών στην Ινδία το 1901-2015 υπολογίστηκε από το σύνολο των μηνιαίων τιμών για κάθε έτος ως άθροισμα μόνο των μηνιαίων τιμών από Μάιο έως Οκτώβριο και φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Αντίστοιχα, αναδεικνύεται και η χρονοσειρά για την περίοδο μελέτης συσχετίσεων που είναι το 1968-2015.



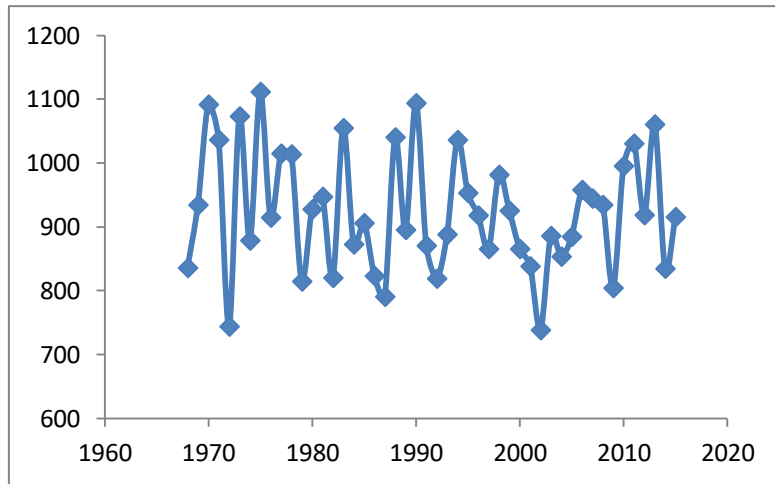
Εικόνα 219 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες 1901-2015



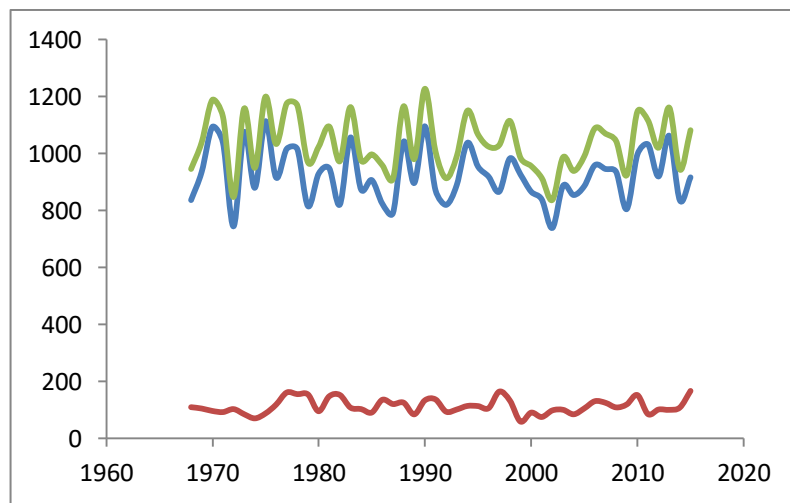
Εικόνα 220 Σύγκριση αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης με χειμερινό και θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης στην Ινδία 1901-2015

Παρατηρείται όπως ήταν αναμενόμενο ότι σχεδόν όλο ποσοστό της βροχόπτωσης στην Ινδία κάθε έτος βρίσκεται στο θερινό εξάμηνο, ενώ το χειμερινό εξάμηνο έχει πολύ χαμηλά ύψη βροχόπτωσης ετησίως και δεν συνεισφέρει στην αγροτική παραγωγή στον ίδιο βαθμό και δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας.

Αντίστοιχα ακολουθούν τα ίδια διαγράμματα και τη χρονική περίοδο 1968-2015.

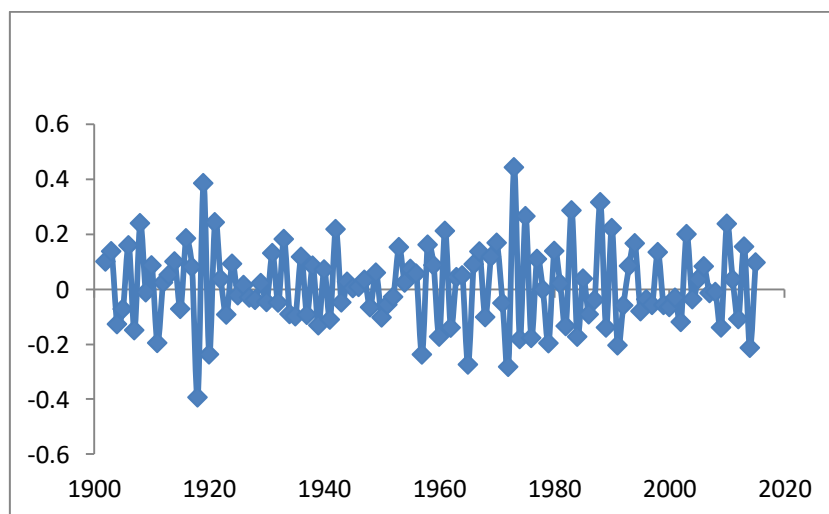


Εικόνα 221 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί μήνες 1968-2015

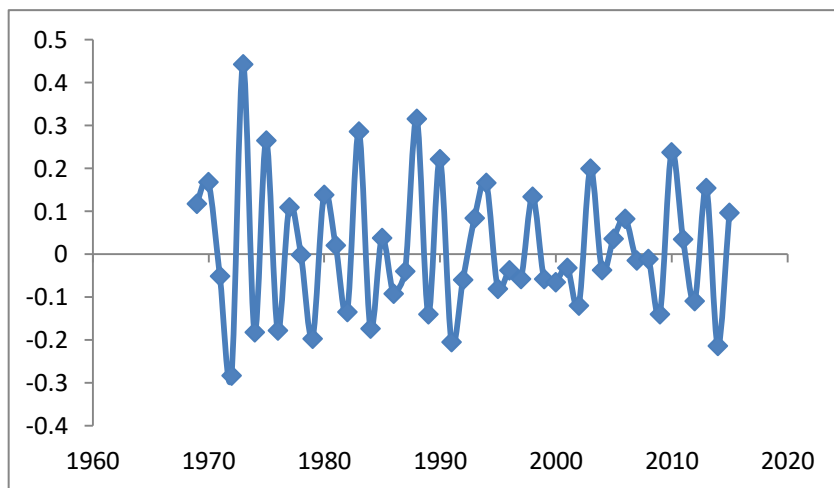


Εικόνα 222 Σύγκριση αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης με χειμερινό και θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης στην Ινδία 1968-2015

Υπολογίστηκε αντίστοιχα ο ρυθμός μεταβολής των δεδομένων βροχόπτωσης για το θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης τις χρονικές περιόδους 1901-2015 και 1968-2015.



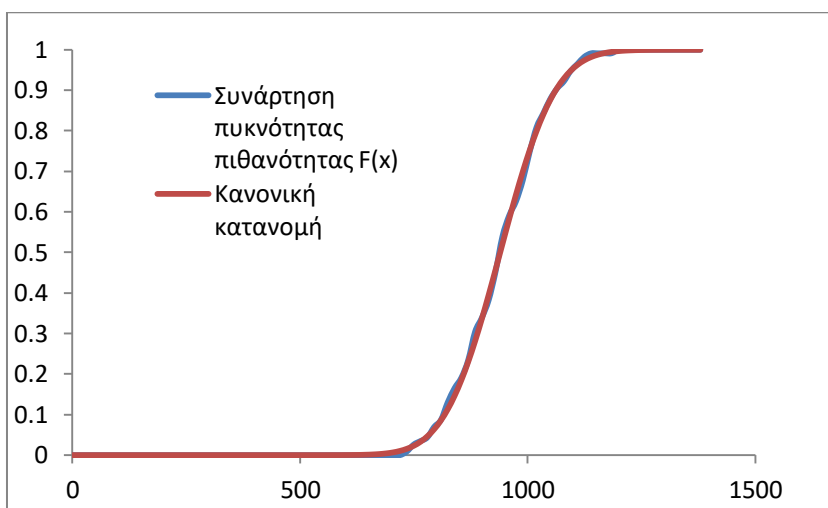
Εικόνα 223 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης θερινοί μήνες 1901-2015



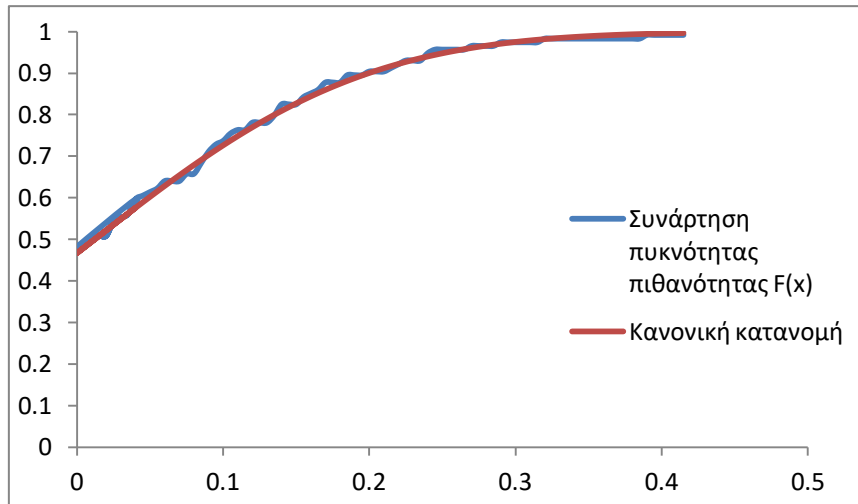
Εικόνα 224 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης θερινοί μήνες 1968-2015

4.5.2 Προσαρμογή κατανομών αθροιστικής βροχόπτωσης θερινό εξάμηνο με μέθοδος κεντρικών ροπών και μέθοδος L- ροπών

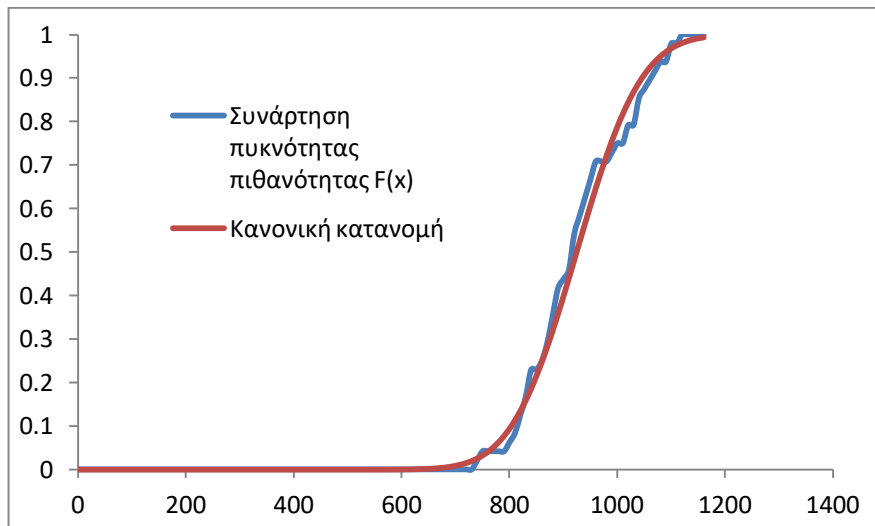
Υπολογίστηκε η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για τα δεδομένα της αθροιστικής βροχόπτωσης του θερινού εξαμήνου στην Ινδία το 1901-2015 και το 1968-2015, καθώς και του ρυθμού μεταβολής της μεταβλητής αυτής και προσαρμόζεται η κανονική κατανομή στο σύνολο των δεδομένων της συνάρτησης κατανομής της με τη μέθοδο των κεντρικών ροπών και τη μέθοδο των L- ροπών.



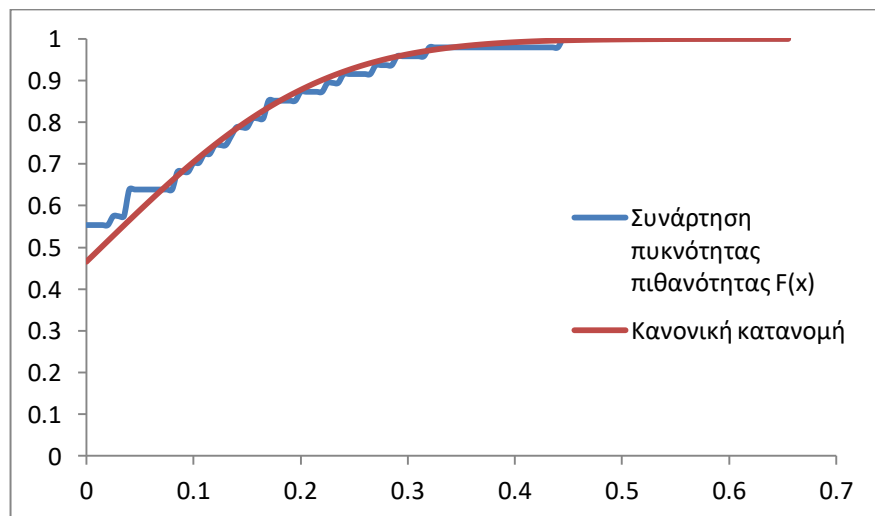
Εικόνα 225 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες 1901-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών



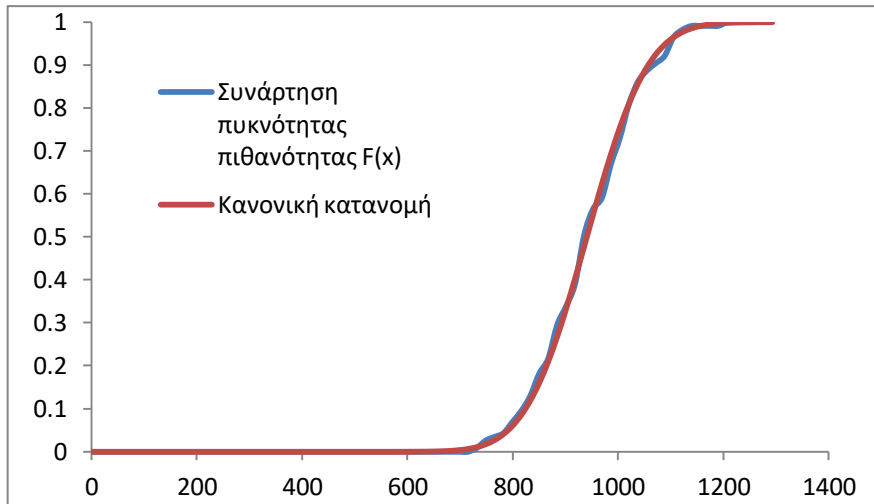
Εικόνα 226 Ρυθμός μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού 6 μήνες 1901-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών



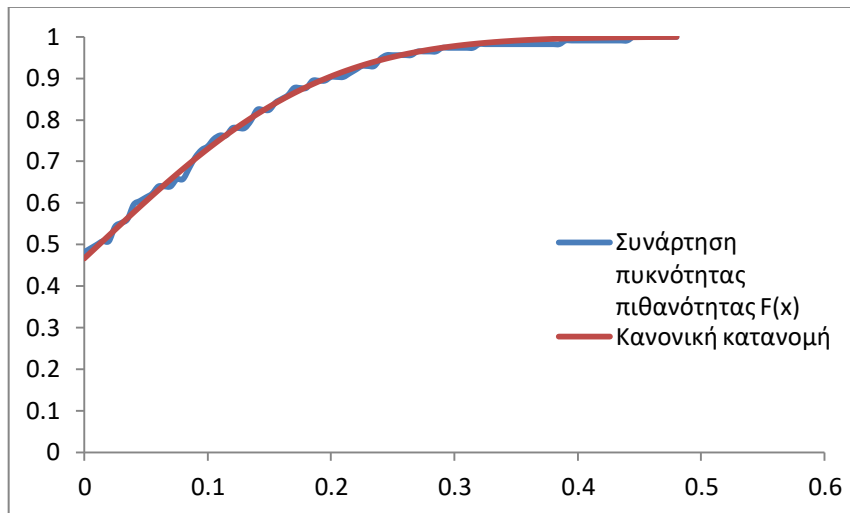
Εικόνα 227 Αθροιστική βροχόπτωση θερινού 6 μήνες 1968-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών



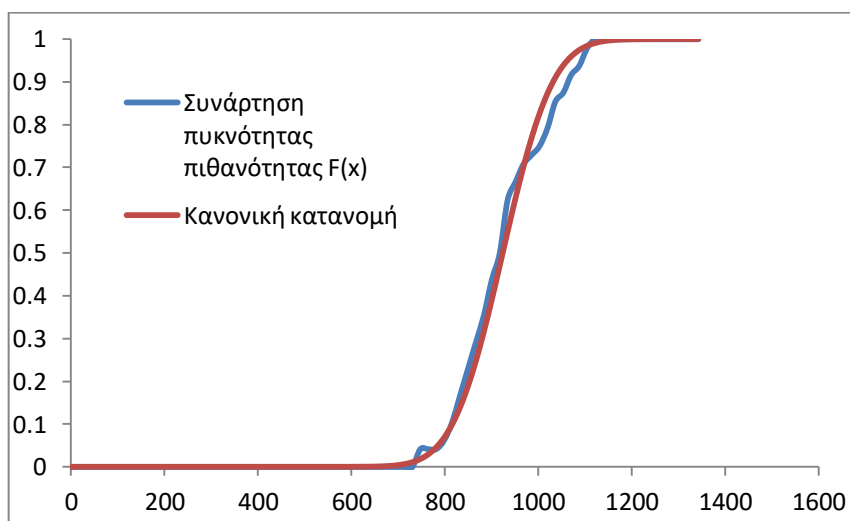
Εικόνα 228 Ρυθμός μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού 6 μήνες 1968-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών



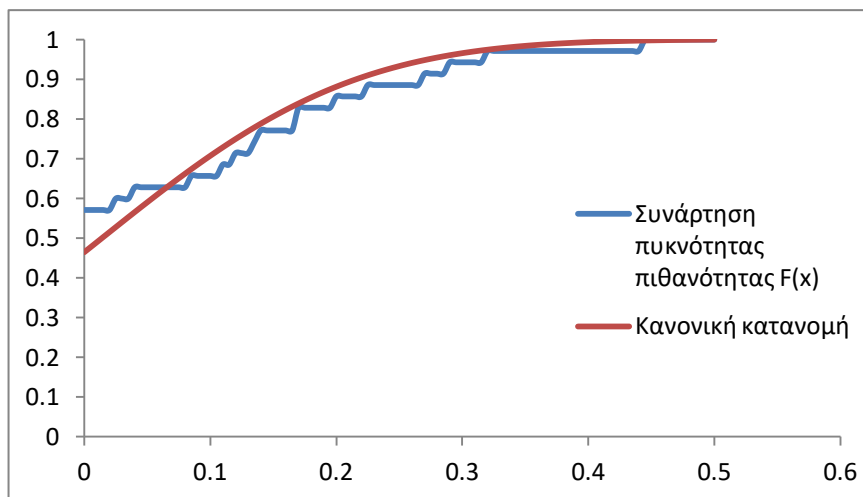
Εικόνα 229 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες 1901-2015 μέθοδος L- ροπών



Εικόνα 230 Ρυθμός μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινοί 6 μήνες 1901-2015 μέθοδος L- ροπών



Εικόνα 231 Αθροιστική βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες 1968-2015 μέθοδος L- ροπών



Εικόνα 232 Ρυθμός μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού 6 μήνες 1968-2015 μέθοδος L- ροτών

Παρατίθενται επίσης τα στατιστικά χαρακτηριστικά των 2 μεθόδων για τα δεδομένα της αθροιστικής βροχόπτωσης των θερινών 6 μηνών και για το ρυθμό μεταβολής της για το 1901-2015 και το 1968-2015.

Στατιστικά Χαρακτηριστικά	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση	Ασυμμετρία	Κύρτωση	Διασπορά
Αθροιστική Βροχόπτωση θερινού 6 μήνες 1901-2015	940.1780174	934.696	95.13942294	0.026892541	2.689412648	9051.509797
Ρυθμός Μεταβολής Βροχόπτωσης θερινού 6-μήνες 1901-2015	0.011862701	0.011475817	0.146119351	0.167738446	3.223075811	0.021350865
Αθροιστική Βροχόπτωση θερινού 6 μήνες 1968-2015	924.3118542	916.9295	94.49666495	0.202793242	2.318501323	8929.619686
Ρυθμός Μεταβολής Βροχόπτωσης θερινού 6-μήνες 1968-2015	0.013953911	-0.014077849	0.159817726	0.492606457	2.848800523	0.025541705

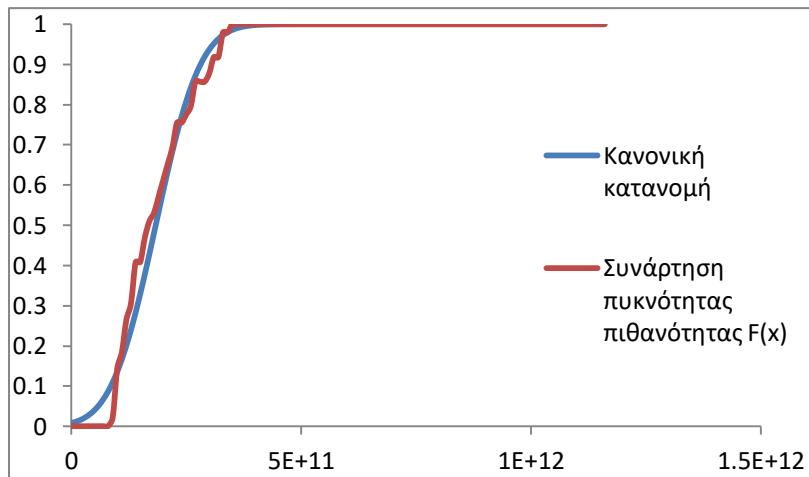
Εικόνα 233 Μέθοδο κεντρικών ροτών για τα στατιστικά χαρακτηριστικά

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ L	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ L		
	τ_2	τ_3	τ_4
Ρυθμός Μεταβολής Βροχόπτωσης θερινού 6-μήνες 1901-2015	6.83469	0.0456995	0.096137507
Αθροιστική Βροχόπτωση θερινού 6 μήνες 1901-2015	0.05461	-0.008218708	0.060838301
Αθροιστική Βροχόπτωση θερινού 6 μήνες 1968-2015	0.05132	0.041643298	-0.041903071
Ρυθμός Μεταβολής Βροχόπτωσης θερινού 6-μήνες 1968-2015	6.38446	0.081349616	0.083400562

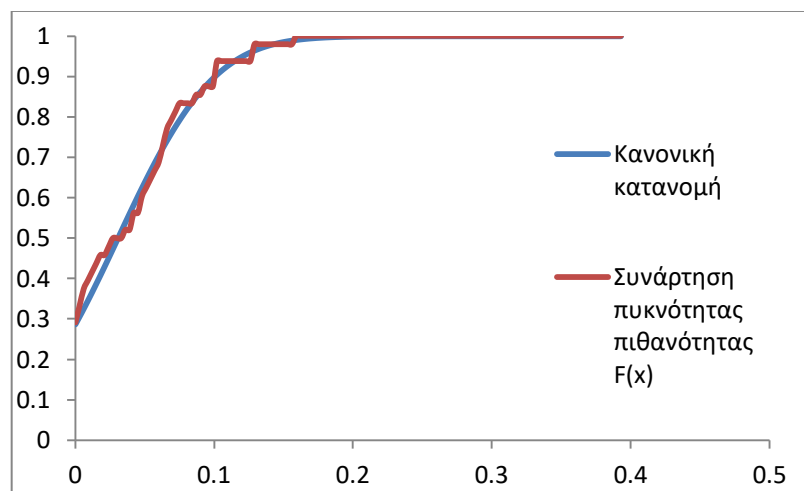
Εικόνα 234 Εκτιμητρίες ροπές τ για τις χρονοσειρές μέθοδος κεντρικών ροτών

4.5.3 Προσαρμογή κατανομών αγροτικού ΑΕΠ με μέθοδος κεντρικών ροτών

Η μεθοδολογία για την προσαρμογή της κανονικής κατανομής στη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας για την αθροιστική βροχόπτωση τους θερινούς 6 μήνες και για το ρυθμό μεταβολής της το 1901-2015 και το 1968-2015 όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, ακολουθήθηκε για την ίδια προσαρμογή του αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία για το 1968-2015 όπως και για το ρυθμό μεταβολής του με τη μέθοδο των κεντρικών ροτών για λόγους σύγκρισης και για λόγους κατανόησης της συμπεριφοράς των δεδομένων του αγροτικού ΑΕΠ για να μπορεί να γίνει ορθή σύγκριση και καλύτερη εξήγηση των αποτελεσμάτων των συσχετίσεων που έγιναν.



Εικόνα 235 Αγροτικό ΑΕΠ 1968-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών



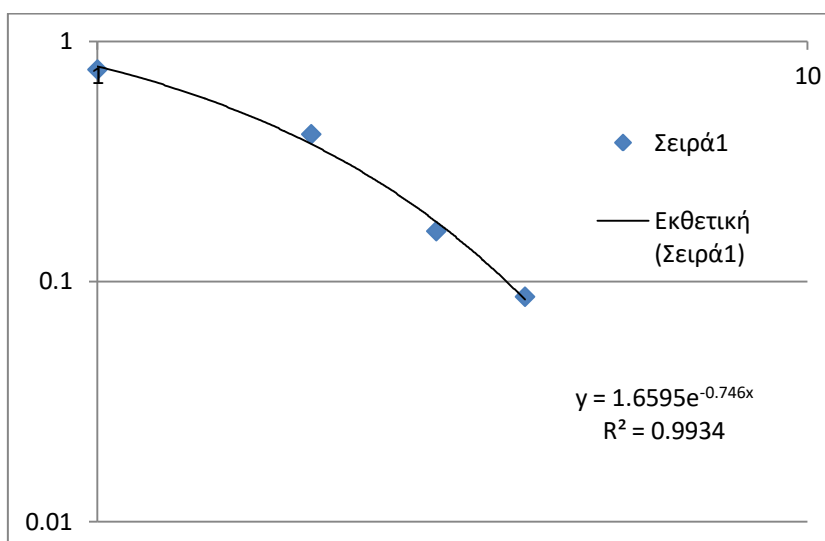
Εικόνα 236 Ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015 μέθοδος κεντρικών ροπών

4.6 Συσχέτιση δεδομένων βροχόπτωσης θερινού εξαμήνου με αγροτικό ΑΕΠ

Αφού επιλέχθηκε το θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης για μελέτη και μοντελοποίηση για τη μελλοντική διαχείριση της αλλά και για τη βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία, υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής της βροχόπτωσης για τις χρονικές περιόδους έρευνας και έγινε η συσχέτιση μεταξύ των 2 μεταβλητών για να γίνει αντιληπτό πώς μεταβάλλεται ο ρυθμός μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ και του δείκτη αγροτικής παραγωγής σε σχέση με το ρυθμό μεταβολής του θερινού εξαμήνου βροχόπτωσης.

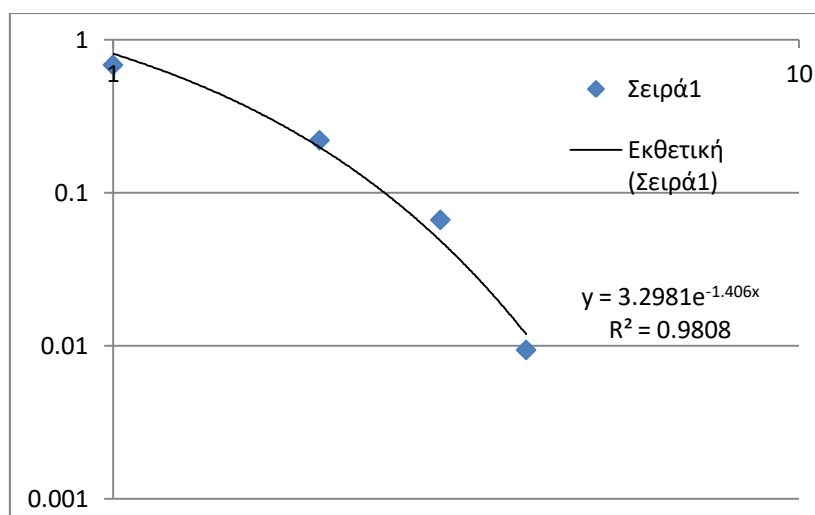
Υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης για τα απόλυτα μεγέθη της βροχόπτωσης και του αγροτικού ΑΕΠ και είναι ίσος με $\rho=0.03$, που υποδεικνύει ότι οι 2 μεταβλητές σαν απόλυτα μεγέθη είναι εξαιρετικά ασυσχέτιστες. Το ενδιαφέρον είναι, όμως, ότι αν και τα απόλυτα μεγέθη φαίνονται να μην έχουν καθόλου συσχέτιση μεταξύ τους, ο ρυθμός μεταβολής τους καταδεικνύει ισχυρή συσχέτιση, καθώς υπολογίστηκε $\rho=0.78$, όπως

φαίνεται στο κάτωθι διάγραμμα στο οποίο αναπαριστάται και η προσθετική εκθετική τάση της συσχέτισης με $R^2=0.9934$.



Εικόνα 237 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία 1968-2015

Αντίστοιχα, η ετεροσυσχέτιση βροχόπτωσης θερινούς 6 μήνες με δείκτη αγροτικής παραγωγής υπολογίστηκε με $\rho=0.028$, που καταδεικνύει ότι είναι σχεδόν ασυσχέτιστες οι απόλυτες μεταβλητές, ενώ η ετεροσυσχέτιση του ρυθμού μεταβολής των 2 μεγεθών υπολογίστηκε $\rho=0.68$, που καταδεικνύει αρκετά ισχυρή συσχέτιση στον τρόπο μεταβολής των δεδομένων.



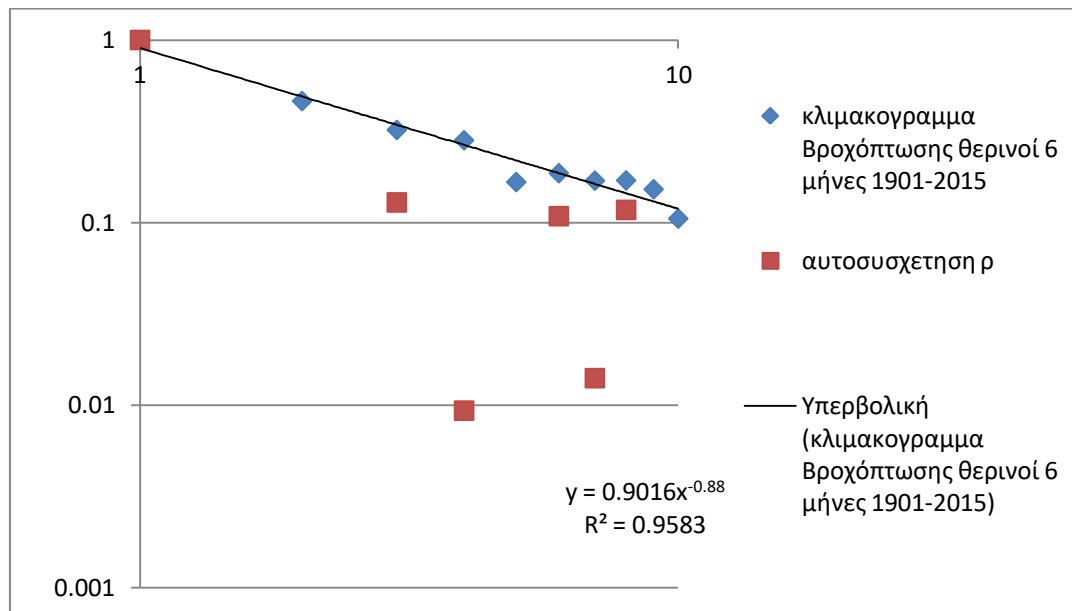
Εικόνα 238 Ετεροσυσχέτιση ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών με ρυθμός μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής 1968-2015

Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ αγροτικού ΑΕΠ και συνολικού ΑΕΠ στην Ινδία το 1968-2015 υπολογίστηκε $\rho=0.97$, που καταδεικνύει ότι τα 2 σύνολα δεδομένων μεταβάλλονται σχεδόν με το ίδιο τρόπο γραμμικά, άρα είναι πολύ ισχυρά συσχετισμένα, όπως είναι και αναμενόμενο, και ο συντελεστής συσχέτισης για το ρυθμός μεταβολής τους υπολογίστηκε $\rho=0.71$, που επίσης θεωρείται αρκετά, αλλά όχι το ίδιο ισχυρός.

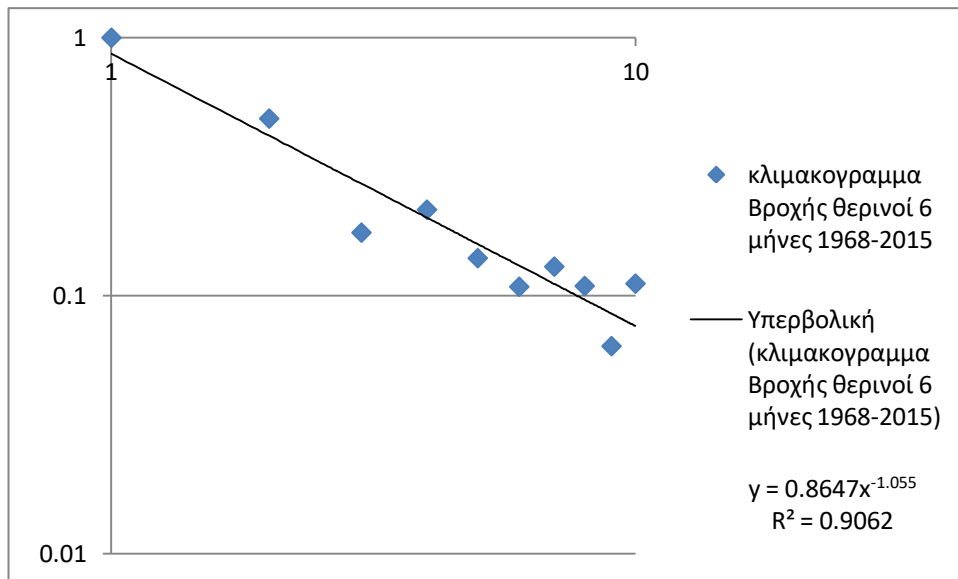
Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και ο υπολογισμός του συντελεστή ετεροσυσχέτισης μεταξύ του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης των θερινών 6 μηνών και του συνολικού ΑΕΠ της Ινδίας για τη χρονική περίοδο 1968-2015 που είναι $\rho = 0.49$, που δείχνει όχι τόσο ισχυρή συσχέτιση, χωρίς να σημαίνει ότι είναι και ασήμαντη.

4.6.1 Κλιμακόγραμμα και συντελεστής Hurst για βροχόπτωση θερινό εξάμηνο και υπόλοιπες παραμέτρους

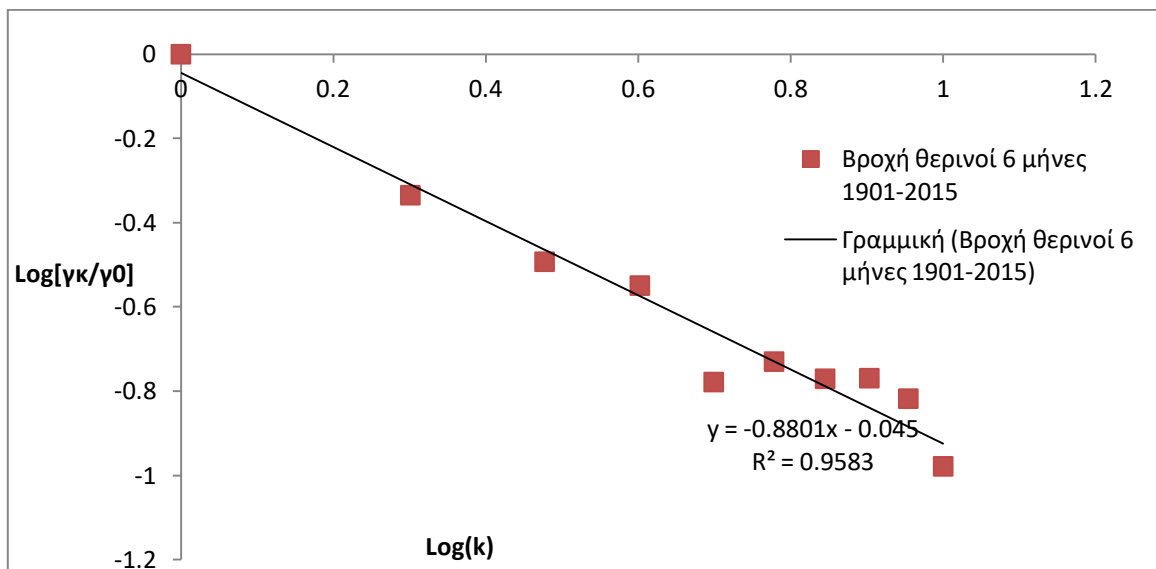
Το κλιμακόγραμμα για την αθροιστική βροχόπτωση τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία σε σχέση με την αυτοσυσχέτιση της χρονοσειράς υπολογίστηκε και φαίνεται παρακάτω τόσο για τη χρονική περίοδο 1901-2015 όσο και για τη 1968-2015. Το κλιμακόγραμμα παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα για την αυτοσυνδιασπορά της μεταβλητής απ ό τι η αυτοσυσχέτιση όπως φαίνεται και από το σχετικό διάγραμμα, στο οποίο προστίθεται υπερβολική τάση με $R^2 = 0.9583$.



Εικόνα 239 Κλιμακόγραμμα αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού 6 μήνες με αυτοσυσχέτιση ρ 1901-2015



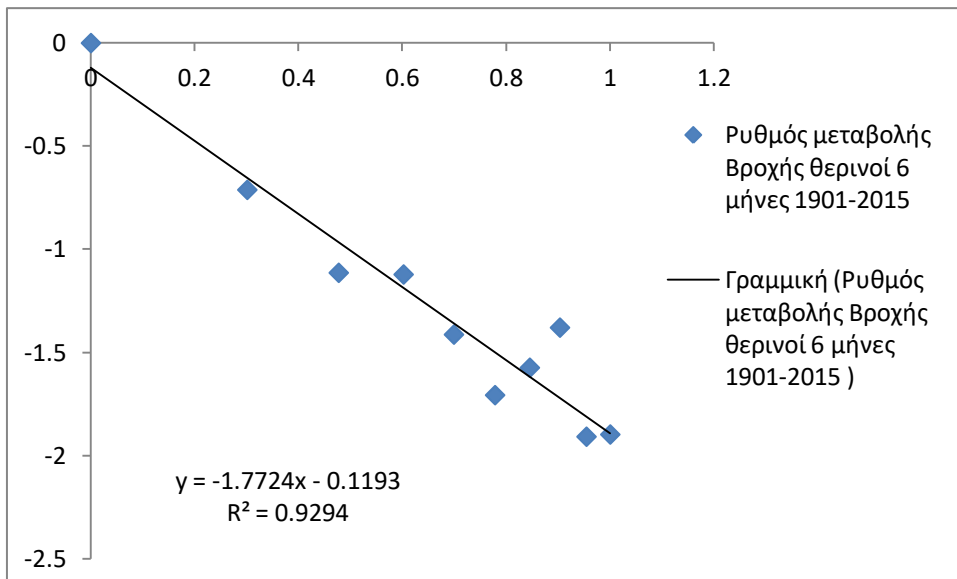
Εικόνα 240 Κλιμακόγραμμα Βροχόπτωσης θερινού 6 μήνες 1968-2015 και προσθήκη υπερβολικής τάσης με $R^2=0.9062$



Εικόνα 241 Κλιμακόγραμμα βροχόπτωσης θερινού εξαμήνου 1901-2015 στην Ινδία

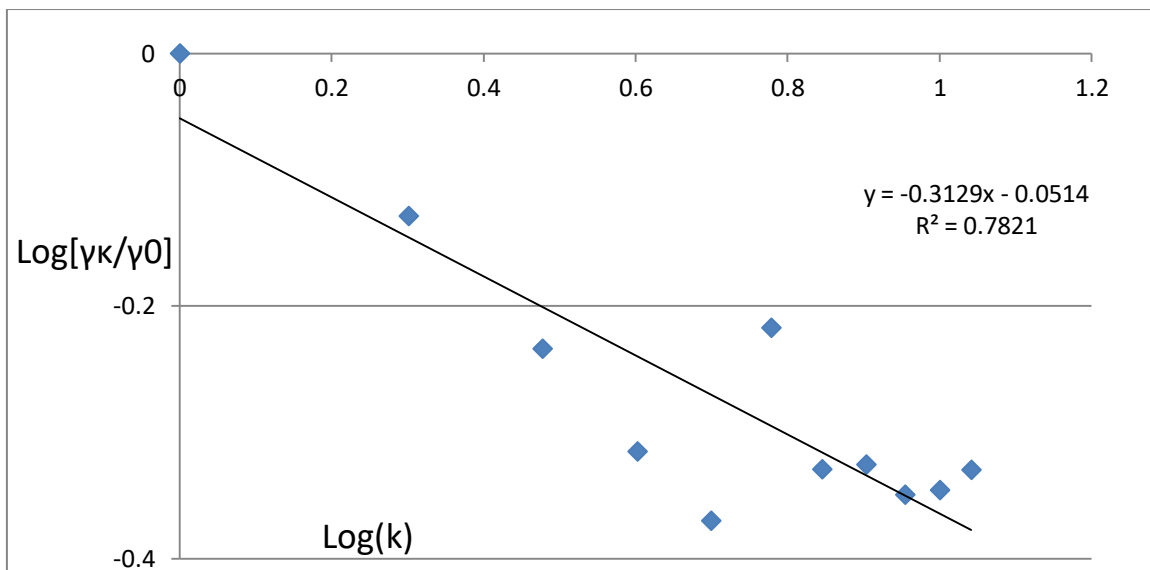
Υπολογίστηκε ο συντελεστής Hurst από το κλιμακόγραμμα και βρέθηκε $H=0.61$, που υποδεικνύει μικρή ύπαρξη εμμονής στο συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων.

Αντίστοιχα, υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα και ο συντελεστής Hurst για το ρυθμό μεταβολής της αθροιστικής βροχόπτωσης των θερινών 6 μηνών της Ινδίας για την περίοδο 1901-2015 και βρέθηκε ίσος με $H=0.123$, που καταδεικνύει ότι ο ρυθμός μεταβολής της βροχόπτωσης είναι ισχυρά αντιέμμοно φαινόμενο και δεν παρουσιάζεται σχεδόν καθόλου ομαδοποίηση ακραίων τιμών (υψηλών ή χαμηλών) στο ρυθμό μεταβολής της τυχαίας μεταβλητής.



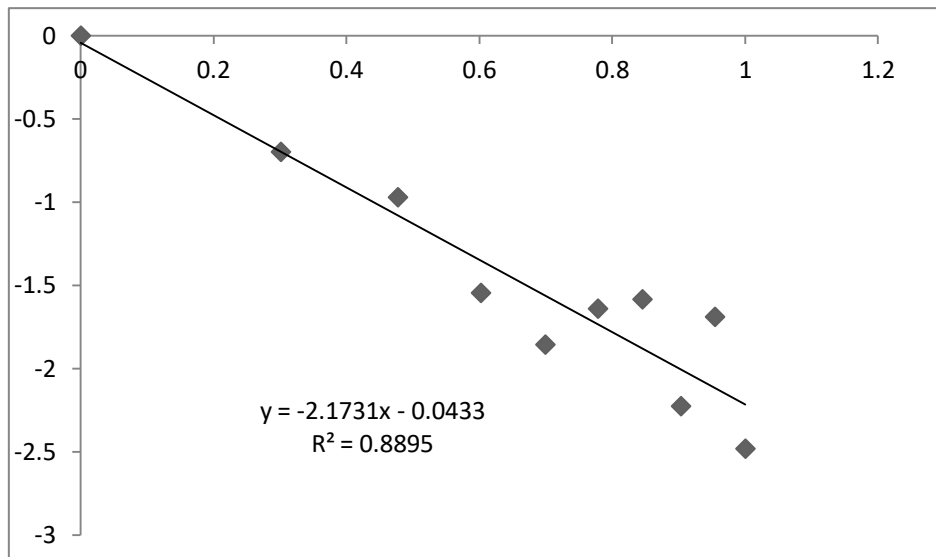
Εικόνα 242 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών 1901-2015 και προσθήκη γραμμικής τάσης

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα και ο συντελεστής Hurst για τη θερμοκρασία των θερινών 6 μηνών στην Ινδία το 1901-2015 και αποτυπώνεται παρακάτω. Ο συντελεστής Hurst υπολογίστηκε $H=0.93$.

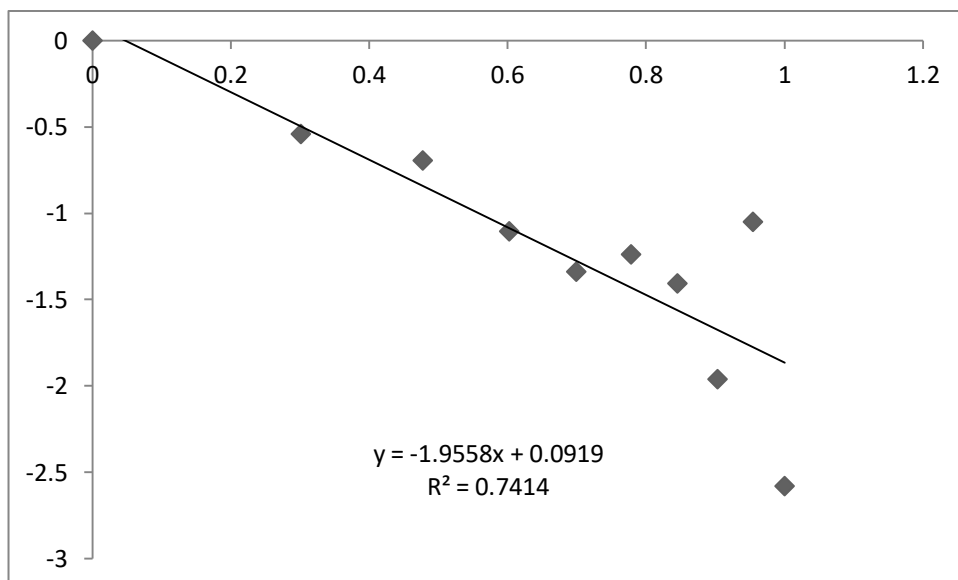


Εικόνα 243 Κλιμακόγραμμα μέσω των όρων θερμοκρασίας για τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία 1901-2015

Υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα και ο συντελεστής Hurst για το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ και βρέθηκε ίσος με $H=0.149$, που καταδεικνύει επίσης ότι πρόκειται για αντιέμμοιο φαινόμενο και δεν παρουσιάζεται ομαδοποίηση ακραίων τιμών στο ρυθμό μεταβολής, δηλαδή δεν υπάρχει φαινόμενο εμμονής στο συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Αντίστοιχα, για το ρυθμό μεταβολής αγροτικής παραγωγής ισχύουν τα ίδια και υπολογίστηκε ο συντελεστής $H=0.133$.



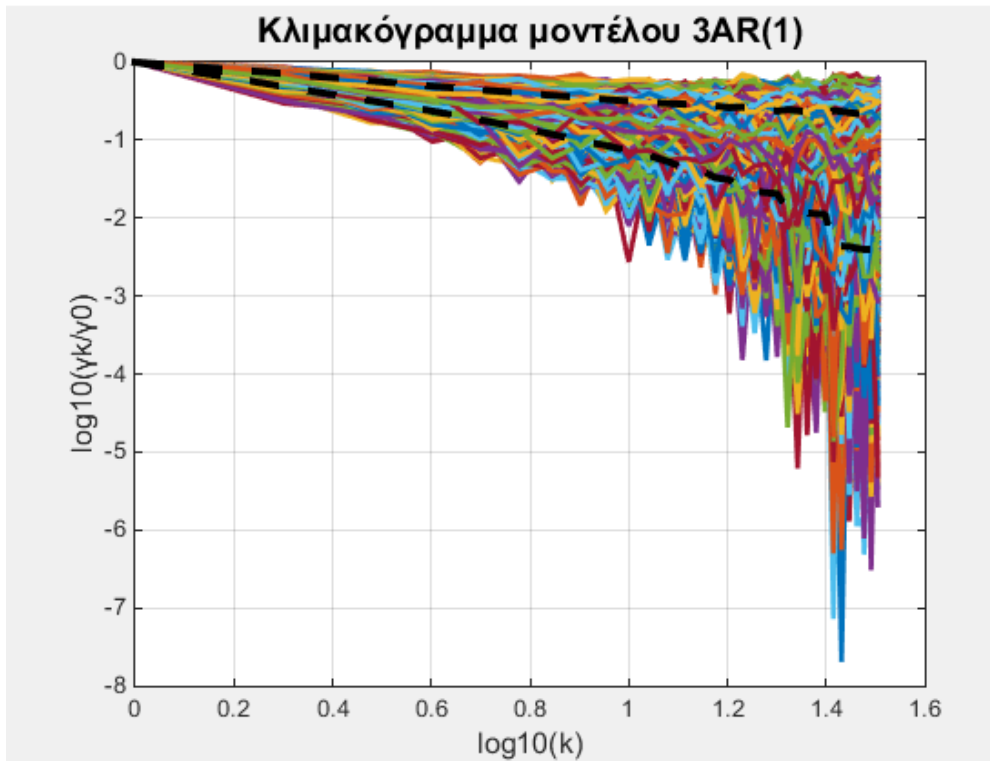
Εικόνα 244 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία 1968-2015



Εικόνα 245 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI 1968-2015

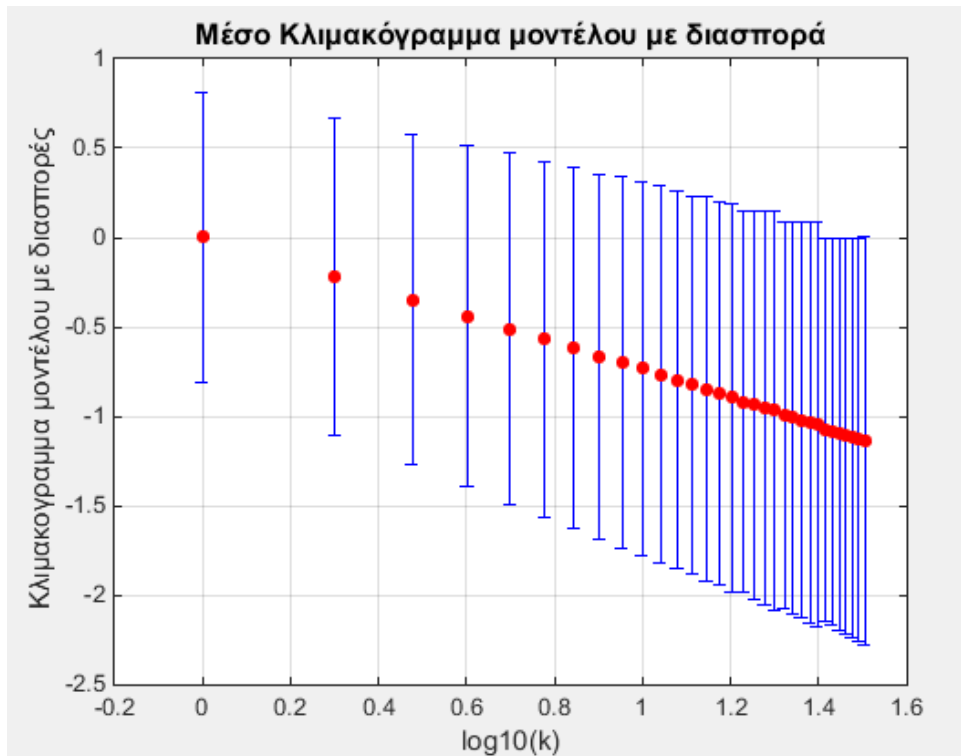
4.6.2 Κλιμακόγραμμα και συντελεστής Hurst μοντέλου $3AR(1)$ για βροχόπτωση για 100 έτη διαχείρισης

Αφού υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα και ο συντελεστής Hurst για τα δεδομένα της βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο 1901-2015 και παρατέθηκαν παραπάνω, υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα του μοντέλου απλής ομοιοθεσίας που κατασκευάστηκε παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, προέκυψαν 1.000.000 συνθετικά κλιμακογράμματα από κάθε συνθετική χρονοσειρά των προσομιείσεων και υπολογίστηκε η μέση τιμή των 1.000.000 κλιμακογραμμάτων και απεικονίστηκε στο παρακάτω διάγραμμα.



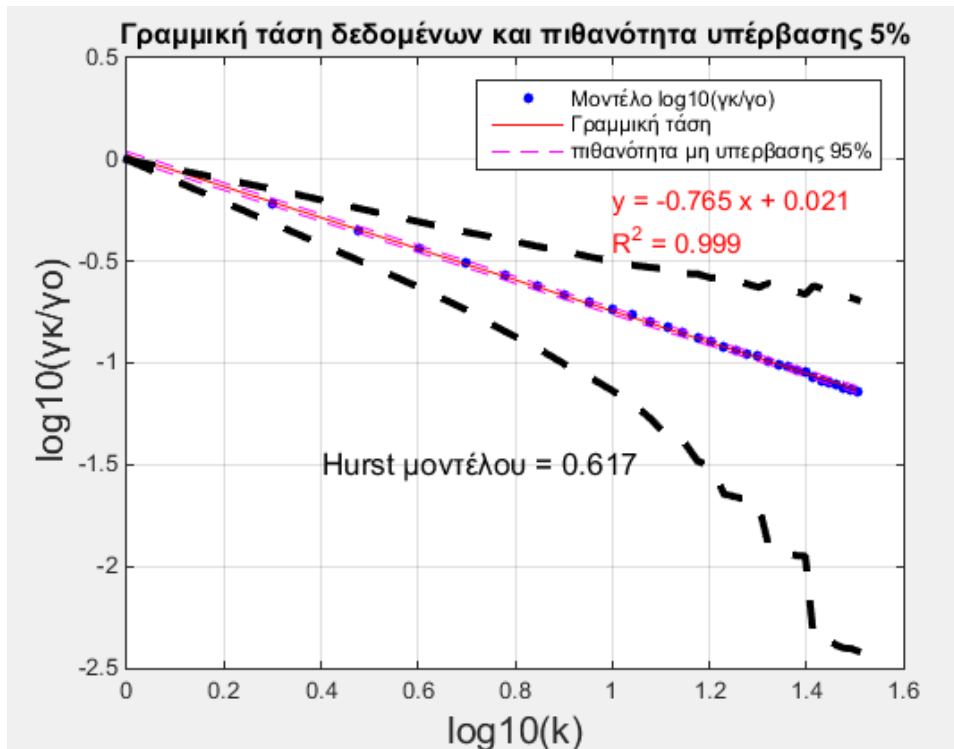
Εικόνα 246 Κλιμακόγραμμα μοντέλου 3AR(1) με εύρος υπέρβασης 5% των προσομοιώσεων

Έχοντας υπολογίσει στο Matlab το μέσο κλιμακόγραμμα του μοντέλου 3AR(1) για τη βροχοπτώση αποτυπώθηκε σε διάγραμμα μαζί με τα τυπικά σφάλματα των τιμών του κλιμακογράμματος, που υπολογίστηκαν ως η τυπική απόκλιση των τιμών διά τη μέση τιμή με την εντολή `errbar` στο περιβάλλον του Matlab και φαίνεται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, με τη συγκεκριμένη εντολή στο Matlab φαίνεται σε κάθε τιμή του μέσου κλιμακογράμματος μία απόσταση πάνω από την τιμή και μία απόσταση ίση με την προηγούμενη κάτω από τη τιμή. Αυτή η απόσταση είναι το σφάλμα που αναφέρθηκε εκφρασμένο σε όρους τυπικής απόκλισης.



Εικόνα 247 Μέσο κλιμακόγραμμα μοντέλου $3AR(1)$ με διασπορά

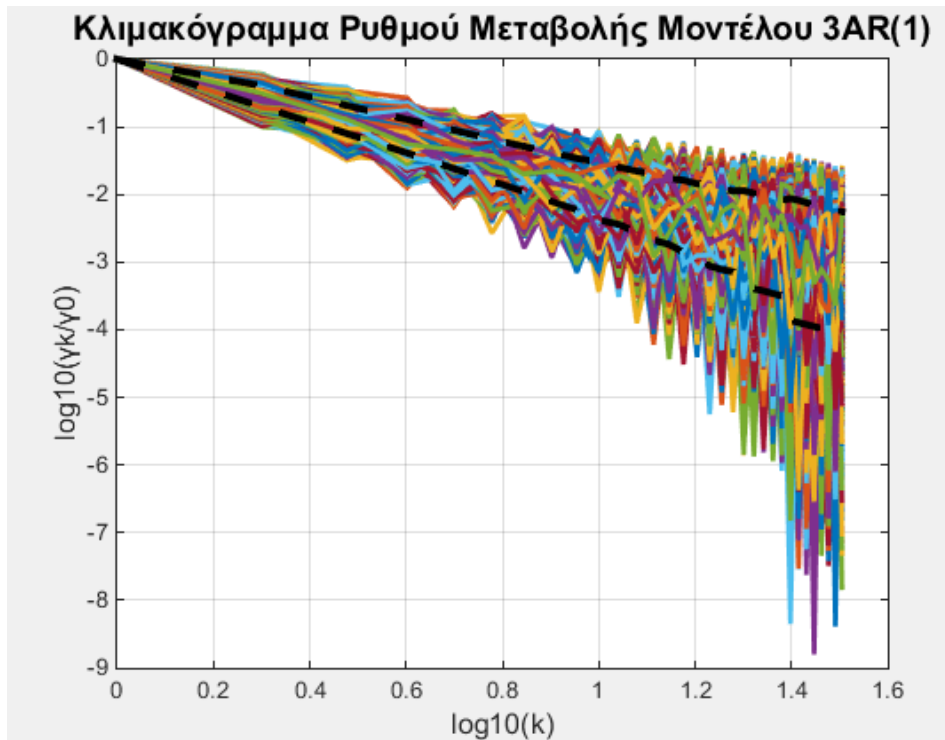
Επίσης, έγινε γραμμική παλινδρόμηση στις τιμές του μέσου κλιμακογράμματος και υπολογισμός της κλίσης της ευθείας για τον υπολογισμό του συντελεστή Hurst του μοντέλου βροχόπτωσης και σύγκριση με τον συντελεστή των πραγματικών δεδομένων. Εκτός από την αναπαράσταση γραμμικής τάσης στο μέσο κλιμακόγραμμα και υπολογισμός της εξίσωσης στο Matlab, παρατίθεται και το εύρος τιμών του μέσου κλιμακογράμματος με πιθανότητα 95% να βρίσκονται όλες οι τιμές μέσα στο εμφανιζόμενο διάστημα. Σχετικοί υπολογισμοί παρατίθενται στο παράρτημα στο τέλος του τεύχους σε κώδικα στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab.



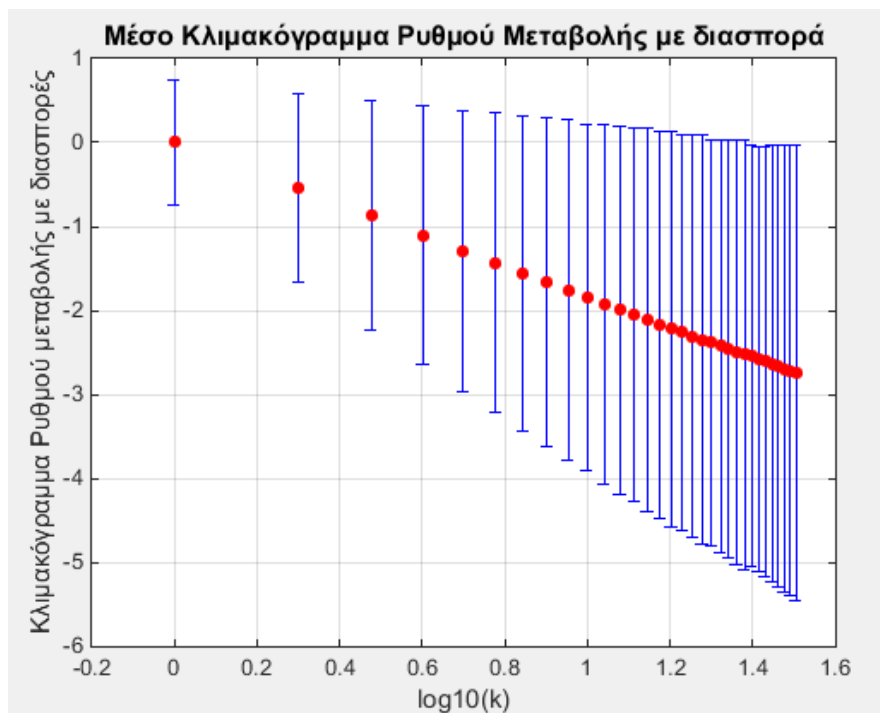
Εικόνα 248 Κλιμακόγραμμα μοντέλου 3AR(1) με γραμμική τάση και πιθανότητα μή υπέρβασης των τιμών 95%

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής Hurst από την κλίση της ευθείας προέκυψε $H=0.61$, καθώς η εξίσωση που υπολογίστηκε έχει συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0.995$.

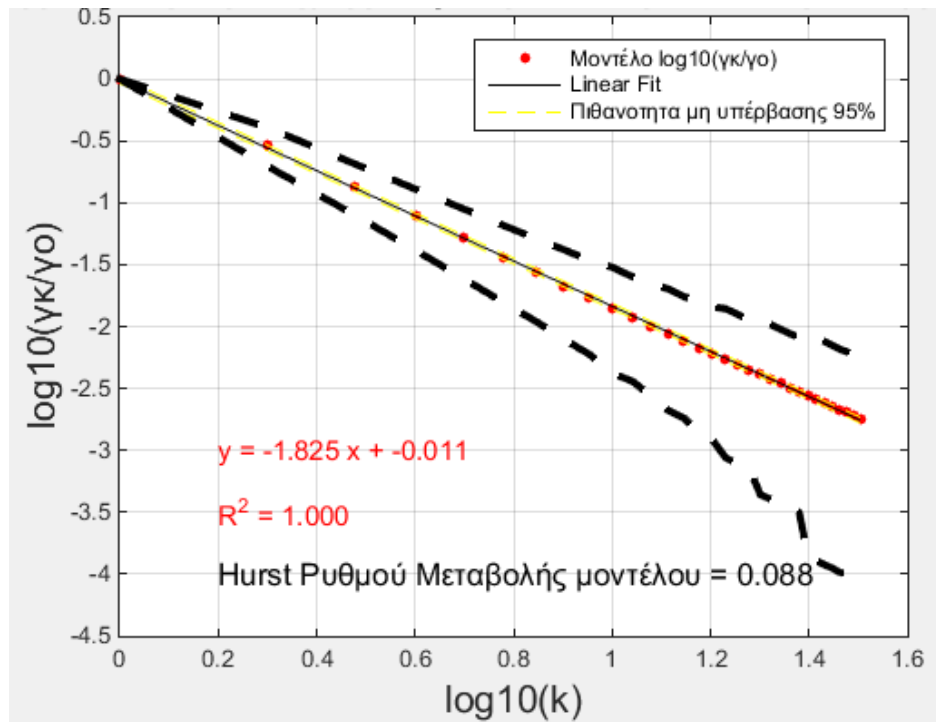
Αντίστοιχα, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για το ρυθμό μεταβολής των συνθετικών χρονοσειρών και υπολογίστηκαν 100.000 συνθετικά κλιμακογράμματα ρυθμού μεταβολής, καθώς και η μέση τιμή των συνθετικών αυτών προς κατάληξη στο μέσο κλιμακόγραμμα του ρυθμού μεταβολής του μοντέλου για να γίνει η σύγκριση με τα πραγματικά δεδομένα του ρυθμού μεταβολής της βροχοπτώσης και να ελεγχθεί η αξιοπιστία του μοντέλου.



Εικόνα 249 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου 3AR(1) με εύρος υπέρβασης 5% των προσομοιώσεων

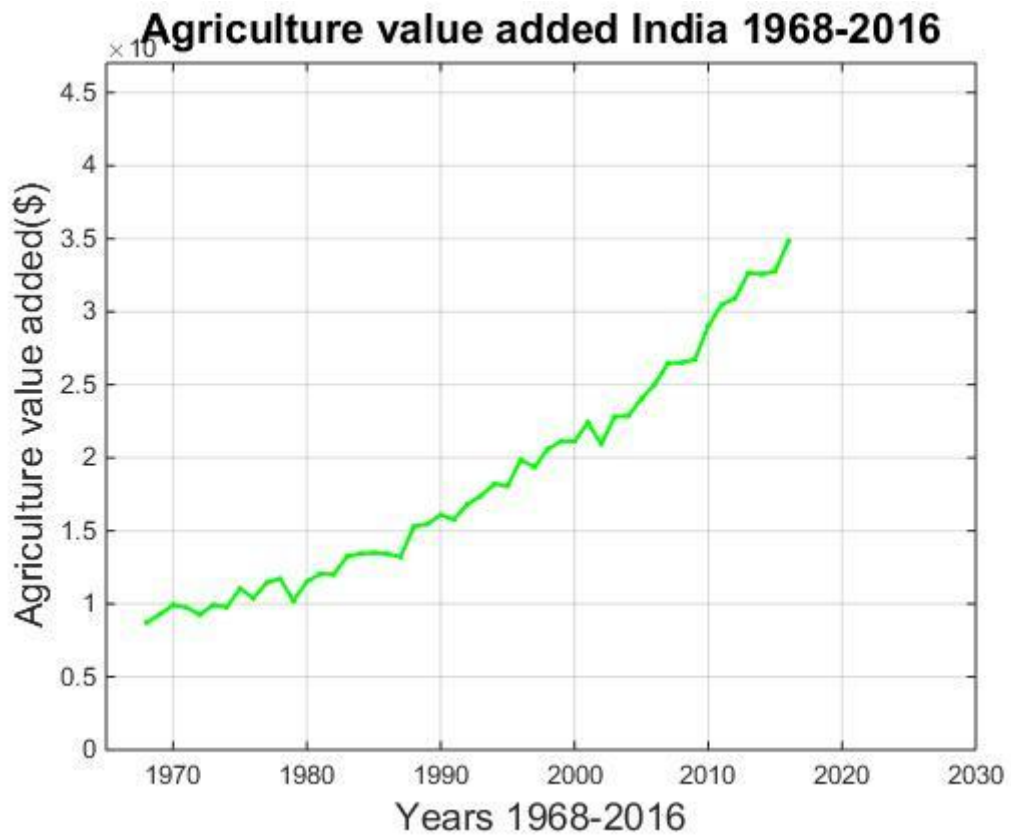


Εικόνα 250 Μέσο κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου με διασπορά

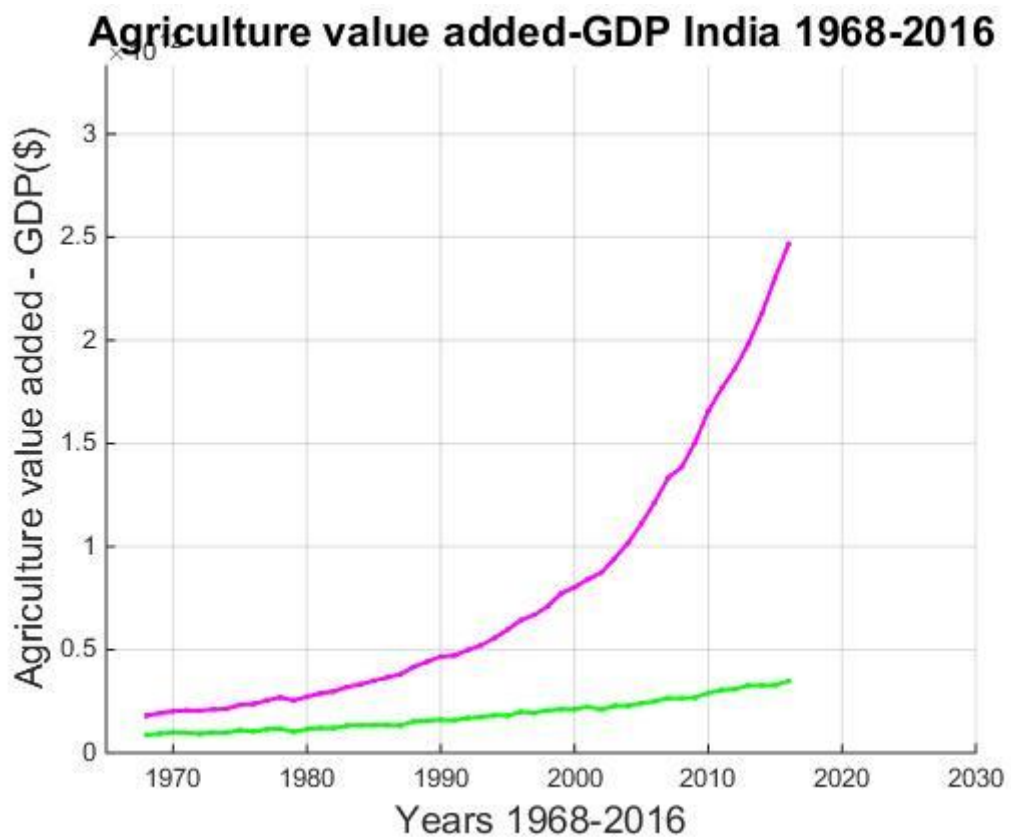


Εικόνα 251 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου $3AR(1)$ με γραμμική εξίσωση και πιθανότητα μη υπέρβασης 95%

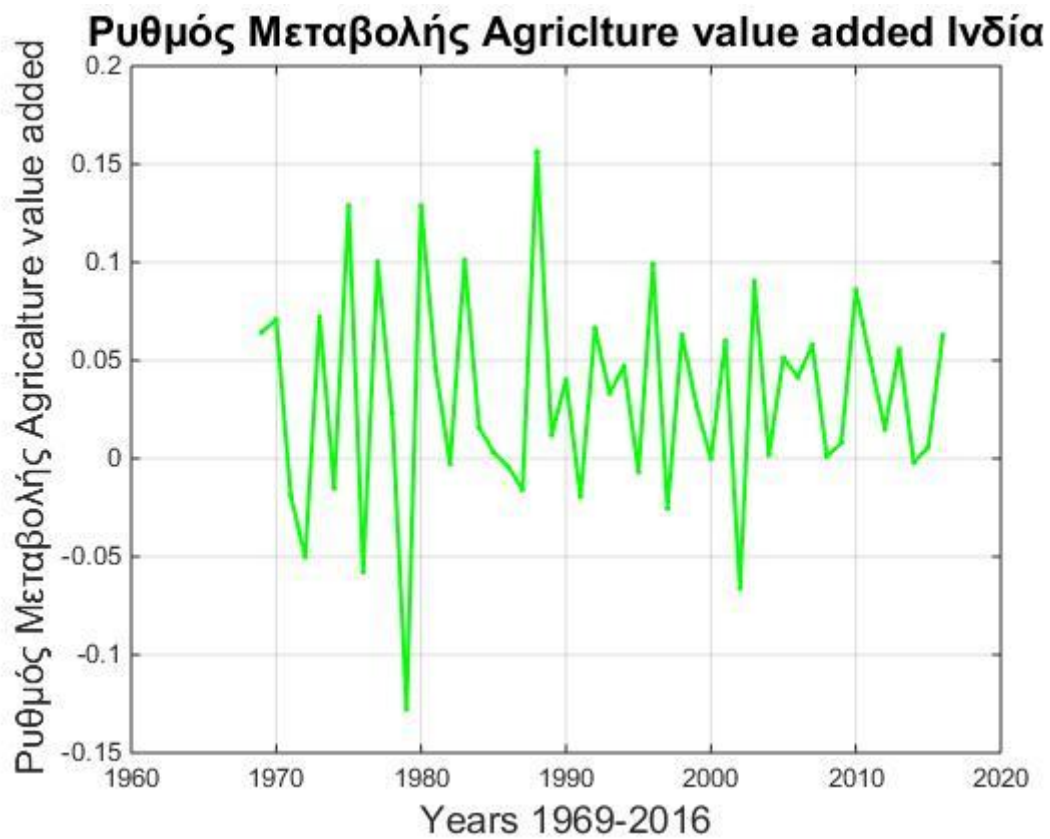
4.6.3 Αγροτικό ΑΕΠ, Συνολικό ΑΕΠ και δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI και ρυθμός μεταβολής τους Ινδία 1968-2015 στο Matlab



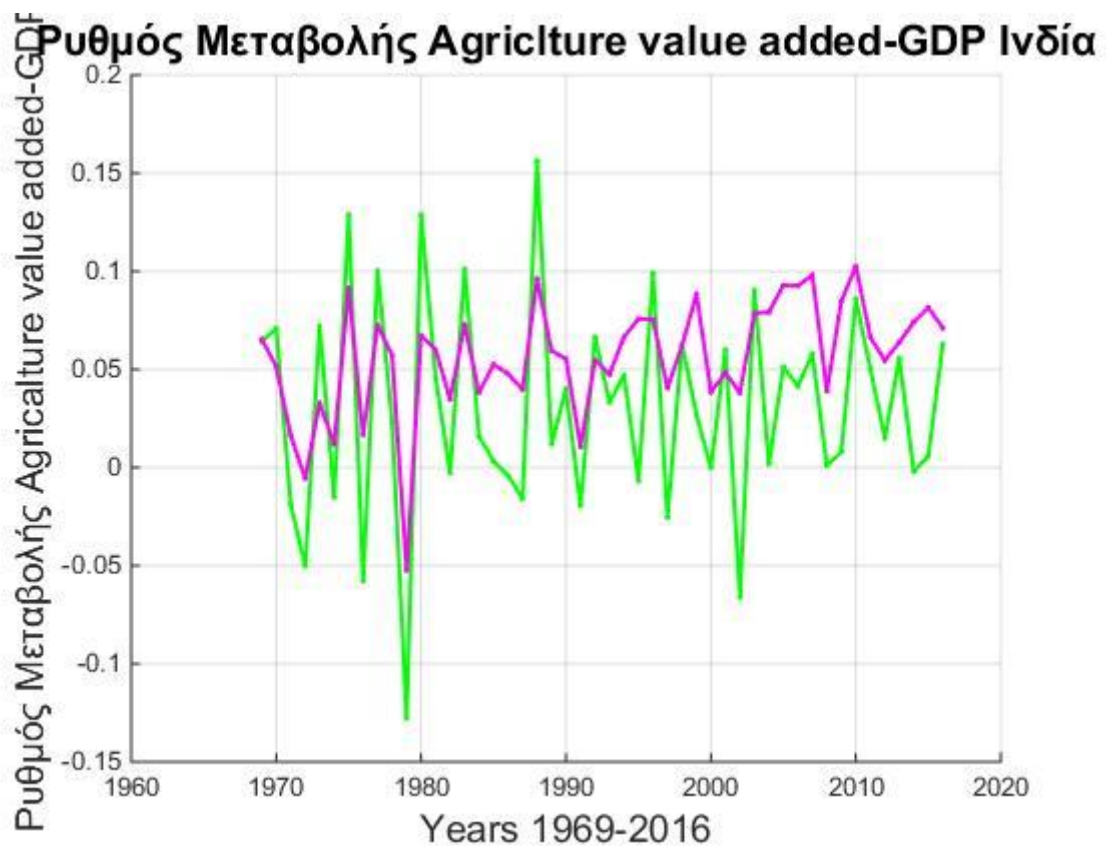
Εικόνα 252 Αγροτικό ΑΕΠ Ινδία 1968-2016



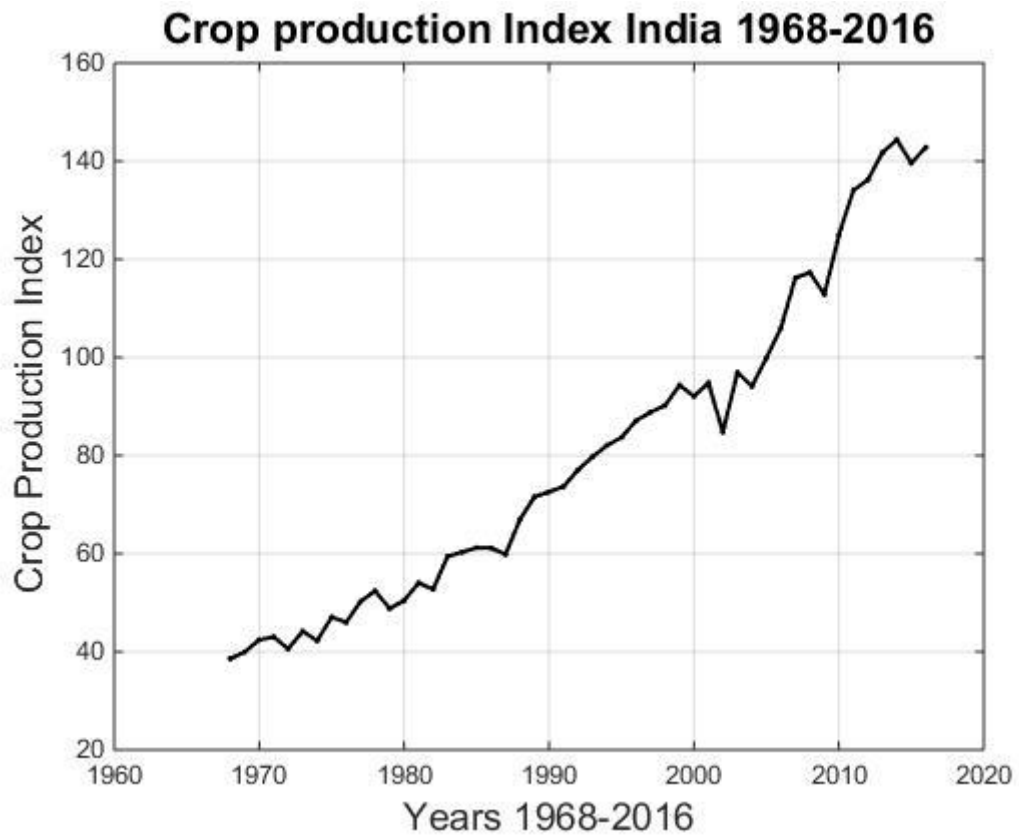
Εικόνα 253 Αγροτικό ΑΕΠ - Συνολικό ΑΕΠ Ινδία 1968-2016



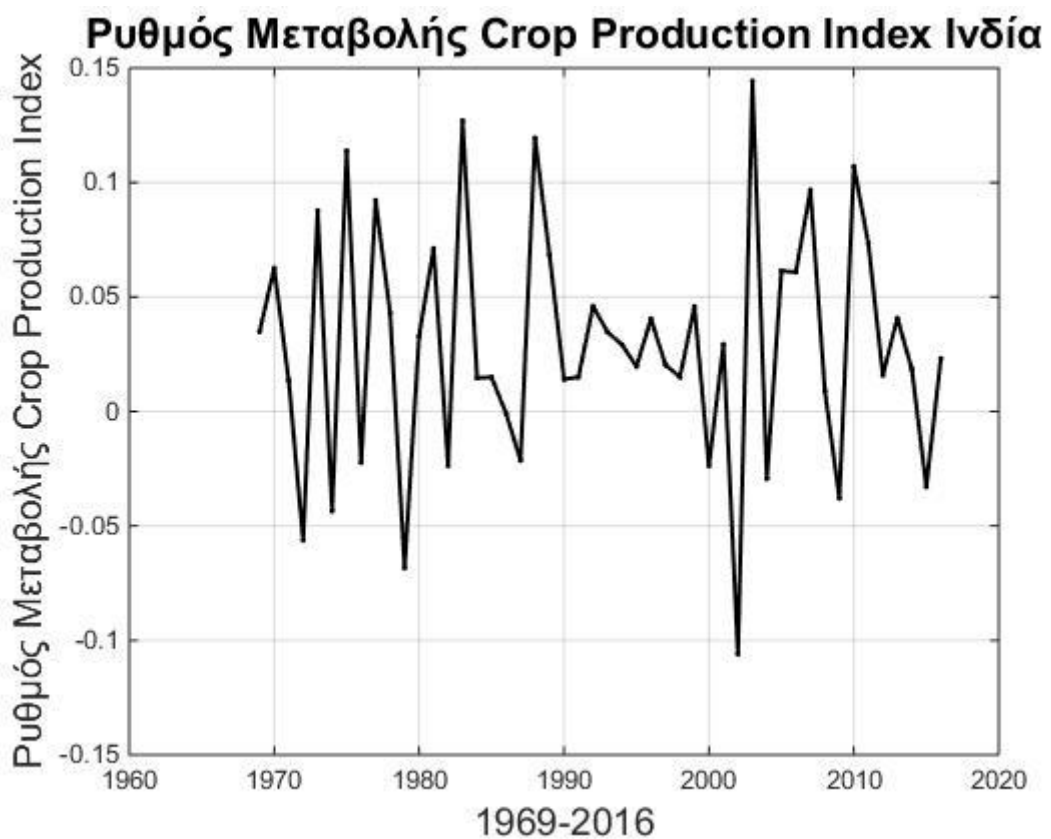
Εικόνα 254 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ Ινδία 1968-2016



Εικόνα 255 Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ - Συνολικού ΑΕΠ Ινδία 1968-2016

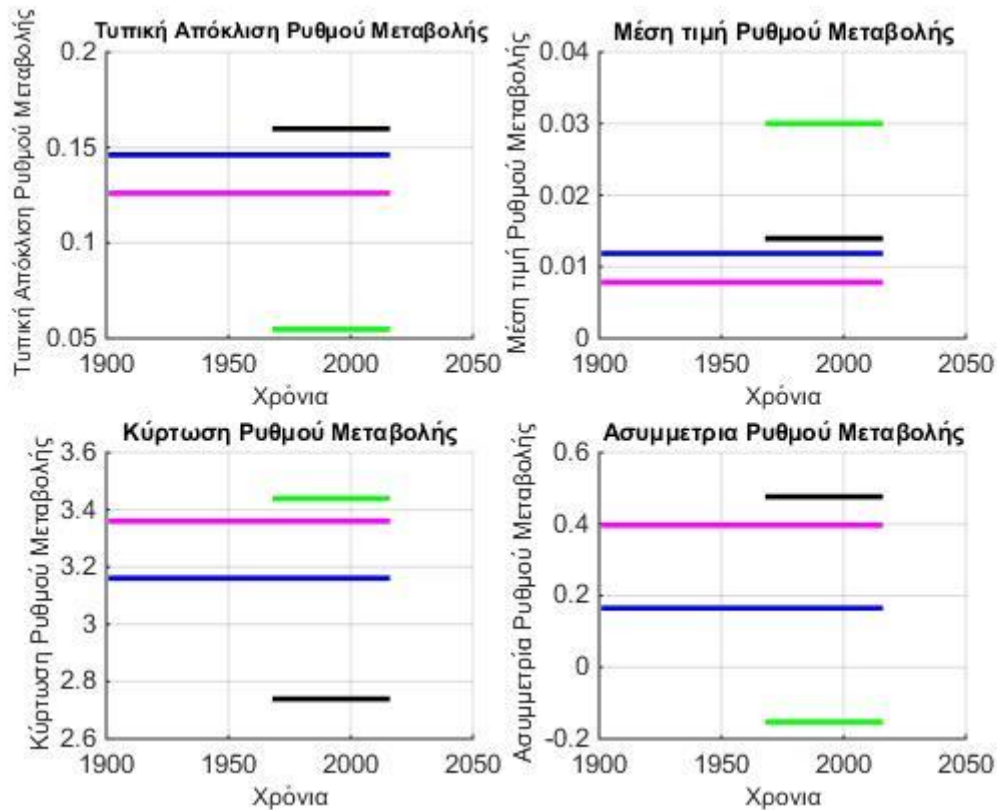


Εικόνα 256 Δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI Ινδία. 1968-2016



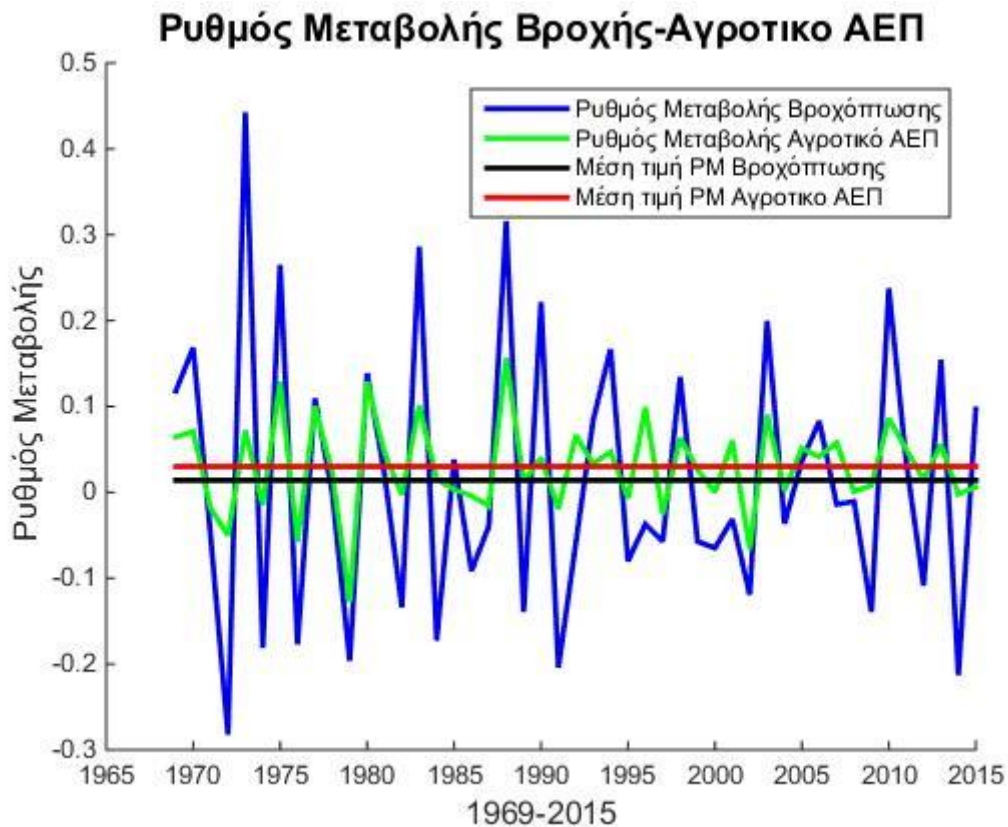
Εικόνα 257 Ρυθμός μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής Ινδία 1968-2016

Επίσης, παρατίθενται παρακάτω διαγράμματα, στα οποία αναγράφονται οι ρυθμοί μεταβολής που προέκυψαν από τα δεδομένα παρατήρησης και το μοντέλο 3AR(1) για το Αγροτικό ΑΕΠ και την αθροιστική βροχόπτωση θερινού εξαμήνου. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφονται τα περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά για το ρυθμό μεταβολής του Αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015 με πράσινο χρώμα, ο ρυθμός μεταβολής της αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού εξαμήνου 1968-2015 με μαύρο χρώμα, ο ρυθμός μεταβολής αθροιστικής βροχόπτωσης θερινού εξαμήνου 1901-2015 με μπλε χρώμα και ο ρυθμός μεταβολής της συνθετικής βροχόπτωσης που προέκυψε από το μοντέλο 3AR(1) με ιώδες χρώμα. Αναγράφεται η τυπική απόκλιση, η μέση τιμή, η κύρτωση και η ασυμμετρία.



Εικόνα 258 Στατιστικά χαρακτηριστικά ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης και αγροτικού ΑΕΠ συγκεντρωτικά

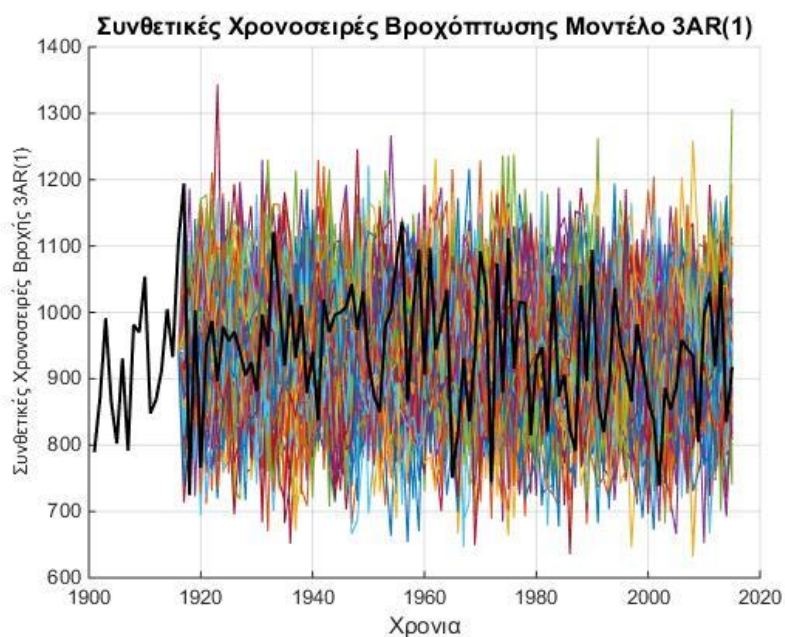
Σχεδιάστηκε επίσης διάγραμμα με το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης και του αγροτικού ΑΕΠ καθώς και της μέσης τιμής του για λόγους σύγκρισης.



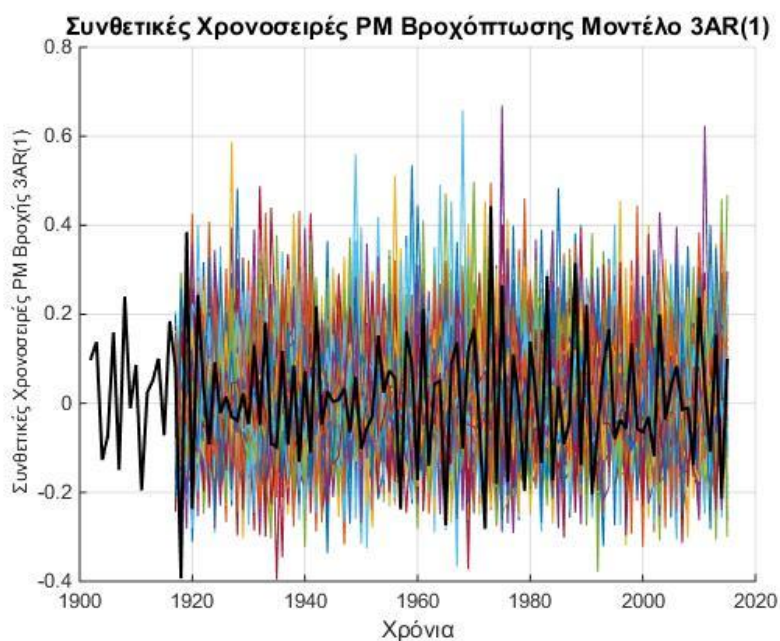
Εικόνα 259 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης - αγροτικού ΑΕΠ με μέσες τιμές

4.6.4 Μοντέλο $3AR(1)$ για ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ

Όπως υπολογίστηκαν από το μοντέλο προέκυψαν από τις προσομοιώσεις 1.000.000 συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης για το θερινό εξάμηνο της Ινδίας για τα μελλοντικά χρόνια διαχείρισης της, καθώς και υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής κάθε μίας από αυτές τις χρονοσειρές και συγκρίνονται με τις πραγματικές χρονοσειρές δεδομένων βροχόπτωσης και ρυθμού μεταβολής, όπως προέκυψαν στους αρχικούς υπολογισμούς.

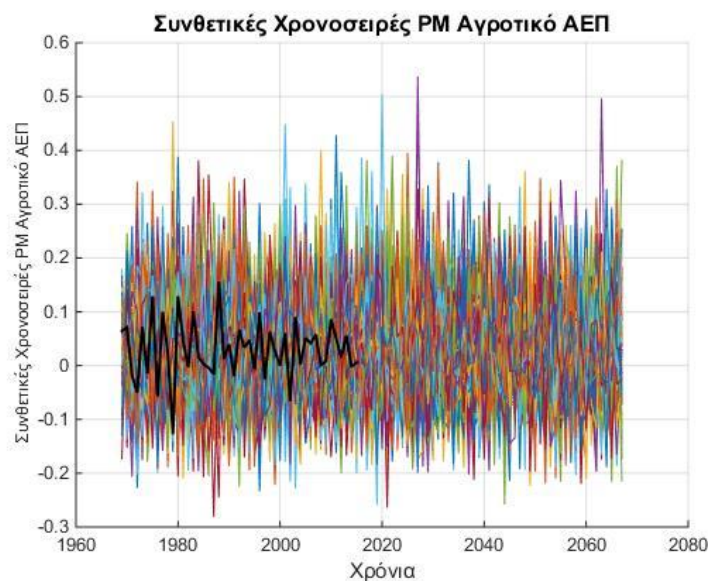


Εικόνα 260 Συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης από μοντέλο 3AR(1) με σύγκριση πραγματικής



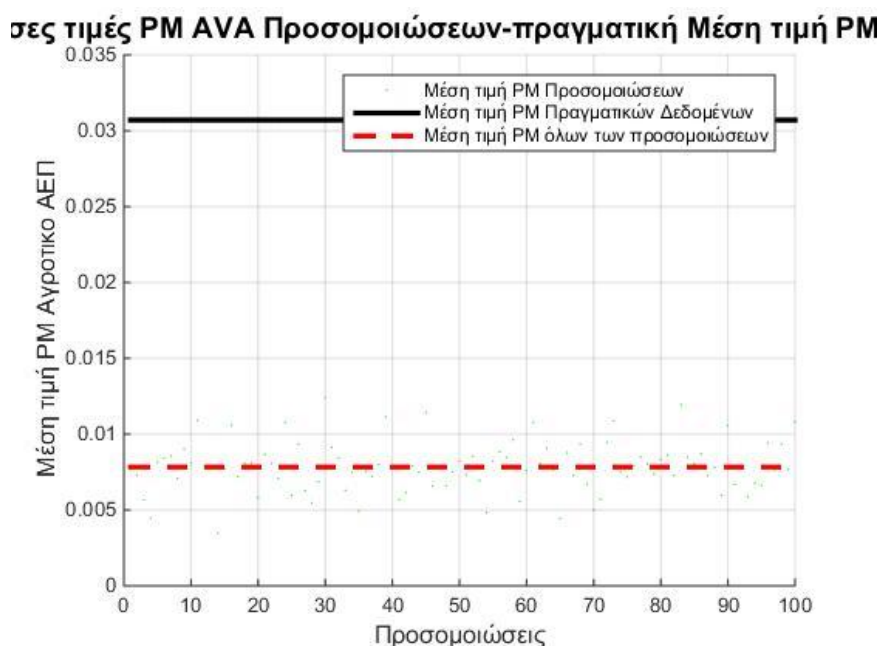
Εικόνα 261 Συνθετικές χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης από μοντέλο 3AR(1) με σύγκριση πραγματικού

Έπειτα, έχοντας υπολογίσει το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ για τα δεδομένα που εξήχθησαν από τη Παγκόσμια Τράπεζα για το 1968-2016, με ίδιο μοντέλο απλής ομοιοθεσίας 3AR(1) προέκυψαν, κάνοντας τον ίδιο αριθμό προσομοιώσεων, 100.000 συνθετικές χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ και συγκρίνονται με τον παρατηρημένο ρυθμό μεταβολής τα χρόνια μελέτης.



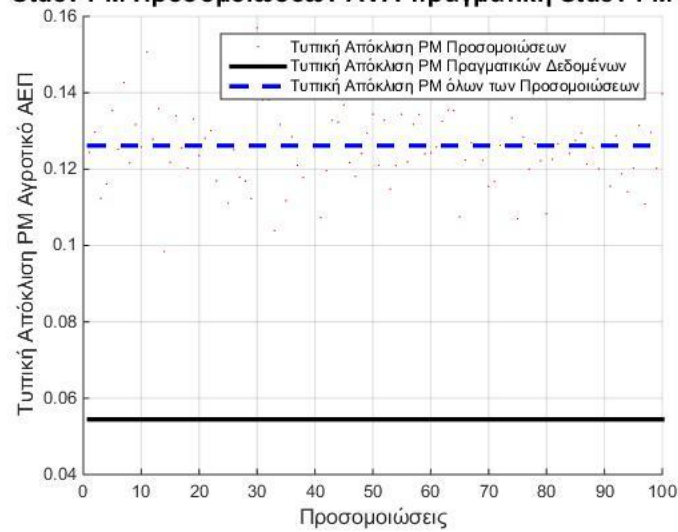
Εικόνα 262 Συνθετικές χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ από μοντέλο $3AR(1)$ με σύγκριση πραγματικού ρυθμού μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ

Από το μοντέλο προέκυψαν 100.000 συνθετικές χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ στην Ινδία και χρειάστηκε να γίνει ο έλεγχος του μοντέλου για το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ υπολογίζοντας σαν πρώτο βήμα τα στατιστικά χαρακτηριστικά κάθε συνθετικής χρονοσειράς του μοντέλου αγροτικού ΑΕΠ όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η ασυμμετρία, η κύρτωση και η διάμεσος. Σαν δεύτερο βήμα υπολογίστηκε η μέση τιμή των στατιστικών χαρακτηριστικών των συνθετικών χρονοσειρών και έγινε η σύγκριση τους με τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δεδομένων παρατήρησης για να συναχθούν συμπεράσματα για την αξιοπιστία του μοντέλου απλής ομοιοθεσίας για το αγροτικό ΑΕΠ. Τα παραπάνω στατιστικά χαρακτηριστικά απεικονίζονται σε σχετικά διαγράμματα που υπολογίστηκαν μετά από 1.000.000 προσομοιώσεις του μοντέλου και σχολιάζονται τα αποτελέσματα.



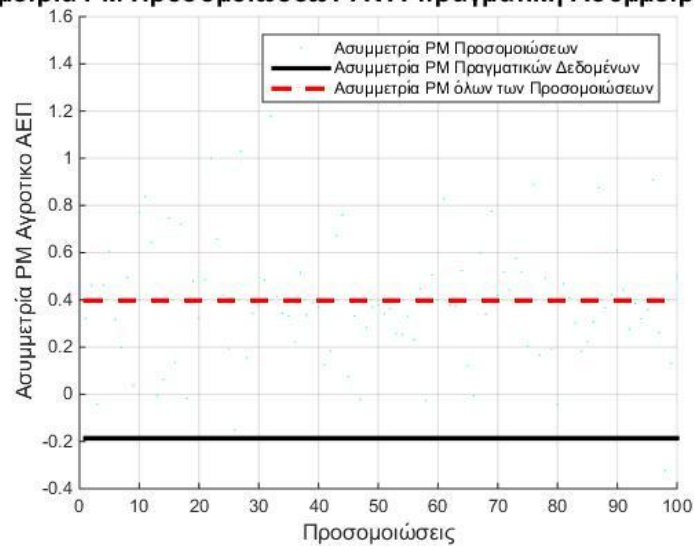
Εικόνα 263 Μέσες τιμές PM αγροτικού ΑΕΠ μοντέλου - Μέση τιμή πραγματικών δεδομένων

Stdev PM Προσομοιώσεων AVA-πραγματική Stdev PM AVA

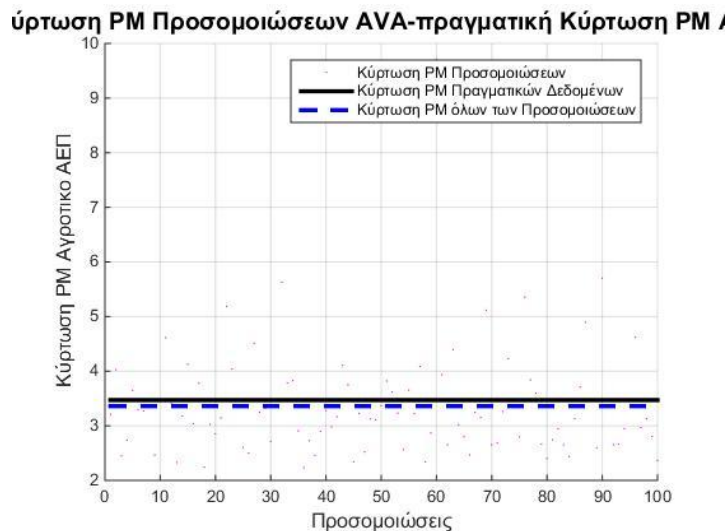


Εικόνα 264 Τυπική απόκλιση PM αγροτικού ΑΕΠ μοντέλου - Τυπική απόκλιση πραγματικών δεδομένων

Ασυμμετρία PM Προσομοιώσεων AVA-πραγματική Ασυμμετρία PI



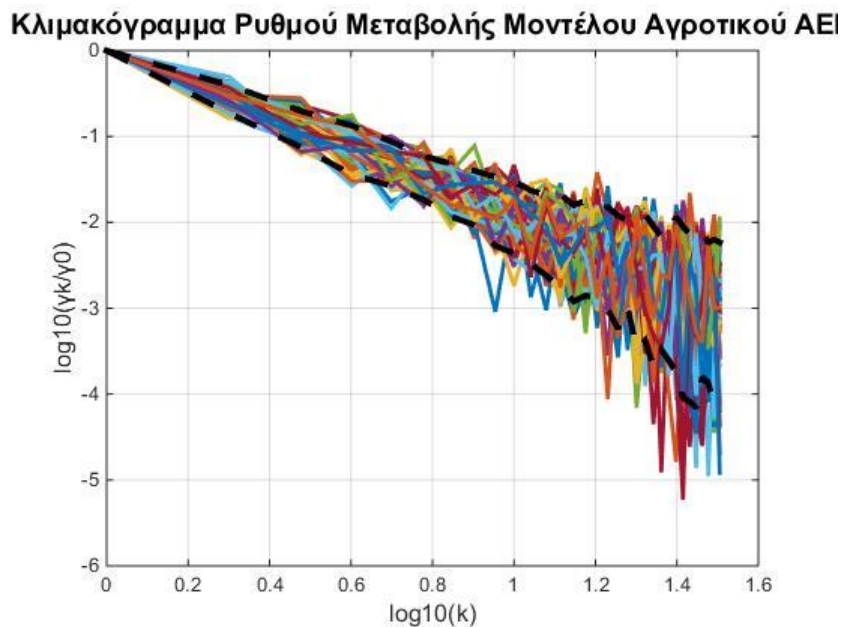
Εικόνα 265 Ασυμμετρία PM αγροτικού ΑΕΠ μοντέλου - Ασυμμετρία πραγματικών δεδομένων



Εικόνα 266 Κύρτωση PM αγροτικού ΑΕΠ μοντέλου - Κύρτωση πραγματικών δεδομένων

4.6.5 Κλιμακόγραμμα μοντέλου 3AR(1) για ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ

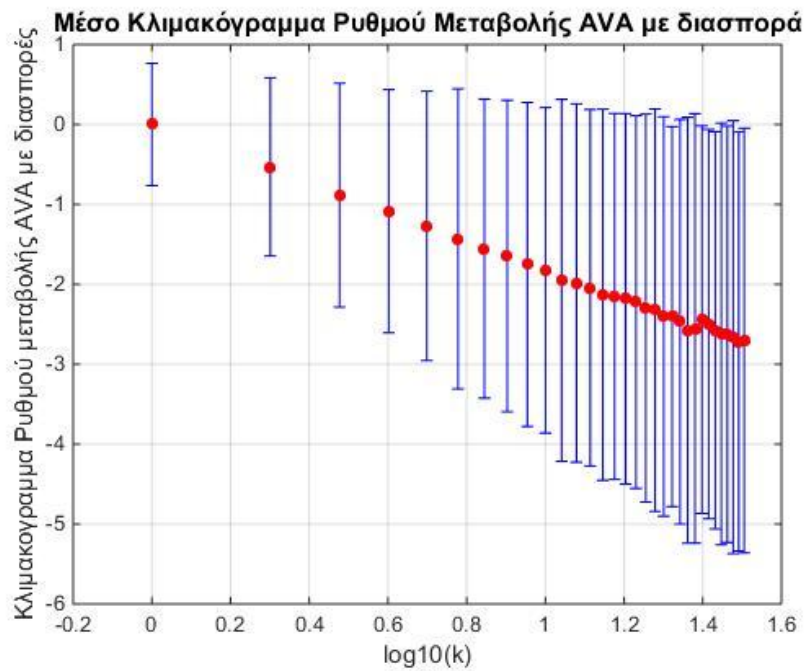
Με την ίδια μέθοδο υπολογισμού που υπολογίστηκε το μέσο κλιμακόγραμμα για το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης από το μοντέλο απλής ομοιοθεσίας, υπολογίστηκε και το μέσο κλιμακόγραμμα για το μοντέλο 3AR(1) του ρυθμού μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ της Ινδίας για μελλοντικά χρόνια διαχείρισης.



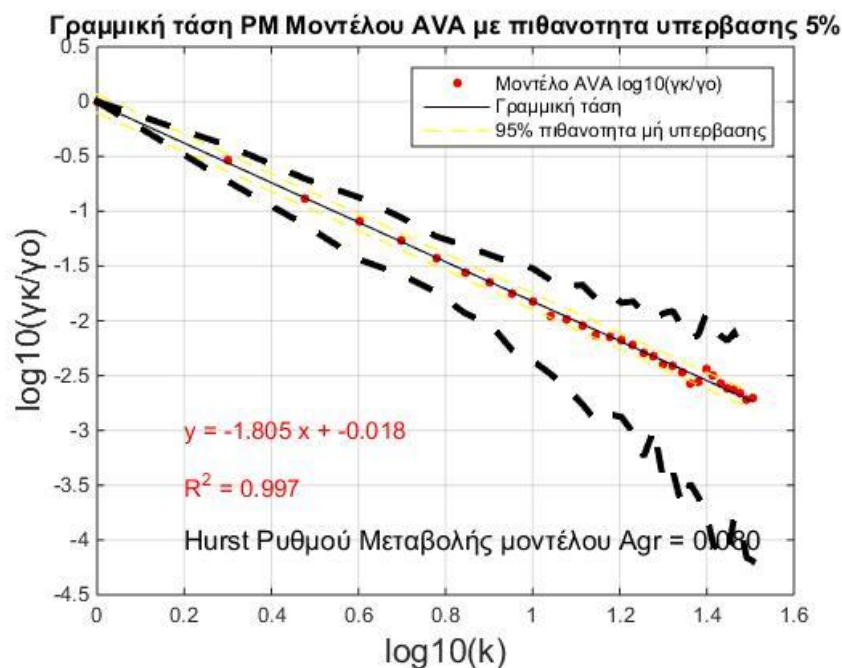
Εικόνα 267 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου αγροτικού ΑΕΠ με εύρος υπέρβασης 5% προσομοιώσεων

Αντίστοιχα, όπως και με το μέσο κλιμακόγραμμα της βροχόπτωσης που προέκυψε παραπάνω από το μοντέλο, υπολογίστηκε το μέσο κλιμακόγραμμα με τις διασπορές σε κάθε τιμή σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab, καθώς και έγινε γραμμική παλινδρόμηση στο μέσο κλιμακόγραμμα του μοντέλου για να βρεθεί η εξίσωση που το περιγράφει με πιθανότητα μη υπέρβασης των τιμών 95%. Υπολογίστηκε ο συντελεστής

Hurst του μοντέλου για το ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ και συγκρίνεται με τον συντελεστή Hurst που υπολογίστηκε από τα δεδομένα παρατήρησης του ρυθμού μεταβολής για το αγροτικό ΑΕΠ.



Εικόνα 268 Μέσο κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ με διασπορές



Εικόνα 269 Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ μοντέλου με γραμμική εξίσωση περιγραφής του και πιθανότητα υπέρβασης τιμών 5%

Παρατηρείται, για λόγους σύγκρισης, ότι ο συντελεστής Hurst από την κλίση της ευθείας υπολογίστηκε $H=0.08$ και η εξίσωση που περιγράφει το κλιμακόγραμμα βρέθηκε να έχει συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.997$.

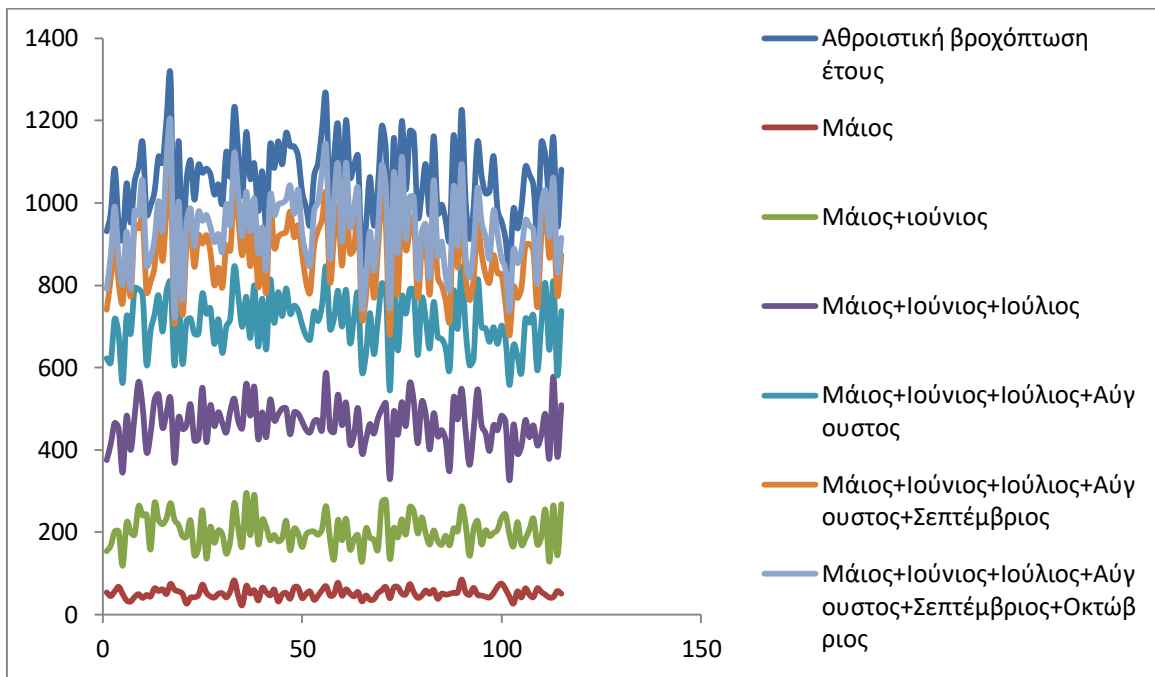
4.7 Διερεύνηση συσχετίσεων βροχόπτωσης με αγροτικό ΑΕΠ μέσα στο θερινό εξάμηνο και εφαρμογή για βελτιστοποίηση

Σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας υπολογίστηκε η αθροιστική ετήσια βροχόπτωση για την Ινδία το 1901-2015, καθώς και ο ρυθμός μεταβολής της και αναπαραστάθηκαν τα αποτελέσματα σε σχετικά διαγράμματα. Σκοπός, βέβαια, της παρούσας εργασίας όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι η βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ με εφαρμογή στην Ινδία αξιοποιώντας δεδομένα βροχόπτωσης, καθώς έχει γίνει αντιληπτό ότι τα δεδομένα βροχόπτωσης που αξιοποιούνται είναι το θερινό εξάμηνο κάθε έτους. Παρόλα αυτά, χρειάζεται να γίνει διερεύνηση μέσα στο θερινό εξάμηνο, ποιες ακριβώς μήνες έχουν ποσοστά βροχόπτωσης που συμβάλλουν περισσότερο στο αγροτικό ΑΕΠ απ ότι άλλους, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί το αποτέλεσμα για την καλύτερη διαχείριση του αγροτικού ΑΕΠ, καθώς και το χρονικό ορίζοντα που λαμβάνονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες οι επενδυτικές αποφάσεις για την αγροτική παραγωγή. Η αγροτική παραγωγή, σύμφωνα με την Παγκόσμια Τράπεζα συλλέγεται στο τέλος του ημερολογιακού έτους δηλαδή τέλος Δεκέμβρη. Συνεπώς, μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή που προκύπτει από την υπολογιστική διαδικασία της εργασίας αυτής είναι να ευρεθεί ο μήνας μέσα στο θερινό εξάμηνο που, με τα δεδομένα βροχόπτωσης που θα είχε, θα μπορούσε να ληφθεί η απόφαση ή να γίνει κατανοητό αν μπορεί να γίνουν ωριότερα επενδυτικές κινήσεις για τη βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ.

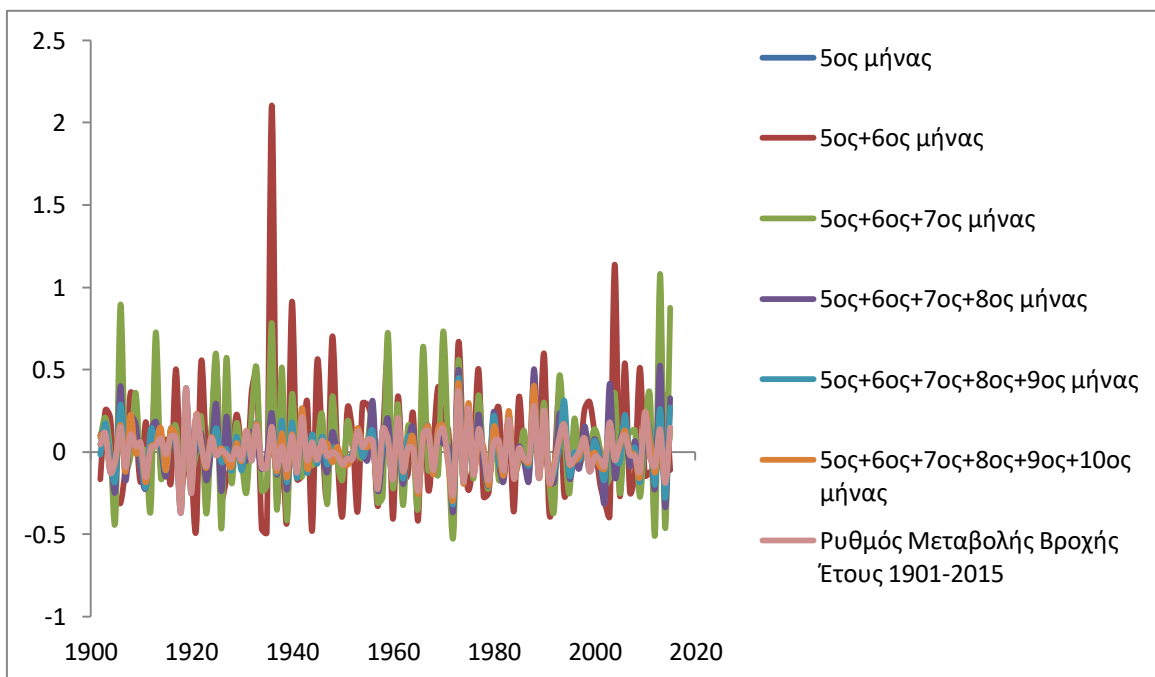
Η μεθοδολογία και η υπολογιστική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή των δεδομένων βροχόπτωσης είναι η εξής:

1. Υπολογισμός αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης και ρυθμός μεταβολής της.
2. Υπολογισμός αθροιστικής βροχόπτωσης για τους θερινούς 6 μήνες και ρυθμός μεταβολής της.
3. Για το θερινό εξάμηνο υπολογισμός κάθε μήνα μηνιαίας βροχόπτωσης με προσαύξηση στις τιμές βροχόπτωσης αυτές τις τιμές βροχόπτωσης του προηγούμενου μήνα με σκοπό κάθε φορά να υπάρχουν σε κάθε μήνα οι τιμές βροχόπτωσης του μήνα συν τις τιμές των προηγούμενων μηνών από την αρχή του εξαμήνου. Αυτό πραγματοποιείται μέχρι το πέρας του εξαμήνου και σκοπός είναι να έχει κατασκευαστεί η αθροιστική χρονοσειρά βροχόπτωσης των 6 μηνών από Μάιο – Οκτώβριο. Για παράδειγμα, στον μήνα Μάιο αναγράφονται οι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης κάθε Μαΐου από το 1968-2015. Στον μήνα Ιούνιο θα αναγράφονται όλες οι τιμές κάθε μήνα Ιουνίου συν τις τιμές του Μαΐου. Για τον Ιούλιο οι τιμές του Ιουλίου συν τις τιμές του Ιουνίου και του Μαΐου κλπ.
4. Σε κάθε χρονοσειρά που κατασκευάστηκε με το άθροισμα των τιμών του κάθε μήνα συν το άθροισμα των τιμών των προηγούμενων μηνών, υπολογίζεται ο ρυθμός μεταβολής τους.
5. Υπολογισμός του συντελεστή ετεροσυσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών των ρυθμών μεταβολής που κατασκευάστηκαν στο βήμα 4 και του αγροτικού ΑΕΠ το οποίο προκύπτει στο τέλος του χρόνου δηλαδή κάθε Δεκέμβριο.
6. Σύγκριση συντελεστών ετεροσυσχέτισης που υπολογίστηκαν και εύρεση του υψηλότερου ή διερεύνηση από ποιο μήνα κι μετά μέσα στο εξάμηνο ο συντελεστής σταθεροποιείται ώστε να συναχθούν τα ορθά συμπεράσματα για τη διαχείριση και την βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ.

7. Κατασκευή διαγράμματος συντελεστών ετεροσυσχέτισης με τους θερινούς μήνες στο εξάμηνο ώστε να παρασταθεί διαγραμματικά το παραπάνω αποτέλεσμα.

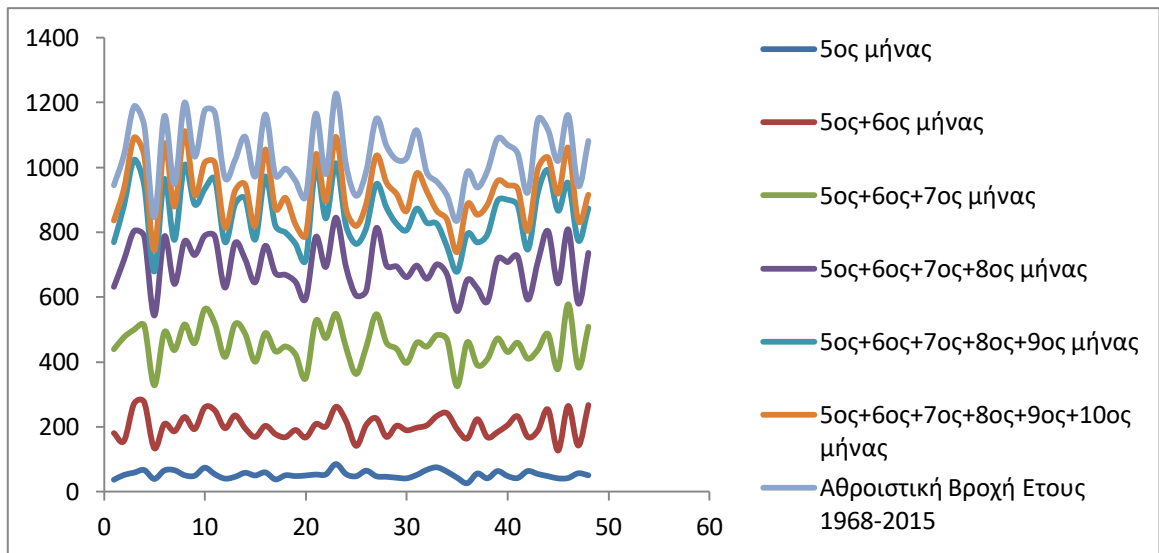


Εικόνα 270 Βροχόπτωση αθροιστικά Ινδία από το Μάιο έως και Δεκέμβριο 1901-2015

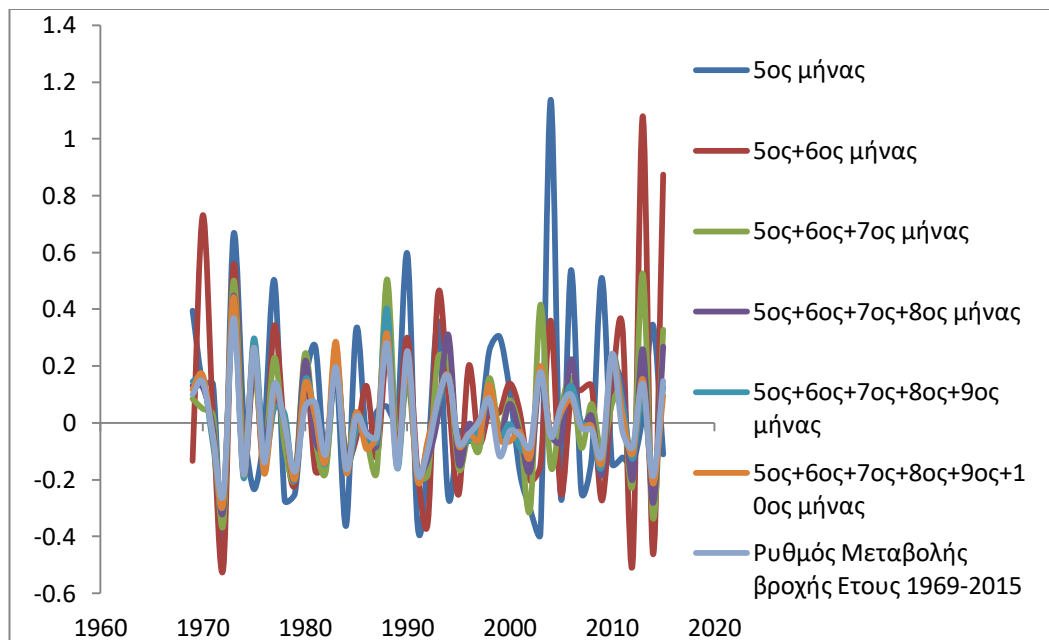


Εικόνα 271 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης στην Ινδία αθροιστικά από τον Μάιο έως τον Δεκέμβριο 1901-2015

Παρακάτω φαίνεται η βροχόπτωση και ο ρυθμός μεταβολής της που προέκυψε από την παραπάνω υπολογιστική διαδικασία για τη χρονική περίοδο 1968-2015.



Εικόνα 272 Βροχόπτωση θερινού εξαμήνου αθροιστικά στην Ινδία 1968-2015

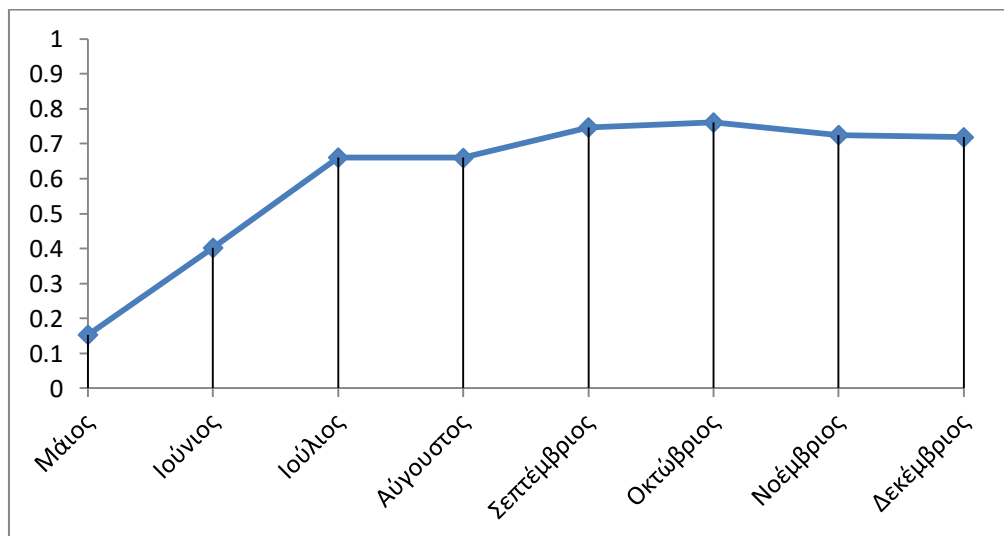


Εικόνα 273 Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης συνολικά 1968-2015 θερινό εξάμηνο

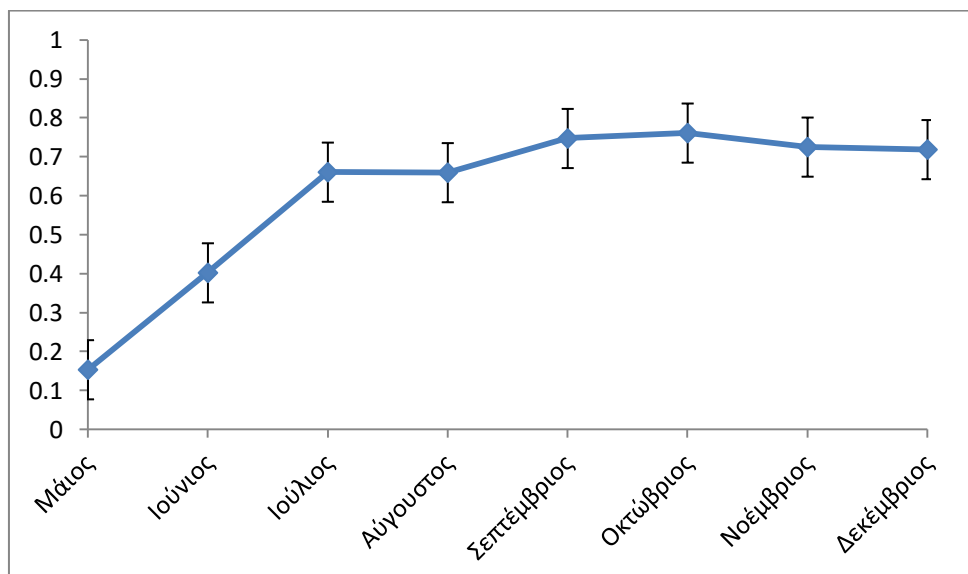
Έτσι υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης από τον Μάιο έως και τον Δεκέμβριο και καταγράφονται παρακάτω, καθώς αποτυπώνονται σε διαγράμματα μαζί με τον μέγιστο και ελάχιστο συντελεστή συσχέτισης ρ . Υπολογίστηκε επίσης ο μέσος όρος των συντελεστών αυτών, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί στο συμπέρασμα που θα προκύψει από τα διαγράμματα.

Ρυθμός μεταβολής Βροχόπτωσης - Ρυθμός μεταβολής Αγροτικού ΑΕΠ		
	Μήνες	Συντελεστές Ετεροσυσχέτισης στους 6 μήνες
Μάιος	5	0.153703319
Ιούνιος	5+6	0.402543383
Ιούλιος	5+6+7	0.661006631
Αύγουστος	5+6+7+8	0.659729557
Σεπτέμβριος	5+6+7+8+9	0.747532243
Οκτώβριος	5+6+7+8+9+10	0.761388604
Νοέμβριος	5+6+7+8+9+10+11	0.725365162
Δεκέμβριος	5+6+7+8+9+10+11+12	0.718922282

Εικόνα 274 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης στους μήνες Μάιο-Δεκέμβριο για το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης με το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015



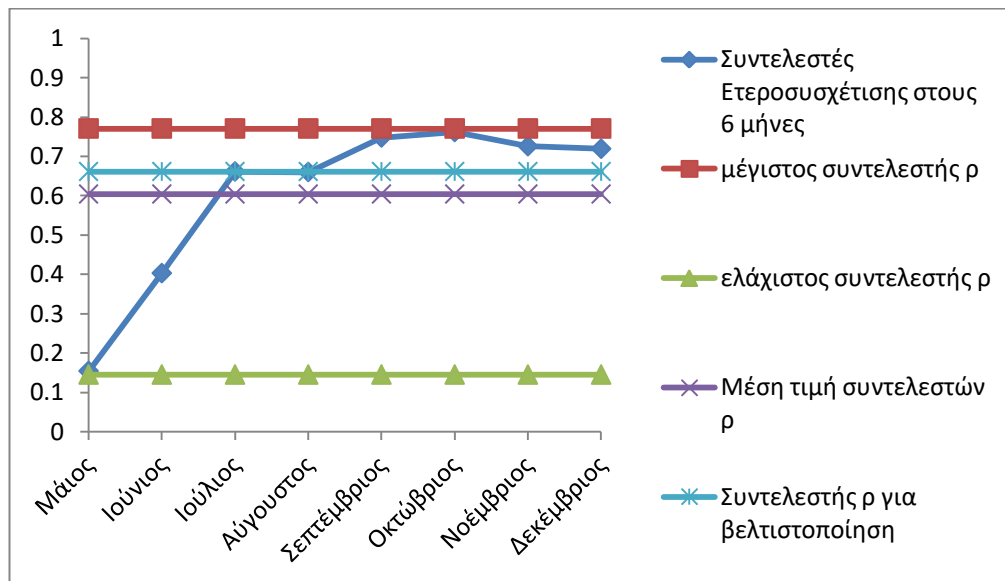
Εικόνα 275 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης ρυθμού μεταβολής συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης από Μάιο-Δεκέμβριο με ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015



Εικόνα 276 Γραμμές σφάλματος για τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης ρ στους αναγραφόμενους μήνες με εφαρμογή του τυπικού σφάλματος στη στατιστική. Χρήση υπολογιστικού φύλλου Excel

μέγιστος συντελεστής ρ	ελάχιστος συντελεστής ρ	Συντελεστής ρ για βελτιστοποίηση	Μέση τιμή συντελεστών ρ
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898
0.770388604	0.144703319	0.661006631	0.603773898

Εικόνα 277 Μέγιστος, ελάχιστος, επιλεγμένος για βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ, και μέση τιμή συντελεστών συσχέτισης ρ



Εικόνα 278 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης με απεικόνιση του μέγιστου, του ελάχιστου, της μέσης τιμής και του συντελεστή για βελτιστοποίηση

Από την παραπάνω υπολογιστική διαδικασία προέκυψε το εξής συμπέρασμα. Αφού υπολογίστηκαν όλοι οι συντελεστές συσχέτισης από το Μάιο έως και το Δεκέμβριο για το ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης και το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ, υπολογίστηκε ο μέγιστος και ελάχιστος εξ αυτών και η μέση τιμής τους. Παρατηρείται από το διάγραμμα και τους υπολογισμούς ότι από τον Ιούλιο που ο συντελεστής συσχέτισης είναι $\rho=0.66$, οι συντελεστές συσχέτισης δεν μεταβάλλονται σημαντικά ενώ υπάρχει διαφορά 5 μηνών μέχρι και το πέρας του Δεκεμβρίου που συλλέγεται και καταγράφεται το αγροτικό ΑΕΠ. Η επιλογή του συγκεκριμένου μήνα έγινε με βάση τη μέση τιμή των συντελεστών συσχέτισης. Επιλέχθηκε ο πρώτος μήνας που έχει συντελεστή συσχέτισης μεγαλύτερο από τη μέση τιμή η οποία υπολογίστηκε $\rho_{\text{μέσο}}=0.60$.

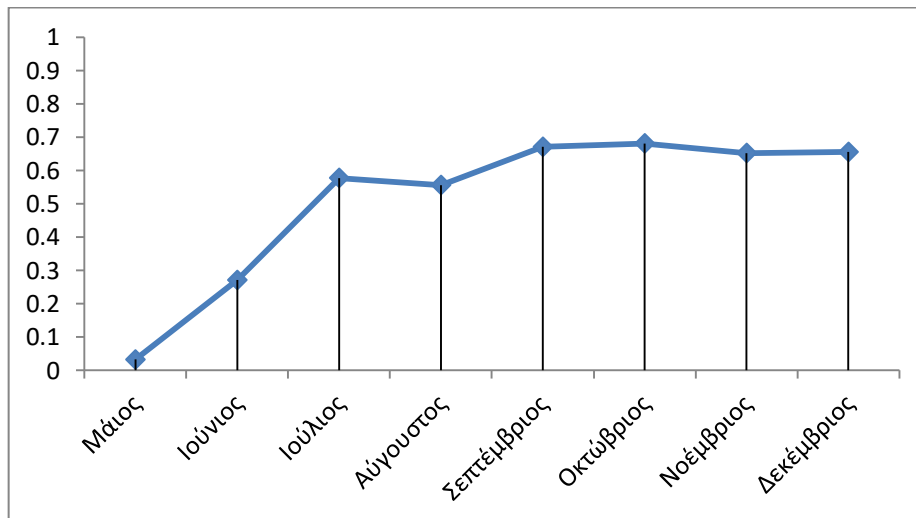
Έτσι, εφόσον υπολογίστηκε συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του ρυθμού μεταβολής του θερινού εξαμήνου βροχόπτωσης και του ρυθμού μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ $\rho=0.76$, μπορούμε να πούμε ότι τα μεγέθη αυτά μεταβάλλονται γραμμικά με ισχυρή συσχέτιση. Με την παραπάνω εφαρμογή, σε ένα ιδιαίτερα βροχερό έτος που η βροχόπτωση παρουσίαζε συγκεκριμένο ρυθμό μεταβολής, αντί να συναχθεί κάποιο συμπέρασμα για τη βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ στο τέλος του θερινού εξαμήνου, θα μπορούσε να συναχθεί νωρίτερα στο εξάμηνο, τον μήνα Ιούλιο, καθώς ο συντελεστής συσχέτισης από τον Ιούλιο και μετά, μέχρι το τέλος του χρόνου δεν αλλάζει σημαντικά. Αφού καταρτιστεί

μοντέλο βροχόπτωσης-αγροτικού ΑΕΠ για την Ινδία με βάση τα δεδομένα της χρονικής περιόδου 1968-2015, τότε πιθανές μεταβολές στο αγροτικό ΑΕΠ στο τέλος του χρόνου θα μπορούσαν να προβλεφθούν με κάποια πιθανότητα από τον Ιούλιο και όχι από το τέλος του εξαμήνου, δηλαδή 3 μήνες πριν από το τέλος του εξαμήνου και 5 μήνες πριν το τέλος του έτους.

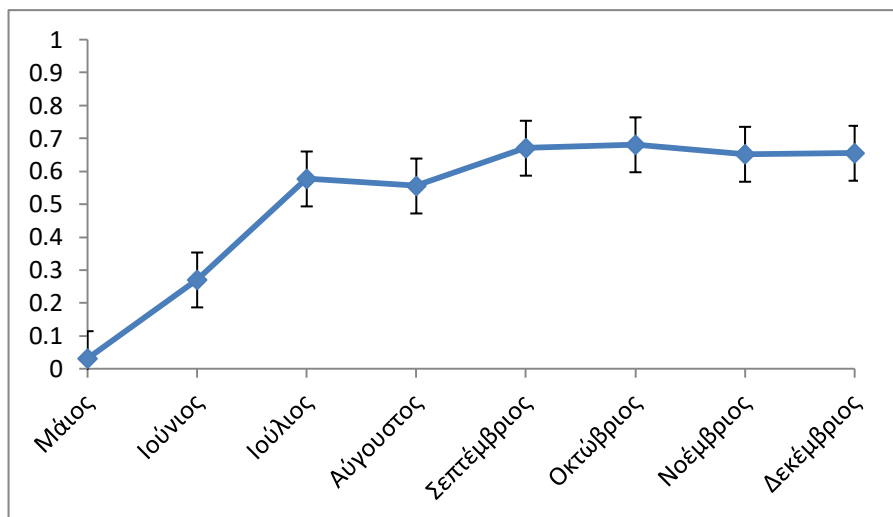
Σημαντικά βέβαια είναι και τα συμπεράσματα για τη αγροτική παραγωγή της Ινδίας, πέρα από τα συμπεράσματα για το αγροτικό ΑΕΠ. Γι αυτό το λόγο ακολουθήθηκε η παραπάνω υπολογιστική διαδικασία και για το δείκτη αγροτικής παραγωγής της Ινδίας CPI και προέκυψαν τα αντίστοιχα διαγράμματα και οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης.

Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης- Ρυθμός μεταβολής CPI		
	Μήνες	Συντελεστές Ετεροσυσχέτισης στους 6 μήνες
Μάιος	5	0.032109317
Ιούνιος	6	0.27091115
Ιούλιος	7	0.577481786
Αύγουστος	8	0.556066268
Σεπτέμβριος	9	0.670773605
Οκτώβριος	10	0.681107923
Νοέμβριος	11	0.652300797
Δεκέμβριος	12	0.655411241

Εικόνα 279 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης στους μήνες Μάιο-Δεκέμβριο για το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης με το ρυθμό μεταβολής του δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI 1968-2015



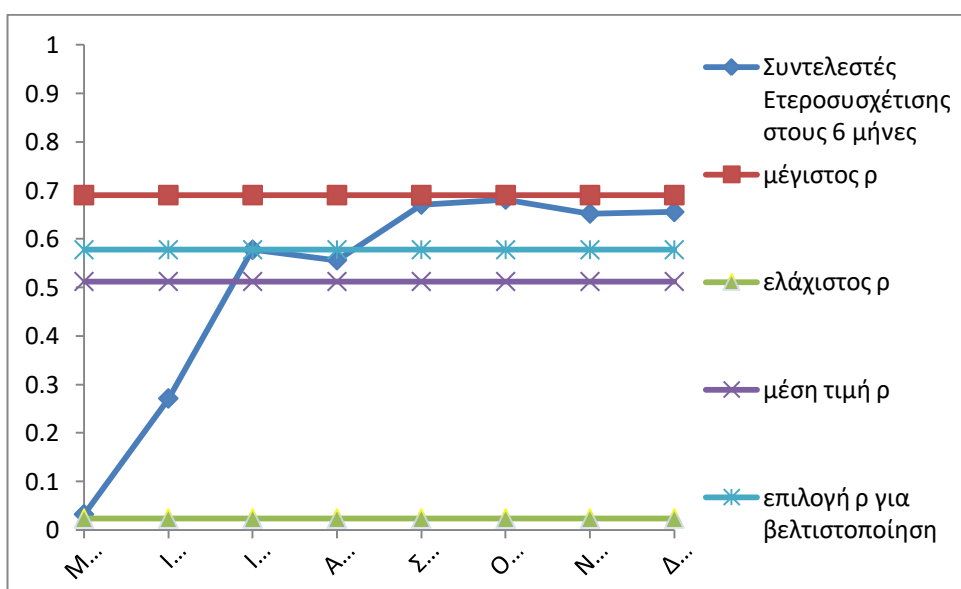
Εικόνα 280 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης ρυθμού μεταβολής συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης από Μάιο-Δεκέμβριο με ρυθμό μεταβολής δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI 1968-2015



Εικόνα 281 Γραμμές σφάλματος για τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης ρ στους αναγραφόμενους μήνες με εφαρμογή του τυπικού σφάλματος στη στατιστική. Χρήση υπολογιστικού φύλλου Excel

Χαρακτηριστικές τιμές συντελεστή ρ			
μέγιστος ρ	ελάχιστος ρ	μέση τιμή ρ	επιλογή ρ για βελτιστοποίηση
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786
0.6901079	0.02310932	0.5120203	0.577481786

Εικόνα 282 Μέγιστος, ελάχιστος, επιλεγμένος για βελτιστοποίηση του δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI, και μέση τιμή συντελεστών συσχέτισης ρ



Εικόνα 283 Συντελεστές ετεροσυσχέτισης με απεικόνιση του μέγιστου, του ελάχιστου, της μέσης τιμής και του συντελεστή για βελτιστοποίηση

Αντίστοιχα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα παραπάνω διαγράμματα συνάγεται το συμπέρασμα ότι ο μήνας Ιούλιος και για το δείκτη της αγροτικής παραγωγής αποτελεί αντιπροσωπευτικός μήνας για την πρόβλεψη της συσχέτισης του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης με το ρυθμό μεταβολής της αγροτικής παραγωγής που συλλέγεται στο τέλος του χρόνου, και για να μπορεί να βελτιστοποιηθεί ο δείκτης αυτός και κατ'επέκταση η αγροτική παραγωγή αρκεί ο βροχόπτωση που θα παρατηρηθεί στην Ινδία μέχρι και το τέλος του Ιουλίου. Ο συντελεστής συσχέτισης το μήνα Ιούλιο υπολογίστηκε $\rho=0.58$, καθώς η μέση τιμή υπολογίστηκε $\rho=0.51$, και μέγιστος συντελεστής συσχέτισης είναι $\rho=0.69$, που δεν έχει μεγάλη διαφορά από το συντελεστή συσχέτισης του Ιουλίου.

5 Συμπεράσματα

5.1 Σύνοψη της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση πιθανών συσχετίσεων μεταξύ της βροχόπτωσης και του αγροτικού ΑΕΠ ή του ρυθμού μεταβολής τους, καθώς και αξιοποίηση των δεδομένων της βροχόπτωσης με σκοπό τη βελτιστοποίηση του αγροτικού ΑΕΠ σε βροχοεξαρτώμενη γεωργία, εφόσον σε εκείνα τα συστήματα αγροτικής παραγωγής παρατηρείται ότι η βροχόπτωση επηρεάζει σημαντικά της καλλιέργειες. Έτσι, για τα δεδομένα της βροχόπτωσης έγινε αναζήτηση στη βάση δεδομένων Climate Change Knowledge Portal και για τις συσχετίσεις με το αγροτικό ΑΕΠ ανακτήθηκαν δεδομένα από την Παγκόσμια Τράπεζα. Λήφθηκαν δεδομένα για τη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία για τη χρονική περίοδο 1901-2015, καθώς για το Αγροτικό ΑΕΠ και το δείκτη αγροτικής παραγωγής CPI για τη χρονική περίοδο 1968-2015.

Πέρα από τους παραπάνω κύριους στόχους, μελετήθηκε η συμπεριφορά και της θερμοκρασίας σαν υδροκλιματική παράμετρος, καθώς και ο δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI για να μπορούν να συναχθούν πιο αξιόπιστα και ορθά συμπεράσματα για τις συσχετίσεις, αλλά και να είναι πιο ολοκληρωμένη η μελέτη.

Κεντρικός στόχος της εργασίας ήταν η ανάλυση των συσχετίσεων μεταξύ ρυθμού μεταβολής βροχόπτωσης και ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ, και η μοντελοποίηση της βροχόπτωσης ώστε με την ανεύρεση ισχυρής συσχέτισης να μπορεί με τη μελλοντική διαχείριση της βροχόπτωσης να συνάγονται και κάποια συμπεράσματα για τον τρόπο μεταβολής του Αγροτικού ΑΕΠ ή ακόμα και της αγροτικής παραγωγής. Η εφαρμογή που επιλέχθηκε να γίνει είναι στην Ινδία, καθώς είναι μια χώρα με πολύ ισχυρή οικονομία που οφείλεται στη γεωργία, πρόκειται για βροχοεξαρτώμενη γεωργία σε μεγάλα ποσοστά, και η αγροτική παραγωγή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την κατακρήμιση αλλά και τον τρόπο διαχείρισης της βροχόπτωσης από τους αγρότες. Έγινε στατιστική ανάλυση τόσο για τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, αλλά και για το αγροτικό ΑΕΠ και το δείκτη αγροτικής παραγωγής και προέκυψαν κάποια συμπεράσματα για τα περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά τους, αλλά και για τη συμπεριφορά τους σαν μεταβλητές.

5.2 Συμπεράσματα

5.2.1 Οικονομικές μεταβλητές

Η Ινδία έχει τη 2^η μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή στον κόσμο και τη μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή στον κόσμο και στις βροχοεξαρτώμενες γεωργίες.

Κρίθηκε μέσα από βιβλιογραφική επισκόπηση επιτακτική η ανάγκη για επένδυση και ανάπτυξη των βροχοεξαρτώμενων συστημάτων σε χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου και συγκεκριμένα στην Ινδία, καθώς το αγροτικό προϊόν και οι καλλιέργειες που παράγονται από τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία είναι περίπου στο 40% σε σχέση με το δυνητικό που μπορεί να παραχθεί. Σε αυτή την έλλειψη μέγιστης παραγωγικότητας συμβάλλει η κακή διαχείριση από τους αγρότες και τις πολιτικές ηγεσίες των υδατικών πόρων, η έλλειψη εξειδικευμένου ανθρωπίνου δυναμικού στην αγροτική παραγωγή, η έλλειψη ορθού εξοπλισμού και μηχανημάτων, καθώς και η μη εκμετάλλευση εκτάσεων γης που θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν.

Το αγροτικό ΑΕΠ Agriculture value added και ο δείκτης αγροτικής παραγωγής Crop Production Index CPI στα χρόνια μελέτης που είναι το 1968-2015 αυξάνονται με μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης και εάν συνεχίσουν να αυξάνονται θα αυξηθεί και η αγροτική παραγωγή από τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία και θα καλυφθούν αρκετοί από τους στόχους για ικανοποίηση τροφής στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως και η οικονομία των υπό μελέτη χωρών.

Ο δείκτης των διεθνών τιμών των αγροτικών εμπορευμάτων από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο αυξάνονται τα χρόνια μελέτης, και αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη ζήτηση για αγροτικά προϊόντα τα τελευταία χρόνια προκειμένου να αναπτυχθεί το διεθνές αγροτικό εμπόριο και οι σχέσεις μεταξύ κρατών.

Πέρα από το αγροτικό ΑΕΠ, αυξάνεται και τη χρονική περίοδο των 47 ετών ο δείκτης της αγροτικής παραγωγής, άρα και η αγροτική παραγωγή σε όλες τις χώρες που μελετήθηκαν.

Υπολογίστηκε ότι στην Ινδία το αγροτικό ΑΕΠ είναι το 26,61% του συνολικού ΑΕΠ και η βροχοεξαρτώμενη γεωργία είναι το 66% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης.

Η συνάρτηση κατανομής του αγροτικού ΑΕΠ και του ρυθμού μεταβολής του ταιριάζει με την κανονική κατανομή όπως και το ιστορικό δείγμα για τη βροχόπτωση.

5.2.2 Υδροκλιματικές μεταβλητές

Η συνάρτηση κατανομής της αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης για την Ινδία το 1901-2015 ταιριάζει σε μεγάλο βαθμό με την κανονική κατανομή τόσο με τη μέθοδο των κεντρικών ροπών όσο και με τη μέθοδο των L- ροπών και τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Η συνάρτηση κατανομής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιγράφεται πολύ καλά από την κανονική κατανομή και με τις τρεις προαναφερόμενες μεθόδους.

Ο συντελεστής Hurst, που καταδεικνύει την ύπαρξη εμμονής στις χρονοσειρές, υπολογίστηκε για την αθροιστική ετήσια βροχόπτωση στην Ινδία 1901-2015 $H=0.58$, άρα δεν έχει μεγάλη εμμονή το ιστορικό δείγμα καθώς για $H=0.5$ παρουσιάζεται λευκός θόρυβος.

Ο συντελεστής Hurst για την ετήσια θερμοκρασία υπολογίστηκε $H=0.96$, που αποδεικνύει την ύπαρξη ισχυρής μακροπρόθεσμης εμμονής, δηλαδή ομαδοποίησης των ακραίων τιμών.

5.2.3 Συνδυαστική ανάλυση μεταβλητών

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson μεταξύ ρυθμού μεταβολής της αθροιστικής ετήσιας βροχόπτωσης και του ρυθμού μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ υπολογίστηκε $r=0.7$, που καταδεικνύει την παρόμοια μεταβλητότητα των δύο συνόλων δεδομένων, αφού είναι σχετικά ισχυρή γραμμική συσχέτιση. Ο ίδιος συντελεστής για το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης με το ρυθμό μεταβολής της αγροτικής παραγωγής υπολογίστηκε $r=0.63$, άρα φαίνεται να μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο και τα 2 αυτά σύνολα, σε μικρότερο βαθμό από τα προηγούμενα βέβαια.

Ο μέγιστος συντελεστής συσχέτισης που μπορεί δυνητικά να παραχθεί από την ετεροσυσχέτιση του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης και του ρυθμού μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ υπολογίστηκε $r=0.782$, καταδεικνύοντας ότι οι μήνες στους οποίους αν υπάρχει επαρκής βροχόπτωση θα επηρεάσουν την αγροτική παραγωγή και την οικονομία, είναι ο Μάιος –Οκτώβριος, δηλαδή το θερινό εξάμηνο. Για την επιβεβαίωση αυτής της μέτρησης αναλύθηκε η μέση τιμή του κάθε μήνα για τα χρονικά έτη 1901-2015 για τη βροχόπτωση και παρατηρήθηκαν υψηλά επίπεδα βροχής τους θερινούς 6 μήνες.

Η τυπική απόκλιση στους θερινούς 6 μήνες είναι μεγαλύτερη από τους χειμερινούς μήνες, γεγονός που εξηγείται εύκολα από το φαινόμενο των μουσώνων, καθώς υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη βροχόπτωση την περίοδο αυτή του χρόνου και υπάρχουν έτη με υψηλή βροχόπτωση και άλλα με χαμηλότερη.

Οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης για τις υπόλοιπες μεταβλητές βρέθηκαν ως εξής:

- Ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας – Ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ : $r=0.39$
- Ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας – Ρυθμός μεταβολής αγροτικής παραγωγής : $r=0.47$
- Ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης – Ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας : $r=0.36$
- Ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ – Ρυθμός μεταβολής συνολικού ΑΕΠ : $r = 0.71$
- Αγροτικό ΑΕΠ – Συνολικό ΑΕΠ : $r = 0.97$ (πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση)

Η βροχόπτωση τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία τόσο με τη μέθοδο των κεντρικών ροπών, όσο και με τη μέθοδο των L- ροπών έχει συνάρτηση κατανομής που ταιριάζει με αυτή της κανονικής κατανομής. Το ίδιο υπολογίστηκε να ισχύει και για την συνάρτηση κατανομής του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης.

Ο συντελεστής Hurst για το ιστορικό δείγμα βροχόπτωσης τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία υπολογίστηκε $H=0.654$, που δείχνει μικρή ύπαρξη εμμονής, ενώ για τον ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης βρέθηκε να είναι ο Hurst ίσος με $H=0.112$, που καταδεικνύει ότι ο ρυθμός μεταβολής διάφορων μεταβλητών είναι αντιέμμοно φαινόμενο και κάθε ακραία τιμή ακολουθείται από μία ακραία αλλά από την αντίθετη πλευρά.

Χρησιμοποιήθηκε μοντέλο απλής ομοιοθεσίας ίας AR(1) για την παραγωγή και ανάλυση συνθετικού δείγματος μεγέθους 100 ετών με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά του ιστορικού δείγματος βροχόπτωσης των θερινών 6 μηνών και προέκυψε ότι μπορεί να περιγράψει με εκπληκτική ακρίβεια τη μέση τιμή της βροχόπτωσης, ενώ με λίγο λιγότερη ακρίβεια, αλλά επαρκή την τυπική απόκλιση.

Μέσω του κλιμακογράμματος του μοντέλου υπολογίστηκε ο συντελεστής Hurst του μοντέλου για τη βροχόπτωση $H=0.62$, περίπου ίσος με τον υπολογισμένο από το ιστορικό δείγμα. Επίσης υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα για το ρυθμό μεταβολής των συνθετικών χρονοσειρών με συντελεστή Hurst= 0.094 , σχεδόν ίδιος με αυτόν του ιστορικού δείγματος.

Εφαρμόστηκε το μοντέλο για το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ και βρέθηκε το κλιμακόγραμμα για τις συνθετικές χρονοσειρές ρυθμού μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ. Υπολογίστηκε συντελεστής Hurst ίσος με $H=0.08$, σχεδόν ίδιος με τον υπολογισμένο από το ιστορικό δείγμα που ήταν $H=0.149$.

Ο συντελεστής συσχέτισης του ρυθμού μεταβολής της βροχόπτωσης τους θερινούς 6 μήνες στην Ινδία με το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ υπολογίστηκε ίσος με $r=0.78$, όπως αναμενόταν να επηρεάζεται περισσότερο το αγροτικό ΑΕΠ από το θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης και λιγότερο από όλο το έτος αθροιστικά. Ο ίδιος συντελεστής για το ρυθμό μεταβολής της βροχόπτωσης το θερινό εξάμηνο με το ρυθμό μεταβολής του δείκτη της αγροτικής παραγωγής υπολογίστηκε $r=0.71$, αρκετά μεγαλύτερος από το $r=0.63$ που είναι για τη βροχόπτωση όλου του έτους.

5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Πέρα από τους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το συγκεκριμένο θέμα παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον και αρκετά αντικείμενα τα οποία χρήζουν επιπλέον μελέτης. Θέματα για περαιτέρω έρευνα σε κάποιο επόμενο στάδιο της μελέτης ή κάποια άλλη διπλωματική εργασία θα ήταν τα εξής.

Ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου απλής ομοιοθεσίας ώστε να γίνει αντιληπτό ποια μεγέθη είναι ευμετάβλητα και τι είδους αλλαγές επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα, τη συμπεριφορά και τη διαχείριση της βροχόπτωσης στην Ινδία.

Εύρεση ακραίων τιμών βροχόπτωσης που επηρεάζουν που εάν προκύψουν είτε είναι υψηλές προκαλούν πλημμύρες και καταστρέφουν τις σοδειές είτε είναι χαμηλές δεν επαρκούν οι υδατικοί πόροι για ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής, και χρησιμοποιώντας τις ακραίες τιμές και τη μέση τιμή, που είναι η ιδανική τιμή σε mm βροχόπτωσης για την βέλτιστη αγροτική παραγωγή με τυπική απόκλιση 97.5 mm, να κατασκευαστούν παράγωγα καιρού για οικονομική διαχείριση. Συγκεκριμένα, αυτά είναι χρηματιστηριακά εργαλεία που θα λειτουργήσουν σαν ασφάλεια έναντι ακραίων τιμών ώστε να προστατευθεί η παραγωγή και να μη χαθεί το δυνητικό εισόδημα, ενισχύοντας έτσι ακόμα μια φορά το αγροτικό ΑΕΠ.

Κατασκευή μοντέλου βροχόπτωσης – αγροτικού ΑΕΠ, συμπεριλαμβάνοντας είτε κι άλλες παραμέτρους είτε έχοντας αυτές τις δύο, και χρησιμοποιώντας το για τα επόμενα χρόνια διαχείρισης της βροχόπτωσης, και ακόμα και πρόβλεψης με κάποια πιθανότητα κάποιου εύρους τιμών.

Μελέτη επιπλέον χωρών, πέρα από Ινδία, ώστε να ελεγχθεί η συσχέτιση των δύο κύριων μεταβλητών και σε άλλα συστήματα, αλλά και να προταθούν λύσεις και για άλλες βροχοεξαρτώμενες γεωργίες, ώστε να υπάρχει ακόμα καλύτερη ικανοποίηση των αναγκών για αύξηση της παγκόσμιας τροφής τα επόμενα χρόνια.

6 Βιβλιογραφία

Walter Vergara, Ana R. Rios, Paul Trapido, Hector Malarin, Agriculture and Future Climate in Latin America and the Caribbean: Systemic Impacts and Potential Responses, February 2014

Miguel A. Altieri, Sustainable agricultural development in Latin America: exploring the possibilities, July 1992

Travis Lybbert and Michael Norton, Differentiating Irrigated and Rainfed Agriculture for Efficient Water Usage in Morocco, June 2015

Andy Duff, Andres Padilla, Latin America: agricultural perspectives, September 2015

Sansad Marg, Government of India, Ministry of Statistics and Programme, Manual on Agricultural prices and marketing, October 2010

Athanasios Papoulis, Probability, Random variables, and Stochastic Processes, Third Edition

J.S. Samra, Indian Agricultural Statistics Research Institute New Delhi, Government of India, Prioritization of Rainfed Areas in India, February 2012

S.P. Wani, T.K. Sreedevi, J. Rockstrom, Y.S. Ramakrishna, Rainfed Agriculture – Past Trends and Future Prospects

B. Venkateswarlu, Central Research Institute for Dryland Agriculture Santoshnagar, Hyderabad – 500 059, Rainfed Agriculture in India: Issues in technology development and transfer

C. Devendra, Agriculture science journal, Rainfed agriculture: its importance and potential in global food security, April 2016

C. Devendra, Consulting Tropical Animal Production Systems Specialist, Rainfed Areas and Animal Agriculture in Asia: The Wanting Agenda for Transforming Productivity Growth and Rural Poverty, January 2012

J.P. Mishra, Adviser Agriculture NITI Aayog, New Delhi, Revitalising Rainfed Agriculture in India

V. Ratna Reddy, Geoffrey J. Syme, Integrated Assessment of Scale Impacts of Watershed Intervention, Rainfed agriculture, 2015

John M. Kerr, Derek Byerlee, Kumaresan Govindan, Peter Hazell, Behjat Hojjati, S. Thorat, Satya Yadav, Environment and Production Technology Division in

International Food Policy Research Institute, Sustainable Development of Rainfed Agriculture in India, November 2016

Mark Rosegrant, Ximing Cai, Sarah Cline, Naoko Nakagawa, Environment and Production Technology Division in International Food Policy Research Institute, The Role of Rainfed Agriculture in the Future of Global Food Production, February 2002

Ana Doris Capistrano, Gerald G. Marten, Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective, Westview Press, 1986

Panayiotis Dimitriadis, Demetris Koutsoyiannis, Climacogram versus autocovariance and power spectrum in stochastic modeling for Markovian and Hurst – Kolmogorov processes [Article], January 2015

Panayiotis Dimitriadis, Hurst – Kolmogorov dynamics in hydroclimatic processes and in the microscale of turbulence, 2017

Radhakrishnan Marg, Βασίλης Σκρονιάς, Φρίντα Γεωργίου, Ετήσια Έκθεση 2016 Γραφείου Οικονομικών και εμπορικών υποθέσεων Νέου Δελχί επί καταστάσεως Ινδικής Οικονομίας και Αναπτύξεως των οικ. και εμπ. Σχέσεων Ελλάδος- Ινδίας, Νέο Δελχί Οκτώβριος 2017

Κουτσογιάννης Δ., «Σημειώσεις Στοχαστικών Μεθόδων στον Υδατικό Πόρο», Έκδοση 4, 100 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2013

Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 pages, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999

Κουρτσέακ Στελιάν, Μελέτη στατιστικών χαρακτηριστικών και έλεγχος πιθανής ετεροσυσχέτισης τιμών αγροτικών προϊόντων και θερμοκρασιών, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Μάιος 2014

Βασιλάκη Βασιλεία – Κυριακούλα, Μελέτη Στατιστικών χαρακτηριστικών και έλεγχος πιθανής ετεροσυσχέτισης τιμών αγροτικών προϊόντων και κατακρήμισης, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Μάιος 2014

6.1 Ηλεκτρονικές Ιστοσελίδες

<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=world-development-indicators> (World Bank World Development Indicators)

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/> (Climate Change Knowledge Portal)

<https://www.imf.org/en/Research/commodity-prices> (Διεθνές Νομισματικό Ταμείο - IMF Commodity prices)

<https://www.mathworks.com/> (Matlab Help)

<https://www.itia.ntua.gr/el/> (Ερευνητική Ομάδα Ιτιάς)

<https://www.mfa.gr/blog/dimereis-sheseis-tis-ellados/india/> (Υπουργείο Εξωτερικών – Σχέσεις Ελλάδας Ινδίας)

<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/in.html> (CIA The World Factbook Guide to India)

<https://www.wikipedia.org/> (Wikipedia)