



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευάγγελος Μ. Κονταράκης

Επιβλέπων : Κουτσογιάννης Δημήτρης, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2019

# Εισαγωγικά στοιχεία - Θεωρητικό Υπόβαθρο

Σκοπός της εργασίας

Βροχοεξαρτώμενη γεωργία

## Οικονομικές Μεταβλητές

Αγροτικό ΑΕΠ βροχοεξαρτώμενων χωρών

Δείκτης Αγροτικής Παραγωγής και τιμές αγροτικών προϊόντων

## Υδροκλιματικές Μεταβλητές

Βροχόπτωση

Θερμοκρασία

## Συνδυαστική Στατιστική ανάλυση μεταβλητών

Μοντέλο Βροχόπτωσης

Συσχετίσεις βροχόπτωσης – αγροτικού ΑΕΠ

## Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Συμπεράσματα

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (1/10)

Γιατί μελετάμε την αγροτική παραγωγή?

Ανάγκη  
παραγωγής  
επαρκούς τροφής

- Πρόβλεψη πληθυσμού σε 7.8 δις περί το 2025 (FAO,2005)
- Παραπάνω αύξηση θα γίνει στο αναπτυσσόμενο κόσμο

Φτώχεια  
αναπτυσσόμενου  
κόσμου

- Έλλειψη επενδύσεων και ανειδίκευτο ανθρώπινο δυναμικό
- Κακές υποδομές και χαμηλή μόρφωση

Έλλειψη τροφής

- $800 \times 10^6$  άτομα έχουν έλλειψη τροφής
- $166 \times 10^6$  παιδιά υποσιτισμένα στον αναπτυσσόμενο κόσμο

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (2/10)

Γιατί επιλέγουμε τη βροχοεξαρτώμενη γεωργία?

Αρδευόμενη  
γεωργία

- Έχει συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση παγκόσμιων αποθεμάτων τροφής από το 1960
- Συνεχίζει να συμβάλλει σε χώρες με υποδομές

Βροχοεξαρτώμενη  
γεωργία

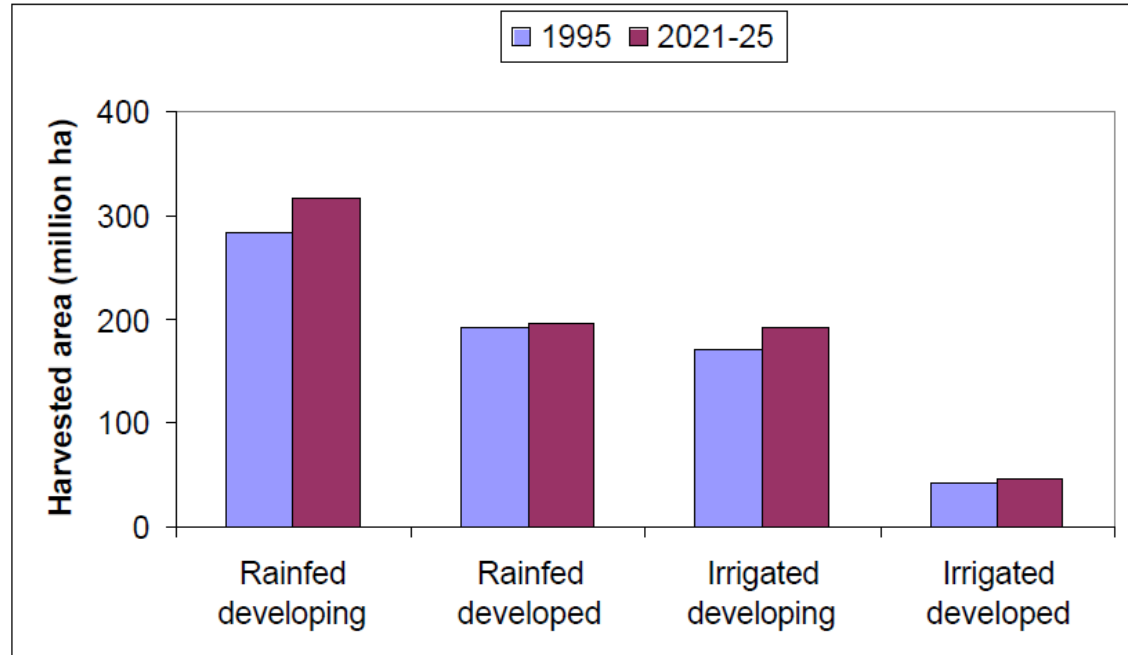
- Το 58% της γεωργίας συνολικά είναι βροχοεξαρτώμενη.
- Όλο και περισσότερες χώρες στρέφονται σε βροχοεξαρτώμενα συστήματα αγροτικής παραγωγής.

Green Revolution  
για αύξηση τροφής

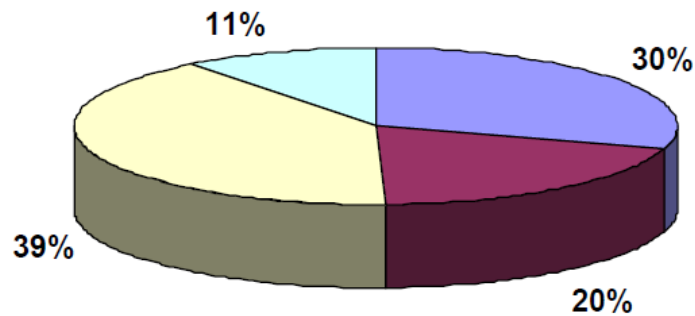
- Επενδύσεις σε βροχοεξαρτώμενη γεωργία για αύξηση παραγωγής σε μονοκαλλιέργειες.
- Ανάπτυξη αγροτικού εμπορίου μεταξύ χωρών

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (3/10)

- 43-88% πληθυσμού εξαρτάται από γεωργία
- 12-93% ζουν σε βροχοεξαρτώμενες περιοχές
- 26-84% αγροτικών εξαγωγών από αυτές τις περιοχές
- 70-90% μηρυκαστικών ζώων σε βροχοεξαρτώμενα συστήματα



■ Rainfed developing ■ Rainfed developed  
■ Irrigated developing ■ Irrigated developed



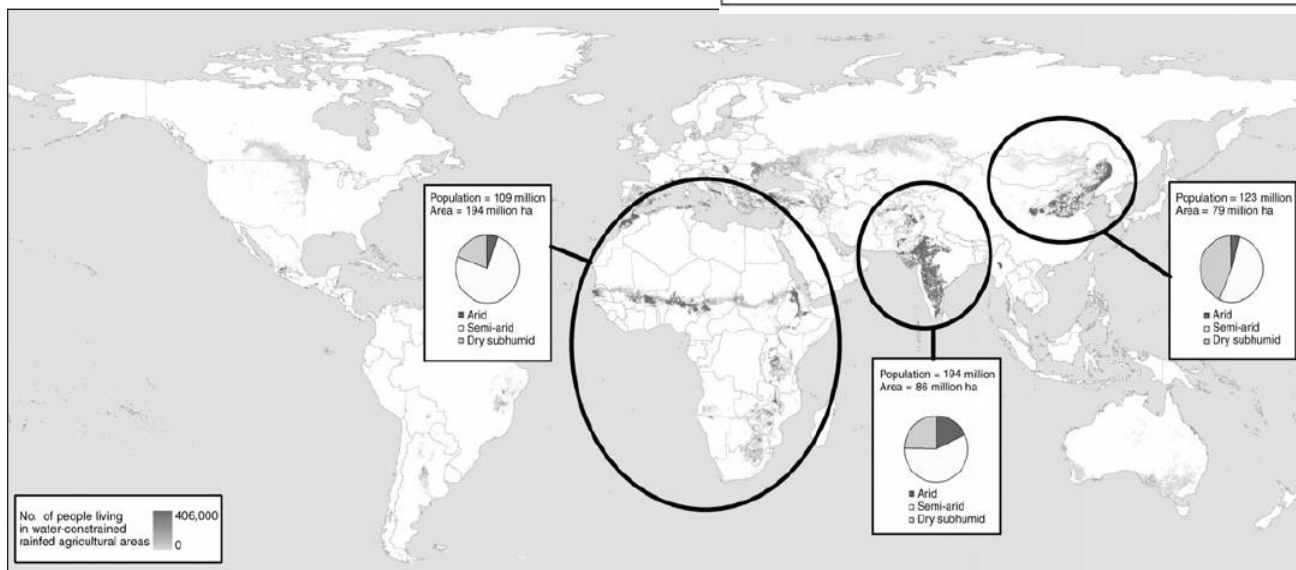
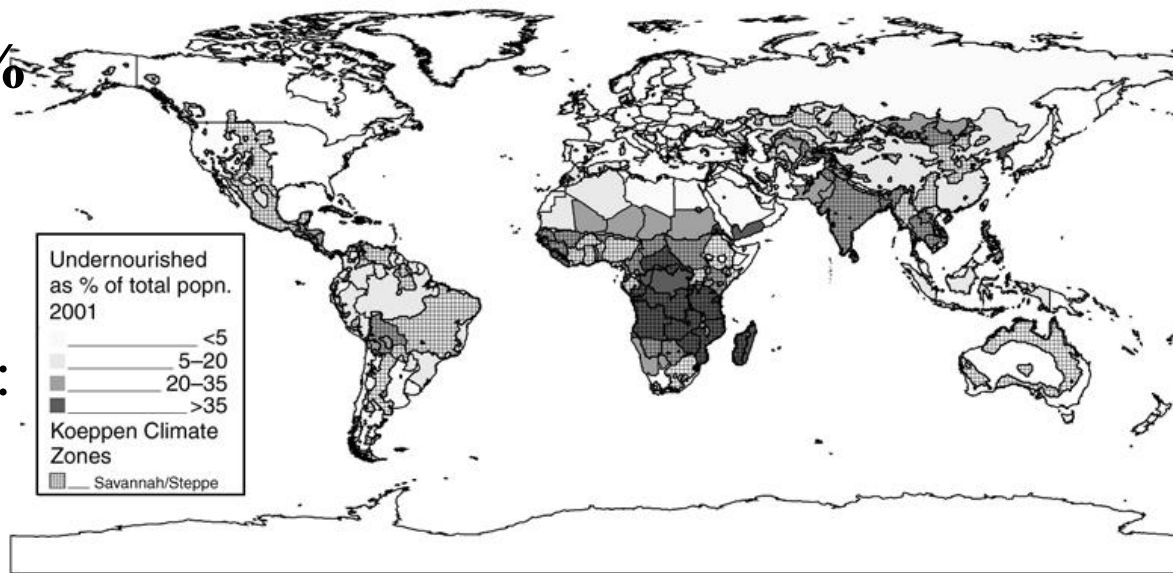
80% των περιοχών με σιτηρά στις αναπτυσσόμενες χώρες εξαρτώνται από βροχή

Υψηλά ποσοστά βροχοεξαρτώμενης γεωργίας σε σχέση με την αρεδευόμενη

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (4/10)

## Ποσοστά και περιοχές βροχοεξαρτώμενης γεωργίας

- Υποσαχάρια Αφρική : **95%**
- Λατινική Αμερική : **90%**
- Νότια Ασία : **60%**
- Ανατολική Ασία : **65%**
- Βορειοανατολική Αφρική : **75%**



1 % αύξηση  
αγροτικής  
παραγωγής

0.6 – 1.2 % μείωση  
ποσοστού της  
απόλυτης φτώχειας

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (5/10)

Γεωργική Απόδοση στη γεωργία στα σιτηρά



# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (6/10)

Λατινική  
Αμερική  
>3 t/ha

Νότια  
Ασία = 2  
t/ha

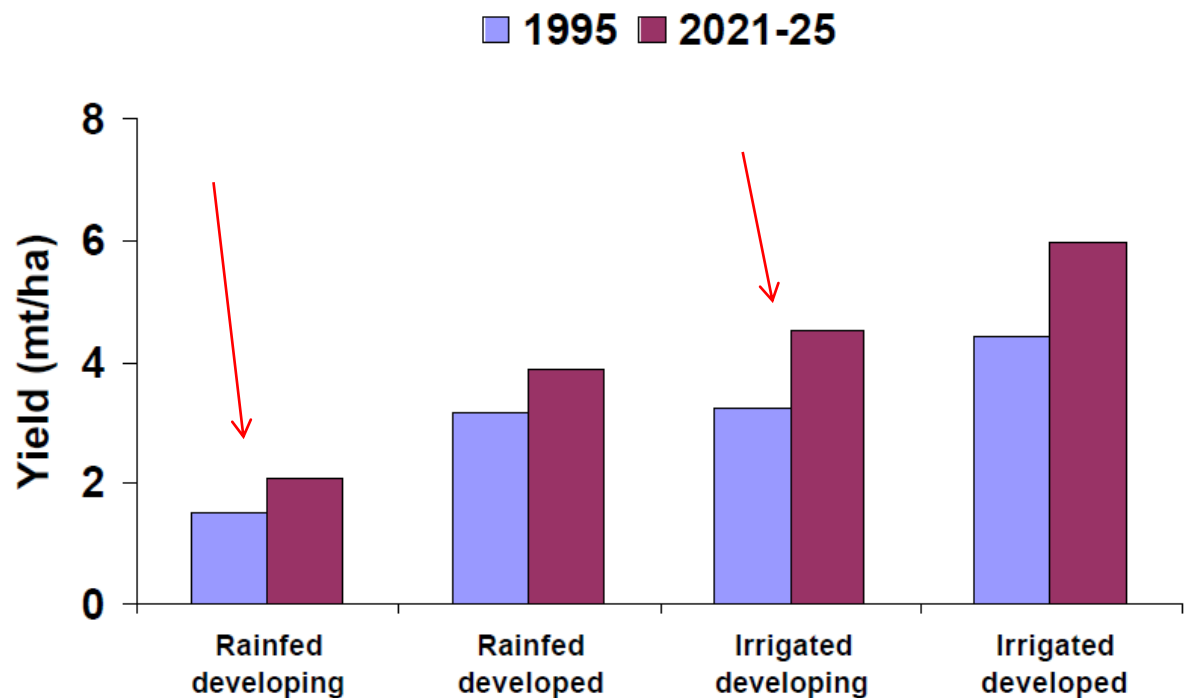
Υποσαχάρια  
Αφρική >1  
t/ha

Βόρεια  
Αμερική  
= 9.2 t/ha

Ευρώπη  
= 7 t/ha

Βροχοεξαρτώμενες καλλιέργειες

Αρδευόμενες καλλιέργειες



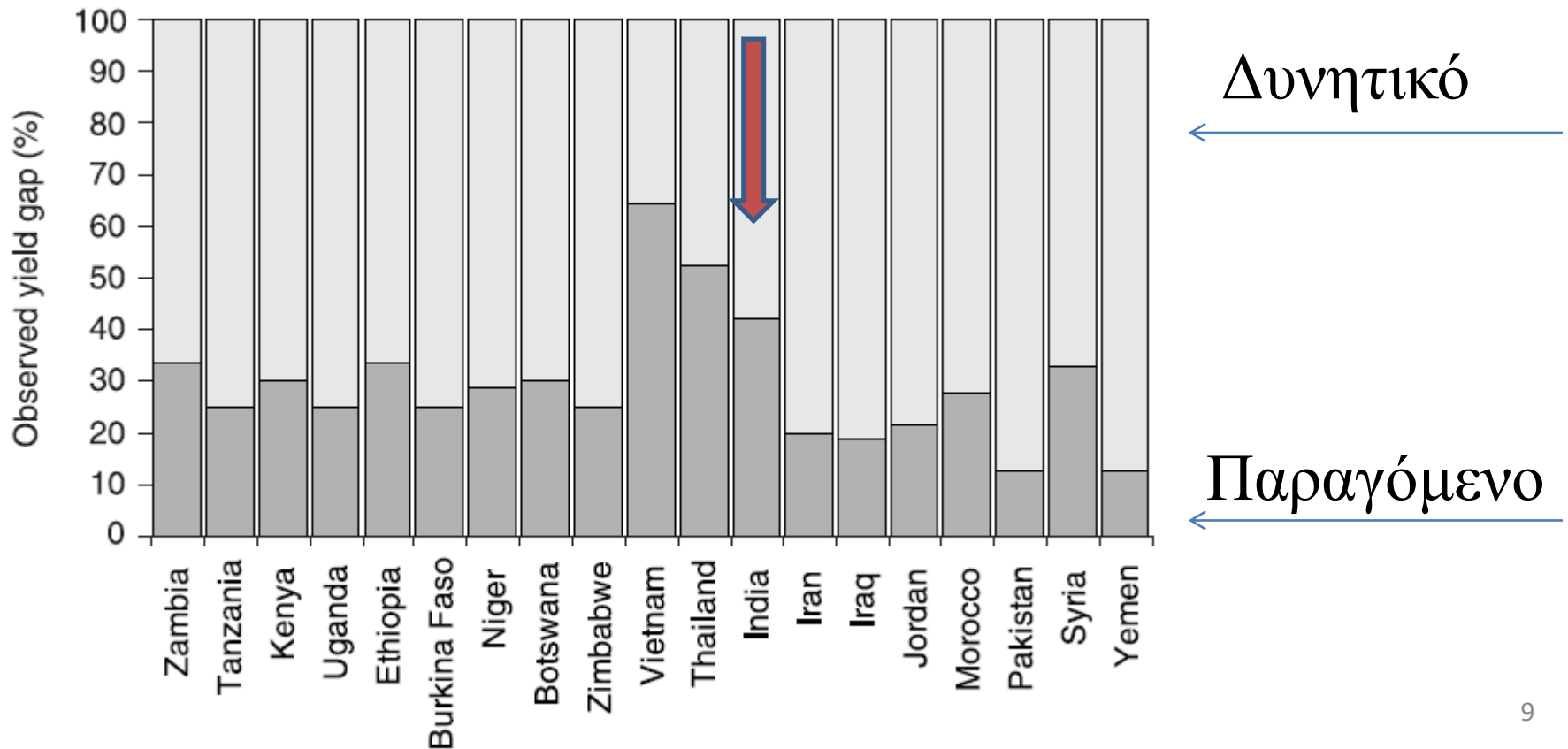
Δυνατότητα  
βελτίωσης στην  
Αφρική και στην  
**Νοτιοανατολική  
Ασία**



# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (7/10)

Τι μπορεί δυνητικά να παραχθεί και τι παράγεται εντέλει?

Επιτακτική είναι η ανάγκη σωστής διαχείρισης των υδατικών πόρων, του εδάφους και ανάπτυξης περισσότερων βροχοεξαρτώμενων συστημάτων για μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή.



Γιατί επιρρίπτονται ευθύνες σε ξηρασίες όταν υπάρχει μεγάλο επίπεδο λιμού και ανεπάρκεια τροφής στις συγκεκριμένες περιοχές?

Επειδή οι καλλιέργειες μπορεί να υπέφεραν από έλλειψη συστημάτων διαχείρισης υδατικών πόρων και υγρασίας του εδάφους. Η εξαθλίωση της γης και η ασθενής διαχείριση της γονιμότητας του εδάφους είναι οι κύριες αιτίες των ξηρασιών.

**Λιγότερο από 30%** της βροχόπτωσης χρησιμοποιείται παραγωγικά για την επιτυχημένη διαπνοή των καλλιεργειών που οδηγεί στην παραγωγή των προϊόντων !!!!!!!!!!!!!!!

# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (8/10)

## Βροχοεξαρτώμενη Νοτιοανατολική Ασία

- Καλλιεργήσιμη βροχοεξαρτώμενη γη,  $81 \times 10^6$  νοτιοανατολική και  $37 \times 10^6$  Νότια Ασία
- Περιοχές με ξηρό κλίμα αλλά επαρκή βροχόπτωση πάνω από 1900 mm
- Περιοχές με τροπικό ημιυγρό κλίμα με τυπική βροχόπτωση λιγότερη από 1500 mm
- Μεγάλη εξατμισοδιαπνοή και κάποιες φορές στο έτος το έδαφος μένει χωρίς υδατικούς πόρους
  - **16%** της γης αφιερώνεται στη γεωργία και το **83.1%** είναι βροχοεξαρτώμενο
  - **61%** της εργασίας απασχολείται από τη γεωργία
  - **35%** του ΑΕΠ προέρχεται από τη γεωργία



# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (9/10)

Γιατί επιλέξαμε την **Ινδία** σαν εφαρμογή για βροχοεξαρτώμενη γεωργία?

Selected countries	Total rainfed area in 10 <sup>6</sup> ha	Rainfed area as a proportion of total arable land (%)	Rainfed production as a proportion of agricultural GDP (%)	Population dependant on agriculture (%)
<b>East and S.E.Asia</b>				
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
<b>S.Asia</b>				
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

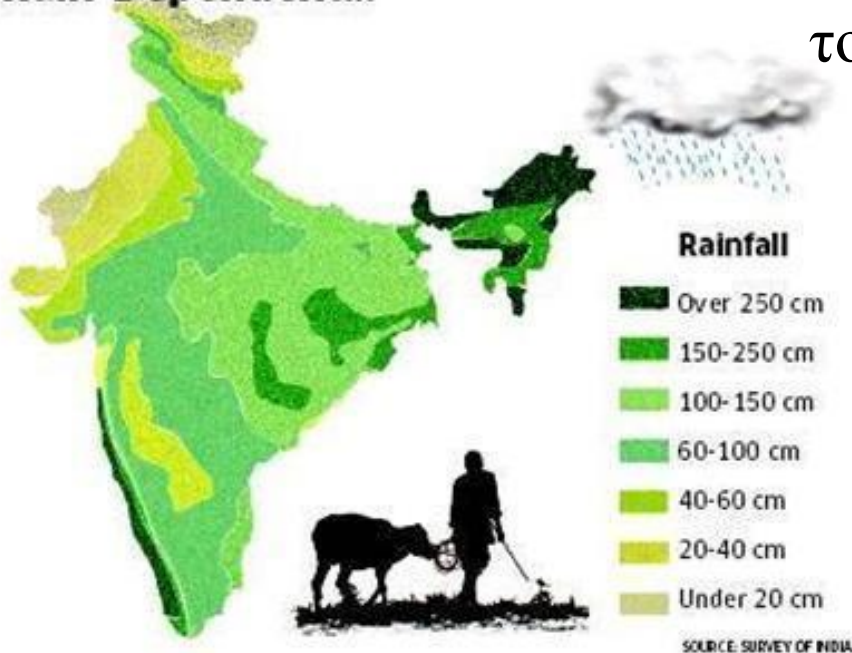
# Θεωρητικό Υπόβαθρο Μελέτης (10/10)

## Τι το ξεχωριστό έχει η Ινδία?

➤ Αγροτική παραγωγή της χώρας : **2<sup>η</sup>** παγκοσμίως

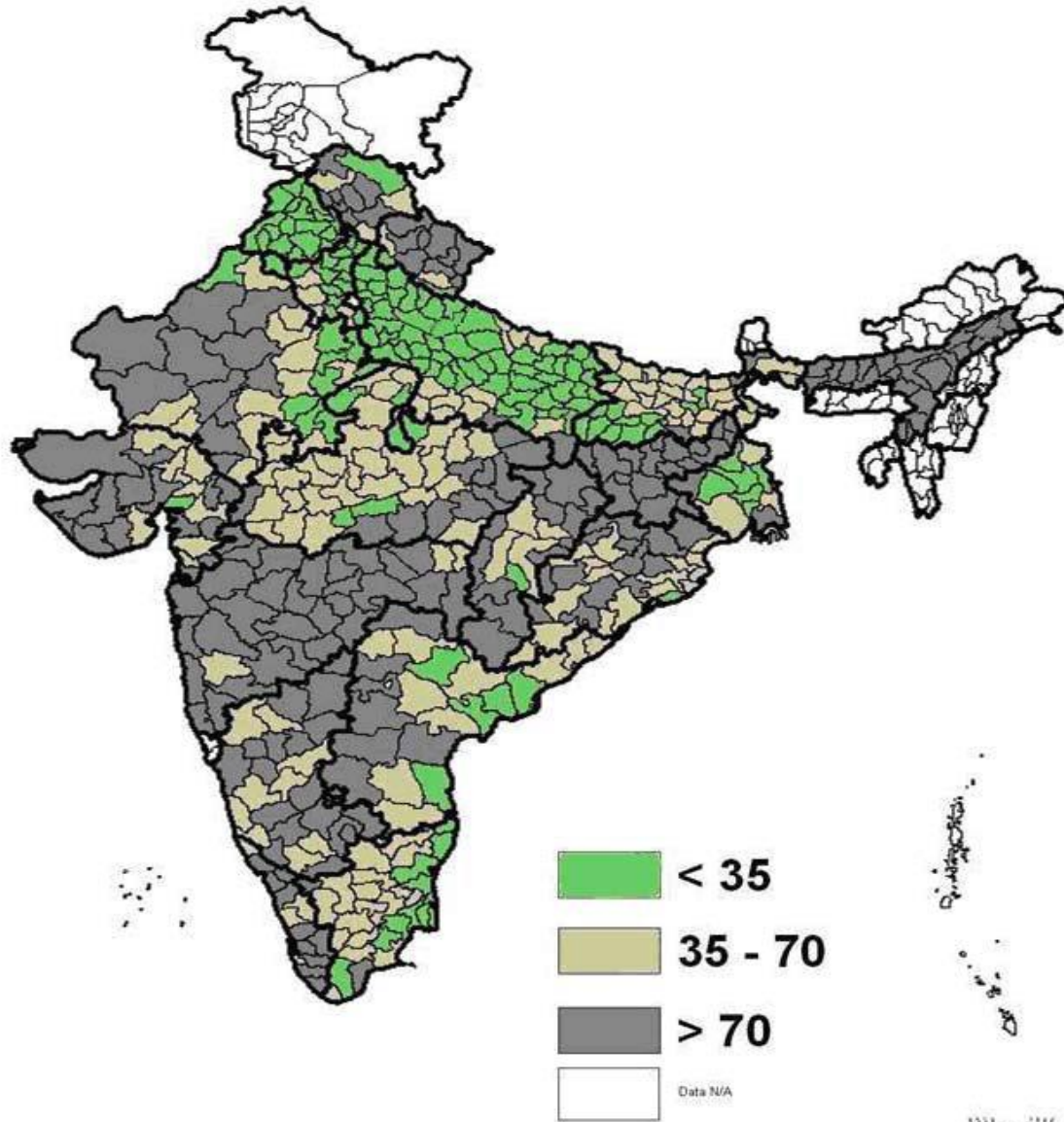
➤ Η βροχοεξαρτώμενη γεωργία απασχολεί το **69.5%** της καλλιεργήσιμης γης, **47%** του ανθρώπινου και **65%** του ζωικού πληθυσμού.

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



➤ Μέχρι το 2020 πρέπει να θρέψει 1.3 δις άτομα λόγω υπερπληθυσμού, άρα χρειάζονται 5-6 μεγατόνοι τροφής ετησίως για να καλυφθεί ο στόχος





## Ποσοστό βροχοεξαρτώμενης καλλιεργήσιμης περιοχής

Από πού όμως  
συλλέχθηκαν δεδομένα  
για να επιβεβαιωθεί η  
βιβλιογραφική  
ανασκόπηση?

# Οικονομικές μεταβλητές (1/3)

- Αγροτικό ΑΕΠ

- Συνολικό ΑΕΠ

World  
Bank

World  
Bank

1968-2015

1980 - 2015

World  
Bank

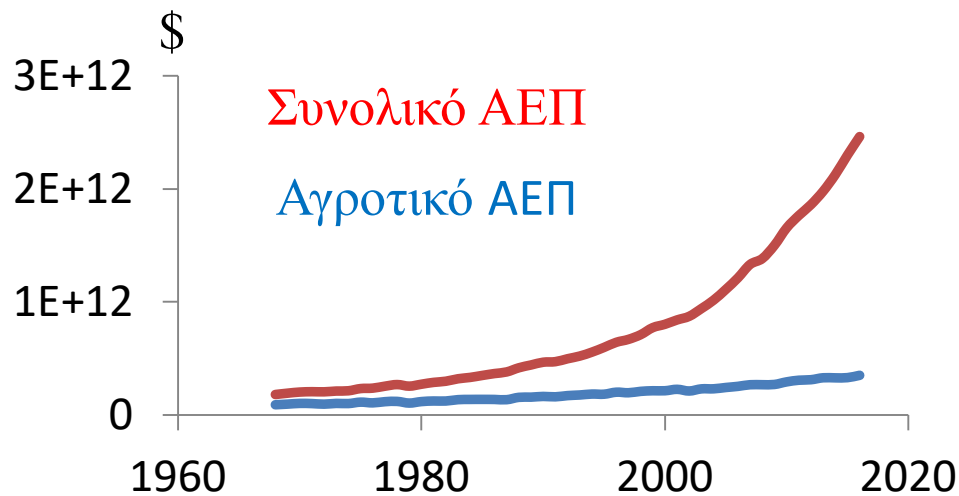
Διεθνές  
νομισματικό  
ταμείο

- Δείκτης  
Αγροτικής  
Παραγωγής CPI

- Δείκτης Τιμών  
αγροτικών  
προϊόντων

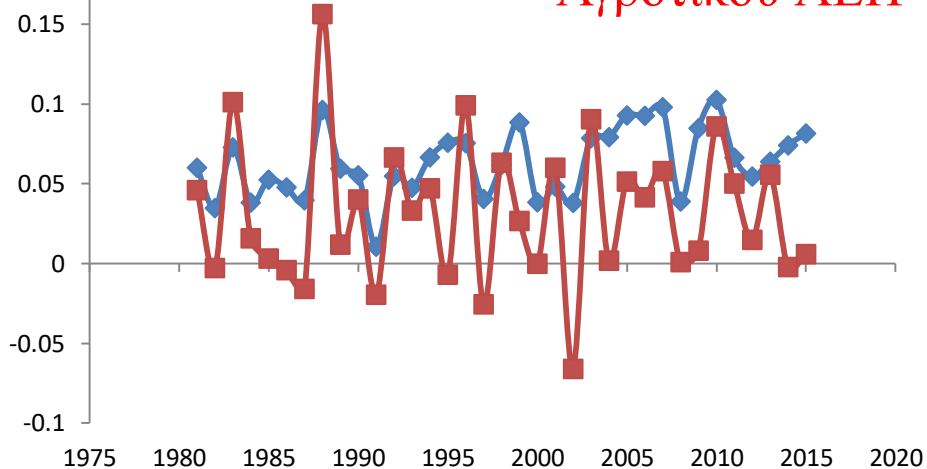
# Οικονομικές μεταβλητές (2/3)

## Ινδία

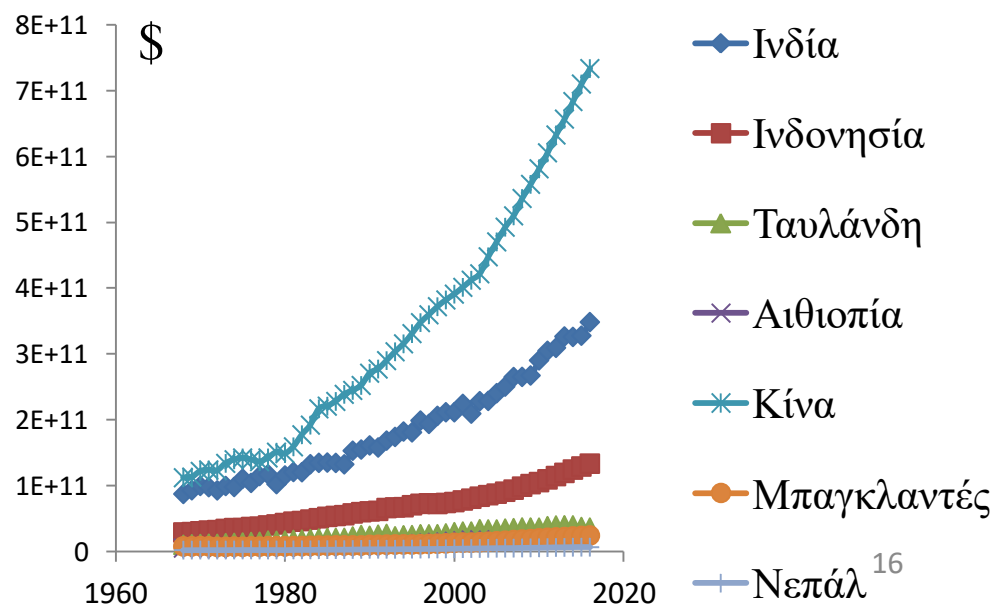
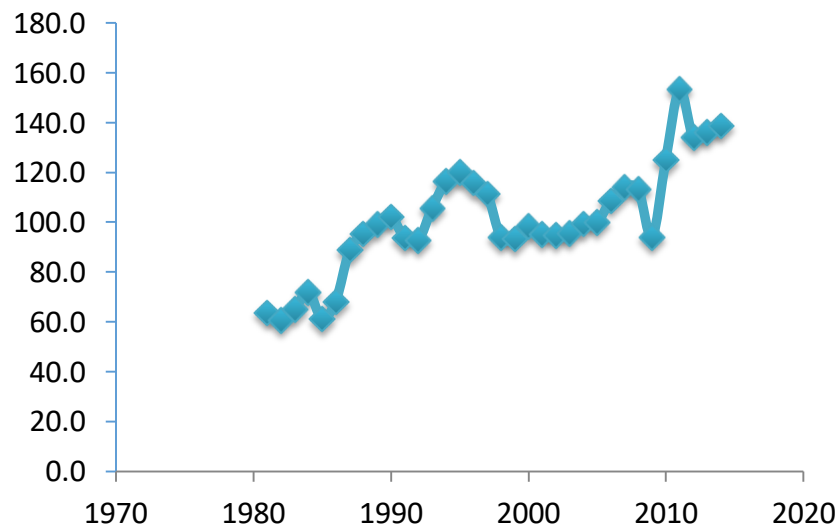


## Ρυθμός μεταβολής

Συνολικού ΑΕΠ (blue line)  
Αγροτικού ΑΕΠ (red line)



## Αυξητική τάση δείκτη τιμών αγροτικών εμπορευμάτων

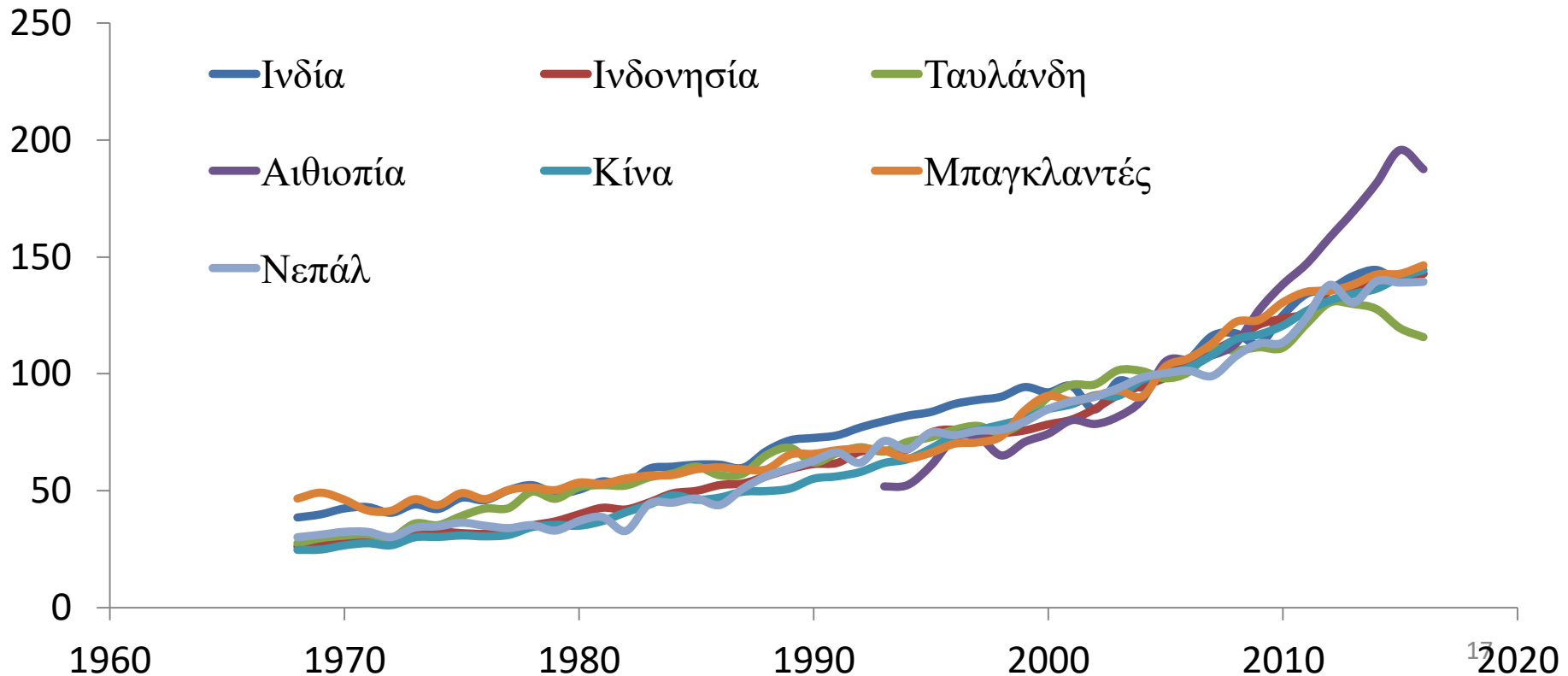




# Οικονομικές μεταβλητές (3/3)

Η Ινδία υπολογίστηκε ότι έχει αγροτικό ΑΕΠ 26.61% του συνολικού ΑΕΠ και βροχοεξαρτώμενη γεωργία 66% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης

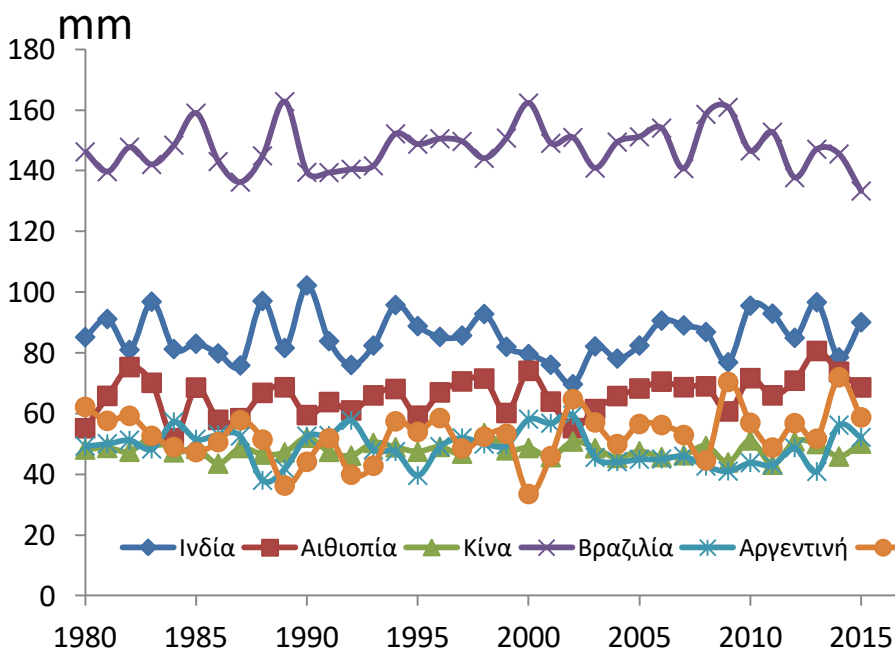
Δείκτης αγροτικής παραγωγής CPI



# Υδροκλιματικές μεταβλητές (1/6)

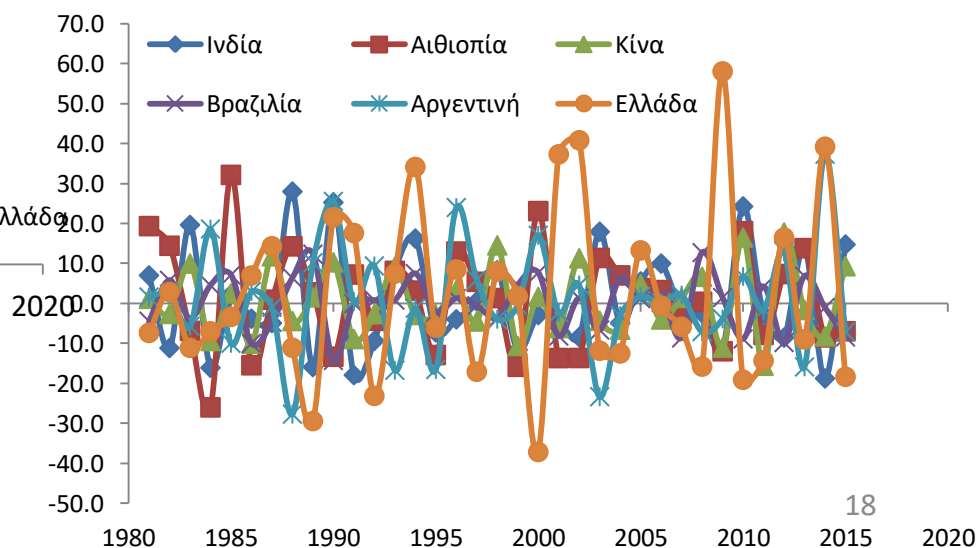
Η Ινδία έχει τη μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Τι γίνεται όμως με τη βροχή?

Συλλέχθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας από την Παγκόσμια Τράπεζα για την περίοδο **1901-2015**, μηνιαίες τιμές που μετατράπηκαν σε ετήσιες.



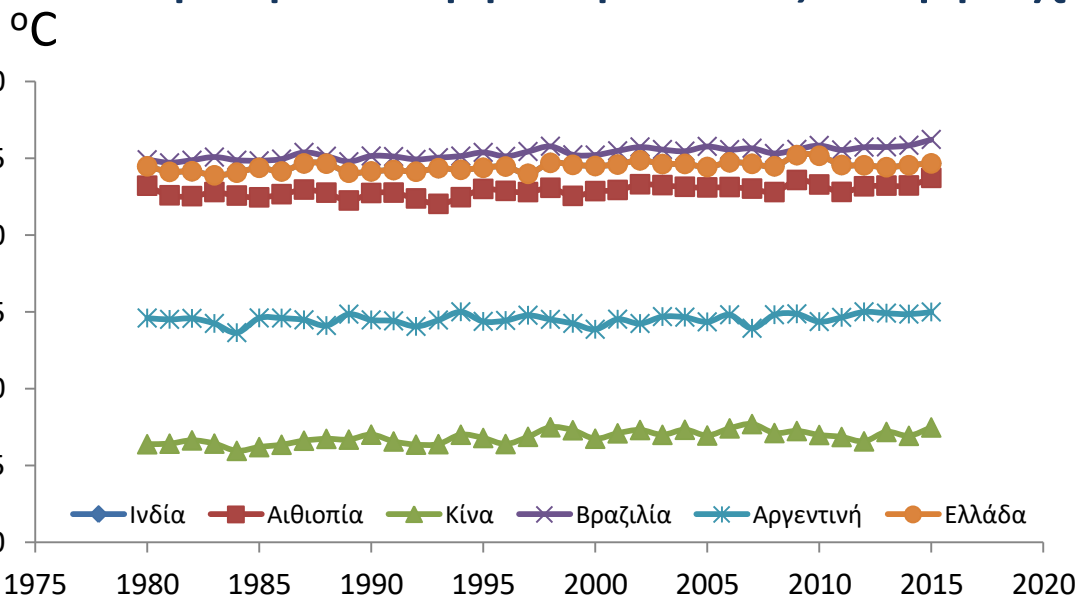
Υψηλότερη βροχόπτωση στην Βραζιλία και μετά Ινδία.

Η Ελλάδα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής για τη μέση ετήσια βροχόπτωση



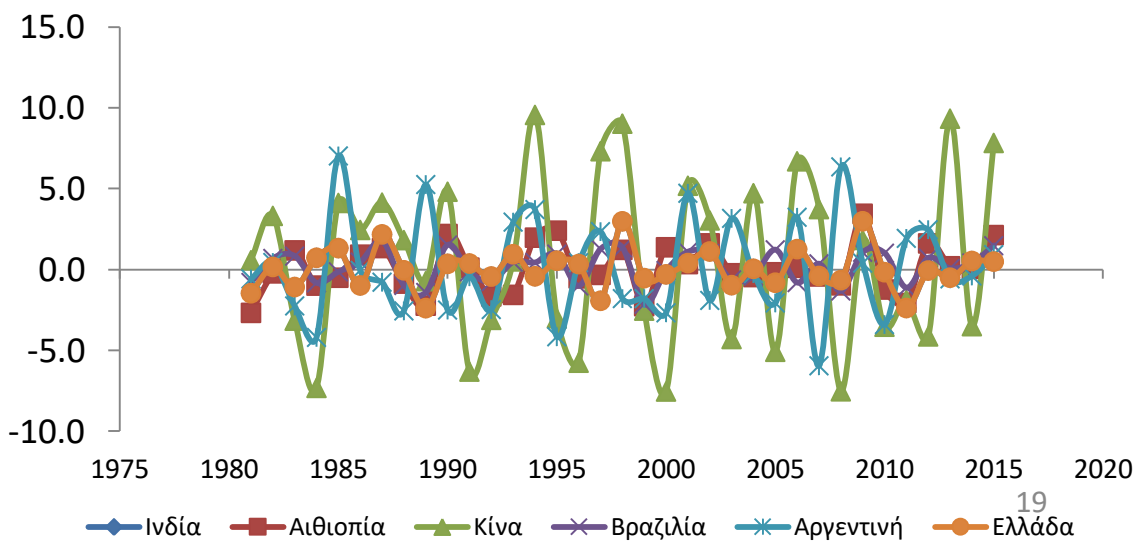
# Υδροκλιματικές μεταβλητές (2/6)

## Προφίλ θερμοκρασίας σε βροχοεξαρτώμενες χώρες



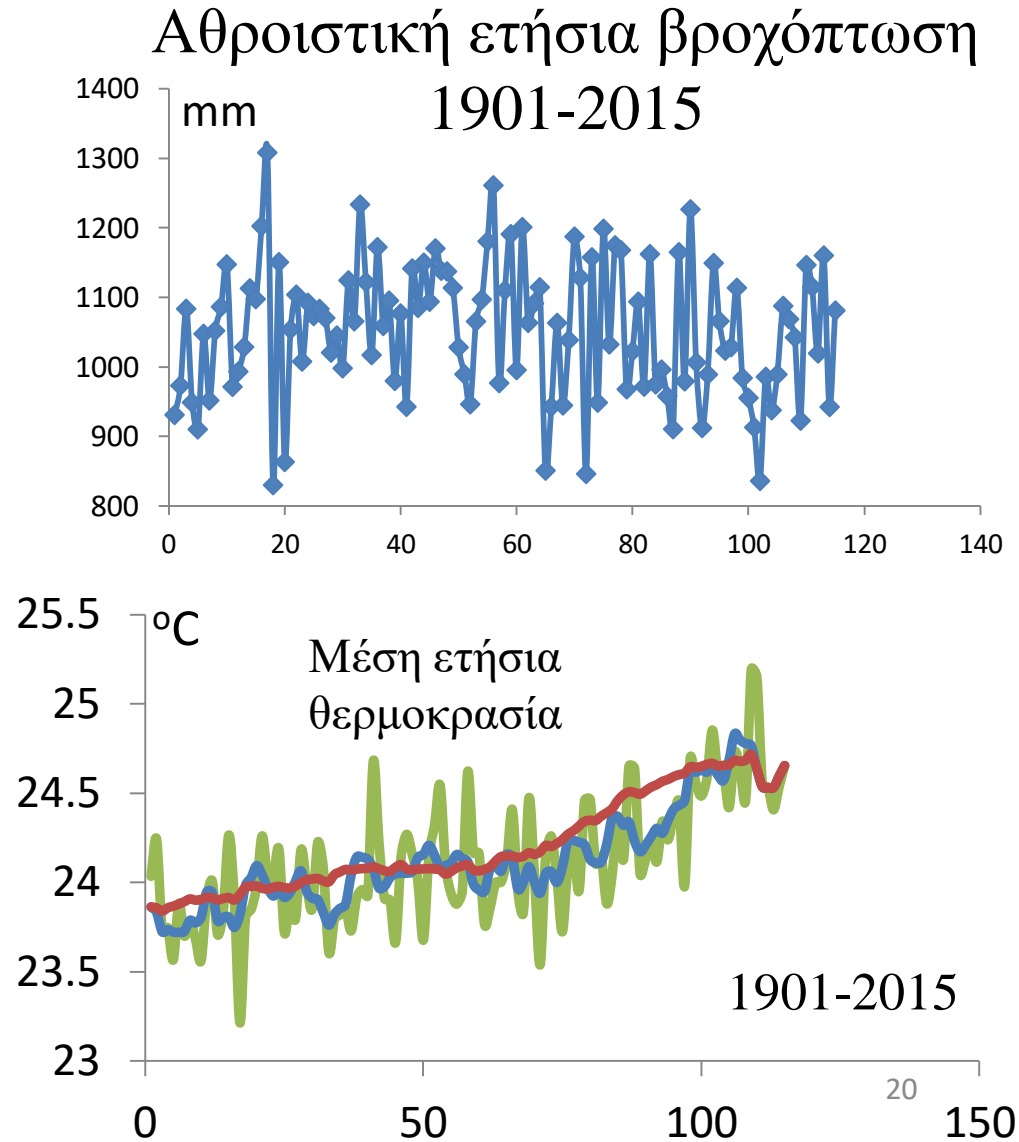
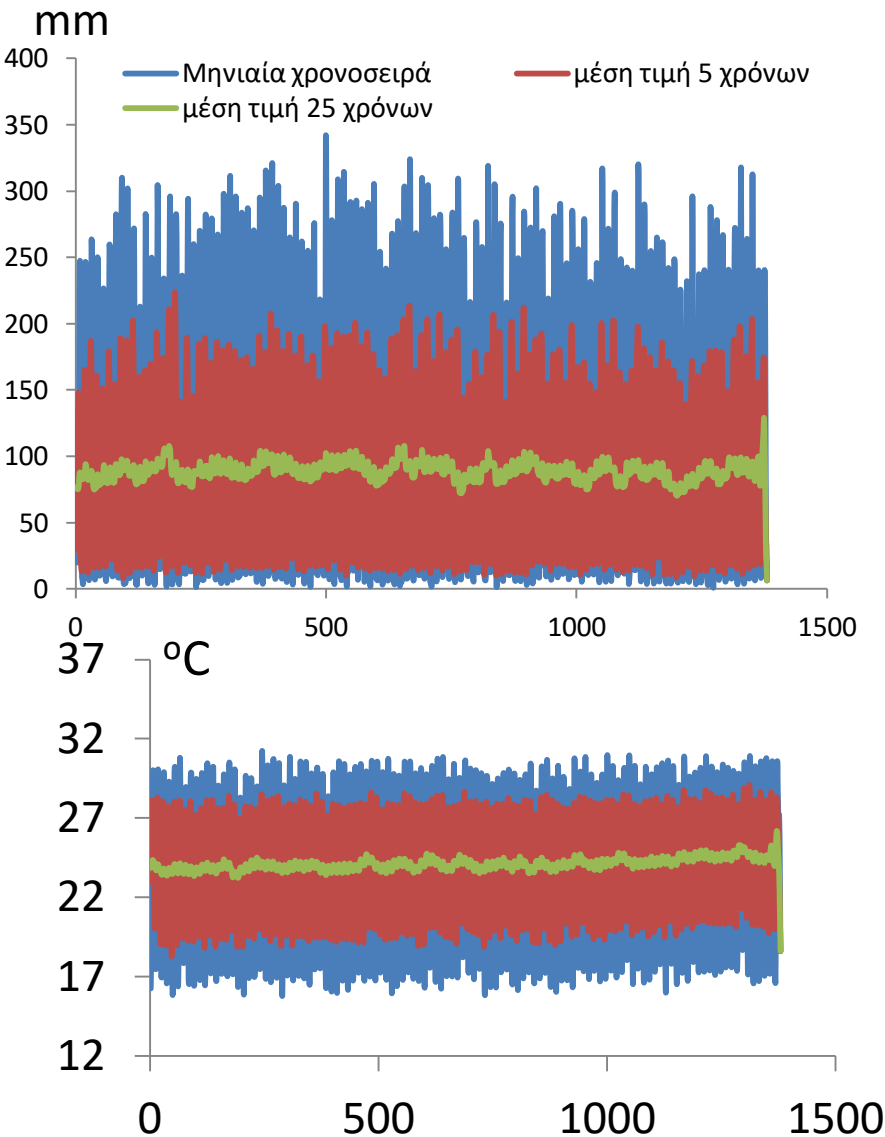
Η Ινδία έχει παρόμοια μέση θερμοκρασία με την Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει σχεδόν σταθερό PM ενώ η Κίνα έχει μεγάλες αυξομειώσεις



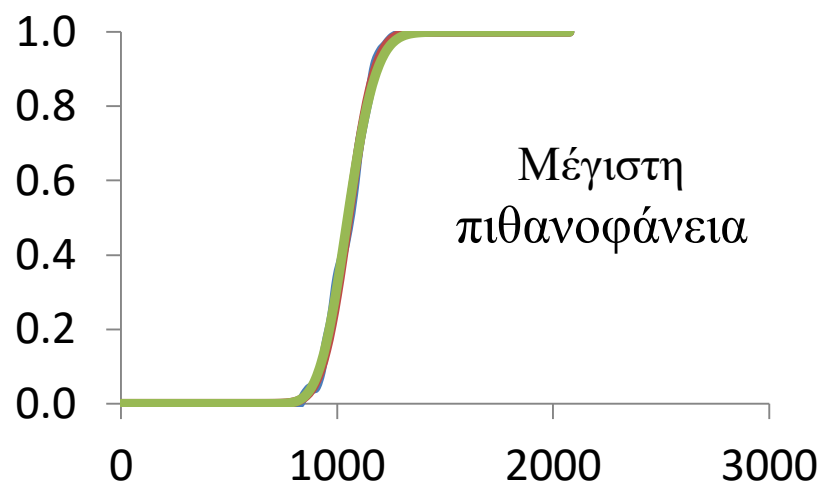
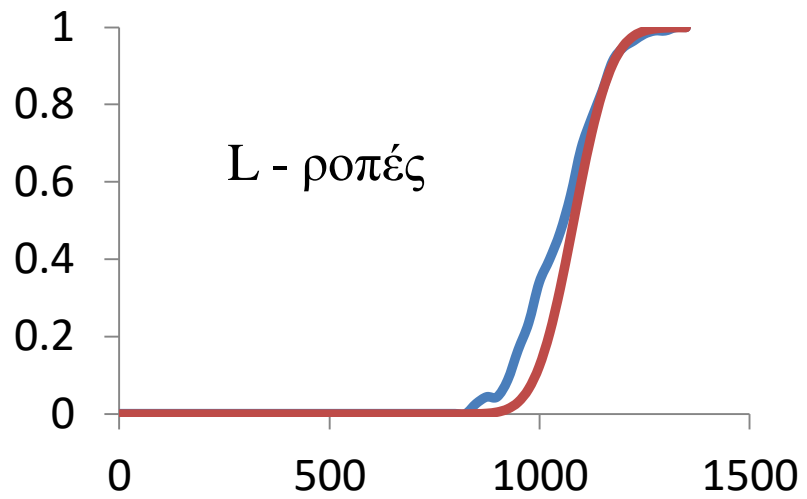
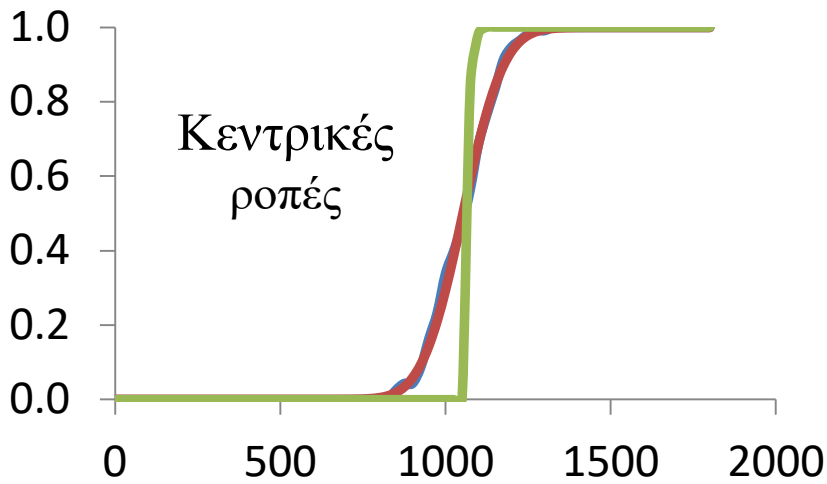
# Υδροκλιματικές μεταβλητές (3/6)

## Μεθοδολογία για μελέτη βροχόπτωσης και θερμοκρασίας Ινδία



# Υδροκλιματικές μεταβλητές (4/6)

Μέθοδος κεντρικών, L- ροπών και μέγιστης πιθανοφάνειας βροχόπτωσης



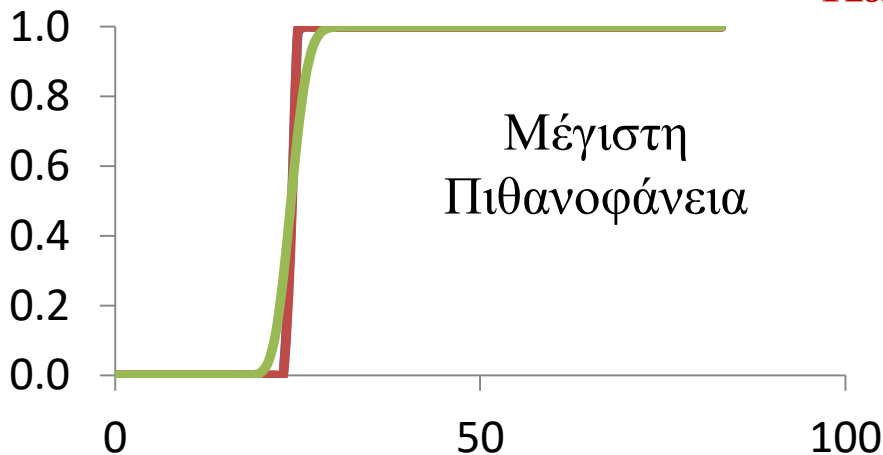
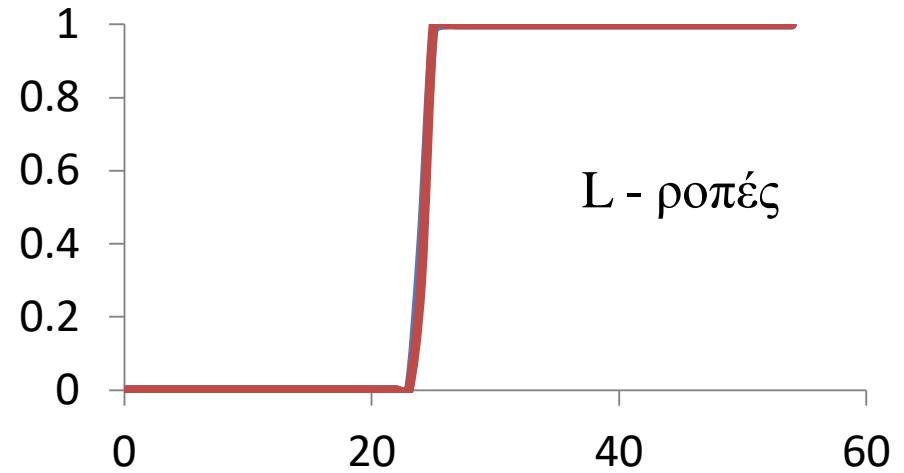
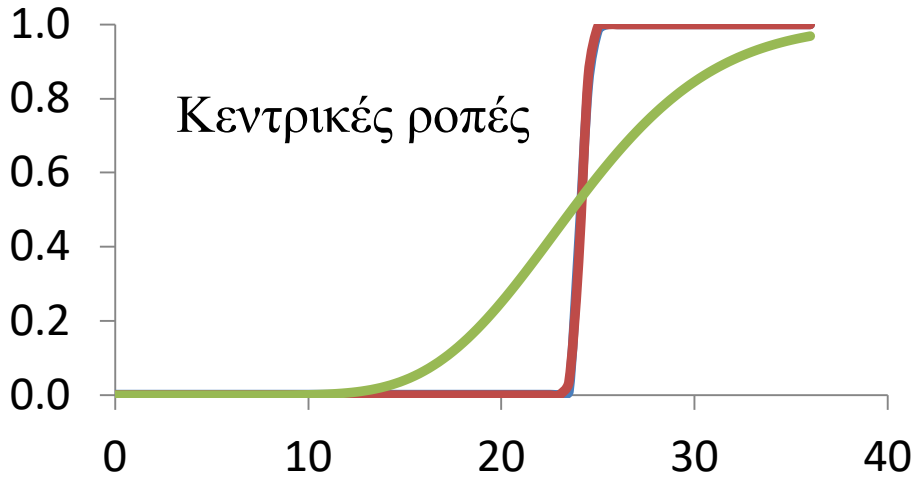
Κανονική κατανομή    Κατανομή Gamma

Συνάρτηση κατανομής  $F(x)$

Μέθοδος κεντρικών ροπών ή μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας φαίνεται να έχει καλή προσαρμογή η συνάρτηση κατανομής της βροχόπτωσης με κανονική κατανομή. Συγκρίναμε με κατανομή Gamma<sub>21</sub>

# Υδροκλιματικές μεταβλητές (5/6)

Μέθοδος κεντρικών, L- ροπών και μέγιστης πιθανοφάνειας  
θερμοκρασίας



Κανονική κατανομή    Κατανομή Gamma

Συνάρτηση κατανομής  $F(x)$

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

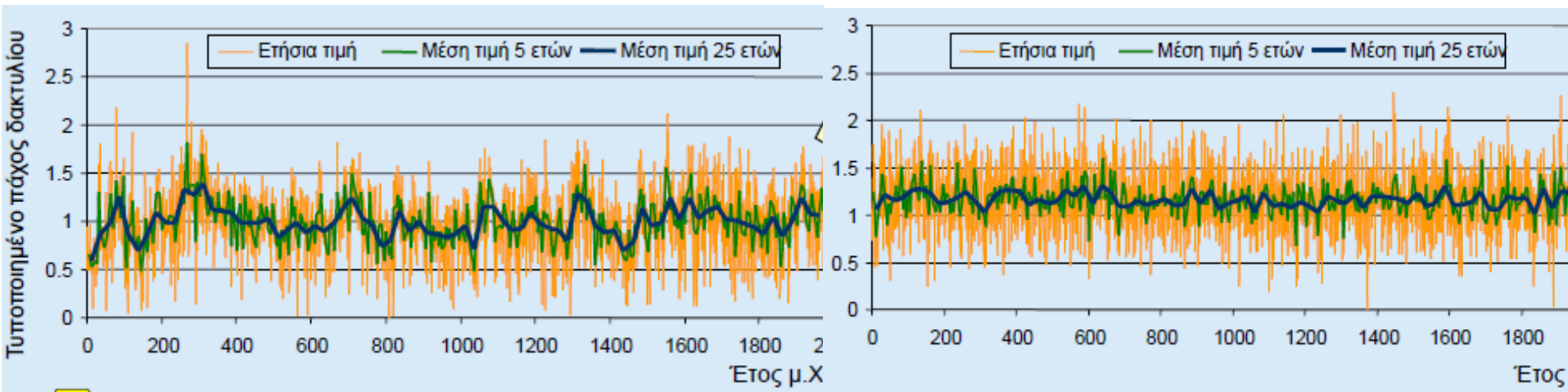
# Μακροπρόθεσμη εμμονή, Κλιμακόγραμμα, Hurst

□ Γεωφυσικά φαινόμενα εμφανίζουν τυχαιότητα και αντιμετωπίζονται στοχαστικά.

□ Διεργασίες που ακολουθούν κανονική κατανομή και διερευνάται η ύπαρξη μακροπρόθεσμης εμμονής, δηλαδή εξάρτηση των τιμών και ομαδοποίηση των ακραίων.

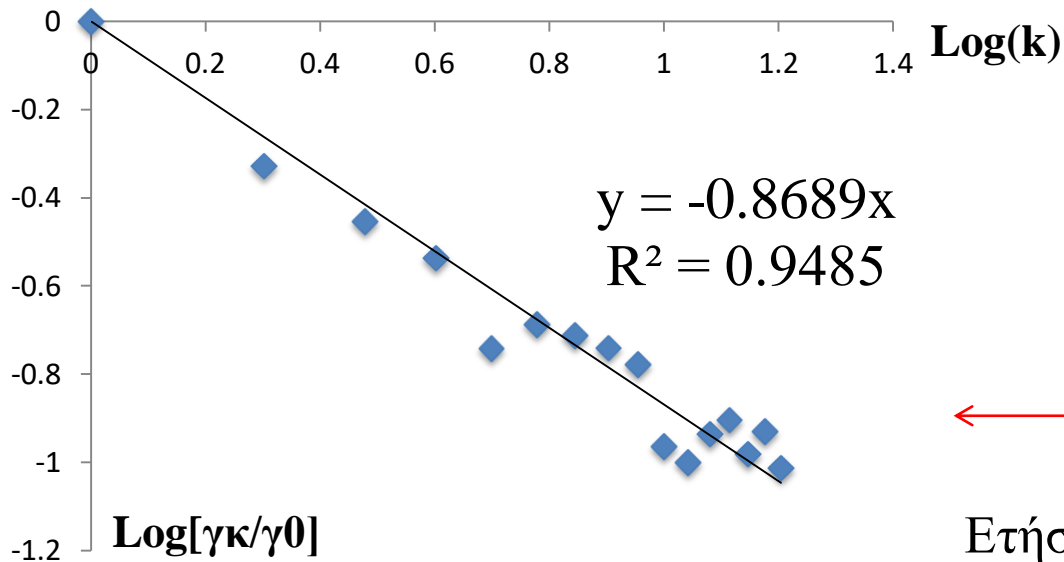
□ Για την εκτίμηση της εμμονής χρησιμοποιούμε κλιμακόγραμμα, δηλαδή της διασποράς συναρτήσεως της κλίμακας. Μία διαφορετική εκτιμήτρια διακύμανσης από την αυτοσυσχέτιση και το φάσμα ισχύος, που είναι πιο αξιόπιστη έχοντας μικρότερη αβεβαιότητα.

□ Με το κλιμακόγραμμα υπολογίζεται η παράμετρος Hurst και ποσοτικοποιείται η εμμονή.



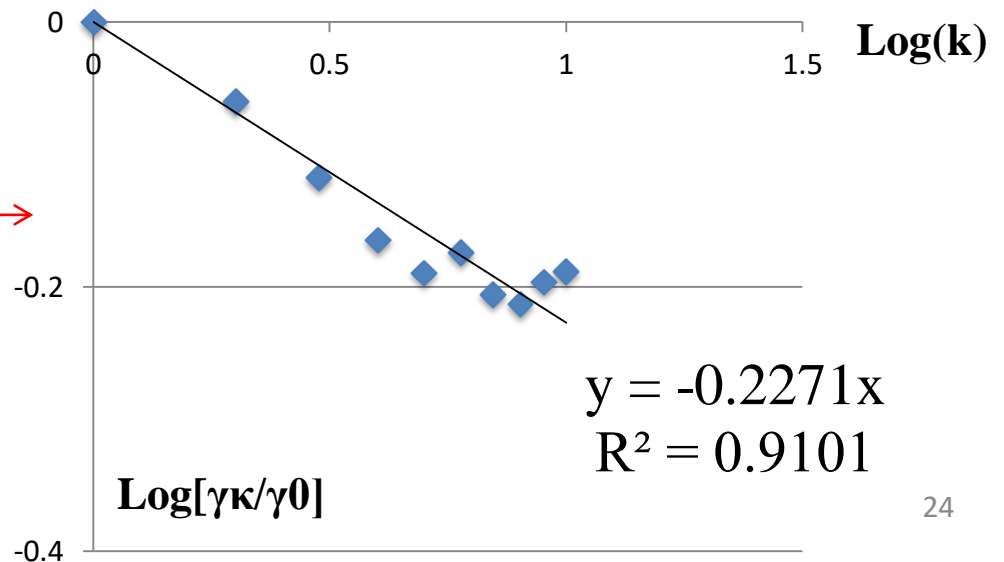
# Υδροκλιματικές μεταβλητές (6/6) – Κλιμακόγραμμα, Hurst

Αθροιστική ετήσια βροχόπτωση 1901-2015



**H= 0.58** για την βροχόπτωση, άρα δεν έχει μεγάλη εμμόνη καθώς για  $H=0.5$  παρουσιάζεται λευκός θόρυβος.

Ετήσια θερμοκρασία 1901-2015

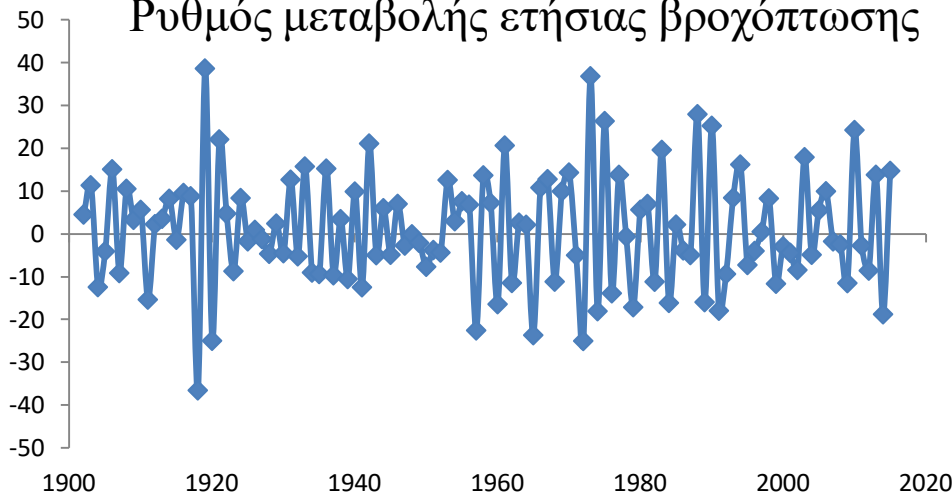


**H= 0.96** για τη θερμοκρασία, ένδειξη ισχυρής μακροπρόθεσμης εμμόνης, ομαδοποίηση ακραίων τιμών.

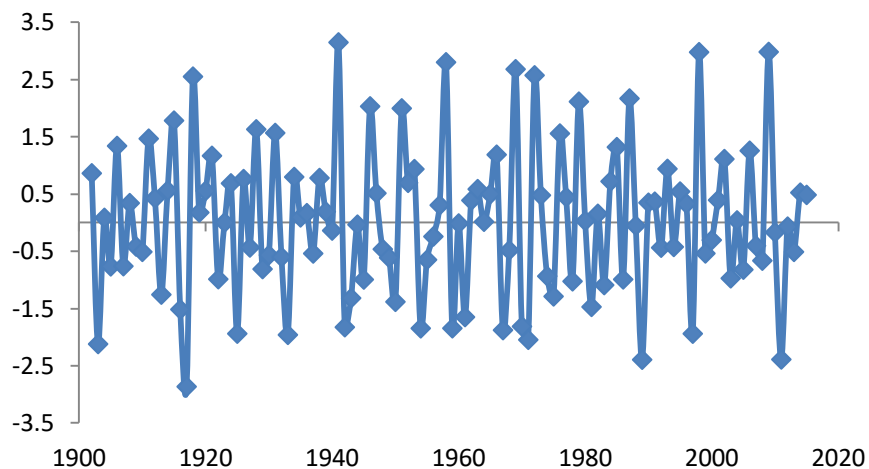


# Στατιστική ανάλυση (1/17) – Ρυθμοί μεταβολής

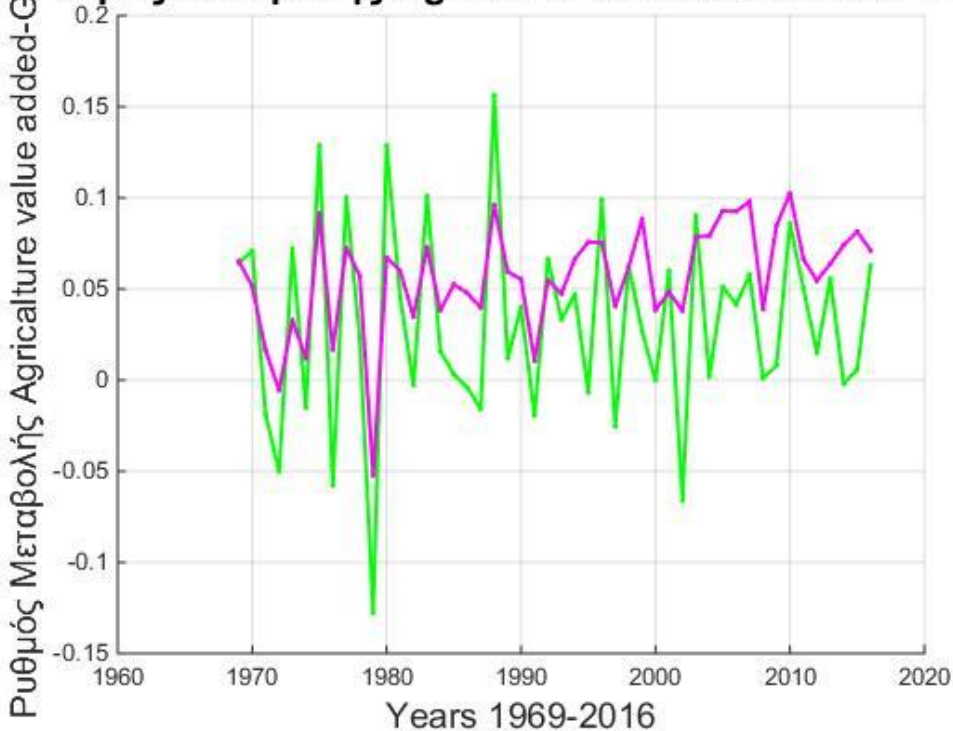
## Ρυθμός μεταβολής ετήσιας βροχόπτωσης



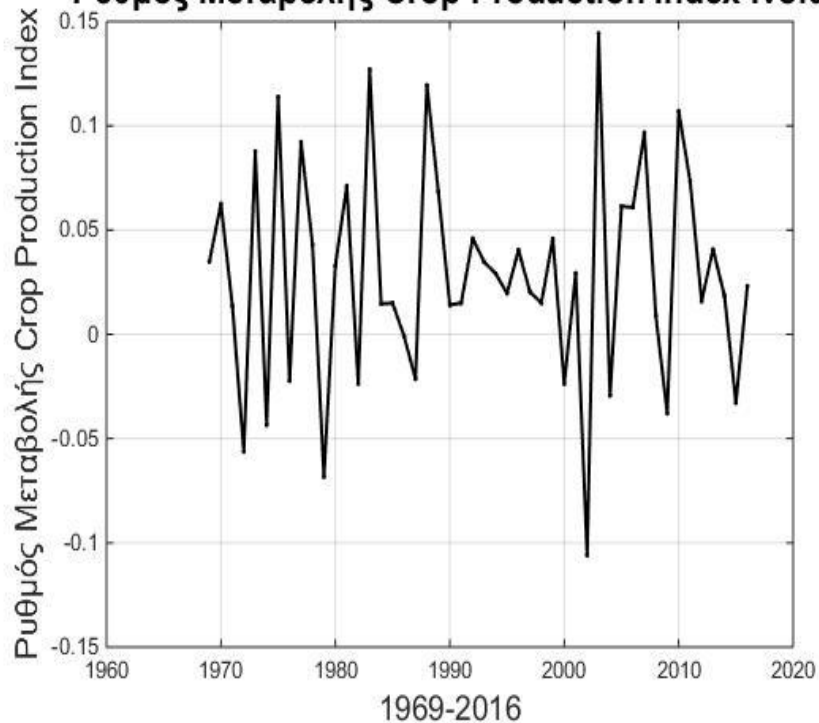
## Ρυθμός μεταβολής ετήσιας θερμοκρασίας



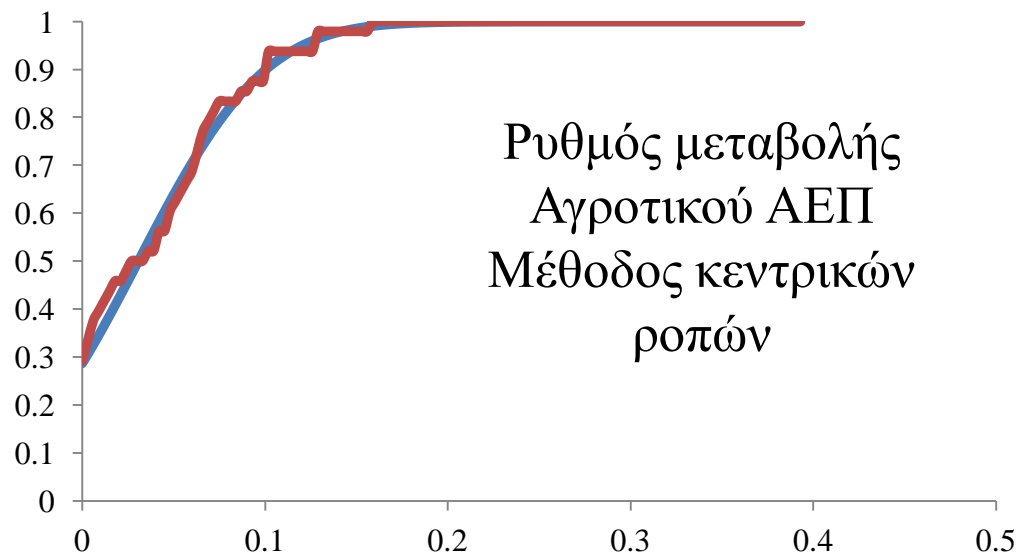
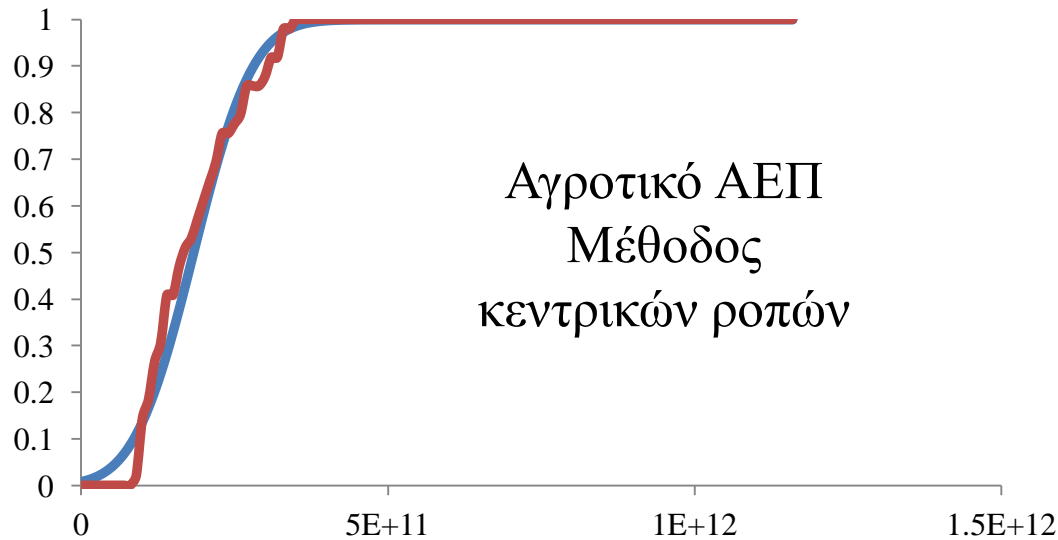
## Ρυθμός Μεταβολής Agriculture value added-GDP Ινδία



## Ρυθμός Μεταβολής Crop Production Index Ινδία



# Στατιστική ανάλυση (2/17) – Συνάρτηση Κατανομής $F(x)$ και σύγκριση με Κανονική κατανομή αγροτικό ΑΕΠ 1968-2015 Ινδία



Τι συνάρτηση κατανομής έχει το αγροτικό ΑΕΠ?

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

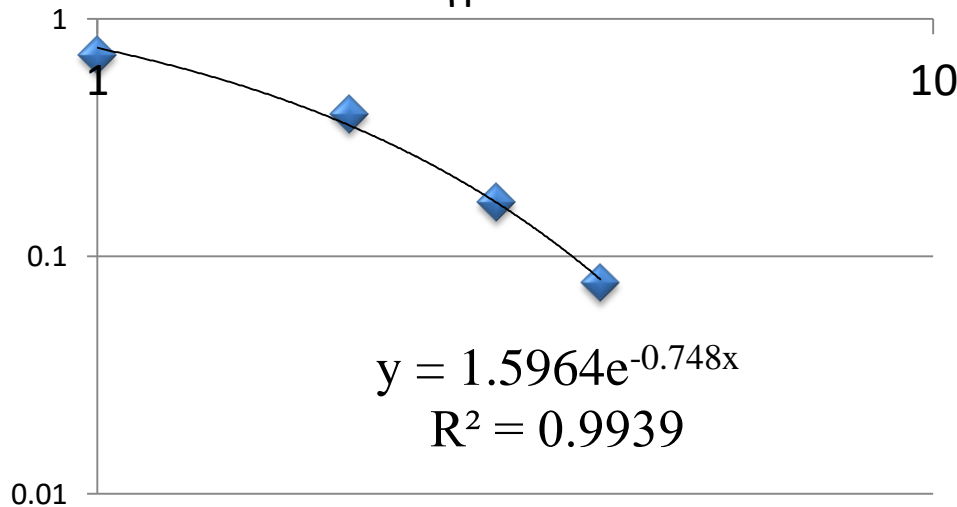
# Στατιστική ανάλυση (3/17) – Συσχετίσεις 1968-2015

Πώς όμως ποσοτικοποιείται η εξάρτηση του αγροτικού ΑΕΠ από τη βροχόπτωση?

Με το συντελεστή συσχέτισης Pearson για το ρυθμό μεταβολής βροχόπτωσης με το ρυθμό μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ ή αγροτικής παραγωγής

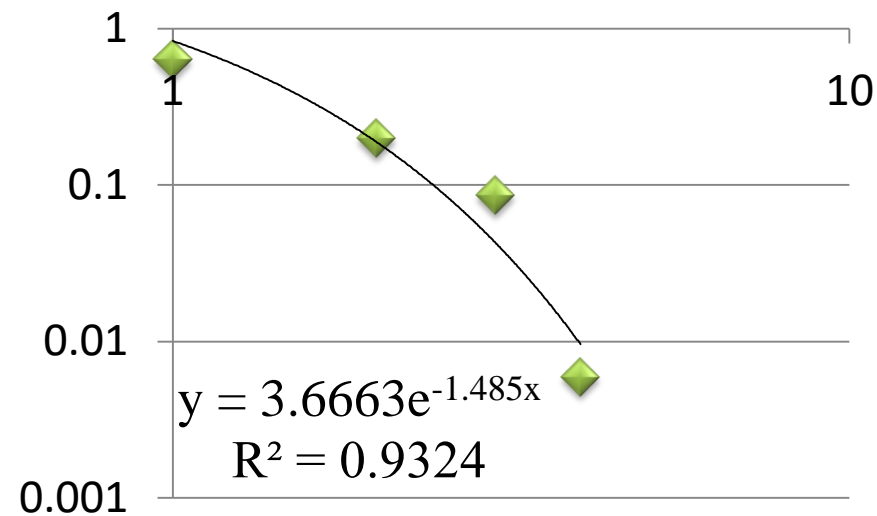
$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Ετεροσυσχέτιση PM βροχόπτωσης –  
PM αγροτικού ΑΕΠ



**r= 0.7**, εξαρτάται (σχετικά ισχυρά) γραμμικά το αγροτικό ΑΕΠ από την ετήσια αθροιστική βροχόπτωση.

Ετεροσυσχέτιση PM βροχόπτωσης –  
PM δείκτη αγροτικής παραγωγής



**r= 0.63**, εξαρτάται σε ένα βαθμό γραμμικά η αγροτική παραγωγή από την ετήσια αθροιστική βροχόπτωση.<sup>27</sup>

# Στατιστική ανάλυση (4/17) – Μεγιστοποίηση συντελεστή συσχέτισης $r$

Κατασκευή πίνακα 114x12 με γραμμές τα έτη 1901-2015 και στήλες τους μήνες. Υπολογισμός συντελεστών  $\alpha$  (ανάγκες - ζήτηση βροχόπτωσης), που πολλαπλασιαζόμενοι με τη βροχόπτωση και συσχετίζονται με το αγροτικό ΑΕΠ θα μεγιστοποιήσουν το συντελεστή συσχέτισης  $r$ .

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\alpha_9$	$\alpha_{10}$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	Αθροισμα αναγκών
Ανάγκες(με Solver)	0	0	0	0	0.18895	2.55972	2.7849	1.21525	3.31981	1.93138	0	0	12
Μήνες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1901	0	0	0	0	10.0772	256.663	616.743	300.64	389.58	100.121	0	0	
1902	0	0	0	0	8.39745	313.642	686.672	240.51	669.074	112.486	0	0	

Μέγιστος συντελεστής συσχέτισης  $r=0.782$

Μεγαλύτερη επιρροή στο αγροτικό ΑΕΠ έχουν οι θερινοί 6 μήνες Μάιος–Οκτώβριος



Θερμοκρασία – αγροτικό ΑΕΠ :  $r = 0.39$

Θερμοκρασία – αγροτική παραγωγή :  $r = 0.47$

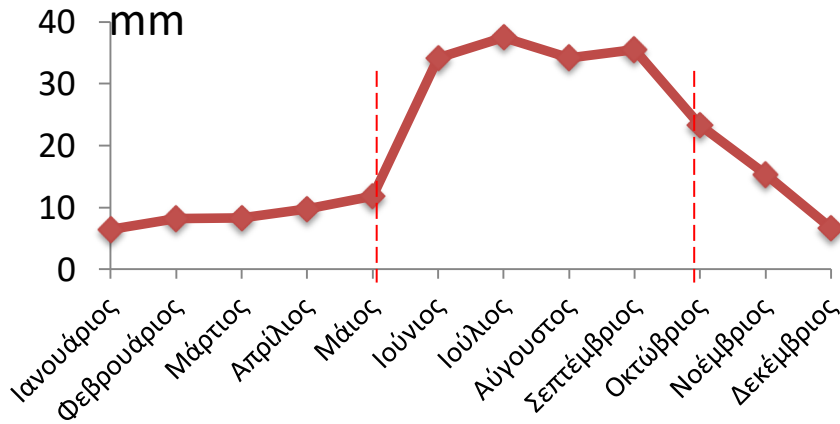
Βροχόπτωση – θερμοκρασία :  $r = 0.36$

Αγροτικό ΑΕΠ – Συνολικό ΑΕΠ :  $r = 0.71$

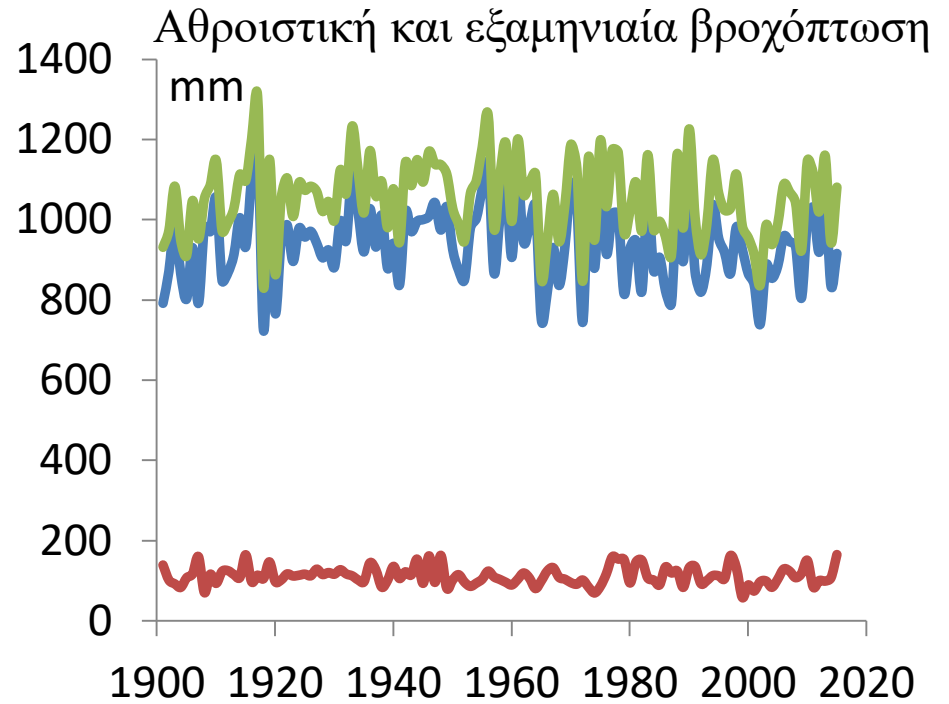
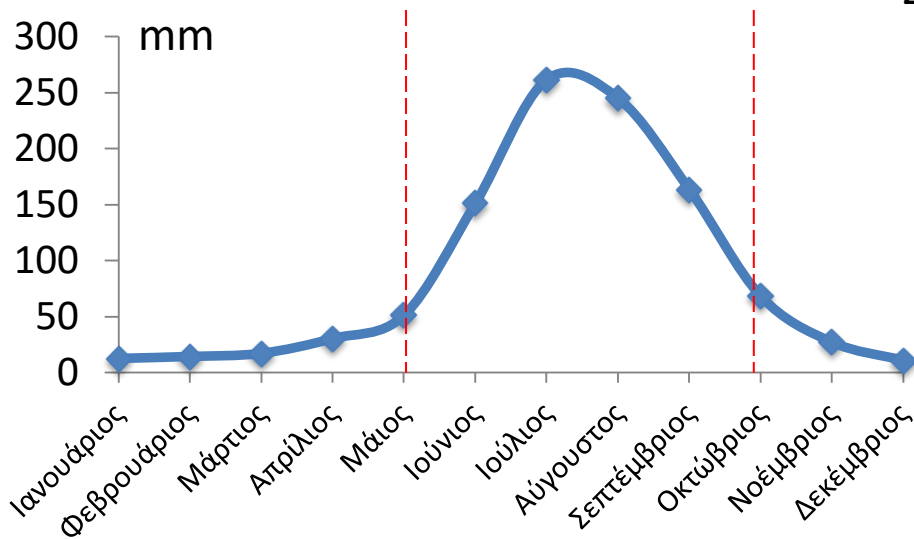
Ανάλυση βροχής για τους θερινούς 6 μήνες, που επηρεάζουν περισσότερο αγροτική παραγωγή.

# Στατιστική ανάλυση (5/17) – Εποχικότητα μέσα στο έτος

Ποια περίοδο βρέχει πολύ μέσα στο έτος και ποιά έχουμε χαμηλή βροχόπτωση?



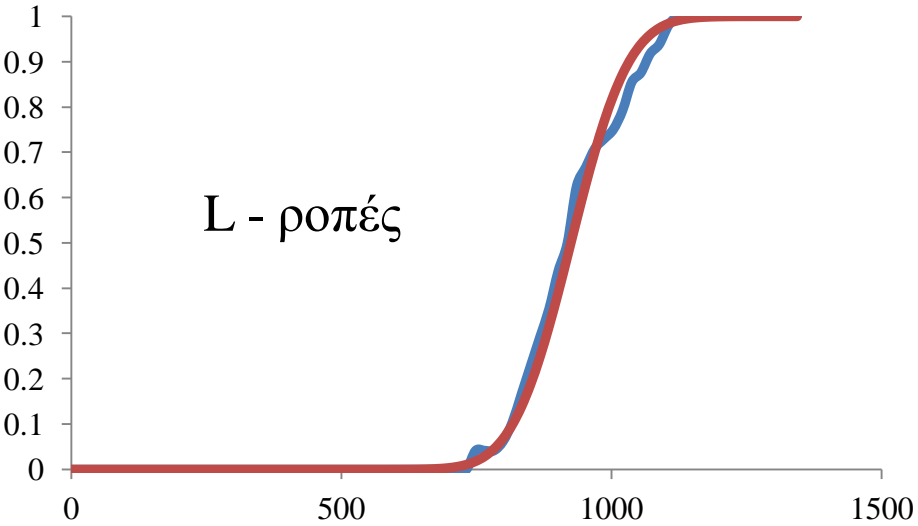
Βροχερή περίοδος **θερινοί 6 μήνες**



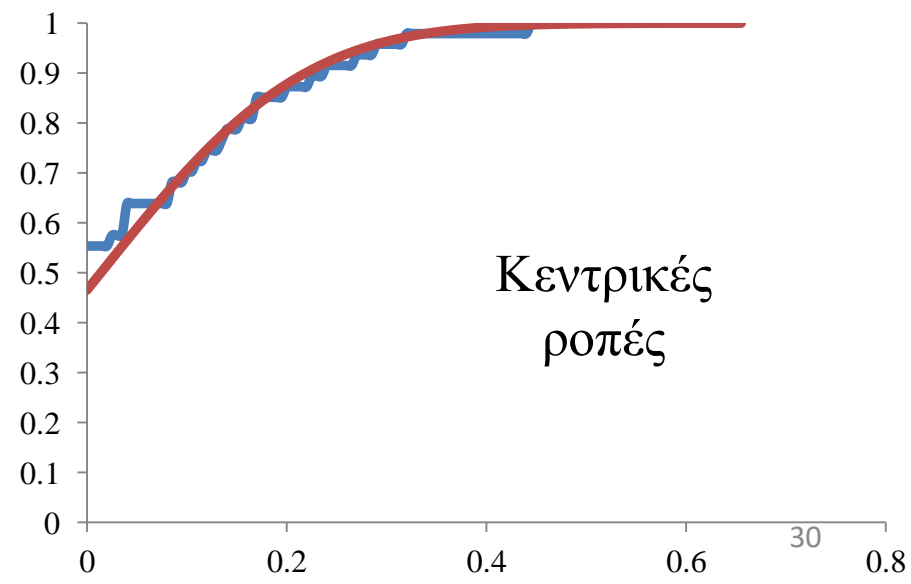
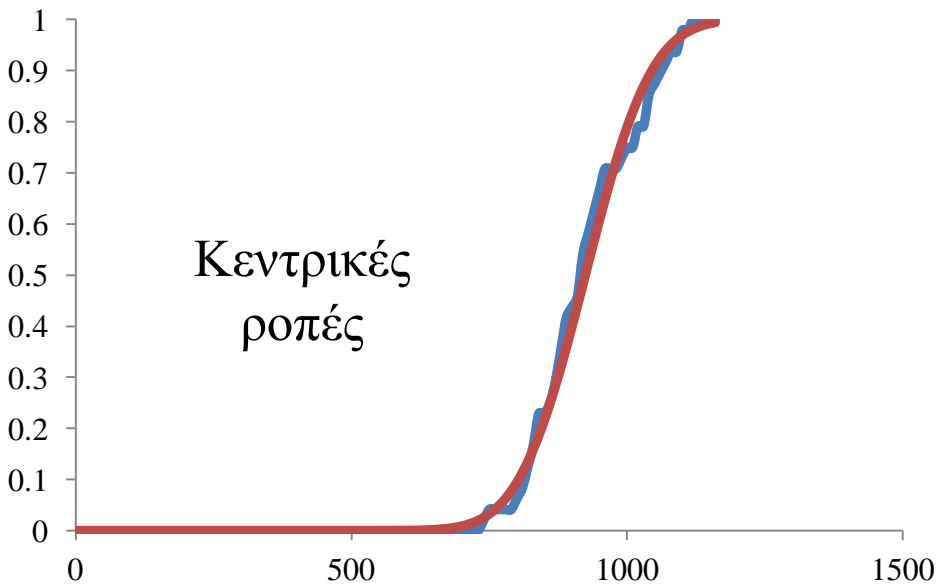
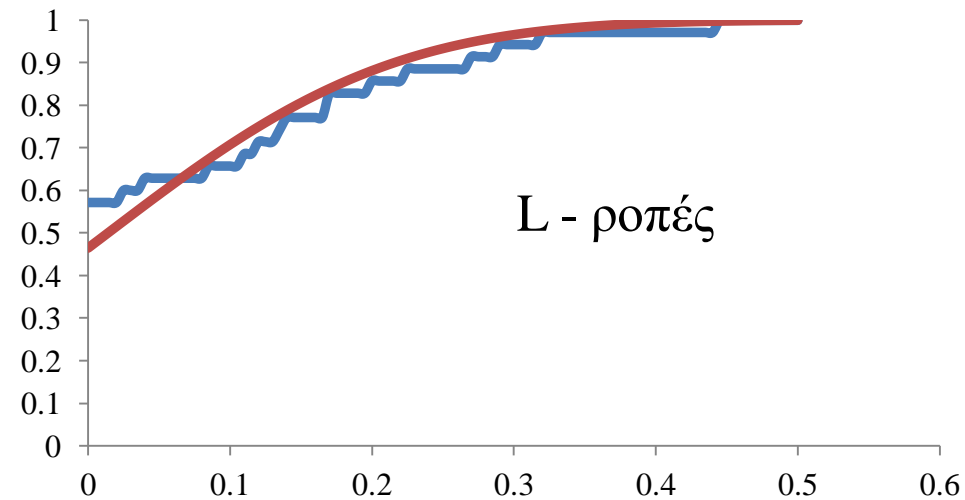
Πράγματι για τη μελέτη της βροχής και τις συσχετίσεις αρκούν οι 6 θερινοί μήνες και συνεχίζουμε μόνο με το εξάμηνο.

# Στατιστική ανάλυση (6/17) – Συνάρτηση Κατανομής $F(x)$ και σύγκριση με Κανονική κατανομή βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες

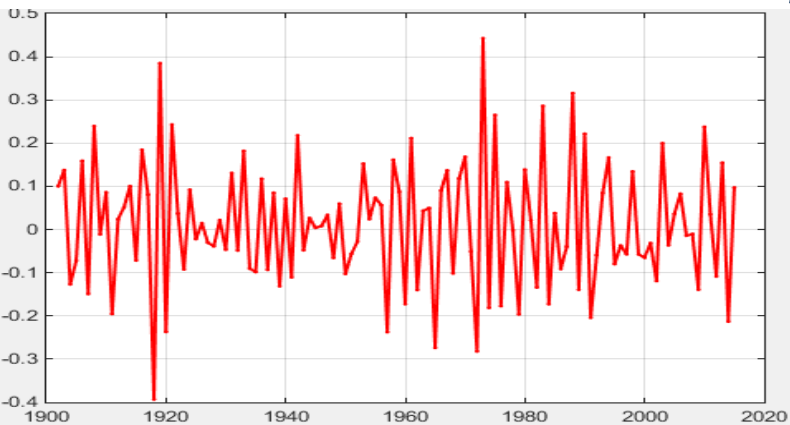
Βροχόπτωση θερινοί 6 μήνες 1968-2015



PM Βροχόπτωσης θερινοί 6 μήνες 1968-2015

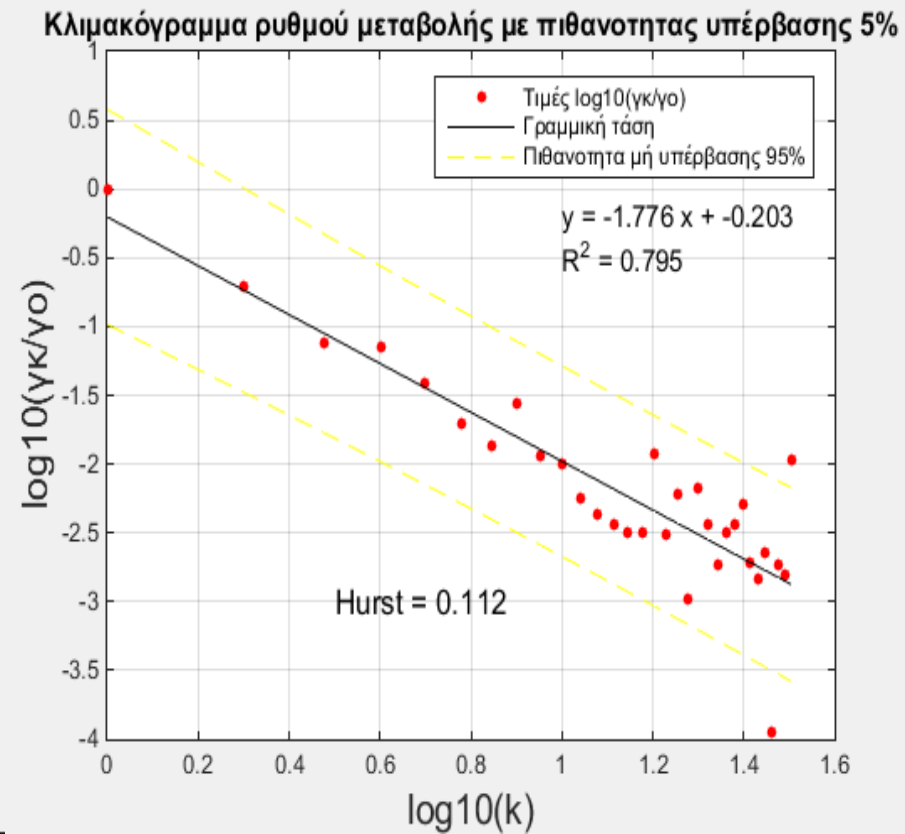
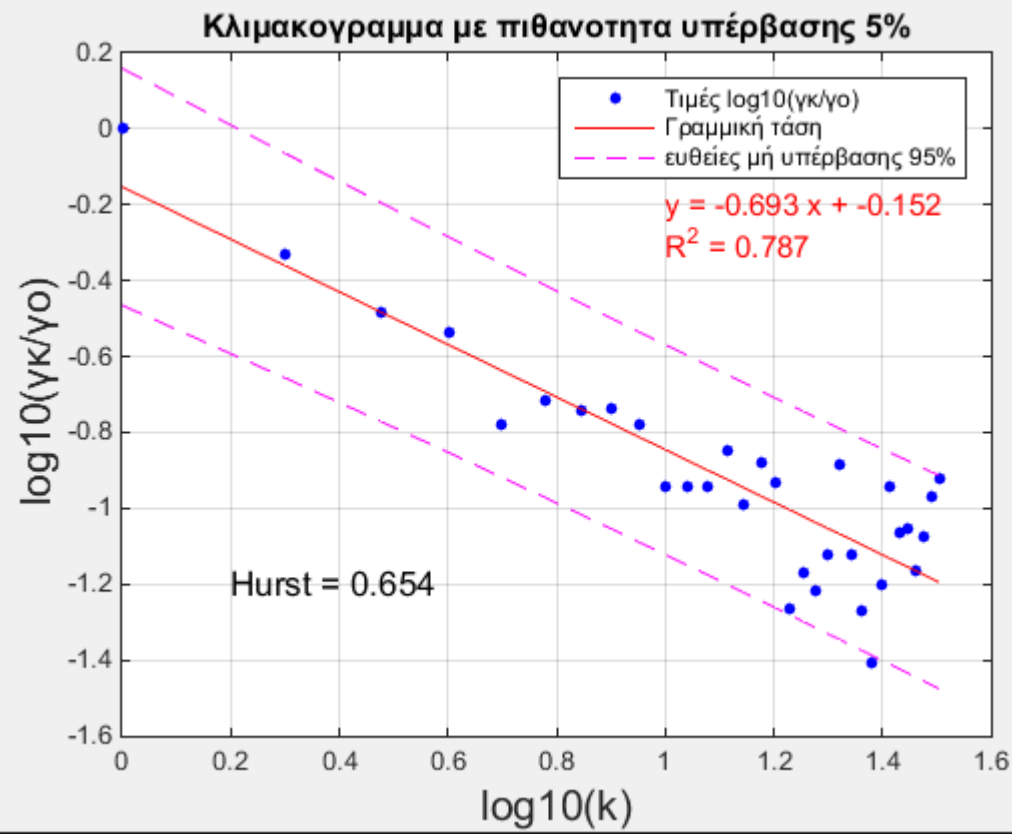


# Στατιστική ανάλυση (7/17) – Κλιμακόγραμμα και Hurst θερινοί 6 μήνες βροχόπτωσης



Hurst για θερινούς 6 μήνες βροχής  
**H=0.654**, μικρή ύπαρξη εμμονής.

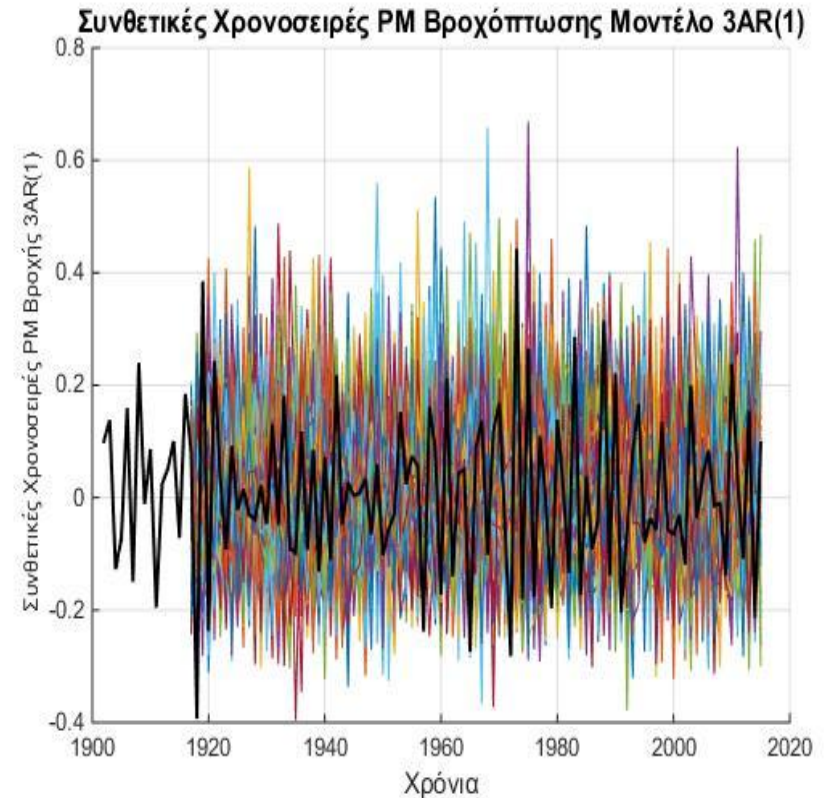
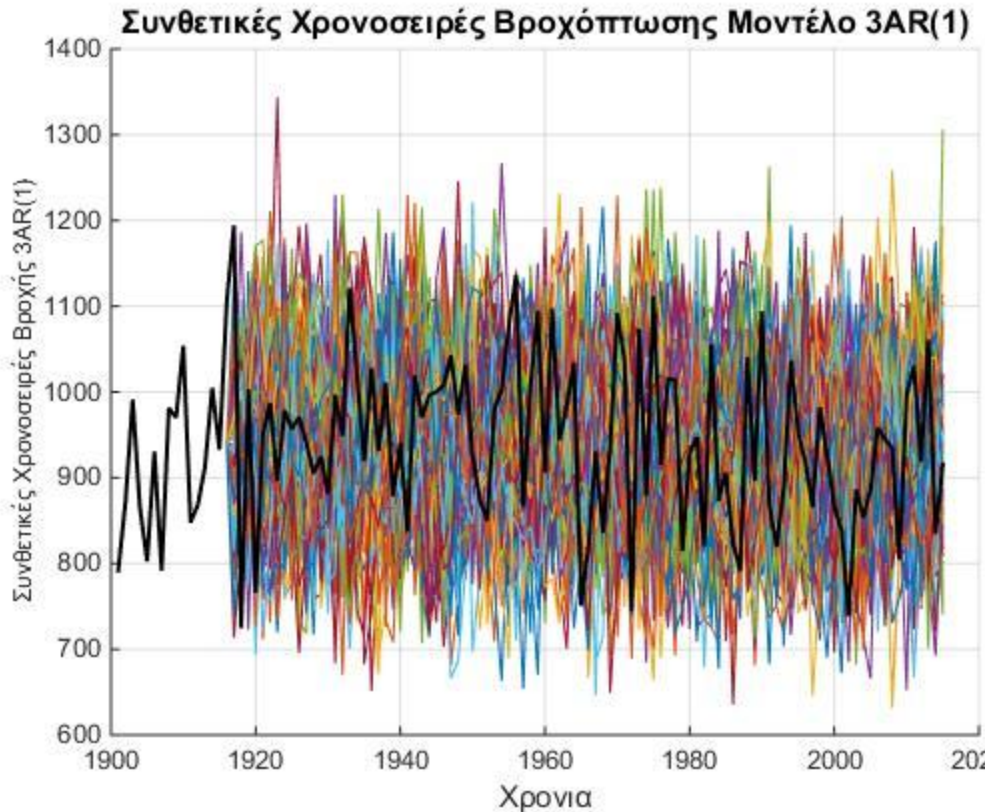
Hurst για ρυθμό μεταβολής βροχής  
θερινών 6 μηνών **H=0.112**, ισχυρά  
αντιέμμοно φαινόμενο.





# Στατιστική ανάλυση (8/17) – Ανεξάρτητο μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης $3AR(1)$ για βροχόπτωση

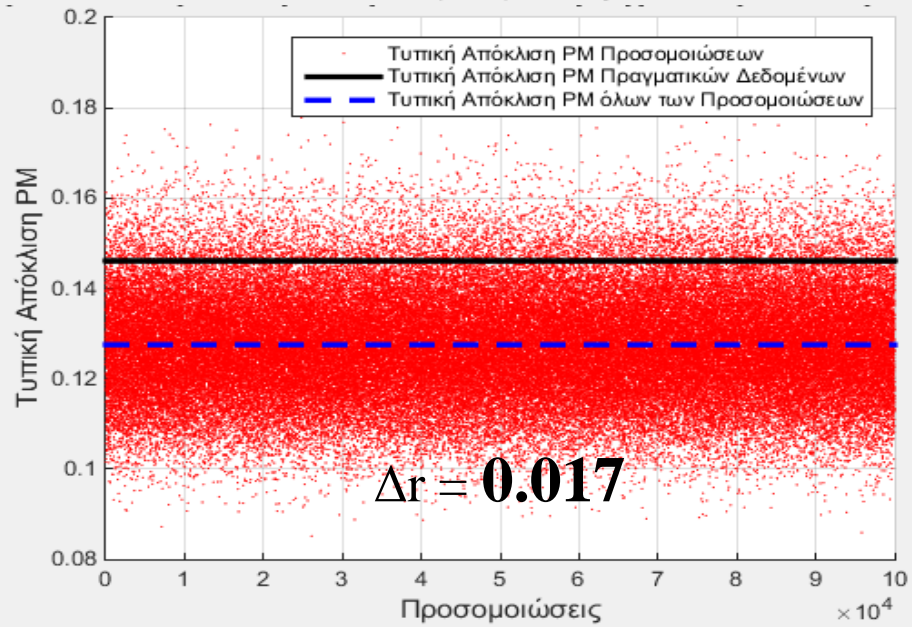
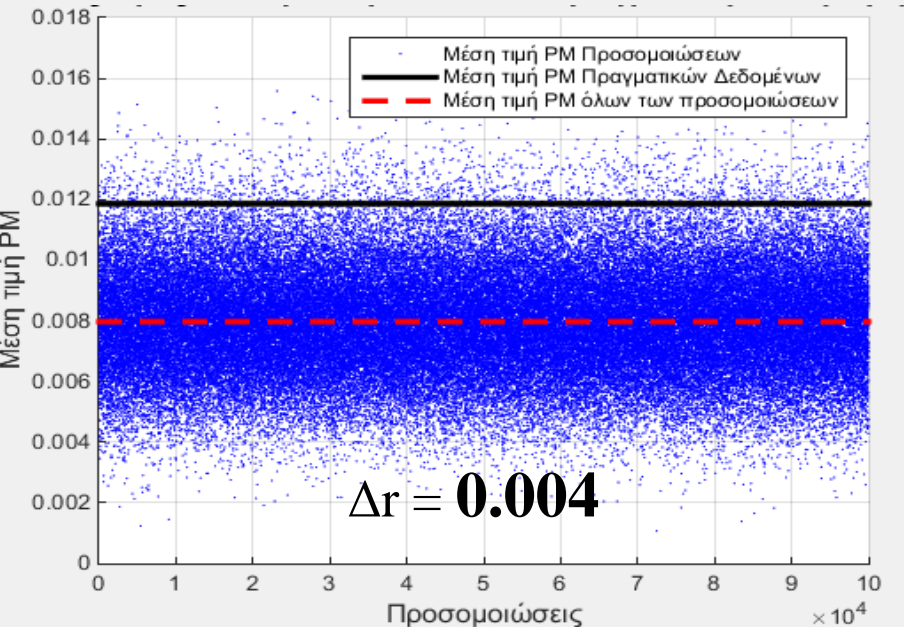
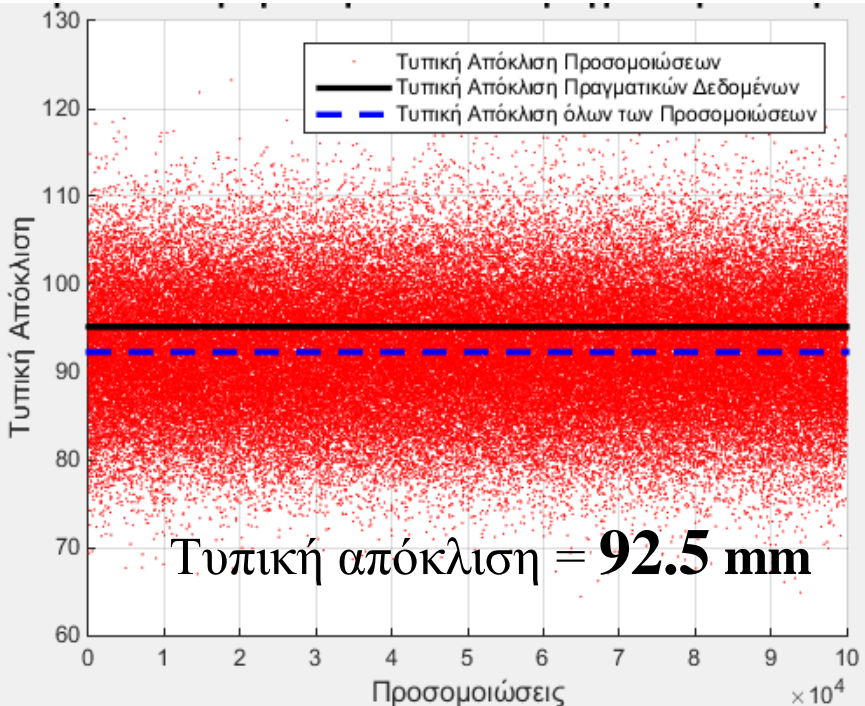
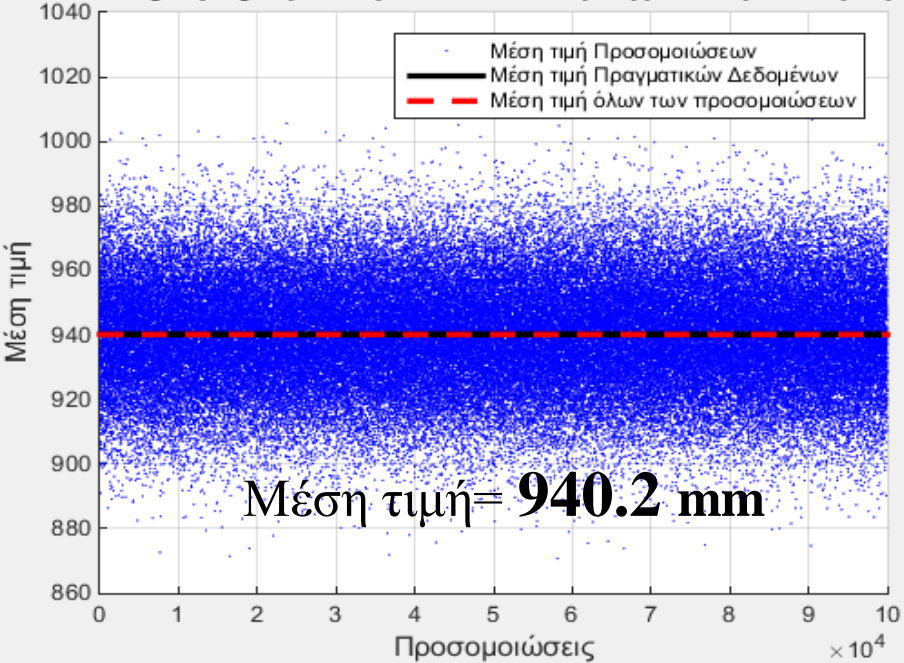
Επιθυμία - Εφαρμογή: Διαχείριση βροχόπτωσης και συμπεριφοράς της για ένα εύρος 100 χρόνων ή και λιγότερων. Παραγωγή και ανάλυση συνθετικού δείγματος μεγέθους 100 ετών με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά του ιστορικού δείγματος βροχόπτωσης θερινών 6 μηνών



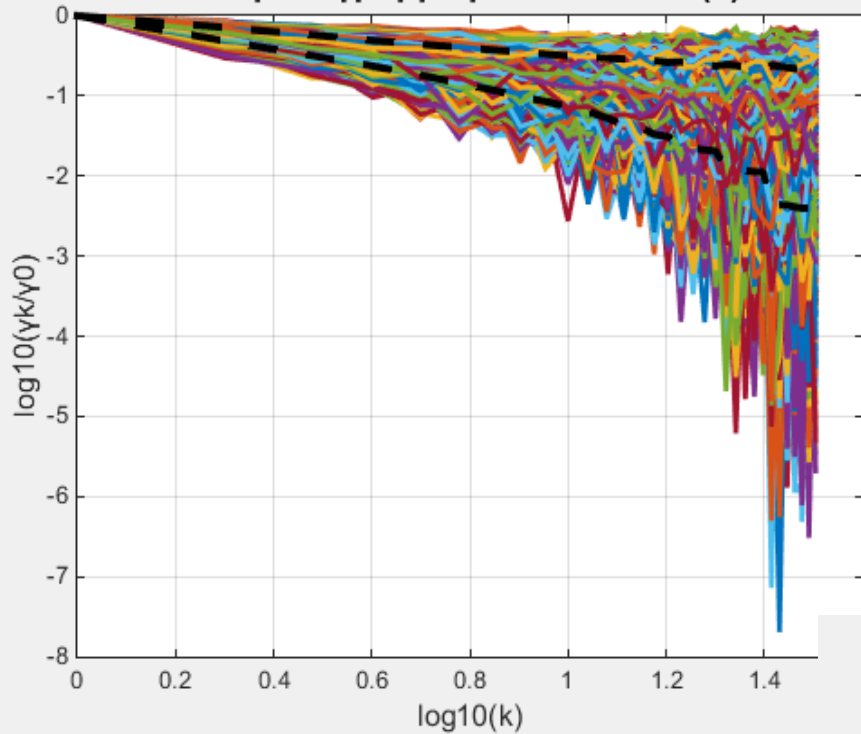


# Στατιστική ανάλυση (9/17) – Έλεγχος μοντέλου με στατιστικά χαρακτηριστικά

## Μέσες τιμές Προσομοιώσεων-πραγματική Μέση τιμή



Κλιμακόγραμμα μοντέλου 3AR(1)

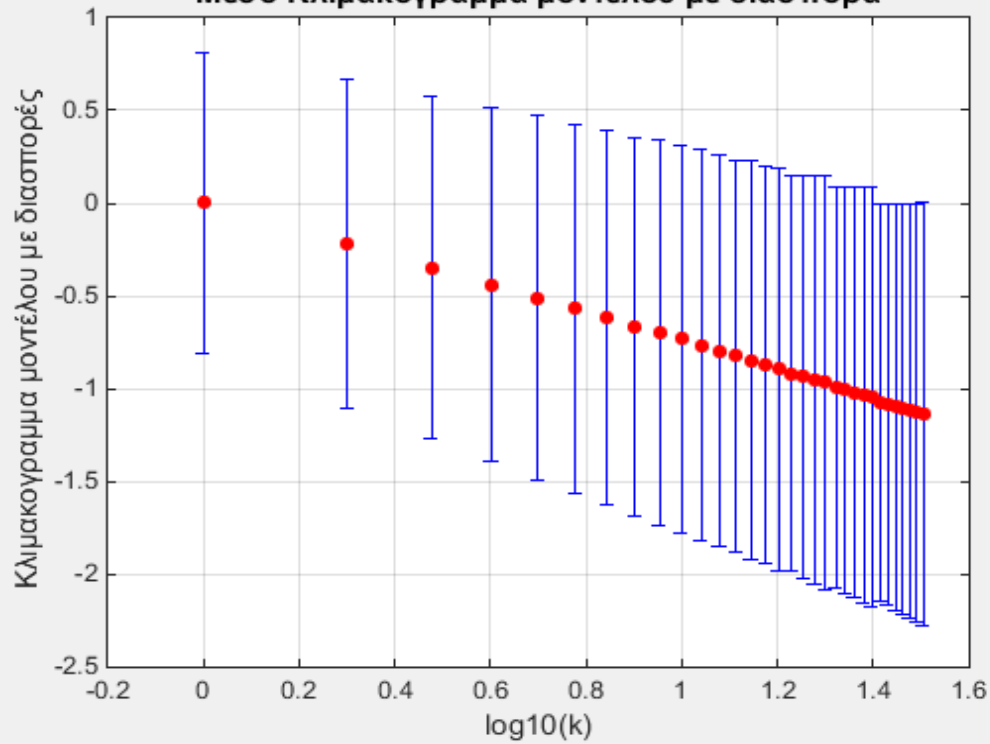


Υπολογίστηκε το μέσο κλιμακόγραμμα ως η μέση τιμή των κλιμακογραμμάτων των συνθετικών χρονοσειρών και προέκυψαν οι τιμές δεξιά με τις διασπορές κάθε τιμής σύμφωνα με το παραπάνω εύρος.

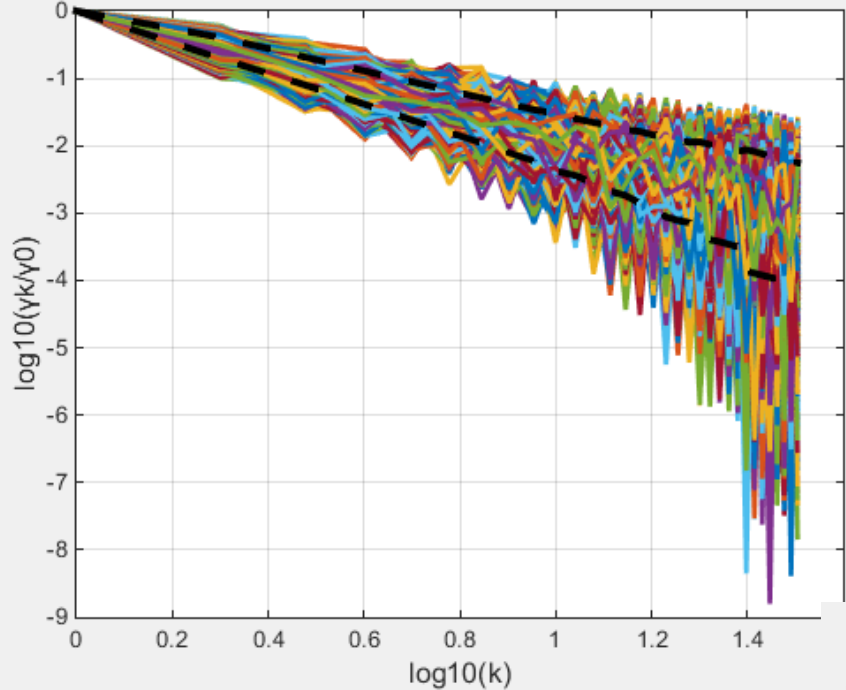
## Στατιστική ανάλυση (10/17) – Κλιμακόγραμμα μοντέλου βροχόπτωσης

Υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα κάθε συνθετικής χρονοσειράς και προέκυψε το εύρος τιμών αριστερά, το οποίο περικλείει το 95% των κλιμακογραμμάτων.

Μέσο Κλιμακόγραμμα μοντέλου με διασπορά



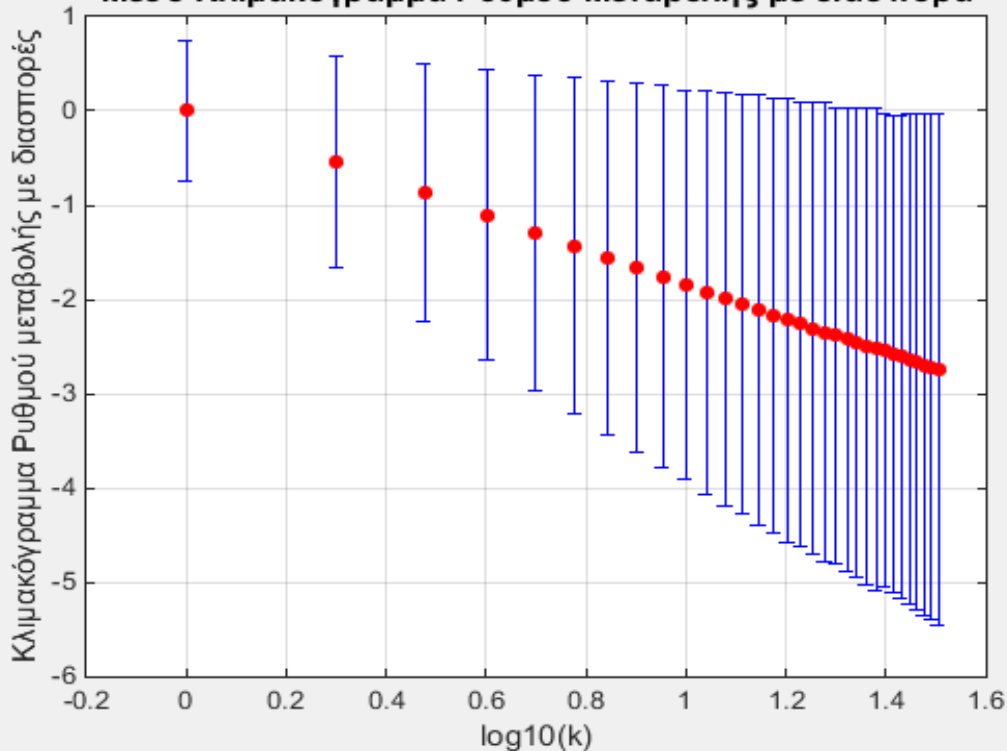
Κλιμακόγραμμα Ρυθμού Μεταβολής Μοντέλου 3AR(1)

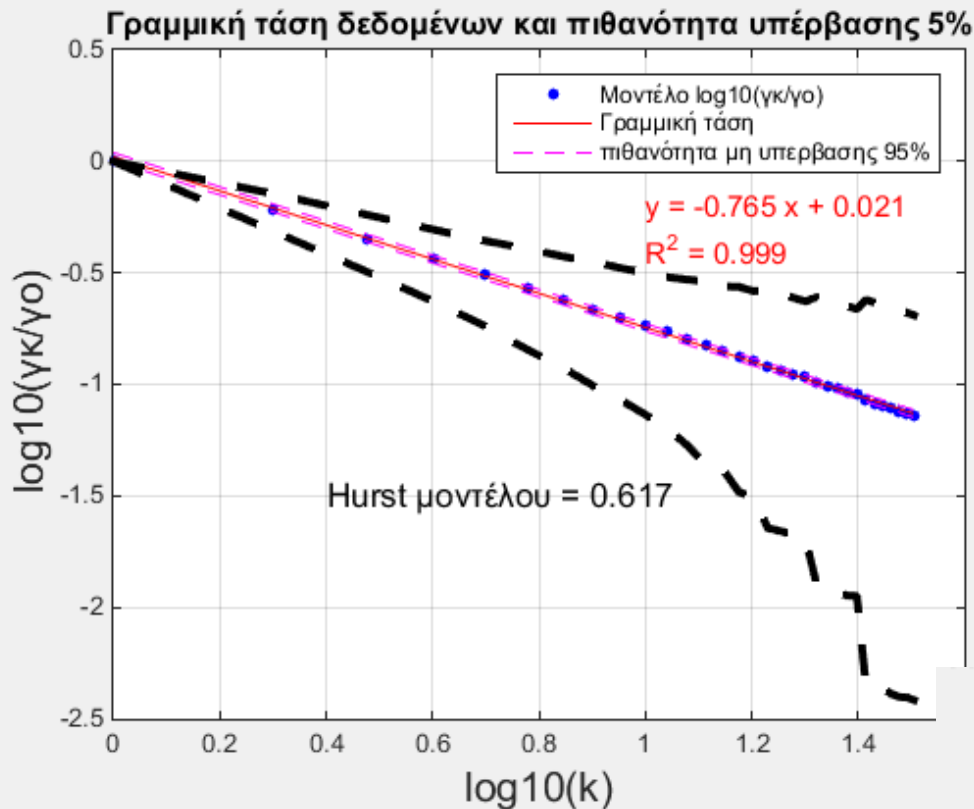


Υπολογίστηκε το μέσο κλιμακόγραμμα ως η μέση τιμή των κλιμακογραμμάτων των συνθετικών χρονοσειρών ρυθμού μεταβολής και προέκυψαν οι τιμές δεξιά με τις διασπορές κάθε τιμής.

Στατιστική ανάλυση (11/17) – Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου βροχόπτωσης  
Υπολογίστηκε το κλιμακόγραμμα των ρυθμών μεταβολής και προέκυψε το εύρος τιμών αριστερά, το οποίο περικλείει το 95% των κλιμακογραμμάτων.

Μέσο Κλιμακόγραμμα Ρυθμού Μεταβολής με διασπορά

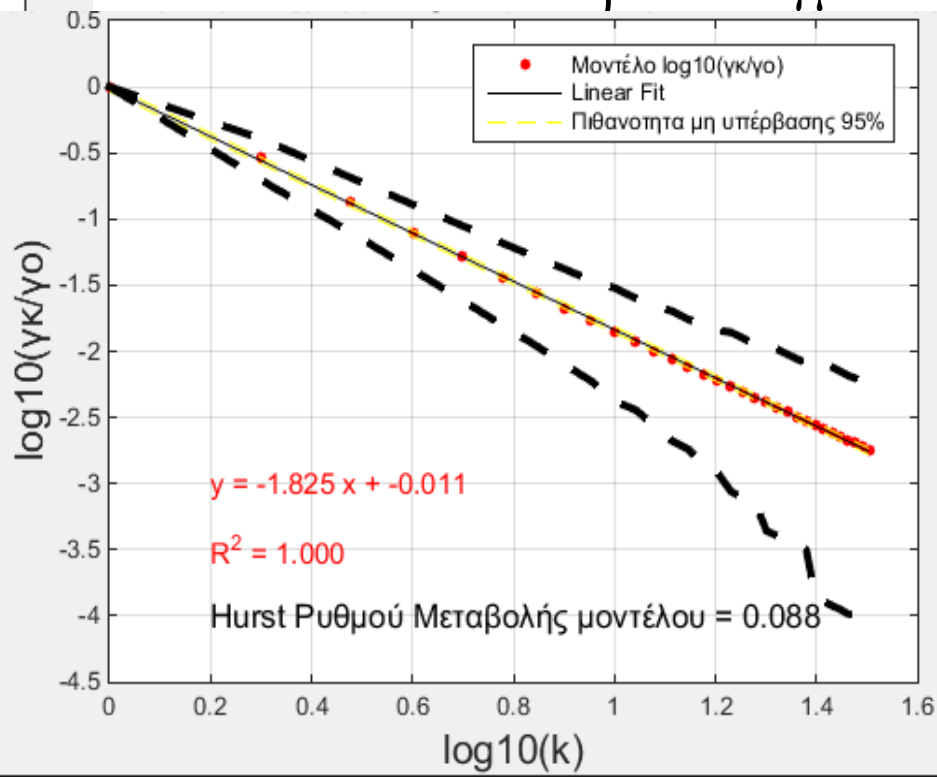




Μέσο κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής μοντέλου βροχής με γραμμική εξίσωση, πιθανότητα μη υπέρβασης των τιμών 0.95 και συντελεστής Hurst  $\mathbf{H} = \mathbf{0.094}$ , σχεδόν ίδιος με τον Hurst από το ιστορικό δείγμα που ήταν  $H=0.112$ .

Στατιστική ανάλυση (12/17) – Κλιμακόγραμμα βροχόπτωσης μοντέλου και ρυθμού μεταβολής

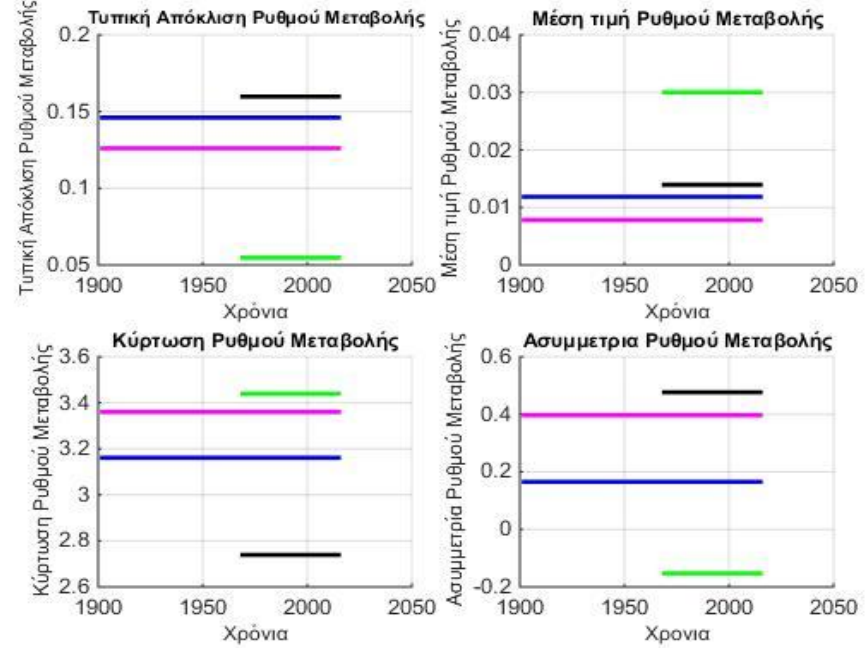
Μέσο κλιμακόγραμμα μοντέλου βροχής με γραμμική εξίσωση, πιθανότητα μη υπέρβασης των τιμών 0.95 και συντελεστής Hurst  $\mathbf{H} = \mathbf{0.61}$ , σχεδόν ίδιος με τον Hurst από το ιστορικό δείγμα.



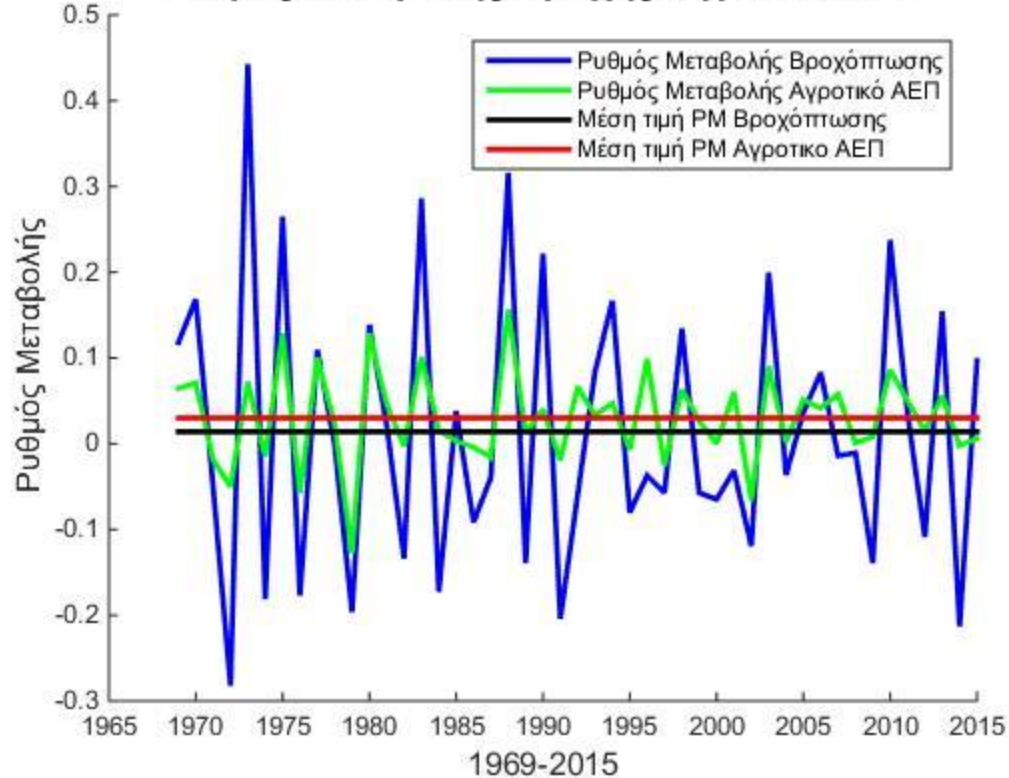


# Στατιστική ανάλυση (13/17) – Σύγκριση ρυθμών μεταβολής δεδομένων με μοντέλου

➤ Στατιστικά χαρακτηριστικά PM βροχής 1968-2015 (μαύρο), PM βροχής 1901-2015 (μπλε), PM βροχής μοντέλου 3AR(1) (ματζέντα) και PM αγροτικού ΑΕΠ (πράσινο).

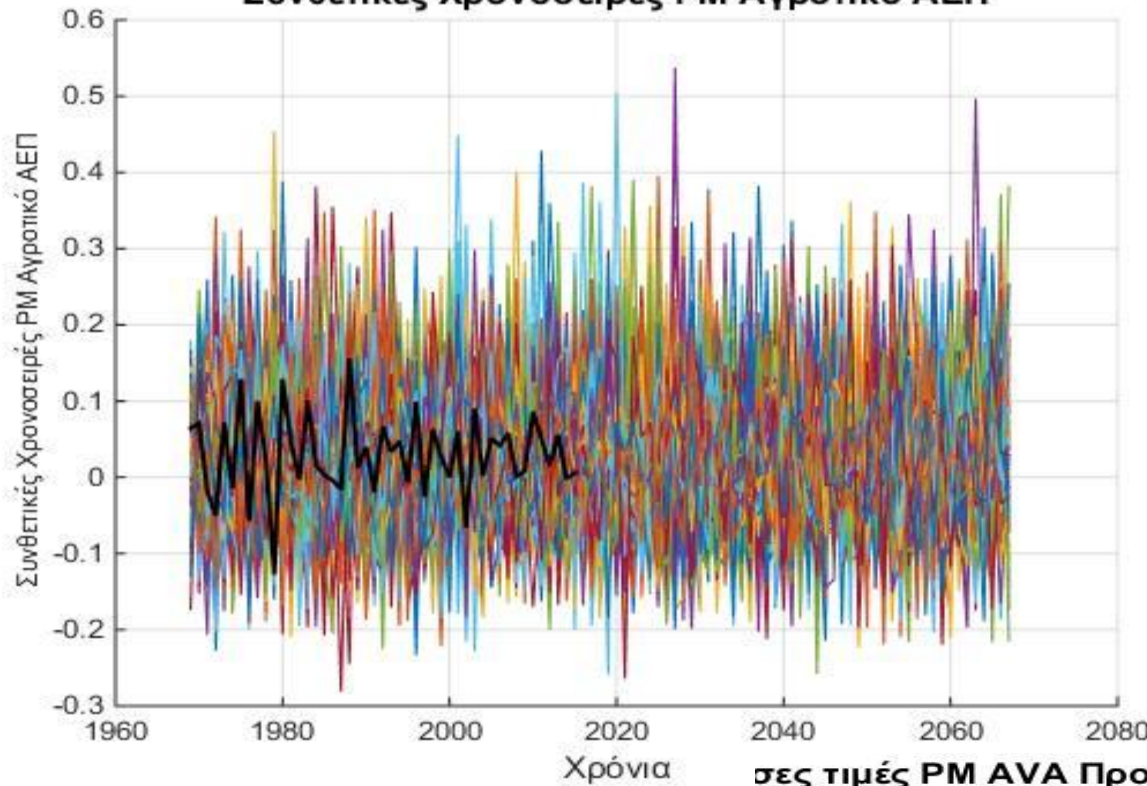


**Ρυθμός Μεταβολής Βροχής-Αγροτικό ΑΕΠ**



- Σύγκριση ρυθμών μεταβολής βροχόπτωσης και αγροτικού ΑΕΠ και υπολογισμός μέσης τιμής τους.
- Ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ έχει μικρότερη διακύμανση από βροχόπτωση που παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα στις τιμές.

### Συνθετικές Χρονοσειρές PM Αγροτικό ΑΕΠ

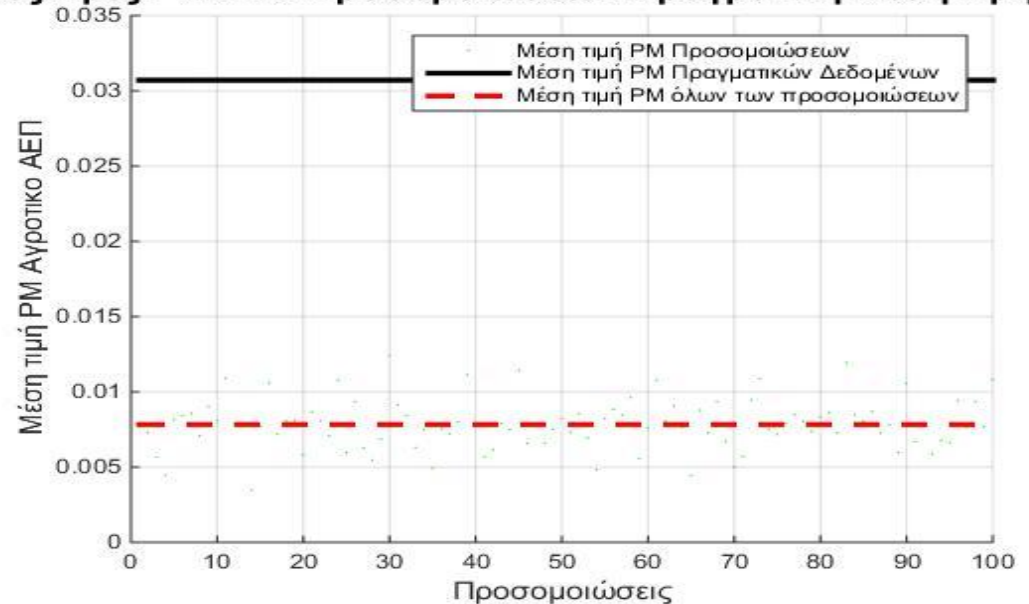


Στατιστική ανάλυση (14/17) –  
Συνθετικοί ρυθμοί μεταβολής  
αγροτικού ΑΕΠ 3AR(1)

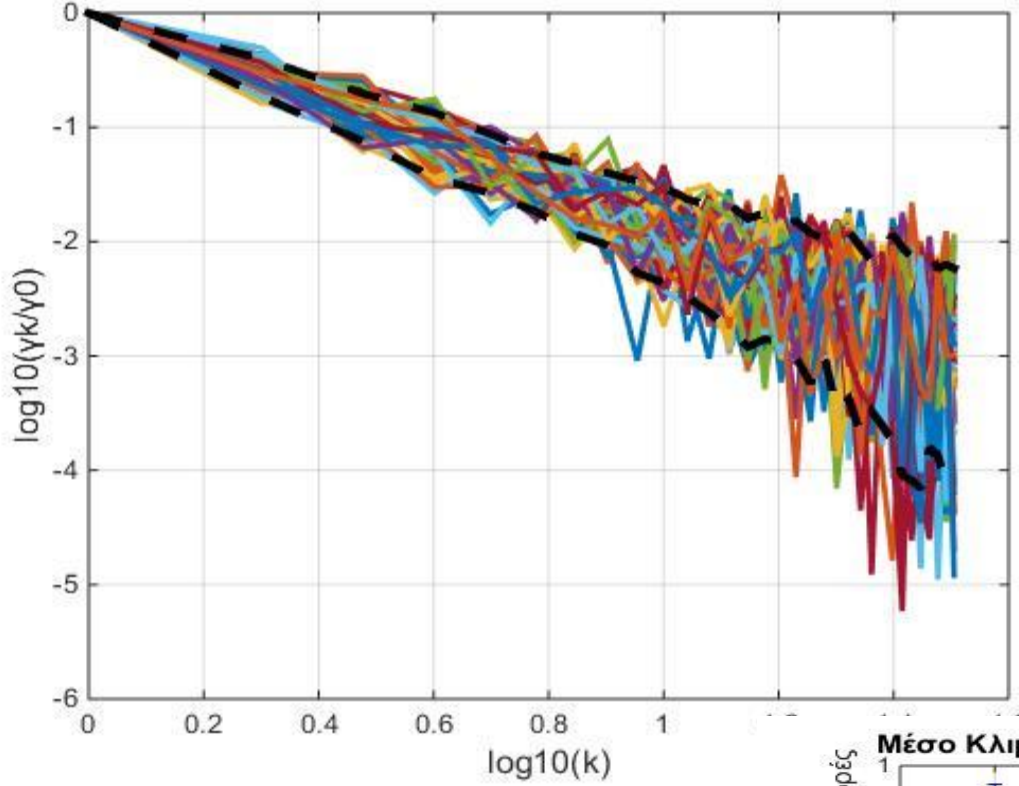
Με ιστορικό δείγμα PM  
αγροτικού ΑΕΠ 1968-  
2015 προέκυψαν  
συνθετικοί PM για  
επόμενα χρόνια  
διαχείρισης του.

Έλεγχος μοντέλου PM  
αγροτικού ΑΕΠ και  
προέκυψε διαφορά από τη  
μέση τιμή του ιστορικού  
δείγματος  $\Delta r = 0.023$

### σες τιμές PM AVA Προσομοιώσεων-πραγματική Μέση τιμή PM



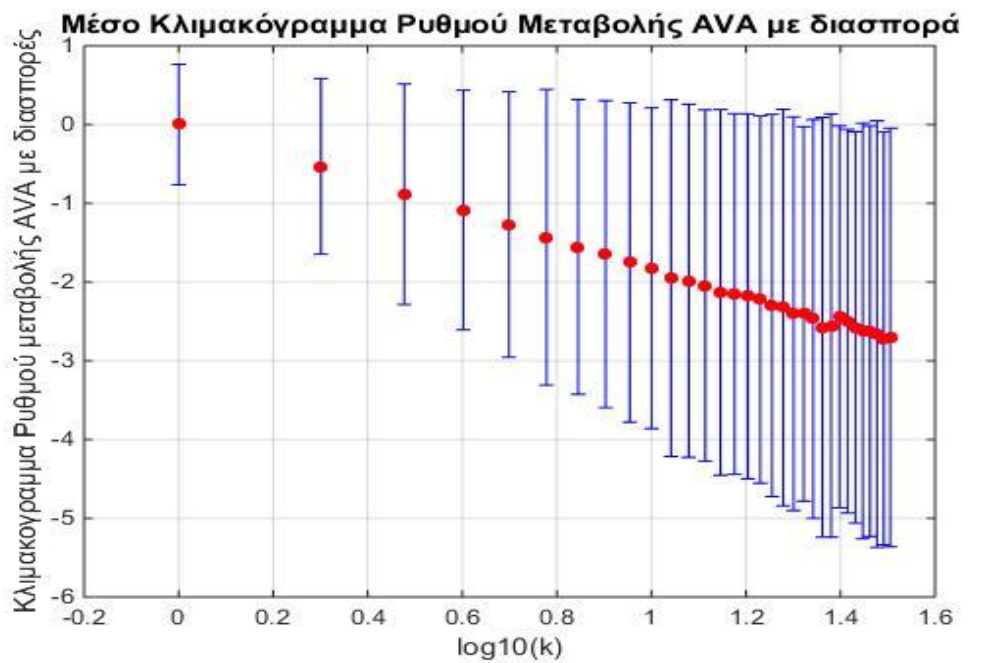
# Κλιμακόγραμμα Ρυθμού Μεταβολής Μοντέλου Αγροτικού ΑΕΙ



Στατιστική ανάλυση (15/17) –  
Κλιμακόγραμμα μοντελου  
ρυθμών μεταβολής αγροτικού  
ΑΕΠ

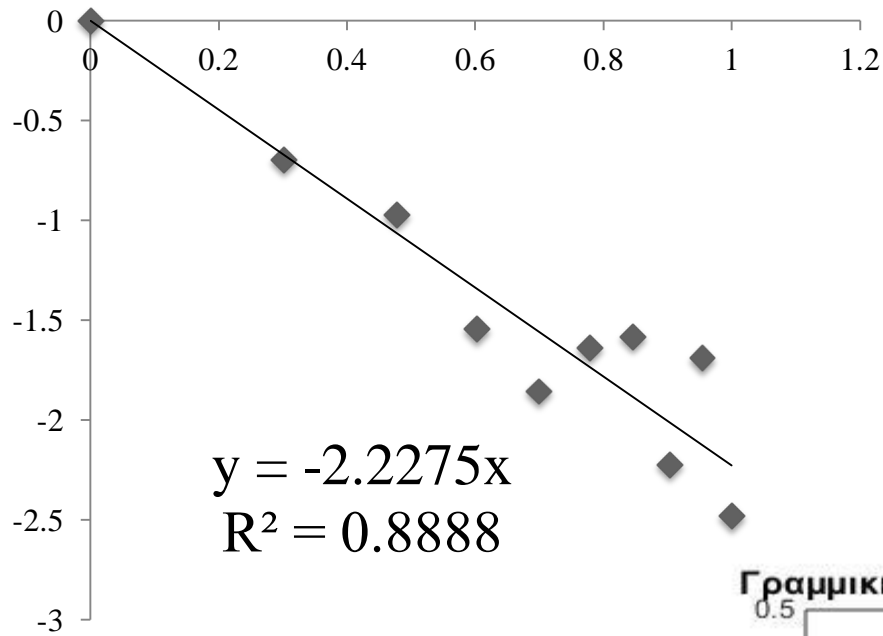
Νέφος  
κλιμακογραμμμάτων με  
υπέρβαση 5 % των  
προσομοιώσεων.

Μέσο κλιμακόγραμμα  
μοντέλου PM αγροτικού  
ΑΕΠ με διασπορές.

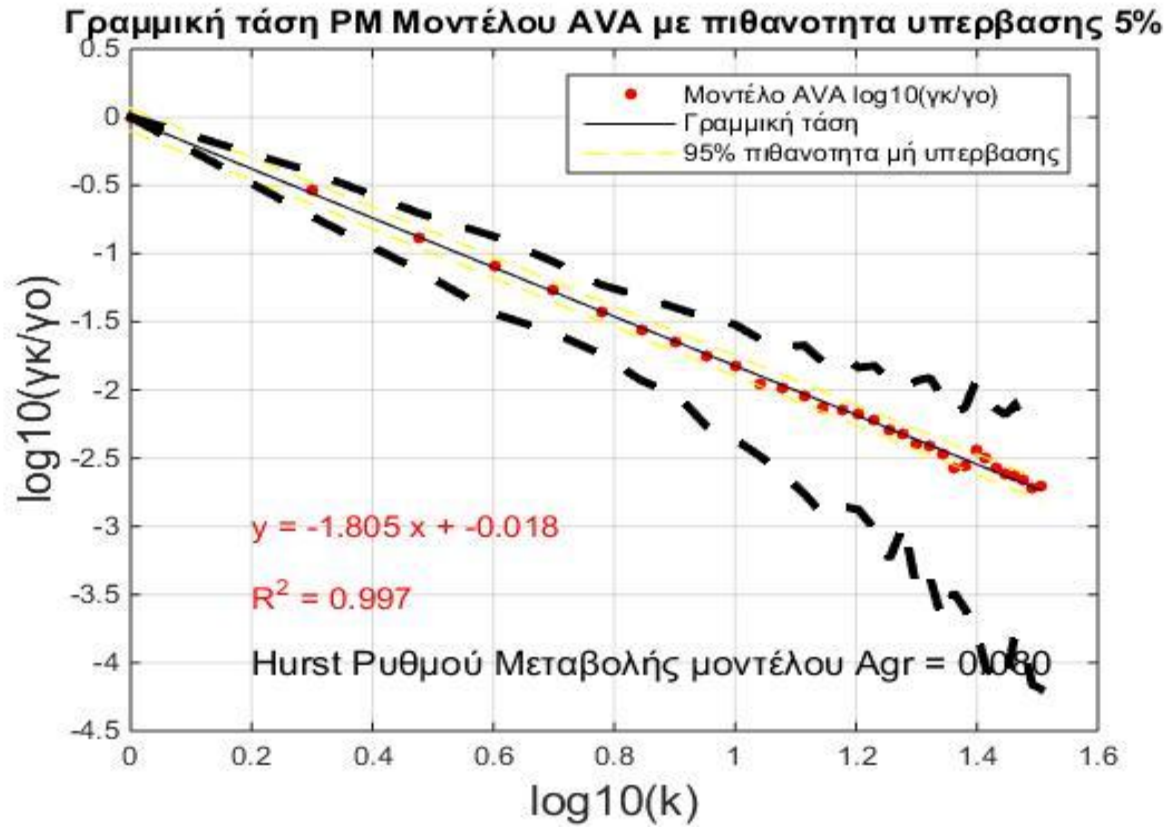


# Στατιστική ανάλυση (16/17) – Κλιμακόγραμμα ρυθμού μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ

**Hurst= 0.149**

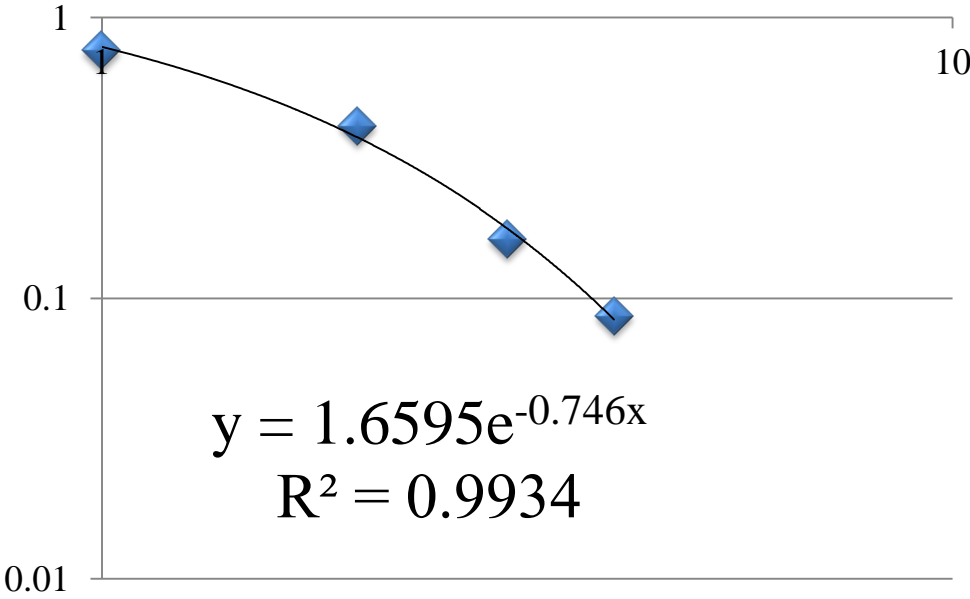


**Hurst μοντέλου = 0.09**





# Στατιστική ανάλυση (17/17) – Συσχετίσεις PM βροχής θερινοί 6 μήνες με ΡΠ αγροτικού ΑΕΠ 1968-2015

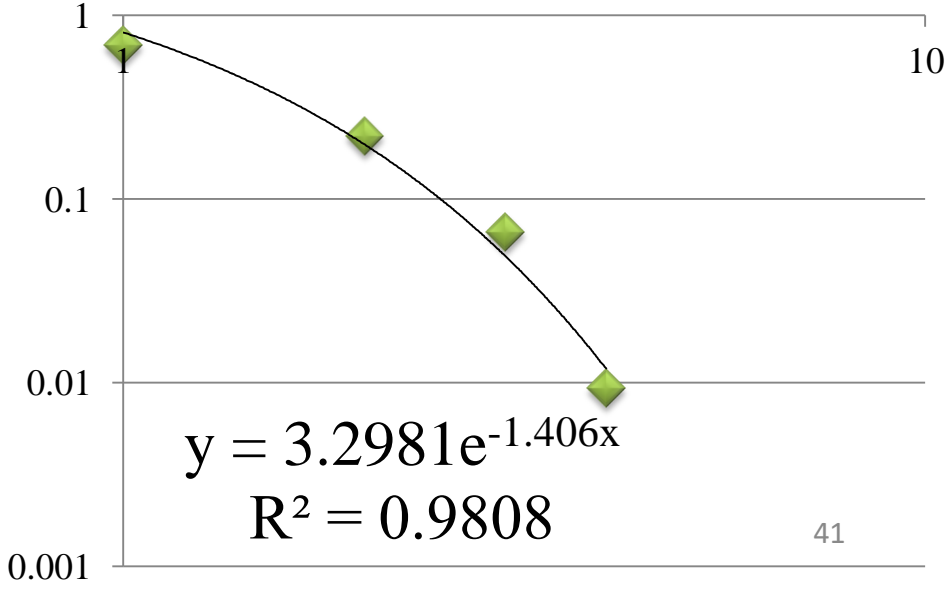


**r = 0.78** για θερινούς 6 μήνες  
ενώ ήταν  $r = 0.7$ .

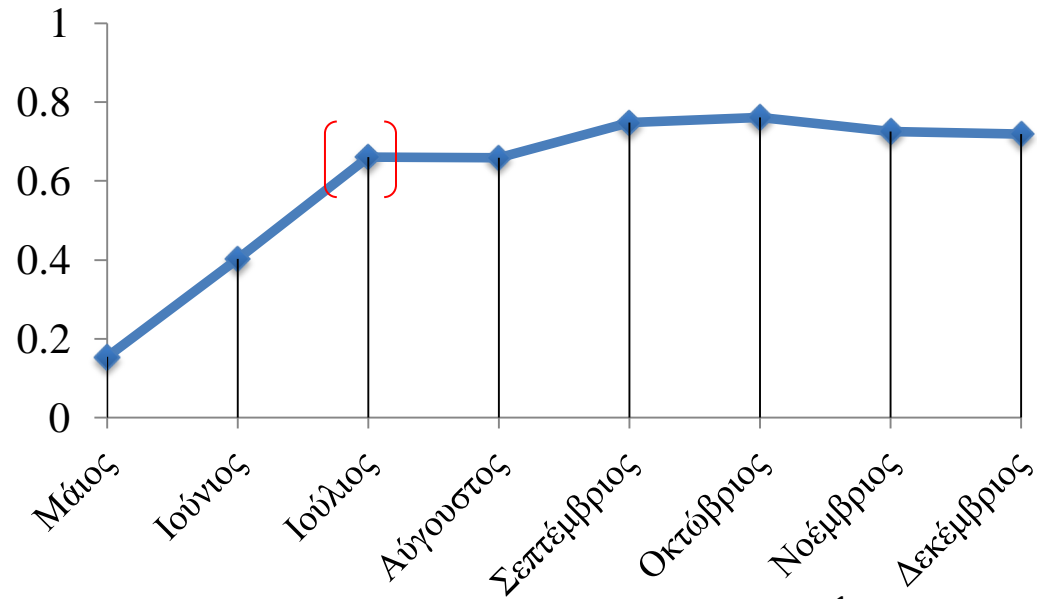
Ο ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ εξαρτάται περισσότερο από θερινό εξάμηνο απ ότι από όλο το έτος.

**r = 0.71** για θερινούς 6 μήνες  
ενώ ήταν  $r = 0.63$ .

Ο ρυθμός μεταβολής αγροτικής παραγωγής εξαρτάται περισσότερο από θερινό εξάμηνο απ ότι από όλο το έτος.

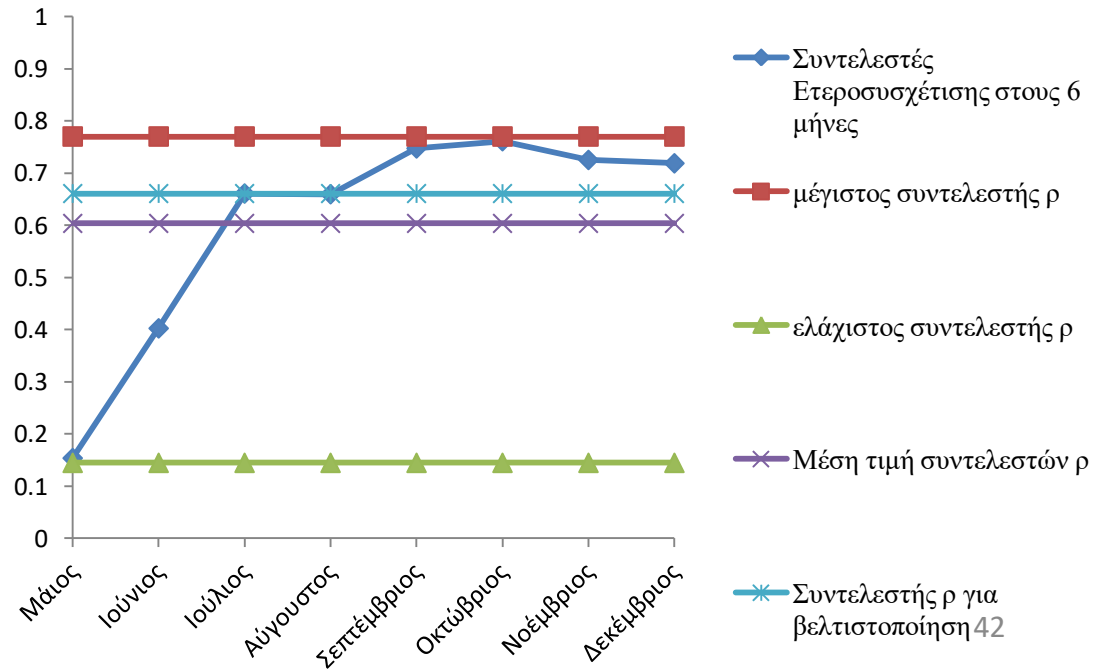
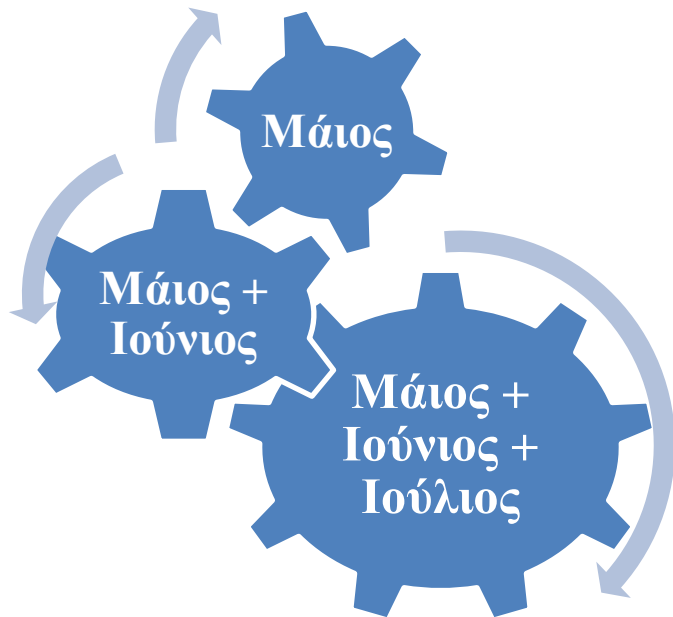


# Εύρεση μήνα στο δμηνο για βελτιστοποίηση αγροτικού ΑΕΠ



**$r = 0.67$  τον Ιούλιο**

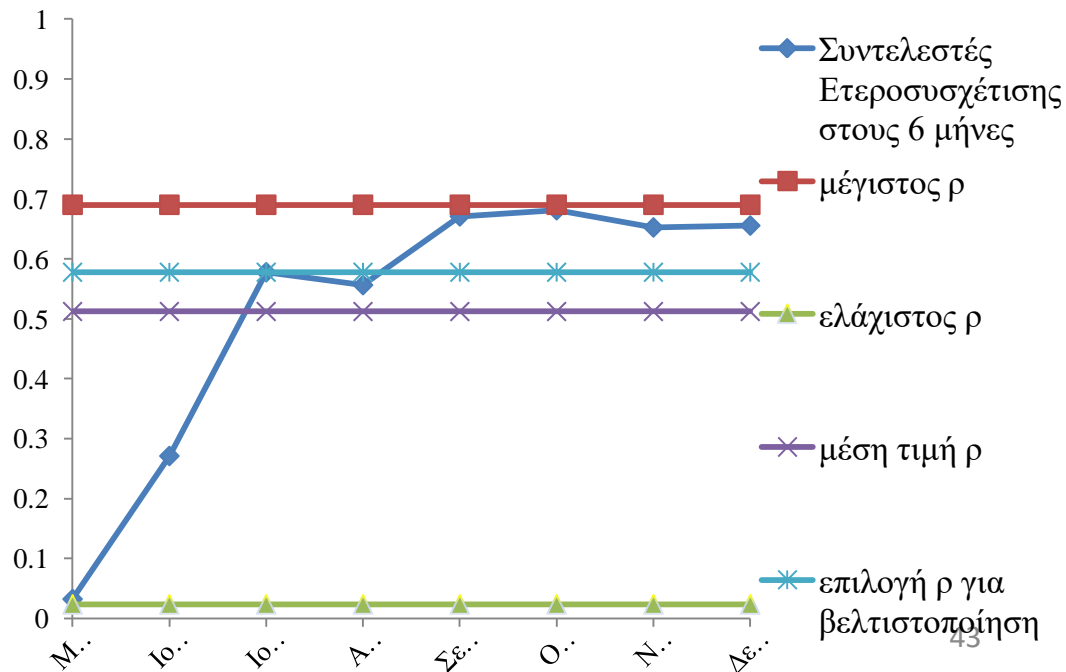
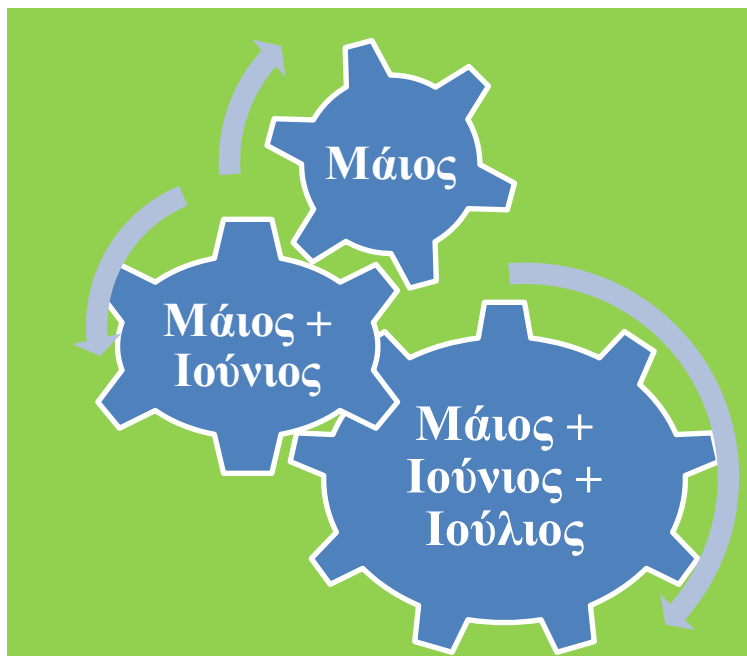
Δεν αλλάζει σημαντικά ως τέλος του εξαμήνου που είναι  $r = 0.78$ . Όμως γίνεται αντιληπτός ο τρόπος μεταβολής των μεταβλητών τότε, δηλαδή **3 μήνες νωρίτερα** από πριν.



Εύρεση μήνα στο δμηνο για  
βελτιστοποίηση αγροτικής  
παραγωγής

**$r = 0.58$  τον Ιούλιο**

Δεν αλλάζει σημαντικά ως  
τέλος του εξαμήνου που είναι  
 **$r = 0.63$** . Επίσης **3 μήνες  
νωρίτερα από πριν.**



## Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις (1/2)

1. Η αγροτική παραγωγή σε βροχοεξαρτώμενη γεωργία βρίσκεται στο 40% από το δυνητικά παραγόμενο.
2. Η συνάρτηση κατανομής της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας και του ρυθμού μεταβολής υδροκλιματικών μεταβλητών και αγροτικού ΑΕΠ προσαρμόζεται καλά με κανονική κατανομή.
3. Το κλιμακόγραμμα είναι πιο αξιόπιστη στατιστική εκτιμήτρια για το ιστορικό δείγμα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και ρυθμών μεταβολής τόσο υδροκλιματικών όσο και αγροτικού ΑΕΠ, από την αυτοσυσχέτιση και το φάσμα και αναμένεται μία τιμή του να είναι πιο κοντά στην πραγματική από ότι στις άλλες εκτιμήτριες.
4. Ο ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης και αγροτικού ΑΕΠ υπολογίστηκε να έχουν συντελεστή Hurst πολύ κοντά στο 0, είναι αντιέμμονο φαινόμενο, δηλαδή μια ακραία υψηλή τιμή πιθανότατα ακολουθείται από μία ακραία χαμηλή τιμή, έπειτα υψηλή τιμή κοκ.
5. Ο ρυθμός μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ το 1968-2015 είναι κυρίως θετικός καθώς το αγροτικό ΑΕΠ αυξάνεται συνεχώς τα χρόνια μελέτης, απλά με διαφορετικό ρυθμό κάθε χρόνο.

## Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις (2/2)

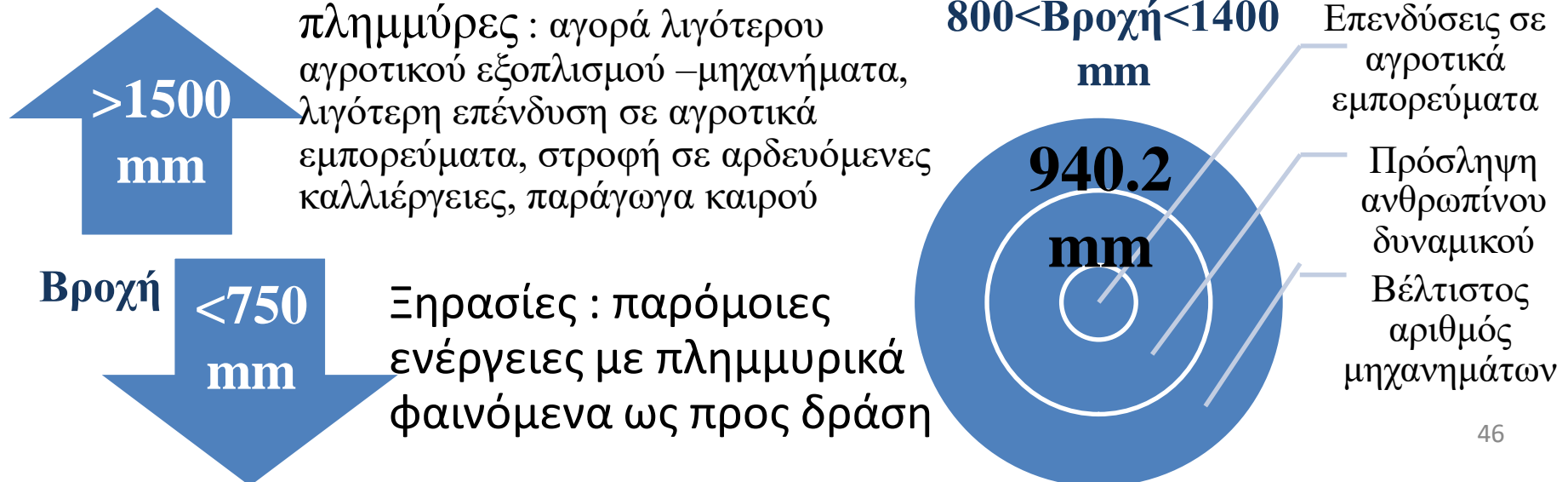
1. Το ανεξάρτητο μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης 3 AR(1) για το ιστορικό δείγμα βροχόπτωσης 1901-2015, παράγει συνθετικές χρονοσειρές με εξαιρετικά αξιόπιστα στατιστικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα πραγματικά και κλιμακόγραμμα που είναι πολύ κοντά σε αυτό του ιστορικού δείγματος.
2. Οι 100.000 προσομοιώσεις του μοντέλου αποτέλεσαν πολύ ικανοποιητικός αριθμός για τον έλεγχο και την αξιοπιστία του μοντέλου.
3. Βροχή πάνω από 1500 mm ετησίως προκαλεί πλημμυρικά επεισόδια και βροχή κάτω από 750 mm ξηρασίες και δεν υπάρχει μεγάλη αγροτική παραγωγή στα βροχοεξαρτώμενα συστήματα.
4. Βροχόπτωση ανάμεσα 800 mm και 1400 mm προκαλεί επαρκή αγροτική παραγωγή με βέλτιστη απόδοση και συσχέτιση στα 940.2 mm.
5. Το ίδιο μοντέλο για το ρυθμό μεταβολής του αγροτικού ΑΕΠ παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα αλλά λιγότερο ακριβή στατιστικά απ ότι της βροχόπτωσης.
6. Ο ρυθμός μεταβολής βροχόπτωσης συσχετίζεται με  $r=0.7$  με το ρυθμός μεταβολής αγροτικού ΑΕΠ και  $r=0.63$  της αγροτικής παραγωγής.
7. Το θερινό εξάμηνο βροχόπτωσης συσχετίζεται με το αγροτικό ΑΕΠ δίνοτας μεγαλύτερο  $r=0.78$ , από ότι η αθροιστική ετήσια βροχόπτωση και  $r=0.71$  για CPI.

# Επεξήγηση της βελτιστοποίησης από πλευράς μηχανικού

## Τι κερδίζουμε τον Ιούλιο? - Πρακτικό Συμπέρασμα

Υπολογίστηκε αρκετά ισχυρή εξάρτιση του PM του αγροτικού ΑΕΠ από το ρυθμό μεταβολής της αθροιστικής βροχόπτωσης στο τέλος του δμήνου.

Σχεδόν ίδιος συντελεστής βρέθηκε για την αθροιστική μέχρι Ιούλιο. Συνεπώς, αντί να περιμένουν οι φορείς αναπτυξιακών προγραμμάτων ή οι αγρότες ως τον Οκτώβρη, για να εξάγουν συμπεράσματα για την κίνηση των οικονομικών δεικτών, ίδια συμπεράσματα μπορούν να συναχθούν τον Ιούλιο με κάποιο ρίσκο, ελάχιστα μικρότερο συντελεστή  $r$  κατά  $\Delta r=0.11$ .







*Ευχαριστώ για την προσοχή σας!*