



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Βέλτιστη συμπλήρωση ελλειπών
υδρομετεωρολογικών δεδομένων με χρήση
γειτονικών χρονικά παρατηρήσεων

Διπλωματική εργασία

Παππάς

Χριστόφορος

Επιβλέπων Καθηγητής

Κουτσογιάννης

Δημήτρης

Αθήνα, 7 Οκτωβρίου 2010

Διάρθρωση παρουσίασης

- Εισαγωγή
 - περιγραφή του προβλήματος και των αιτιών του
- Υπάρχουσες μέθοδοι συμπλήρωσης υδρομετεωρολογικών χρονοσειρών
- Διερεύνηση των υδρομετεωρολογικών χρονοσειρών:
 - βασικές ιδιαιτερότητες
 - στοχαστικές ανελίξεις που περιγράφουν τις φυσικές διεργασίες
- Προτεινόμενη προσέγγιση του προβλήματος με χρήση ενός διευρυμένου τοπικού μέσου όρου:
 - Τοπικός μέσος όρος με χρήση n γειτονικών βημάτων πριν και n μετά την ελλείπουσα τιμή
 - Συνδυασμός δύο γειτονικών μηνιαίων και δυο γειτονικών ετήσιων τιμών
 - Σταθμισμένο άθροισμα ολικού και τοπικού μέσου όρου
- Σταθμισμένα βάρη (για μεμονωμένα και σποραδικά κενά)

Διάρθρωση παρουσίασης

- Σύγκρισή αποτελεσμάτων για δυο τύπους στοχαστικών ανελίξεων
 - Ανελίξεις Markov
 - Ανελίξεις με δυναμική Hurst – Kolmogorov
- Συμπεράσματα - παρατηρήσεις
- Εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας σε υπάρχουσες υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές
 - Βροχομετρικά δεδομένα
 - Θερμοκρασιακές ανωμαλίες
 - Ένταση πνοής ανέμου

Εισαγωγή

- ❑ Η σημασία της γνώσης του παρελθόντος στην υδρολογία
- ❑ Το πρόβλημα της ύπαρξης κενών στις χρονοσειρές:
 - διακοπή λειτουργίας οργάνων λόγω φθοράς-βλάβης
 - διακοπή λειτουργίας οργάνων λόγω ακραίων συνθηκών
 - λανθασμένος χειρισμός των οργάνων από το αρμόδιο προσωπικό
- ❑ Η αναγκαιότητα συμπλήρωσης των κενών:
 - για πληρέστερη εκτίμηση των στατιστικών χαρακτηριστικών και καλύτερη μελέτη της φυσικής διεργασίας
 - για επέκταση της χρονοσειράς
 - για μετάβαση σε άλλες χρονικές κλίμακες

Διαδεδομένες μέθοδοι συμπλήρωσης

Το πρόβλημα της συμπλήρωσης ελλιπών τιμών αναφέρεται στην εκτίμηση της τιμής y μιας τυχαίας μεταβλητής, από ένα πλήθος γνωστών παρατηρήσεων x_i με $i = 1, \dots, n$, της ίδιας τυχαίας μεταβλητής είτε σε άλλες χρονικές περιόδους στο ίδιο σημείο, είτε σε γειτονικά σημεία για την ίδια χρονική περίοδο. Μαθηματικά, μπορεί να εκφραστεί από τη γραμμική σχέση (Koutsoyiannis & Langousis, 2010) :

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n + e \quad \text{ή σε μορφή πινάκων:} \quad Y = \mathbf{w}^T \mathbf{X} + e$$

Διαδεδομένες μέθοδοι συμπλήρωσης μετρήσεων:

□ Απλές - εμπειρικές μέθοδοι

- μέθοδος μέσης τιμής

$$h_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i$$

- μέθοδος των κανονικών λόγων

$$h_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{H_Y}{H_i} h_i$$

- μέθοδος της αντίστροφης απόστασης

$$h_Y = \sum_{i=1}^n w_i h_i$$

Διαδεδομένες μέθοδοι συμπλήρωσης

- Μέθοδοι βασισμένες στη γραμμική παλινδρόμηση:

- ομογενής γραμμική παλινδρόμηση

$$Y = wX$$

- απλή γραμμική παλινδρόμηση

$$Y = a + bX$$

- απλή γραμμική παλινδρόμηση με τυχαίο όρο

$$Y = a + bX + \varepsilon$$

- Μέθοδοι βασισμένες σε στοχαστικά μοντέλα

- AR(1) ή PAR

$$Y_t = \mu_Y + \varphi(Y_{t-1} - \mu_Y) + \varepsilon_t$$

- Πολυμεταβλητά μοντέλα – πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

$$Y_t = a + b_1 Y_{t-1} + b_0^{(1)} X_t^{(1)} + b_0^{(2)} X_t^{(2)} + \dots + \varepsilon_t$$

Υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές

□ Βασικές ιδιαιτερότητες

- εποχικότητα-περιοδικότητα
- μακρά μνήμη
- έλλειψη συνέχειας
- ασυμμετρία

□ Στοχαστικές ανελίξεις που θα χρησιμοποιήσουμε για την προσομοίωση των υδρομετεωρολογικών διεργασιών:

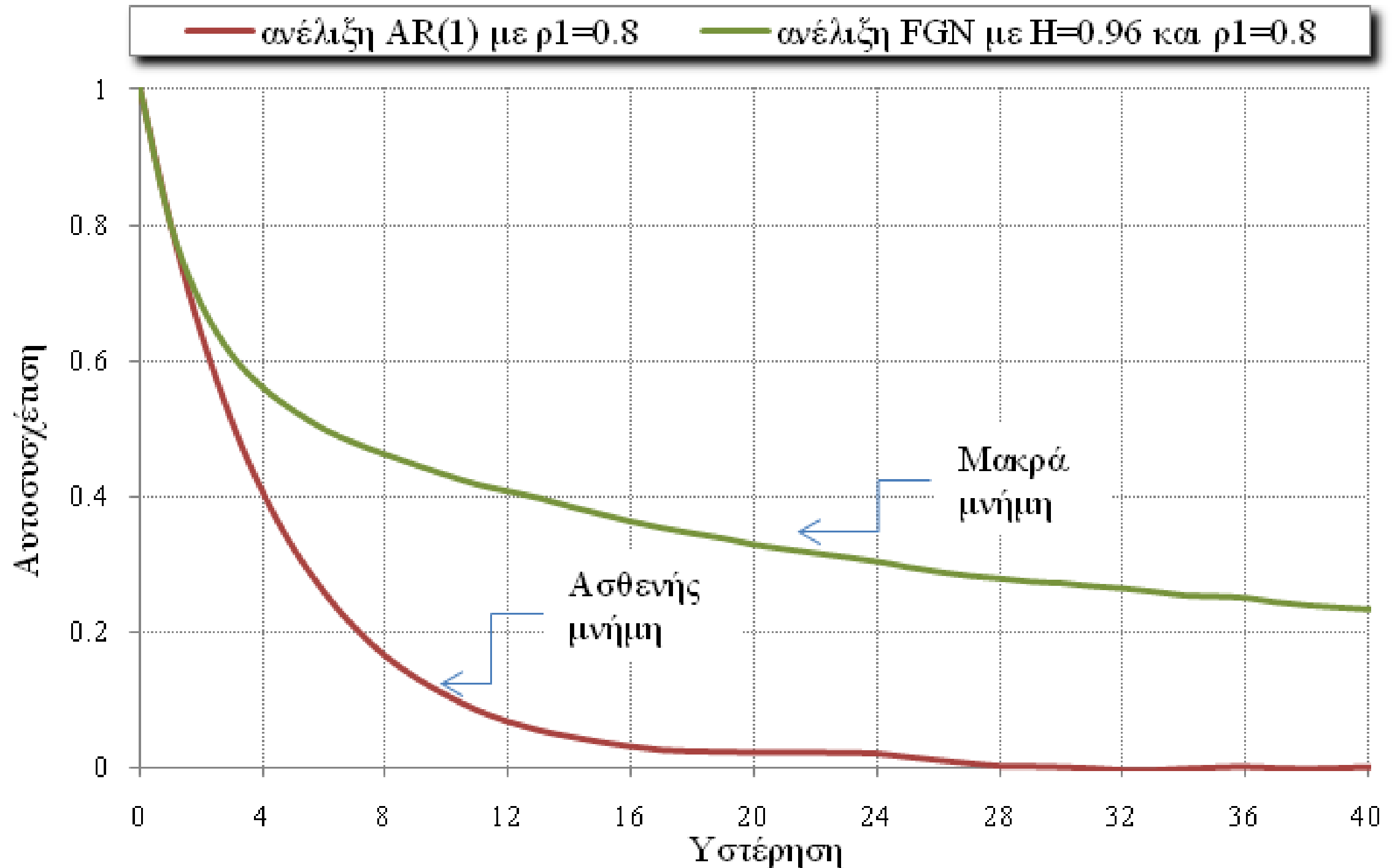
- ανελίξεις Markov

$$\rho_j = (\rho_1)^j$$

- ανελίξεις με δυναμική Hurst-Kolmogorov

$$\rho_j^{(k)} = \rho_j = \left(\frac{1}{2}\right) \left[(j+1)^{2H} + (j-1)^{2H} \right] - j^{2H}$$

Υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές



Αυτοσυσχετόγραμμα για στοχαστικές ανελίξεις τύπου Markov (ασθενής μνήμη) και για ανελίξεις με δυναμική Hurst - Kolmogorov (μακρά μνήμη)

Χρήση τοπικού μέσου όρου

Δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στη συμπλήρωση υδρομετεωρολογικών χρονοσειρών:

- i. με βάση μετρήσεις από γειτονικούς σταθμούς, ανάλογα με τη συσχέτιση που παρουσιάζουν
- ii. με βάση μόνο τις υπάρχουσες τιμές της υπό συμπλήρωση χρονοσειράς

Παράδοξο: Ενώ στην περίπτωση (i) χρησιμοποιούμε μόνο τους γειτονικούς σταθμούς, που παρουσιάζουν και τη μεγαλύτερη συσχέτιση, στην περίπτωση (ii) ο ολικός μέσος όρος, αβίαστα και ατεκμηρίωτα πολλές φορές προτιμάται.

Βασικές παραδοχές:

- i. Οι υδρομετεωρολογικές διεργασίες προσομοιώνονται από στάσιμες και εργοδικές στοχαστικές ανελίξεις
- ii. Μελετάμε δύο τύπους στοχαστικών ανελίξεων, ανελίξεις Markov και ανελίξεις με δυναμική Hurst – Kolmogorov

Αξιολόγηση των μεθοδολογιών με βάση το μέσο τετραγωνικό σφάλμα

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2$$

Χρήση τοπικού μέσου όρου (a) παραλλαγή

- Τοπικός μέσος όρος με χρήση n γειτονικών τιμών πριν και n μετά την ελλείπουσα τιμή

Θεωρούμε ίσα βάρη μεταξύ των γειτονικών τιμών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση. Το σφάλμα της εκτίμησης είναι

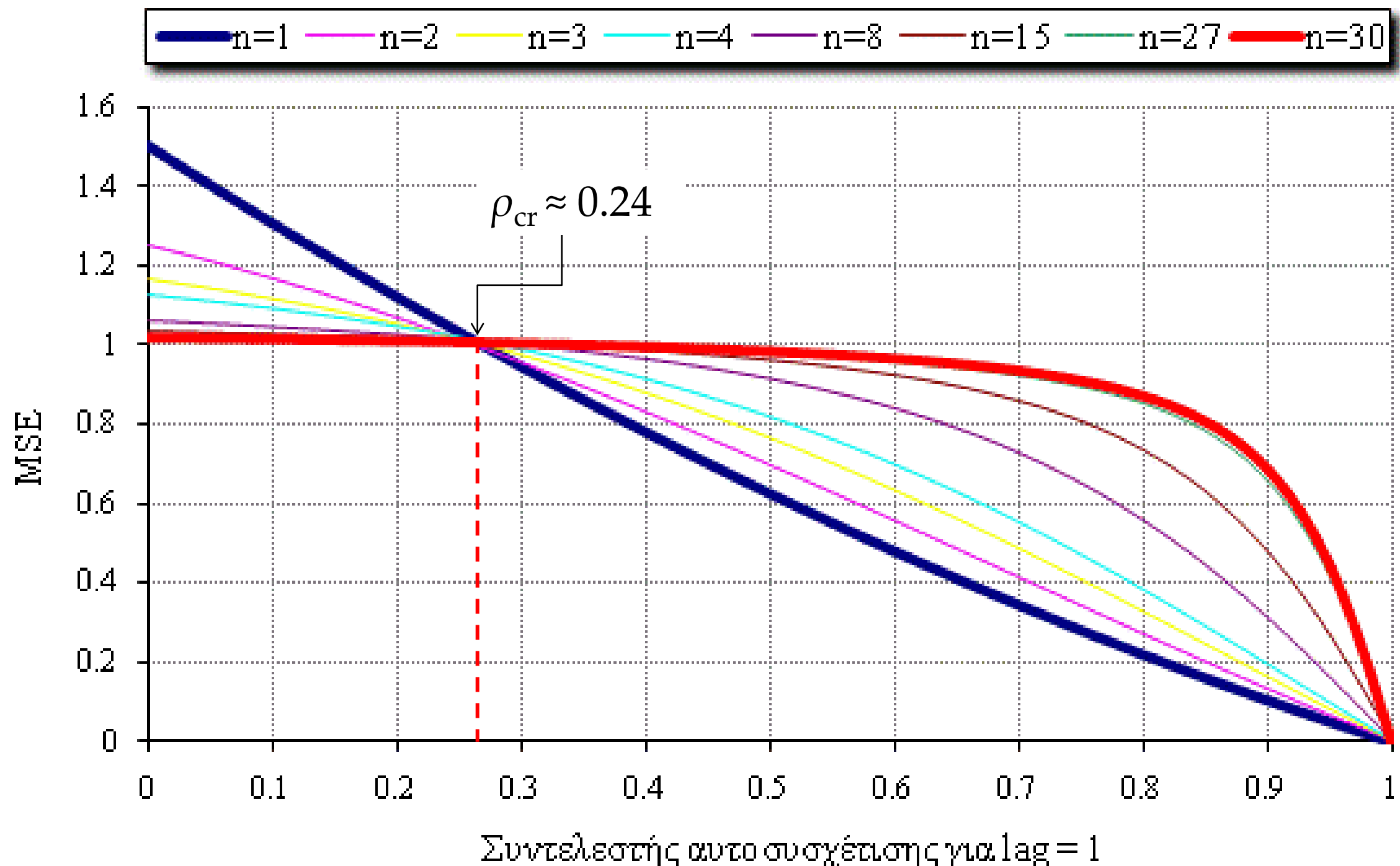
$$e = x_t - \frac{\sum_{i=1}^{-n} x_{t+i} + \sum_{i=1}^n x_{t+i}}{2n}$$

Και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογίζεται ως εξής (Dialynas, Y., et al. 2010) :

$$\begin{aligned} \text{MSE} := E[e^2] &= E \left[\left(x_t - \frac{\sum_{i=1}^{-n} x_{t+i} + \sum_{i=1}^n x_{t+i}}{2n} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{n} \right)^2 \left[(2n+1) \left(n - 2 \sum_{i=1}^n \rho_i \right) + \sum_{i=1}^{2n} (2n+1-i) \rho_i \right] \end{aligned}$$

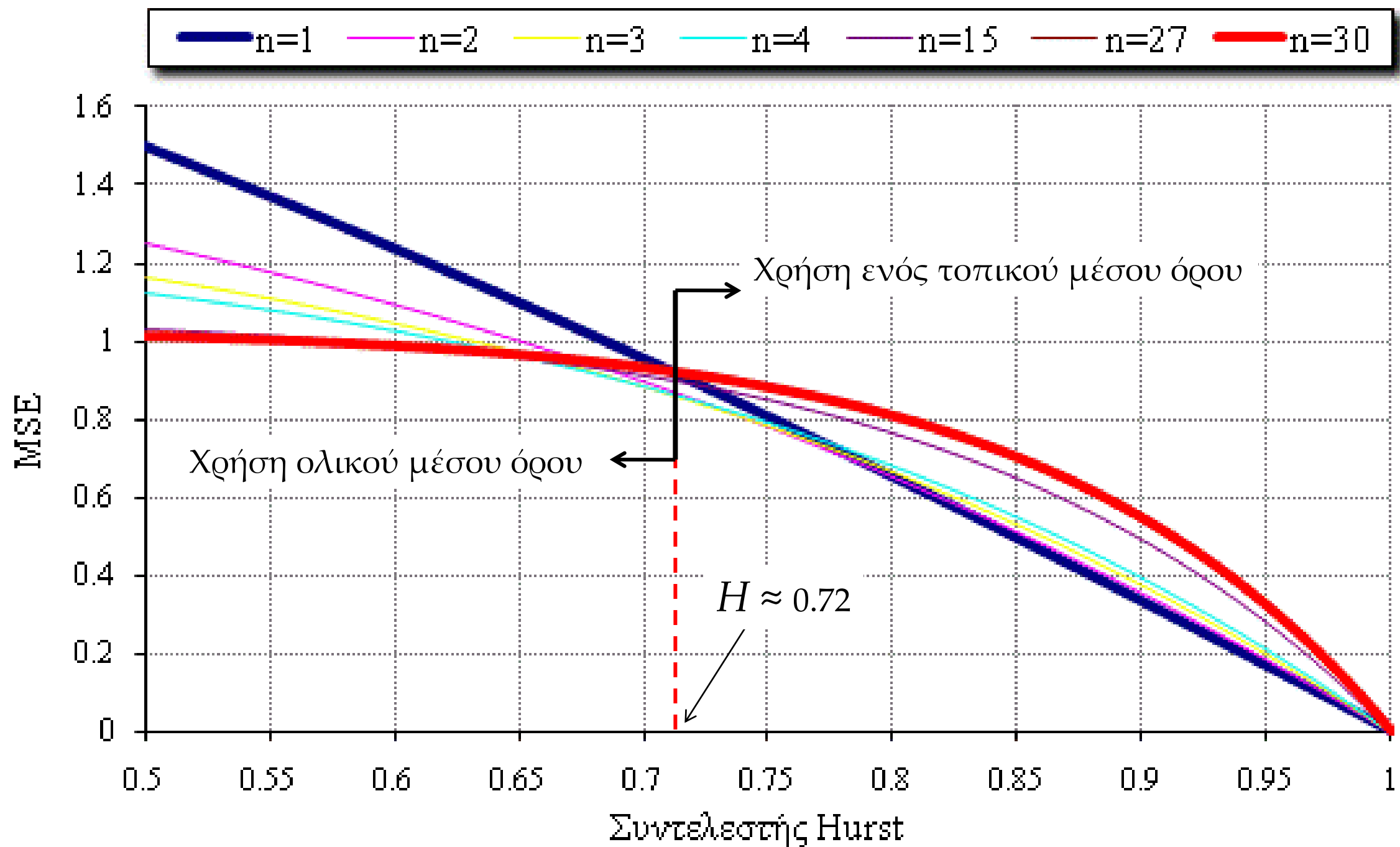
Χρήση τοπικού μέσου όρου (a) παραλλαγή

- Τοπικός μέσος όρος με χρήση n γειτονικών τιμών πριν και n μετά την ελλείπουσα τιμή
 - Ανελίξεις Markov



Χρήση τοπικού μέσου όρου (a) παραλλαγή

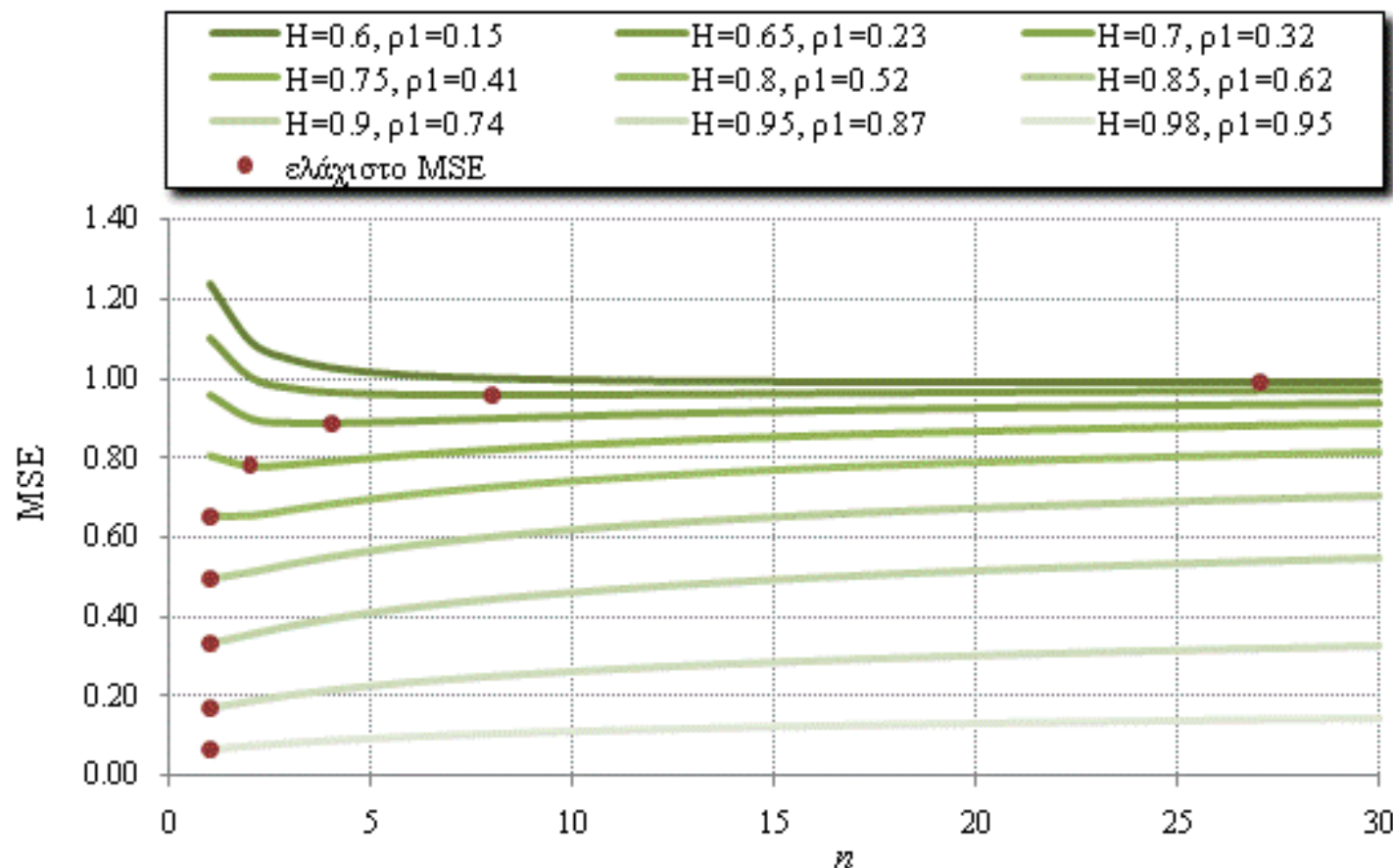
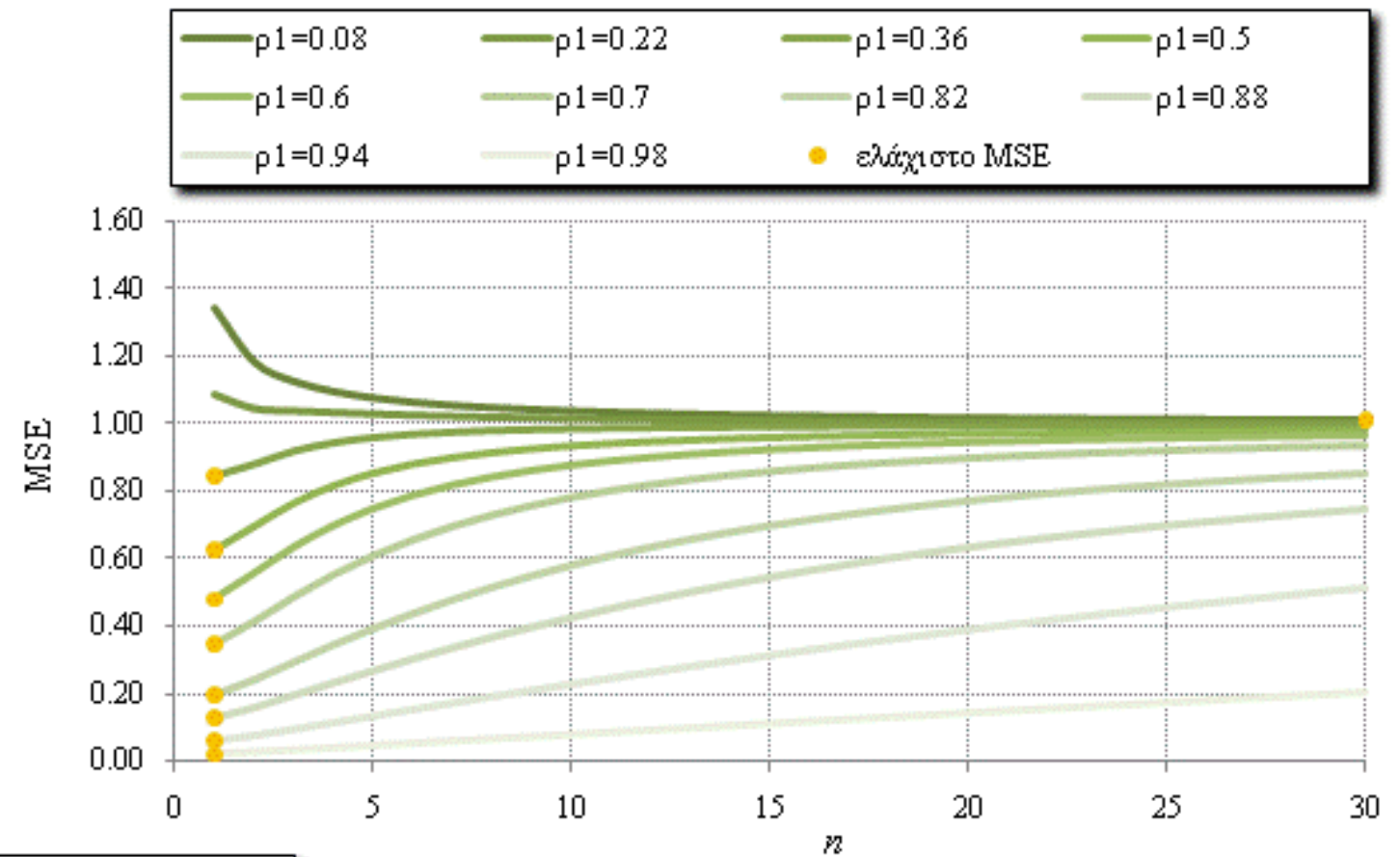
- Ανελίξεις με δυναμική Hurst - Kolmogorov



Χρήση τοπικού μέσου όρου (a) παραλλαγή

Για ανεξίτητες Markov:

MSE συναρτήσσει του πλήθους των γειτονικών τιμών n για διάφορες τιμές του συντελεστή ρ_1 .

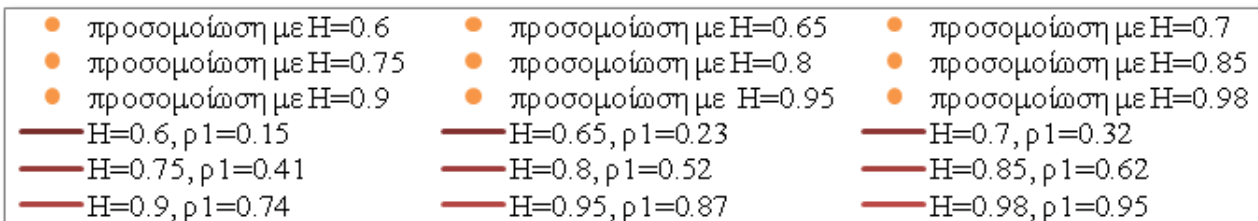
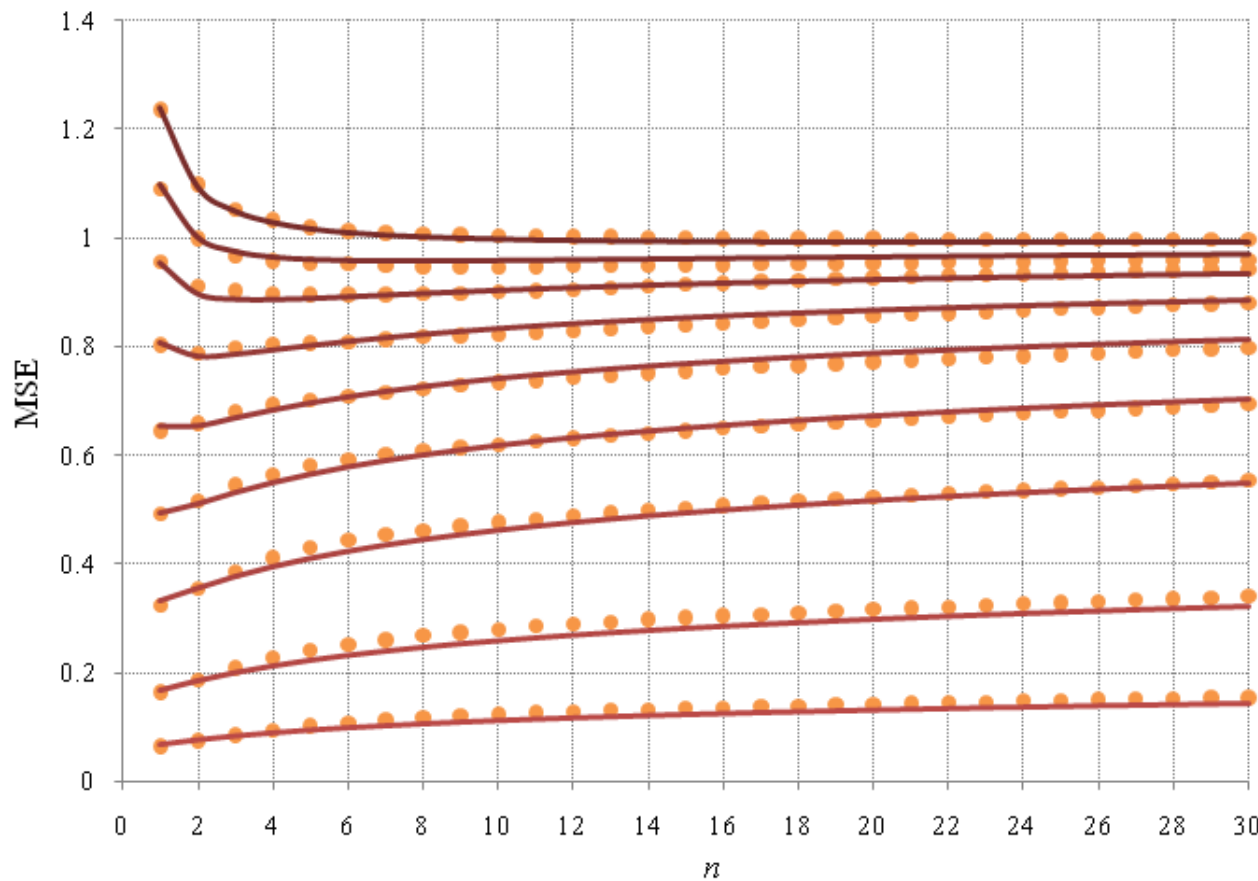
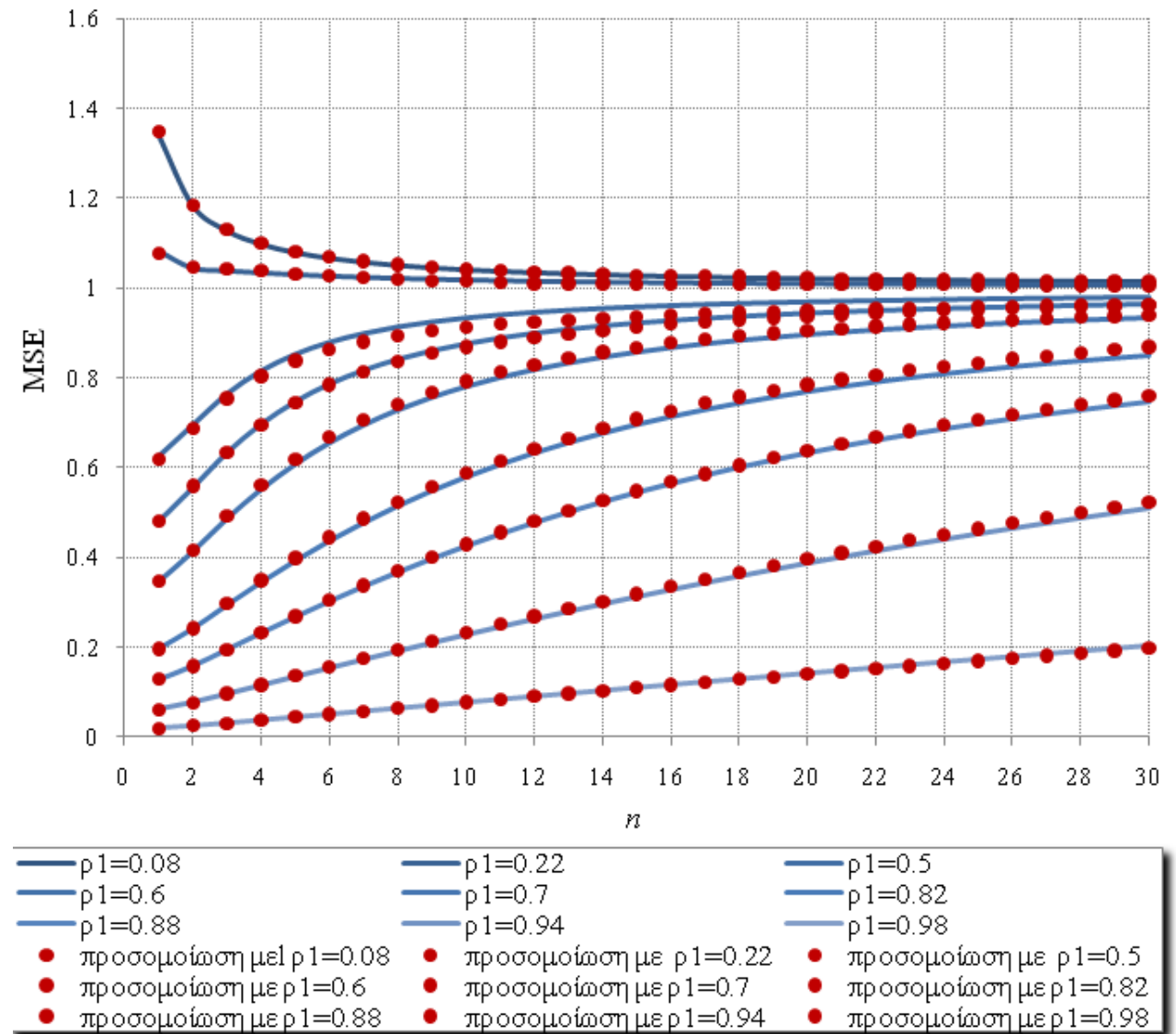


Για ανεξίτητες με δυναμική Hurst - Kolmogorov:

MSE συναρτήσσει του πλήθους των γειτονικών τιμών n για διάφορες τιμές του συντελεστή Hurst (H).

Χρήση τοπικού μέσου όρου (a) παραλλαγή

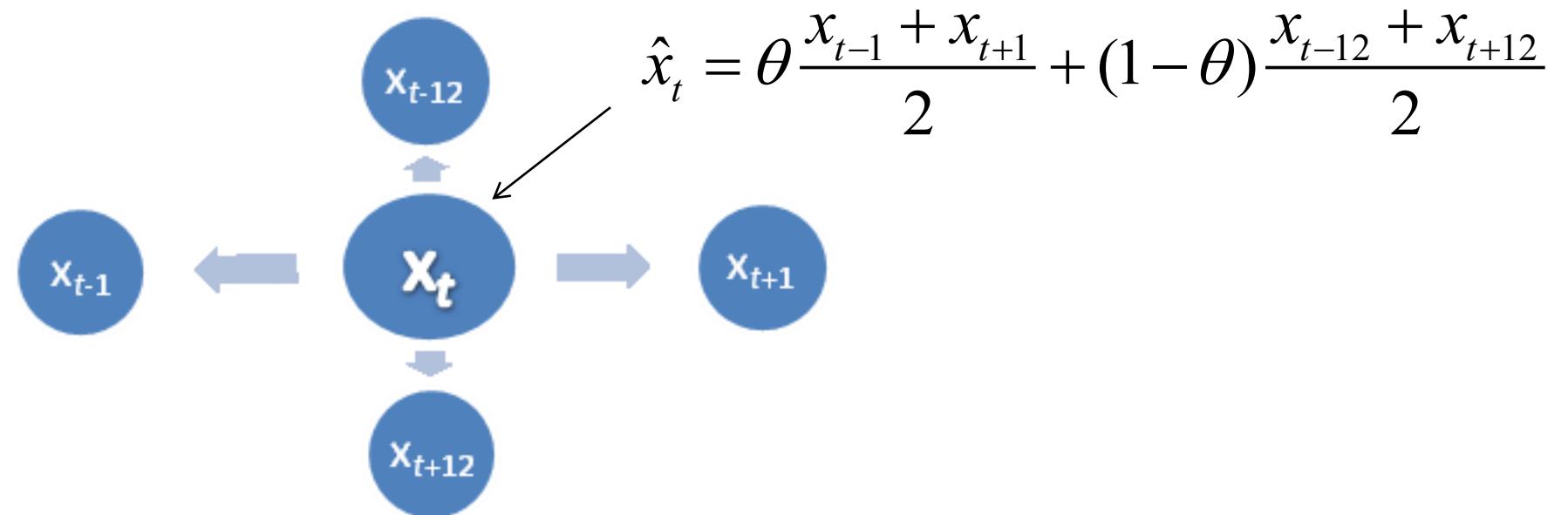
Δεξιά: Θεωρητικές και προσομοιωμένες καμπύλες MSE - n για διάφορες τιμές του συντελεστή ρ_1 (ανεπίξεις Markov)



Αριστερά: Θεωρητικές και προσομοιωμένες καμπύλες MSE - n για διάφορες τιμές του συντελεστή H (ανεπίξεις HK)

Χρήση τοπικού μέσου όρου (b) παραλλαγή

- Τοπικός μέσος όρος με χρήση δύο γειτονικών μηνιαίων και δύο γειτονικών ετήσιων τιμών



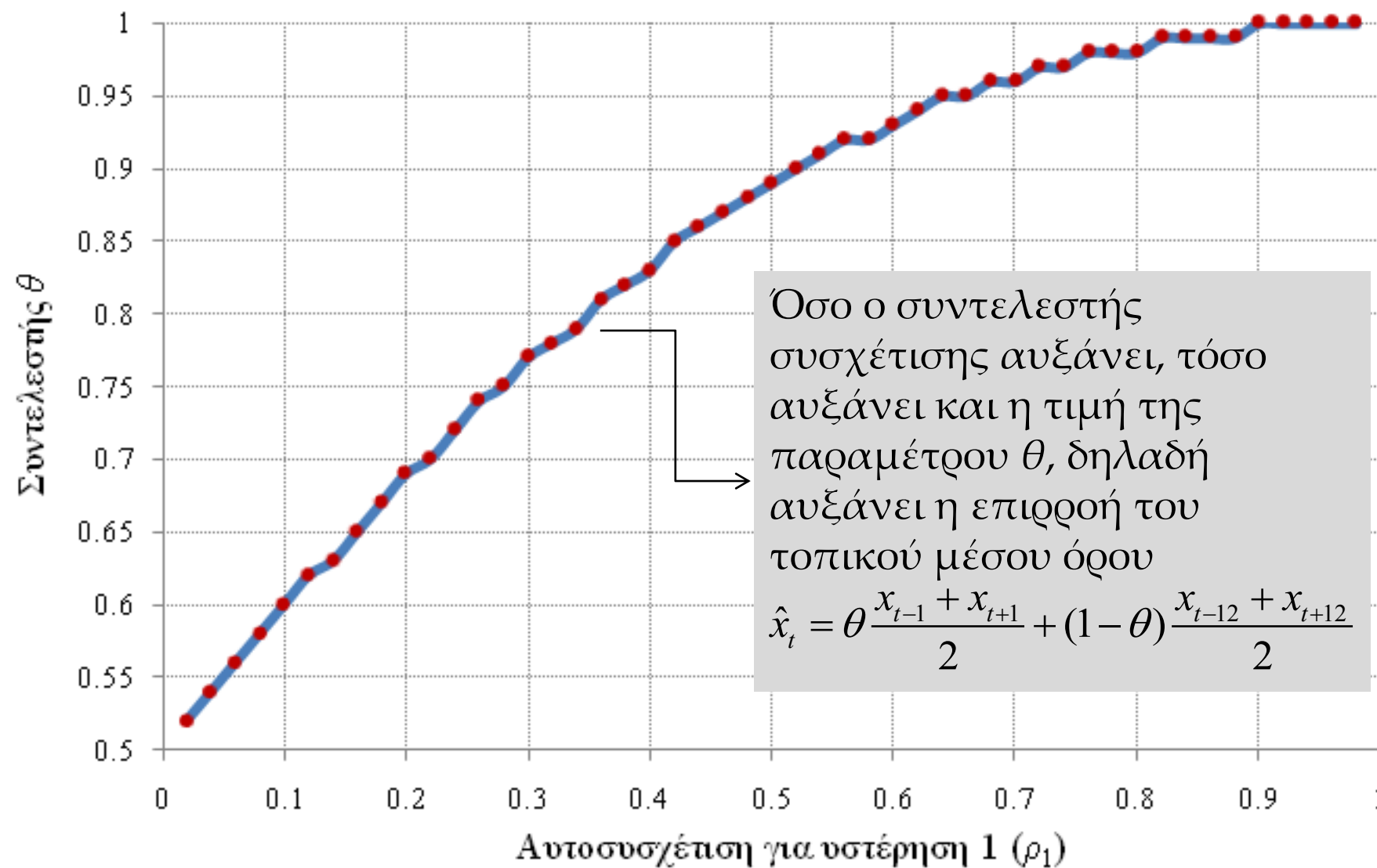
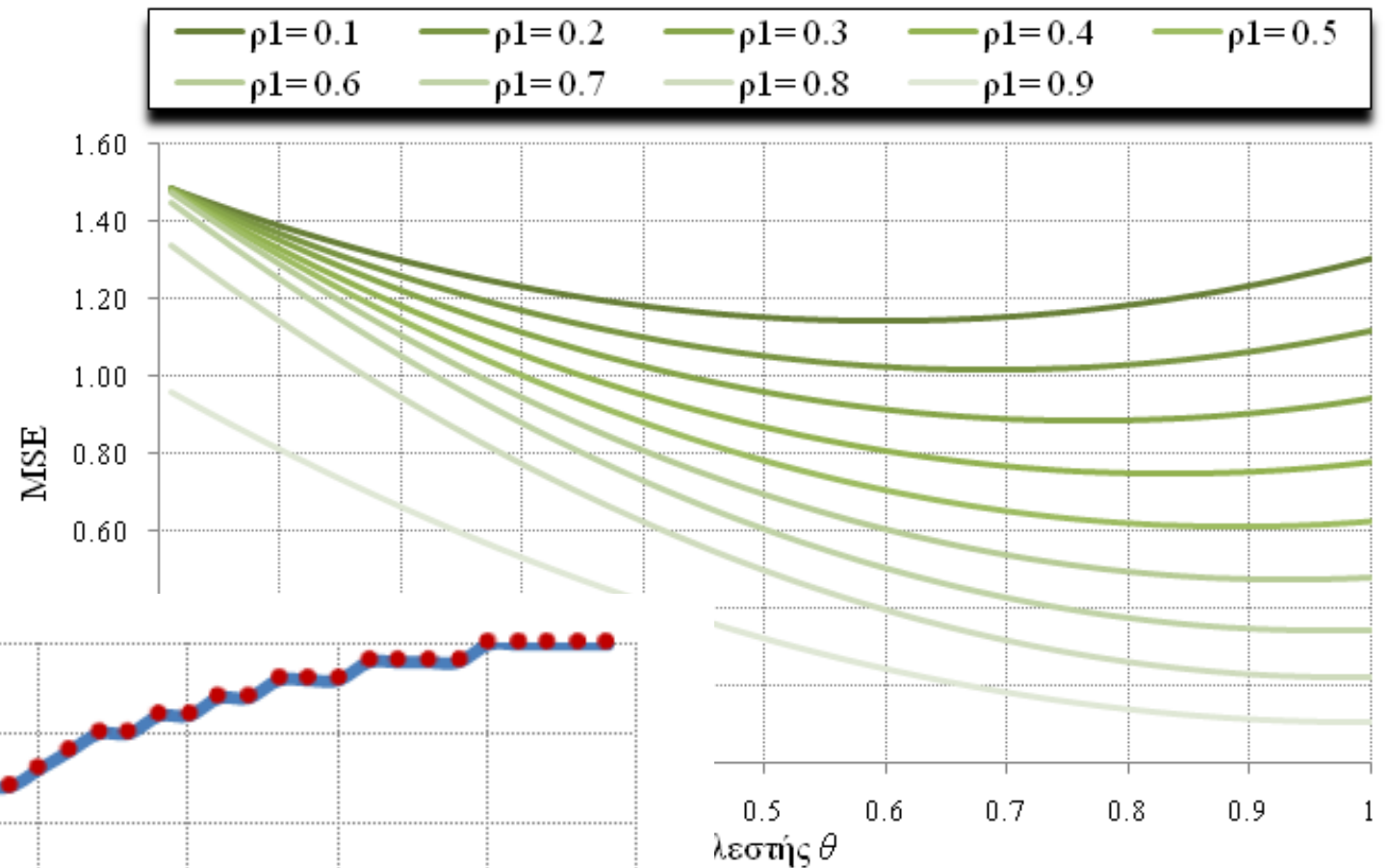
Και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της εκτίμησης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{MSE} = E[e^2] = \sigma^2 \left[\begin{array}{l} 1 - 2\theta(\rho_1 - \rho_{12}) - 2\rho_{12} + \frac{\theta^2}{2}(\rho_2 + 1) + \\ \frac{(1-\theta)^2}{2}(\rho_{24} + 1) + \theta(1-\theta)(\rho_{11} + \rho_{13}) \end{array} \right]$$

Όπου θ , μια παράμετρος που σταθμίζει τους δυο όρους, δηλαδή τις δυο γειτονικές μηνιαίες και τις αντίστοιχες ετήσιες τιμές και $\rho_1, \rho_2, \rho_{11}, \rho_{12}, \rho_{13}, \rho_{24}$ η αυτοσυσχέτιση της χρονοσειράς για υστέρηση 1, 2, 11, 12, 13 και 24 αντίστοιχα.

Χρήση τοπικού μέσου όρου (b) παραλλαγή

- Χρονοσειρές που προσομοιώνονται με ανελίξεις Markov



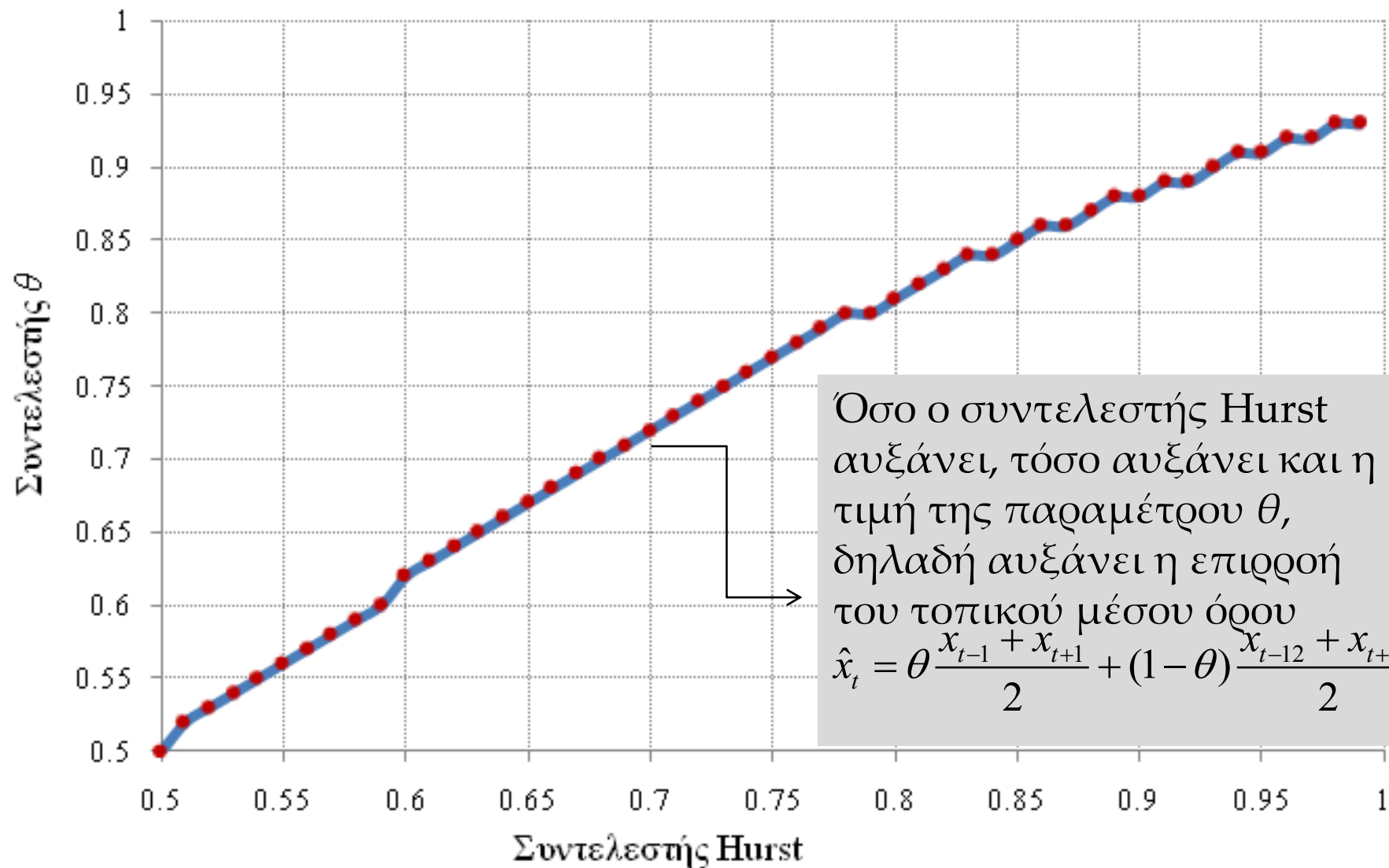
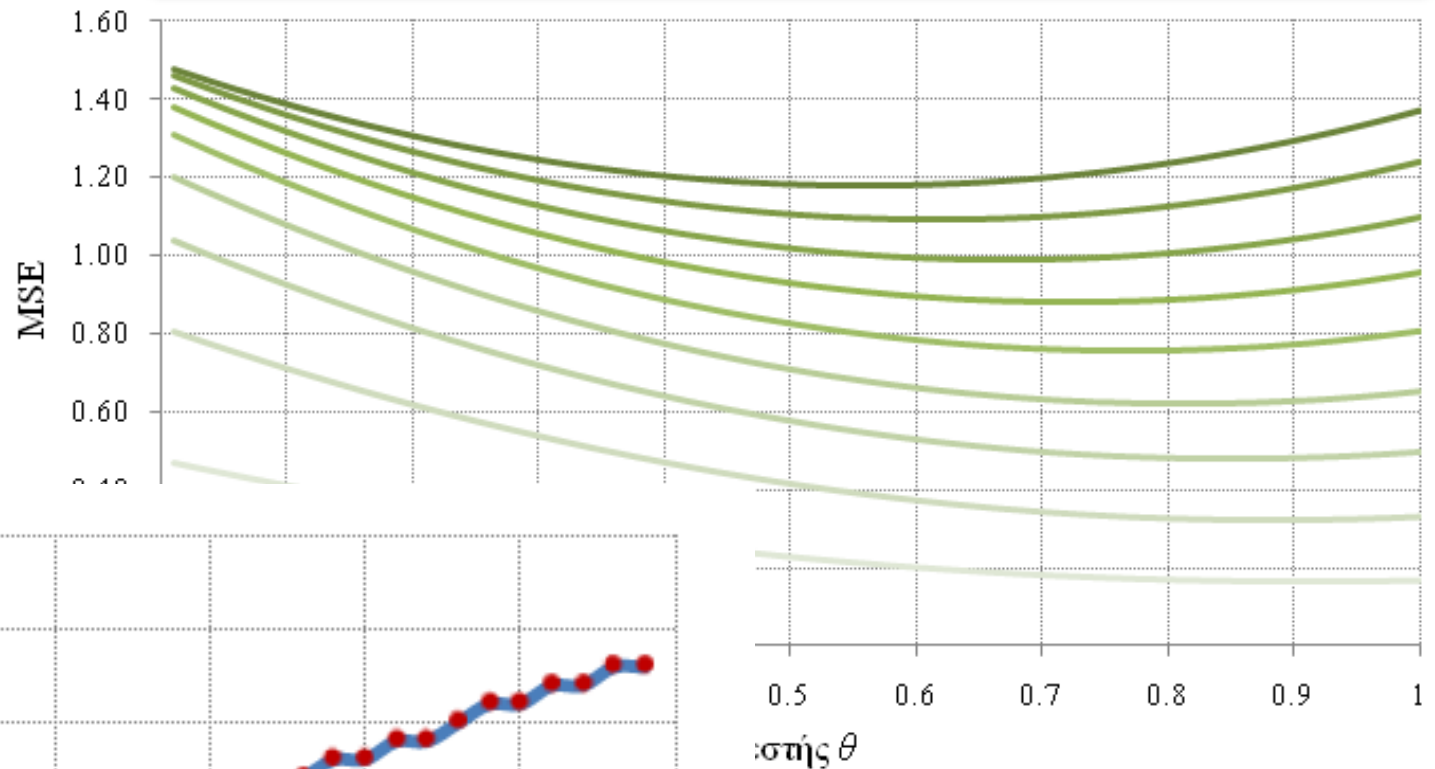
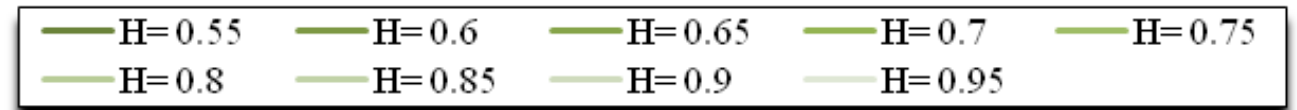
Όσο ο συντελεστής συσχέτισης αυξάνει, τόσο αυξάνει και η τιμή της παραμέτρου θ , δηλαδή αυξάνει η επιρροή του τοπικού μέσου όρου

$$\hat{x}_t = \theta \frac{x_{t-1} + x_{t+1}}{2} + (1-\theta) \frac{x_{t-12} + x_{t+12}}{2}$$

Εκτίμηση της βέλτιστης παραμέτρου θ .

Χρήση τοπικού μέσου όρου (b) παραλλαγή

- Χρονοσειρές που προσομοιώνονται με ανεπίξεις δυναμικής Hurst - Kolmogorov



Όσο ο συντελεστής Hurst αυξάνει, τόσο αυξάνει και η τιμή της παραμέτρου θ , δηλαδή αυξάνει η επιρροή του τοπικού μέσου όρου

$$\hat{x}_t = \theta \frac{x_{t-1} + x_{t+1}}{2} + (1 - \theta) \frac{x_{t-12} + x_{t+12}}{2}$$

Εκτίμηση της βέλτιστης παραμέτρου θ .

Χρήση τοπικού μέσου όρου (c) παραλλαγή

□ Σταθμισμένο άθροισμα ολικού και τοπικού μέσου όρου

$$\hat{x}_t = \lambda \frac{\sum_{i=-N}^N x_i}{2N} + (1-\lambda) \frac{\sum_{i=-n}^{-1} x_i + \sum_{i=1}^n x_i}{2n}$$

Ειδικότερα, περιορίζουμε το τοπικό μέσο όρο σε 2 γειτονικά βήματα, ένα πριν και ένα μετά την ελλείπουσα τιμή και έχουμε:

$$\hat{x}_t = \lambda \frac{\sum_{i=-N}^N x_i}{2N} + (1-\lambda) \frac{x_{-1} + x_1}{2}$$

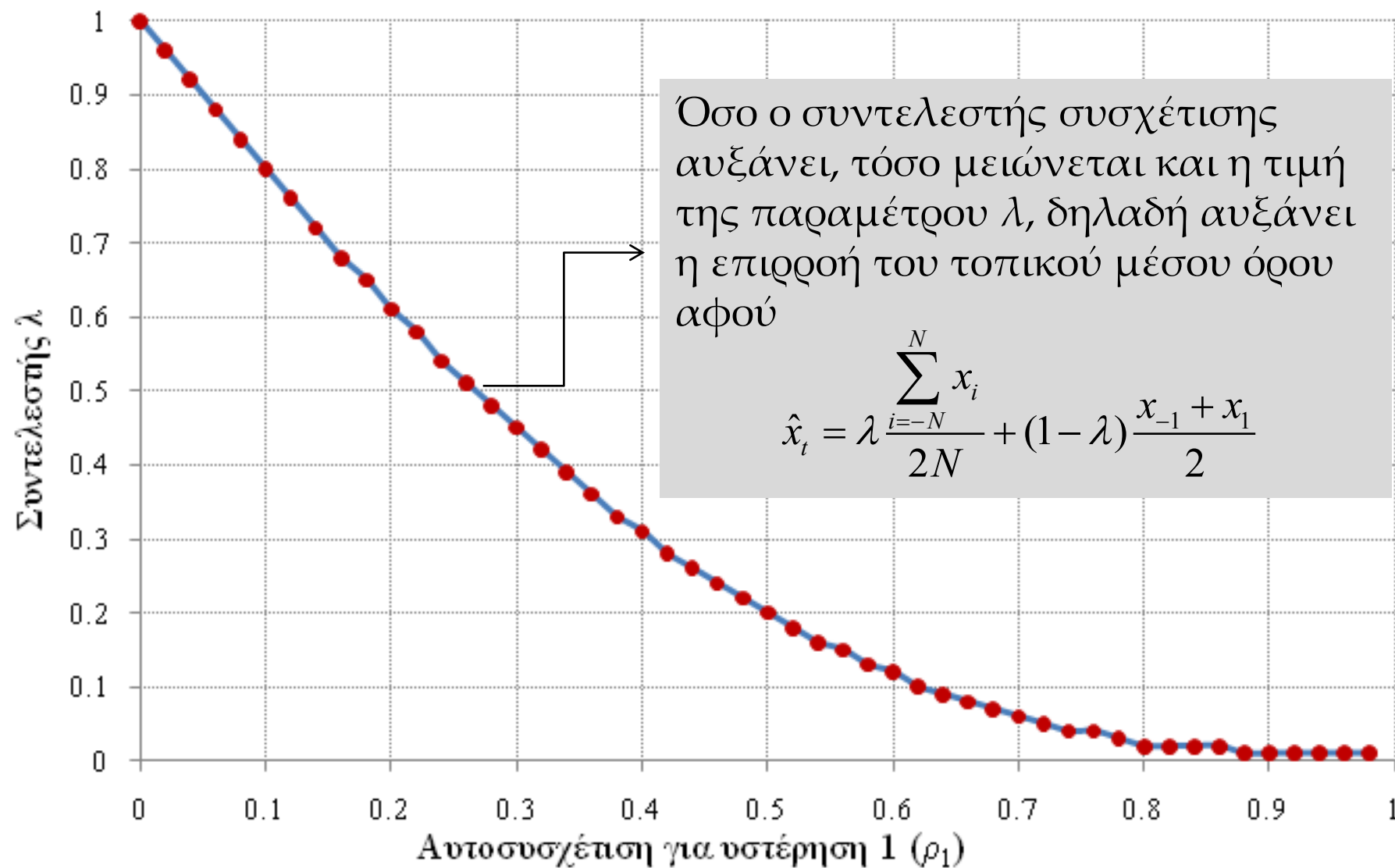
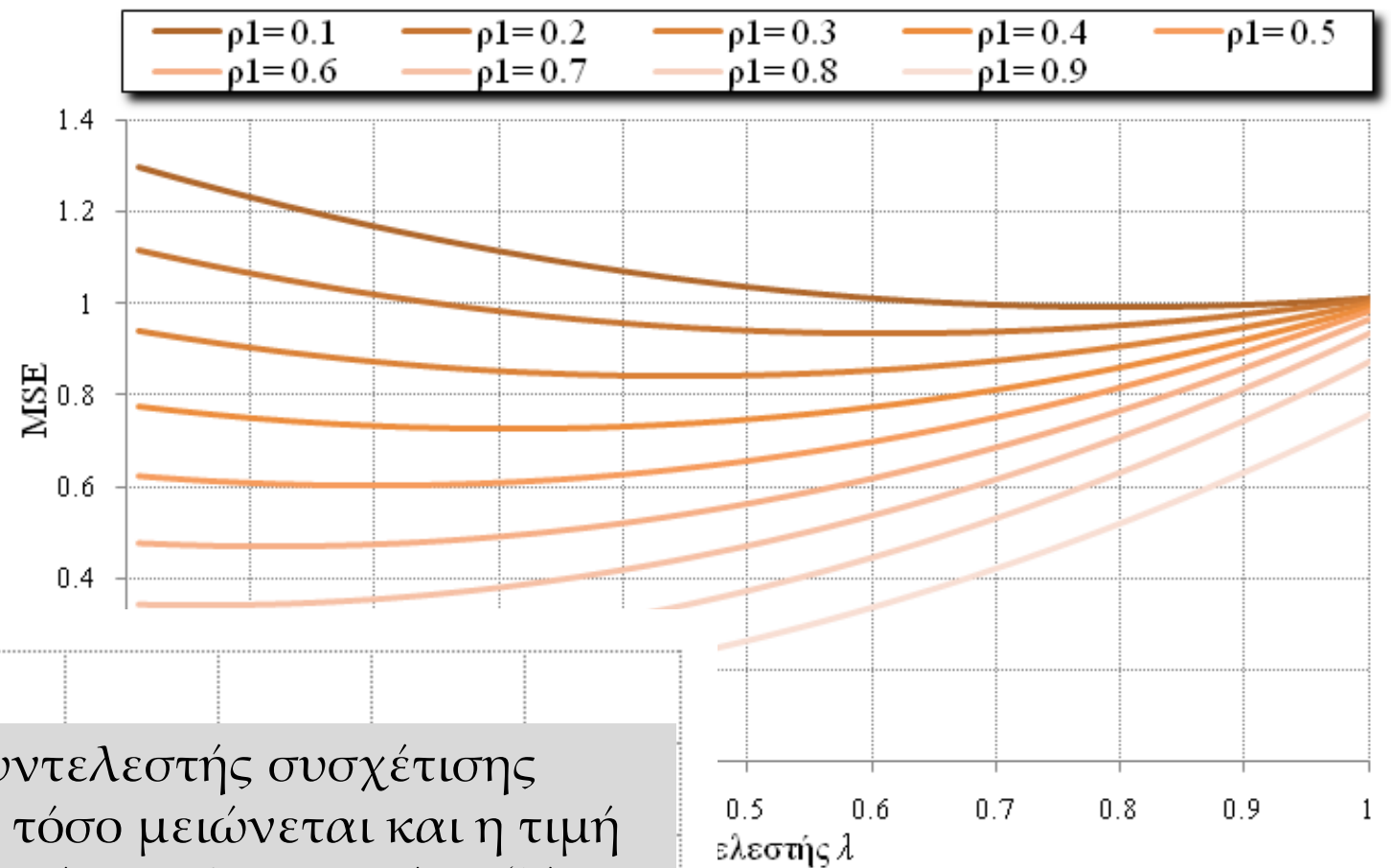
Και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της εκτίμησης υπολογίζεται ως εξής:

$$MSE := E[e^2] = \frac{1}{2}\sigma^2(3-4\rho_1+\rho_2) - 2\lambda\sigma^2 \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \rho_i - \frac{1}{2N} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \rho_i - \sum_{i=2}^{N+1} \rho_i + 1 \right) - \rho_1 + \frac{\rho_2}{2} + 0.5 \right]$$

$$+ \lambda^2\sigma^2 \left[\frac{1}{2N^2} \left(2 \sum_{i=1}^{N-1} (N-i)\rho_i + \sum_{i=2}^{N+1} (i-1)\rho_i + \sum_{i=N+2}^{2N} (2N+1-i)\rho_i + N \right) \right. \\ \left. + \frac{\rho_2}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \rho_i + \sum_{i=2}^{N+1} \rho_i + 1 \right) \right]$$

Χρήση τοπικού μέσου όρου (b) παραλλαγή

- Χρονοσειρές που προσομοιώνονται με ανελίξεις Markov



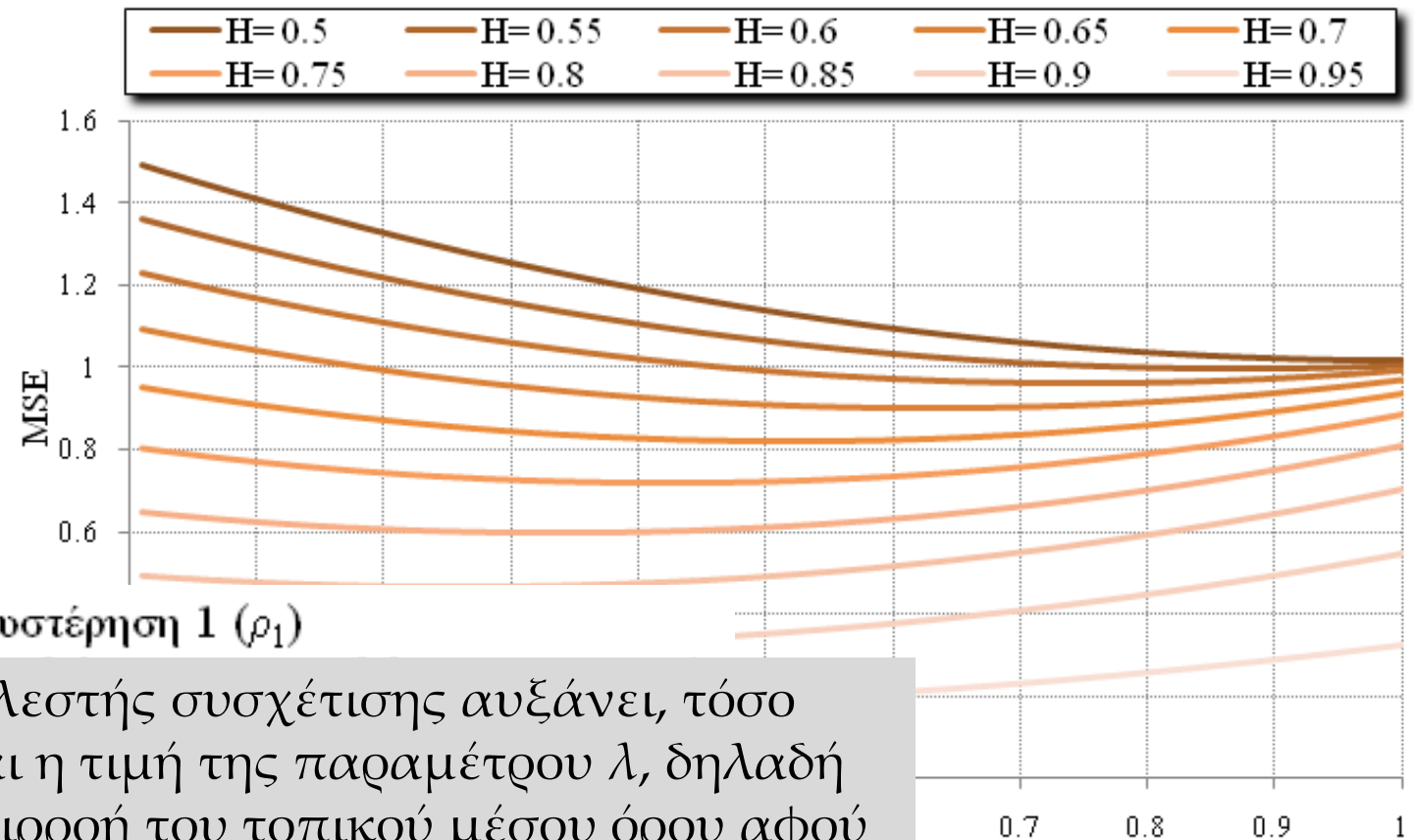
Όσο ο συντελεστής συσχέτισης αυξάνει, τόσο μειώνεται και η τιμή της παραμέτρου λ , δηλαδή αυξάνει η επιρροή του τοπικού μέσου όρου αφού

$$\hat{x}_t = \lambda \frac{\sum_{i=-N}^N x_i}{2N} + (1-\lambda) \frac{x_{-1} + x_1}{2}$$

Εκτίμηση της βέλτιστης παραμέτρου λ .

Χρήση τοπικού μέσου όρου (b) παραλλαγή

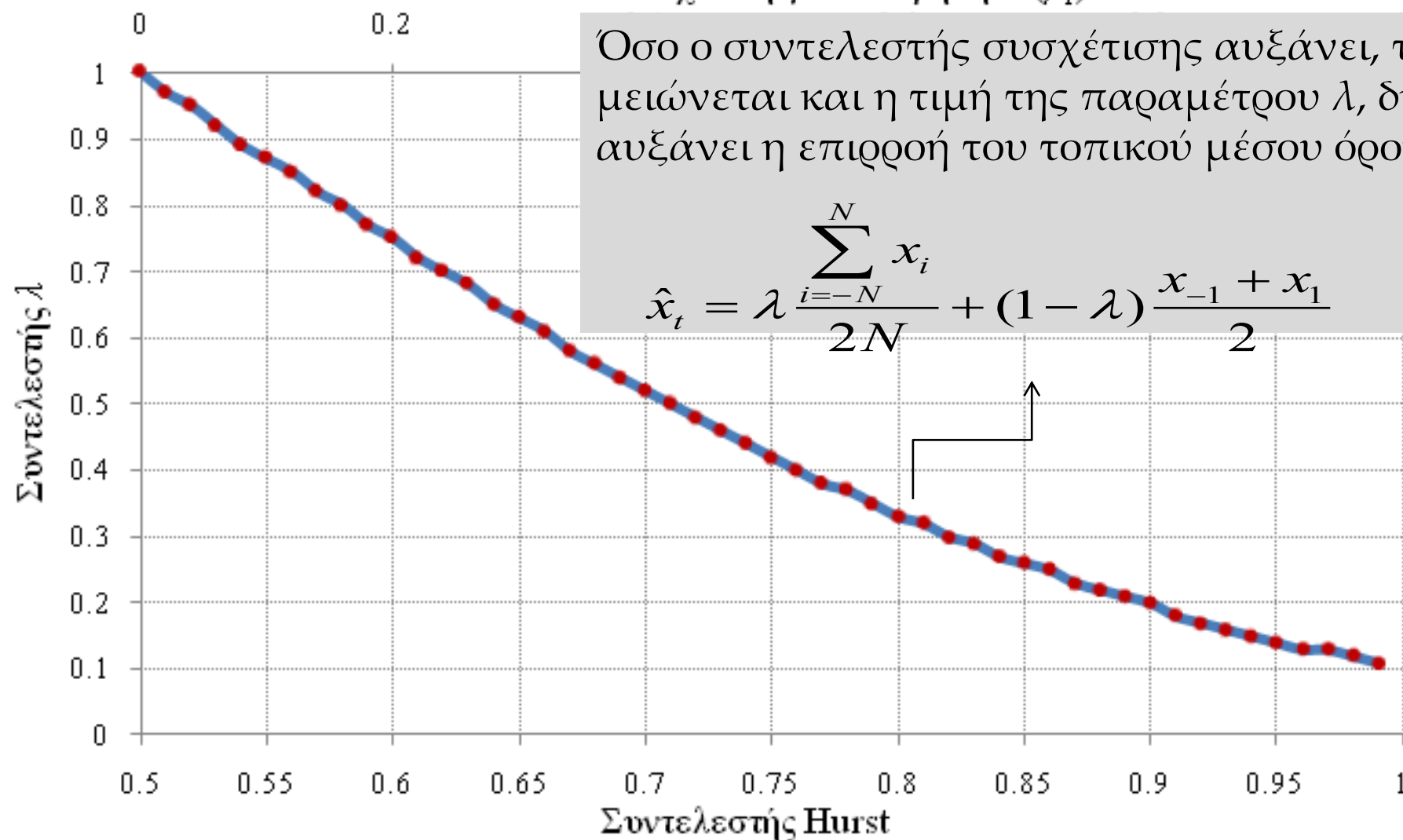
- Χρονοσειρές που προσομοιώνονται από ανεπίξεις δυναμικής Hurst - Kolmogorov



Αυτοσυσχέτιση για υστέρηση 1 (ρ_1)

Όσο ο συντελεστής συσχέτισης αυξάνει, τόσο μειώνεται και η τιμή της παραμέτρου λ , δηλαδή αυξάνει η επιρροή του τοπικού μέσου όρου αφού

$$\hat{x}_t = \lambda \frac{\sum_{i=-N}^N x_i}{2N} + (1 - \lambda) \frac{x_{-1} + x_1}{2}$$



Εκτίμηση της βέλτιστης παραμέτρου λ .

Χρήση τοπικού μέσου όρου (d) παραλλαγή

□ Σταθμισμένα βάρη w_i

Η ελλείπουσα τιμή μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη σχέση:

$$Y = \mathbf{w}^T \mathbf{X} + e$$

όπου

Y : η τιμή που θέλουμε να συμπληρώσουμε

\mathbf{X} : πίνακας που περιέχει τις υπάρχουσες τιμές της χρονοσειράς

\mathbf{w} : πίνακας που περιέχει τα σταθμισμένα βάρη

e : το σφάλμα της εκτίμησης

Ενώ στις περιπτώσεις (a), (b) και (c) τα βάρη w_i ήταν σταθερά για τις γειτονικές τιμές της χρονοσειράς, στη μέθοδο των σταθμισμένων βαρών χρησιμοποιούμε όλες τις τιμές της χρονοσειράς με μεταβλητά βάρη.

Υπολογισμός του πίνακα των σταθμισμένων βαρών \mathbf{w} :

- απαίτηση για αμεροληψία
- απαίτηση για ελάχιστη διασπορά (ελάχιστο MSE)

Χρήση τοπικού μέσου όρου (d) παραλλαγή

Εφαρμογή της μεθόδου BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) – μέθοδος kriging εκφρασμένη με τη συνάρτηση συνδιασποράς (covariance):

- αμερόληπτη εκτίμηση $E[x_t] = 0$ (1)

- ελάχιστο MSE $E[e^2] = (x_t - \hat{x}_t)^2$ (2)

Έχουμε ένα σύστημα 2 εξισώσεων με 2 αγνώστους (\mathbf{w}, e) οι αμερόληπτες λύσεις του συστήματος με τη παραδοχή στασιμότητας και εργοδικότητας είναι (Koutsoyiannis & Langousis, 2010) :

$$\mathbf{w}' = \mathbf{C}'^{-1} \boldsymbol{\eta}' \quad \text{με} \quad \mathbf{w}' := \begin{bmatrix} \mathbf{w} \\ \lambda' \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C}' := \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{1} \\ \mathbf{1}^T & 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\eta}' := \begin{bmatrix} \boldsymbol{\eta} \\ \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

όπου

$\mathbf{C} := \text{Cov}[X, X]$ ο θετικά ορισμένος συμμετρικός πίνακας των αυτοσυνδιασπορών της τυχαίας μεταβλητής X .

$\boldsymbol{\eta} := \text{Cov}[X, Y]$ πίνακας με στοιχεία του τις συνδιασπορές των X και Y

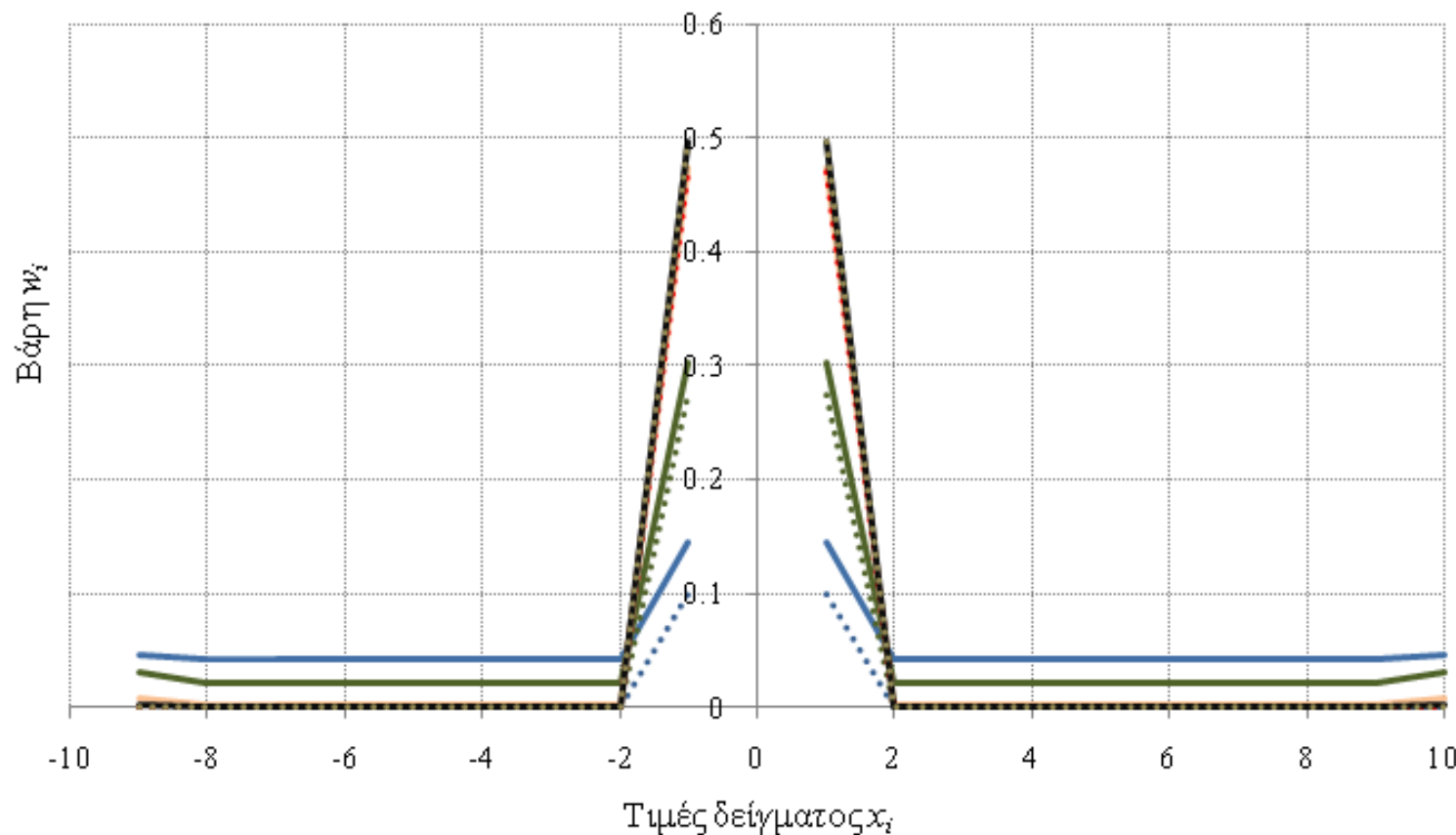
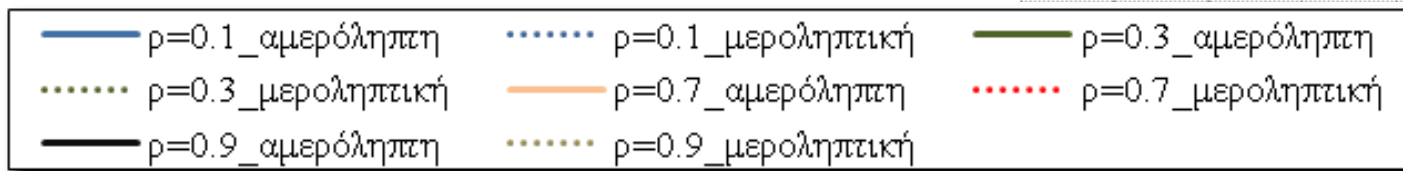
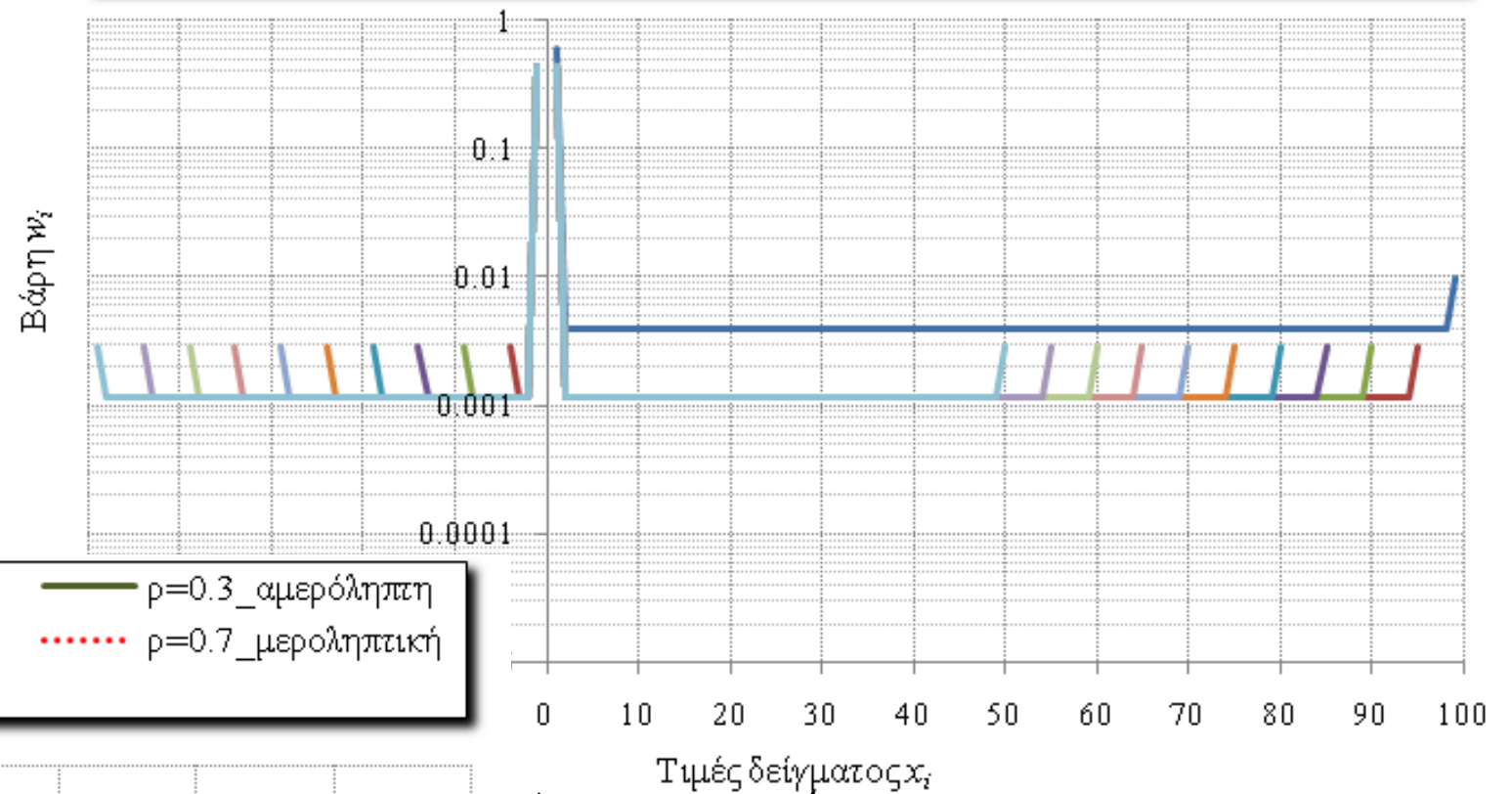
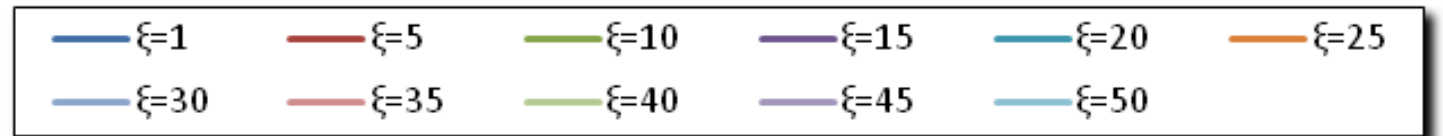
$\mathbf{1}$ είναι ένας πίνακας με στοιχεία ίσα με το 1

$\lambda' = \lambda \mu$ όπου λ πολλαπλασιαστής Lagrange και μ η μέση τιμή της χρονοσειράς

Χρήση τοπικού μέσου όρου (d) παραλλαγή

□ Σταθμισμένα βάρη
χρονοσειρών Markov

Δεξιά:
δείγμα 100 τιμών με $\rho_1 = 0.6$
για διάφορες θέσεις ξ της
ελλείπουσας τιμής

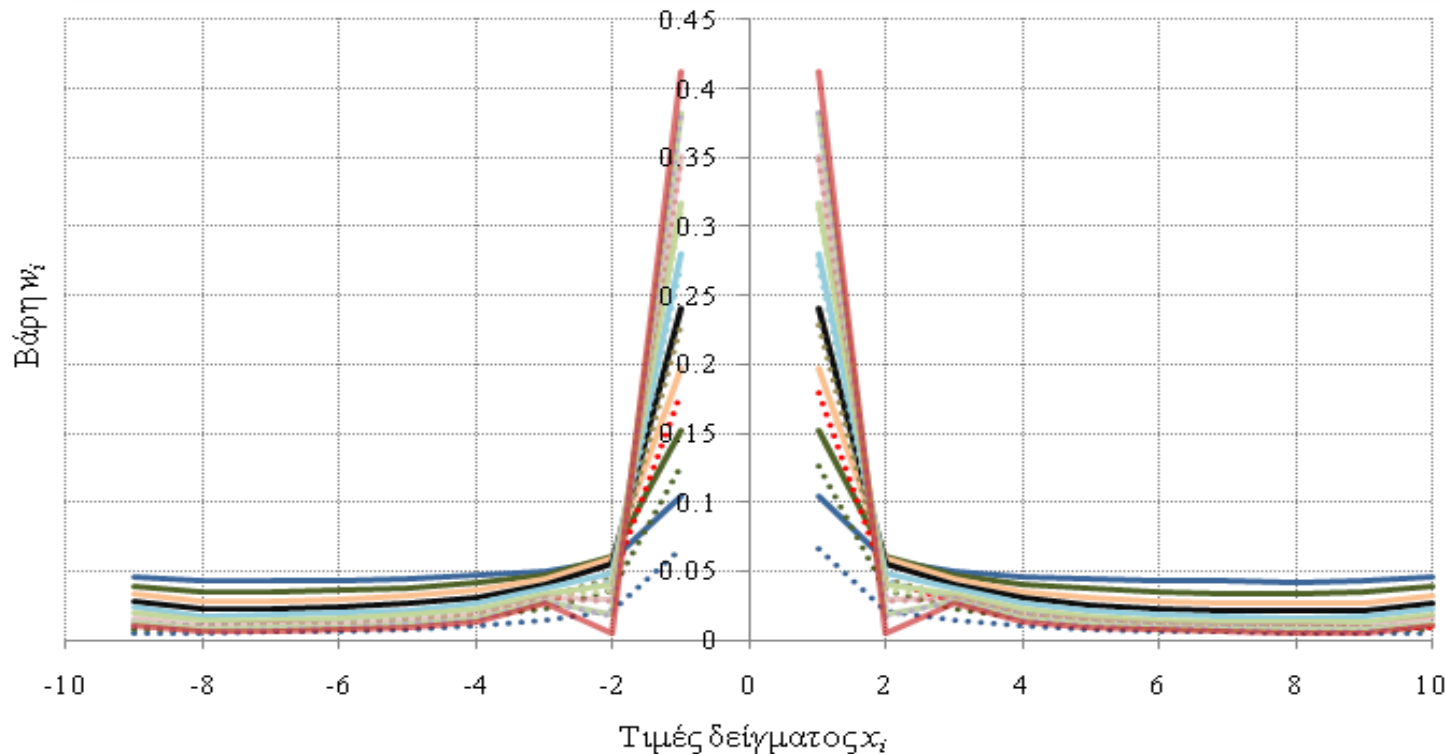
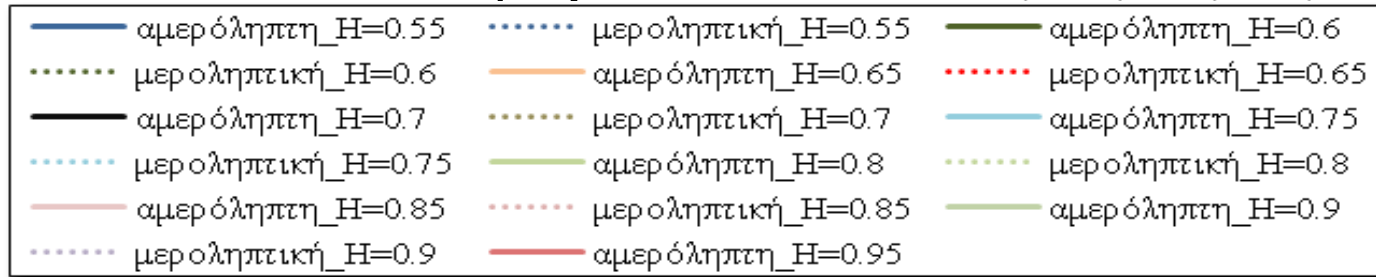
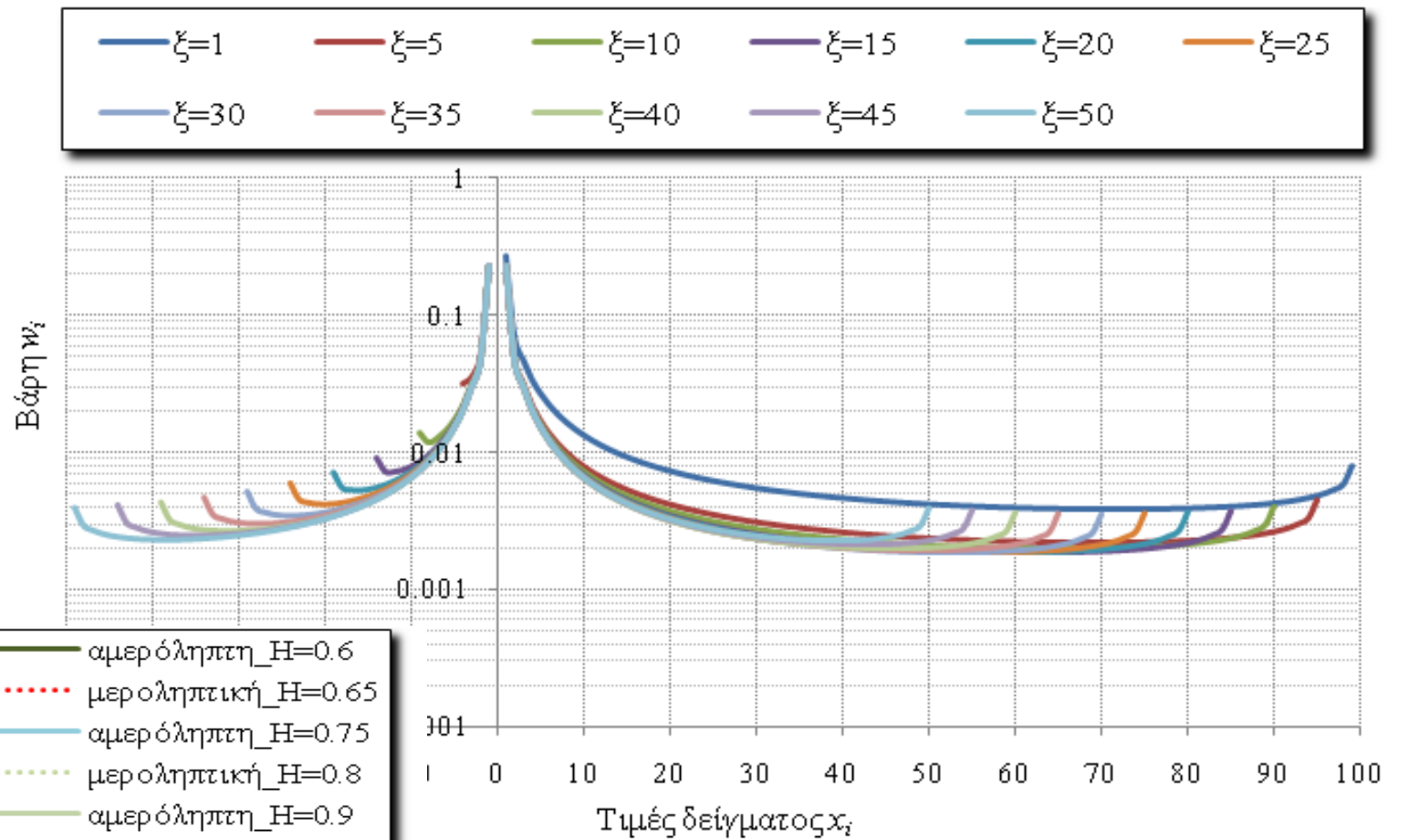


Αριστερά:
Σταθμισμένα βάρη για
διάφορες τιμές του
συντελεστή ρ_1 , σε δείγμα 20
τιμών, αν λείπει η 10^η τιμή.
Παρουσιάζονται οι
μεροληπτικές αλλά και οι
αμερόληπτες τιμές των w_i

Χρήση τοπικού μέσου όρου (d) παραλλαγή

- Σταθμισμένα βάρη χρονοσειρών που παρουσιάζουν δυναμική Hurst - Kolmogorov

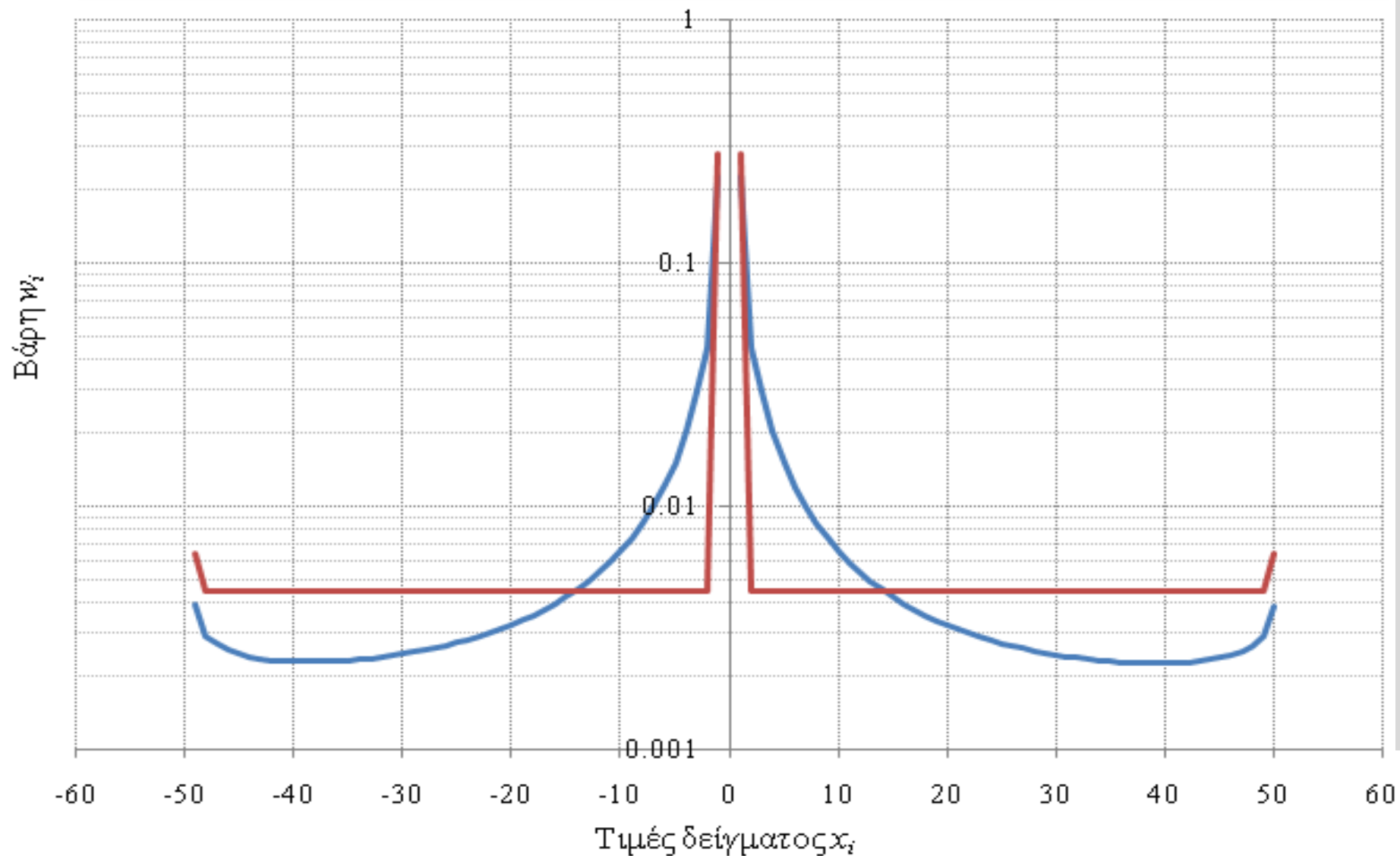
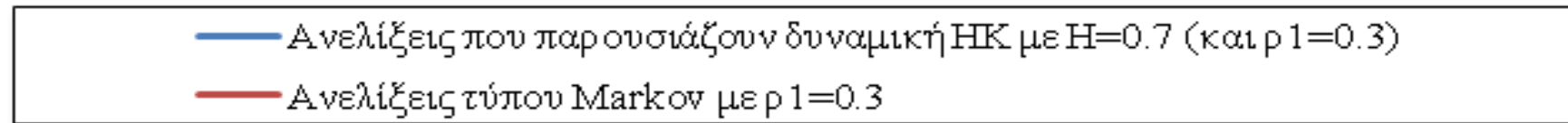
Δεξιά:
δείγμα 100 τιμών με $H = 0.7$ για διάφορες θέσεις ξ της ελλείπουσας τιμής



Αριστερά:
Σταθμισμένα βάρη για διάφορες τιμές του συντελεστή H σε δείγμα 20 τιμών, αν λείπει η 10^η τιμή. Παρουσιάζονται οι μεροληπτικές αλλά και οι αμερόληπτες τιμές των w_i .

Χρήση τοπικού μέσου όρου (d) παραλλαγή

- Σύγκριση σταθμισμένων βαρών των ανελίξεων Markov και των ανελίξεων με δυναμική Hurst - Kolmogorov



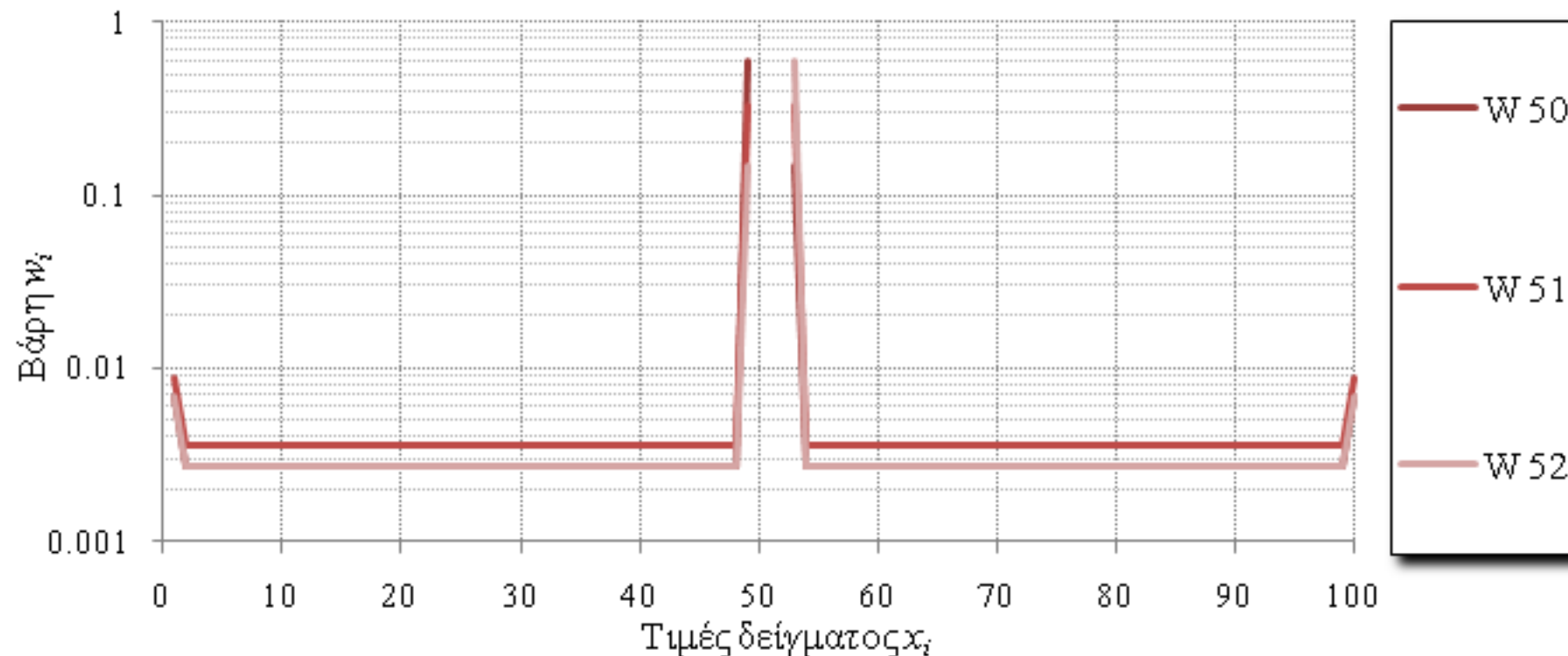
Σταθμισμένα
βάρη:

- μεγάλος υπολογιστικός φόρτος
- στην περίπτωση ισχυρής δομής αυτοσυσχέτισης, οι γειτονικές τιμές έχουν αυξημένη βαρύτητα

Συντελεστές βαρύτητας w_i για ανελίξεις με δυναμική ΗΚ και ανελίξεις τύπου Markov με $\rho_1 = 0.3$, για δείγμα 100 τιμών, που λείπει η 50^η τιμή

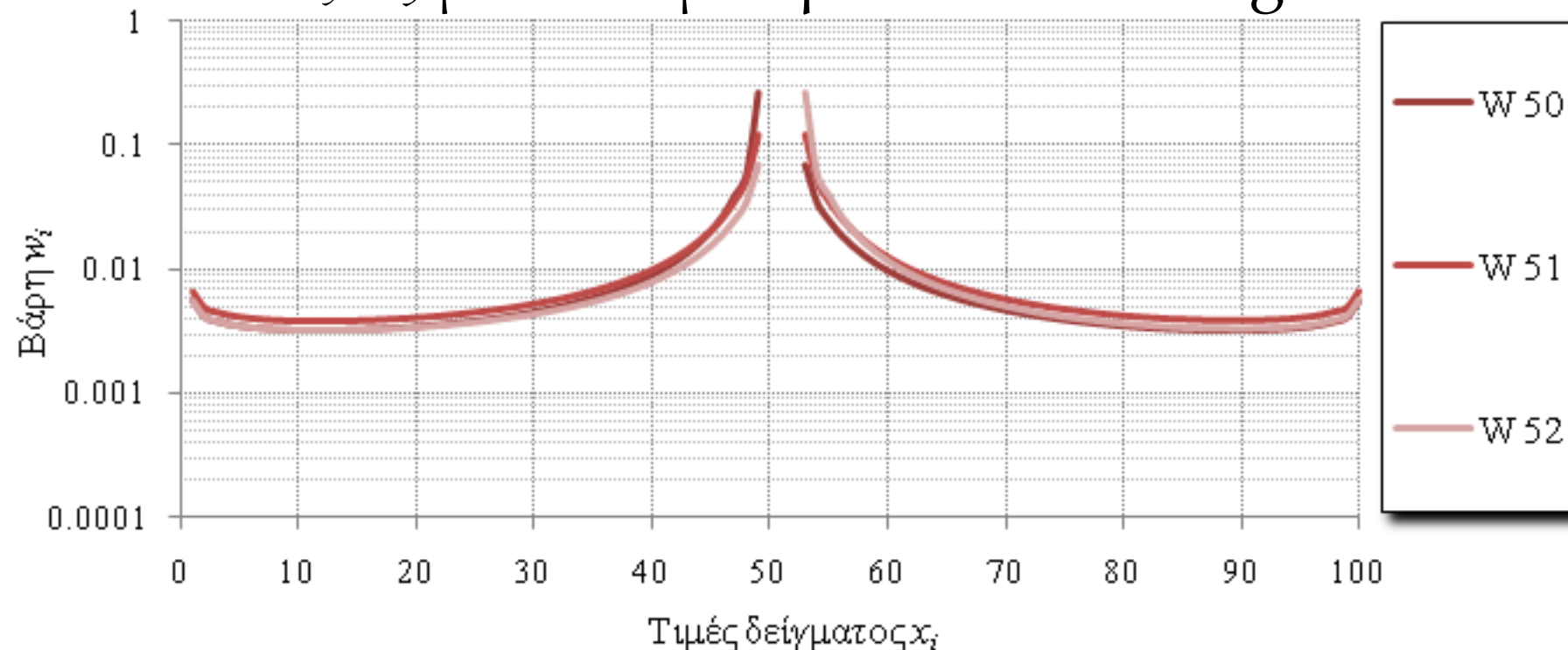
Σποραδικά κενά στις χρονοσειρές

- Σταθμισμένα βάρη w_i για μέχρι 3 συνεχόμενα κενά
 - Ανελίξεις Markov



Σταθμισμένα βάρη w_i για δείγμα 100 τιμών με $\rho_1 = 0.6$ και κενή την 50^η, 51^η και 52^η τιμή της χρονοσειράς

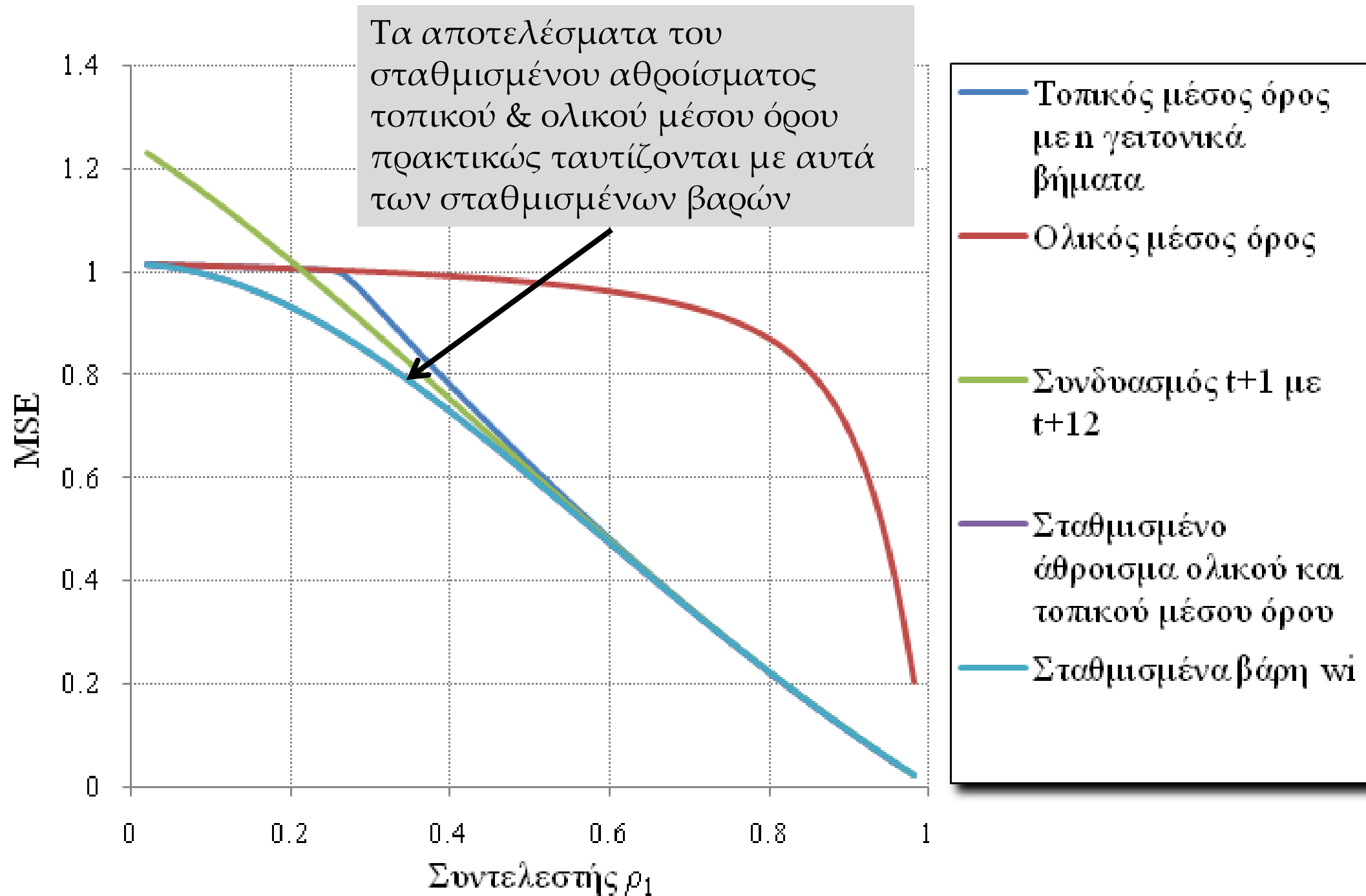
- Ανελίξεις με δυναμική Hurst - Kolmogorov



Σταθμισμένα βάρη w_i για δείγμα 100 τιμών με $H = 0.7$ και κενή την 50^η, 51^η και 52^η τιμή της χρονοσειράς

Σύγκριση μεθοδολογιών

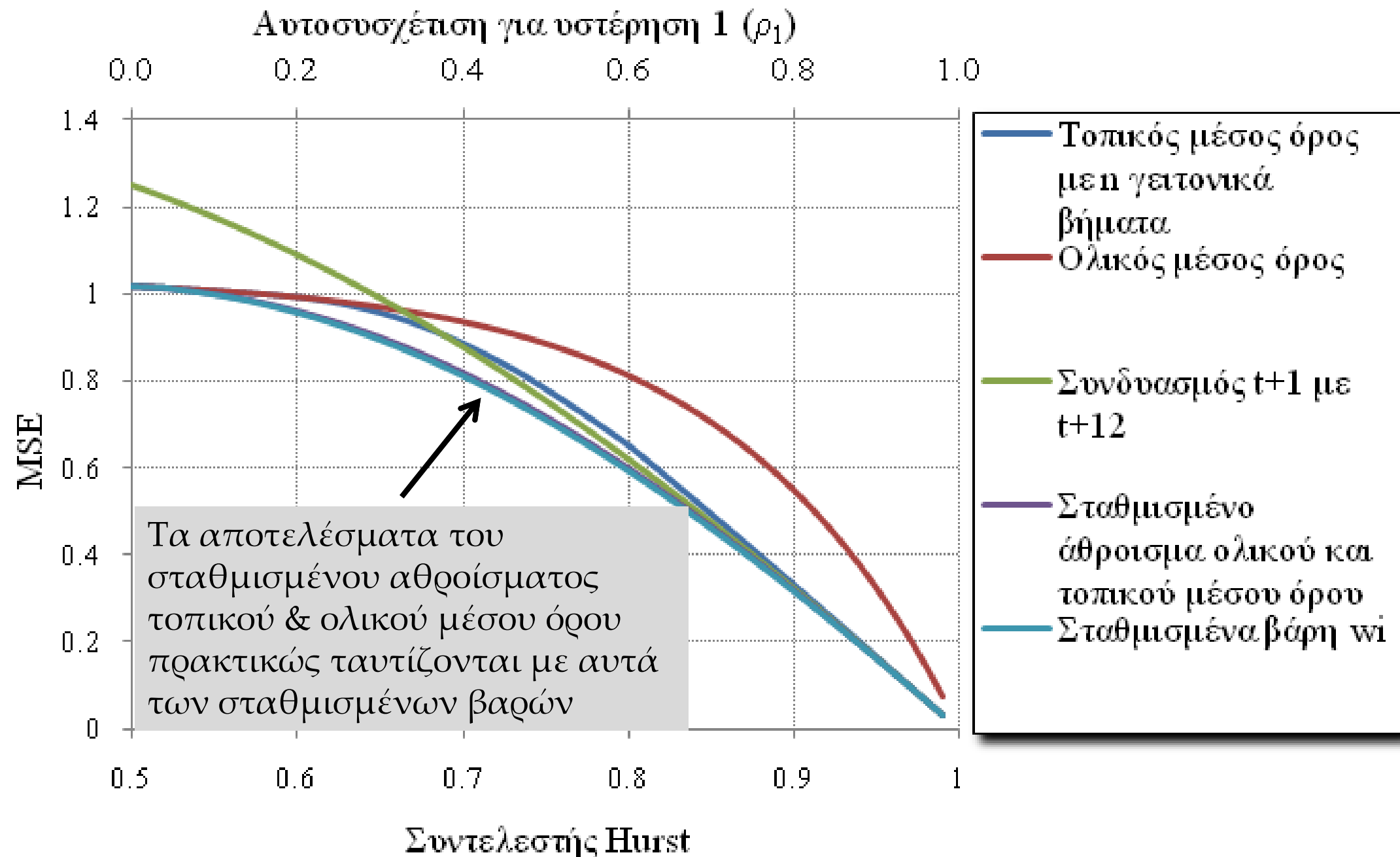
- ❑ Χρονοσειρές που προσομοιώνονται από ανελίξεις Markov



Το σταθμισμένο άθροισμα του ολικού και του τοπικού μέσου όρου δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συστήνεται η χρήση αυτής της μεθόδου για συμπλήρωση μεμονωμένων κενών σε χρονοσειρές Markov.

Σύγκριση μεθοδολογιών

- ❑ Χρονοσειρές που παρουσιάζουν δυναμική Hurst - Kolmogorov



Το σταθμισμένο άθροισμα του ολικού και του τοπικού μέσου όρου δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συστήνεται η χρήση αυτής της μεθόδου για συμπλήρωση μεμονωμένων κενών σε χρονοσειρές που παρουσιάζουν δυναμική Hurst - Kolmogorov.

Σύγκριση μεθοδολογιών

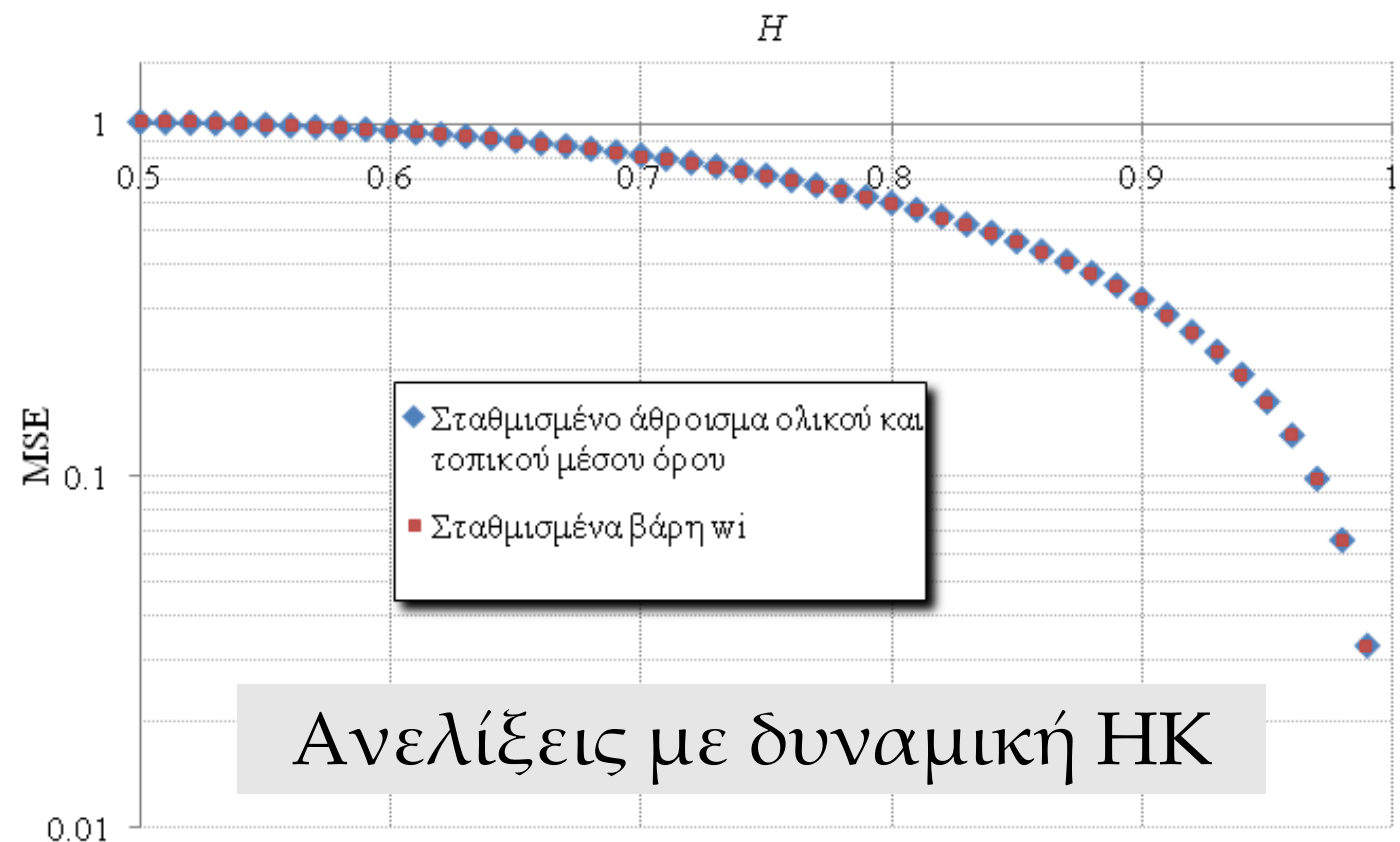


MSE που προκύπτει για τις διάφορες τιμές του συντελεστή ρ_1 με εφαρμογή της μεθόδου $N-n$, και της μεθόδου των σταθμισμένων βαρών.

Τα αποτελέσματα σχεδόν συμπίπτουν.

MSE που προκύπτει για τις διάφορες τιμές του συντελεστή Hurst με εφαρμογή της μεθόδου $N-n$, και της μεθόδου των σταθμισμένων βαρών.

Τα αποτελέσματα σχεδόν συμπίπτουν.



Πλεονεκτήματα προτεινόμενης μεθόδου

Η εφαρμογή της μεθόδου του σταθμισμένου αθροίσματος του ολικού και ενός τοπικού μέσου όρου (με μια τιμή πριν και μια μετά την ελλείπουσα παρατήρηση) χρησιμοποιώντας μια παράμετρο λ έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- i. Δίνει αποτελέσματα ιδιαίτερα ικανοποιητικά (ελάχιστο MSE), που πρακτικώς ταυτίζονται με τα βέλτιστα δυνατά, δηλαδή με αυτά της χρήσης των σταθμισμένων βαρών, με τον ελάχιστο υπολογιστικό φόρτο.
- ii. Έχει άμεση και γρήγορή εφαρμογή.
- iii. Δεν απαιτείται τυποποίηση -κανονικοποίηση της χρονοσειράς πριν την εφαρμογή της μεθοδολογίας.
- iv. Δεν επηρεάζεται από την έλλειψη συνέχειας (παρουσία μηδενικών τιμών).
- v. Δεν επηρεάζεται από τη ασυμμετρία (η θετική ασυμμετρία είναι βασικό χαρακτηριστικό των χρονοσειρών βροχόπτωσης).

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

1. Χρονοσειρές βροχόπτωσης

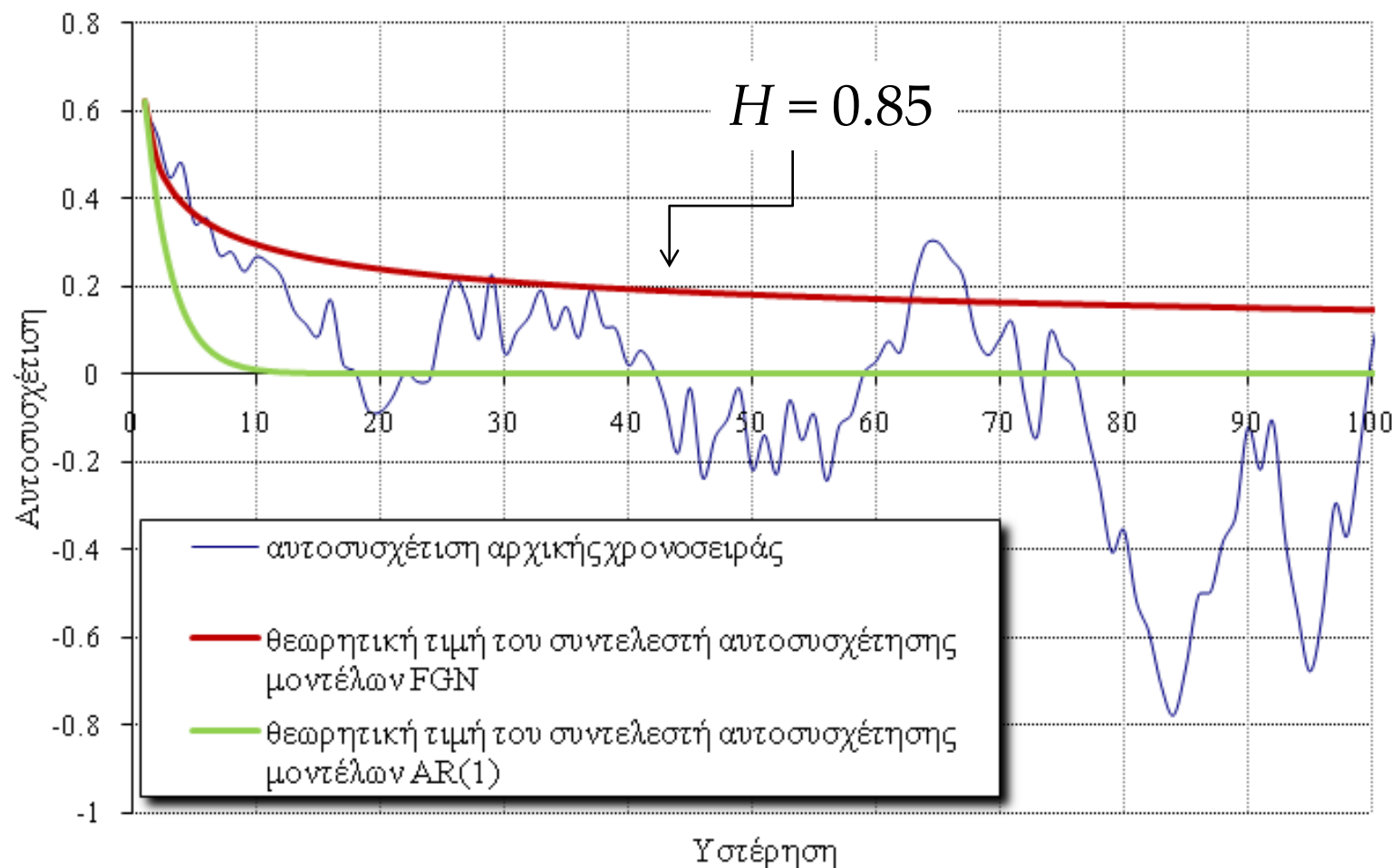
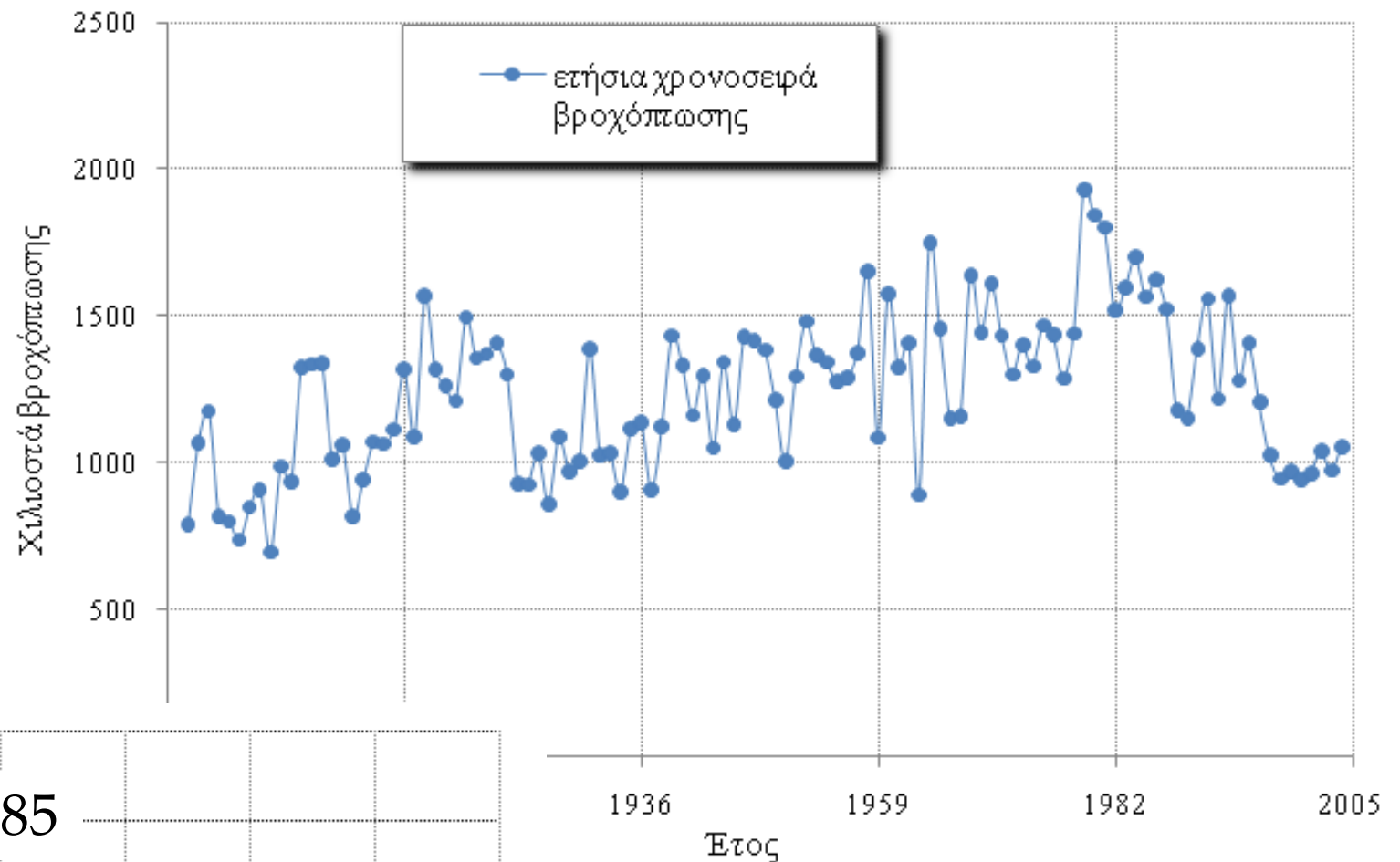
- Μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή Maatsuyker Island Lighthouse (Αυστραλία), με συντεταγμένες: -43.65B, 146.27A (ετήσια και μηνιαία χρονοσειρά μήκους 113 χρόνων, από το 1892 έως και το 2005)
- Μετεωρολογικός σταθμός, στη περιοχή De Bilt (Ολλανδία) με συντεταγμένες 52.10B, 5.18A (ημερήσια χρονοσειρά 104 χρόνων με μετρήσεις από το 1906 έως και το Σεπτέμβριο του 2010)



Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Ετήσια χρονοσειρά

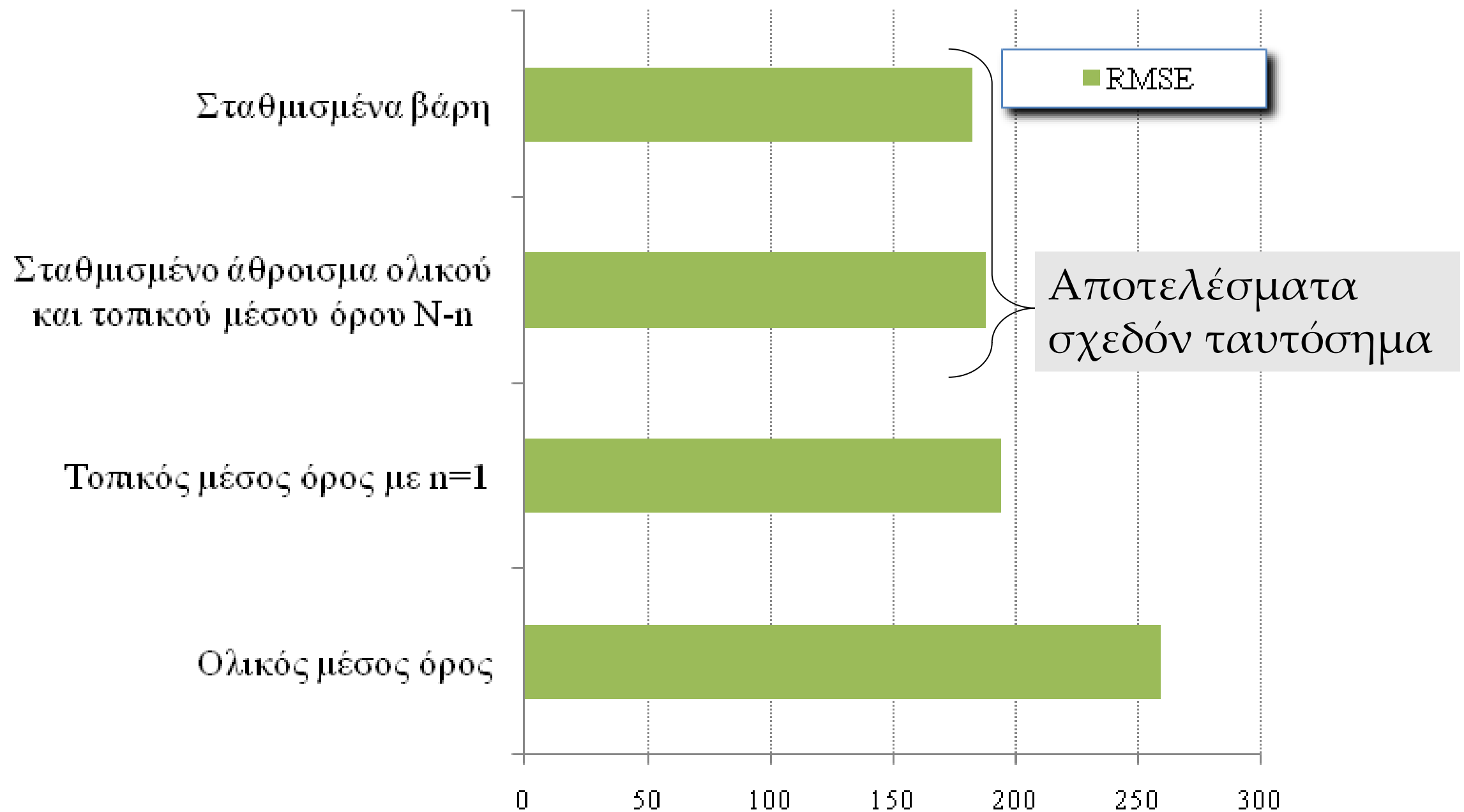
Χιλιοστά ετήσια βροχόπτωσης του σταθμού Maatsuyker Island Lighthouse από το 1892 έως το 2005



Αυτοσυσχέτιση - υστέρηση για την πραγματική χρονοσειρά και οι θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή μοντέλου FGN με $H = 0.85$ και μοντέλου AR(1) με $\rho_1 = 0.62$

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Ετήσια χρονοσειρά

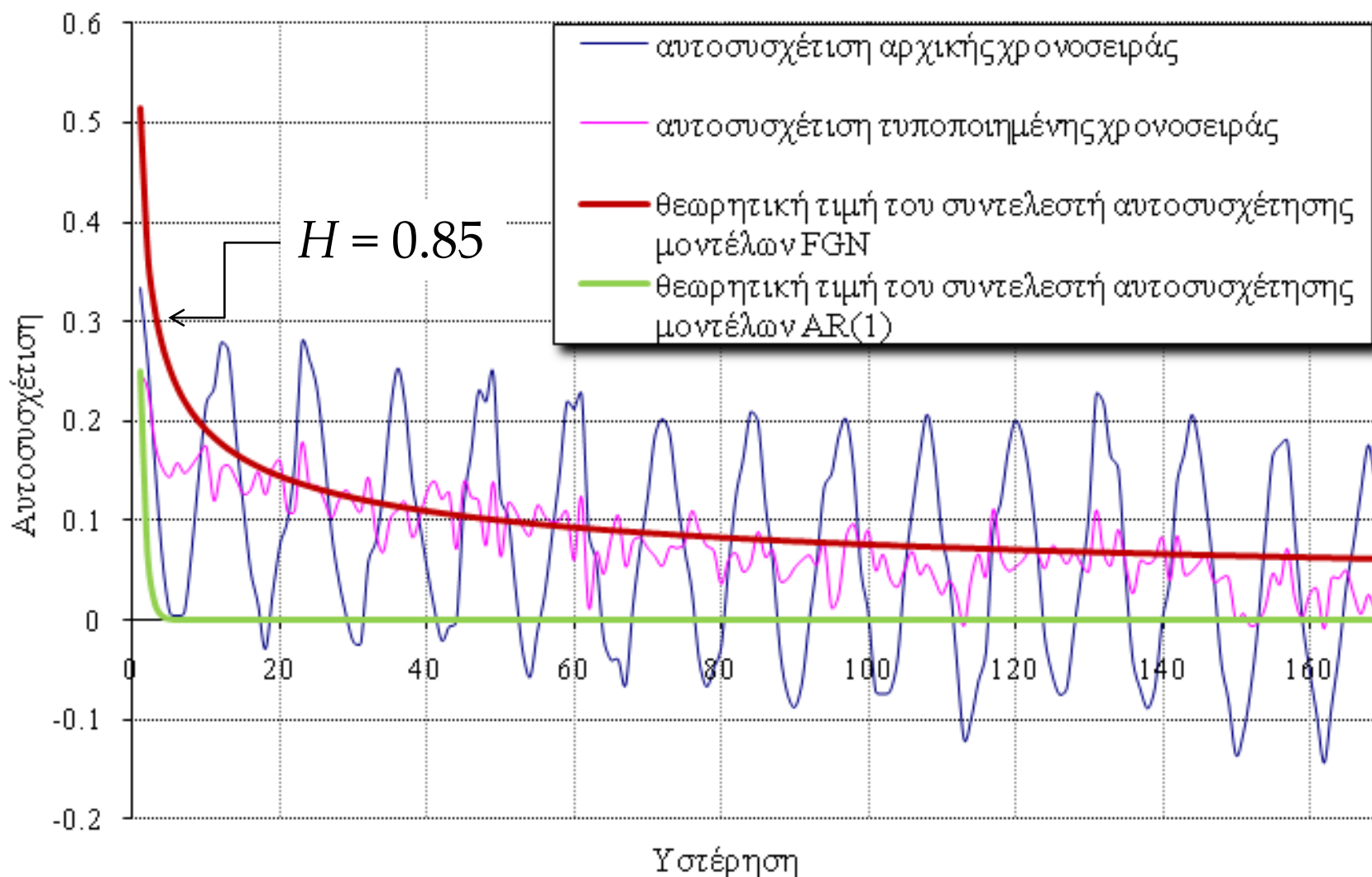
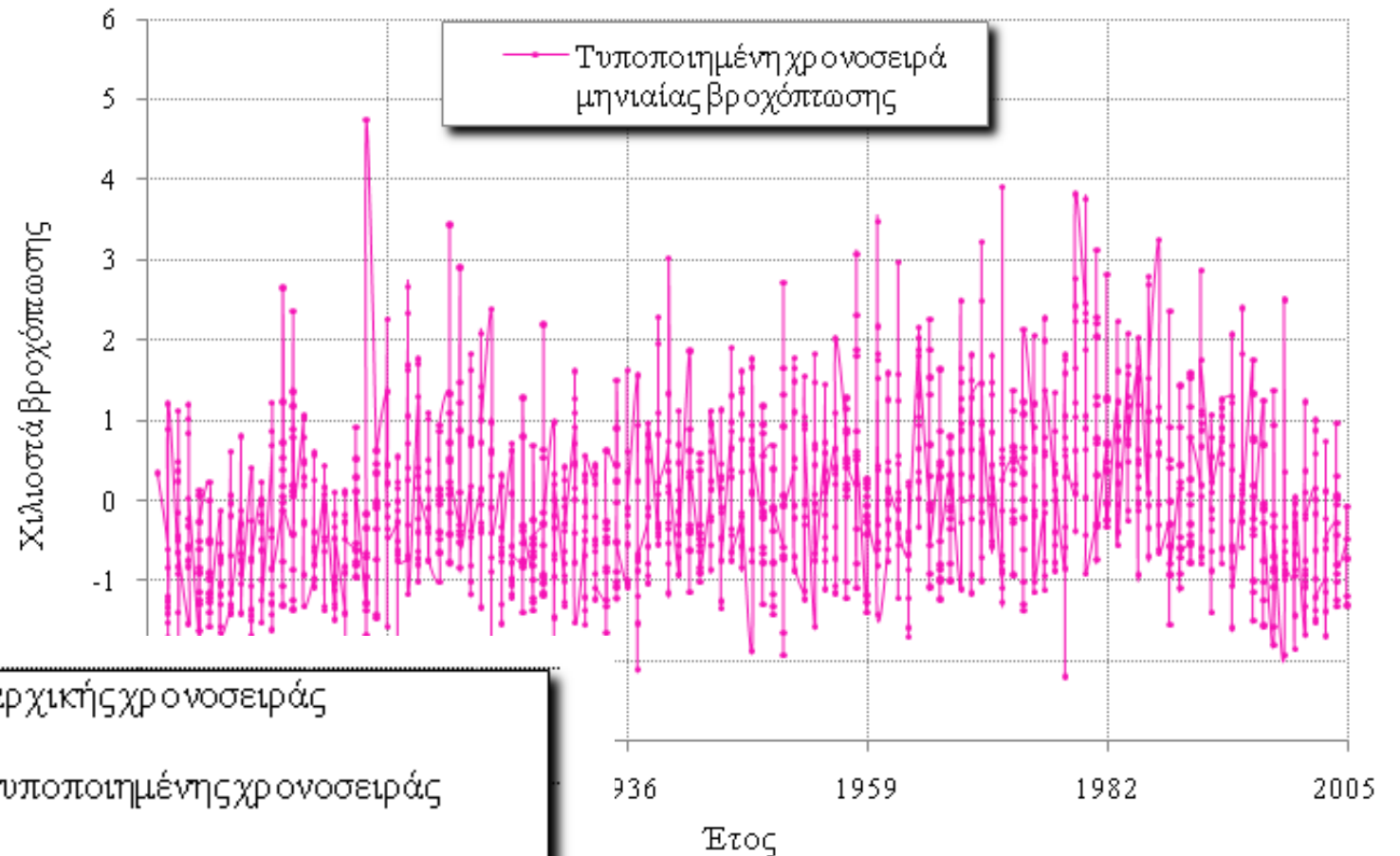


Ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος που προκύπτει μετά από τη συμπλήρωση της ετήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Μηνιαία χρονοσειρά

Χιλιοστά μηνιαίας βροχόπτωσης του σταθμού Maatsuyker Island Lighthouse από το 1892 έως το 2005



Αυτοσυσχέτιση - υστέρηση για την πραγματική & την τυποποιημένη χρονοσειρά και θεωρητικές τιμές για μοντέλο FGN με $H = 0.85$ και για AR(1) με $\rho_1 = 0.62$

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Μηνιαία χρονοσειρά

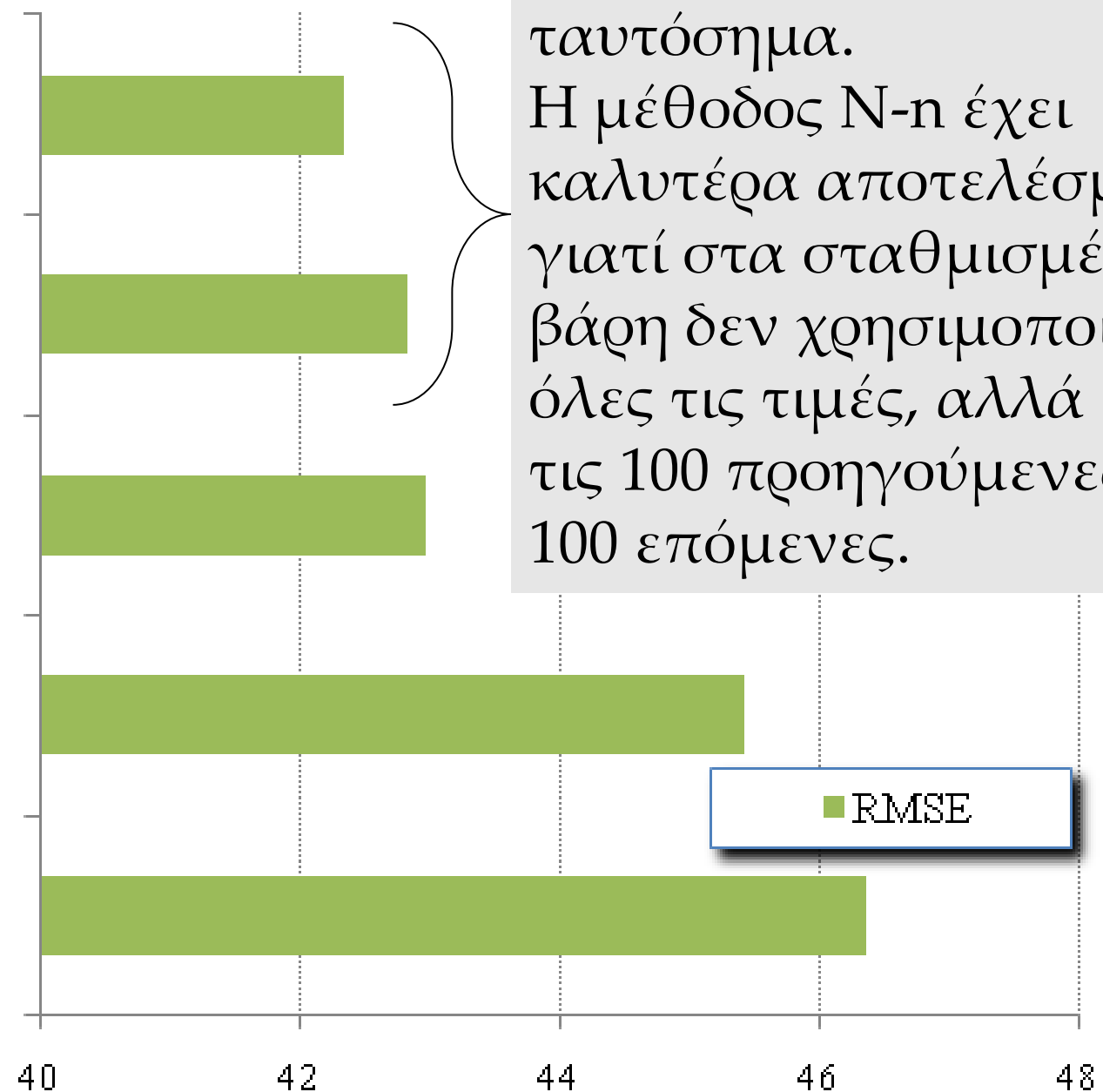
Σταθμισμένο άθροισμα ολικού και τοπικού μέσου όρου N-n

Σταθμισμένα βάρη

Συνδυασμός t+1 με t+12

Τοπικός μέσος όρος με n=1

Ολικός μέσος όρος



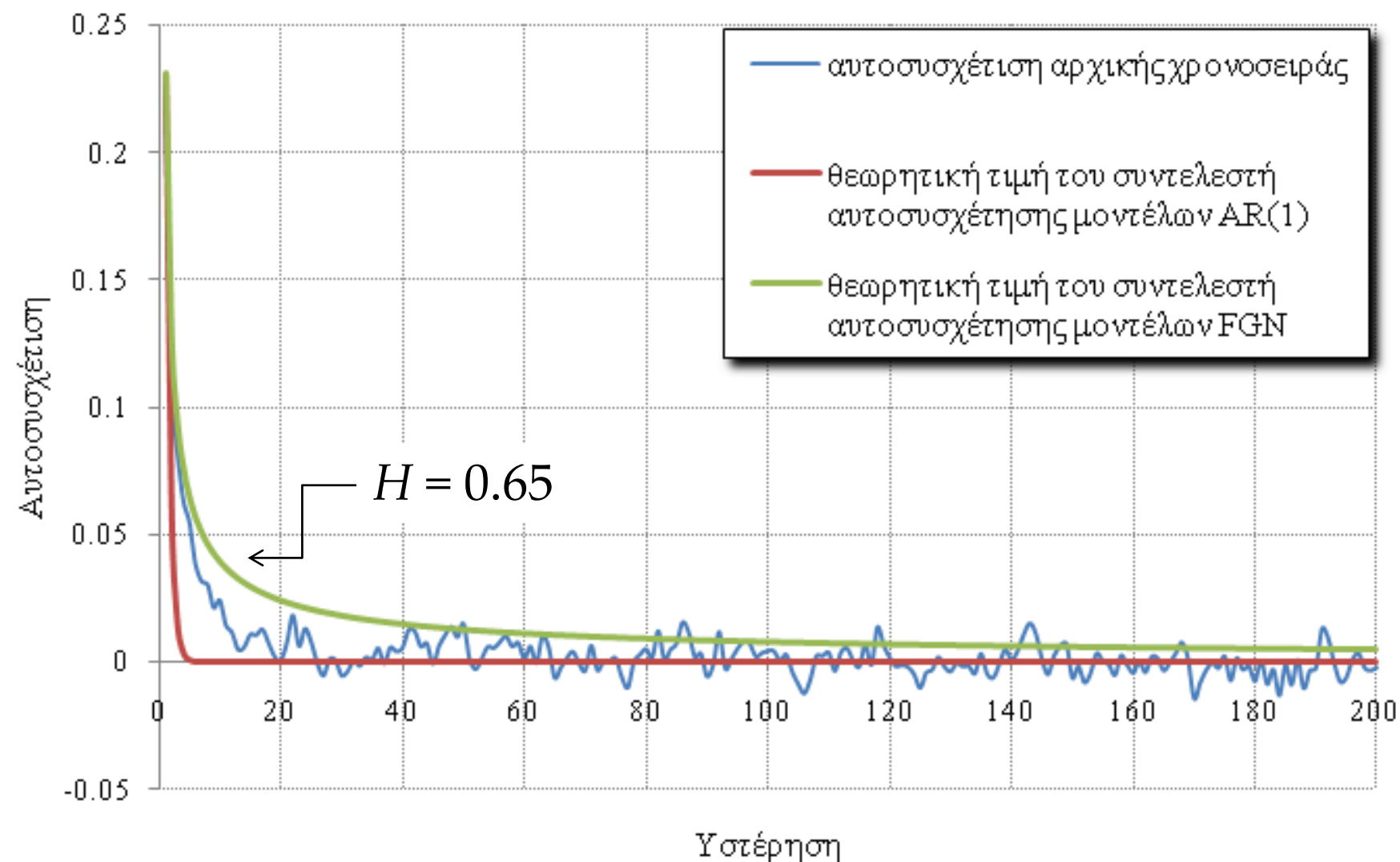
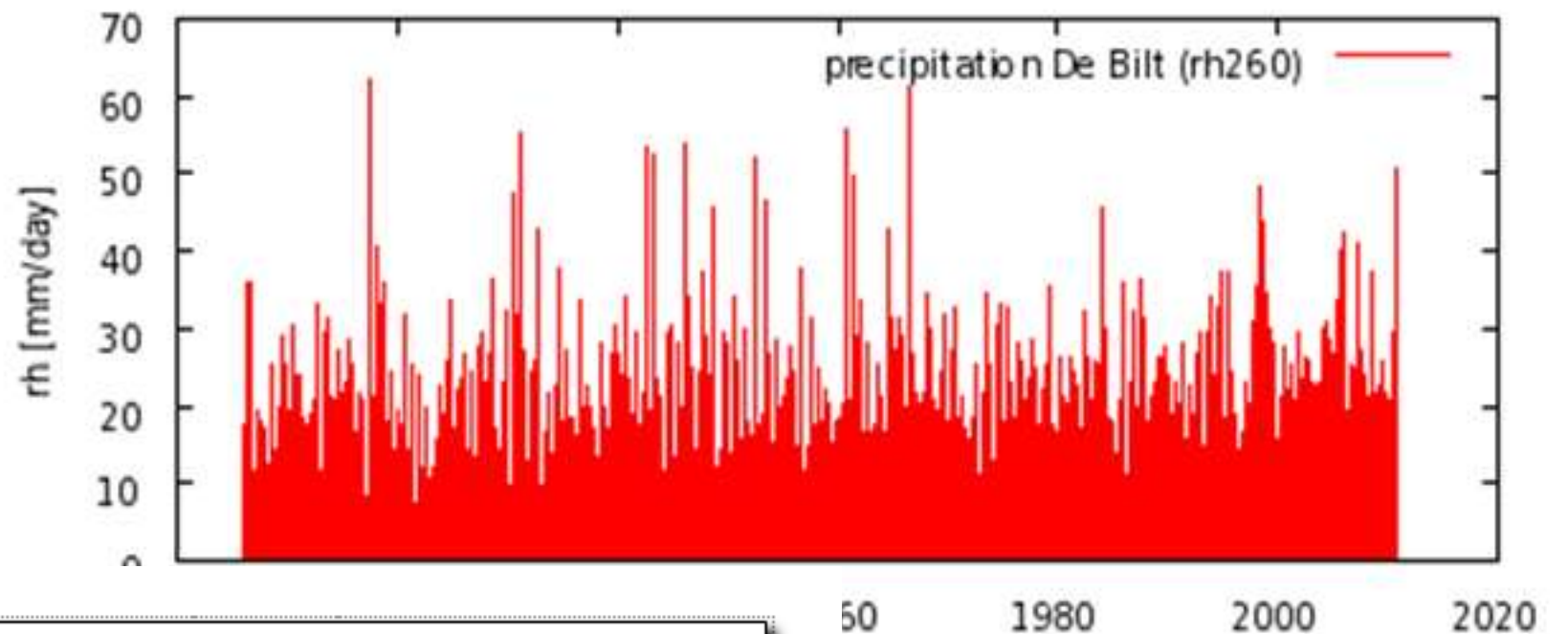
Αποτελέσματα σχεδόν ταυτόσημα.
Η μέθοδος N-n έχει καλύτερα αποτελέσματα γιατί στα σταθμισμένα βάρη δεν χρησιμοποιήσαμε όλες τις τιμές, αλλά μόνο τις 100 προηγούμενες και 100 επόμενες.

Ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος που προκύπτει μετά από τη συμπλήρωση της μηνιαίας χρονοσειράς βροχόπτωσης με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Ημερήσια χρονοσειρά

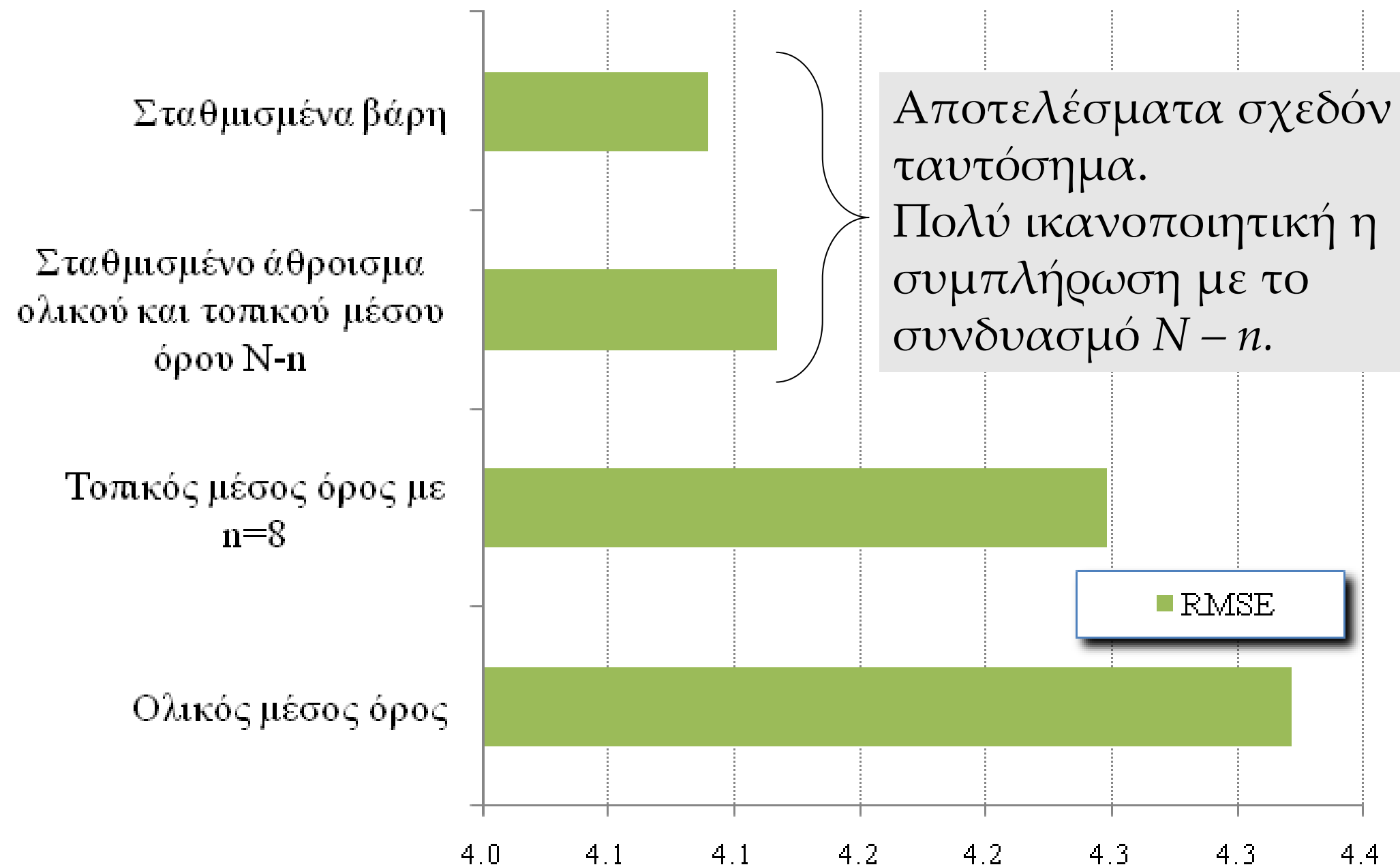
Χιλιοστά ημερήσιας βροχόπτωσης του σταθμού του σταθμού De Bilt από το 1906 έως το 2010.



Αυτοσυσχέτιση - υστέρηση για την πραγματική χρονοσειρά καθώς επίσης και οι θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή μοντέλου FGN με $H = 0.65$ και μοντέλου AR(1) $\rho_1 = 0.23$

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

□ Ημερήσια χρονοσειρά

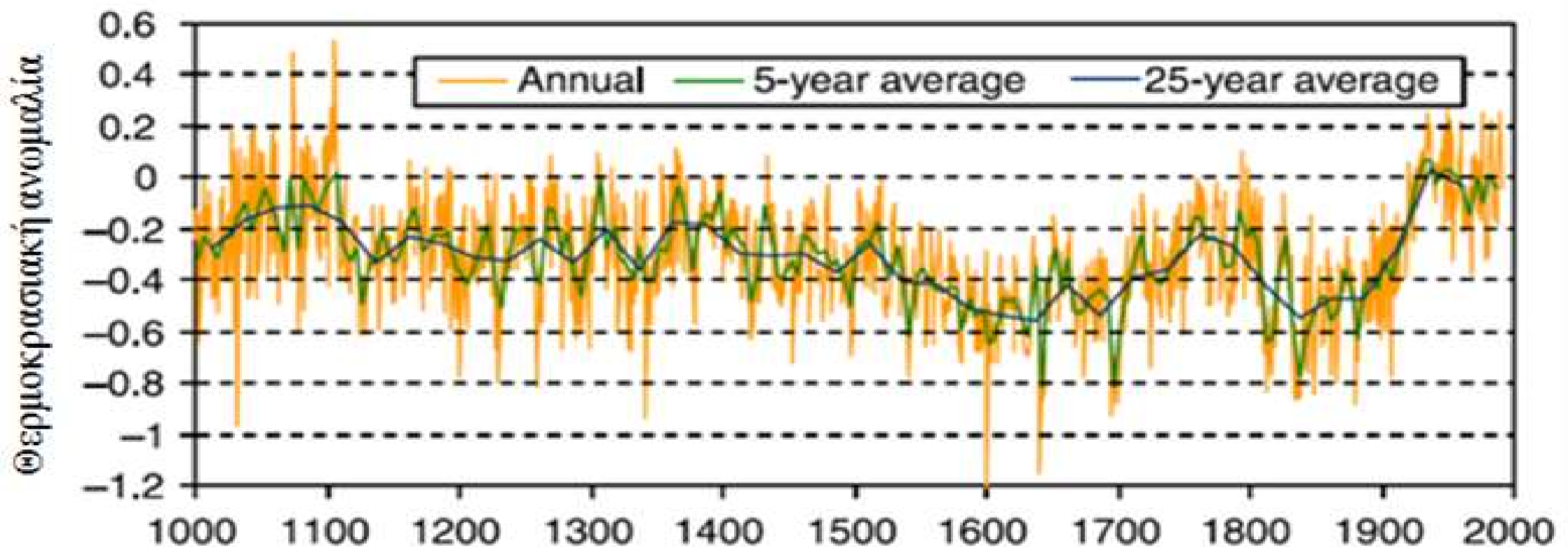


Ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος που προκύπτει μετά από τη συμπλήρωση της ημερήσιας χρονοσειράς βροχόπτωσης με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

2. Θερμοκρασία

- Το δείγμα που πρόκειται να μελετήσουμε είναι τα παλαιοκλιματικά δεδομένα της χρονοσειράς Jones. Η συγκεκριμένη χρονοσειρά περιέχει τις ετήσιες θερμοκρασιακές ανωμαλίες (σε °C) που παρουσιάζονται στο βόρειο ημισφαίριο για 992 χρόνια, με αναφορά στη μέση τιμή των χρόνων 1961-1990. Η χρονοσειρά αυτή έχει ανακατασκευαστεί χρησιμοποιώντας θερμοκρασιακά ευαίσθητα παλαιοκλιματικά υποκατάστατα (proxy) δεδομένα από 10 σημεία παγκοσμίως.

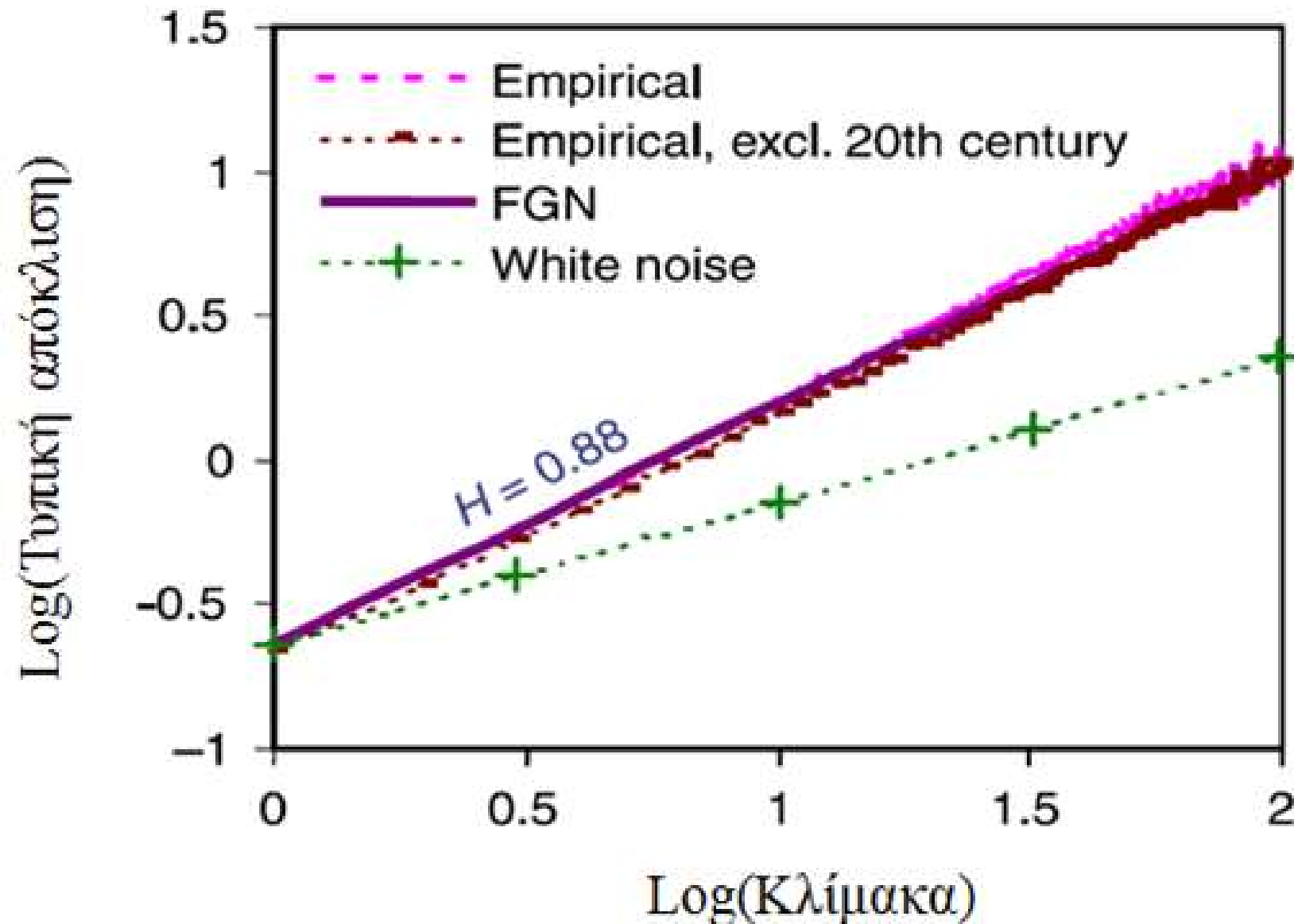


(Πηγή: Koutsoyiannis, 2006)

Έτος μ.Χ

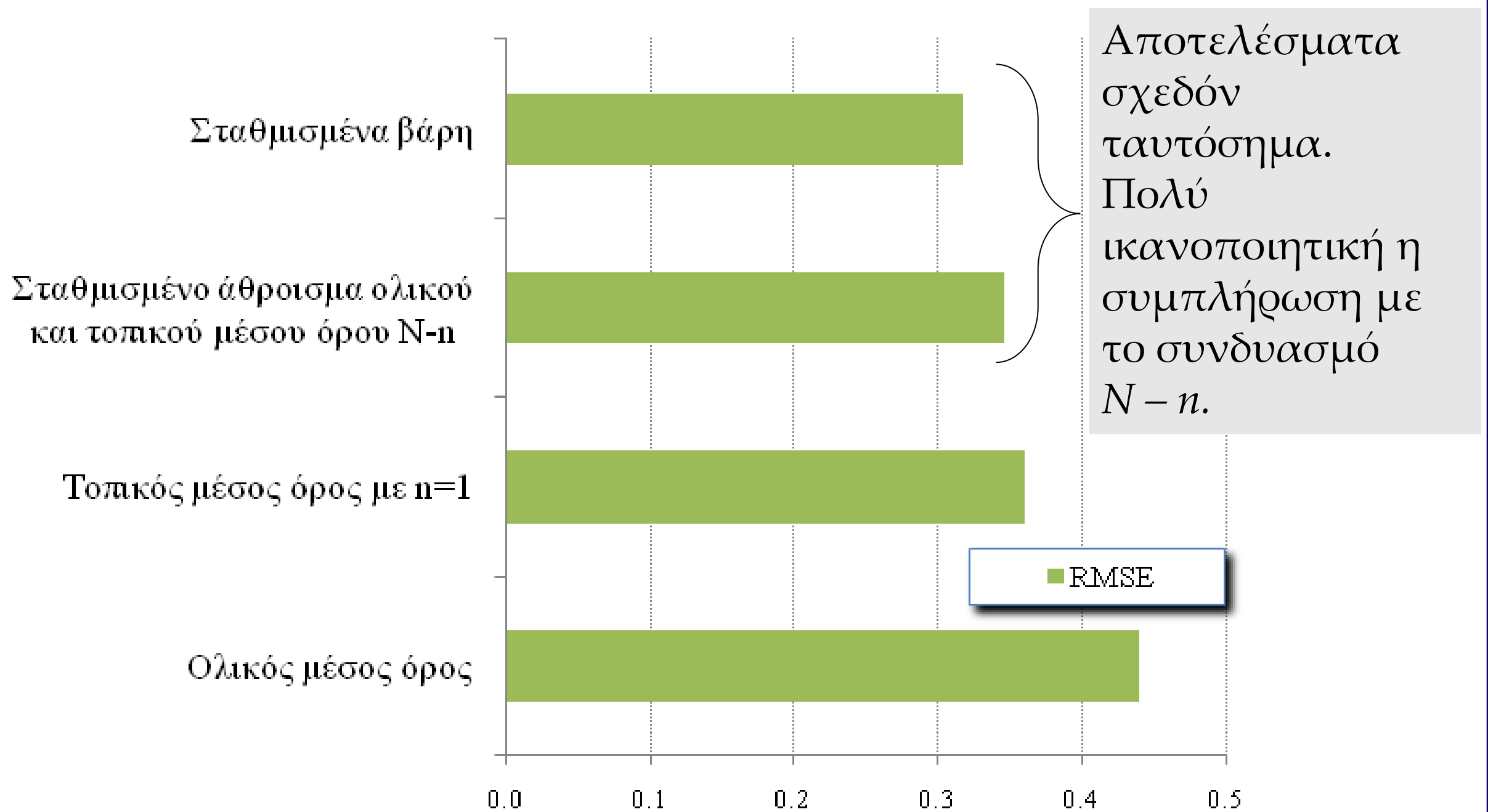
Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

- Εκτίμηση συντελεστή Hurst



Διάγραμμα συναθροισμένης τυπικής απόκλισης
(Πηγή: Koutsoyiannis, 2006)

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές



Ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος που προκύπτει μετά από τη συμπλήρωση της ετήσιας χρονοσειράς θερμοκρασιακών ανωμαλιών με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

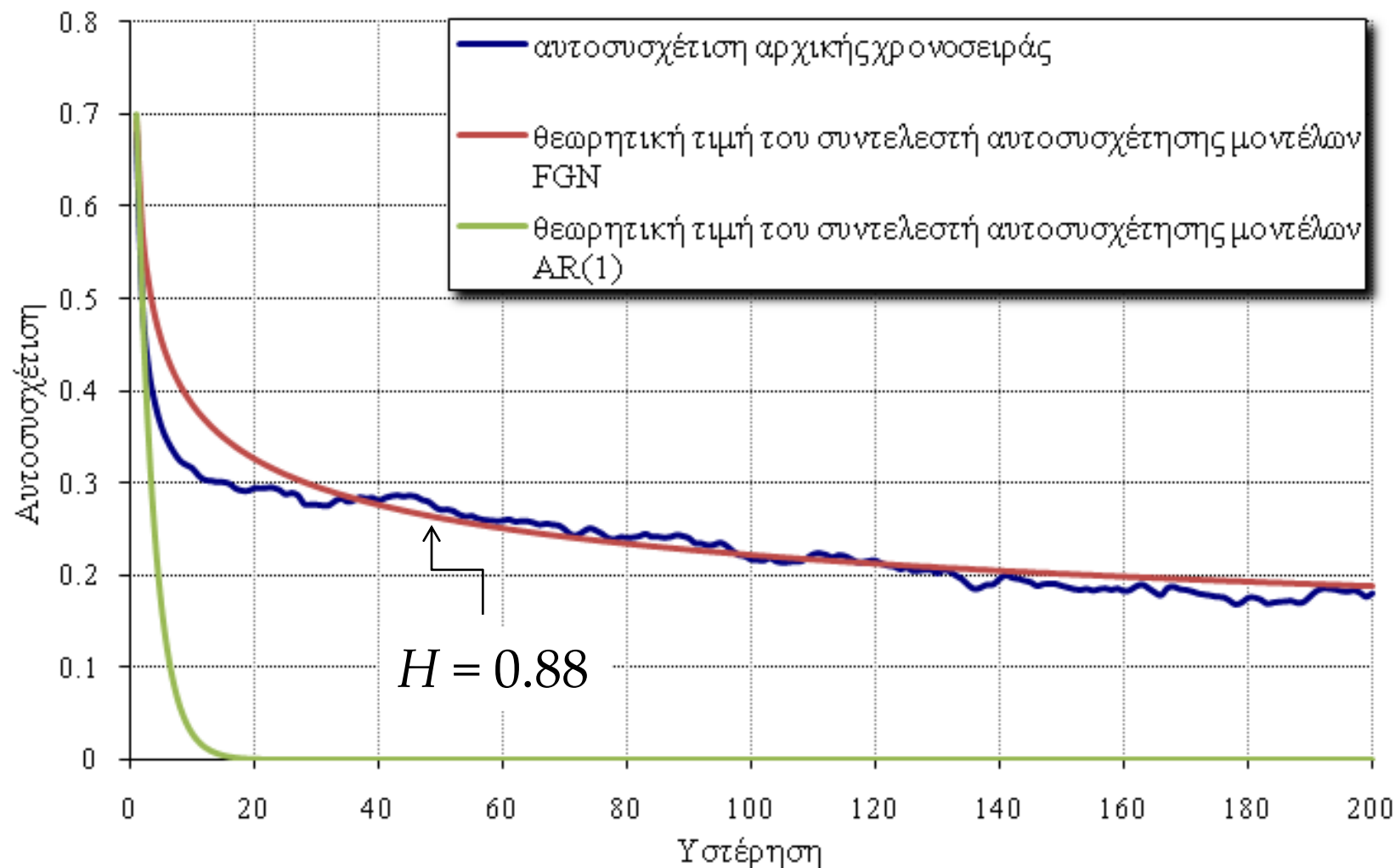
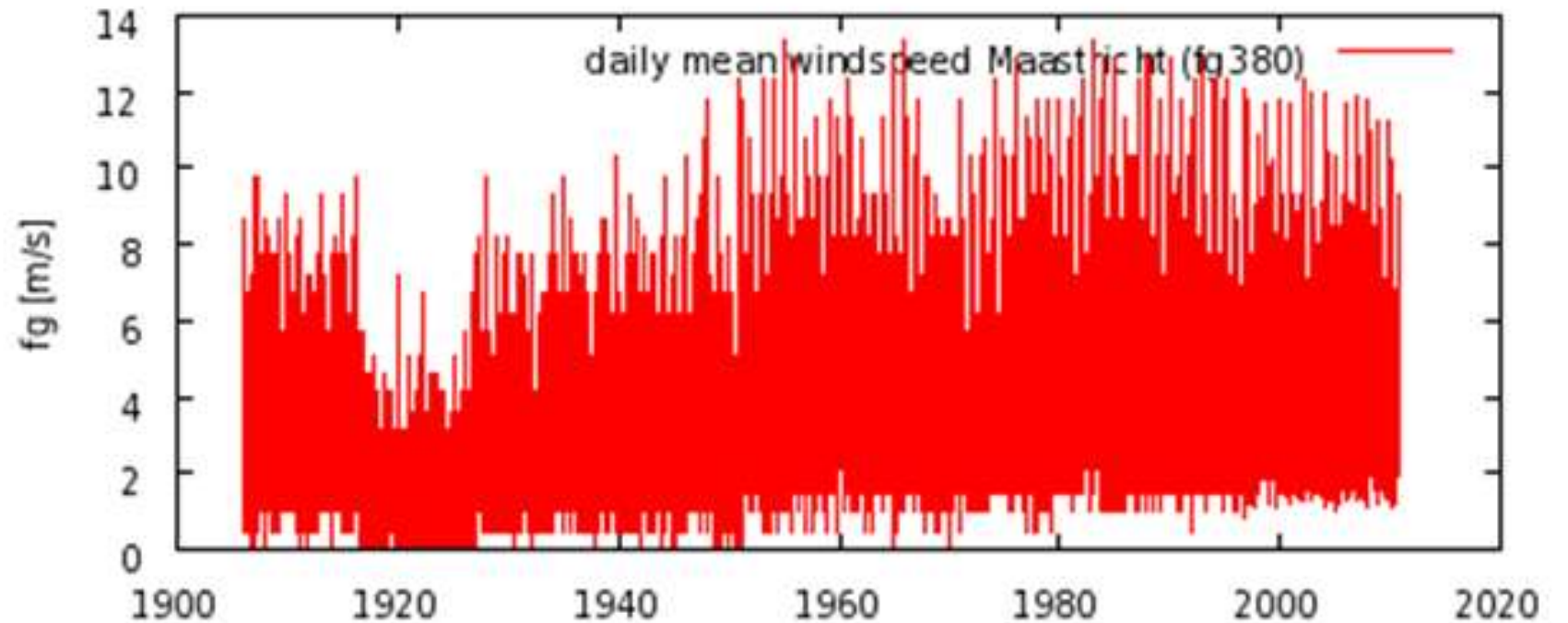
3. Ένταση πνοής ανέμου

- Μελετάται η χρονοσειρά ημερήσιων παρατηρήσεων της μέσης έντασης πνοής του ανέμου (μονάδα μέτρησης: m/s) στην περιοχή του Maastricht της Ολλανδίας (συντεταγμένες: 50.92B, 5.78A)
- Η χρονοσειρά αποτελείται από ημερήσιες παρατηρήσεις 104 ετών



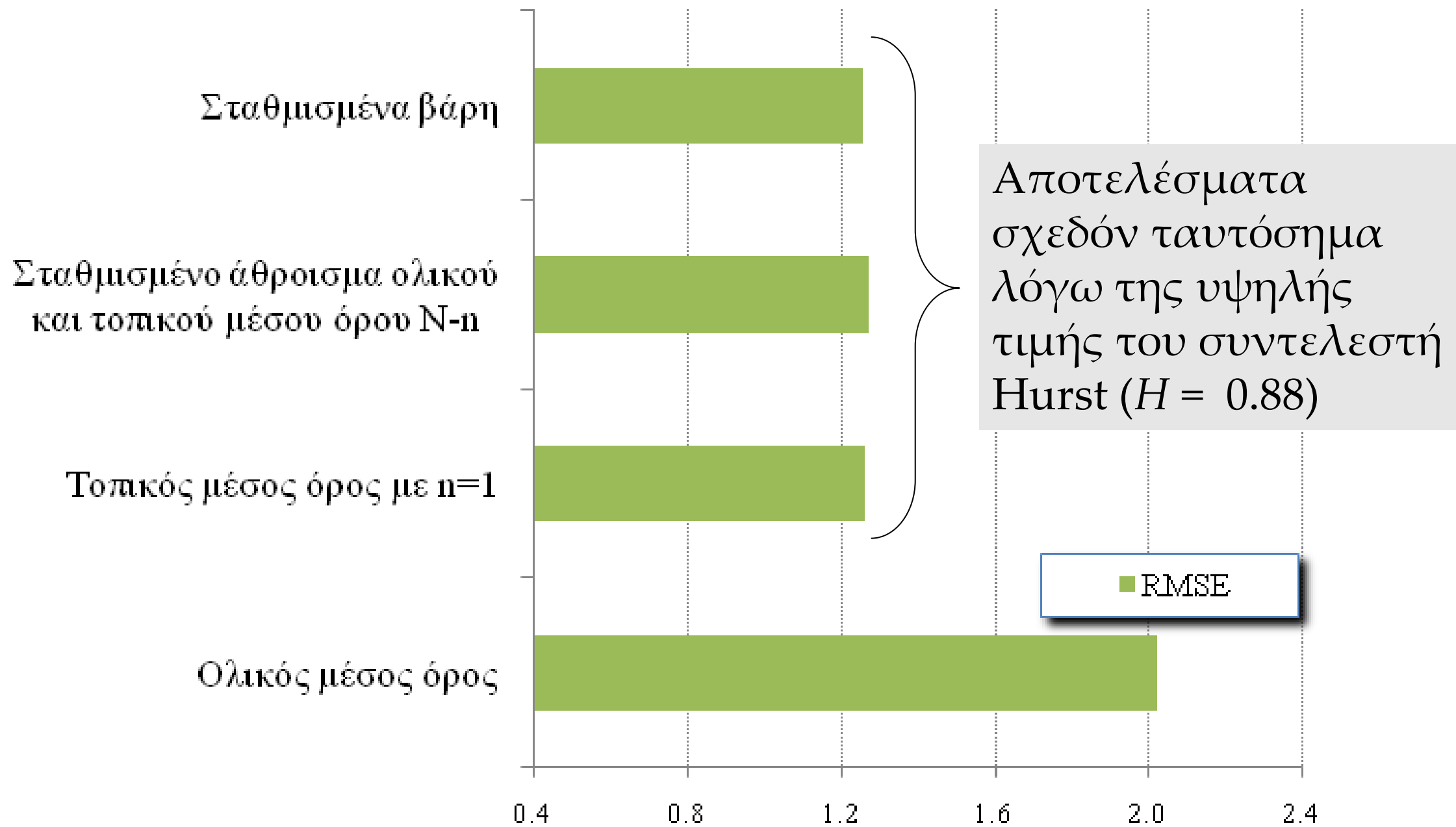
Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές

Ένταση πνοής ανέμου (m/s), του σταθμού στο Maastricht, από το 1906 έως και το 2010.



Αυτοσυσχέτιση - υστέρηση για την πραγματική χρονοσειρά καθώς επίσης και οι θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από την εφαρμογή μοντέλου FGN με $H = 0.88$ και μοντέλου AR(1) $\rho_1 = 0.70$. Η χρονοσειρά παρουσιάζει έντονη αυτοσυσχέτιση.

Εφαρμογή σε πραγματικές χρονοσειρές



Ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος που προκύπτει μετά από τη συμπλήρωση της ετήσιας χρονοσειράς θερμοκρασιακών ανωμαλιών με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν

Βιβλιογραφικές αναφορές

- *Jones, P.D., Briffa, K.R., Barnett, T.P., Tett, S.F.B., High-resolution paleoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with general circulation model control-run temperatures. Holocene Vol. 8 (4), 455–471, 1998.*
- *Koutsoyiannis, D., A toy model of climatic variability with scaling behaviour, Journal of Hydrology, 322, 25–48, 2006.*
- *Koutsoyiannis, D., and A. Langousis, Precipitation, Treatise on Water Science, edited by S. Uhlenbrook, Elsevier, 2011, (in press).*
- *Dialynas, Y., P. Kossieris, K. Kyriakidis, A. Lykou, Y. Markonis, C. Pappas, S.M. Papalexiou, and D. Koutsoyiannis, Optimal infilling of missing values in hydrometeorological time series, European Geosciences Union General Assembly 2010, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, Vienna, EGU2010-9702, European Geosciences Union, 2010.*

Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας

