



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Χωροχρονική ομαδοποίηση των ακραίων παροχών και η σημασία της στην ασφάλιση έναντι πλημμυρών

Κωνσταντίνος Παπουλάκος

Διπλωματική εργασία

Επιβλέπων: Δημήτρης Κουτσογιάννης, Καθηγητής ΕΜΠ

Συνεπιβλέποντες: Θεανώ Ηλιοπούλου, Διδάκτωρ ΕΜΠ
Παναγιώτης Δημητριάδης, Διδάκτωρ ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

- Σημασία δυναμικής **Hurst-Kolmogorov** (Koutsoyiannis, 2011):
 - Χαρακτηρίζεται από **ισχυρή συσχέτιση** και **υψηλή αβεβαιότητα** στις μεγάλες κλίμακες (Dimitriadis and Koutsoyiannis, 2015).
 - Μεγάλη επίδραση στην **εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου**, όπως για παράδειγμα στο πεδίο της διάρκειας πλημμυρικών γεγονότων (Dimitriadis and Koutsoyiannis, 2020)
- **Κλασικές μέθοδοι** εκτίμησης ρίσκου στον **τομέα των ασφαλειών** έναντι πλημμύρας διατυπώνονται υπό τις παραδοχές:
 - **Ανεξαρτησία** των ακραίων πλημμυρικών γεγονότων στο χρόνο.
Δε συνάδει με τις πραγματικές υδρομετεωρολογικές διαδικασίες οι οποίες παρουσιάζουν μακροπρόθεσμη εμμονή (Ilioroulou and Koutsoyiannis, 2019).
 - Οι **ασφαλιστέες απώλειες** λόγω πλημμύρας θεωρούνται **ανεξάρτητες** εξαιτίας της ευρέως διαδεδομένης αντίληψης του περιορισμένου κινδύνου σχετικά με τις καταστροφικά μεγάλες απώλειες από πλημμυρικά γεγονότα.

Διερεύνηση των επιπτώσεων της **μη ικανοποίησης** των παραπάνω υποθέσεων

- **Χωροχρονική ανάλυση** των χρονοσειρών **παροχών** της βάσης δεδομένων US-CAMELS (Newman et al., 2014).
- **Μέθοδος των υπερβάσεων** πάνω από ένα **κατώφλι** (peak-over-threshold method, POT).
- Για κάθε έναν από τους εξεταζόμενους σταθμούς μέτρησης της US-CAMELS, υπολογίστηκε το αποκαλούμενο **συλλογικό ρίσκο S** (collective risk).
Συνήθης πρακτική που ακολουθείται στον κλάδο των ασφαλειών και αντασφαλειών
- Σε **οικονομικούς** όρους, το συλλογικό ρίσκο S ορίζεται ως το **άθροισμα (συσσώρευση) ποσών απαίτησης (claim amounts)** σε ετήσια χρονική βάση.
- Στον τομέα της **υδρολογίας**:
 - Οι υπερβάσεις των παροχών ποταμών πάνω από ένα κατώφλι μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύουν τα ποσά απαίτησης λόγω οικονομικών απωλειών που οφείλονται σε πλημμυρικά φαινόμενα (Serinaldi and Kilsby, 2016).

Εξέταση της **επίδρασης των μηχανισμών ομαδοποίησης** στο συλλογικό ρίσκο S

Συλλογικό ρίσκο S_x (collective risk)



Γενικά στον τομέα των ασφαλειών:

- Θεωρώντας ότι το **χαρτοφυλάκιο** μιας ασφαλιστικής εταιρείας είναι συλλογικό και ικανό να παράξει N αριθμό **αιτημάτων** προς αποζημίωση σε ένα πεπερασμένο **χρονικό διάστημα**, η κατανομή των συνολικών **ποσών απαίτησης**, μπορεί να περιγραφεί από το μοντέλο συλλογικού ρίσκου (Kaas et al., 2008).

- Το συλλογικό ρίσκο S_x (collective risk) ορίζεται ως

$$S_x = X_1 + X_2 + \dots + X_N$$

όπου X_i είναι η i τιμή ποσού απαίτησης.

- Ο όρος S_x αντιστοιχεί στο πραγματικό ποσό απαίτησης.
- Προφανώς, $S_x = 0$ αν $N = 0$.

Συλλογικό ρίσκο S (collective risk)



Στον τομέα των ασφαλειών έναντι πλημμύρας:

- Όμοια, το συλλογικό ρίσκο S είναι το **συνολικό ποσό απαίτησης**, θεωρώντας ξανά ένα **χαρτοφυλάκιο** ασφαλιστέων περιουσιών ως συλλογικό που παράγει έναν τυχαίο αριθμό N **αιτημάτων** προς αποζημίωση σε ένα **πεπερασμένο χρονικό διάστημα** (ενός έτους στην περίπτωσή μας).
- Δηλώνοντας ως y_t τα στοιχεία μιας **χρονοσειράς**, έχει προταθεί από τους Serinaldi and Kilsby (2016) ότι ως ένα μέγεθος το οποίο **αντιπροσωπεύει χρονικά** το συλλογικό ρίσκο S μπορεί να οριστεί το

$$S = \sum_{j=1}^N Y_j$$

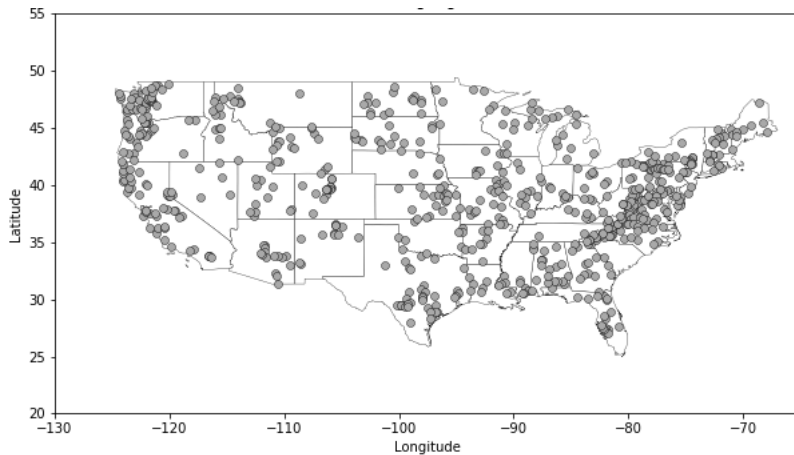
όπου Y_j είναι η j αντιπροσωπευτική τιμή του ποσού απαίτησης (τιμή παροχής πάνω από το κατώφλι).

- Όμοια, $S = 0$ αν $N = 0$.

Βάση δεδομένων US-CAMELS



- Περιέχει **671** ημερήσιες χρονοσειρές παροχών (Newman et al., 2014).
- Επιλέχθηκαν προς περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία οι **360** που είχαν:
 - Κάλυψη στο μέγιστο χρονικό μήκος (**35 ετών**, από το 1980 έως το 2014).
 - Λιγότερα από **10%** ελλείποντα στοιχεία.



Τα 671 σημεία μέτρησης της βάσης δεδομένων US-CAMELS.

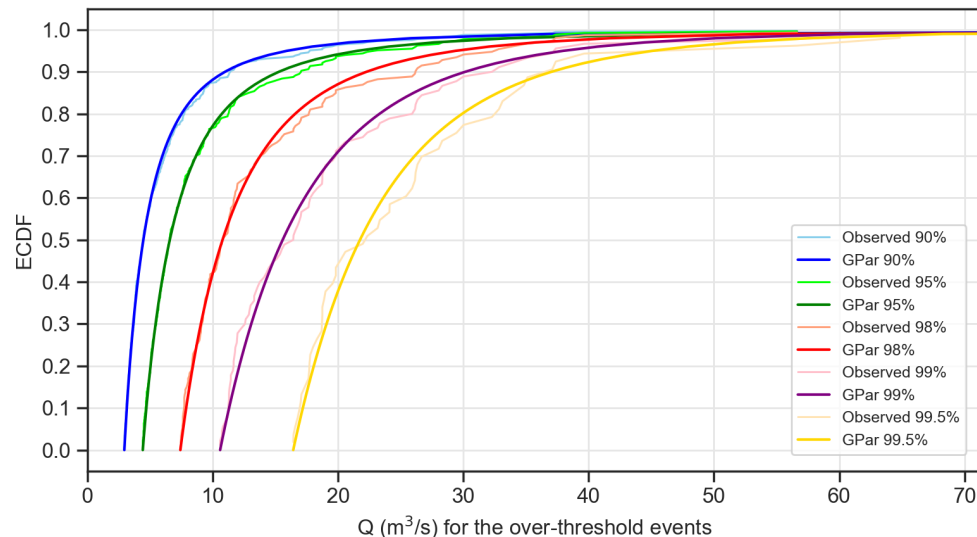


Τα 360 σημεία μέτρησης της βάσης δεδομένων US-CAMELS που τελικά επιλέχθηκαν.

Επιλογή κατωφλίων στη μέθοδο POT



- Επιδιώκουμε να επιλέξουμε ένα **υψηλό κατώφλι** ώστε να εξετάσουμε τις πραγματικά υψηλές τιμές παροχών.
- Είναι απαραίτητο να έχουμε στη διάθεσή μας **πολλές τιμές** πάνω από ένα κατώφλι με σκοπό να υπάρχουν αρκετά δεδομένα ώστε να μην αλλοιώνεται η στατιστική τους συμπεριφορά.
- Στην εργασία αυτή εξετάζονται οι εξής τιμές κατωφλίου: **90%, 95%, 98% και 99%**.



Διάγραμμα που παρουσιάζει την επίδραση του κατωφλίου στην εμπειρική αθροιστική συνάρτηση κατανομής (ECDF) των ακραίων παροχών πάνω από το εν λόγω κατώφλι σε έναν συγκεκριμένο σταθμό (ID: 01552500)

Τυχαιοποίηση στοιχείων χρονοσειρών

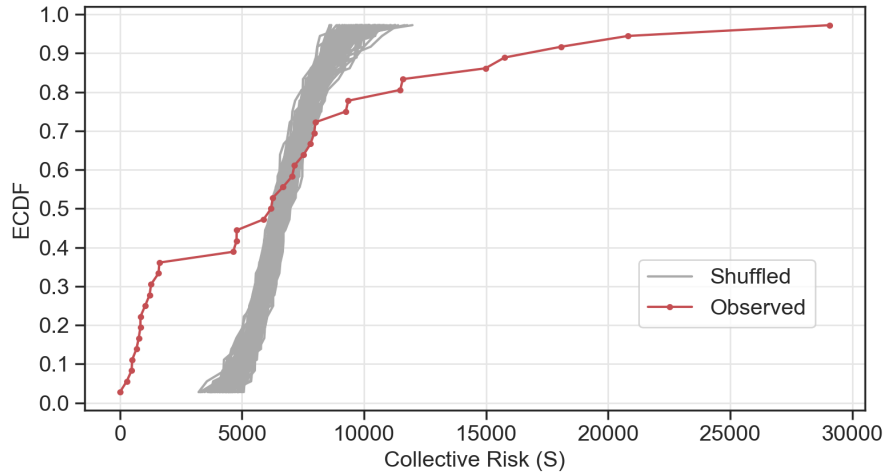


- Στόχος μας είναι η ποσοτικοποίηση της διαφοράς που παρουσιάζουν οι **ιστορικές** χρονοσειρές με μια ακολουθία **ανεξάρτητων** μεταβλητών.
- Ανακατεύουμε τυχαία τα στοιχεία μιας χρονοσειράς με σκοπό τη παραγωγή μιας **νέας** η οποία θα έχει τα **ίδια στατιστικά χαρακτηριστικά** αλλά όχι χρονική συσχέτιση.
- Για κάθε μια από τις 360 εξεταζόμενες χρονοσειρές της US-CAMELS, παρήχθησαν **100 νέες τυχαιοποιημένες (ανεξάρτητες) χρονοσειρές**.

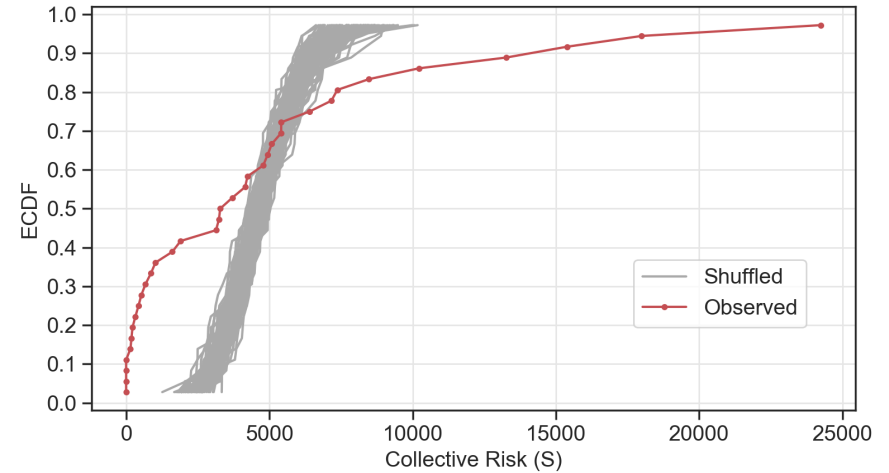
Συλλογικό ρίσκο S (ECDF)



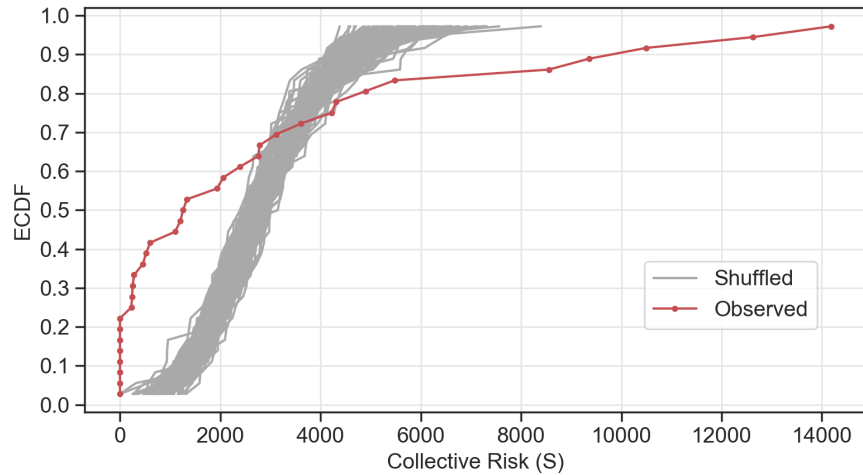
WHETSTONE RIVER NEAR BIG STONE CITY, SD
Gauge ID: 11528700 - Hydrological Unit: 7 - Threshold 90%



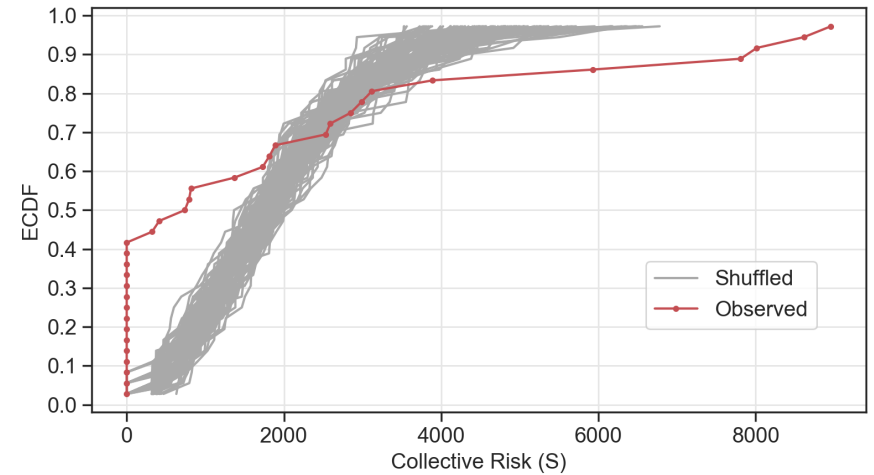
WHETSTONE RIVER NEAR BIG STONE CITY, SD
Gauge ID: 11528700 - Hydrological Unit: 7 - Threshold 95%



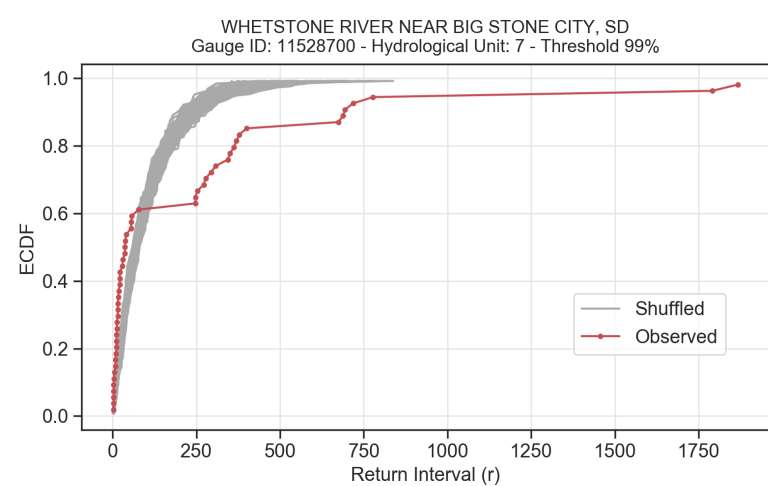
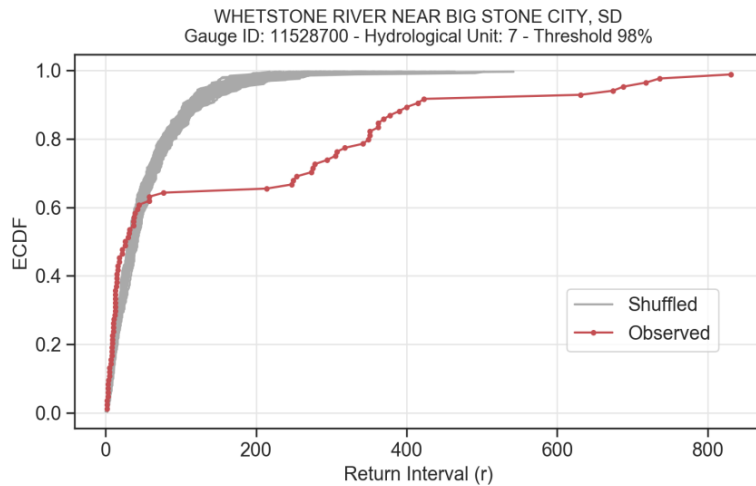
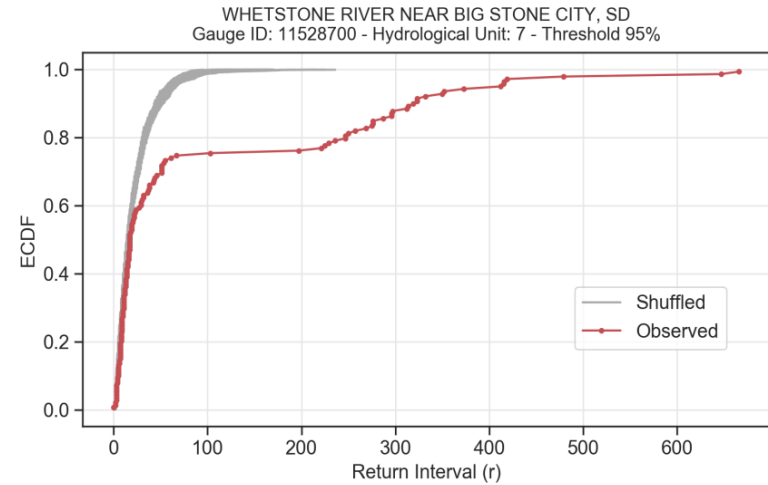
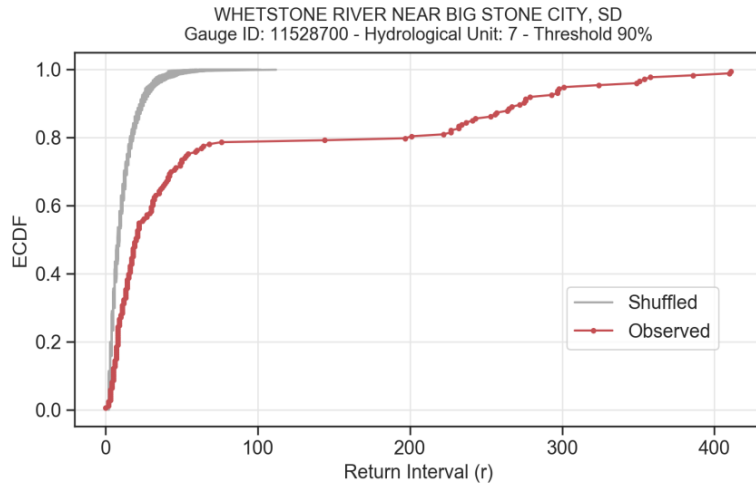
WHETSTONE RIVER NEAR BIG STONE CITY, SD
Gauge ID: 11528700 - Hydrological Unit: 7 - Threshold 98%



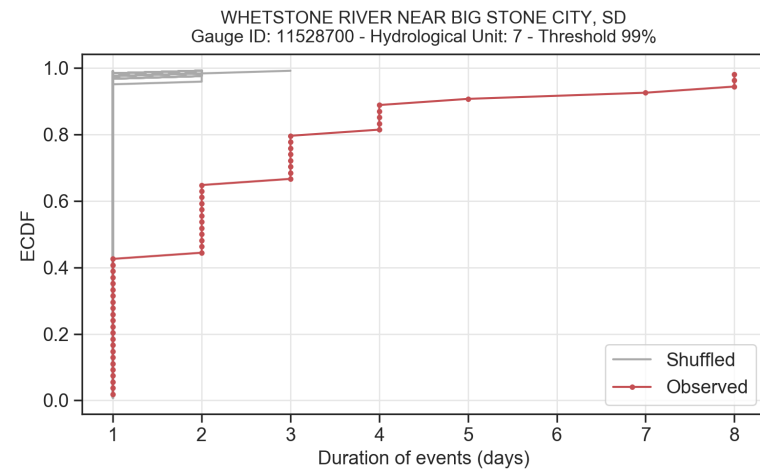
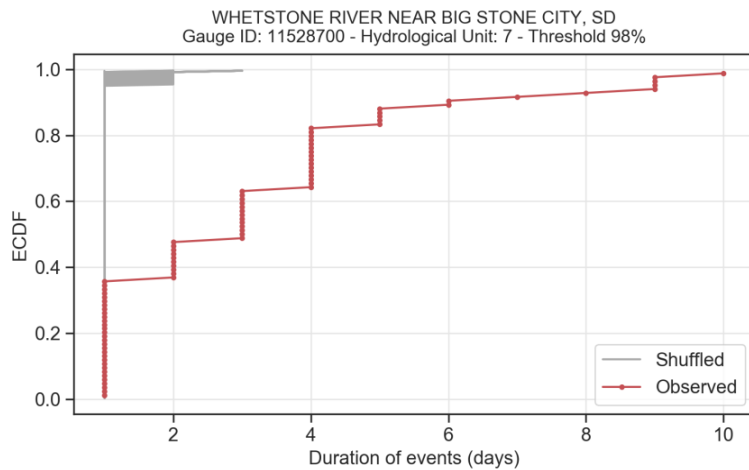
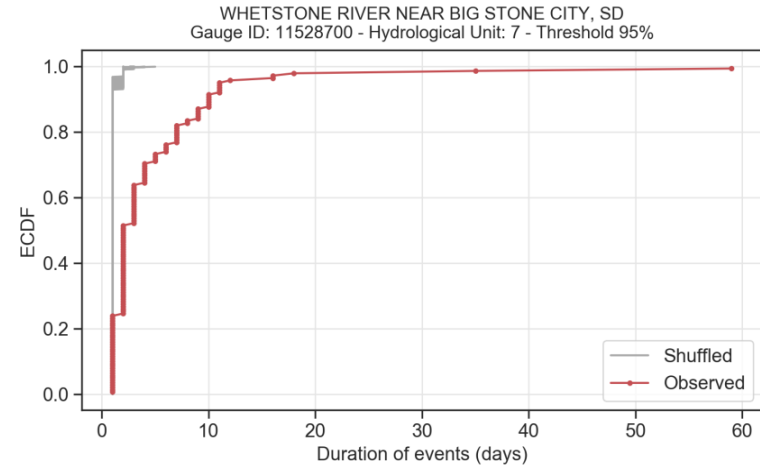
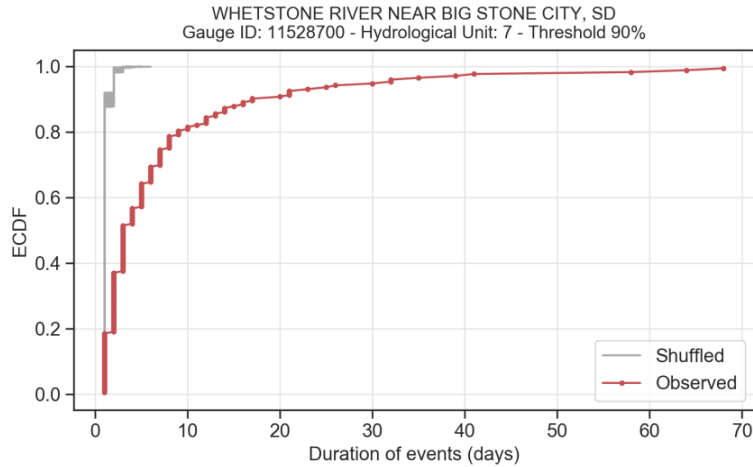
WHETSTONE RIVER NEAR BIG STONE CITY, SD
Gauge ID: 11528700 - Hydrological Unit: 7 - Threshold 99%



Διαστήματα επαναφοράς (ECDF)

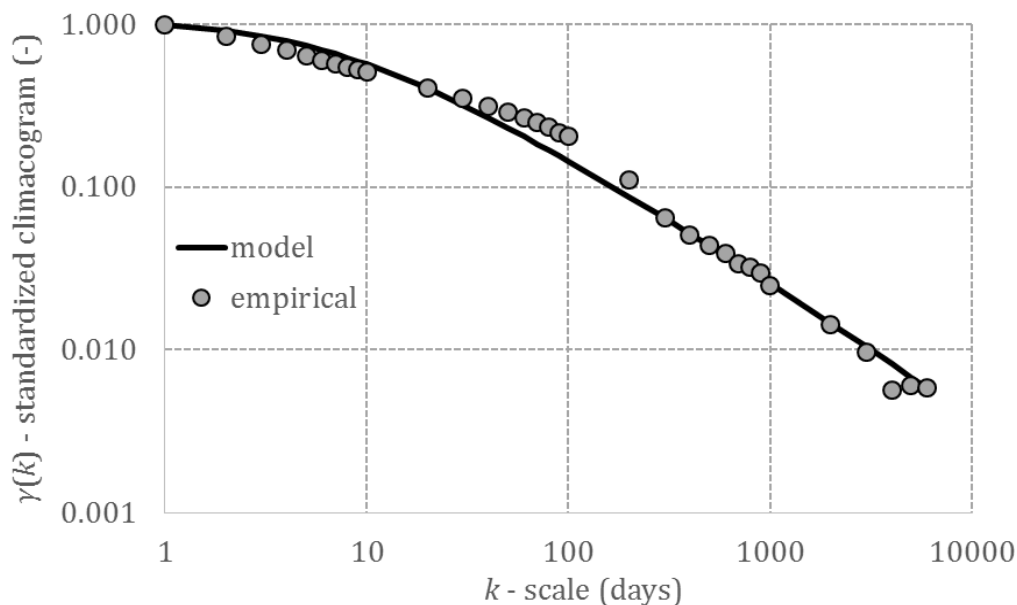


Διάρκεια γεγονότων (ECDF)



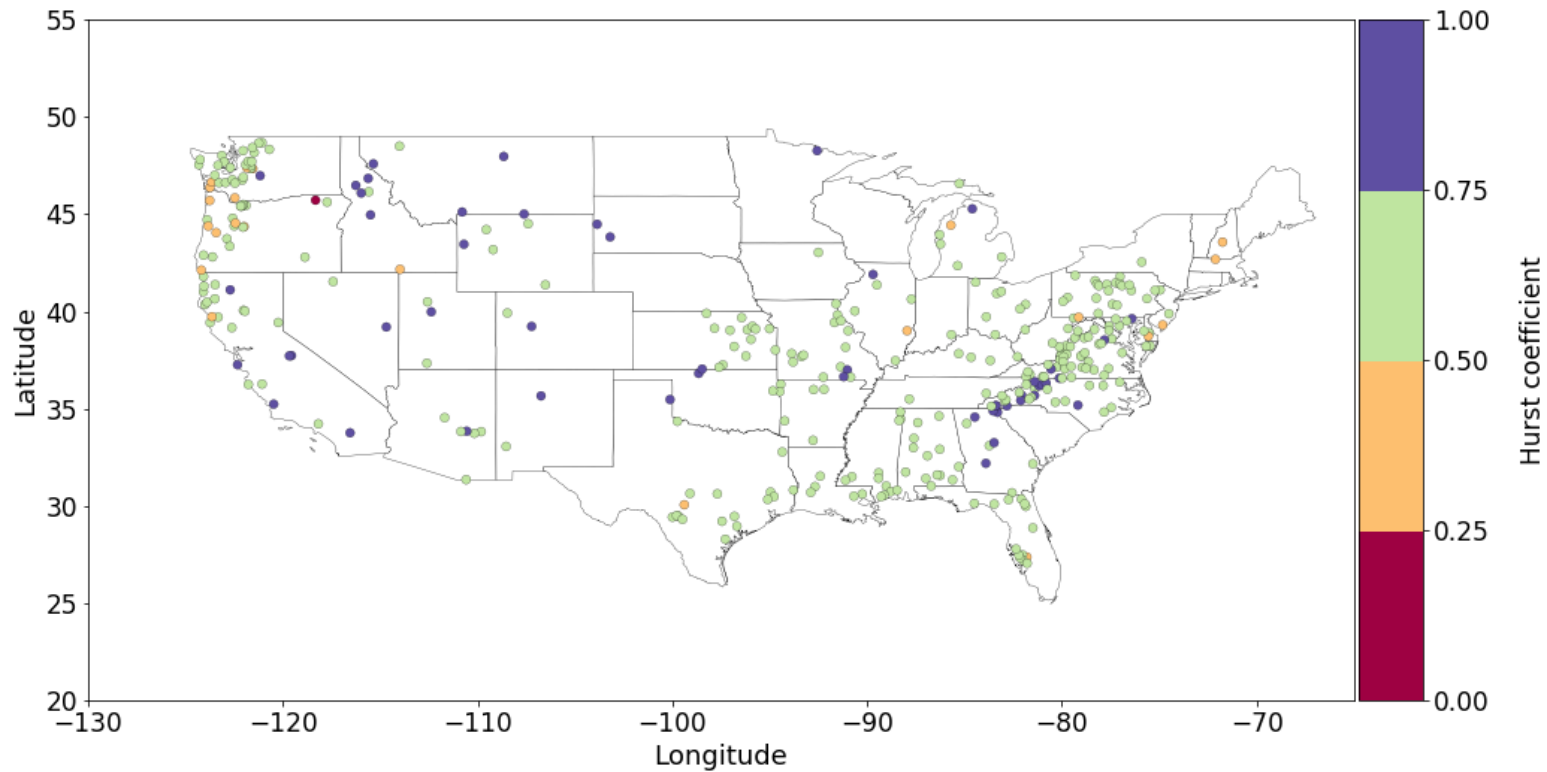
Μέσο Κλιμακόγραμμα

- Υπολογίστηκε το **μέσο Κλιμακόγραμμα** από τη **διαδικασία GHK** (Dimitriadis and Koutsoyiannis, 2018) των 360 ιστορικών χρονοσειρών παροχών της US-CAMELS.
- Παράμετρος **Hurst H** να εκτιμάται ίση με **0.63**, το οποίο είναι μια ένδειξη ισχυρής εμμονής.
- Η συμπεριφορά των ημερήσιων παροχών της US-CAMELS βρέθηκε ότι είναι συνεπής με τη δυναμική ΗΚ, η οποία χαρακτηρίζεται από τιμές H στο διάστημα 0.6-0.7, μέσω προσομοιώσεων **Monte Carlo**.



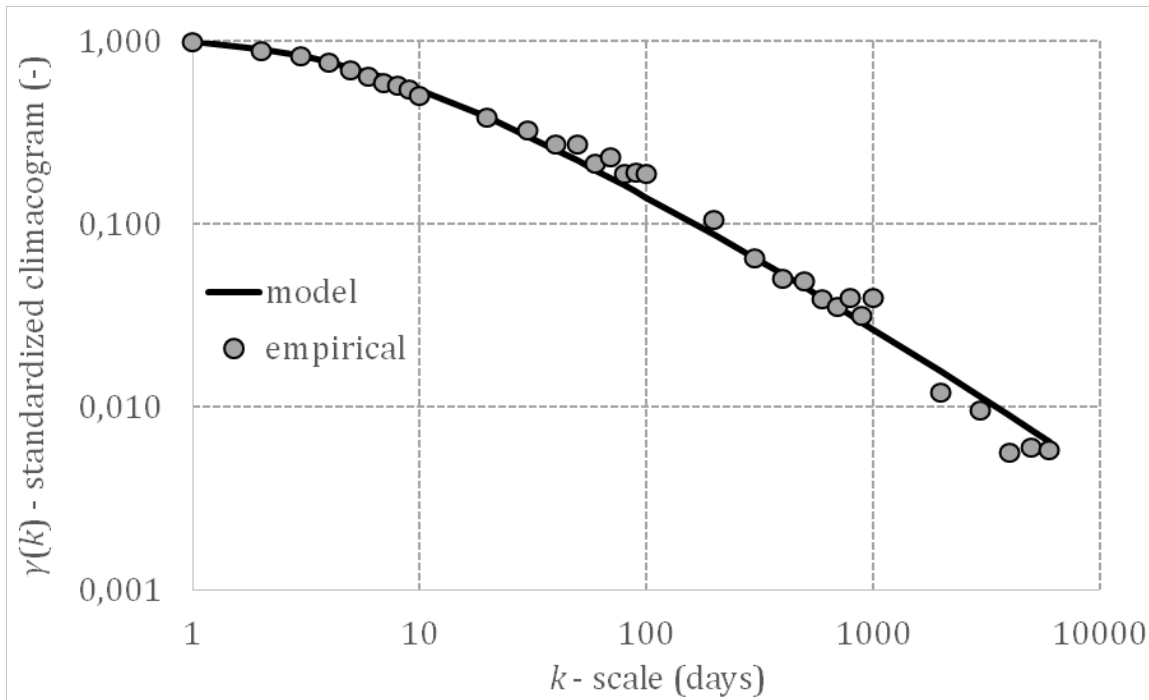
Εφαρμογή της γενικευμένης ανέλιξης ΗΚ (*generalized-HK, GHK*), η οποία παρουσιάζει συμπεριφορά ΗΚ στις μεγάλες κλίμακες αλλά είναι πιο ευέλικτη στις μικρές κλίμακες.

Παράμετρος Hurst H των 360 χρονοσειρών



Η παράμετρος Hurst H των 360 επιλεγμένων χρονοσειρών (σταθμών μέτρησης) της βάσης δεδομένων US-CAMELS

Προσομοίωση: Μοντέλο SMA-GHK



Σταθμός μέτρησης: *Eleven Point river near Bardley* (ID: 07071500)

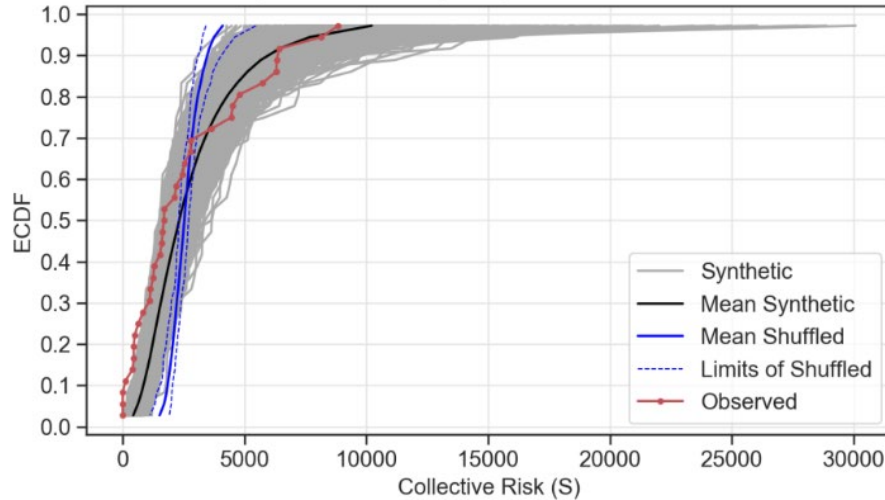
$$H = 0.81, q = 1.00 \text{ d}$$

- Εφαρμογή του μοντέλου SMA-GHK (Dimitriadis and Koutsoyiannis, 2018).
- Αναπτύχθηκαν 1000 συνθετικές χρονοσειρές μέσω προσομοιώσεων Monte Carlo από το μοντέλο GHK.
- Ακολουθούν τα διαγράμματα ECDF του συλλογικού ρίσκου S για τα τέσσερα επιλεγμένα κατώφλια.

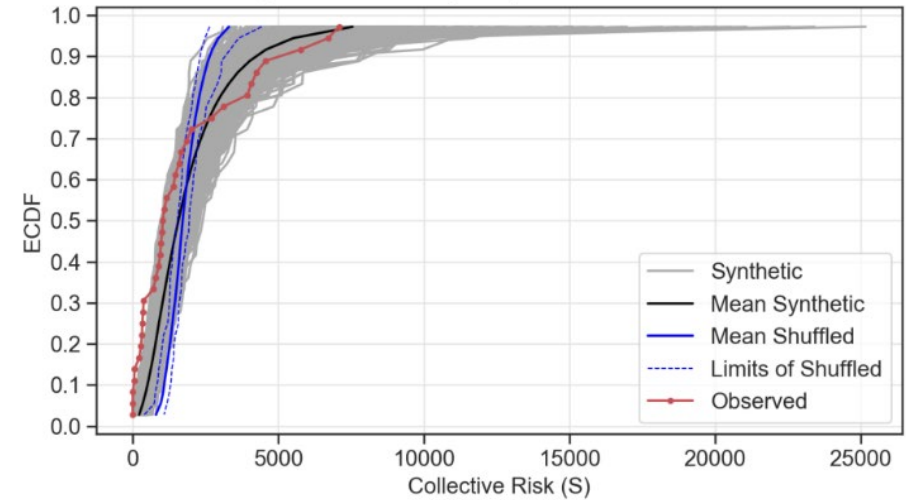
Προσομοίωση: Μοντέλο SMA-GHK



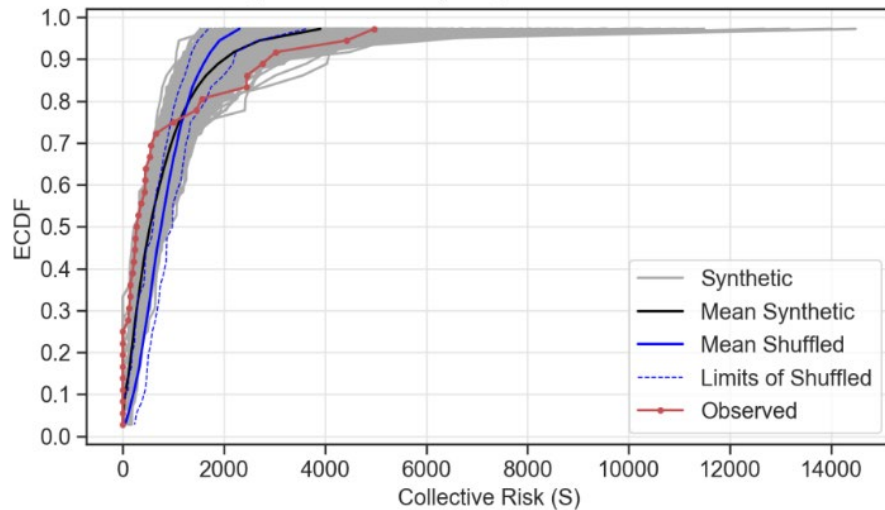
Gauge ID: 07071500 - Hydrological Unit: 1 - Threshold 90%



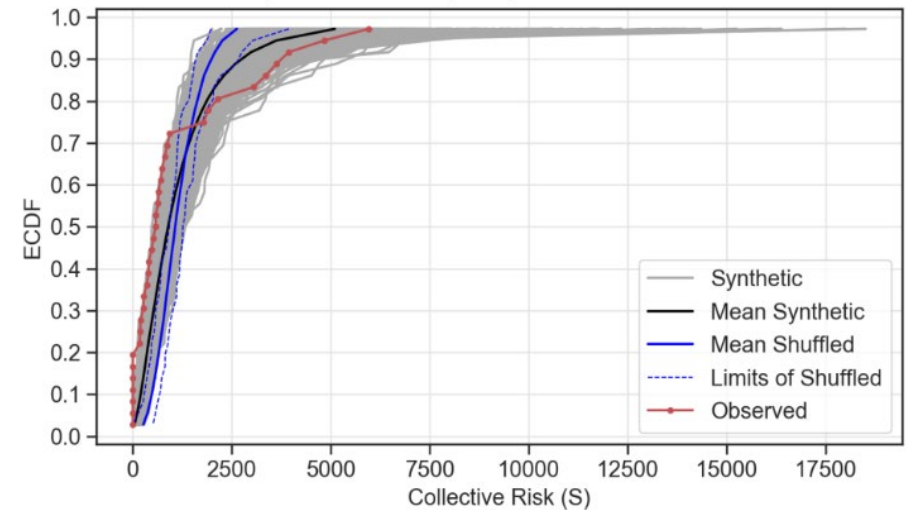
Gauge ID: 07071500 - Hydrological Unit: 1 - Threshold 95%



Gauge ID: 07071500 - Hydrological Unit: 1 - Threshold 99%



Gauge ID: 07071500 - Hydrological Unit: 1 - Threshold 98%



Μηχανισμοί ομαδοποίησης: *Average* Y_i - N

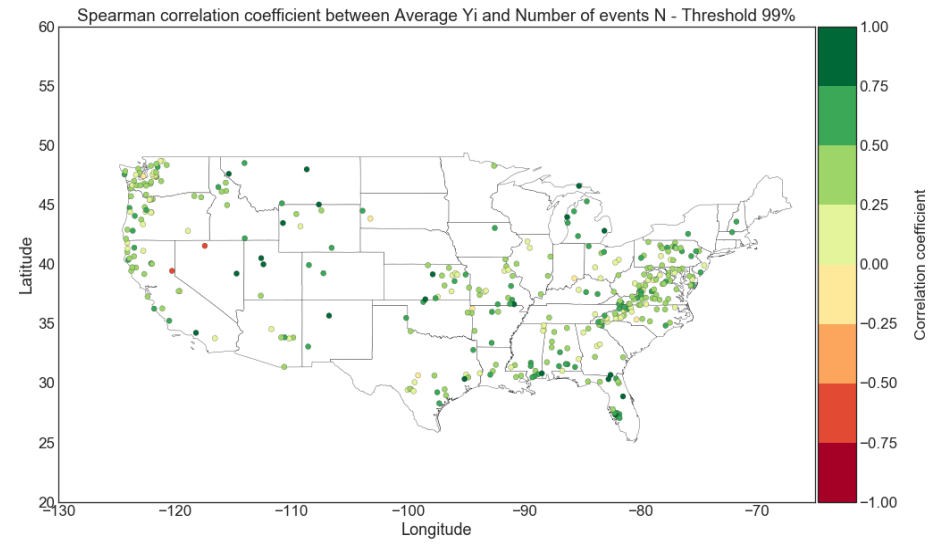
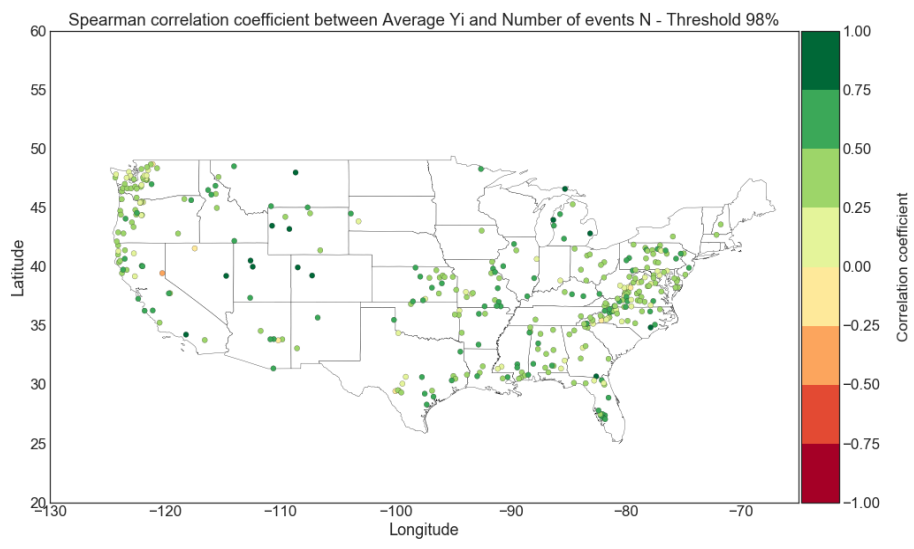
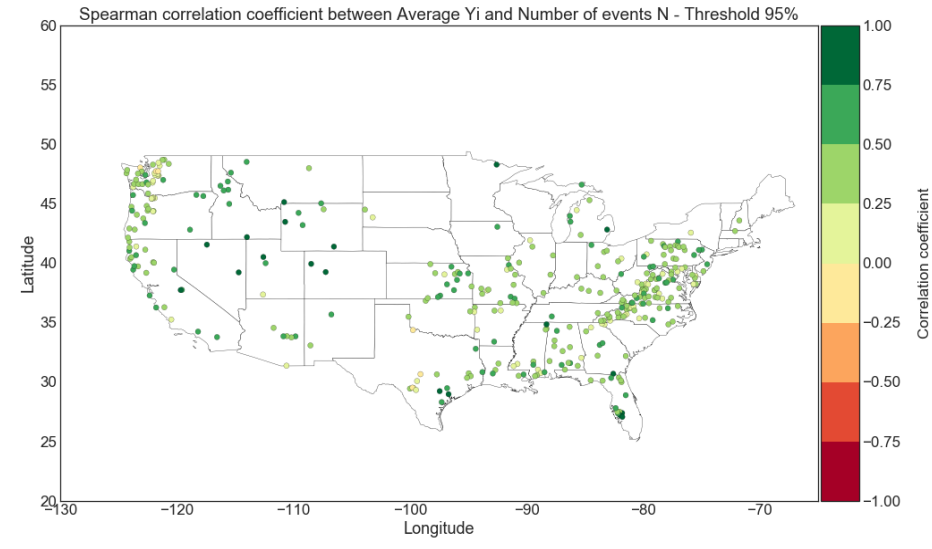
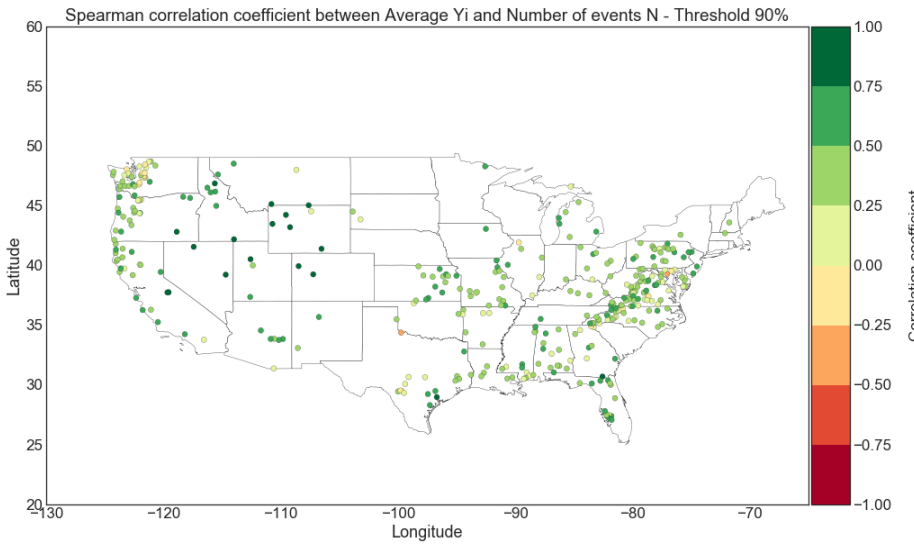


- Μια ευρέως εφαρμοζόμενη παραδοχή κατά τον υπολογισμό του συλλογικού ρίσκου είναι η ανεξαρτησία ανάμεσα στα *Average* Y_i και N .
- Y_i : Τιμές παροχής που υπερβαίνουν ένα κατώφλι.
 N : Ο αριθμός αυτών των υπερβάσεων ανά έτος.

$$\frac{1}{N} \sum Y_i = \frac{S}{N} = \textit{Average } Y_i$$

- *Average* Y_i : Είναι ένας δείκτης που αντιπροσωπεύει τα ποσά αποζημίωσης που θα πρέπει να δοθούν ανά πλημμυρικό γεγονός σε μια περιοχή.
- Μεγάλη η σημασία της εξάρτησης μεταξύ των δύο μεγεθών.
*Διερεύνηση αν κατά τη διάρκεια ενός χρόνου με πολλά γεγονότα, το μέγεθος *Average* Y_i είναι επίσης υψηλό.*
- Εφαρμογή συντελεστή συσχέτισης Spearman.

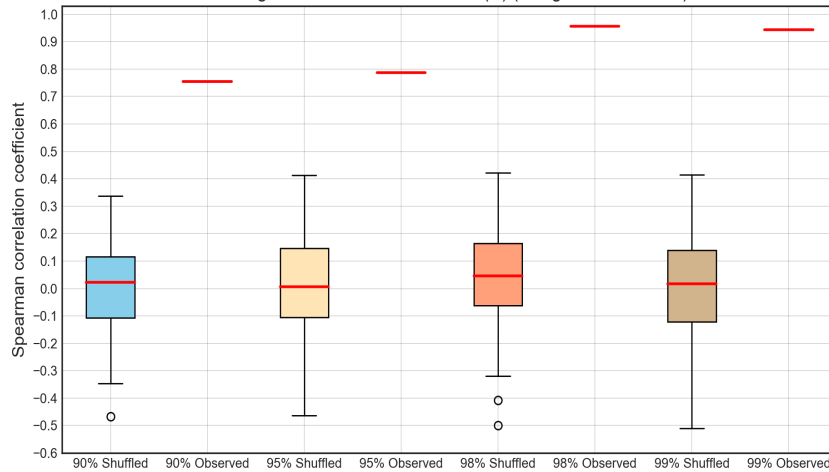
Μηχανισμοί ομαδοποίησης: *Average* Y_i - N



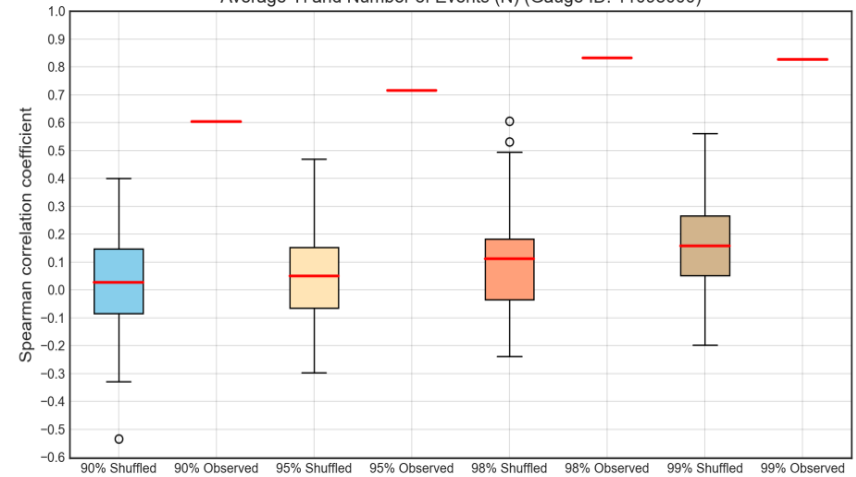
Μηχανισμοί ομαδοποίησης: $Average Y_i - N$



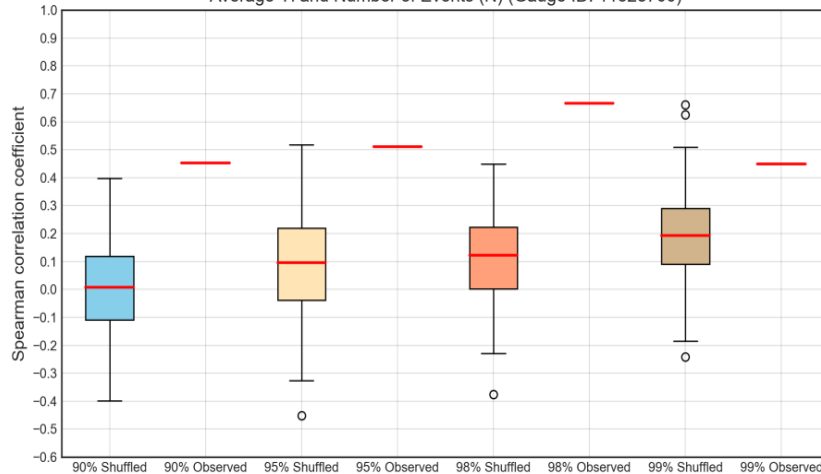
Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) (Gauge ID: 02314500)



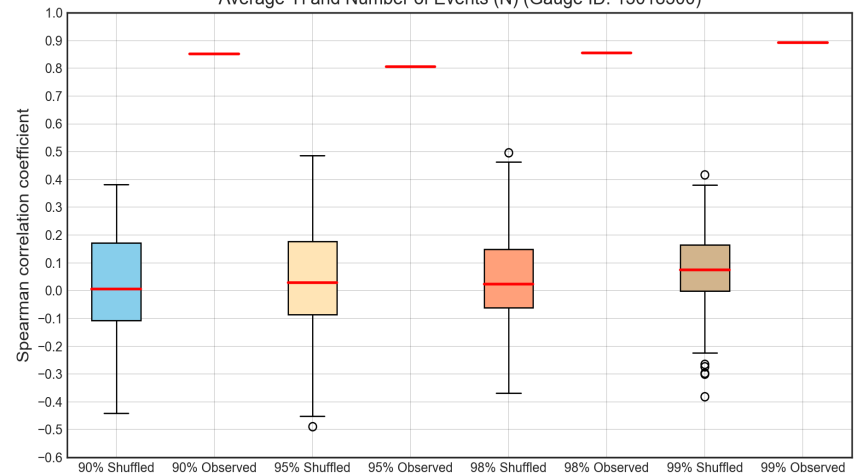
Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) (Gauge ID: 11098000)



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) (Gauge ID: 11528700)



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) (Gauge ID: 13018300)



Ιστορικά στοιχεία αποζημιώσεων στις ΗΠΑ



- Πραγματικά ιστορικά στοιχεία αποζημιώσεων της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαχείρισης Έκτακτων Αναγκών των ΗΠΑ (FEMA, 2019).
- Περιλαμβάνουν περισσότερα από δύο εκατομμύρια αιτήματα προς αποζημίωση από το 1970 έως σήμερα.
- Εμπεριέχει πληροφορίες που επιμερίζονται σε 39 διαφορετικές μεταβλητές.



Οι 21 Υδρολογικές Περιφέρειες στις ΗΠΑ (Wikipedia, 2020)

- Επιμερισμός των στοιχείων αποζημιώσεων σε κάθε μία από τις 21 υδρολογικές περιφέρειες των ΗΠΑ.
- Διερεύνηση βαθμού συσχέτισης συλλογικού ρίσκου με πραγματικές αποζημιώσεις.



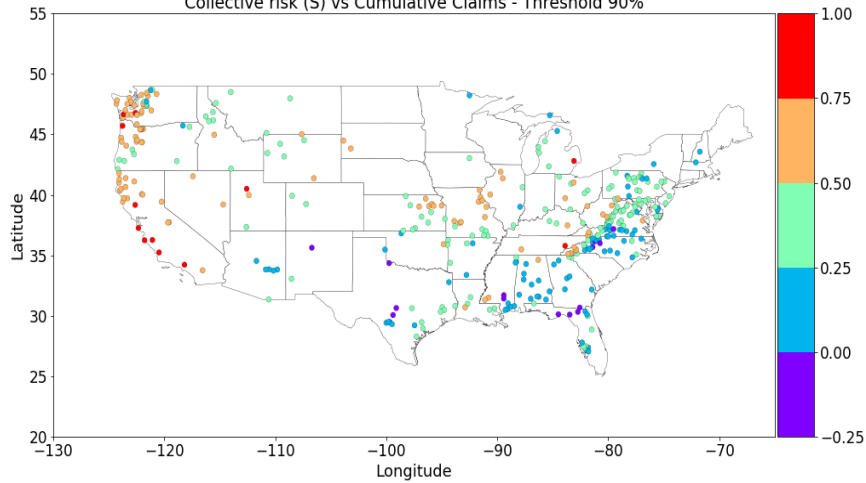
FEMA



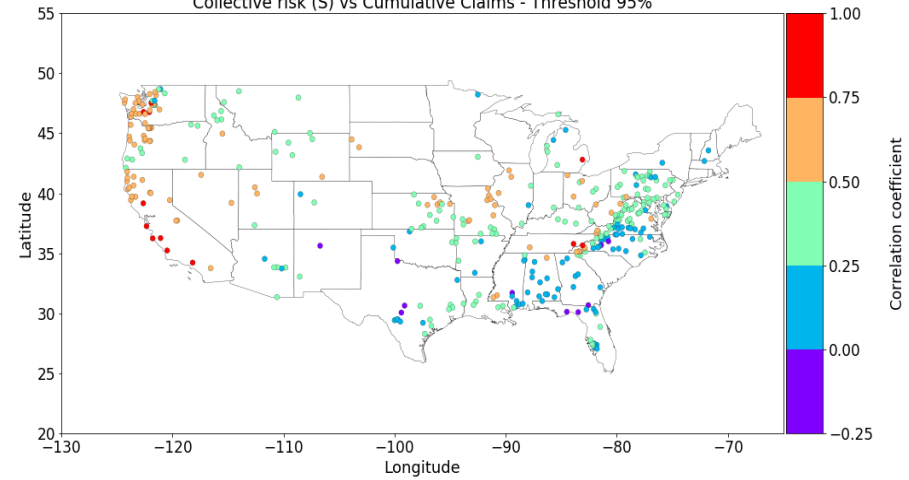
Συσχέτιση συλλογικού ρίσκου με αποζημιώσεις



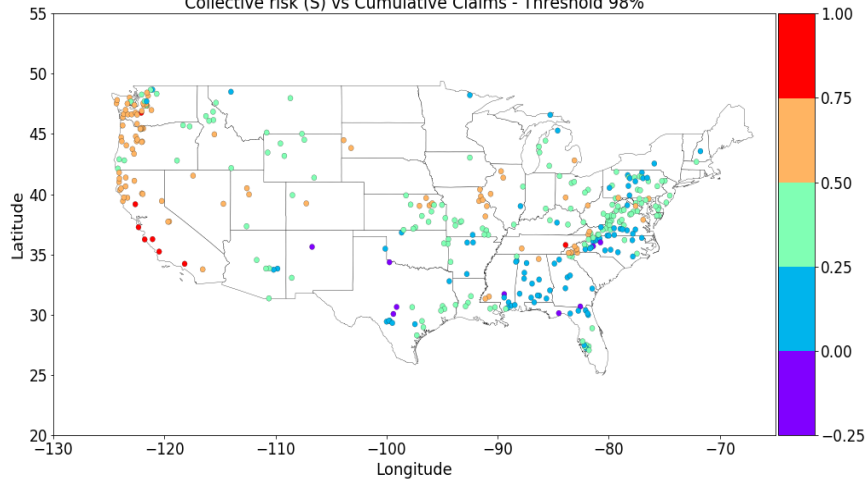
Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 90%



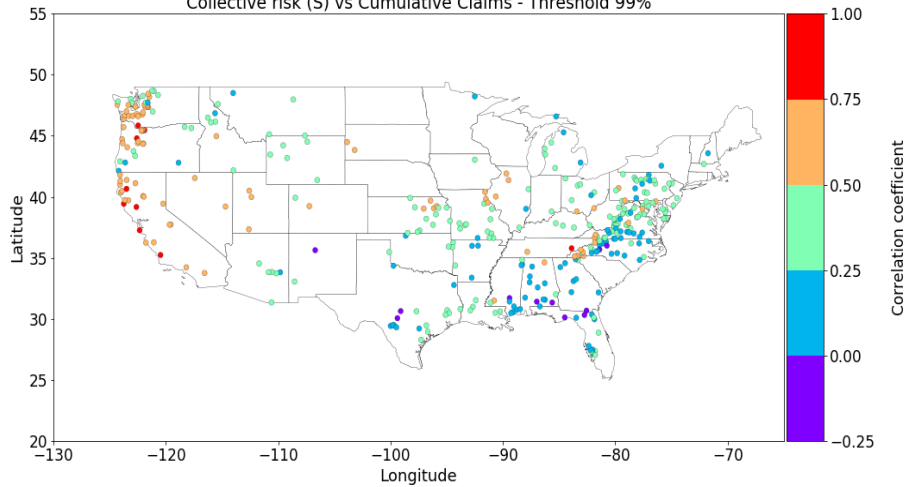
Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 95%



Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 98%



Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 99%



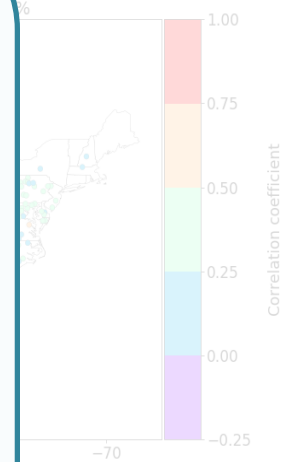
Συσχέτιση συλλογικού ρίσκου με αποζημιώσεις



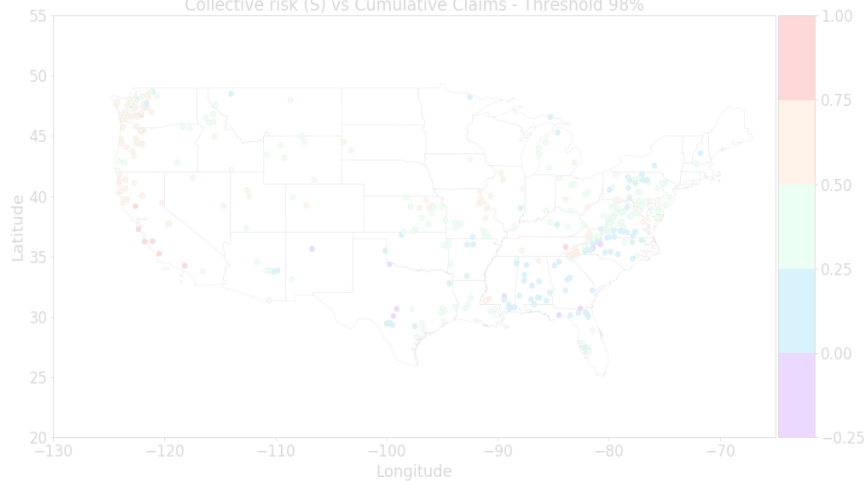
Η ευαλωτότητα και η υψηλή ευαισθησία σε πλημμυρικά γεγονότα στην Ανατολική ακτή οφείλονται:

- σε τυφώνες
- στην επίδραση της ταλάντωσης του βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation, NAO)
- στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας (SLR)
- σε φαινόμενα κύματος καταιγίδας (storm surge phenomena)

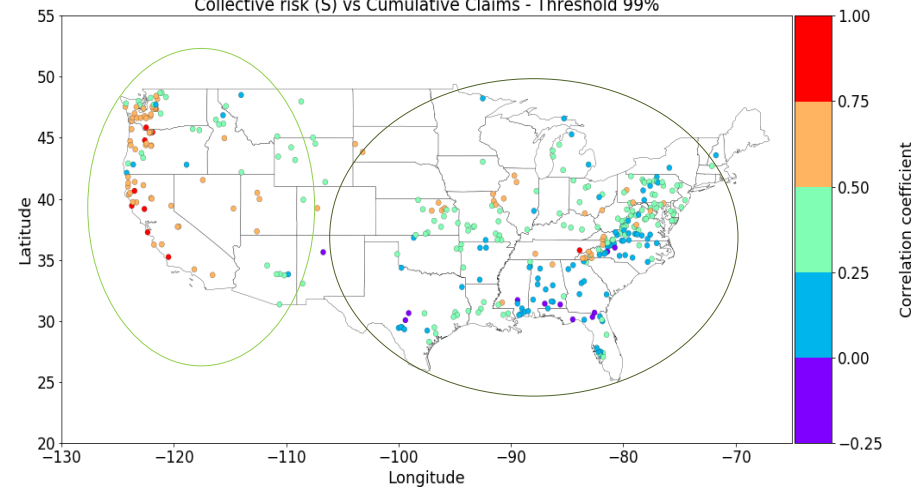
Τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται πολύ συχνότερα στην Ανατολική σε σχέση με τη Δυτική Ακτή (Ezer and Atkinson, 2014; Elsner et al., 2000).



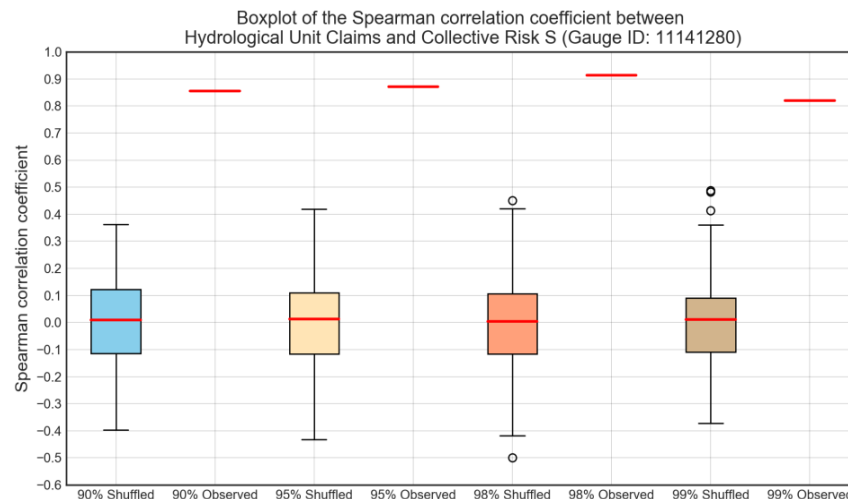
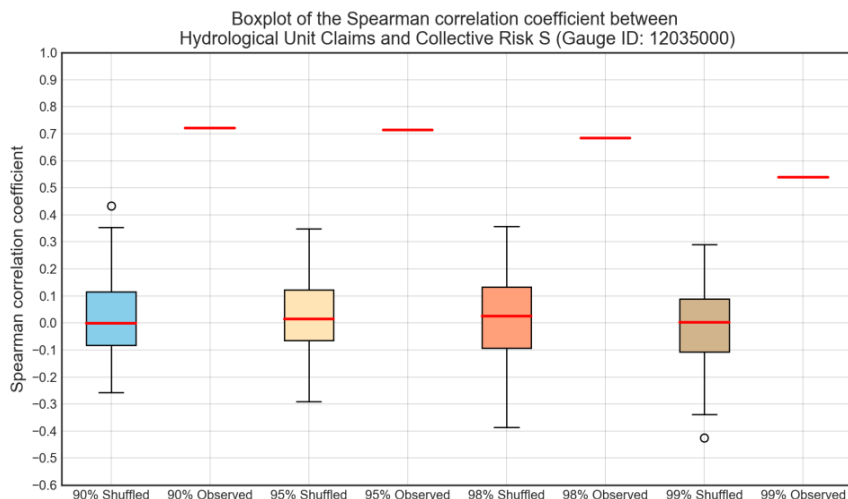
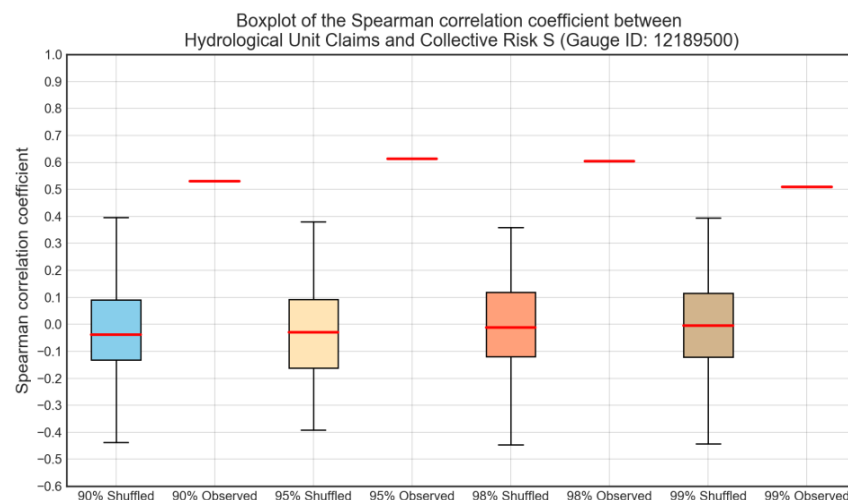
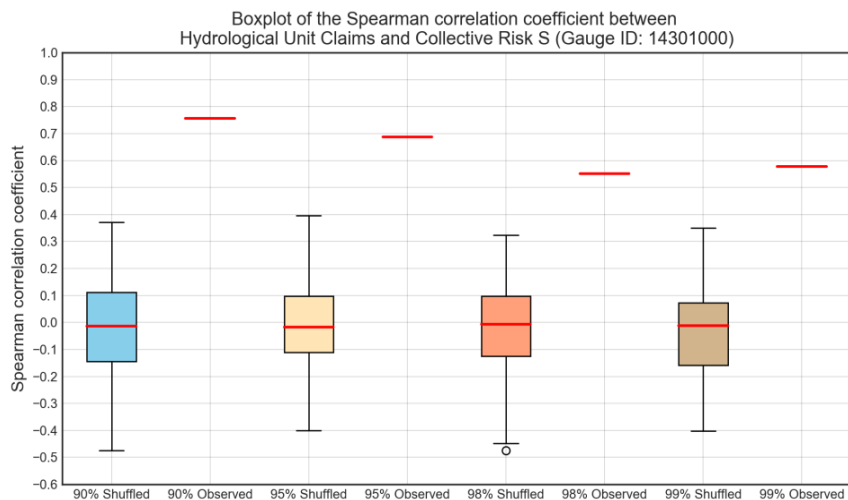
Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 98%



Collective risk (S) vs Cumulative Claims - Threshold 99%



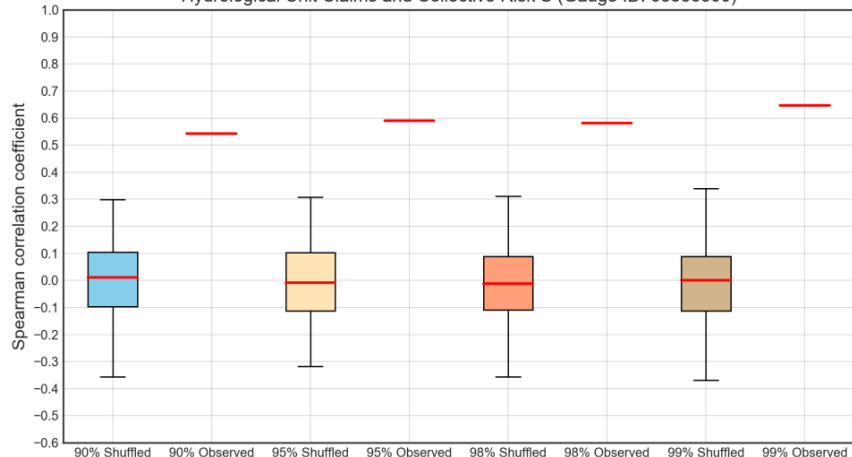
Συσχέτιση συλλογικού ρίσκου με αποζημιώσεις



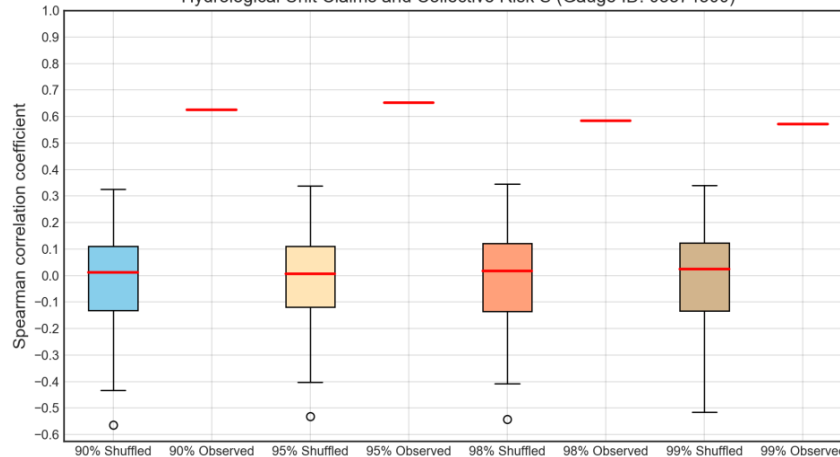
Συσχέτιση συλλογικού ρίσκου με αποζημιώσεις



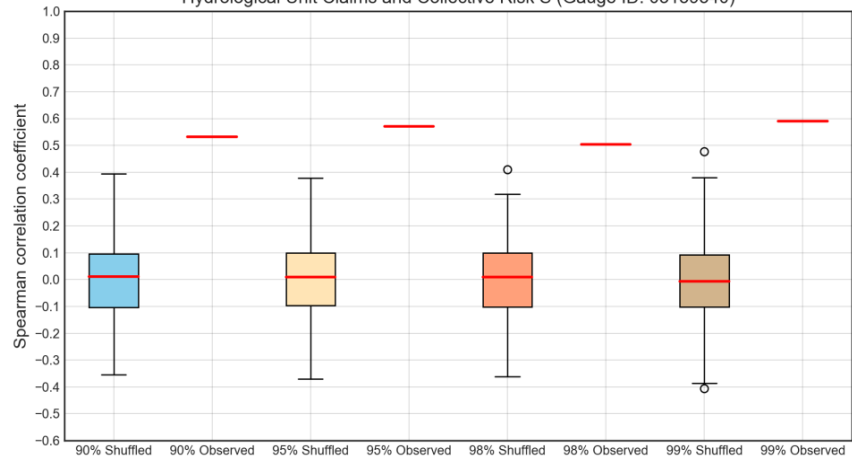
Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Hydrological Unit Claims and Collective Risk S (Gauge ID: 05556500)



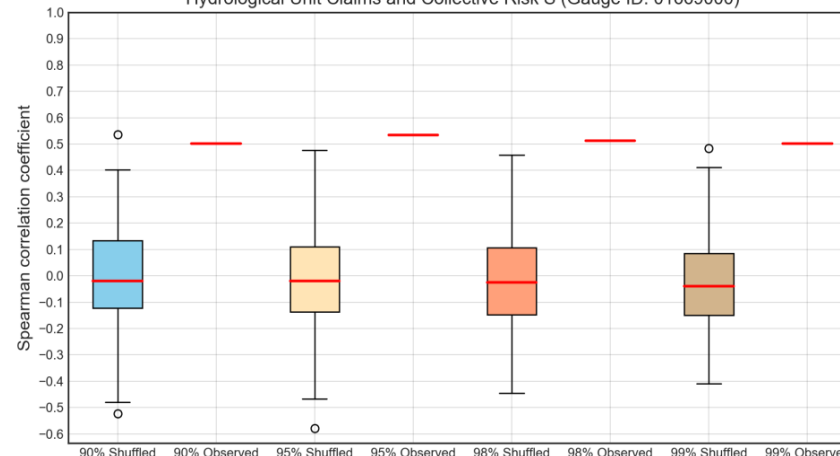
Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Hydrological Unit Claims and Collective Risk S (Gauge ID: 03574500)



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Hydrological Unit Claims and Collective Risk S (Gauge ID: 03159540)



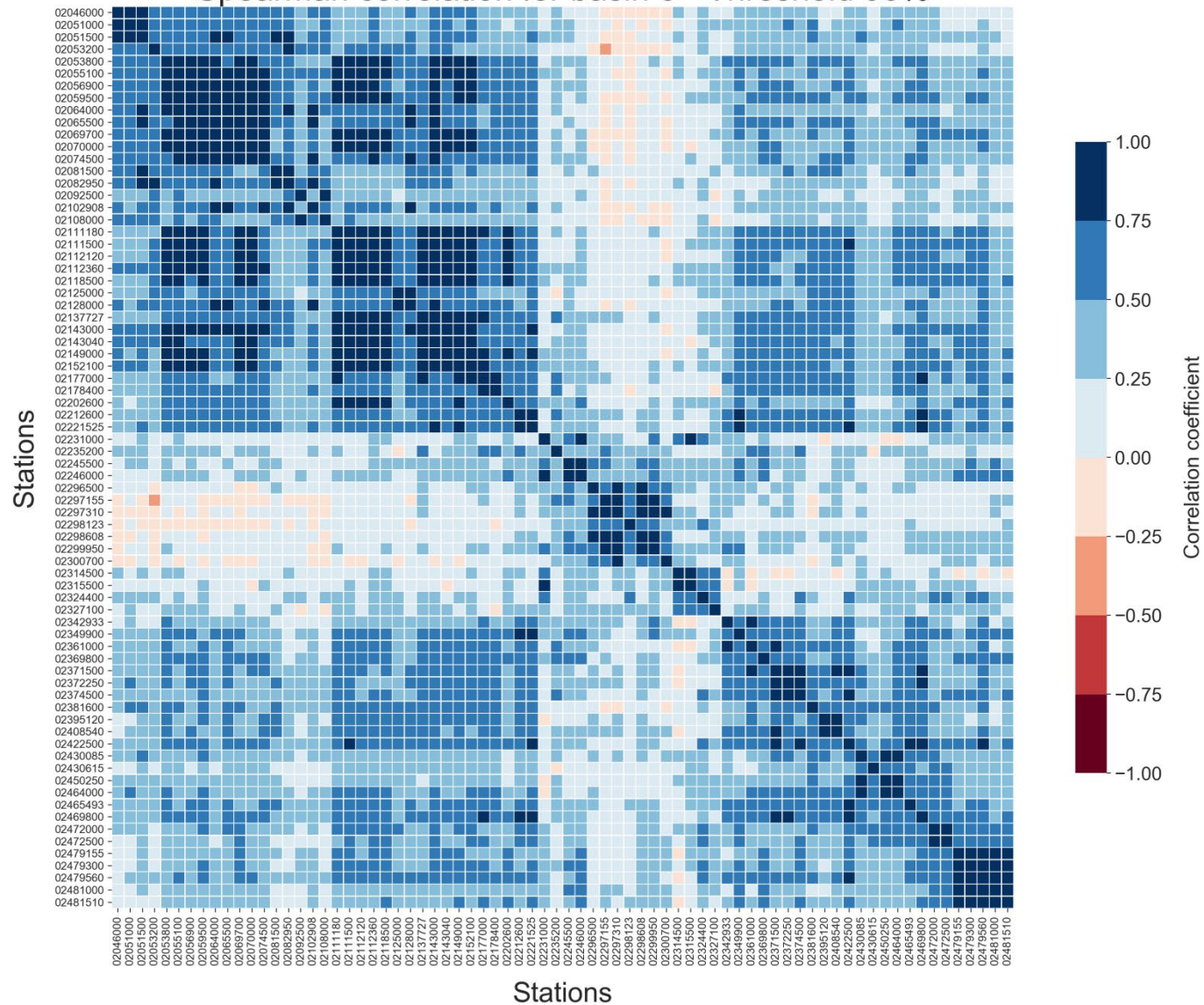
Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Hydrological Unit Claims and Collective Risk S (Gauge ID: 01669000)



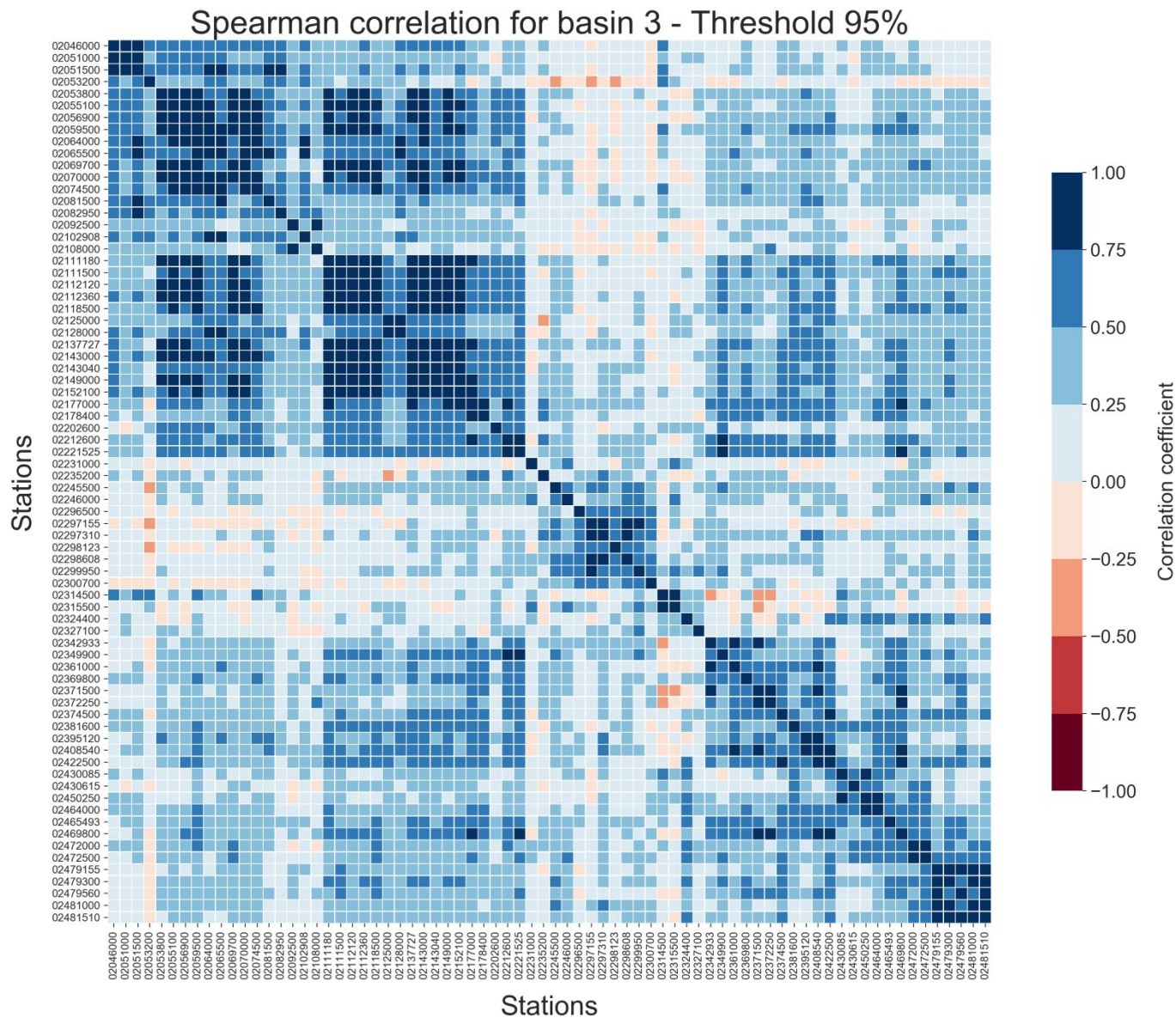
Μελέτη περίπτωσης για τη χωρική συσχέτιση – ΗΥ3



Spearman correlation for basin 3 - Threshold 90%



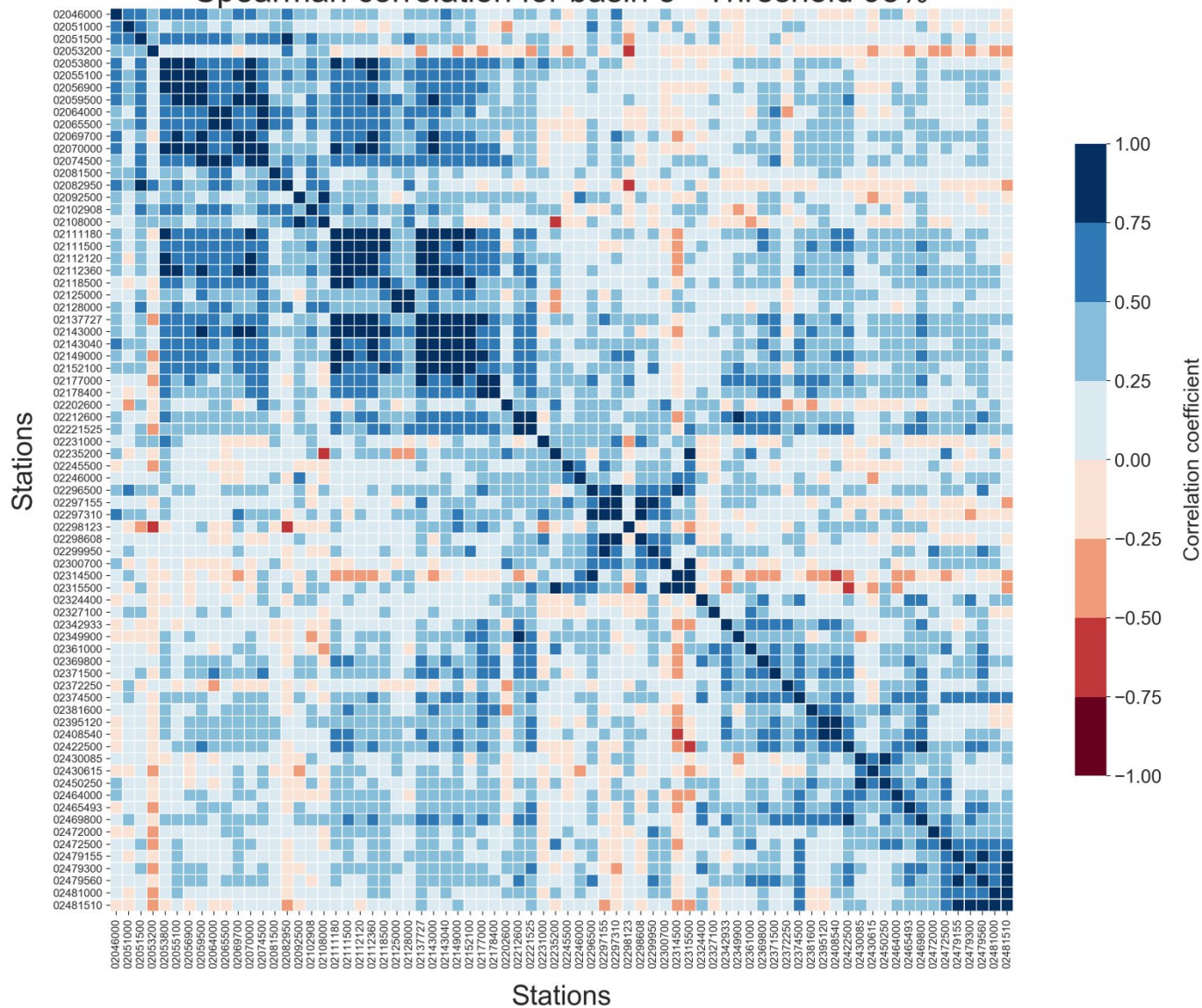
Μελέτη περίπτωσης για τη χωρική συσχέτιση – ΗΥ3



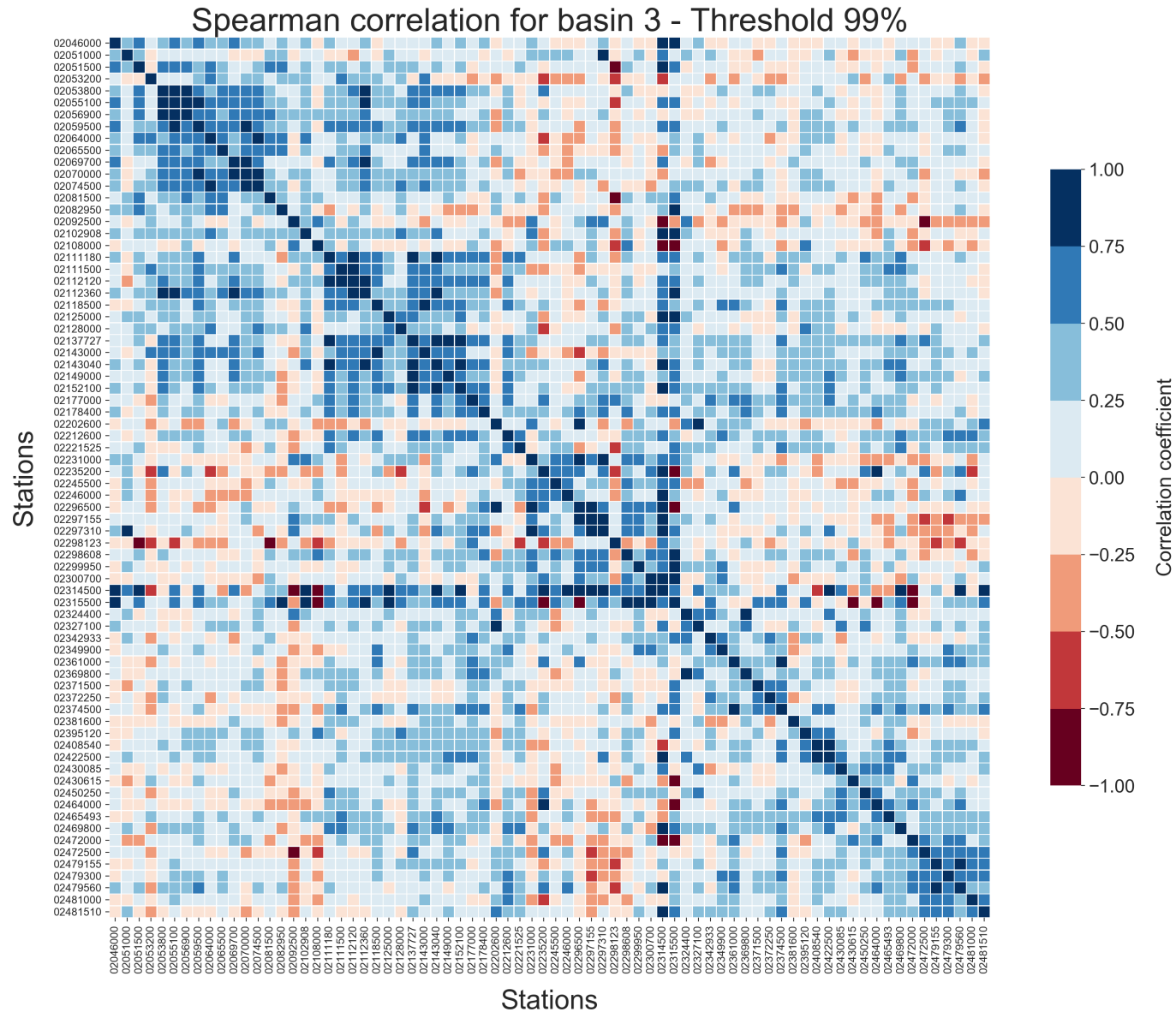
Μελέτη περίπτωσης για τη χωρική συσχέτιση – ΗΥ3



Spearman correlation for basin 3 - Threshold 98%



Μελέτη περίπτωσης για τη χωρική συσχέτιση – ΗΥ3



Μηχανισμοί ομαδοποίησης βροχόπτωσης



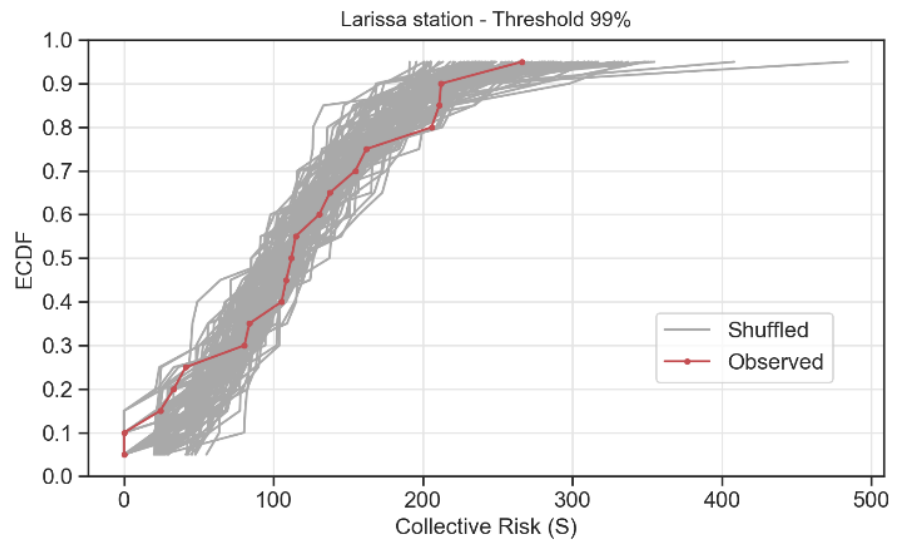
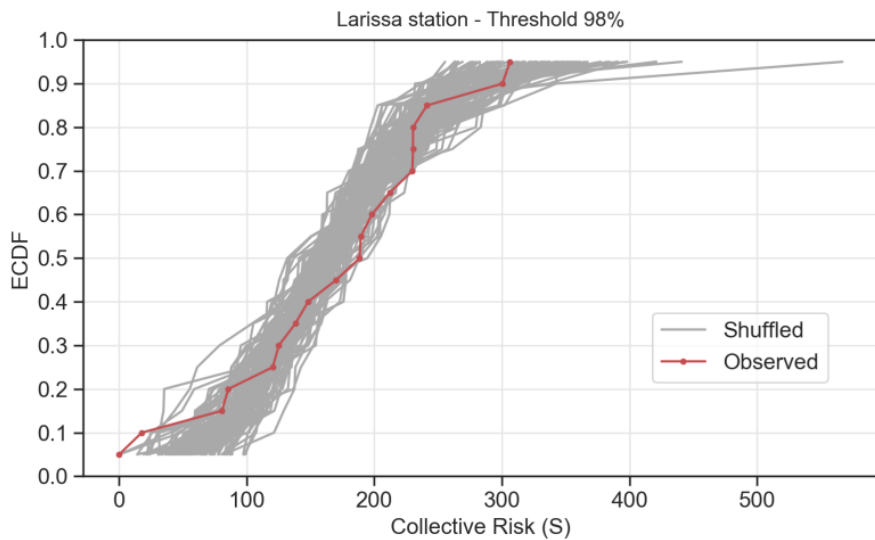
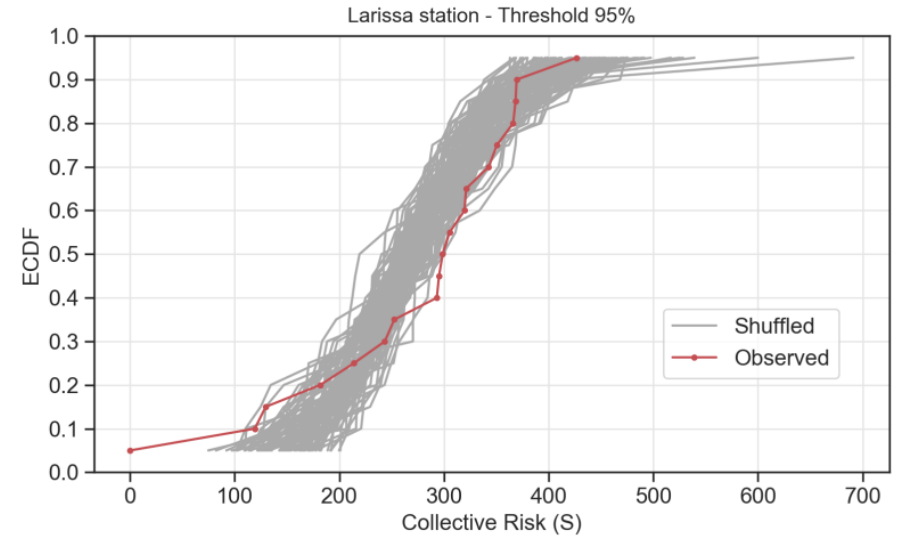
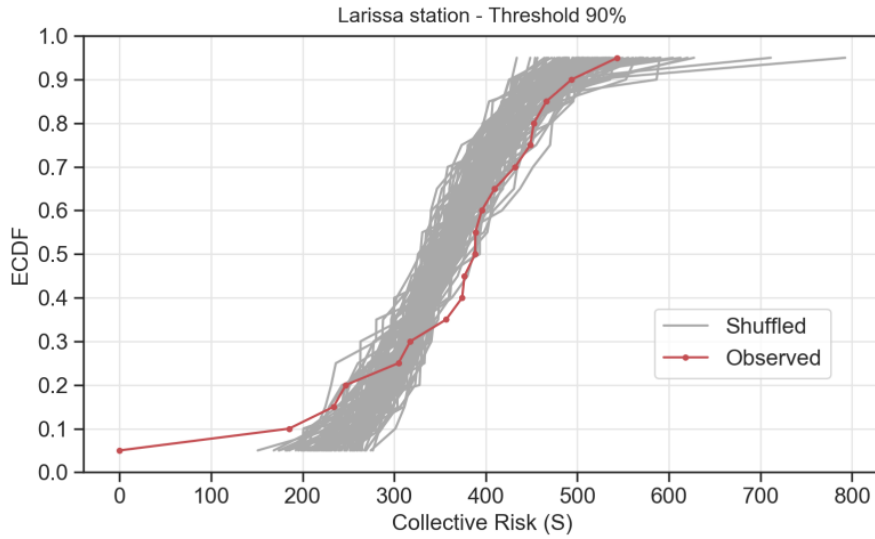
- Η ύπαρξη εμμονής στην ετήσια βροχόπτωση αναμένεται να εισάγει μηχανισμούς ομαδοποίησης στα μέγιστα βροχόπτωσης (Ilioroulou et al., 2018).
- Εφαρμογή του μοντέλου συλλογικού ρίσκου, όπως αναπτύχθηκε παραπάνω, αυτή τη φορά για μεγέθη βροχόπτωσης.
- Δημιουργία αντιπροσωπευτικών τιμών συλλογικού ρίσκου, προσθέτοντας τιμές βροχής που ξεπερνούν το κατώφλι σε ετήσια βάση.
- Παραγωγή 100 νέων τυχαιοποιημένων (ανεξάρτητων) χρονοσειρών.
- Εφαρμογή για κατώφλια 90%, 95%, 98% και 99%.



- Βάση δεδομένων NOAA (έτη 1955-2018).
- Συσχέτιση των αποτελεσμάτων με πραγματικά στοιχεία αποζημιώσεων από τον ΕΛΓΑ (1999-2017).



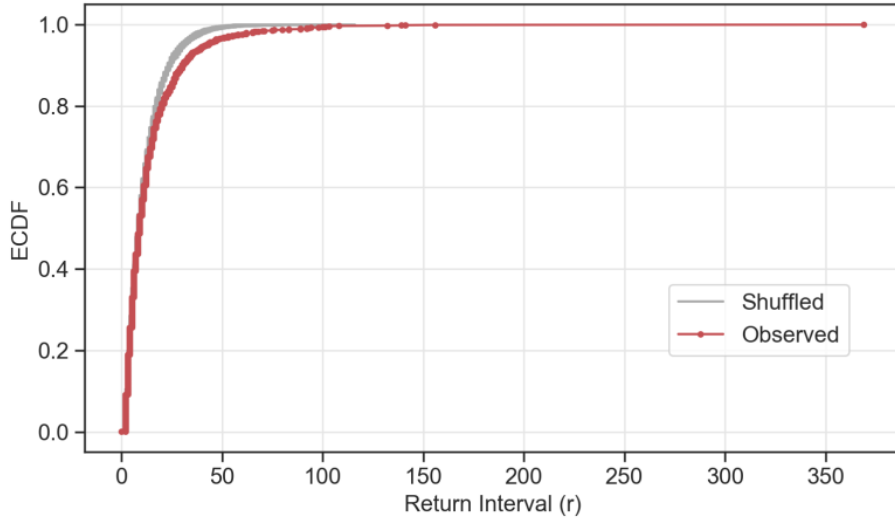
Συλλογικό ρίσκο S (ECDF)



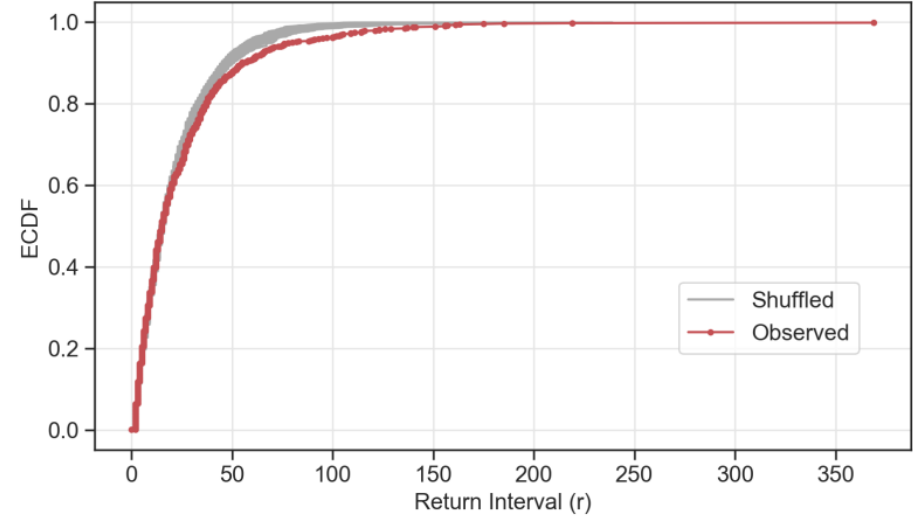
Διαστήματα επαναφοράς (ECDF)



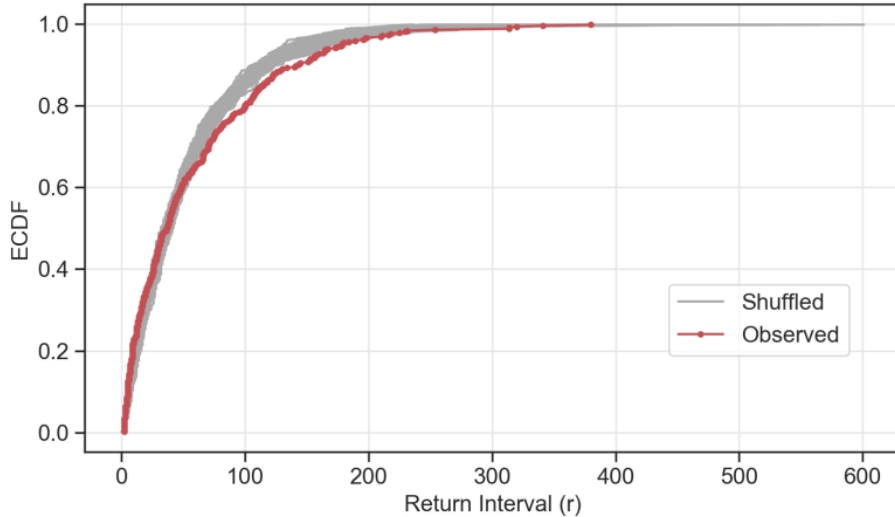
Larissa station - Threshold 90%



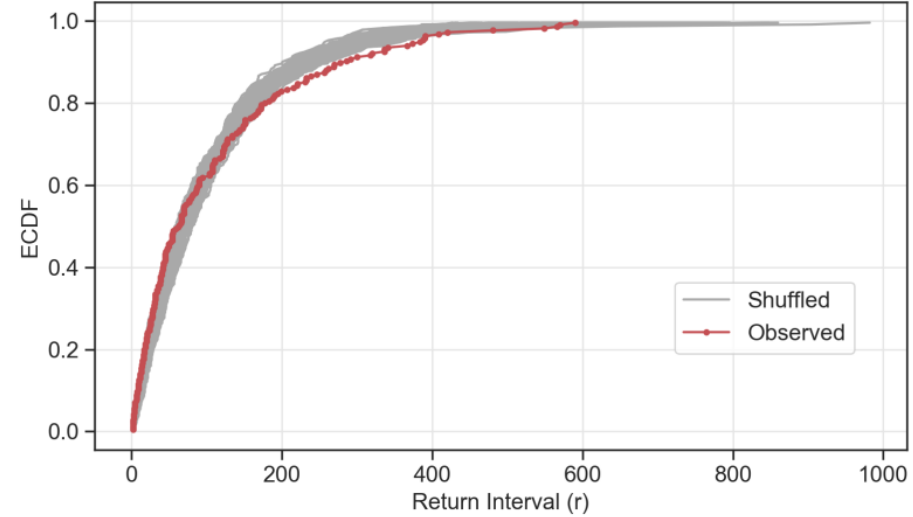
Larissa station - Threshold 95%



Larissa station - Threshold 98%



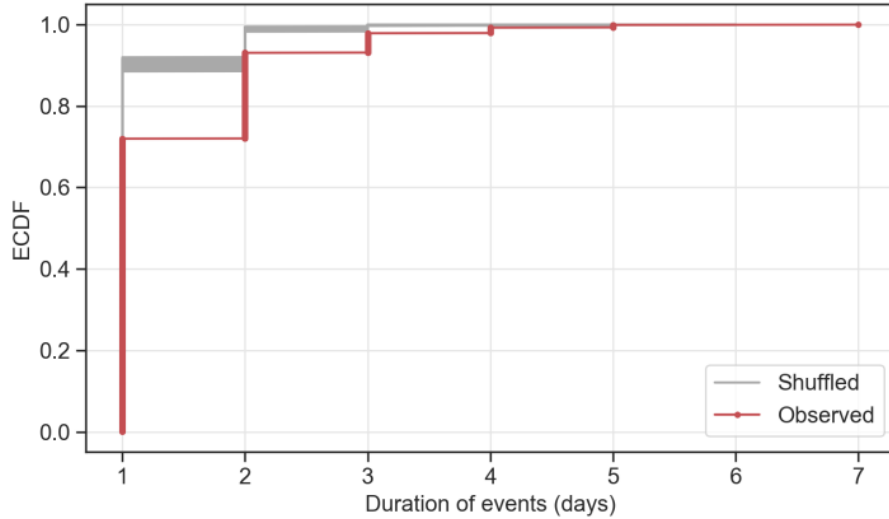
Larissa station - Threshold 99%



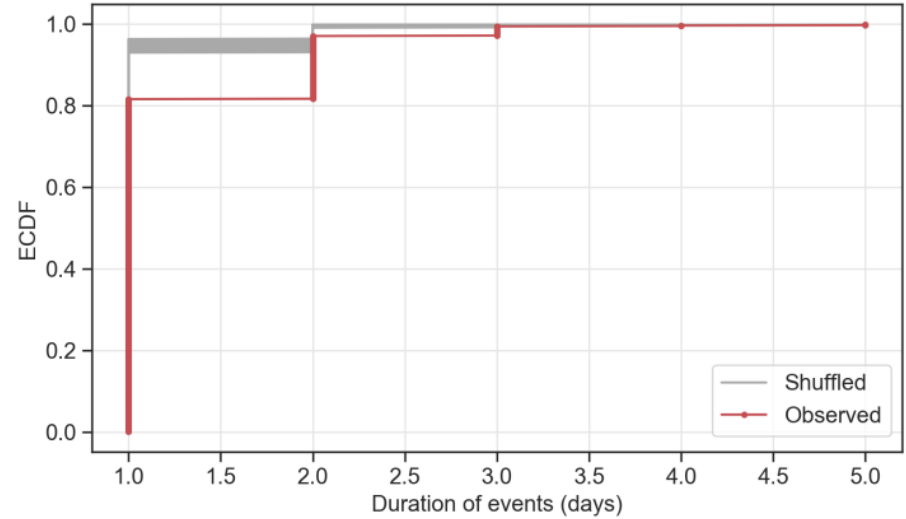
Διάρκεια γεγονότων (ECDF)



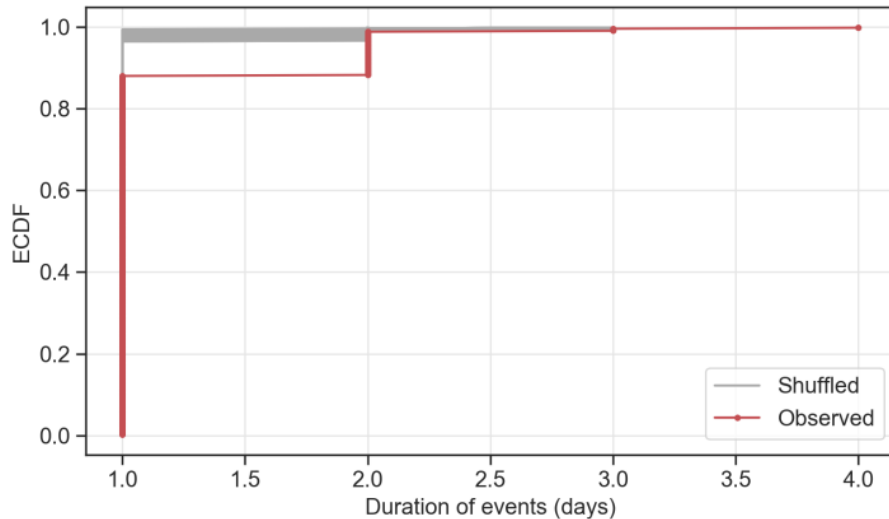
Larissa station - Threshold 90%



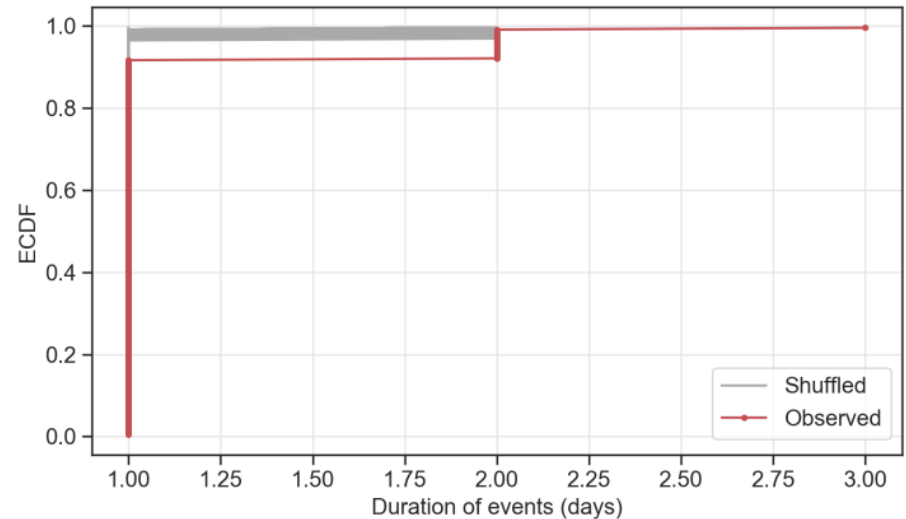
Larissa station - Threshold 95%



Larissa station - Threshold 98%



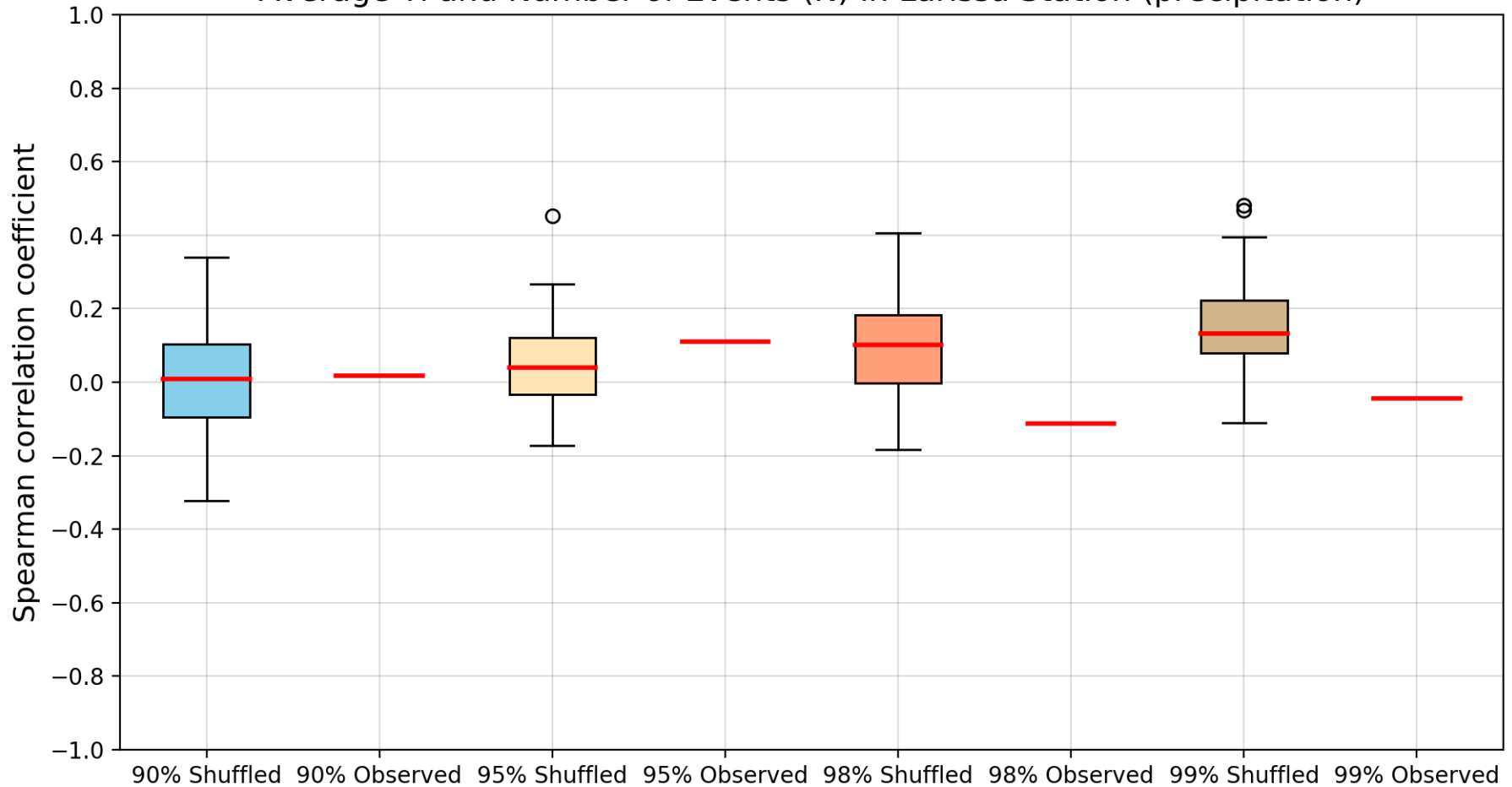
Larissa station - Threshold 99%



Μηχανισμοί ομαδοποίησης: *Average* $Y_i - N$



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) in Larissa Station (precipitation)

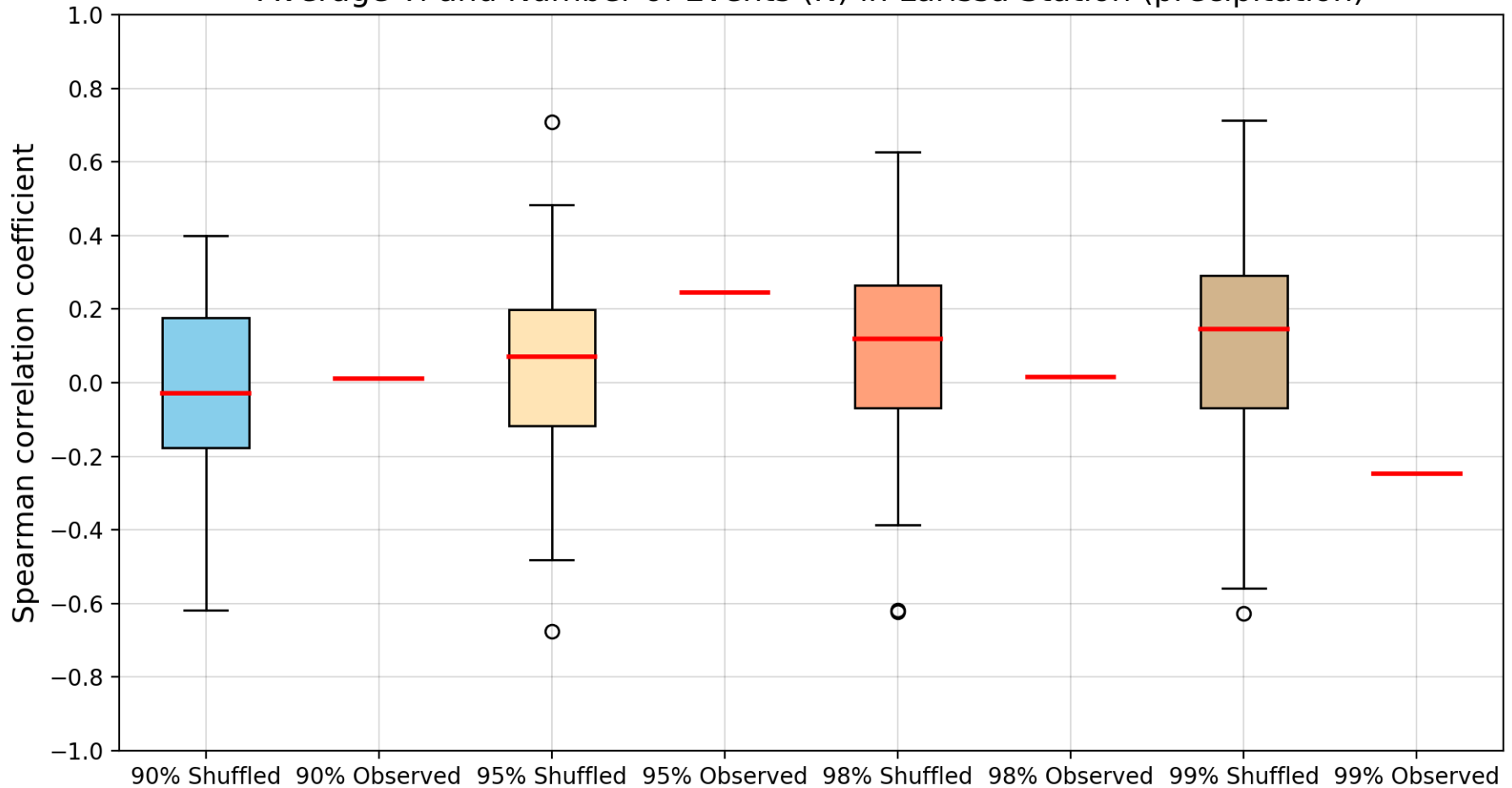


Έτη 1955-2018

Μηχανισμοί ομαδοποίησης: *Average* $Y_i - N$



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Average Y_i and Number of Events (N) in Larissa Station (precipitation)

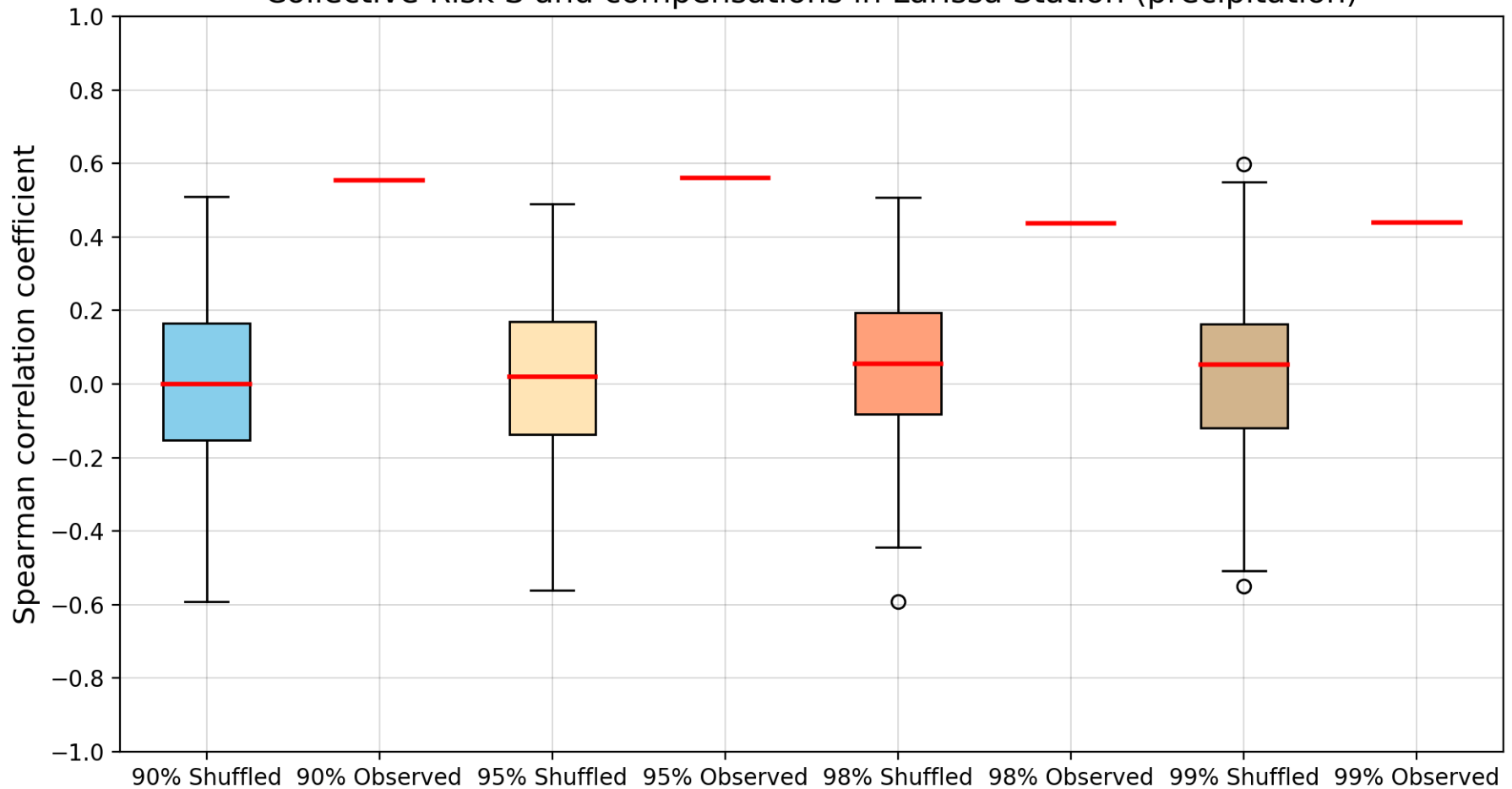


Έτη 1999-2017

Συσχέτιση συλλογικού ρίσκου με αποζημιώσεις



Boxplot of the Spearman correlation coefficient between Collective Risk S and compensations in Larissa Station (precipitation)



Έτη 1999-2017



Ανασκόπηση κυριότερων συμπερασμάτων

Είναι εμφανής η ύπαρξη μηχανισμών ομαδοποίησης στο συλλογικό ρίσκο σε πολλούς από τους σταθμούς μέτρησης της US-CAMELS, με συνέπειες στον ασφαλιστικό κλάδο. Είναι αυξημένη η πιθανότητα ύπαρξης πολλών αιτημάτων προς αποζημίωση σε σύντομα χρονικά διαστήματα, απαιτώντας τη διαθεσιμότητα μεγαλύτερων οικονομικών κεφαλαίων από τις εταιρείες.

- Η απόκλιση στα διαγράμματα ECDF των μεγεθών του συλλογικού ρίσκου, των διαστημάτων επαναφοράς και της διάρκειας ανάμεσα στις ιστορικές και τις τυχαιοποιημένες χρονοσειρές είναι σημαντική.
- Η παράμετρος Hurst H του μέσου *Κλιμακογράμματος* βρέθηκε ίση με 0.63, συμβαδίζοντας με τις τιμές που χαρακτηρίζουν τη δυναμική ΗΚ.
- Στις προσομοιώσεις Monte Carlo του μοντέλου SMA-GHK, το συλλογικό ρίσκο εμπεριέχεται στα όρια πρόβλεψης του μοντέλου, διατηρώντας τη δυναμική ΗΚ και τις τέσσερις ροπές, σε αντίθεση με τις τυχαιοποιημένες χρονοσειρές.
- Υψηλότερες τιμές συντελεστή συσχέτισης *Average* $Y_i - N$ στις ιστορικές σε σχέση με τις τυχαιοποιημένες χρονοσειρές.
- Χωρική κατανομή του συντελεστή συσχέτισης ανάμεσα στο συλλογικό ρίσκο και τα πραγματικά στοιχεία αποζημιώσεων στις ΗΠΑ, με υψηλότερες τιμές στις ιστορικές σε σχέση με τις τυχαιοποιημένες χρονοσειρές.
- Σχετικά με τους μηχανισμούς ομαδοποίησης βροχόπτωσης, διαπιστώσαμε υψηλότερες τιμές του συντελεστή συσχέτισης στις ιστορικές σε σχέση με τις τυχαιοποιημένες χρονοσειρές.

Αναφορές



- Dimitriadis, P., and Koutsoyiannis, D., Climacogram versus autocovariance and power spectrum in stochastic modelling for Markovian and Hurst–Kolmogorov processes, *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 29 (6), 1649–1669, doi:10.1007/s00477-015-1023-7, 2015.
- Dimitriadis, P., and Koutsoyiannis, D. (2015). Climacogram versus autocovariance and power spectrum in stochastic modelling for Markovian and Hurst–Kolmogorov processes. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 29 (6), 1649–1669.
- Dimitriadis, P., and Koutsoyiannis, D. (2018). Stochastic synthesis approximating any process dependence and distribution. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 32 (6), 1493-1515.
- Elsner, J.B., Liu, K., and Kocher, B. (2000). Spatial Variations in Major U.S. Hurricane Activity: Statistics and a Physical Mechanism. *Journal of Climate*, 13(13), 2293-2305.
- Ezer, T., and Atkinson, L.P. (2014). Accelerated flooding along the U.S. East Coast: On the impact of sea-level rise, tides, storms, the Gulf Stream, and the North Atlantic Oscillations. *Earth's Future*, 2 (8), 362-382.
- FEMA (2019). *FEMA publishes NFIP claims and policy data*. [Online]
Available at: <https://www.fema.gov/openfema-data-page/fima-nfip-redacted-claims-v1>
Last Data Refresh: 10-24-2021
[Accessed: October 2021]
- Iliopoulou, T., Papalexiou, S.M., Markonis, Y., and Koutsoyiannis, D. (2018). Revisiting long-range dependence in annual precipitation. *Journal of Hydrology*, 556, 891-900.
- Iliopoulou, T., and Koutsoyiannis, D. (2019). Revealing hidden persistence in maximum rainfall records, *Hydrological Sciences Journal*, 64 (14), 1673-1689.
- Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., and Denuit, M. (2008). *Modern Actuarial Risk Theory Using R*. Springer.
- Koutsoyiannis, D. (2011). Hurst-Kolmogorov dynamics and uncertainty. *Journal of the American Water Resources Association*, 47 (3), 481-495.
- Newman, A., Sampson, K., Clark, M. P., Bock, A., Viger, R. J., and Blodgett, D. (2014). *A large-sample watershed-scale hydrometeorological dataset for the contiguous USA*. Boulder, CO: UCAR/NCAR.
- NOAA (2019). *Data Tools: Find a Station*. [Online]
Available at: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datatools/findstation>
[Accessed: October 2021]
- Serinaldi, F. and Kilsby, C.G. (2016). Understanding Persistence to Avoid Underestimation of Collective Flood Risk. *Water*, 8 (4), 152.
- Wikipedia (2020). *The 21 first-level 2-digit region hydrologic unit boundaries*. [Online]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_resource_region
[Accessed: July 2020]



*Σας ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή σας!*