

Διερεύνηση της αξιοπιστίας των κλιματικών μοντέλων μέσω της σύγκρισής τους με ιστορικές χρονοσειρές

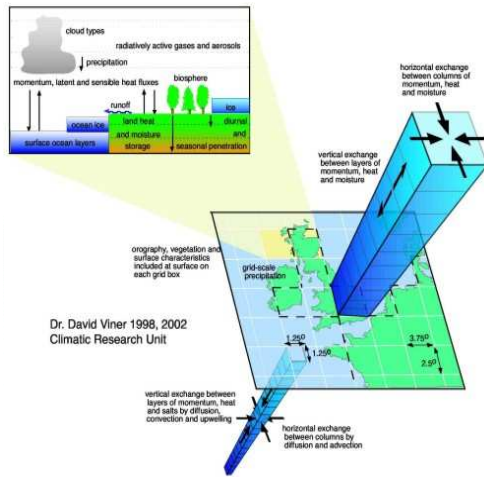
Γρηγόρης Αναγνωστόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτρης Κουτσογιάννης

Στόχος της εργασίας

- Η επαλήθευση των επιστημονικών θεωριών από εμπειρικά δεδομένα αποτελεί έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της επιστήμης.
- Η αξιοπιστία των προβλέψεων για το κλίμα, που γίνονται με βάση τα κλιματικά μοντέλα, ελάχιστα έχει διερευνηθεί κυρίως σε χωρικές κλίμακες μικρότερες της ηπειρωτικής.
- Βασικός στόχος αυτής της εργασίας είναι, εκμεταλλευόμενη το παράθυρο στο παρελθόν που δίνουν κάποιες από τις εκτελέσεις των κλιματικών μοντέλων του TAR (Third Assessment Report) και του AR4 (Fourth Assessment Report), να συγκρίνει αρχικά σε σημειακή και στη συνέχεια σε επιφανειακή κλίμακα τα αποτελέσματα των κλιματικών μοντέλων σε σχέση με μακρές ιστορικές χρονοσειρές.

Κλιματικά μοντέλα

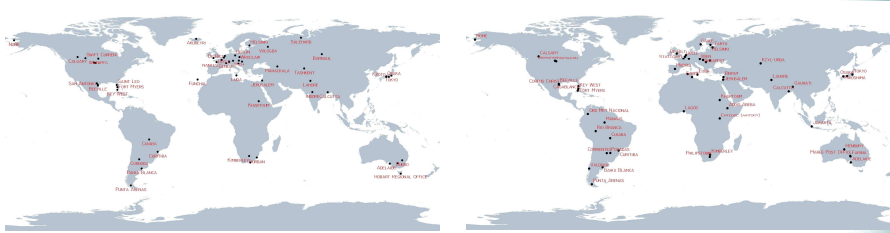


- Τα *κλιματικά μοντέλα* είναι αλγόριθμοι που λύνουν συστήματα διαφορικών εξισώσεων που προκύπτουν από τους θεμελιώδεις νόμους της φυσικής, της μηχανικής των ρευστών και της χημείας.
- Τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας (General Circulation Models – GCMs) είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα για την πρόβλεψη της κλιματικής αλλαγής. Τα μοντέλα αυτά βασίζονται στην αριθμητική ολοκλήρωση των εξισώσεων Navier-Stokes της ρευστομηχανικής.

Μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία

- Χρησιμοποιήθηκαν *3 μοντέλα του TAR* και *3 μοντέλα του AR4*, το καθένα από τα οποία τρέχει με βάση ένα σενάριο το οποίο δίνει μια πιθανή εικόνα του κλίματος στο μέλλον.
- Η επιλογή των σεναρίων έγινε με *το κριτήριο της κάλυψης παλαιότερων ιστορικών περιόδων*.
- Στο *TAR* όλα τα σενάρια έχουν τρέξει για παλαιότερες ιστορικές περιόδους, οπότε η επιλογή του σεναρίου δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία. Έτσι επιλέγεται το SRES A2 το οποίο καλύπτει τον 20ο αιώνα. Εξαιρέση αποτελεί το μοντέλο ECHAM4 του οποίου οι εκτελέσεις με το SRES A2 δεν καλύπτουν τον 20ο αιώνα και για αυτόν το λόγο χρησιμοποιείται το σενάριο IS92a το οποίο ξεκινάει από το 1860.
- Από τα σενάρια του *AR4* το μόνο που είναι κατάλληλο για αυτήν την εργασία είναι το 20C3M.

Σταθμοί σημειακής σύγκρισης



Σταθμοί που εξετάστηκε η θερμοκρασία

Σταθμοί που εξετάστηκε η βροχόπτωση

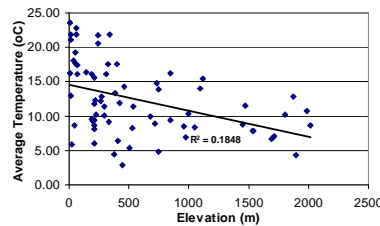
- Για την σημειακή σύγκριση επιλέχθηκαν 55 σταθμοί από όλο τον κόσμο με τα εξής κριτήρια:
- (α) οι σταθμοί να είναι κατανεμημένοι σε όλες τις ηπείρους και σε διαφορετικούς τύπους κλίματος,
- (β) η διαθεσιμότητα των δεδομένων στο διαδίκτυο σε μηνιαία κλίμακα.
- (γ) η ύπαρξη χρονοσειρών που να έχουν τουλάχιστον 100 χρόνια παρατηρήσεων χωρίς καθόλου κενά (ή με όσο το δυνατόν λιγότερα κενά τα οποία συμπληρώθηκαν με τον μηνιαίο μέσο όρο).

Σταθμοί επιφανειακής σύγκρισης



- Για την επιφανειακή ολοκλήρωση επιλέχθηκαν 70 σταθμοί στις ΗΠΑ, έτσι ώστε να καλύπτεται ομοιόμορφα όλη η έκτασή τους. Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε λόγω της αφθονίας των δεδομένων, που ξεπερνά κάθε άλλη περιοχή που εξετάστηκε.
- Για να εξάγουμε την επιφανειακή χρονοσειρά χρησιμοποιούμε την μέθοδο επιφανειακής ολοκλήρωσης Thiessen εξάγουμε μια επιφανειακή χρονοσειρά.

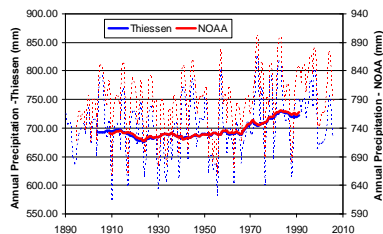
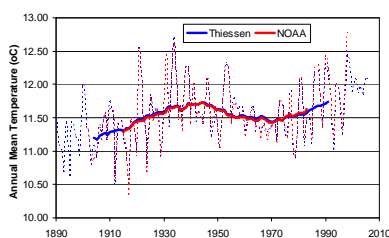
Σταθμοί επιφανειακής σύγκρισης



Σχέση υψομέτρου - θερμοκρασίας

- Για τα δεδομένα της θερμοκρασίας προέκυψε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας και του υψομέτρου.
- Πραγματοποιήσαμε υψομετρική αναγωγή των δεδομένων.
- Για τα δεδομένα της βροχόπτωσης δεν φαίνεται να προκύπτει συσχέτιση μεταξύ βροχόπτωσης και υψομέτρου για τους συγκεκριμένους σταθμούς.
- Το μέσο υψόμετρο των ΗΠΑ δεν διαφέρει πολύ από το μέσο σταθμισμένο υψόμετρο των σταθμών και κατά συνέπεια δεν κάνουμε κάποια υψομετρική διόρθωση στα δεδομένα της βροχής.

Επαλήθευση επιφανειακών δεδομένων



Διαγράμματα σύγκρισης των επιφανειακών χρονοσειρών που προκύπτουν από τη μέθοδο Thiessen με τα δεδομένα της NOAA.

- Μετά την εξαγωγή των επιφανειακών χρονοσειρών θεωρήθηκε αναγκαία η σύγκριση τους με επιφανειακά δεδομένα άλλων φορέων προκειμένου να διαπιστωθεί η αξιοπιστία τους.
- Οι φορείς που προσφέρουν επιφανειακά στοιχεία για τις ΗΠΑ είναι η NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) και η NASA (National Aeronautics and Space Administration).
- Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας εξαγάγαμε τις δικές μας επιφανειακές χρονοσειρές καθώς επιθυμούσαμε η σύγκριση με τα κλιματικά μοντέλα να γίνει με βάση πρωτογενή δεδομένα, που δεν θα έχουν υποστεί κανέναν είδος προσαρμογή.

Εξαγωγή τιμών από τα μοντέλα

Εξαγωγή σημειακών τιμών:

- Χρησιμοποιούνται οι χρονοσειρές από τα τέσσερα κοντινότερα σημεία του καννάβου και κατασκευάζεται η χρονοσειρά του μοντέλου που αντιστοιχεί στο σταθμό με βάση το βέλτιστο αμερόληπτο γραμμικό συνδυασμό.
- Η βελτιστοποίηση έγινε με βάση τον συντελεστή αποτελεσματικότητας (coefficient of efficiency).
- Με αυτή τη μέθοδο η χρονοσειρά που προκύπτει από τα μοντέλα αφήνεται να προσαρμοστεί όσο το δυνατόν καλύτερα στα ιστορικά δεδομένα.

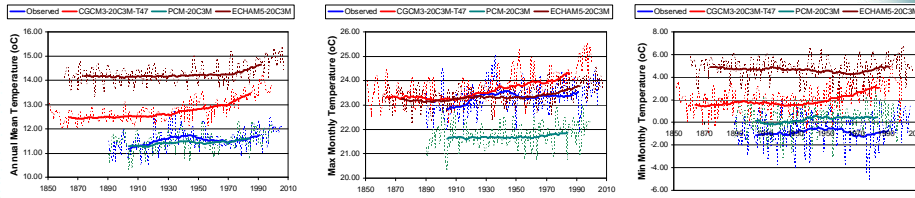
Εξαγωγή επιφανειακών τιμών:

- Για την εξαγωγή των επιφανειακών τιμών δεν χρειάζεται να κάνουμε κανενός είδους στατιστική βελτιστοποίηση.
- Κατά την εξαγωγή της επιφανειακής χρονοσειράς υπολογίζεται ένας σταθμισμένος μέσος όρος των χρονοσειρών των σημείων του καννάβου που βρίσκονται μέσα στα γεωγραφικά όρια των ΗΠΑ.

Τρόπος σύγκρισης

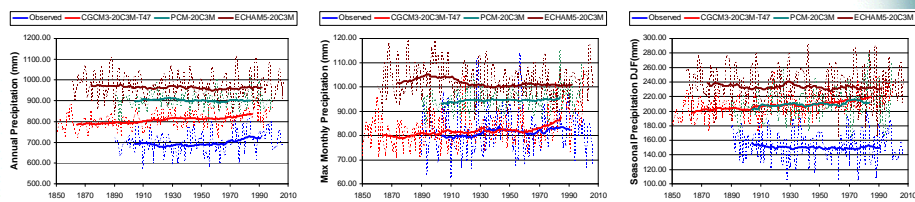
- Η σύγκριση γίνεται σε τρεις χρονικές κλίμακες: μηνιαία, ετήσια, κλιματική, όπου η τελευταία προκύπτει από τον 30-ετή (κινούμενο) μέσο όρο.
- Δύο βασικοί δείκτες χρησιμοποιούνται σε όλες τις χρονικές κλίμακες: ο συντελεστής αποτελεσματικότητας (coefficient of efficiency), και ο συντελεστής συσχέτισης (correlation coefficient).
- Για όλες τις χρονικές κλίμακες και για όλες τις χρονοσειρές υπολογίζουμε και συγκρίνουμε την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση.
- Στην ετήσια κλίμακα εξετάζονται ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης και ο συντελεστής Hurst.
- Για την κλιματική κλίμακα εξετάζονται τρεις επιπλέον δείκτες: (1) η διακύμανση του 30-ετούς κινούμενου μέσου για τη θερμοκρασία ή τη βροχόπτωση στον 20ο αιώνα (που είναι η περίοδος που καλύπτουν τα περισσότερα μοντέλα εκτός από το HadCM3-A2, που ξεκινά από το 1950), (2) η διαφορά μεταξύ του πρώτου και του τελευταίου έτους κάθε χρονοσειράς, (3) η μέγιστη διακύμανση κατά την εξεταζόμενη περίοδο.

Διαγράμματα επιφανειακής σύγκρισης (θερμοκρασία)



- Κανένα μοντέλο δεν μπορεί να τις αναπαραστήσει τις διακυμάνσεις της ετήσιας μέσης θερμοκρασίας των ΗΠΑ. Τα περισσότερα μοντέλα προβλέπουν μια μονοτονική αύξηση της θερμοκρασίας.
- Το μόνο μοντέλο που δίνει αποτελέσματα σχετικά κοντά στην πραγματικότητα για τη μέση θερμοκρασία είναι το PCM-20C3M, αλλά και αυτό βέβαια έχει πολύ χαμηλό συντελεστή αποτελεσματικότητας στην 30-ετή κλίμακα (μόλις 0.05).
- Υποεκτιμά τη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, ενώ υπερεκτιμά την μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία και πλησιάζει τη μέση ετήσια θερμοκρασία.

Διαγράμματα επιφανειακής σύγκρισης (βροχόπτωση)



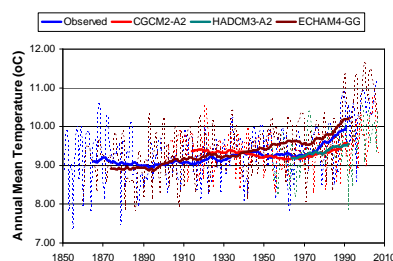
- Το μοντέλο που πλησιάζει περισσότερο τις ιστορικές χρονοσειρές είναι το CGCM3-20C3M-T47. Ο συντελεστής αποτελεσματικότητας στην 30-ετή κλίμακα είναι -5.11 και ο συντελεστής συσχέτισης 0.171.
- Ακόμη και στις χρονοσειρές όπου το μοντέλο πλησιάζει περισσότερο τα ιστορικά δεδομένα ο συντελεστής αποτελεσματικότητας είναι αρνητικός και ο συντελεστής συσχέτισης κοντά στο μηδέν.
- Υπάρχουν μοντέλα του TAR και του AR4 που υπερεκτιμούν τη μέση θερμοκρασία των ΗΠΑ κατά 4 έως 5 βαθμούς και την συνολική ετήσια βροχόπτωση των ΗΠΑ κατά 300 έως 400 χιλιοστά ετησίως.

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα σημειακής σύγκρισης

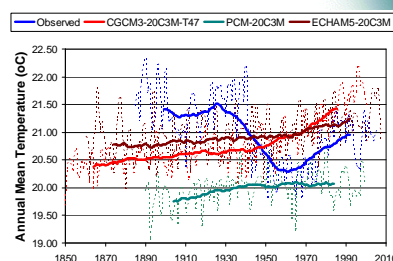
- Στην μηνιαία χρονική κλίμακα τα μοντέλα γενικά αναπαράγουν την ακολουθία θερμών – ψυχρών και ξηρών – υγρών περιόδων σε όλους τους σταθμούς που εξετάστηκαν. Ο μέσος συντελεστής συσχέτισης είναι 0.909 και 0.256, ενώ ο μέσος συντελεστής αποτελεσματικότητας είναι 0.721 και -0.433.
- Στην ετήσια κλίμακα, στη θερμοκρασία και στη βροχόπτωση, οι μέσοι συντελεστές συσχέτισης είναι μικρότεροι από την μηνιαία κλίμακα, ενώ ο μέσος συντελεστής αποτελεσματικότητας είναι αρνητικός ανεξάρτητα της στατιστικής παραμέτρου που εξετάζεται.
- Στην 30-ετή κλίμακα η συσχέτιση αυξάνεται ελαφρώς για την θερμοκρασία και την βροχόπτωση σε όλες τις χρονοσειρές που εξετάστηκαν σε αντίθεση με τον συντελεστή αποτελεσματικότητας που παίρνει έντονα αρνητικές τιμές,

| Ετήσια Κλίμακα/ Θερμοκρασία | Μέσος συντελεστής συσχέτισης | Μέσος συντελεστής αποδοτικότητας |
|--------------------------------|------------------------------------|--|
| Μέση θερμοκρασία | 0.122 | -5.157 |
| Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία | 0.062 | -5.254 |
| Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία | 0.033 | -3.748 |
| Ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος | 0.008 | -4.068 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΔΙΦ | 0.051 | -3.865 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΠΑ | 0.073 | -7.495 |

| 30-ετής Κλίμακα/ Θερμοκρασία | Μέσος συντελεστής συσχέτισης | Μέσος συντελεστής αποδοτικότητας |
|---------------------------------|------------------------------------|--|
| Ετήσια Μέση θερμοκρασία | 0.328 | -89.001 |
| Μέγιστη Μηνιαία θερμοκρασία | 0.207 | -118.499 |
| Ελάχιστη Μηνιαία θερμοκρασία | 0.177 | -117.408 |
| Ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος | 0.027 | -107.350 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΔΙΦ | 0.243 | -91.957 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΠΑ | 0.206 | -180.427 |



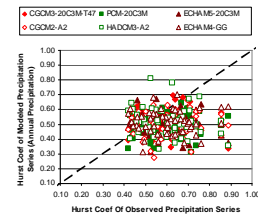
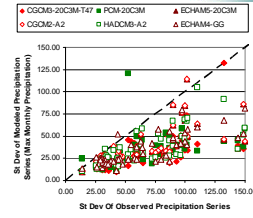
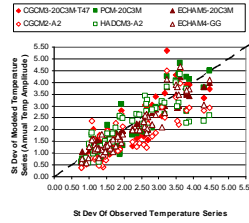
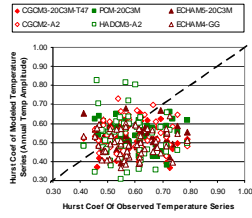
Ετήσια μέση θερμοκρασία στο De Bilt.



Ετήσια μέση θερμοκρασία στο Durban.

- Η απόδοση των μοντέλων ποικίλλει ανάλογα με το σταθμό που εξετάστηκε.
- Ο σταθμός του De Bilt (Ολλανδία) είναι ένας από τους σταθμούς που τα μοντέλα του TAR δίνουν αρκετά καλά αποτελέσματα για την μέση ετήσια θερμοκρασία. Ενώ τα μοντέλα αναπαριστούν ικανοποιητικά τη χρονοσειρά της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας, δεν μπορούν να αναπαραστήσουν το ίδιο ικανοποιητικά τις χρονοσειρές των άλλων στατιστικών παραμέτρων.
- Στο σταθμό του Durban (Νότια Αφρική) κανένα από τα μοντέλα δεν μπορεί να αναπαραστήσει την πτώση της θερμοκρασίας κατά 1.5 βαθμό κατά τα έτη 1920-1960 και όλα προβλέπουν μια μονοτονική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας.

Συντελεστής Hurst και τυπική απόκλιση

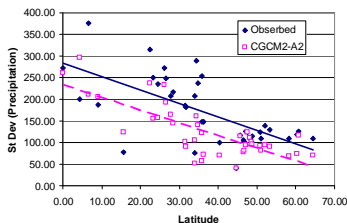
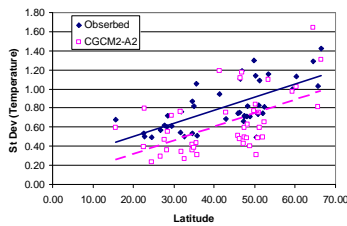


Τυπική απόκλιση για την ετήσια μέση θερμοκρασία και την ετήσια βροχόπτωση.

Συντελεστής Hurst για την ετήσια μέση θερμοκρασία και τη ετήσια βροχόπτωση.

| Ποσοστό περιπτώσεων υποεκτίμησης συντελεστή Hurst και τυπικής απόκλισης | Θερμοκρασία | | Βροχόπτωση | |
|---|-------------|------------|------------|------------|
| | Hurst (%) | St Dev (%) | Hurst (%) | St Dev (%) |
| Μέση θερμοκρασία/συνολική βροχόπτωση | 74.24 | 70.30 | 79.09 | 89.39 |
| Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία/βροχόπτωση | 72.12 | 59.70 | 67.27 | 95.45 |
| Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία/βροχόπτωση | 66.36 | 72.42 | 67.58 | 35.45 |
| Ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος | 68.79 | 68.48 | - | - |
| Εποχιακή θερμοκρασία/βροχόπτωση ΔΙΦ | 68.79 | 70.00 | 66.97 | 77.27 |
| Εποχιακή θερμοκρασία/βροχόπτωση ΙΑ | 76.97 | 58.18 | 59.09 | 84.24 |

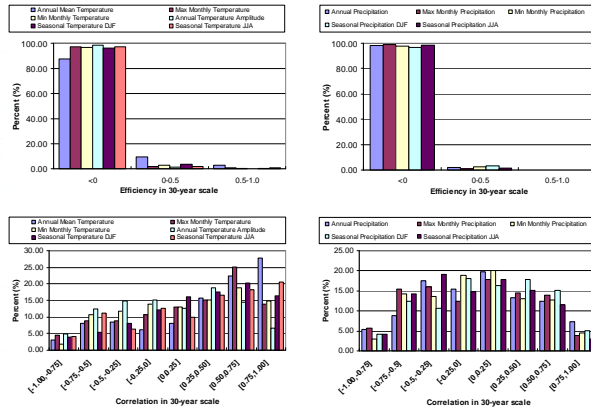
Εξάρτηση τυπικής απόκλισης από το γεωγραφικό πλάτος



Τυπική απόκλιση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος

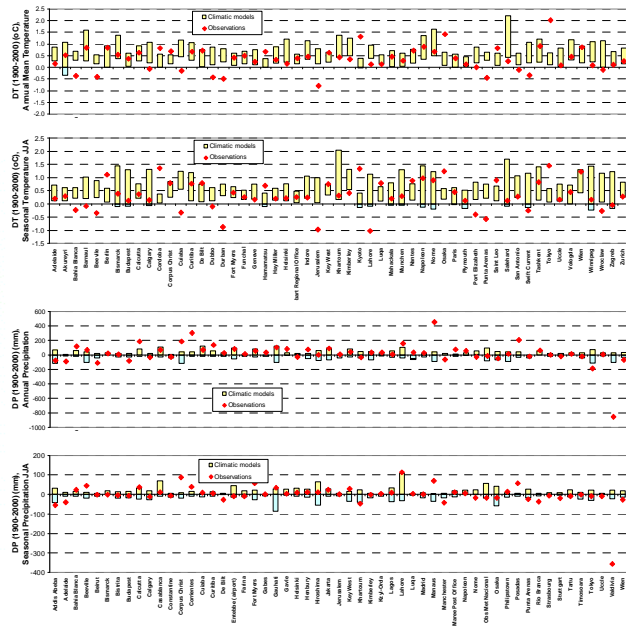
- Τα αποτελέσματα των μοντέλων δίνουν καλύτερη εικόνα για την τυπική απόκλιση σε σύγκριση με τον συντελεστή Hurst.
- Η τυπική απόκλιση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της βροχόπτωσης μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος, αλλά εξαρτάται επίσης από το αν ο σταθμός είναι ηπειρωτικός ή παραθαλάσσιος.
- Οι δύο αυτοί παράγοντες αντιπροσωπεύονται ικανοποιητικά από τα μοντέλα και εφόσον η τυπική απόκλιση εξαρτάται από αυτούς είναι λογικό να παρατηρείται αυτή η σχετικά καλύτερη εικόνα.

Συντελεστής συσχέτισης και αποτελεσματικότητα σε 30-ετή κλίμακα



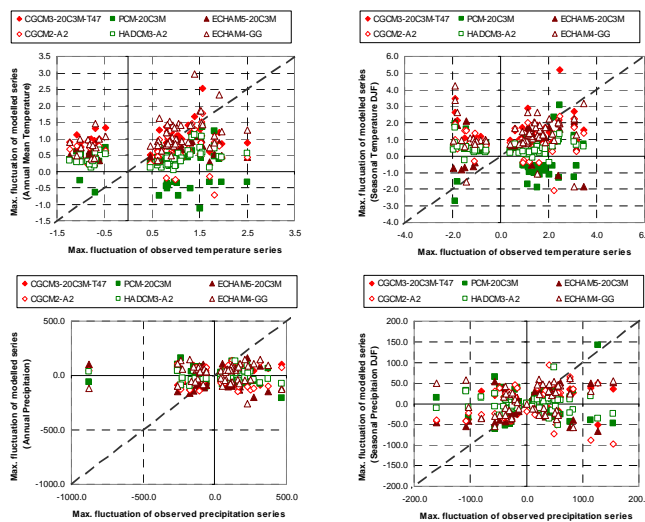
- Η πλειονότητα των εξεταζόμενων σταθμών παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή αποτελεσματικότητας.
- Μεγάλο ποσοστό των σταθμών έχει χαμηλές τιμές του συντελεστή συσχέτισης, ακόμη και αρνητικές στη θερμοκρασία και στη βροχόπτωση.

Διακύμανση του 30-ετούς μέσου στον 20^ο αιώνα



- Τα κλιματικά μοντέλα στην πλειονότητα των σταθμών που εξετάστηκαν αδυνατούν να προβλέψουν την διακύμανση του 30-ετούς μέσου στον 20ο αιώνα.
- Σε πολλές περιπτώσεις τα μοντέλα προβλέπουν αντίθετη μεταβολή από αυτήν που στην πραγματικότητα έχει συμβεί.

Μέγιστη διακύμανση του 30-ετούς μέσου



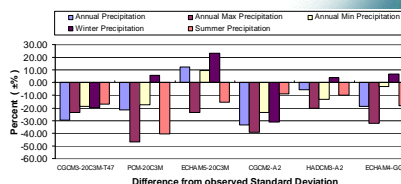
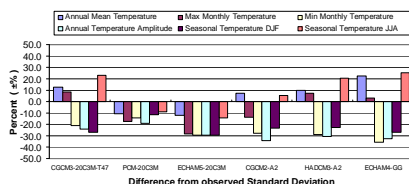
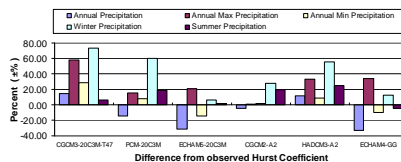
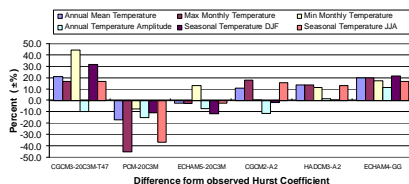
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα επιφανειακής σύγκρισης

- Στην μηνιαία χρονική κλίμακα τα μοντέλα γενικά αναπαράγουν την ακολουθία θερμών – ψυχρών και ξηρών – υγρών περιόδων. Ο μέσος συντελεστής συσχέτισης είναι 0.976 και 0.169, ενώ ο μέσος συντελεστής αποτελεσματικότητας είναι 0.876 και -2.072.
- Η εικόνα βέβαια αλλάζει στην ετήσια κλίμακα. Ο μέσος συντελεστής συσχέτισης για όλες τις χρονοσειρές που εξετάστηκαν είναι κοντά στα μηδέν ενώ ο συντελεστής αποτελεσματικότητας παίρνει αρνητικές τιμές. Σημαντική απόκλιση παρατηρείται στην εκτίμηση του συντελεστή Hurst και της τυπικής απόκλισης.
- Στην 30-ετή κλίμακα, ο μέσος συντελεστής συσχέτισης αυξάνεται ελαφρώς, αλλά ο μέσος συντελεστής αποτελεσματικότητας είναι έντονα αρνητικός ενώ παράλληλα υπάρχει μεγάλη απόκλιση στην εκτίμηση της διακύμανσης του 30-ετούς μέσου κατά τον 20ο αιώνα και της μέγιστης διακύμανσης του 30-ετούς μέσου καθ' όλη τη διάρκεια μελέτης.

Συντελεστής Hurst και τυπική απόκλιση

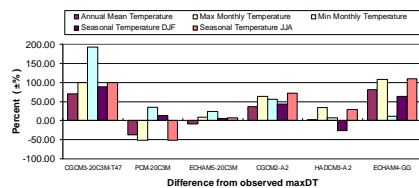
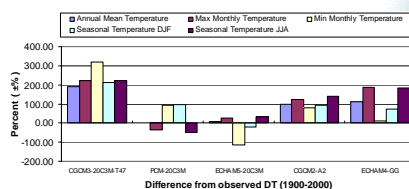
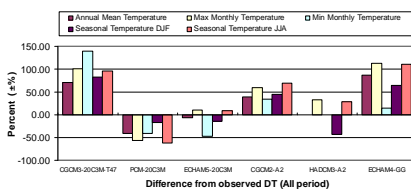
| Ετήσια Κλίμακα/ Θερμοκρασία | Συντελεστής Hurst | Τυπική απόκλιση |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| Ετήσια Μέση Θερμοκρασία | 0.765 | 0.442 |
| Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 0.762 | 0.621 |
| Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 0.515 | 1.450 |
| Ετήσιο Θερμοκρασιακό εύρος | 0.555 | 1.519 |
| Εποχιακή Θερμοκρασία ΔΙΦ | 0.662 | 0.990 |
| Εποχιακή Θερμοκρασία ΠΑ | 0.787 | 0.500 |

| Ετήσια Κλίμακα/ Βροχόπτωση | Συντελεστής Hurst | Τυπική απόκλιση |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|
| Συνολική βροχόπτωση | 0.628 | 52.175 |
| Μέγιστη Μηνιαία βροχόπτωση | 0.420 | 8.897 |
| Ελάχιστη Μηνιαία βροχόπτωση | 0.469 | 7.252 |
| Εποχιακή βροχόπτωση ΔΙΦ | 0.412 | 20.666 |
| Εποχιακή βροχόπτωση ΠΑ | 0.522 | 19.414 |



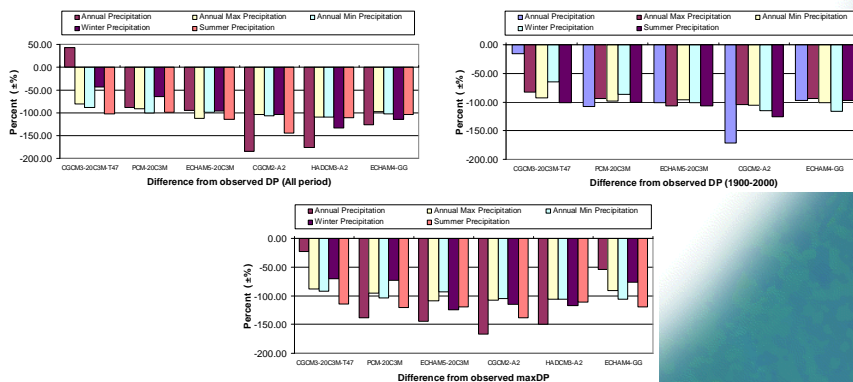
Διακυμάνσεις του 30-ετούς μέσου όρου (θερμοκρασία)

| 30-ετής Κλίμακα/ Θερμοκρασία | DT (All Period) | DT (1900-2000) | maxDT |
|---------------------------------|-----------------|----------------|-------|
| Ετήσια Μέση Θερμοκρασία | 0.55 | 0.32 | 0.56 |
| Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 0.64 | 0.37 | 0.73 |
| Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 0.38 | 0.19 | -0.81 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΔΙΦ | 0.75 | 0.45 | 0.89 |
| Εποχιακή θερμοκρασία ΠΑ | 0.56 | 0.43 | 0.58 |



Διακυμάνσεις του 30-ετούς μέσου όρου (βροχόπτωση)

| 30-ετής Κλίμακα/ Βροχόπτωση | DP (All Period) | DP (1900-2000) | maxDP |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-------|
| Συνολική βροχόπτωση | 28.17 | 34.68 | 53.72 |
| Μέγιστη Μηνιαία βροχόπτωση | 2.57 | 3.96 | 4.89 |
| Ελάχιστη Μηνιαία βροχόπτωση | 2.12 | 1.34 | 3.70 |
| Εποχιακή βροχόπτωση ΔΙΦ | -5.58 | 1.41 | -8.75 |
| Εποχιακή βροχόπτωση ΗΑ | 3.32 | 5.51 | 13.63 |



Συνοψίζοντας...

- Η επιστήμη της κλιματολογίας κυριαρχείται σήμερα πλήρως από ντετερμινιστικά στερεότυπα τα οποία υπαγορεύουν ότι τα GCM μπορούν να προβλέψουν με αξιοπιστία το μελλοντικό κλίμα.
- Τέθηκαν τα εξής ερωτήματα: (1) επιβεβαιώνεται το επιχείρημα των υποστηρικτών των κλιματικών μοντέλων ότι τα μοντέλα δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα σε ηπειρωτική κλίμακα και άνω; (2) Οι γεωγραφικά κατανεμημένες προβλέψεις είναι αρκετά αξιόπιστες προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε περαιτέρω μελέτες;
- Η απάντηση στην πρώτη ερώτηση επιχειρήθηκε να δοθεί πραγματοποιώντας επιφανειακή ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων των μοντέλων και των ιστορικών δεδομένων. Η απάντηση στην δεύτερη ερώτηση επιχειρήθηκε να δοθεί συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των κλιματικών μοντέλων με ιστορικές χρονοσειρές 55 σταθμών από όλο τον κόσμο.

Συμπεράσματα

- Στην μηνιαία χρονική κλίμακα τα κλιματικά μοντέλα αναπαράγουν αποτελεσματικά την ακολουθία υγρών/ξηρών ή θερμών/ψυχρών περιόδων σε όλους τους σταθμούς που εξετάστηκαν αλλά και στην επιφανειακή σύγκριση που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ.
- Στην ετήσια και την κλιματική (30-ετή) κλίμακα τα πράγματα είναι απογοητευτικά. Τα κλιματικά μοντέλα αδυνατούν να αναπαράγουν τις διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας των ιστορικών χρονοσειρών και στις περισσότερες περιπτώσεις υποεκτιμούν τον συντελεστή Hurst και την τυπική απόκλιση τους.
- Οι έντονα αρνητικές τιμές του συντελεστή αποτελεσματικότητας υποδεικνύουν ότι οι προβλέψεις των μοντέλων είναι πολύ χειρότερες ακόμη και από μία πολύ στοιχειώδη πρόβλεψη βασισμένη στη μέση τιμή.
- Κανένα από τα μοντέλα δεν φαίνεται να αποδίδει καλύτερα από το άλλο σε κανέναν από τους στατιστικούς δείκτες και παράδοξως τα μοντέλα του AR4 δεν αποδίδουν καλύτερα από αυτά του TAR.
- Οι κλιματικές διεργασίες είναι πολύ πολύπλοκες και μπορούν να περιγραφούν αποτελεσματικότερα κάτω από ένα πιθανοτικό – στοχαστικό πλαίσιο παρά με ντετερμινιστικά μοντέλα που αδυνατούν να προσομοιώσουν τις χαοτικές αλληλεπιδράσεις των κλιματικών συστημάτων.