



ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

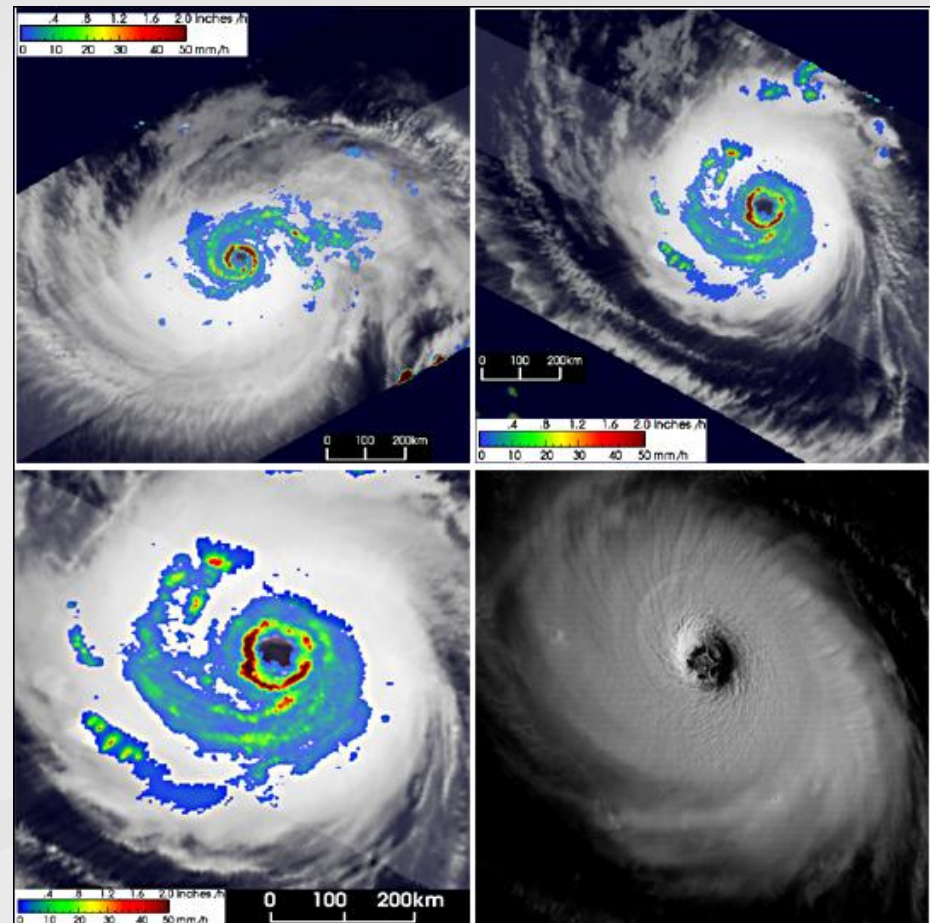
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΠΜΣ «ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
ΣΕ ΛΕΠΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ**

**ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΑΘΕΟΔΟΣΙΟΥ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, 2011



ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

- 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**
- 2. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ**
- 3. ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**
- 4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**
- 5. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ**
- 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**
- 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**
- 8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΓΙΑΤΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ?

- *Μεγάλη χωρική και χρονική ευκρίνεια.*
- *Αποφυγή προβλημάτων επίγειων μετρήσεων*
- *Άμεσα διαθέσιμα μέσω Διαδικτύου*

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- *Υψηλή ακρίβεια αλλά μικρή χωρική κάλυψη*
- *Συχνές βλάβες με αποτέλεσμα πολλές κενές τιμές*
- *Ύπαρξη ανθρωπίνου παράγοντα με αποτέλεσμα τη μείωση της αξιοπιστίας των μετρήσεων*

Τα προβλήματα αυτά αφορούν κυρίως τις μικρές χρονικές κλίμακες!

ΔΟΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΑΠΟΣΤΟΛΗ “TRMM”

TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission

- Αρχική ιδέα αποστολής η εκτίμηση της βροχόπτωσης μόνο στους τροπικούς (γεωγραφικά πλάτη $\pm 30^\circ$)
- Περίοδος λειτουργίας από 1/1998 μέχρι σήμερα
- Γεωγραφική κάλυψη $\pm 40^\circ$ για την περίοδο από 1998-2000 και $\pm 50^\circ$ από 2000 μέχρι σήμερα
- Παύση αποστολής το 2012

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΑΠΟΣΤΟΛΗ “TRMM” (2)

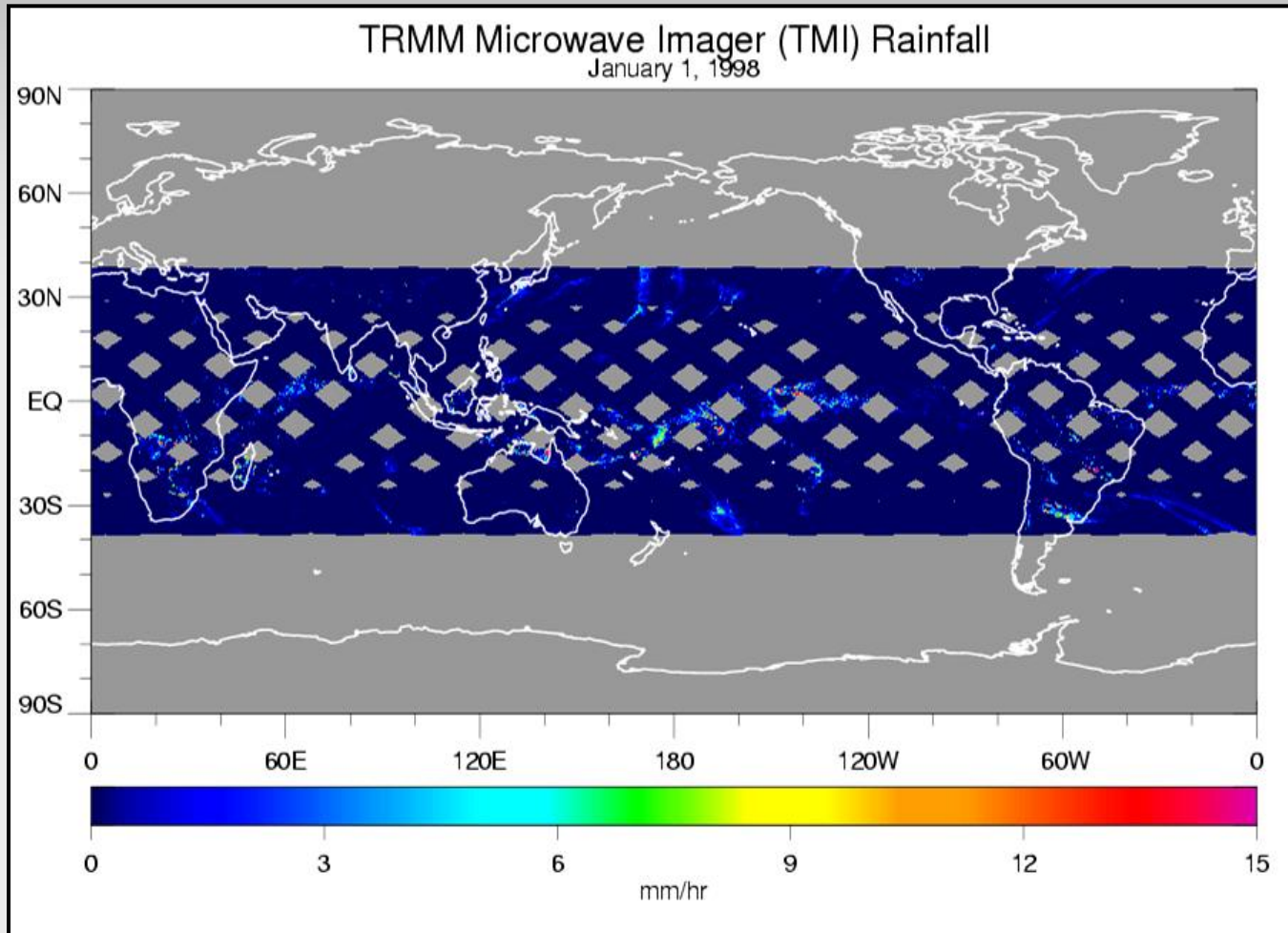
Συμμετέχοντες Δορυφόροι

- *TRMM*
- *GOES-W*
- *GOES-E*
- *AQUA*
- *MTSAT*
- *METEOSAT 5 (παύση 2007)*
- *METEOSAT 7*

Όργανα μέτρησης

- *PR (Precipitation Radar)*
- *TMI (TRMM Microwave Imager)*
- *VIRS (Visible and Infrared Scanner)*
- *CERES (Cloud and Earth Radiant Energy System)*
- *LIS (Lightning Imaging Sensor)*

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΑΠΟΣΤΟΛΗ “TRMM” (3)



***Χρωματική απεικόνιση καταγραφών του TMI
του δορυφόρου TRMM την 1/1/1998***

ΔΟΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΠΡΟΪΟΝ 3B42V6

Προϊόν 3B42V6

Δεδομένα σε

Κάνναβο

(gridded data)

Προϊόν 3B42

- Χωρική Ευκρίνεια 0,25°
- Χρονική Ανάλυση 3 ώρες
- Διόρθωση με επίγεια δεδομένα
- Χρονική υστέρηση τουλάχιστον 6 μήνες

Προϊόν 3B42RT

- Χωρική Ευκρίνεια 0,25°
- Χρονική Ανάλυση 3 ώρες
- Χρονική υστέρηση 6-12 ώρες

ΔΟΥΦΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Από βιβλιογραφική ανασκόπηση έχουν παρατηρηθεί τα εξής προβλήματα:

- *Αδυναμία καταγραφής επεισοδίων μικρής έντασης
($i < 0,1 \text{ mm/hr}$)*
- *Αδυναμία περιγραφής ορογραφικού φαινομένου*
- *Αδυναμία διαχωρισμού ειδών κατακρήμνισης*
- *Αλλοίωση μετρήσεων σε χιονισμένες επιφάνειες εδάφους*
- *Το 3B42RT, αν και κρίσιμο για την πρόγνωση πλημμυρών, φαίνεται να είναι πολύ αναξιόπιστο στο εύκρατο κλίμα*

ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΕΜΥ



Οι 29 μετεωρολογικοί σταθμοί (ΕΜΥ) που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη

ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΜΥ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *Χωρική ανομοιομορφία και μικρή πυκνότητα*
- *Πολλά κενά στις χρονοσειρές λόγω βλαβών*
- *Πολλές αναξιόπιστες ή εμφανώς λανθασμένες τιμές*
- ***Γενική δυσκολία απόκτησης επιγείων δεδομένων***



ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (1)

**Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΓΙΝΕ ΣΗΜΕΙΑΚΑ (ΣΕ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΟ)
ΣΕ ΤΡΙΑ ΣΤΑΔΙΑ:**

1. Στατιστική σύγκριση χρονοσειρών
2. Σύγκριση τιμών μεγίστων (εμπειρική κατανομή)
3. «Ποιοτική» σύγκριση χρονοσειρών και μεγίστων

Επόμενο βήμα:

Κατάρτιση χαρτών χωρικής κατανομής σφάλματος

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (2)

1. Στατιστική Σύγκριση

- Σε 17 σταθμούς έγινε σύγκριση μεταξύ της επίγειας χρονοσειράς και της δορυφορικής σε 12ωρη κλίμακα
- Σε 12 σταθμούς έγιναν 2 στατιστικές συγκρίσεις:
 - Σε 3ωρη κλίμακα σε επεισόδια μόνο (10 μέρες ανά έτος)
 - Σε 24ωρη κλίμακα σε επίπεδο χρονοσειράς
- Η δορυφορική εκτιμήθηκε μέσω μη γραμμικής παρεμβολής μεταξύ των τιμών των 4 γειτονικών σημείων του κάνναβου

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (3)

1. Στατιστική Σύγκριση (συνέχεια)

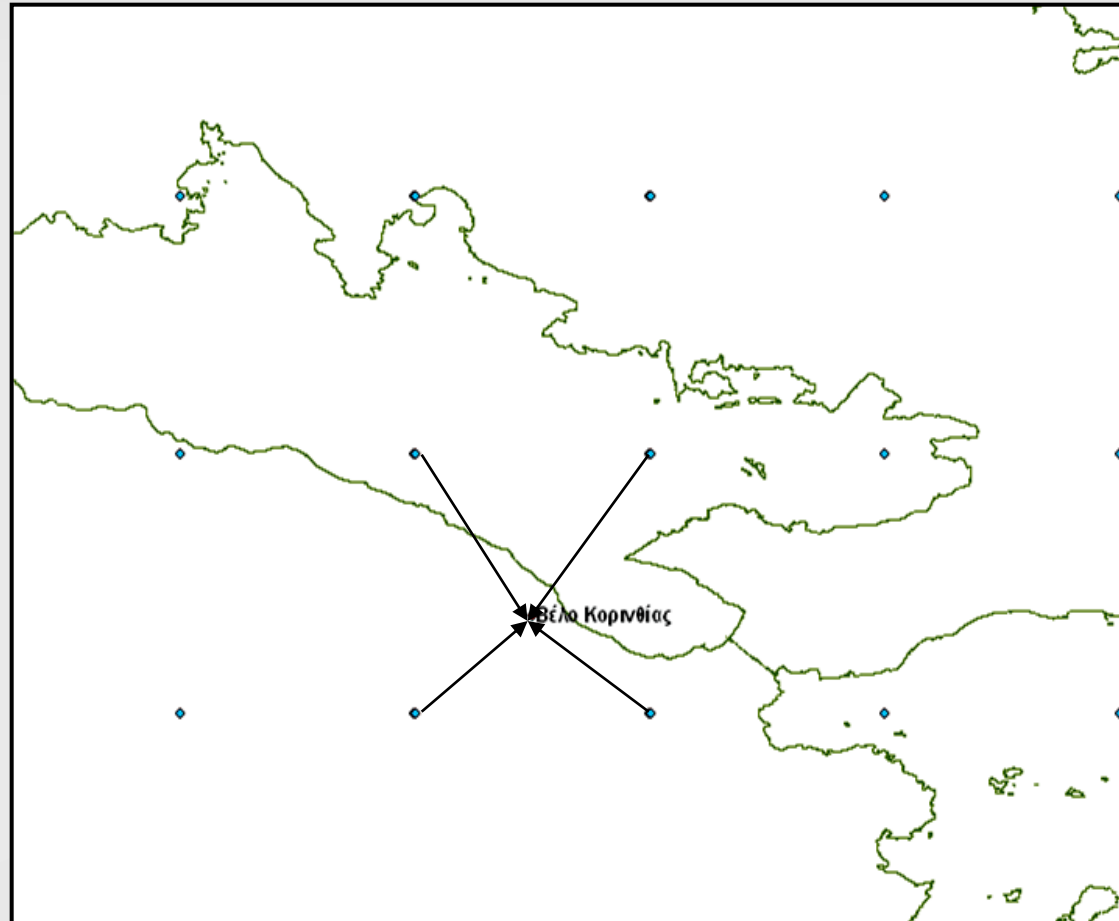
Μέθοδος Παρεμβολής

$$S_{ji} = (a + Y_{ji})^c$$

$$S_i = \sum_{j=1}^4 w_j \times S_{ji}$$

$$S_i = \left(\sum_{j=1}^4 w_j \times (a + Y_{ji})^c \right)^{1/c} - a$$

$$\text{Ισχύει, } \sum_{j=1}^4 w_j = 1 \text{ και } \alpha, c > 0$$



ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (4)

1. Στατιστική Σύγκριση (συνέχεια)

- *M.O.* και *T.A.* για κάθε χρονοσειρά
- Αποκλίσεις *M.O.* (*PBIAS*) και *T.A.* σε ποσοστά (%)
- Μέσο απόλυτο σφάλμα παρατηρήσεων (*MAE*)
- Τετραγωνική ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (*RMSE*)
- Συντελεστής συσχέτισης *R*
- Συντελεστής αποδοτικότητας (*Nash-Sutcliffe, Eff*)
- Τιμή συνάρτησης σφάλματος *Er*

$$Er = MSE^2 + q(e_m^2 + e_s^2), \text{ με } q=1000$$

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (5)

2. Σύγκριση σε επίπεδο μεγίστων τιμών

- Μέγιστα 12, 24 και 48 ωρών για κάθε σταθμό και χρονοσειρά (από 12 σταθμούς και 3 και 6 ωρών)
- Εμπειρικές πιθανοτικές κατανομές (μήκος 10 ετών)
- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεγίστων (MSE) για κάθε σταθμό
- Η επιλογή των βαρών στην μέθοδο παρεμβολής με βάση την ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων τιμών

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (6)

3. Ποιοτική σύγκριση χρονοσειρών και μεγίστων

- *Σύγκριση συνολικού ύψους βροχής*
- *Σύγκριση χρονικών βημάτων με μη μηδενική βροχή*
- *Σύγκριση χρονικών βημάτων με ύψος βροχής πάνω από κάποιο δεδομένο*
- *Σύγκριση ποσοστού (%) μεγίστων 10ετίας σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής*
- *Χωρική (ποιοτική) κατανομή μεγίστων στο χώρο (χρήση χαρτών)*

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Αρχικά υπολογίστηκαν τα εξής σφάλματα για κάθε σταθμό (σε mm και σε ποσοστό %):

- Σφάλματα στα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας για κάθε διάρκεια (12, 24 και 48 ωρών και στους 12 σταθμούς και 3 και 6 ωρών)
- Μέσα σφάλματα κατανομών για κάθε διάρκεια
- Μέσα απόλυτα σφάλματα κατανομών, όμοια για κάθε διάρκεια

Σφάλμα: $Bias_i (mm) = Si - Gi$

$$Bias_i (%) = \frac{Si - Gi}{Gi} * 100$$

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ (2)

Τα σημειακά σφάλματα (στις θέσεις των σταθμών) ανήχθησαν σε επιφάνειες

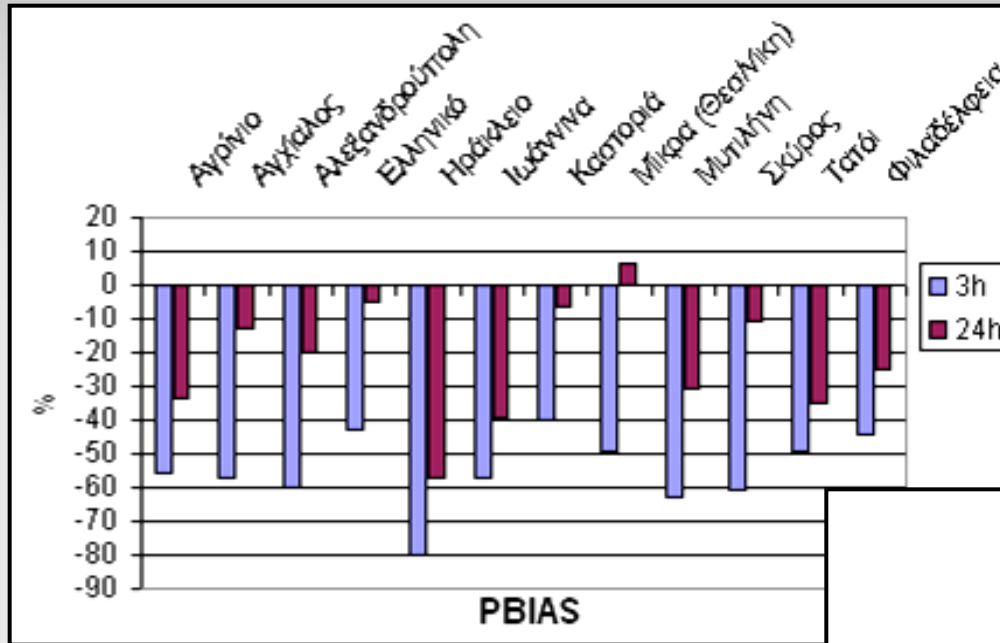
- Μέθοδος επιφανειακής αναγωγής η βέλτιστης παρεμβολής *Kriging*

Ακολούθησε η κατάρτιση νέων διορθωμένων χαρτών μεγίστων

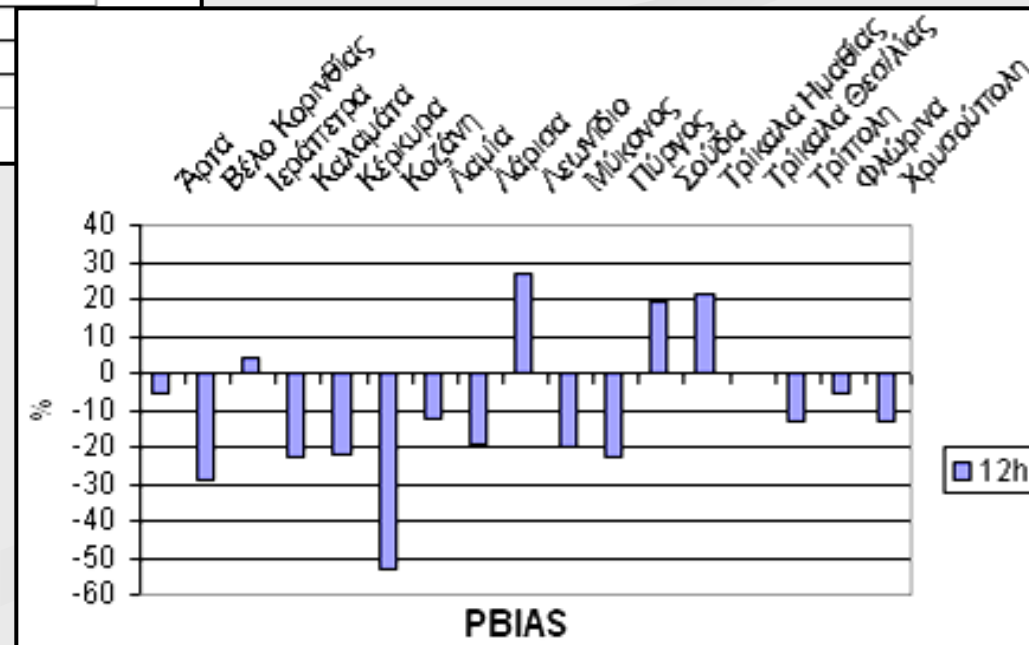
$$\left(\begin{array}{c} \text{Αρχικοί} \\ \text{δορυφορικοί} \\ \text{χάρτες μεγίστων} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Αντίστοιχες} \\ \text{επιφάνειες} \\ \text{σφαλμάτων} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Τελικοί} \\ \text{διορθωμένοι} \\ \text{χάρτες μεγίστων} \end{array} \right)$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Σχεδόν μόνιμη υποεκτίμηση των μέσων όρων



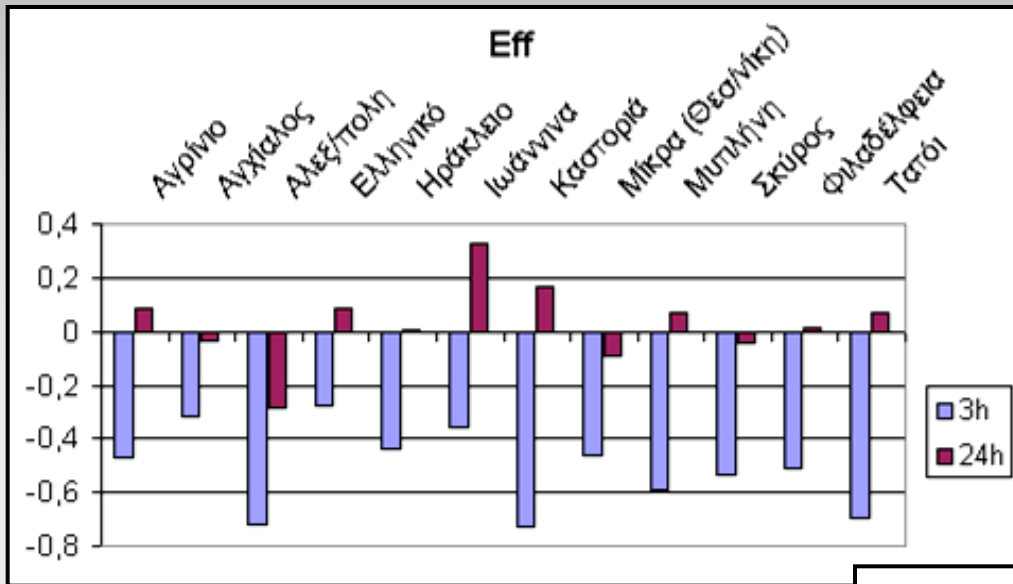
...ειδικά στη μικρή χρονική κλίμακα



$$PBIAS (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n Si - \sum_{i=1}^n Gi}{\sum_{i=1}^n Gi} \times 100$$

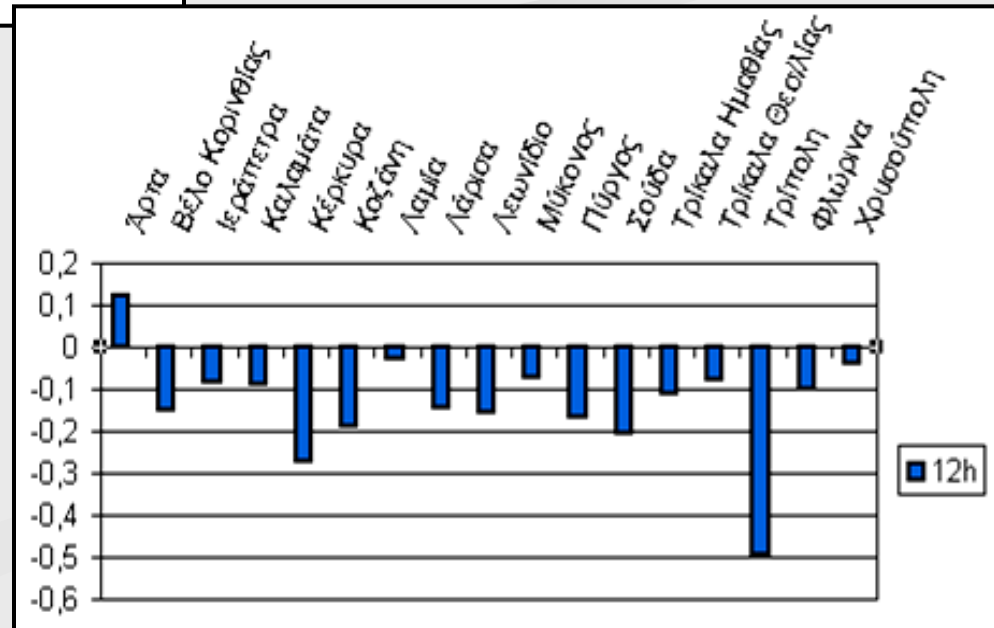
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (2)

- Σχεδόν μόνιμα αρνητικός ο συντελεστής αποδοτικότητας



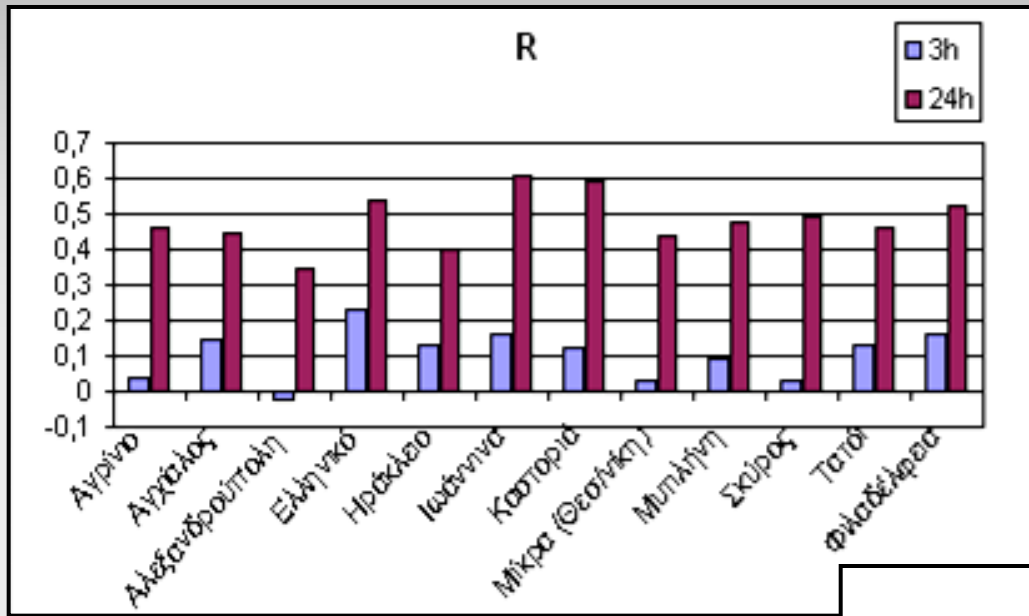
Το πρόβλημα εντείνεται αυξανομένης της κλίμακας

$$Eff = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - G_i)^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - G_m)^2}$$



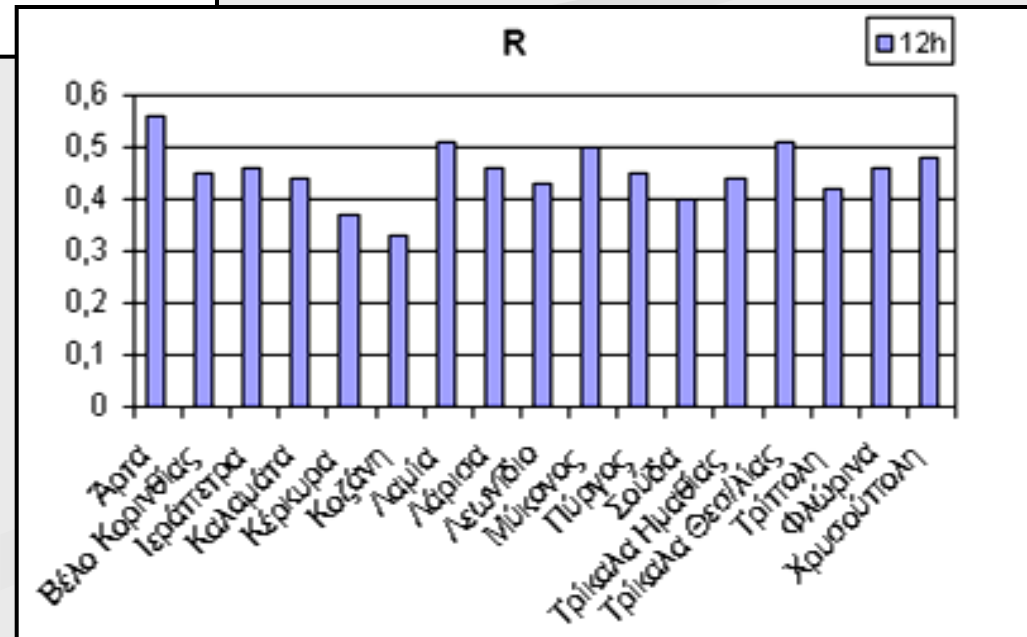
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (3)

- Μικρός συντελεστής συσχέτισης (γενικά $R < 0,5$)



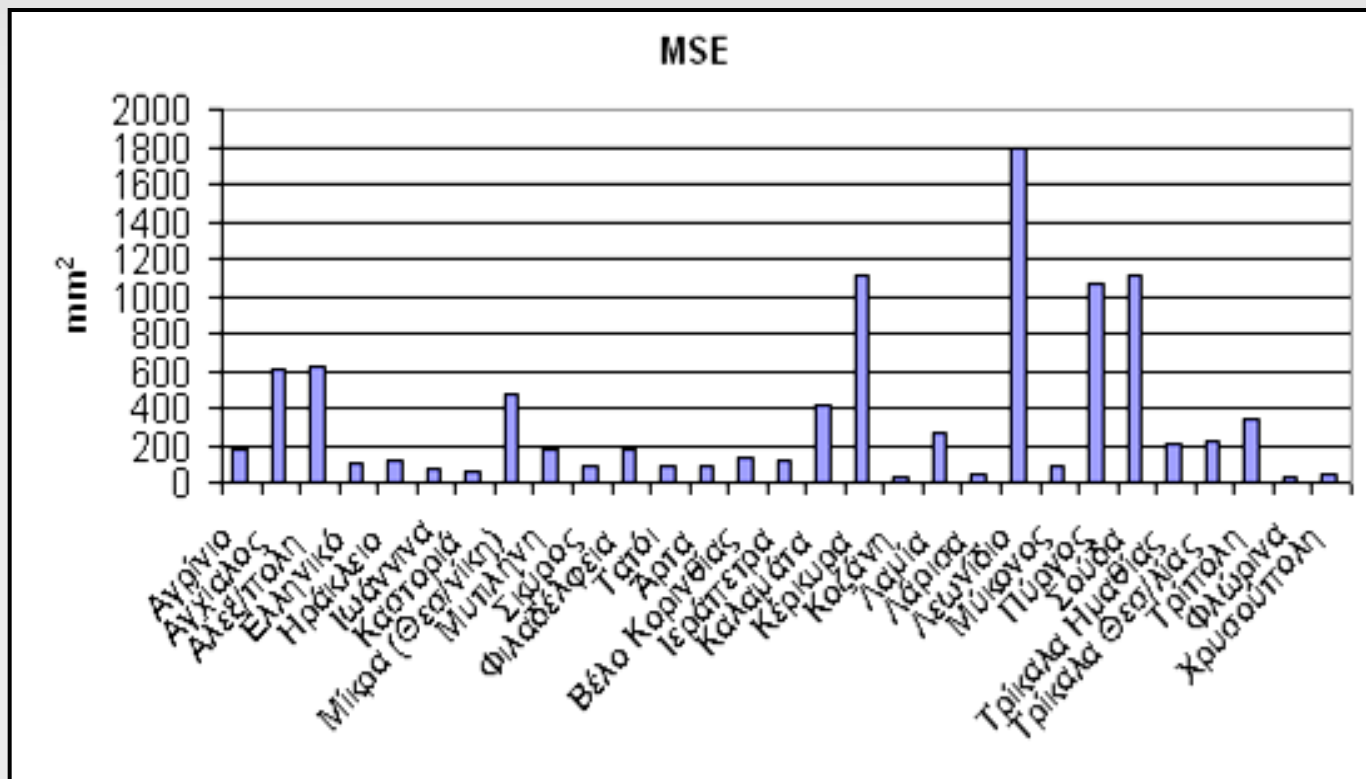
Στην κλίμακα των 3 ωρών δύσκολα ξεπερνά το 0,15

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n ((S_i - S_m) \times (G_i - G_m))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - S_m)^2 \times \sum_{i=1}^n (G_i - G_m)^2}}$$



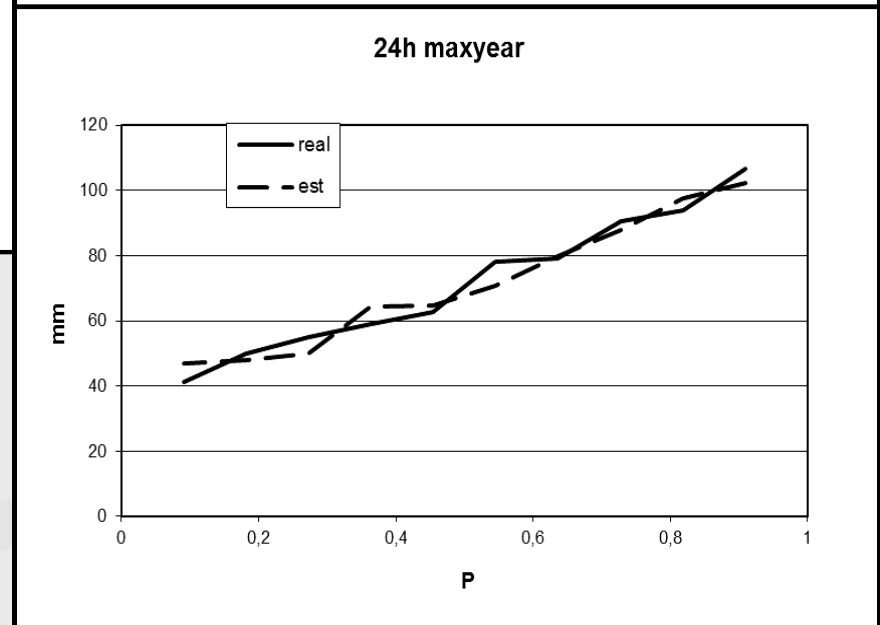
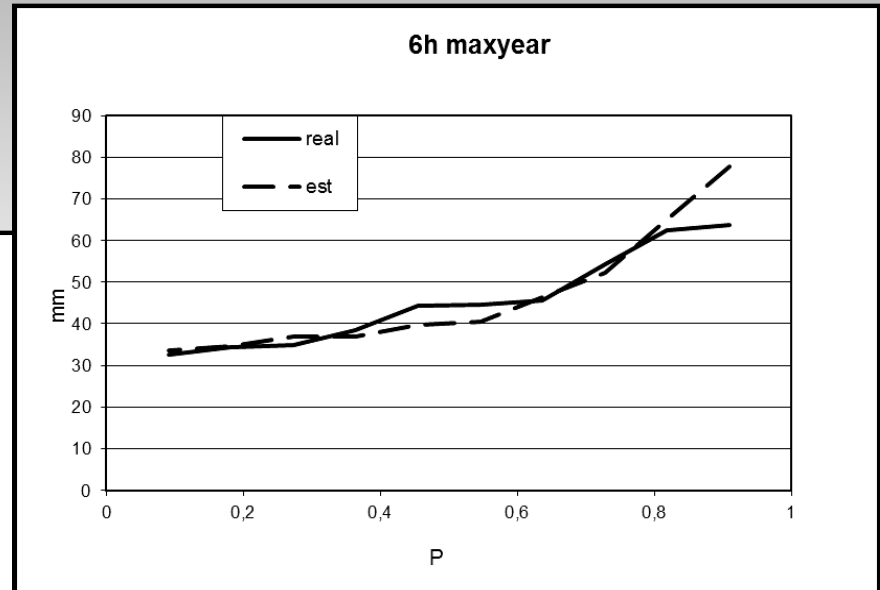
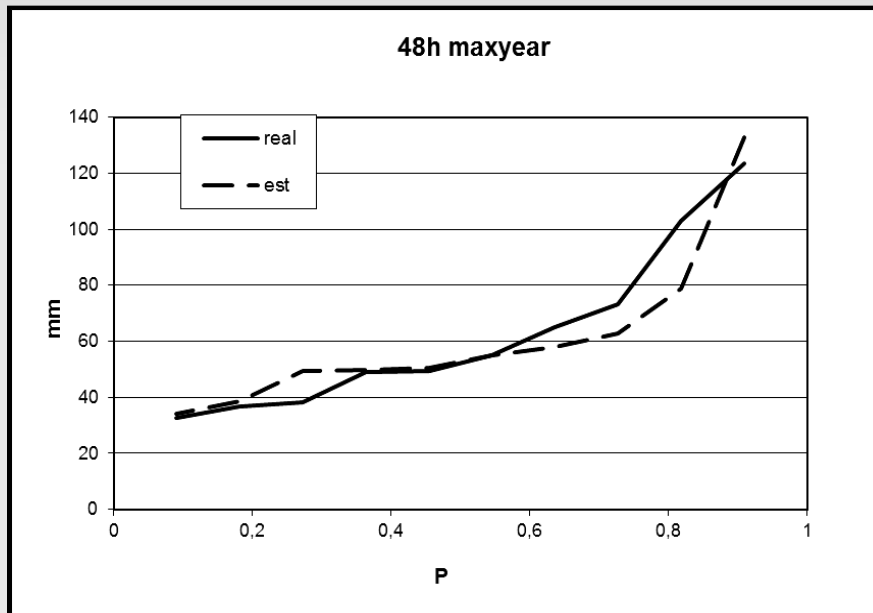
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (4)

Γενικά παρατηρήθηκε καλή προσομοίωση στις πιθανοτικές κατανομές μεγίστων



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (5)

*Παραδείγματα καλών
προσομοιώσεων κατανομών*



*Κατανομές ετήσιων μεγίστων 48,
6 και 24 ωρών για τους
σταθμούς Σκύρου, Φιλαδέλφειας
και Χρυσουπόλεως αντίστοιχα*

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (6)

Γενική αδυναμία καταγραφής μικρών και μέτριων επεισοδίων βροχής στη συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών

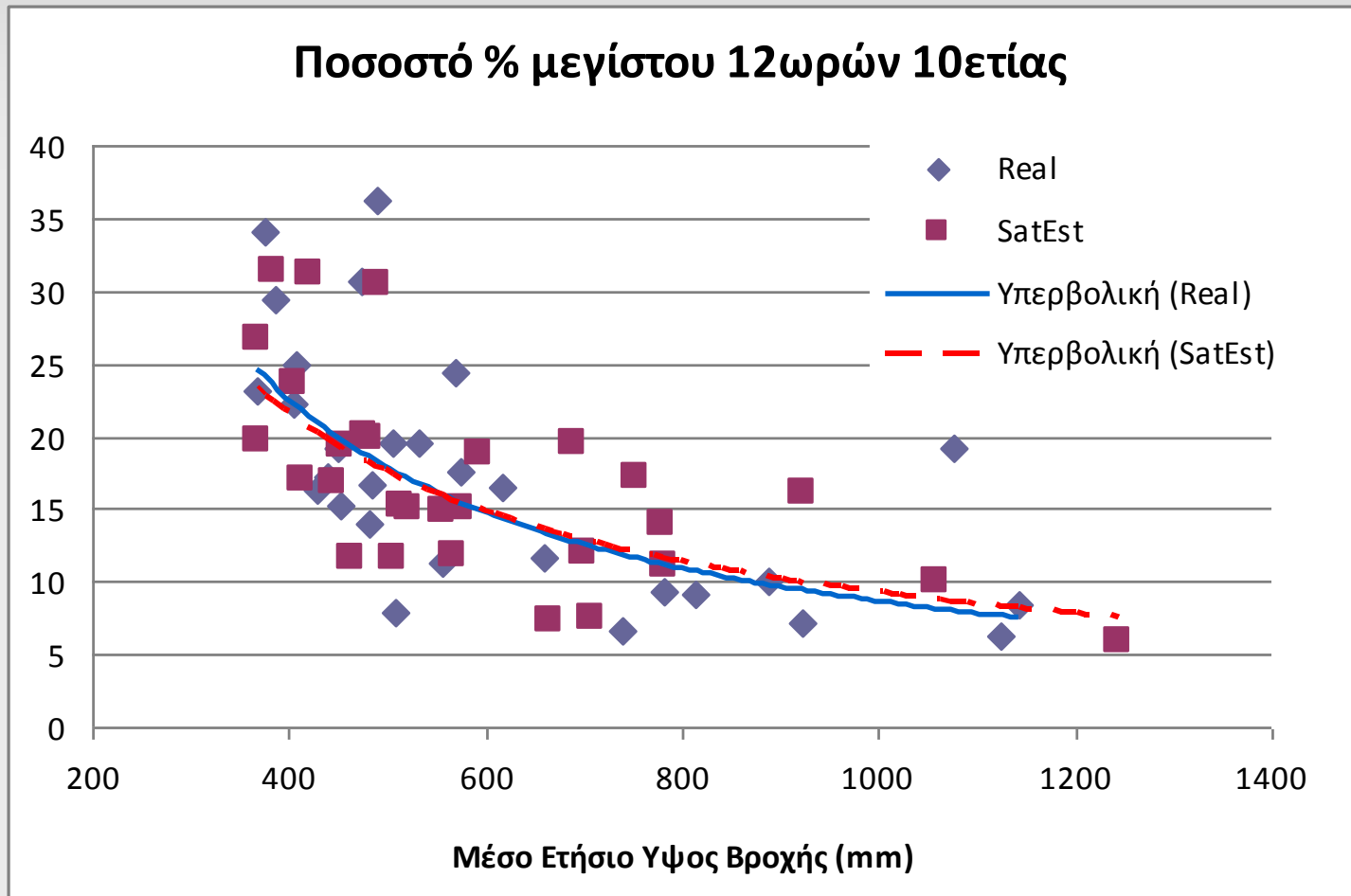
Ηράκλειο 24h	Real	Est
(mm)	5547	2383,7
Nr	858	229
Nr>15	109	48
Nr>25	46	25
Nr>35	24	13
Nr>45	12	8
Nr>55	3	4
Nr>65	0	4
Nr>80	0	0

Κέρκυρα 12h	Real	Est
(mm)	9801,4	7608,094
Nr	1230	420
Nr>10	297	234
Nr>20	144	123
Nr>30	63	77
Nr>40	28	48
Nr>50	18	27
Nr>60	8	20
Nr>70	5	14

Τρίπολη 12h	Real	Est
(mm)	5118,5	4461,6
Nr	970	499
Nr>10	157	138
Nr>20	37	53
Nr>30	10	23
Nr>40	2	15
Nr>50	2	9
Nr>60	1	5
Nr>70	1	3

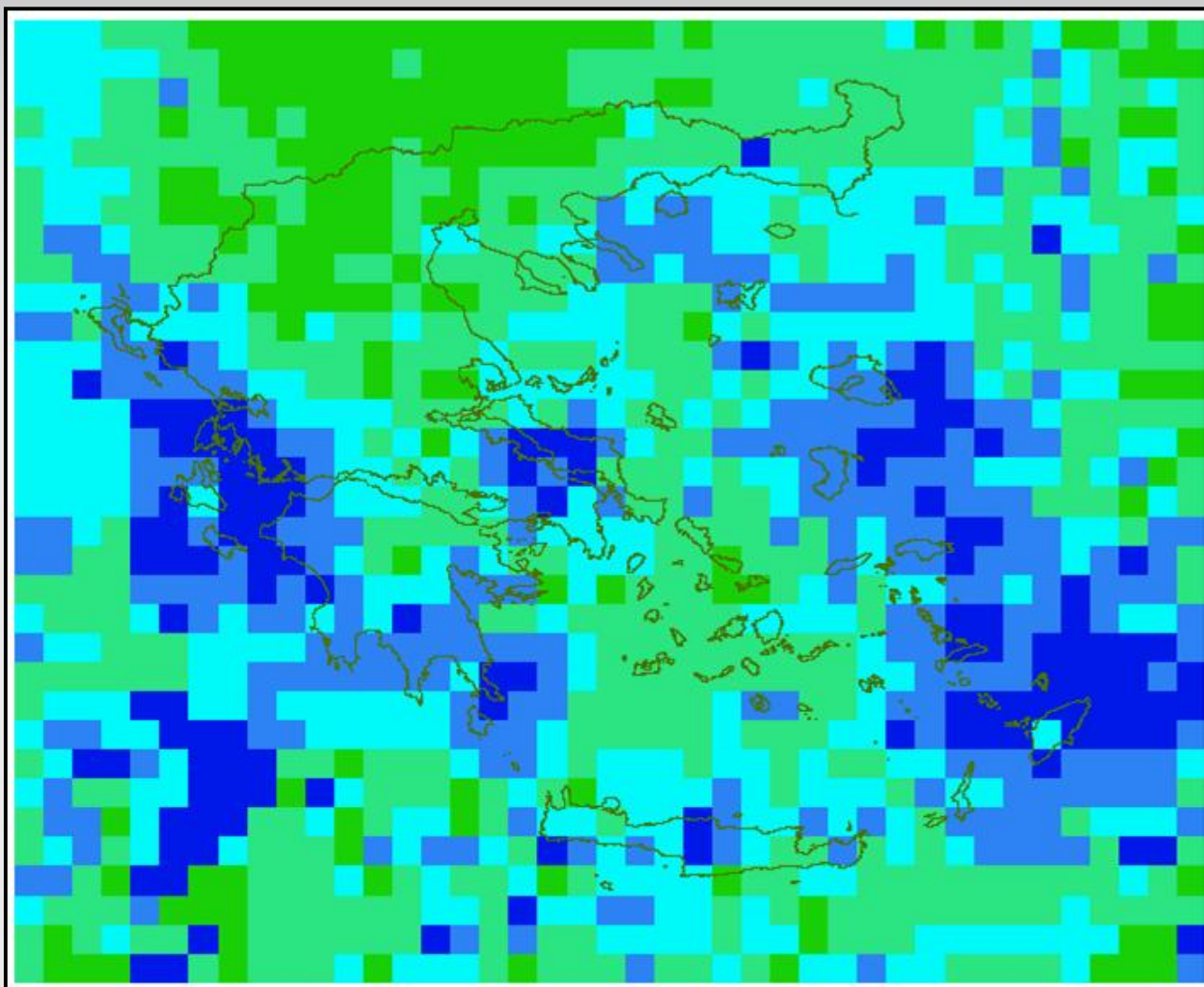
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (7)

Καλή προσομοίωση της συμπεριφοράς μείωσης του ποσοστού ενός μεγίστου αυξανομένου του μέσου ετήσιου ύψους



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (8)

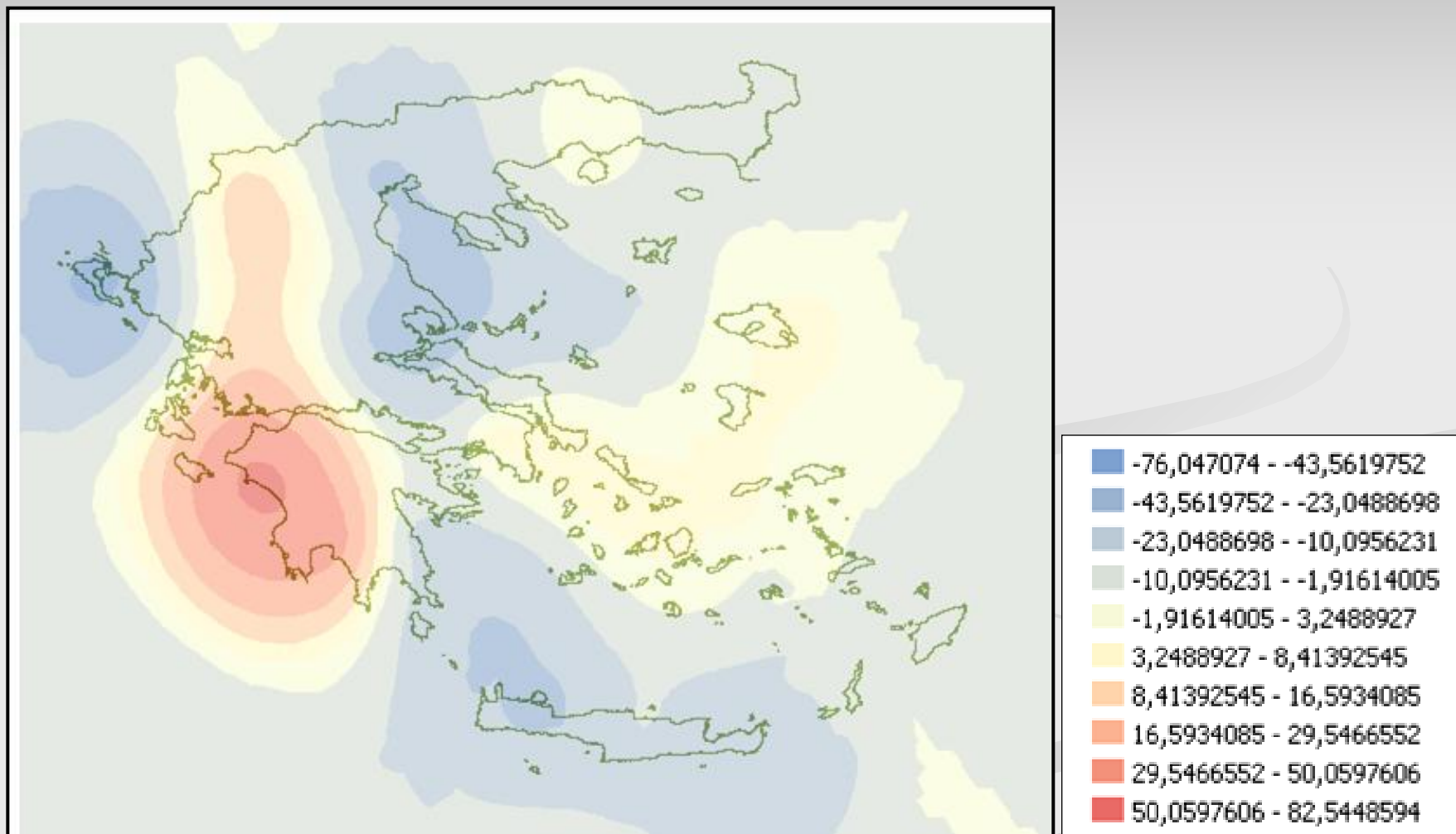
Σχετικά καλή (λογική) χωρική κατανομή μεγίστων



Μέγιστα 3ωρα 10ετίας σε mm

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (9)

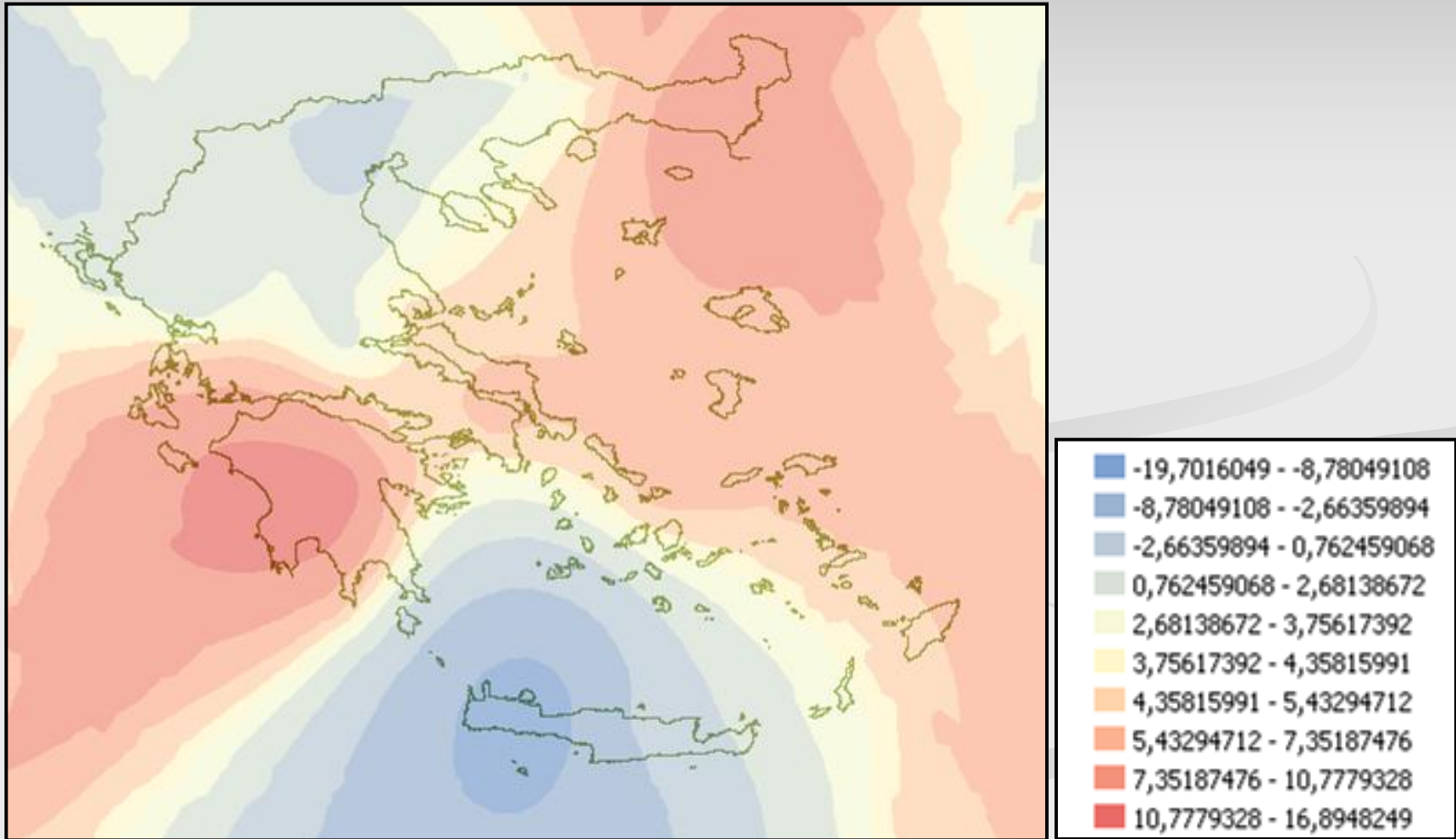
Χωρική κατανομή σφαλμάτων 10ετίας



Τιμές σφαλμάτων στα μέγιστα 12ωρα 10ετίας σε mm

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (10)

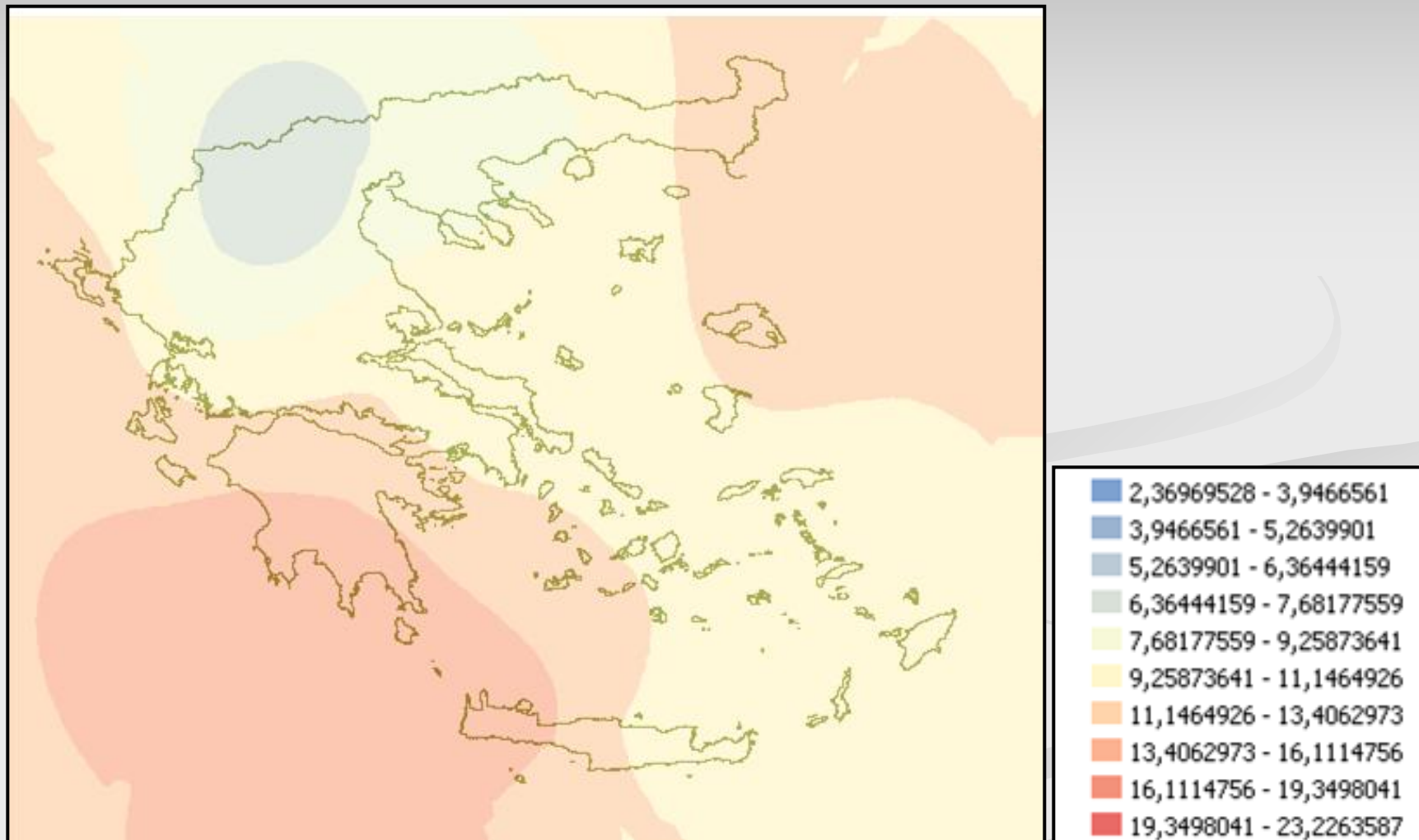
Χωρική κατανομή μέσων σφαλμάτων



Τιμές μέσων σφαλμάτων στα μέγιστα 12 ωρών σε mm

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ (11)

Χωρική κατανομή μέσωσων απόλυτων σφαλμάτων



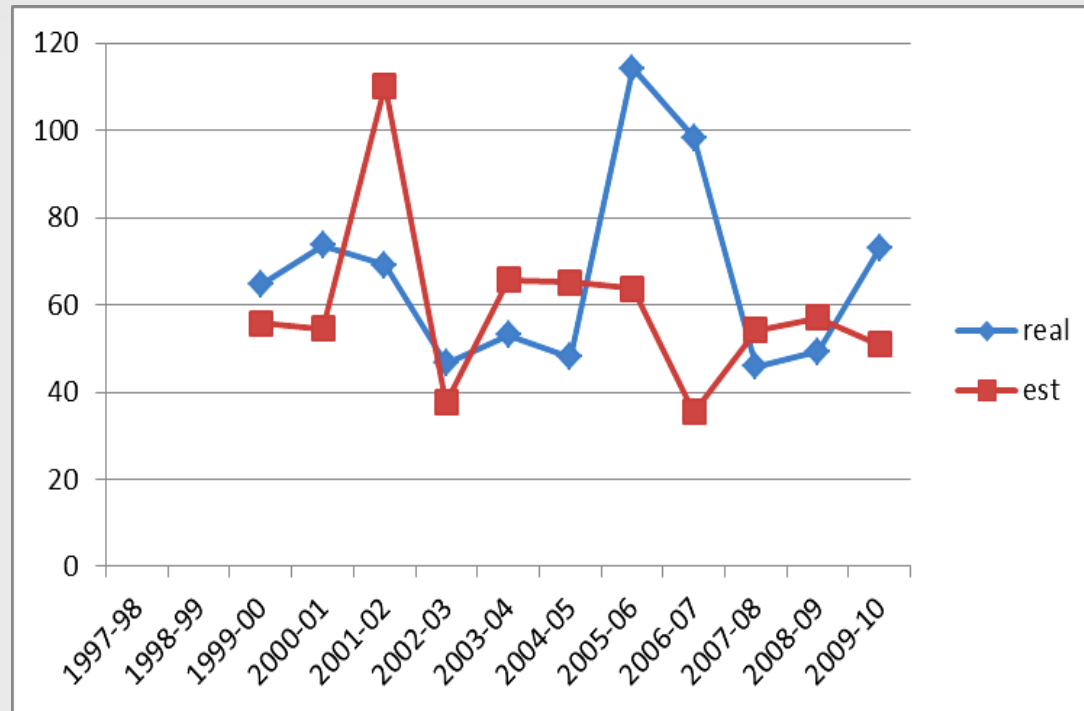
Τιμές μέσωσων απόλυτων σφαλμάτων στα μέγιστα 12 ωρών σε mm

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Κακή προσομοίωση σε επίπεδο στατιστικής σύγκρισης
- Συχνότατη και σοβαρή υποεκτίμηση του $M.O.$ των παρατηρήσεων
- Στο πλείστον των περιπτώσεων ο Eff αρνητικός άρα ο απλός $M.O.$ συνιστά καλύτερη εκτιμήτρια
- Μέτρια συσχέτιση στις 12 και 24 ώρες αλλά κακή στις 3
- Εμφανής η βελτίωση στις επιδόσεις εκτίμησης καθώς μεγαλώνει η χρονική κλίμακα
- Σημαντική η επίδραση των πολλών μηδενικών στις χρονοσειρές βελτιώνοντας σαφώς τις επιδόσεις

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (2)

- Γενικά καλές προσομοιώσεις των πιθανοτικών κατανομών
- Σε πολλές περιπτώσεις εκτιμάται η τιμή μεγίστου με πολύ μικρή απόκλιση, ωστόσο καμία σχέση ως προς το χρονικό σημείο που συμβαίνει το επεισόδιο



*Χρονοσειρά ετήσιων μέγιστων 24ωρων
από το σταθμό Αγρινίου*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (3)

- Γενική αδυναμία καταγραφής μικρών και λιγότερο μέτριων επεισοδίων



σημαντική μείωση του Μ.Ο. και του συνολικού ύψους βροχής

- Τα μεγάλα επεισόδια συχνά υποτιμούνται κυρίως στη συχνότητα
- Γενικός μηχανισμός η μη καταγραφή πολλών μικρών και μετρίων επεισοδίων και σε κάποιο χρονικό σημείο βάζει μια υψηλή τιμή για εξισορρόπηση
- Στους σταθμούς της Αττικής και ιδιαίτερα στο Ελληνικό είχαμε πολύ καλές επιδόσεις



πιθανώς κοντά να υπάρχει σταθμός που συμμετέχει στη διόρθωση των δορυφορικών μετρήσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (4)

- Τα σφάλματα ποικίλουν πολύ, ανάλογα την περιοχή και την διάρκεια
- Στα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας, γενικώς παρατηρείται σφάλμα τάξεως 25% και σε λίγες περιπτώσεις 50% ή και μεγαλύτερο
- Τα σφάλματα συγκεντρώνονται κυρίως στην Δ-ΝΔ Ελλάδα, Επτάνησα και δυτική Κρήτη
- Ακόμα, οι περιοχές της Μαγνησίας και του ΒΑ Αιγαίου παρουσιάζουν μεγάλα σφάλματα
- Τα μεγαλύτερα (ποσοστιαία) σφάλματα παρατηρούνται συνήθως στις μικρότερες χρονικές κλίμακες

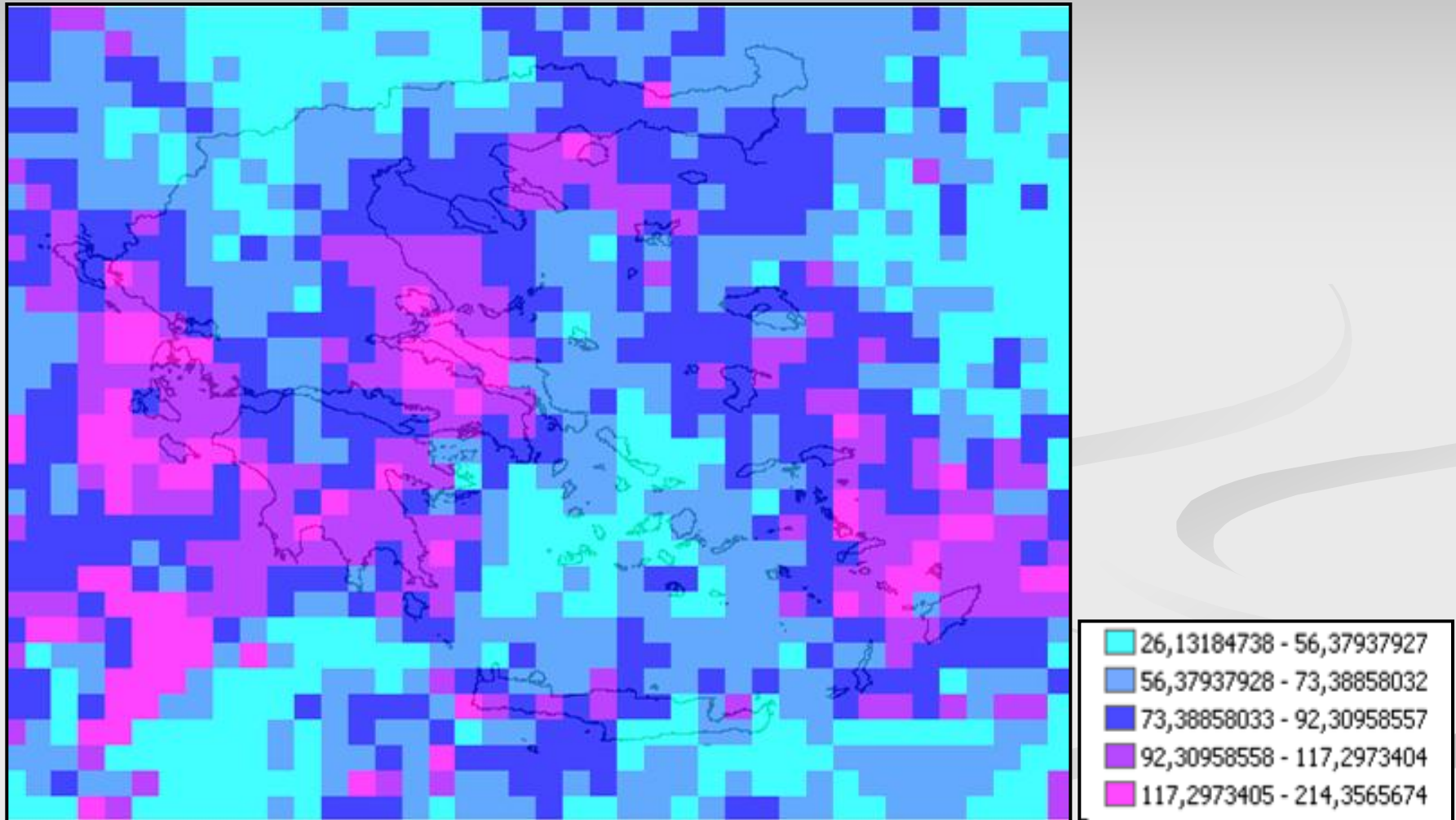
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (5)

- Σε γενικές γραμμές καλή προσομοίωση της χωρικής κατανομής μεγίστων
- Αναπαράγει καλά την συμπεριφορά μείωσης του ποσοστού μεγίστων αυξανόμενου του μέσου ετήσιου ύψους βροχής
- Σχετική αδυναμία προσομοίωσης του ορογραφικού φαινομένου

Στους διορθωμένους χάρτες μεγίστων

- Αύξηση τιμών στην κεντροανατολική Ελλάδα (Θεσσαλία) και την περιοχή της νότιας Πίνδου
- Ελαφρά μείωση στη δυτική Πελοπόννησο
- Αύξηση τιμών στη δυτική Κρήτη
- Μικρή μείωση στην περιοχή της Μυτιλήνης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (5)



Διορθωμένος χάρτης μεγίστων 3ώρων 10ετίας σε mm

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

- Τα δορυφορικά δεδομένα, με τα μέχρι τώρα στοιχεία, αδυνατούν να προσομοιώσουν ικανοποιητικά τα επίγεια στη μικρή κλίμακα του επεισοδίου
- Συστήνεται η χρήση τους σε έρευνες κλιματικής φύσης και όχι σε υδρολογικό σχεδιασμό (μόνο επικουρικά)
- Η αξιοπιστία τους στηρίζεται καθαρά στη διόρθωση από επίγειες μετρήσεις
- Είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία και αναμένονται σημαντικές βελτιώσεις από το 2013 και μετά
- Η ύπαρξη των δεδομένων αυτών επ' ουδενί δεν αντικαθιστά τα επίγεια και δεν μειώνει τη θεμελιώδη αξία τους στην ασφαλή, αποτελεσματική και αειφόρο διαχείριση υδατικών πόρων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ



http://oneiriko-metaixmio.blogspot.com/2011/08/blog-post_15.html,
μετά από προσαρμογή