



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
75% ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
25% ΕΘΝΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ
2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Περιοχική εκτίμηση βροχόπτωσης με τη χρήση Τηλεπισκόπησης και
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π)



ΓΑΛΑΚΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΒΟΛΟΣ 2007

**Περιοχική εκτίμηση βροχόπτωσης με την χρήση Τηλεπισκόπησης και
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π)**

Μέλη τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής

1. Νικόλαος Ρ. Δαλέζιος, Καθηγητής, Αγρομετεωρολογία – Δορυφορική Μετεωρολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
2. Μάριος Σαπουντζής, Λέκτορας, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
3. Άρης Ψιλοβίκος, Λέκτορας, Διαχείριση Ποιότητας Υδάτων και Προσομοίωση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Βόλου για τη διάθεση των επίγειων δεδομένων που χρησιμοποίησα. Επίσης ευχαριστώ τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την αξιοποίηση μετεωρολογικών δορυφόρων (EUMETSAT), για τη διάθεση των δορυφορικών δεδομένων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ απέναντι στον καθηγητή μου Νικόλαο Ρ. Δαλέζιο, που με την εμπειρία του και τις γνώσεις του έδωσε λύσεις στα προβλήματα που μου παρουσιάστηκαν κατά την διεξαγωγή της πτυχιακής μου εργασίας.

Νιώθω ευγνώμων απέναντι στον Δρ. Χρήστο Δομενικιώτη για τις ώρες έρευνας και εργασίας που διέθεσε για να με βοηθήσει, την ακούραστη υπομονή, επιμονή και υποστήριξή του, που οδήγησαν καταλυτικά στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Η βοήθεια και το ενδιαφέρον των δύο μελών της τριμελούς επιτροπής, Λέκτορα Άρη Ψιλοβίκο και Λέκτορα Μάριο Σαπουντζή εκτιμάται ιδιαίτερα.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους και την αδερφή μου για την συμπαράστασή της τα δύο αυτά χρόνια διαμονής μου στο Βόλο.

Ειρήνη Γαλάκου

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 2.1: Χρησιμοποιηθέντα δορυφορικά δεδομένα / έτος
- Πίνακας 2.2: Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών a και b
- Πίνακας 2.3: Ενδεικτικός εντοπισμός ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή
- Πίνακας 2.4: Ελάχιστη θερμοκρασία κορυφής νεφών με την αντίστοιχη λευκαύγεια
- Πίνακας 2.5: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8 -2,5mm
- Πίνακας 2.6: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm
- Πίνακας 2.7: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm
- Πίνακας 2.8: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Πίνακας 2.9: Ελάχιστες τιμές νεφών και αντίστοιχες περιοχικές εκτάσεις βροχής
- Πίνακας 2.10: Περιοχική έκταση της βροχής με την αντίστοιχη λευκαύγεια
- Πίνακας 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 0,8 - 2,5mm
- Πίνακας 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm
- Πίνακας 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους >7,5mm
- Πίνακας 2.14: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Πίνακας 2.15: Δεδομένα θερμοκρασίας νεφών με αντίστοιχη ανακλαστικότητα
- Πίνακας 2.16: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR

- Πίνακας 2.17: Δορυφορικά δεδομένα και δεδομένα RADAR για την διεξαγωγή εμπειρικών αλγορίθμων
- Πίνακας 2.18: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ (ETOP)
- Πίνακας 2.19: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR για διαφορετικά ύψη καταιγίδας
- Πίνακας 2.20: Ύψη νετού με αντίστοιχες ανακλαστικότητες
- Πίνακας 2.21: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης
- Πίνακας 2.22: Σύνοψη αλληλουχίας εξισώσεων
- Πίνακας B.1: Χαρακτηριστικά του AVHRR
- Πίνακας B.2: Διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης $Z - R$ με βάση την περιοχή μελέτης
- Πίνακας B.3: Χαρακτηριστικά νεφών από εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος
- Πίνακας 3.1: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής
- Πίνακας 3.2: Τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR
- Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.1: Πολλές περιοχές του πλανήτη πλήττονται από ακραία καιρικά φαινόμενα
- Εικόνα 2.1: Μοντέλο μετατροπής 48 εικόνων σε μία εικόνα για την υπέρυθη περιοχή του φάσματος
- Εικόνα 2.2: Μοντέλο μετατροπής 18 εικόνων σε μία εικόνα για την ορατή περιοχή του φάσματος
- Εικόνα 2.3: Τυπική εικόνα METEOSAT της 20^{ης} Μαΐου 1994
- Εικόνα 2.4: Οι θέσεις των σταθμών σε γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα
- Εικόνα 2.5: (α) αρχική εικόνα METEOSAT και (β) γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα
- Εικόνα 2.6: Μοντέλο υπολογισμού θερμοκρασίας
- Εικόνα 2.7: Τυπική εικόνα θερμοκρασίας που προέκυψε από θερμική εικόνα METEOSAT
- Εικόνα 2.8: Περιοχή μελέτης με τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν
- Εικόνα 2.9: Διάγραμμα συσχέτισης ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια
- Εικόνα 2.10: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8-2,5 mm
- Εικόνα 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6-7,5 mm
- Εικόνα 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm
- Εικόνα 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλα τα ύψη βροχής
- Εικόνα 2.14: Διάγραμμα συσχέτισης θερμοκρασίας νεφών με την περιοχική έκταση της βροχής
- Εικόνα 2.15: Διάγραμμα συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια
- Εικόνα 2.16: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 0,8-2,5 mm
- Εικόνα 2.17: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 2,6-7,5 mm
- Εικόνα 2.18: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για

κλάση μεγέθους $>7,5$ mm

- Εικόνα 2.19: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους
- Εικόνα 2.20: Συσχέτιση της θερμοκρασίας κορυφής των νεφών με την κορυφή της ηχώ του RADAR
- Εικόνα 2.21: Συσχέτιση της κορυφής της ηχώ του RADAR με την μέγιστη ανακλαστικότητα
- Εικόνα 2.22: Συσχέτιση ύψους βροχόπτωσης με αντίστοιχη ανακλαστικότητα
- Εικόνα 2.23: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης
- Εικόνα A.1: Οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα
- Εικόνα A.2: Όταν ωριμάζει μια καταιγίδα προκαλεί σύννεφα τύπου σωρειτομελανιών που φέρνουν βροχή και δυνατό αέρα
- Εικόνα A.3: Χάρτης καταιγίδας
- Εικόνα B.1: Εκτόξευση του METEOSAT-1
- Εικόνα B.2: Εκτόξευση του METEOSAT-2
- Εικόνα B.3: Διάγραμμα πορείας των δορυφόρων METEOSAT
- Εικόνα B.4: Εκτόξευση του δορυφόρου METEOSAT-7
- Εικόνα B.5: Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς
- Εικόνα B.6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας των νεφών από τον METEOSAT 7 στις 15/1/06
- Εικόνα 3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 0.8-2.5 mm
- Εικόνα 3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 0.8-2.5 mm
- Εικόνα 3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 2.6-7.5 mm
- Εικόνα 3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 2.6-7.5 mm
- Εικόνα 3.5: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους >7.5 mm
- Εικόνα 3.6: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους >7.5 mm

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτίμηση της βροχόπτωσης είναι καθοριστικής σημασίας για την μελέτη των υδατικών πόρων μιας περιοχής διότι θεωρείται μία από τις σημαντικότερες συνιστώσες στον υδρολογικό κύκλο. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η εκτίμηση της περιοχικής βροχόπτωσης καθώς επίσης και η διερεύνηση της περιοχικής έκτασης μιας βροχής με αποτέλεσμα την εξαγωγή εμπειρικών σχέσεων, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα εύρεσης της έκτασης των καταιγιδοφόρων νεφών σε μια περιοχή και την ανακλαστικότητα πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή. Η χρονοσειρά των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας αφορούσε στο χρονικό διάστημα τριών ετών, από 1998 έως και το 2000. Τα δεδομένα ήταν τιμές ύψους βροχής σε mm για τον μήνα Μάιο από επτά μετεωρολογικούς σταθμούς της Θεσσαλίας, καθώς και δορυφορικές εικόνες ανά μισή ώρα τόσο από την ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όσο και από την υπέρυθρη περιοχή του δορυφόρου METEOSAT. Ο απώτερος σκοπός ήταν η επαλήθευση της ύπαρξης υετού πάνω από τους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης και σε συγκεκριμένες ημερομηνίες, στις οποίες οι τιμές ανακλαστικότητας της ορατής περιοχής του φάσματος, έδιναν τη δυνατότητα εύρεσης της ύπαρξης βροχόπτωσης ή χαλαζόπτωσης. Η χρήση της τεχνολογίας της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ήταν καθοριστική για την επαλήθευση αυτή. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ικανοποιητικά προσφέροντας τη δυνατότητα γενίκευσης και εφαρμογής της μεθοδολογίας, σε άλλες περιοχές με διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες.

| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ | Σελ. |
|---|-------------|
| 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 11 |
| 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | |
| 2.1. Βάση δεδομένων | 16 |
| 2.2. Γεωμετρική διόρθωση | 19 |
| 2.3. Υπολογισμός επιφανειακής θερμοκρασίας | 20 |
| 2.4. Επεξεργασία επίγειων δεδομένων | 23 |
| 2.5. Υπολογισμός της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής των νεφών (CTT) | 24 |
| 2.6. Εμπειρική σχέση της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια (albedo) | 25 |
| 2.6.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας | 28 |
| 2.7. Εμπειρική σχέση της θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT) με την περιοχική έκταση της βροχής (AREA) | 32 |
| 2.8. Εμπειρική σχέση της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA) με την λευκαύγεια (albedo) | 35 |
| 2.8.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής | 36 |
| 2.9. Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας (MXRFL) του RADAR | 41 |
| 2.10. Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (ETOP) | 44 |
| 2.11. Εκτίμηση βροχόπτωσης με την βοήθεια της ανακλαστικότητας (σχέση Z-R) | 48 |
| 2.12. Σύνοψη αλληλουχίας εμπειρικών εξισώσεων | 51 |
| A: ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ | |
| A.1. Υετός | 52 |
| A.2. Ακραία καιρικά φαινόμενα | 52 |

| | |
|---|-----|
| A.3. Καταιγίδες | 55 |
| A.3.1. Καταιγίδες αέριας μάζας | 55 |
| A.3.2 Δυναμικές καταιγίδες | 57 |
| A.3.2.1. Καταιγίδες ακτών | 59 |
| A.3.2.2. Μετωπικές καταιγίδες | 59 |
| A.3.3. Θερμικές καταιγίδες | 60 |
| B: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ | |
| B.1. Μετεωρολογικοί δορυφόροι | 62 |
| B.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση Τηλεπισκόπησης | 67 |
| B.2.1. Εκτίμηση υετού με τη χρήση RADAR | 67 |
| B.2.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων | 69 |
| B.2.2.1. Μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών | 71 |
| B.2.2.2. Μέθοδοι κλιματολογίας νεφών | 74 |
| B.2.2.3. Μέθοδοι ιστορίας ζωής | 77 |
| B.2.2.4. Διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι | 77 |
| B.2.2.5. Μέθοδοι νεφικών μοντέλων | 78 |
| B.2.2.6. Μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων | 79 |
| B.2.2.7. Συνδυασμός τεχνικών | 80 |
| 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 82 |
| 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 93 |
| 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 96 |
| 6: ABSTRACT | 100 |
| 7: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 103 |

1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα για τη δημιουργία ζωής. Οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί εξαρτώνται άμεσα από αυτό και ιδιαίτερα από τις ποσότητες που είναι διαθέσιμες. Με την πάροδο των ετών και την εξέλιξη της γεωργίας, η βροχόπτωση αποτέλεσε το βασικό κριτήριο για το είδος της καλλιέργειας σε μια περιοχή. Πολλές φορές όμως, όταν αυτή είναι έντονη, εκτός από βασικό αγαθό αποτελεί και μεγάλο κίνδυνο για τον άνθρωπο και τις δραστηριότητές του. Αυτό γίνεται με την δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως τροπικοί κυκλώνες, ισχυροί ανεμοστρόβιλοι, καταιγίδες και πολικό ψύχος. Για την περιοχή της Ελλάδας τις σημαντικότερες καταστροφές επιφέρουν οι καύσωνες, η ξηρασία, ο παγετός, οι ισχυρές καταιγίδες και το χαλάζι.

Αναγκαία είναι η γνώση της εξέλιξης του καιρού στη ναυτιλία, την αεροπορία, τις τηλεπικοινωνίες αλλά ακόμη και στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Κρίνεται λοιπόν, εξαιρετικά ωφέλιμη όσο και απαραίτητη, η προσπάθεια για πρόγνωση των καιρικών φαινομένων.

Ο αριθμός των θανάτων και των ζημιών από φυσικές καταστροφές σε παγκόσμια κλίμακα, που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα, αυξάνεται διαρκώς, αν και δεν υπάρχει μια διεθνής βάση δεδομένων όπου καταγράφονται όλα τα γεγονότα τα οποία συμβαίνουν σχεδόν καθημερινά στο σύνολο του πλανήτη. Παρόλα αυτά όμως η συχνότητα με την οποία αντιμετωπίζονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στο κοινωνικό – οικονομικό σύστημα μειώνεται συνεχώς και αυτό λόγω της σημαντικής προόδου που έχει σημειωθεί στην πρόβλεψη, προειδοποίηση αλλά και στην αντιμετώπιση.

Το κόστος στην παγκόσμια οικονομία για τις φυσικές καταστροφές υπερβαίνει σήμερα τα 60 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως από τα οποία το 1/3 αντιστοιχεί στα έξοδα για την πρόβλεψη, πρόληψη και για την αποφυγή των καταστροφών και τα υπόλοιπα 2/3 αντιστοιχούν στις άμεσες ζημιές από καταστροφές και την αποκατάσταση τους. Ο αριθμός των θανάτων ετησίως κυμαίνεται από χρόνο σε χρόνο με ένα παγκόσμιο μέσο όρο 250.000. Το 95% περίπου των θανάτων σημειώνονται σε χώρες του τρίτου κόσμου, όπου ο πληθυσμός υπερβαίνει τα 4,2 δισεκατομμύρια (http://www.civilprotection.gr/description_storm.htm).



Εικόνα 1.1: Πολλές περιοχές του πλανήτη πλήττονται από ακραία καιρικά φαινόμενα.

Τα προβλήματα αυτά, πολύ καιρό απασχολούσαν την ανθρωπότητα και κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία μιας νέας επιστήμης, που σκοπό θα είχε την πρόβλεψη και την εξέλιξη των καιρικών φαινομένων. Στο αρχικό στάδιο η μετεωρολογία βασίστηκε στη συλλογή επίγειων βροχομετρικών δεδομένων και στην

παρατήρηση της θερμοκρασιακής μεταβολής. Με την εξέλιξή της όμως, κύριο εργαλείο της έγινε η τηλεπισκόπηση.

Τα μετεωρολογικά ραντάρ που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της βροχόπτωσης δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, όμως παρουσιάζουν πρόβλημα όπως και τα βροχόμετρα όσον αφορά την κάλυψη εκτεταμένων χερσαίων ή θαλάσσιων περιοχών (Mohammedberhan, 1998). Τις τελευταίες δεκαετίες οι μετεωρολογικοί δορυφόροι παρέχουν κάλυψη και πληροφορίες για την βροχόπτωση. Πληροφορίες από το διάστημα που να αφορούν στις συχνές λήψεις των καιρικών φαινομένων μπορούν να δοθούν μόνο από γεωστατικούς δορυφόρους. Οι δορυφόροι αυτοί παρέχουν την δυνατότητα υπολογισμού της θερμοκρασίας με την εφαρμογή των κατάλληλων αλγορίθμων. Παράλληλα το κόστος συλλογής πληροφοριών είναι πολύ μικρότερο από αυτό των επίγειων σταθμών. Η παροχή πληροφοριών για την χωρική και ποσοτική κατανομή της βροχόπτωσης σε όλη την υδρόγειο είναι ένας από τους πρωταρχικούς στόχους των μετεωρολογικών δορυφόρων για την εξυπηρέτηση μεταξύ άλλων, μετεωρολογικών, υδρολογικών και περιβαλλοντικών μελετών (Milford & Dugdale, 1990).

Με τη χρήση εικόνων από την ορατή και υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γίνεται η εκτίμηση της βροχόπτωσης. Λόγω της μεγάλης διαχρονικής διακριτικής ικανότητάς τους στο ορατό και το υπέρυθρο, οι γεωστατικοί δορυφόροι καταγράφουν την ανάπτυξη και τη διάλυση καταιγιδοφόρων νεφών. Η πληροφορία που λαμβάνεται από το δορυφόρο στα μήκη κύματος της ορατής περιοχής του φάσματος απεικονίζει την ακτινοβολία που σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα και ανακλάται από την γήινη επιφάνεια. Η υπέρυθρη απεικόνιση προσδιορίζει τη θερμική ακτινοβολία των νεφών ακόμα και τη νύχτα, όπως προκύπτει από τον νόμο ακτινοβολίας του Planck. Επίσης με αυτή την προσέγγιση το ύψος του νέφους μπορεί να προσδιοριστεί από την

θερμοκρασία της κορυφής του. Έτσι εντοπίζεται το ψυχρό νέφος το οποίο αναμένεται να είναι καταγιδοφόρο (Chara *et al*, 1992; Anagnostou *et al*, 1999).

Οι επιχειρησιακές εφαρμογές απαιτούν ποσοτικό προσδιορισμό της βροχόπτωσης από διαφορετικά βροχομετρικά συστήματα τα οποία διαφέρουν σε δυναμικότητα. Υπάρχουν πολλές αναφορές για τις μεθόδους εκτίμησης της βροχόπτωσης με τη χρήση του ορατού και του υπέρυθρου φάσματος ακτινοβολίας (π.χ Barrett & Martin, 1981 και Arkin & Meinsner, 1987) που μπορεί να είναι απλές τεχνικές (π.χ Lovejoy & Austin, 1979; Alder & Negri, 1988) ή περισσότερο πολύπλοκες (Gruber, 1973; Negri *et al.*, 1984; Negri & Alder, 1993; Tsonis & Isaac, 1985).

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχει ως τελικό σκοπό την εκτίμηση της βροχόπτωσης για την περιοχή της Θεσσαλίας με τη χρήση εμπειρικών σχέσεων. Ακολουθούνται διαδοχικά βήματα από τα οποία υπολογίζεται αρχικά η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών και η λευκαύγεια για την κάθε περιοχή μελέτης ξεχωριστά. Εν συνεχεία, προκύπτει η εμπειρική σχέση μεταξύ ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών και λευκαύγειας, η οποία εφαρμόζεται για την ταξινόμηση βροχής για να εξαχθούν αποτελέσματα για την συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας. Όμοια διαδικασία ακολουθείται και για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής. Μέσω του νέου εμπειρικού αλγόριθμου, συσχετίζονται η μετρηθείσα με την εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται εξισώσεις για τον υπολογισμό της κορυφής της ηχώ του RADAR καθώς επίσης και της ανακλαστικότητας αυτού. Με την βοήθεια όλων των παραπάνω παραμέτρων προκύπτει η σχέση μεταξύ ανακλαστικότητας και ύψους βροχής (σχέση Z-R). Στο τελικό στάδιο της επεξεργασίας εφαρμόζεται η σχέση Z-R για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης πάνω από συγκεκριμένες περιοχές και οι τιμές αυτές συσχετίστηκαν με αυτές των επίγειων σταθμών. Για την

διεξαγωγή όλων των παραπάνω αλγορίθμων, απαραίτητη είναι η χρήση του ορατού και υπέρυθρου καναλιού του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, δίνονται κάποιες γενικές πληροφορίες για τις καταιγίδες καθώς επίσης και για ακραία καιρικά φαινόμενα. Αναλύονται τα στάδια μιας καταιγίδας και τα είδη στα οποία διαχωρίζονται. Επίσης, λαμβάνονται πληροφορίες για την Τηλεπισκόπηση, τους μετεωρολογικούς δορυφόρους και την προσφορά τους στην πρόοδο της επιστήμης. Τέλος, παρουσιάζονται μέθοδοι για την παρακολούθηση του υετού από δορυφόρους, οι οποίες βασίζονται σε εικόνες των περιοχών του φάσματος του οπτικού, υπέρυθρου ή μικροκυμάτων. Στα δύο τελευταία κεφάλαια παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και προτείνονται τρόποι για την βελτίωση της μεθόδου με απώτερο σκοπό την εξαγωγή πολύτιμων και ασφαλών συμπερασμάτων.

2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

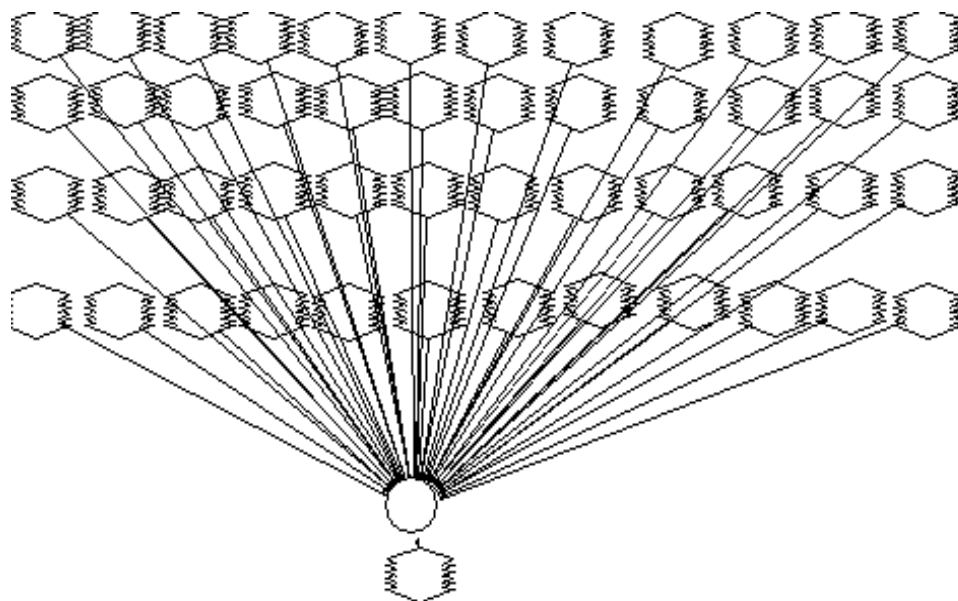
2.1. Βάση δεδομένων

Για τη συγκεκριμένη εργασία η έρευνα έγινε για τη σειρά ετών 1998 – 2000. Αναφέρεται επίσης, ότι η έρευνα αφορά τόσο την ορατή όσο και την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

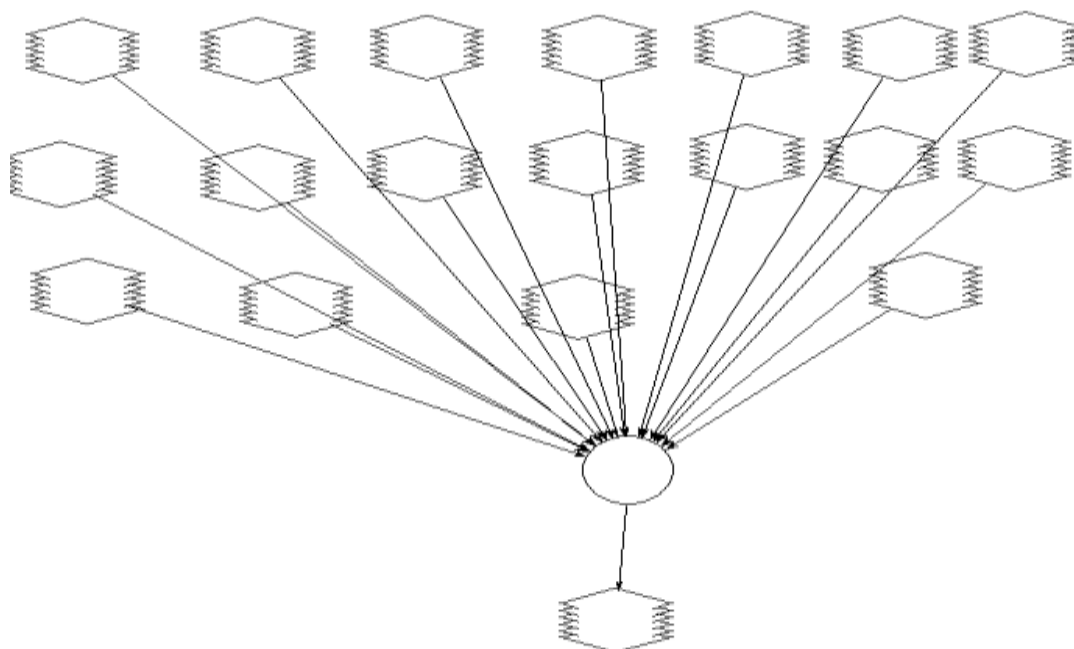
Στο αρχικό στάδιο συγκεντρώθηκαν μια σειρά δεδομένων (δορυφορικών εικόνων ανά μισή ώρα), που αναφέρονται στο μήνα Μάιο για τη σειρά ετών που προειπώθηκε. Χρησιμοποιείται ο μήνας Μάιος διότι θεωρείται ενδεικτικός μήνας της θερμής περιόδου κατά την οποία εμφανίζονται θερμικές καταιγίδες. Τα δεδομένα αυτά διατίθενται σε συμπιεσμένη μορφή. Αφού αποσυμπιεστούν αποθηκεύονται σε αρχείο, το οποίο περιέχει για το μήνα Μάιο, όλων των ετών, 48 εικόνες ανά ημέρα για την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος και 18 εικόνες για την ορατή περιοχή του φάσματος, για όλες τις ημέρες του μήνα. Ο μικρότερος αριθμός παρατηρήσεων για την περιοχή του ορατού οφείλεται στο ότι μετά την Δύση του ηλίου και μέχρι την Ανατολή του ο δορυφόρος λαμβάνει μελανές εικόνες. Συνολικά επεξεργάστηκαν 6.138 εικόνες. Στη συνέχεια, έγινε χρήση του προγράμματος ERDAS, για την σύνθεση και ομογενοποίηση των εικόνων.

Αναλυτικότερα με την χρήση της λειτουργίας του προγράμματος ‘δημιουργία μοντέλων’ (modeler maker), κατασκευάζεται μοντέλο, το οποίο με την βοήθεια τύπων (συγκεκριμένα stacklayers) μετατρέπει τις εικόνες της μιας ημέρας σε μία διαστρωματομένη εικόνα, η οποία αποτελεί σύνθεση όλων των προηγούμενων. Προσθέτει δηλαδή τις εικόνες ανά μισή ώρα οι οποίες λαμβάνονται από τον δορυφόρο και δίνει μία εικόνα η οποία παρέχει πληροφορίες για ολόκληρο το εικοσιτετράωρο. Στα σχήματα 2.1 και 2.2 απεικονίζονται τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στο

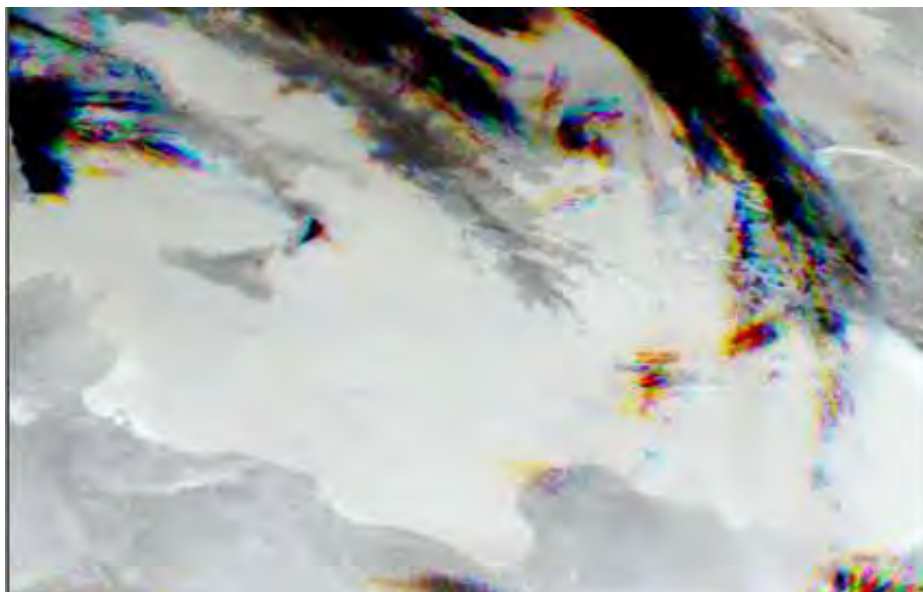
συγκεκριμένο στάδιο επεξεργασίας για την υπέρυθη και ορατή περιοχή του φάσματος αντίστοιχα.



Εικόνα 2.1: Μοντέλο μετατροπής 48 εικόνων σε μία εικόνα για την υπέρυθη περιοχή του φάσματος.



Εικόνα 2.2: Μοντέλο μετατροπής 18 εικόνων σε μία εικόνα για την ορατή περιοχή του φάσματος.



Εικόνα 2.3: Τυπική εικόνα METEOSAT της 20^{ης} Μαΐου 1994.

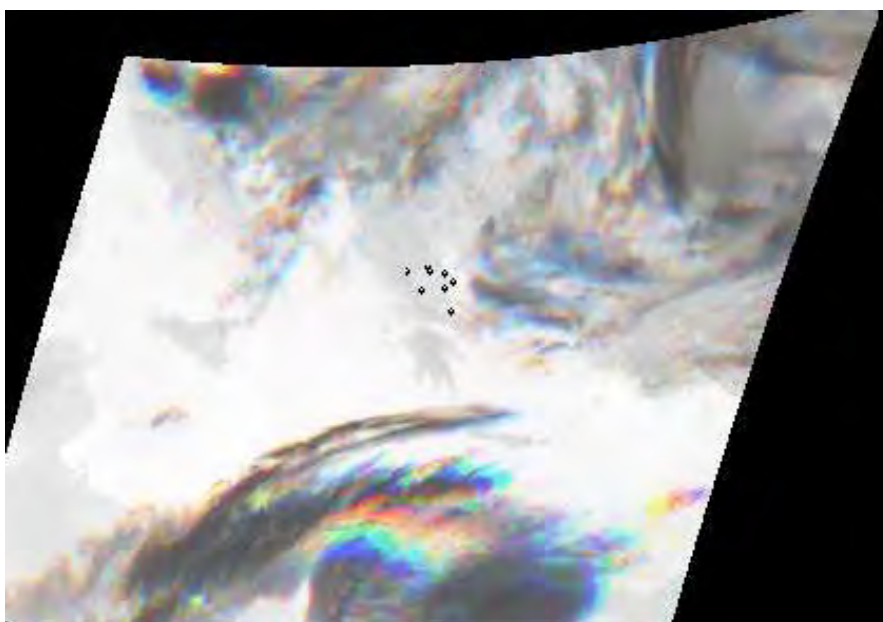
Πολλές φορές υπάρχει έλλειψη δορυφορικών δεδομένων χωρίς τα οποία δεν είναι δυνατή η συνέχεια της έρευνας. Η έλλειψη αυτή πρέπει να αναπληρωθεί για την ομαλή επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων. Αυτό γίνεται με την δημιουργία μιας εικόνας 'balander' που θα καλύψει τις κενές θέσεις. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν 62 νέες εικόνες για τον κάθε μήνα όλων των ετών. Η όλη επεξεργασία αναλύεται στον πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1: Χρησιμοποιηθέντα δορυφορικά δεδομένα / έτος.

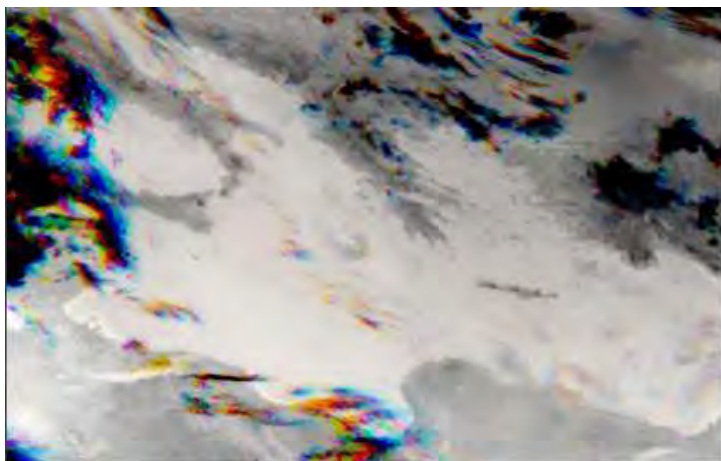
| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Έτος | 1998 | 1999 | 2000 |
| Αριθμός ημερών/έτος(VIS-IR) | 62 | 62 | 62 |
| Πλήθος δορυφορικών εικόνων/έτος (VIS-IR) | 2.046 | 2.046 | 2.046 |
| Σύνολο εικόνων | 6.138 | | |

2.2. Γεωμετρική διόρθωση

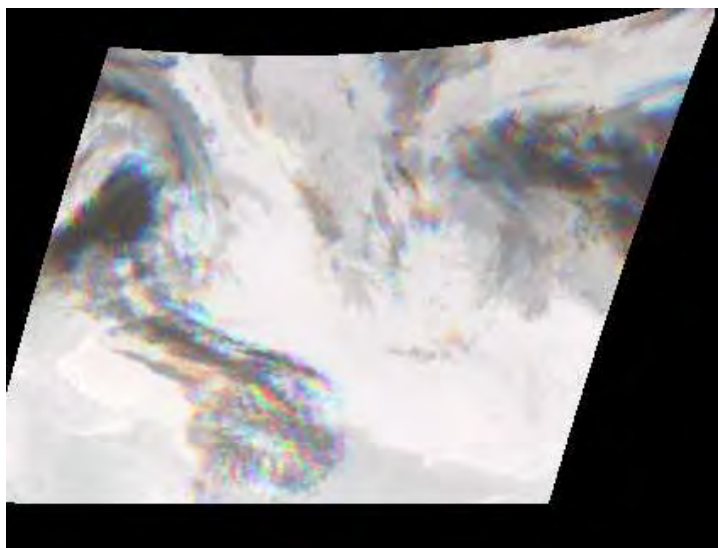
Στο στάδιο αυτό η κάθε εικόνα ‘ανοίγεται’ με τη χρήση της λειτουργίας του προγράμματος απεικόνισης (viewer) και με την εντολή *geometric correction* ακολουθεί η γεωμετρική της διόρθωση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις εικόνες του κάθε έτους. Αυτό γίνεται για να αποδοθούν οι συντεταγμένες στις εικόνες και να προσδιοριστούν οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν σε παρακάτω βήματα. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το EGSA 87. Συνολικά οι εικόνες που επεξεργάστηκαν είναι 186. Η κάθε μέρα αποθηκεύεται ως *day_x_reg* (όπου *x* ο αύξοντας αριθμός της ημέρας), για να ξεχωρίζουν οι γεωμετρικά διορθωμένες εικόνες από τις εικόνες μίας ημέρας.



Εικόνα 2.4: Οι θέσεις των σταθμών σε γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα.



(α)



(β)

Εικόνα 2.5: (α) αρχική εικόνα METEOSAT και (β) γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα.

2.3. Υπολογισμός επιφανειακής θερμοκρασίας

Οι εικόνες των δορυφόρων METEOSAT χαρακτηρίζονται από 2^8 (256) δυνατές αποχρώσεις του γκρι. Καθεμία από τις τιμές αυτές των εικονοστοιχείων (pixel) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την μετατροπή των τιμών των pixels σε ακτινοβολία (W/m^2) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Radiation} = (\text{COUNT} - \text{IRSPC}) * \text{IRCAL} \quad (2.1)$$

όπου:

Radiation = ακτινοβολία (W/m^2)

COUNT = τιμή του pixel (0-255)

IRSPC = συντελεστής Meteosat Space Count

IRCAL = διορθωτικός παράγοντας Meteosat

Τυπικές τιμές των IRSPC και IRCAL είναι 5 και 0.07256 αντίστοιχα. (Griffith *et al*, 1978).

Στην συνέχεια τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εξίσωση 2.1 μεταφέρθηκαν στην εξίσωση:

$$T = b / (\text{Ln}(\text{Radiation}) - a) \quad (2.2)$$

όπου:

T = θερμοκρασία ($^{\circ}\text{K}$)

b = συντελεστής παλινδρόμησης (αδιάστατο)

a = συντελεστής παλινδρόμησης (αδιάστατο)

R = ακτινοβολία (W/m^2)

Στον πίνακα 2.2 δίνονται ενδεικτικές τιμές για τους συντελεστές a και b

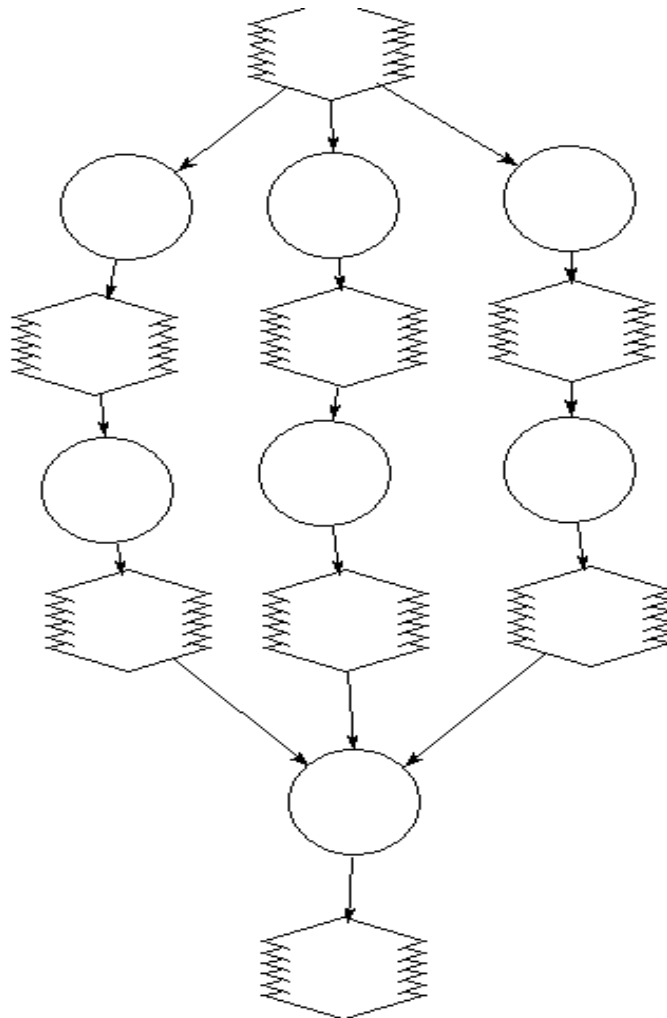
Πίνακας 2.2: Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών a και b.

| | Meteosat2 | Meteosat3 | Meteosat4 | Meteosat5 | Meteosat6 | Meteosat7 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| a | 6.1401 | 6.1694 | 6.7300 | 6.7348 | 6.7615 | 6.9676 |
| b | -1267 | -1262.7 | -1272.2 | -1272.2 | -1267.2 | -1255.6 |

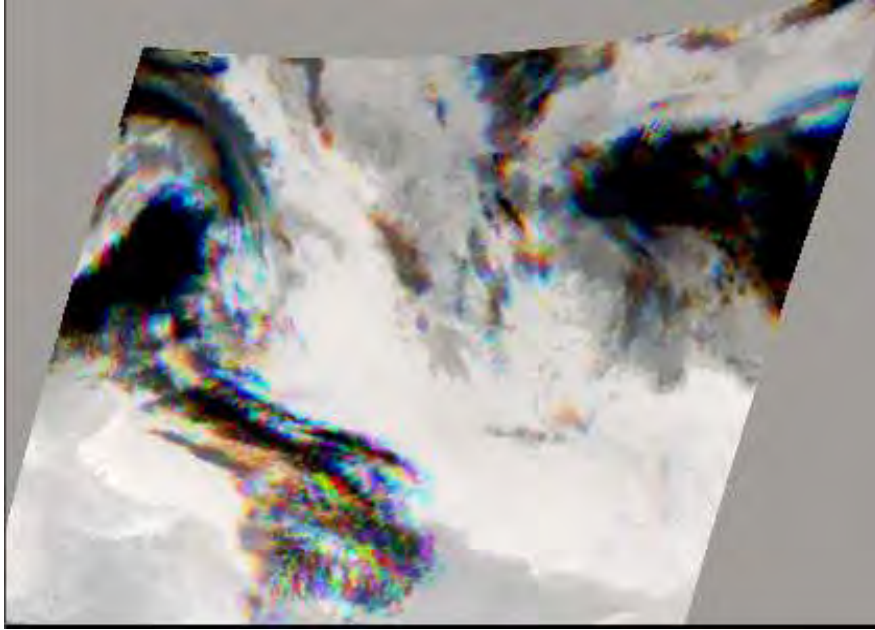
Στο επόμενο βήμα της επεξεργασίας δημιουργήθηκαν μοντέλα με τα οποία σε κάθε μία από τις γεωμετρικά διορθωμένες εικόνες εφαρμόζεται μία συνθήκη (conditional) η οποία προέκυψε από το συνδυασμό των εξισώσεων 2.1 και 2.2 για τον

υπολογισμό των τιμών θερμοκρασίας. Ο παραπάνω τύπος, είναι ο ίδιος για όλες τις ημέρες με την μόνη διαφορά ότι ο συντελεστής που χρησιμοποιείται αλλάζει, πολλές φορές ακόμα και κάθε μισή ώρα, ανάλογα με αυτόν που χρησιμοποιεί ο δορυφόρος.

Οι επιπλέον συντελεστές και τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στο παράρτημα. Οι εικόνες που προέκυψαν ήταν συνολικά 93 (σε μορφή img) και παρέχουν πληροφορίες για την διακύμανση της θερμοκρασίας σε μία περιοχή κάθε μισή ώρα.



Εικόνα 2.6: Μοντέλο υπολογισμού θερμοκρασίας.



Εικόνα 2.7: Τυπική εικόνα θερμοκρασίας που προέκυψε από θερμική εικόνα METEOSAT.

2.4. Επεξεργασία επίγειων δεδομένων

Τα στοιχεία βροχοπτώσεων λήφθηκαν από τους εξής σταθμούς: Αγχιάλος, Ζαγορά, Αγιά, Τύρναβος, Τσαριτσάνη, Καλαμπάκα, Καρδίτσα, Αταλάντη. Επειδή τα στοιχεία αναφέρονται στο σύνολο των ημερών των ετών, έγινε επιλογή των δεδομένων που αντιστοιχούν στο μήνα Μάιο. Διαχωρίστηκαν τα δίσεκτα έτη για την αποφυγή εσφαλμένων τιμών. Λόγω των ελλείψεων στη βάση δεδομένων των σταθμών για το έτος 1998 χρησιμοποιήθηκαν οι εξής σταθμοί: Ζαγορά, Αγιά, Τύρναβος, Καλαμπάκα, Καρδίτσα, Τσαριτσάνη. Όμοια για το 1999 χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί: Τύρναβος, Καλαμπάκα, Αγχιάλος, Ζαγορά. Τέλος, για το 2000 χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί: Τύρναβος, Αγιά, Αγχιάλος και Ζαγορά.

Τα δεδομένα των σταθμών αναφέρονται σε ωριαία καταμέτρηση της βροχόπτωσης, ενώ τα δορυφορικά δεδομένα σε καταγραφή ανά μισή ώρα. Έτσι μετατράπηκαν τα τελευταία σε δεδομένα ανά μία ώρα, με την πρόσθεση των τιμών

διαδοχικά και τον υπολογισμό της μέσης τιμής αυτών. Επίσης ακολούθησε επιπλέον επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων για το λόγο ότι οι δορυφόροι χρησιμοποιούν την ώρα του Greenwich ενώ οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Ελλάδας την τοπική ώρα. Αυτό έγινε με την πρόσθεση τριών ωρών στα δορυφορικά δεδομένα για την ταύτιση χρόνου, δεδομένου ότι για τον μήνα Μάιο ισχύει η θερινή ώρα.



2.5. Υπολογισμός της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT)

Με τη χρήση του λογισμικού Arc Map των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) έγινε η επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά εντοπίστηκαν οι μέρες του μήνα Μαΐου κάθε έτους για τους σταθμούς της Θεσσαλίας, κατά τις οποίες παρατηρήθηκε βροχόπτωση. Έπειτα λήφθηκε η κατώτερη τιμή της θερμοκρασίας των νεφών πάνω από τις συγκεκριμένες περιοχές, με τη χρήση εντολής του προγράμματος πάνω στα δορυφορικά δεδομένα. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί θεωρούνται

αντιπροσωπευτικοί των Δημοτικών Διαμερισμάτων για τα οποία υπολογίσθηκε η CTT. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό, αναφέρονται στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Ένα μικρό δείγμα της επεξεργασίας που διενεργήθηκε παρουσιάζεται ενδεικτικά στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί. Η διαδικασία στο σύνολό της φαίνεται στους πίνακες του παραρτήματος 1.

Πίνακας 2.3: Ενδεικτικός εντοπισμός ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.

| ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ | CTT (°C) |
|---------------------------|------------|-------|----------|
| ΑΓΙΑΣ | 7/5/1998 | 8.00 | -5,31069 |
| ΑΓΙΑΣ | 8/5/1998 | 13.00 | -15,2879 |
| ΑΓΙΑΣ | 9/5/1998 | 8.00 | -43,0022 |
| ΑΓΙΑΣ | 9/5/1998 | 9.00 | -43,0022 |
| ΑΓΙΑΣ | 9/5/1998 | 14.00 | -9,2759 |
| ΑΓΙΑΣ | 9/5/1998 | 15.00 | -29,3305 |
| ΑΓΙΑΣ | 10/5/1998 | 10.00 | -14,6339 |
| ΖΑΓΟΡΑΣ | 8/5/1998 | 11.00 | -13,9025 |
| ΖΑΓΟΡΑΣ | 8/5/1998 | 12.00 | -13,9025 |
| ΖΑΓΟΡΑΣ | 8/5/1998 | 15.00 | -12,0299 |
| ΖΑΓΟΡΑΣ | 9/5/1998 | 14.00 | -20,3352 |

2.6. Εμπειρική σχέση της ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια (albedo)

Ελήφθησαν σαράντα τυχαίες περιπτώσεις από το πλήθος των δεδομένων. Για αυτές τις περιπτώσεις και με τη χρήση διεργασιών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εντοπίστηκε η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών για την καθεμία αντίστοιχα, με την βοήθεια των εικόνων από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια με την χρήση του προγράμματος Arc Map των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) βρέθηκε η λευκαύγεια για τις συγκεκριμένες περιοχές. Το τελευταίο βήμα πραγματοποιήθηκε με την χρήση εικόνων του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας. Στον πίνακα 2.4 που ακολουθεί

παρουσιάζεται το σύνολο των δεδομένων για την λευκαύγεια με τις αντίστοιχες τιμές χαμηλότερης θερμοκρασίας της κορυφής των νεφών για τις περιοχές που τους αναλογούν.

Πίνακας 2.4: Ελάχιστη θερμοκρασία κορυφής νεφών (CTT) με την αντίστοιχη λευκαύγεια.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ | CTT+100 (°C) | ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ (pixel number) |
|--------------|------------|-------|--------------|---------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 13.00 | 115,2879 | 42 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 15.00 | 70,6695 | 87 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 7.00 | 100,1081 | 65 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11.00 | 114,8243 | 46 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12.00 | 113,9025 | 45 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 15.00 | 112,0299 | 35 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 14.00 | 80,9625 | 111 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 8.00 | 76,3232 | 101 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 8.00 | 115,6541 | 35 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 9.00 | 115,33 | 43 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 9.00 | 97,1923 | 123 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 11.00 | 104,9766 | 63 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 12.00 | 85,7627 | 115 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 14.00 | 95,56202 | 108 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 7.00 | 54,2734 | 153 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 8.00 | 60,4633 | 136 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 11.00 | 53,339 | 177 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | 15.00 | 61,3026 | 128 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | 11.00 | 60,3606 | 137 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 13.00 | 93,00988 | 71 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 14.00 | 106,2222 | 54 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 15.00 | 107,2112 | 53 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 7.00 | 59,6136 | 139 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 11.00 | 57,8812 | 140 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 4/5/1999 | 13.00 | 90,97278 | 74 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 29/5/1999 | 9.00 | 75,5232 | 100 |
| ΑΓΙΑ | 24/5/1999 | 12.00 | 114,3661 | 36 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14.00 | 114,3661 | 27 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 15.00 | 111,557 | 43 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13.00 | 111,557 | 36 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14.00 | 63,7612 | 131 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 13.00 | 69,9329 | 90 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 15.00 | 73,5471 | 98 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 14.00 | 88,5455 | 85 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 13.00 | 87,878 | 83 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 15.00 | 91,16951 | 94 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 15.00 | 72,8376 | 128 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 13.00 | 55,1944 | 174 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 11.00 | 61,3026 | 167 |

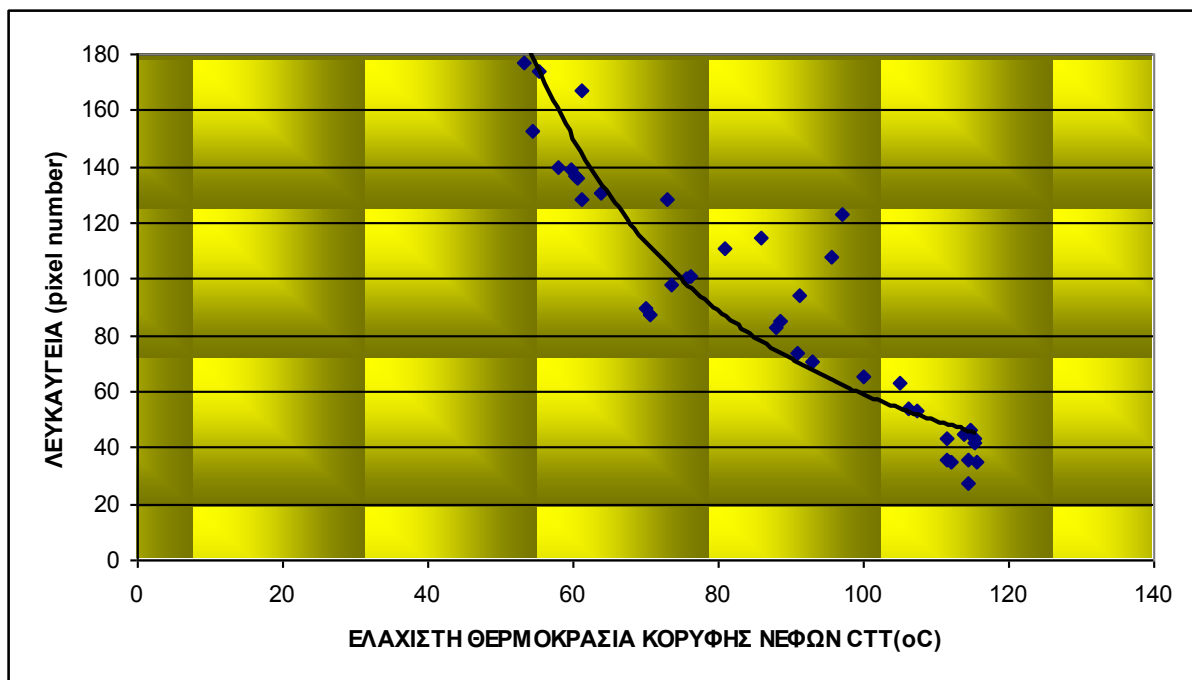
Στον προηγούμενο πίνακα και για τις δύο μεταβλητές CTT – ALBEDO εφαρμόστηκε πλήθος τύπων με σκοπό τον εντοπισμό εκείνου με τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Η εμπειρική σχέση που βρέθηκε είναι η εξής:

$$ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355} \quad (2.3)$$

όπου:

- ✓ CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (°C)
- ✓ ALBEDO η λευκαύγεια (pixel number)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της εξίσωσης 2.3.



Εικόνα 2.9: Διάγραμμα συσχέτισης ελάχιστης θερμοκρασίας κορυφής νεφών με την λευκαύγεια.

Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R για την εξίσωση 2.3 είναι 0.90 γεγονός που καθιστά την εξίσωση έγκυρη και εφαρμόσιμη.

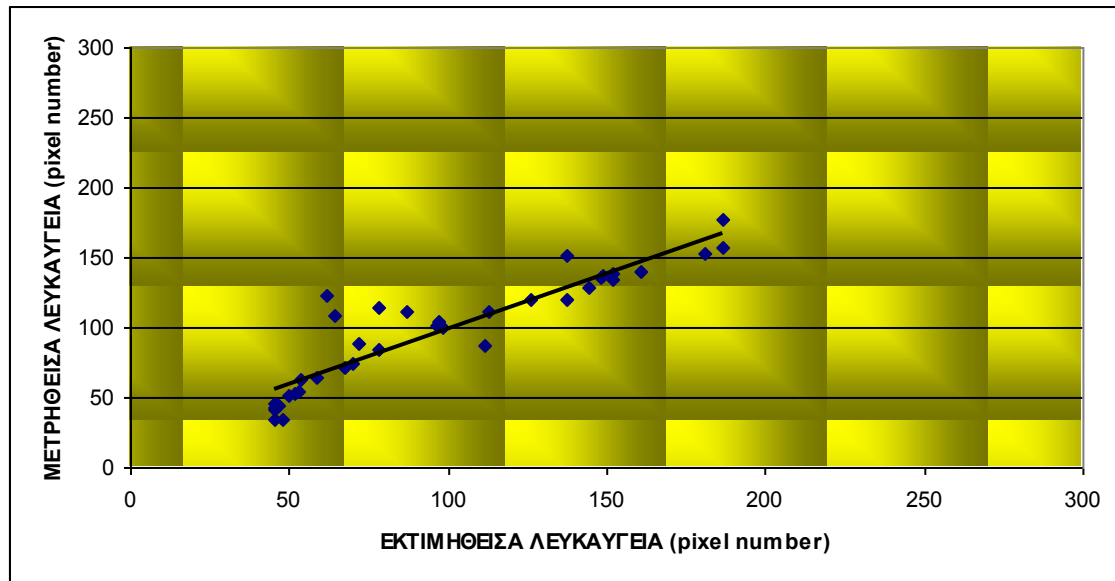
2.6.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας

Στο βήμα αυτό της επεξεργασίας έγινε αρχικά ο διαχωρισμός της βροχόπτωσης σε κλάσεις μεγέθους, αναφορικά με το ύψος βροχής (mm). Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία τριών διαφορετικών κλάσεων. Η πρώτη από 0,8 έως 2,5mm βροχής, η δεύτερη από 2,6 έως 7,5 mm βροχής και η τρίτη για τιμές υετού μεγαλύτερες των 7,6mm. Ακολούθησε ο υπολογισμός της λευκαύγειας για την κάθε κλάση με βάση την εξίσωση 2.3. Στη συνέχεια εντοπίστηκε η αποδοθείσα λευκαύγεια από τις εικόνες του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας, η οποία συγκρίθηκε με τις εκτιμηθείσες τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Για την πλήρη κατανόηση της μεθόδου ακολουθεί πίνακας και γραφική απεικόνιση για όλες τις κλάσεις με σειρά μεγέθους από την μικρότερη στην μεγαλύτερη. Αναλυτικότερα για την πρώτη κλάση (0,8-2,5mm) παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας των τιμών όπως υπολογίσθηκαν. Οι υπόλοιπες τιμές της κλάσης αυτής εξαιτίας του πλήθους παρατηρήσεων παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στο παράρτημα 2.

Πίνακας 2.5: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8 -2,5mm.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Ύψος βροχής (mm) | Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number) | Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 45,3524782 | 42 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 0,8 | 111,3626833 | 87 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,8 | 58,76836909 | 65 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 0,8 | 45,68914226 | 108 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 1 | 46,37012481 | 51 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1,6 | 47,80271844 | 157 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1 | 86,76607261 | 134 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 0,8 | 96,69163885 | 151 |

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.5.



Εικόνα 2.10: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 0,8-2,5mm.

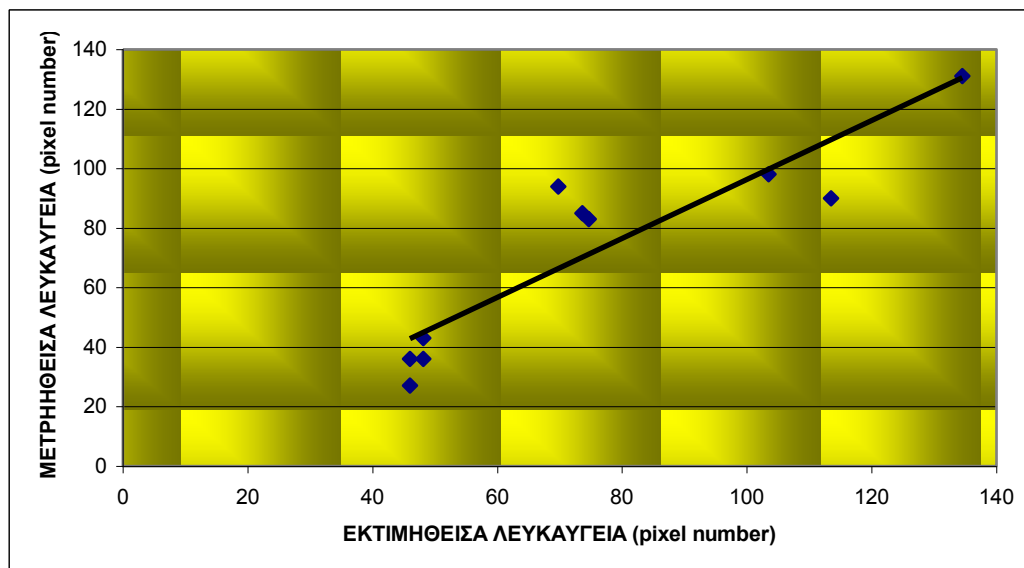
Ο συντελεστής συσχέτισης, όπως προκύπτει, είναι $R = 0.91$ (Εικόνα 2.10), γεγονός που καθιστά την εμπειρική εξίσωση ικανοποιητική και εφαρμόσιμη.

Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες κλάσεις του ύψους βροχής. Τα αποτελέσματα για την κλάση 2,6 – 7,5mm παρουσιάζονται στον πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Ύψος βροχής (mm) | Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number) | Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 3,6 | 46,02569356 | 36 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,6 | 46,02569356 | 27 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 3,6 | 48,17532259 | 43 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 3,8 | 48,17532259 | 36 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 4,8 | 134,5059927 | 131 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,6 | 113,5251524 | 90 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,0 | 103,4960999 | 98 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 4,0 | 73,6174815 | 85 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 3,8 | 74,64711288 | 83 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 3,2 | 69,77519809 | 94 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 6,0 | 105,3540664 | 128 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 5,8 | 25,56403497 | 25 |

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.6.



Εικόνα 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους 2,6-7,5mm.

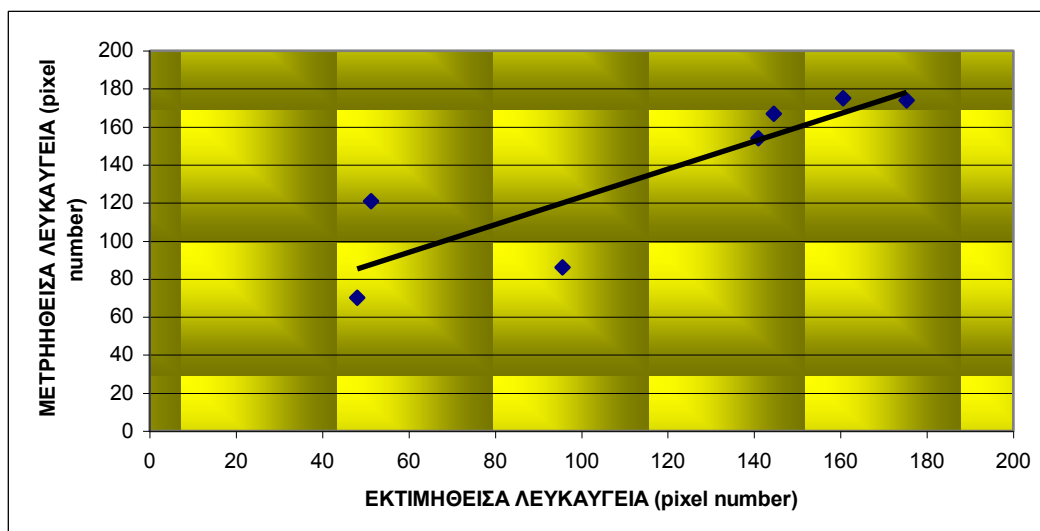
Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R είναι ικανοποιητική και σε αυτή την περίπτωση και ίση με 0.90 (Εικόνα 2.11).

Τέλος, για ύψος βροχής μεγαλύτερο των 7,5mm τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.7: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Ύψος βροχής (mm) | Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number) | Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/51998 | 8,8 | 175,2898437 | 174 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/51998 | 8,4 | 144,5731175 | 167 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 8,2 | 95,58694665 | 86 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 9 | 48,03044625 | 70 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8 | 51,2315543 | 121 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 10,8 | 160,6445698 | 175 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 20 | 140,9976385 | 154 |

Στη συνέχεια ακολουθεί η γραφική παράσταση των τιμών του πίνακα 2.7.



Εικόνα 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για κλάση μεγέθους >7.5mm.

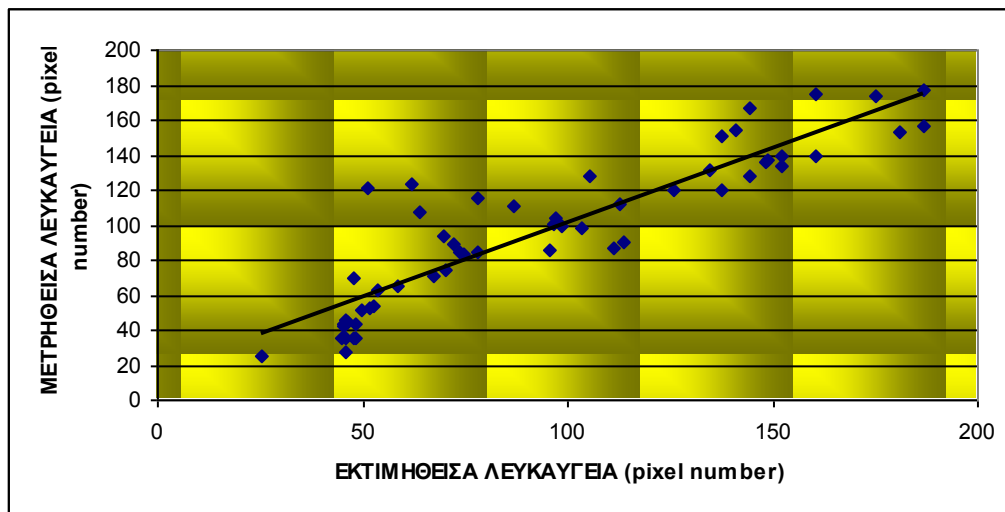
Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R είναι ικανοποιητική και σε αυτή την περίπτωση και ίση με 0.87 (Εικόνα 2.12).

Στο τελευταίο στάδιο της τρέχουσας επεξεργασίας ακολουθήθηκε όμοια διαδικασία, στην περίπτωση αυτή, για το σύνολο των κλάσεων του ύψους βροχής. Ο πίνακας 2.8 που ακολουθεί, εκπροσωπεί το σύνολο των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 2.8: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλες τις κλάσεις μεγέθους.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Ύψος βροχής (mm) | Εκτιμηθείσα λευκαύγεια (pixel number) | Μετρηθείσα λευκαύγεια (pixel number) |
|--------------|------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 1 | 45,3524782 | 51 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1,6 | 111,3626833 | 157 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1 | 58,76836909 | 134 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 0,8 | 45,68914226 | 151 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 1 | 46,37012481 | 120 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 1,2 | 47,80271844 | 89 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 0,8 | 86,76607261 | 120 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 1,2 | 96,69163885 | 104 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 1,8 | 45,08924675 | 85 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 06/05/99 | 7,8 | 45,32209532 | 121 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 09/05/98 | 10,8 | 62,04499853 | 175 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/05/98 | 20 | 53,8628762 | 154 |

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων δίνεται στο διάγραμμα 2.12 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας για όλα τα ύψη βροχής.

Ο συντελεστής συσχέτισης για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι $R = 0.90$ (Εικόνα 2.13). Παρατηρείται λοιπόν, ότι η εμπειρική σχέση που προέκυψε για τον υπολογισμό της λευκαύγειας, μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο σε κλάσεις μεγέθους του ύψους βροχής, όσο και στο σύνολο των περιπτώσεων που εξετάζονται.

2.7. Εμπειρική σχέση της θερμοκρασίας κορυφής νεφών (CTT) με την περιοχική έκταση της βροχής (AREA)

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας με τη χρήση του προγράμματος που προαναφέρθηκε, βρέθηκε η περιοχική έκταση του νέφους στο οποίο επικρατούσε η κατώτερη θερμοκρασία και αριθμήθηκε σε pixel. Η προαναφερθείσα διαδικασία διενεργήθηκε σε σαράντα περιπτώσεις από το σύνολο των τιμών, με σκοπό την εύρεση μιας εμπειρικής σχέσης η οποία συσχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την

ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών. Στις τιμές της θερμοκρασίας που ελήφθησαν προστέθηκε ο σταθερός συντελεστής 100 με σκοπό την αποφυγή αρνητικών τιμών. Στον πίνακα 2.9 που ακολουθεί, παρουσιάζονται ένα μέρος των περιπτώσεων των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εμπειρικής σχέσης. Τα υπόλοιπα δεδομένα παρουσιάζονται σε πίνακα του παραρτήματος 3.

Πίνακας 2.9: Ελάχιστες τιμές νεφών και αντίστοιχες περιοχικές έκτασεις καταιγίδων.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT+100 (° C) | AREA (pixel) |
|--------------|------------|---------------|--------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 87,2879 | 2 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 70,6695 | 3 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 97,1081 | 2,5 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 93,8243 | 2,5 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 92,9025 | 2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 91,0299 | 2,5 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 80,9625 | 2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 76,3232 | 3 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 89,6541 | 2,2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 115,33 | 2,5 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 97,1923 | 2,3 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 90,9766 | 2,5 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 85,7627 | 2,4 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 95,56202 | 2,5 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 54,2734 | 3,5 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 60,4633 | 3,2 |

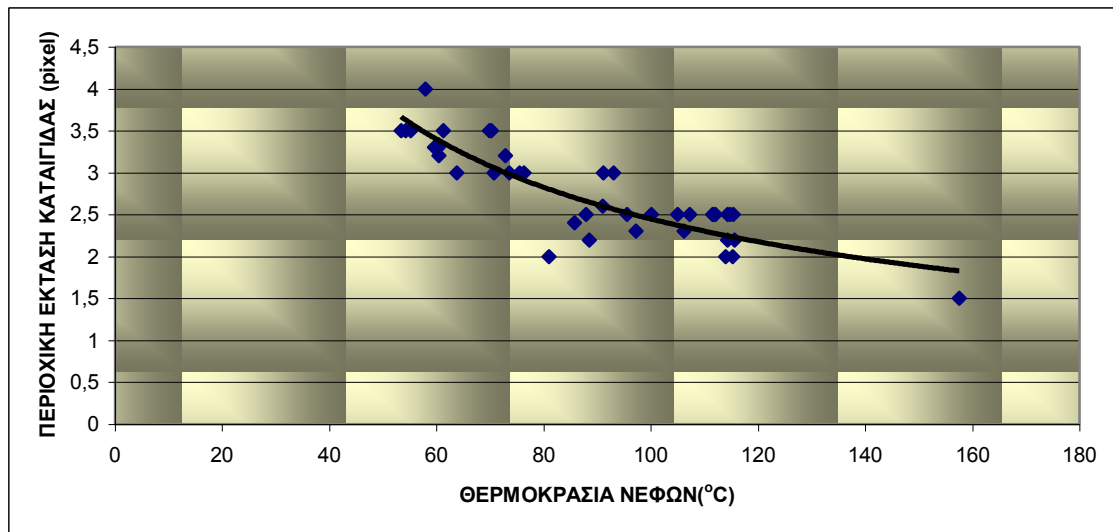
Στον προηγούμενο πίνακα και για τις δύο μεταβλητές CTT – AREA εφαρμόστηκε πλήθος τύπων με σκοπό τον εντοπισμό εκείνου με τον καλύτερο συντελεστή συσχέτισης. Η εμπειρική σχέση που βρέθηκε είναι η εξής:

$$AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431} \quad (2.4)$$

όπου:

- ✓ AREA η περιοχική έκταση της βροχής από δορυφορικές εικόνες (pixel) και
- ✓ CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (°C)

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της εξίσωσης 2.4.



Εικόνα 2.14: Διάγραμμα συσχέτισης θερμοκρασίας νεφών με την περιοχική έκταση της βροχής.

Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R για την εξίσωση 2.4 είναι 0.86 γεγονός που καθιστά την εξίσωση έγκυρη και εφαρμόσιμη.

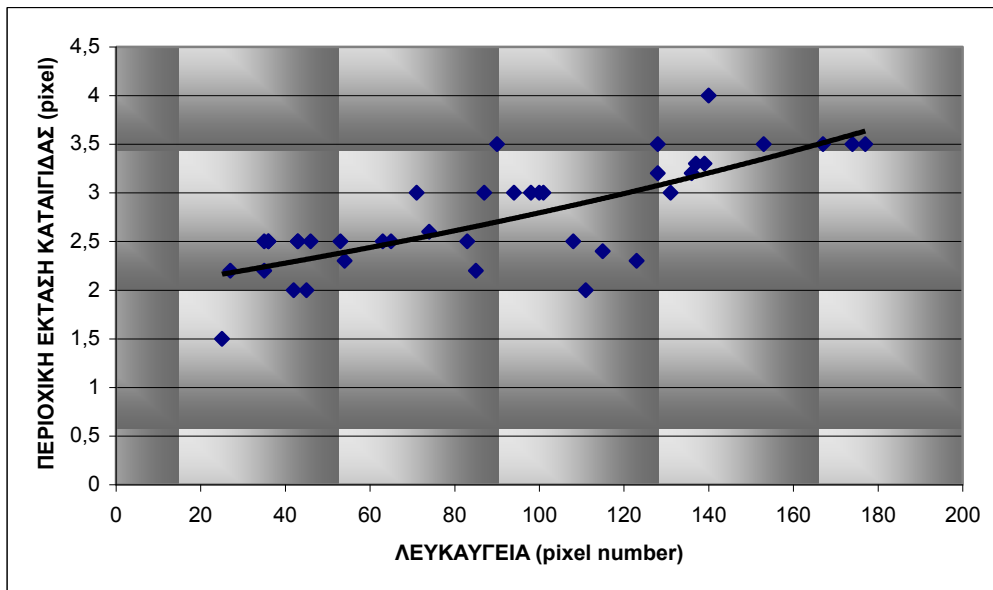
2.8. Εμπειρική σχέση της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA) με την λευκαύγεια (albedo).

Παράλληλα, διενεργήθηκε έρευνα για την αποκόμιση μίας ακόμη σχέσης η οποία όμως είναι αποτέλεσμα της συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι όμοια με αυτή της προηγούμενης σχέσης. Ήτοι, συγκεντρώθηκε εκ νέου πλήθος σαράντα τυχαίων περιπτώσεων, για τις οποίες υπολογίσθηκε η περιοχική έκταση της βροχής σε pixel και η αντίστοιχη λευκαύγεια. Στον πίνακα 2.10 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα μέρος της διαδικασίας που περιγράφηκε. Οι υπόλοιπες τιμές δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 3.

Πίνακας 2.10: Περιοχική έκταση της βροχής με την αντίστοιχη λευκαύγεια.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Περιοχική έκταση της βροχής (pixel) | Λευκαύγεια (pixel number) |
|--------------|------------|-------------------------------------|---------------------------|
| ΑΓΙΑ | 7/5/1998 | 2,7 | 63 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2 | 42 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 147 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 167 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3 | 80 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3 | 87 |
| ΑΓΙΑ | 10/5/1998 | 2,8 | 111 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,5 | 65 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,2 | 76 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/1998 | 3 | 85 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/1998 | 3 | 119 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/1998 | 2,4 | 51 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/1998 | 2,6 | 46 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/1998 | 2 | 47 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/1998 | 3 | 101 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/1998 | 3,3 | 152 |
| ΑΓΙΑ | 19/5/1998 | 3 | 98 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,5 | 46 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2 | 45 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,5 | 35 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2 | 111 |

Η γραφική απεικόνιση της προαναφερθείσας διαδικασίας παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2.15.



Εικόνα 2.15: Διάγραμμα συσχέτισης της περιοχικής έκτασης της βροχής με την λευκαύγεια.

Έπειτα, με την προσθήκη της γραμμής τάσης προέκυψε η εξής εξίσωση:

$$AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO} \text{ με } R = 0.73 \quad (2.5)$$

όπου:

AREA η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

ALBEDO η λευκαύγεια (pixel number)

2.8.1. Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής.

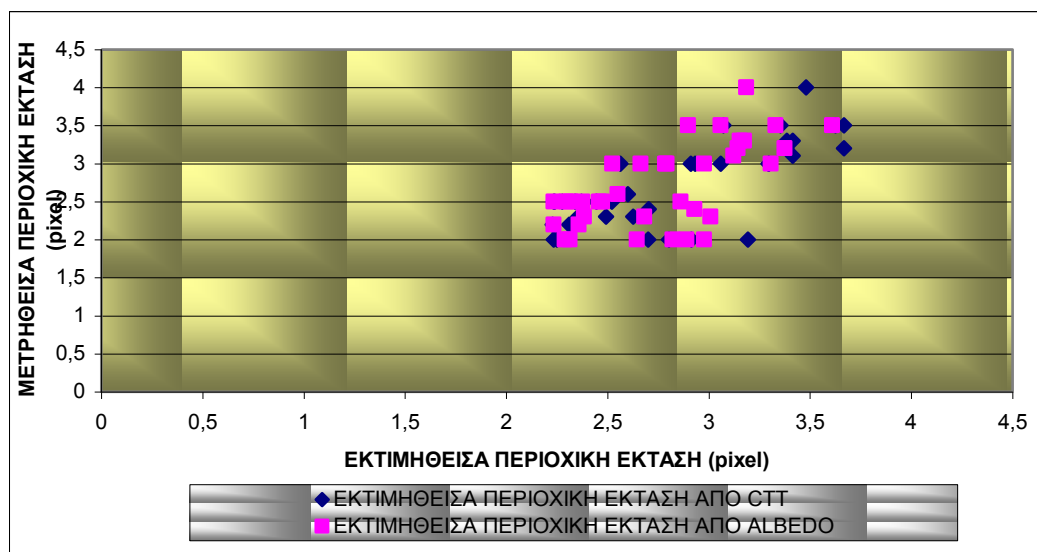
Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκε ο διαχωρισμός της βροχόπτωσης σε κλάσεις μεγέθους, όπως είχε γίνει σε προηγούμενο βήμα, αναφορικά με το ύψος βροχής (mm). Ακολούθησε ο υπολογισμός της περιοχικής έκτασης της βροχής για την κάθε κλάση με βάση τις εξισώσεις 2.4 και 2.5. Με τη βοήθεια των εικόνων του ορατού φάσματος της ακτινοβολίας, υπολογίστηκε η περιοχική έκταση της βροχής η οποία συγκρίθηκε με τις εκτιμηθείσες τιμές που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων που αναφέρθηκε προηγουμένως. Για την πλήρη κατανόηση της μεθόδου

ακολουθεί πίνακας και γραφική απεικόνιση για όλες τις κλάσεις με σειρά μεγέθους από την μικρότερη στην μεγαλύτερη. Αναλυτικότερα για την πρώτη κλάση (0,8-2,5mm) παρουσιάζεται ενδεικτικός πίνακας των τιμών όπως υπολογίσθηκαν. Οι υπόλοιπες τιμές της κλάσης αυτής εξαιτίας του πλήθους παρατηρήσεων παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στο παράρτημα 3.

Πίνακας 2.11: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 0,8 - 2,5mm.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel) |
|--------------|------------|--|---|--|
| ΑΓΙΑ | 7/5/1998 | 2,7 | 2,233768649 | 2,288642664 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2 | 3,06006179 | 2,664260252 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 2,446073451 | 2,473492717 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 2,239564456 | 2,319767912 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3 | 2,251203576 | 2,311947139 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 8/5/1998 | 3 | 2,27533132 | 2,235175004 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 2,8 | 2,803844503 | 2,889188841 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 2,5 | 2,91229166 | 2,793248414 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 2,2 | 2,229217515 | 2,235175004 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3 | 2,233244223 | 2,296384604 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 2/5/1998 | 3 | 2,493017105 | 3,00867703 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 29/5/1998 | 2,4 | 2,372502282 | 2,456842762 |

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.11.



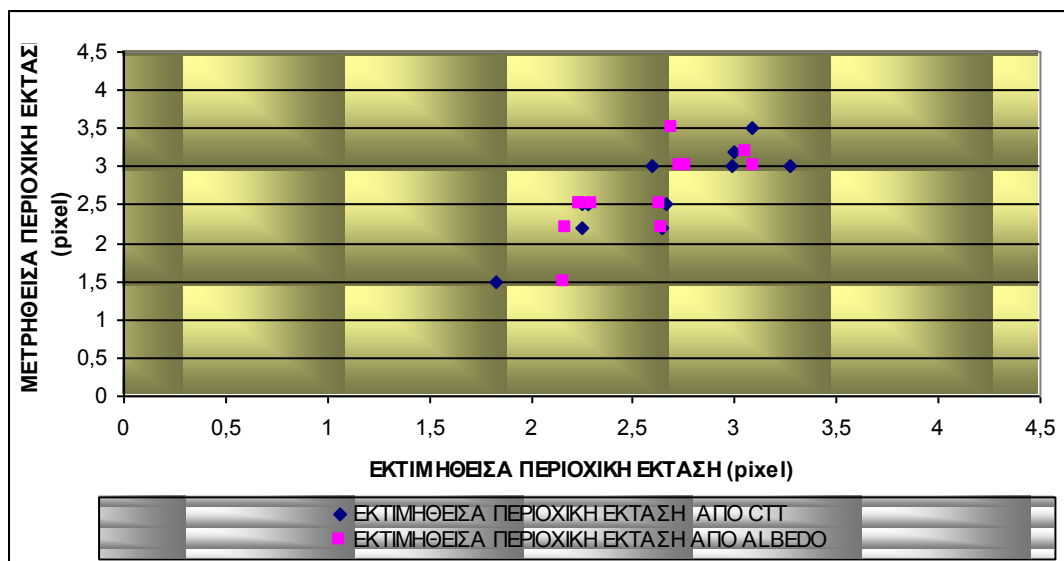
Εικόνα 2.16: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 0,8-2,5mm.

Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες κλάσεις του ύψους βροχής. Τα αποτελέσματα για την κλάση 2,6 – 7,5mm παρουσιάζονται στον πίνακα 2.12.

Πίνακας 2.12: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους 2,6 – 7,5mm.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel) |
|--------------|------------|--|---|--|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,5 | 2,245330657 | 2,242736075 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,2 | 2,245330657 | 2,175596932 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,5 | 2,281529549 | 2,296384604 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,5 | 2,281529549 | 2,242736075 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3 | 3,269347118 | 3,091068751 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,080751085 | 2,691389514 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3 | 2,982517497 | 2,765092412 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,2 | 2,646967046 | 2,646326172 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,5 | 2,659879568 | 2,628512813 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 3 | 2,597718075 | 2,727992068 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,2 | 3,001168664 | 3,059910714 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 1,5 | 1,827286164 | 2,160952218 |

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραφική συσχέτιση των δεδομένων του πίνακα 2.12.



Εικόνα 2.17: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους 2,6-7,5mm.

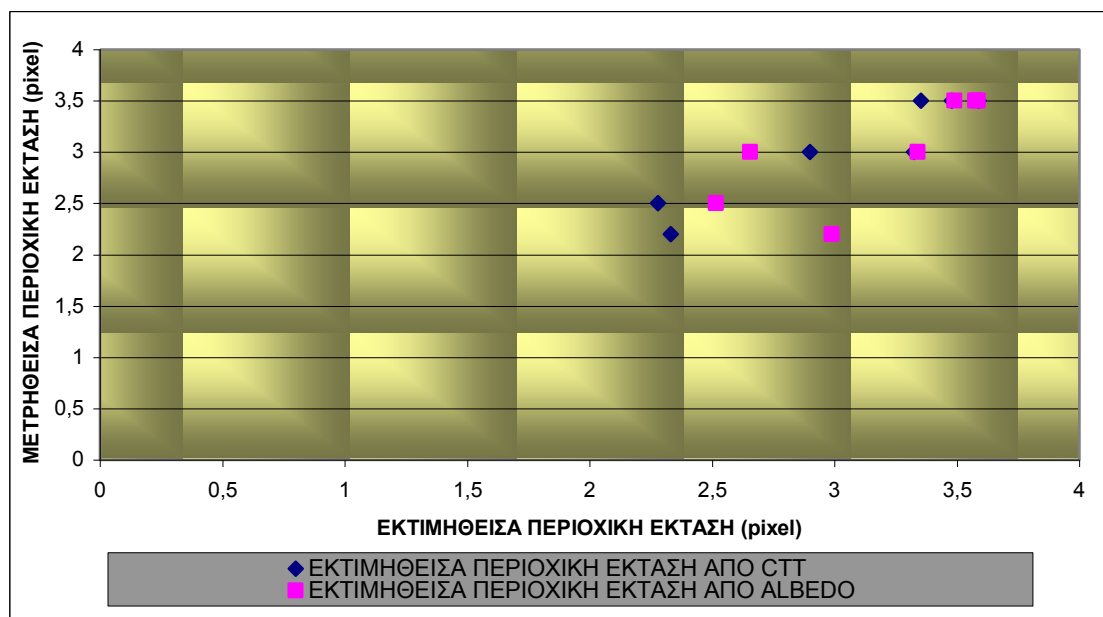
Τέλος, τα αποτελέσματα για κλάση μεγέθους $> 7,5\text{mm}$ παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.13: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για κλάση μεγέθους $>7,5\text{mm}$.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel) |
|--------------|------------|--|---|--|
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,587225036 | 3,574160468 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,353077799 | 3,490660322 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 3 | 2,900590466 | 2,655278071 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,5 | 2,279123261 | 2,51561294 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,2 | 2,331231683 | 2,988424559 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,479228414 | 3,586251012 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 3 | 3,323786604 | 3,340729492 |

Στη συνέχεια ακολουθεί η γραφική παράσταση για τα δεδομένα του πίνακα

2.13.



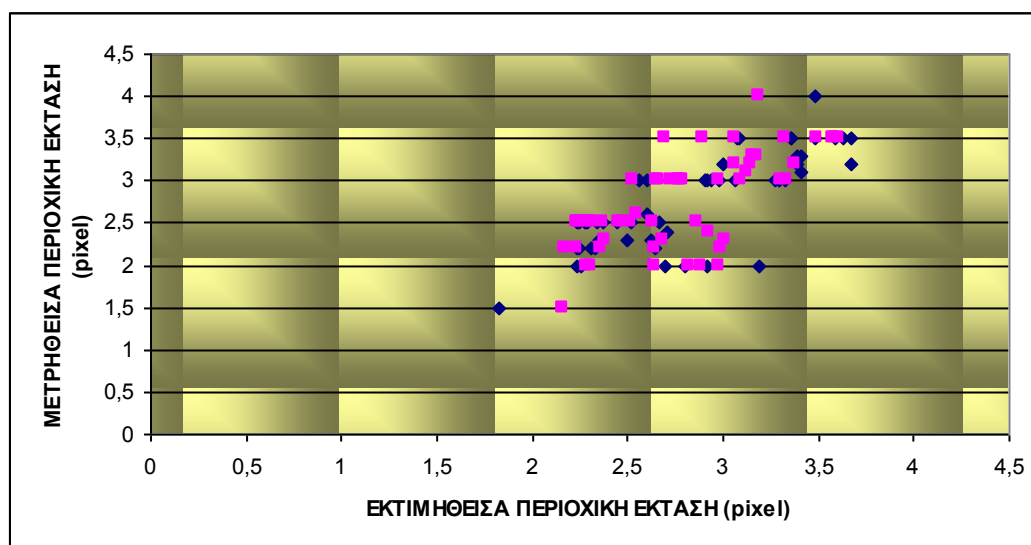
Εικόνα 2.18: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για κλάση μεγέθους >7,5mm.

Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας ακολουθήθηκε όμοια διαδικασία, στην περίπτωση αυτή, για το σύνολο των κλάσεων του ύψους βροχής. Ο πίνακας 2.14 που ακολουθεί, εκπροσωπεί ένα μέρος των αποτελεσμάτων. Ολόκληρη η διαδικασία παρουσιάζεται σε πίνακα του παραρτήματος.

Πίνακας 2.14: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Μετρηθείσα περιοχική έκταση βροχής (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από CTT (pixel) | Εκτιμηθείσα περιοχική έκταση βροχής από albedo (pixel) |
|--------------|------------|--|---|--|
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 2,2 | 2,331507031 | 2,401128199 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,2 | 3,68627053 | 3,398649613 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,1 | 3,433772341 | 3,151852485 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3 | 3,316475782 | 3,332463416 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 3 | 3,316475782 | 3,01048784 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 2,3 | 2,648174758 | 2,719620864 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 2 | 3,213641355 | 3,01048784 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 2 | 2,934754097 | 2,85667524 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 09/05/98 | 2 | 2,720817315 | 2,684196851 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 06/05/99 | 2,2 | 2,351927724 | 3,020371598 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 09/05/98 | 3,5 | 3,498987656 | 3,605200316 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/05/98 | 3 | 3,343874872 | 3,36539381 |

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων δίνεται στο διάγραμμα 2.19 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.19: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής για όλες τις κλάσεις μεγέθους.

2.9. Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας (MXRFL) του RADAR.

Στο τρέχον στάδιο της επεξεργασίας, χρησιμοποιήθηκε ένας εμπειρικός αλγόριθμος για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας του RADAR. Ο πίνακας 2.15 που ακολουθεί, παρουσιάζει τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εξίσωσης της ανακλαστικότητας του RADAR (Dalezios *et al*, 2000).

Πίνακας 2.15: Δεδομένα θερμοκρασίας νεφών με αντίστοιχη ανακλαστικότητα.

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΦΩΝ (° C) | ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ RADAR (dbz) |
|------------|-------------------------|-----------------------------|
| 6/4/1994 | -2 | 17 |
| 6/4/1994 | -36 | 23 |
| 6/4/1994 | -36 | 28 |
| 6/4/1994 | -33 | 13 |
| 6/4/1994 | -32 | 17 |
| 6/4/1994 | -35 | 18 |
| 8/4/1994 | -26 | 23 |
| 8/4/1994 | -31 | 13 |

Τα αποτελέσματα που αναμένεται να δώσει η συγκεκριμένη εξίσωση, είναι τιμές ανακλαστικότητας μικρότερες του 40dBz. Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR τόσο πιο έντονη είναι και η βροχόπτωση. Για ασθενείς βροχοπτώσεις μπορούν να υπάρξουν καταγραφές της τάξης των 14 με 22dbz. Αντίθετα οι υψηλότερες τιμές MXRFL δηλώνουν την ύπαρξη χαλαζιού ή και έντονων καταγίδων και όχι ασθενών βροχοπτώσεων. Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

$$MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA, R = 0.35 \quad (2.6)$$

όπου:

MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

AREA η τιμή της περιοχικής έκτασης της βροχής (pixel)

Ομοίως χρησιμοποιήθηκε και δεύτερη εμπειρική εξίσωση για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας, η οποία τη συνέδεσε με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών και με την ανακλαστικότητα αυτών όπως φαίνεται και στην ακολουθείσα σχέση:

$$MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT}, R = 0.33 \quad (2.7)$$

όπου:

MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

CTT η τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών (°C)

Ένας ενδεικτικός πίνακας των αποτελεσμάτων που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων 2.6 και 2.7 παρουσιάζεται παρακάτω (Dalezios *et al*, 2001). Τα υπόλοιπα αποτελέσματα δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 5.

Πίνακας 2.16: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.

| Δ.Δ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT (°C) | AREA (pixel) | MXRFL _{ctt} (dbz) | MXRFL _{area} (dbz) |
|--------|------------|----------|--------------|----------------------------|-----------------------------|
| ΑΓΙΑ | 7/5/98 | 98,29 | 2,234 | 17,924 | 16,692 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/98 | 70,67 | 3,060 | 19,880 | 16,685 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/98 | 91,11 | 2,446 | 18,321 | 16,694 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/98 | 97,82 | 2,240 | 17,934 | 16,684 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/98 | 95,90 | 2,251 | 17,954 | 16,685 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/98 | 94,03 | 2,275 | 17,997 | 16,661 |
| ΑΓΙΑ | 10/5/98 | 80,96 | 2,804 | 19,151 | 16,655 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/98 | 76,32 | 2,912 | 19,445 | 16,654 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/98 | 98,65 | 2,229 | 17,916 | 16,686 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/98 | 88,33 | 2,233 | 17,923 | 16,688 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/98 | 97,19 | 2,493 | 18,418 | 16,680 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/98 | 98,98 | 2,373 | 18,176 | 16,671 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/98 | 85,76 | 2,702 | 18,893 | 16,665 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/98 | 95,56 | 2,520 | 18,476 | 16,676 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/98 | 96,37 | 2,311 | 18,061 | 16,662 |
| ΑΓΙΑ | 18/5/98 | 53,34 | 3,667 | 22,115 | 16,672 |
| ΑΓΙΑ | 19/5/98 | 59,61 | 3,414 | 21,091 | 16,652 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/98 | 62,95 | 3,296 | 20,662 | 16,652 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/98 | 62,95 | 3,296 | 20,662 | 16,653 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/98 | 89,58 | 2,627 | 18,715 | 16,653 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/98 | 54,27 | 3,626 | 21,941 | 16,682 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/98 | 60,46 | 3,383 | 20,976 | 16,676 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/98 | 97,29 | 2,234 | 22,115 | 16,692 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/98 | 70,67 | 3,060 | 17,924 | 16,685 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/98 | 98,11 | 2,446 | 19,880 | 16,694 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/98 | 87,82 | 2,240 | 18,321 | 16,684 |

Παρατηρείται λοιπόν ότι οι τιμές που βρέθηκαν με την χρήση των εξισώσεων 2.6 και 2.7 είναι αρκετά χαμηλότερες του 40, γεγονός που καθιστά την εξίσωση εφαρμόσιμη και σε περισσότερες περιπτώσεις.

2.10. Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (ETOP).

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα για τον υπολογισμό της κορυφής της ηχώ του RADAR. Τα RADAR εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από ένα κεντρικό σημείο και λαμβάνουν την ανακλώμενη ενέργεια. Καθορίζεται η συχνότητα λειτουργίας του RADAR και η πηγή των των μικροκυμάτων είναι μια ειδική λυχνία που ονομάζεται ‘magnetron’. Ο δέκτης πρέπει να συντονιστεί στη συχνότητα ‘magnetron’. Το RADAR περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα και λαμβάνει ‘ηχούς’ της ανακλώμενης ενέργειας σε μια οθόνη που ονομάζεται ένδειξη επίπεδης θέσης. (PPI: Plan Position Indicator). Επάνω στο PPI του RADAR, το σχήμα, το μέγεθος και οι θέσεις των περιοχών της βροχής μεταβάλλονται συνεχώς. (Δαλέζιος, 2002). Στον πίνακα 2.17 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της εμπειρικής εξίσωσης προσδιορισμού του ETOP.

Πίνακας 2.17: Δορυφορικά δεδομένα και δεδομένα RADAR για την διεξαγωγή εμπειρικών αλγορίθμων.

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ETOP (km) | CTT (° C) | AREA (pixel) | MXRFL (dbz) |
|------------|-----------|-----------|--------------|-------------|
| 6/4/1994 | 4,1 | -2 | 5 | 17 |
| 6/4/1994 | 7,6 | -36 | 190 | 23 |
| 6/4/1994 | 7,1 | -36 | 130 | 28 |
| 6/4/1994 | 6,8 | -33 | 116 | 13 |
| 6/4/1994 | 5,5 | -32 | 85 | 17 |
| 6/4/1994 | 6,3 | -35 | 47 | 18 |
| 8/4/1994 | 5,6 | -26 | 25 | 23 |
| 8/4/1994 | 5,6 | -31 | 55 | 13 |

Συνδυάζοντας τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις :

$$ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258}, R=0.92 \quad (2.8)$$

όπου:

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

AREA η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

Για την παραπάνω εξίσωση, το ETOP υπολογίσθηκε δύο φορές, αρχικά βάσει της περιοχικής έκτασης της βροχής όπως προέκυψε σε σχέση με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών και στη συνέχεια όπως βρέθηκε η περιοχή βάσει της λευκαύγειας.

Μέρος της διαδικασίας παρουσιάζεται στον πίνακα 2.18 που ακολουθεί. Οι τιμές στο σύνολό τους δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 4.

Πίνακας 2.18: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ (ETOP).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | AREA _{ctt} (pixel) | AREA _{albedo} (pixel) | ETOP _{areactt} (km) | ETOP _{areaalbedo} (km) |
|--------------|------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,233768649 | 2,288642664 | 3,652394 | 3,666093 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,06006179 | 2,664260252 | 3,8341 | 3,75305 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,446073451 | 2,473492717 | 3,703908 | 3,710283 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,239564456 | 2,319767912 | 3,653854 | 3,67374 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,251203576 | 2,311947139 | 3,656777 | 3,671827 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,27533132 | 2,235175004 | 3,662796 | 3,652749 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,803844503 | 2,889188841 | 3,78273 | 3,800267 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 2,91229166 | 2,793248414 | 3,804939 | 3,780521 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,229217515 | 2,235175004 | 3,651245 | 3,652749 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,233244223 | 2,296384604 | 3,652262 | 3,668003 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,493017105 | 3,00867703 | 3,714786 | 3,824098 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,372502282 | 2,456842762 | 3,686501 | 3,706419 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,701886349 | 2,92848144 | 3,761177 | 3,808194 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,520285942 | 2,860065757 | 3,721025 | 3,794332 |

Ομοίως υπολογίσθηκε εκ νέου η κορυφή της ηχώ, στη συγκεκριμένη περίπτωση σε σχέση με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών. Η εξίσωση 2.9 που ακολουθεί, εφαρμόστηκε στο πλήθος των δεδομένων του πίνακα 2.17.

$$ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT), R=0.9 \quad (2.9)$$

όπου:

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

CTT η ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών (° C)

Στο τελικό στάδιο υπολογίσθηκε η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR με τη βοήθεια της κορυφής της ηχώ όπως προέκυψε από τις εξισώσεις 2.8 και 2.9.

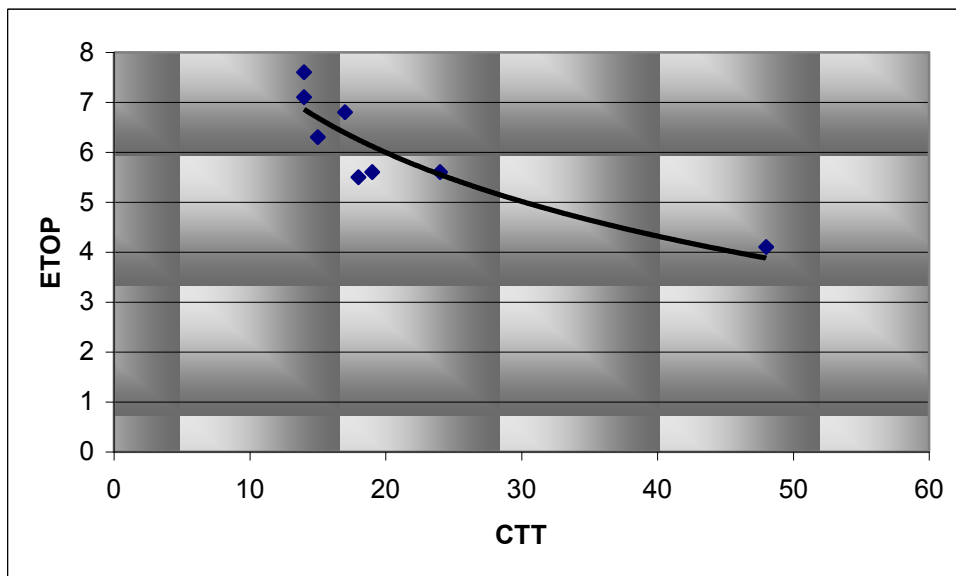
$$MXRFL = 3.17816 + 9.03297\sqrt{ETOP}, R=0.4 \quad (2.10)$$

όπου:

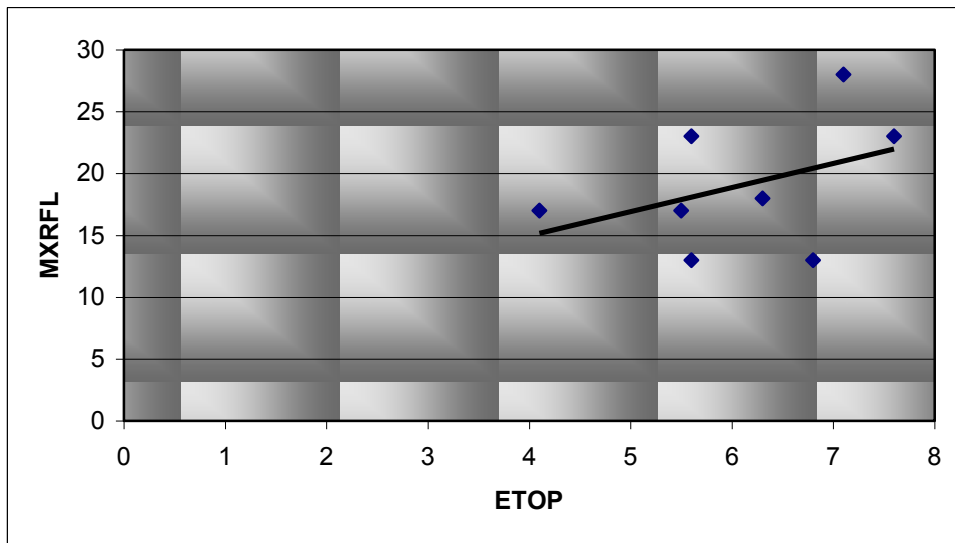
MXRFL η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

ETOP η κορυφή της ηχώ του RADAR (km)

Η γραφική απεικόνιση των εξισώσεων 2.9 και 2.10 παρουσιάζεται στα διαγράμματα 2.20 και 2.21 αντίστοιχα.



Εικόνα 2.20: Συσχέτιση της θερμοκρασίας κορυφής των νεφών με την κορυφή της ηχώ του RADAR.



Εικόνα 2.21: Συσχέτιση της κορυφής της ηχώ του RADAR με την μέγιστη ανακλαστικότητα.

Μέρος των αποτελεσμάτων των εξισώσεων 2.9 και 2.10 παρουσιάζονται στον πίνακα 2.19. Οι τιμές στο σύνολό τους δίνονται σε πίνακες του παραρτήματος 5 (Dalezios *et al*, 2000).

Πίνακας 2.19: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR για διαφορετικά ύψη καταιγίδας.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | MXRFL _{etoparea ctt} (dbz) | MXRFL _{etopalbedo} (dbz) | MXRFL _{etopctt} (dbz) |
|--------------|------------|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 20,44128393 | 20,47362777 | 15,17460351 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 20,86549111 | 20,67754245 | 18,68270448 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 20,56259919 | 20,5775522 | 16,28331125 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 20,44473452 | 20,49165689 | 15,20766283 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 20,45163916 | 20,48714785 | 15,27352366 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 20,46584808 | 20,44212197 | 15,4078597 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 20,74660139 | 20,78727818 | 17,79279369 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 20,79809868 | 20,74147158 | 18,18547985 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 20,43856857 | 20,44212197 | 15,14851941 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 20,4409713 | 20,47813329 | 15,17160344 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 20,5881068 | 20,84240383 | 16,50376876 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 20,52169953 | 20,56849056 | 15,92116438 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 20,69648066 | 20,80563426 | 17,39904378 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 20,60272098 | 20,77352367 | 16,6283053 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 20,48650238 | 20,51421972 | 15,60034961 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 21,11405246 | 20,99953213 | 20,37848221 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 21,01538158 | 20,89308726 | 19,72892187 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 20,96724721 | 20,97170239 | 19,40125609 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 20,96724721 | 20,82860626 | 19,40125609 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 20,65872948 | 20,68666091 | 17,09434448 |

2.11. Εκτίμηση βροχόπτωσης με την βοήθεια της ανακλαστικότητας (σχέση Z-R).

Στο στάδιο αυτό της επεξεργασίας και για τα έτη 1998-2000 λήφθηκαν οι τιμές βροχόπτωσης μεγέθους μεγαλύτερο ή και ίσο των 2,5mm. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες τιμές ανακλαστικότητας, όπως αυτή προέκυψε από τη κορυφή της ηχώ του RADAR, για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις. Οι παραπάνω τιμές παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 2.20.

Πίνακας 2.20: Ύψη νετού με αντίστοιχες ανακλαστικότητες.

| Δ. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ RADAR (dbz) | ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ (mm) |
|---------------|------------|--------------------------------|-----------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 17,87 | 2,6 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 17,56 | 3,6 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 18,33 | 4,6 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 19,03 | 4,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 19,10 | 2,7 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 17,48 | 3,0 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 17,56 | 4,0 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 18,48 | 3,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 18,25 | 3,2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 18,17 | 6 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 20,37 | 5,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 19,10 | 8,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 21,73 | 8,4 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 21,53 | 8,2 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 20,32 | 9 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 20,00 | 7,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 20,16 | 2,6 |

Έπειτα από συσχέτιση των παραπάνω τιμών προέκυψε η εμπειρική σχέση Z-R.

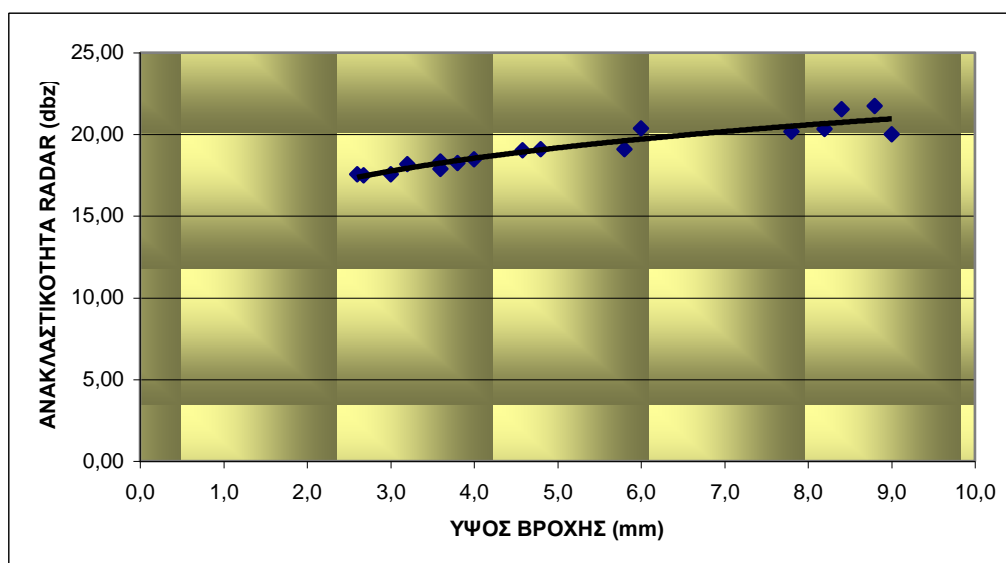
$$Z = 15.037 * R^{0.15} , \text{ με } R = 0.94 \quad (2.11)$$

όπου:

Z η ανακλαστικότητα του RADAR(dbz)

R το ύψος βροχής (mm)

Η διεργασία απεικονίζεται στο διάγραμμα 2.22 που ακολουθεί.



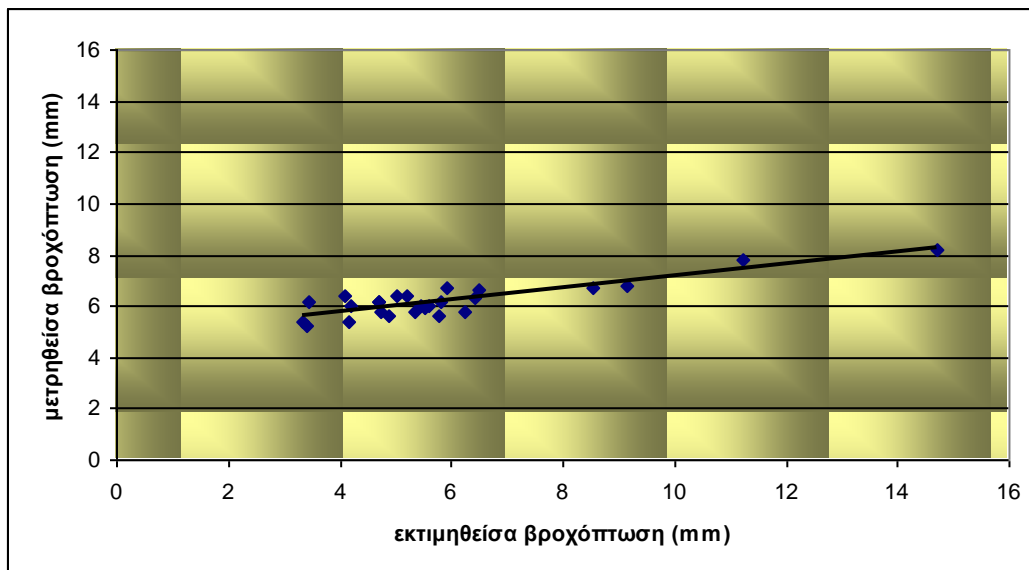
Εικόνα 2.22: Συσχέτιση ύψους βροχόπτωσης με αντίστοιχη ανακλαστικότητα.

Η σχέση 2.11 χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του ύψους βροχής προηγούμενων ετών λόγω της έλλειψης δεδομένων της χρονοσειράς 1998 – 2000. Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των εκτιμηθέντων τιμών υετού και των πραγματικών τιμών όπως αυτές καταγράφηκαν από τους επίγειους σταθμούς. Η προαναφερθείσα διαδικασία παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.21: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.

| Δ.Δ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ | Μετρηθείσα βροχόπτωση (mm) | Εκτιμηθείσα βροχόπτωση (mm) |
|------------|------------|-------|----------------------------|-----------------------------|
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 11.00 | 6,2 | 4,682552 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 12.00 | 6,4 | 4,100039 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 13.00 | 6 | 4,203477 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 21.00 | 5,8 | 6,232198 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 22.00 | 7,8 | 11,22962 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 23.00 | 8,2 | 14,71834 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 0.00 | 6,2 | 4,694852 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 1.00 | 5,6 | 4,875024 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 6.00 | 5,8 | 5,355589 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 7.00 | 6,3 | 6,405121 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 9.00 | 5,9 | 5,525836 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 10.00 | 6,4 | 5,200184 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 15.00 | 6,7 | 5,91988 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 16.00 | 6,2 | 5,813858 |
| ΑΓΙΑ | 7/5/1994 | 6.00 | 6,6 | 6,502586 |
| ΑΓΙΑ | 7/5/1994 | 7.00 | 5,6 | 5,77356 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 7/5/1997 | 5.00 | 5,4 | 3,33502 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 30/5/1996 | 9.00 | 5,8 | 4,720013 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 30/5/1996 | 15.00 | 5,4 | 4,145057 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 6/5/1994 | 19.00 | 6 | 5,461781 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 11/5/1994 | 17.00 | 6,2 | 3,458521 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1993 | 19.00 | 6 | 5,578928 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 6/5/1994 | 16.00 | 6,8 | 9,134181 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 11/5/1994 | 16.00 | 5,2 | 3,425429 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 2/5/1994 | 18.30 | 6,4 | 5,019286 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 6/5/1994 | 17.00 | 6,7 | 8,52082 |

Η γραφική απεικόνιση της συσχέτισης των τιμών του προηγούμενου πίνακα φαίνεται στο διάγραμμα 2.23.



Εικόνα 2.23: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.

2.12. Σύνοψη αλληλουχίας εμπειρικών εξισώσεων

Στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας όλων των εμπειρικών εξισώσεων που προέκυψαν από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας.

Πίνακας 2.22: Σύνοψη αλληλουχίας εξισώσεων.

| | |
|---|--|
| Μετατροπή των τιμών των pixels σε ακτινοβολία | $Radiation = (COUNT - IRSPC) * IRCAL$ (2.1) |
| Επιφανειακή θερμοκρασία | $T = b / (\ln(R) - a)$ (2.2) |
| Λευκαύγεια σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών | $ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355}$, $R=0.92$ (2.3) |
| Περιοχική έκταση καταιγίδας σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών | $AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431}$, $R=0.86$ (2.4) |
| Περιοχική έκταση καταιγίδας σε σχέση με την λευκαύγεια | $AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO}$, $R=0.73$ (2.5) |
| Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR σε σχέση με AREA | $MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA$, $R=0.35$ (2.6) |
| Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR σε σχέση με CTT | $MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT}$, $R=0.33$ (2.7) |
| Κορυφή της ηχώ του RADAR σε σχέση με την περιοχική έκταση | $ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258}$, $R=0.92$ (2.8) |
| Κορυφή της ηχώ του RADAR σε σχέση με την θερμοκρασία νεφών | $ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT)$, $R=0.9$ (2.9) |
| Μέγιστη ανακλαστικότητα RADAR | $MXRFL = 3.17816 + 9.03297 \sqrt{ETOP}$, $R=0.4$ (2.10) |
| Σχέση ύψους νετού με ανακλαστικότητα | $Z = 15.037 * R^{0.15}$, $R=0.94$ (2.11) |

A: ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

A.1. Υετός

Η βροχή αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μετεωρολογικές παραμέτρους. Η μελέτη της παρουσιάζει όχι μόνο θεωρητικό, αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον. Στη βροχή, εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο, είναι η ποσότητα νερού που πέφτει σε μια επιφάνεια. Αυτή εκφράζεται με το ύψος βροχής που ορίζεται σαν εκείνο, στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής, αν έπεφτε πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια. Το ύψος βροχής προσδιορίζεται με τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους. Διεθνώς, μονάδα μέτρησης του ύψους βροχής είναι το mm ή cm. Στην πράξη, λέγοντας βροχή ύψους 1 mm, νοείται η βροχόπτωση εκείνη που αποδίδει ποσότητα νερού ίση με 1 kgf πάνω σε επιφάνεια 1 m².

Για την μελέτη της γεωγραφικής κατανομής του υετού χρησιμοποιείται το μέσο ύψος βροχής (ετήσιο ή μηνιαίο), που είναι το αποτέλεσμα μετρήσεων πολλών ετών και που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα σε ένα μεγάλο πλήθος σταθμών.

Στην ελληνική περιοχή τα μεγαλύτερα ύψη βροχής (ετήσια) σημειώνονται πάνω από τις ορεινές και τις δυτικές περιοχές. Από το γεγονός αυτό γίνεται φανερό ότι το ανάγλυφο παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή της βροχόπτωσης πάνω από τη χώρα μας (Φλόκας, 1997; Levizanni *et al*, 2002).

A.2. Ακραία καιρικά φαινόμενα

Ένα καιρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως ακραίο είτε από την ένταση του, είτε από την διάρκεια του ή και από την συχνότητα επανεμφάνισης του. Η σχέση ένταση -

διάρκεια - συχνότητα χαρακτηρίζουν ένα εκδηλωθέν ακραίο καιρικό φαινόμενο το οποίο είναι δυνατό με την σειρά του να προκαλέσει μια εκτεταμένη φυσική καταστροφή. Γενικά μεγάλης κλίμακας ακραία καιρικά φαινόμενα δεν λαμβάνουν χώρα τόσο συχνά ώστε να θεωρούνται ως τα σημαντικότερα, ενώ τα ακραία καιρικά φαινόμενα μικρής κλίμακας είναι συχνότερα, προκαλώντας καταστροφές σε μικρές περιοχές του πλανήτη. Οι συνέπειες ενός ακραίου καιρικού φαινομένου υπολογίζονται από την σχέση της έντασης του συγκεκριμένου φαινομένου με τη συχνότητα επανεμφάνισης του στην ίδια περιοχή.

Αντικειμενικά είναι πολύ δύσκολο να ορισθεί μία τιμή μεγέθους πάνω από την οποία ένα καιρικό φαινόμενο θα μπορεί να χαρακτηρίζεται ως ακραίο και αυτό γιατί στο χαρακτηρισμό ενός φαινομένου ως ακραίο συνηγορούν πολύ παράγοντες. Σε πολλές περιπτώσεις ο χαρακτηρισμός ενός καιρικού φαινομένου ως ακραίου είναι αποτέλεσμα των καταστροφών ή ακόμη και των θανάτων που προκάλεσε σε μία περιοχή.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύσσονται πολλές θεωρίες οι οποίες υποστηρίζουν ότι η φυσική μεταβλητότητα του κλίματος συχνά οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές. Σε χρονική κλίμακα μερών, μηνών ή ακόμα και ετών, μπορεί να παράγονται κύματα καύσωνα, πλημμύρες, έντονες καταιγίδες και άλλα ακραία φαινόμενα λόγω της φυσικής διακύμανσης του καιρού και του κλίματος. Ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο αποτελεί μια κατάσταση που απέχει σημαντικά από την κανονική- φυσιολογική μορφή του κλιματικού συστήματος. Όταν ένα ακραίο καιρικό συμβάν έχει σημαντικά δυσμενή επίπτωση στην ανθρώπινη ευμάρεια, τότε αυτό ονομάζεται κλιματική καταστροφή (climatic disaster). Σε μερικές περιοχές της Γης παρατηρούνται κλιματικές καταστροφές τόσο συχνά, ώστε θεωρούνται ότι αποτελούν

τήμα της φυσιολογικής μορφής του κλίματος. Είναι πιθανόν η κλιματική αλλαγή που προκαλείται εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου να μεταβάλλει τη συχνότητα, το εύρος και τον χαρακτήρα των ακραίων καιρικών φαινομένων και των κλιματικών καταστροφών.

Σύμφωνα με δεδομένα και παρατηρήσεις, πολλές περιοχές του κόσμου τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υποστεί ακραία καιρικά φαινόμενα που ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια εμφάνισης. Παράδειγμα αποτελούν τα καλοκαιρινά κύματα καύσωνα που εμφανίστηκαν το 1995 στην Κέντρο-Δυτική περιοχή των ΗΠΑ και την Ινδία. Άνω των 700 ανθρώπων πέθαναν από θερμοπληξία στις ΗΠΑ, ενώ στην Ινδία 500 άνθρωποι πέθαναν όταν οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν τον Ιούνιο 1995 άγγιξαν τους 50°C. Νωρίτερα το χρόνο αυτό, οι πλημμύρες που παρατηρήθηκαν στην Ολλανδία προκάλεσαν εκκένωση των περιοχών. Ας σημειωθούν σε αυτό το σημείο, οι πλημμύρες του Αυγούστου 2002 στην Γερμανία καθώς και οι συχνές βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου 2002 στην Ελλάδα, το οποίο είχε χρόνια να παρατηρηθεί, καθώς και οι καύσωνες μεγάλης έντασης και διάρκειας στη Δυτική Ευρώπη το καλοκαίρι του 2003.

Στο μέλλον υποστηρίζεται ότι η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει σημαντικά τη συχνότητα, το εύρος και την τοποθεσία εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Γενικά αναμένονται περισσότερα κύματα καύσωνα και λιγότερες περίοδοι παγετών, ενώ εντονότερες βροχοπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες πλημμύρες σε μερικές περιοχές. Υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, εντονότερες κατακρημνίσεις αναμένονται να παρατηρηθούν με πιθανότητα περίπου 90-99%, επιφέροντας ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασίες και πλημμύρες.

A.3. Καταιγίδες

A.3.1. Καταιγίδες αέριας μάζας

Είναι γνωστό ότι οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο εντυπωσιακά φυσικά φαινόμενα. Η φύση σε μια καταιγίδα αλλάζει εντελώς χαρακτήρα και γίνεται άγρια και βίαιη. Η καταιγίδα μπορεί να οριστεί ως το φαινόμενο εκείνο το οποίο παράγεται από σύννεφα κατακόρυφης ανάπτυξης (Cumulonimbus) και συνοδεύεται πάντα από αστραπή και βροντή. Οι καταιγίδες διακρίνονται σε καταιγίδες αέριας μάζας και δυναμικές ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους.

Οι καταιγίδες αέριας μάζας συναντώνται ακόμα και με το όνομα θερμικές καταιγίδες. Δημιουργούνται σε περιοχές όπου επικρατεί έντονη θέρμανση του εδάφους, καθώς και σύγκλιση η οποία συνοδεύεται από πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης και προοδευτική αύξηση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας. Φυσικά θα πρέπει να υπάρχει και κάποια σχετική επάρκεια της ατμόσφαιρας σε τροφοδότηση υδρατμών. Οι παραπάνω συνθήκες συναντώνται εύκολα στις τροπικές ζώνες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου είναι και συχνή η επικράτηση θερμών και υγρών τροπικών θαλασσίων αερίων μαζών. Όσον αφορά την εξέλιξη μιας καταιγίδας μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια, αν και δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός.

Κατά το πρώτο στάδιο εξέλιξης μιας καταιγίδας μπορεί να διακριθεί το καταιγιδοφόρο νέφος το οποίο ονομάζεται σωρείτης (Cumulus). Εδώ συναντώνται μόνο ανοδικές κινήσεις θερμού και υγρού αέρα οι οποίες οφείλονται στη διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον. Οι ταχύτητες του ανοδικού ρεύματος δεν αργούν καθόλου να αυξηθούν με το ύψος και μάλιστα παίρνουν τη μεγαλύτερη τιμή τους εκεί

που υπάρχει η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμού αερίου ρεύματος και περιβάλλοντος. Η ταχύτητα αυτή μπορεί σε έντονες καταιγίδες να ξεπεράσει τα 15m/sec. Παρατηρείται ότι η ανάμειξη του αέρα του περιβάλλοντος με το καταιγιδοφόρο σύννεφο είναι μικρή. Χρονικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι διαδικασίες σε αυτό το στάδιο διαρκούν περίπου 15 min και το σύννεφο μπορεί να φτάσει σε ύψος μέχρι τα 10 Km. (Φλόκας, 1997)

Το επόμενο στάδιο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν στάδιο ωριμότητας και αρχίζει με τις πρώτες καθοδικές κινήσεις. Οι κινήσεις αυτές φέρνουν και την εμφάνιση βροχής η οποία μάλιστα είναι και πολύ ισχυρή. Οι καθοδικές κινήσεις και η βροχή είναι στοιχεία αλληλένδετα. Κι αυτό γιατί οι καθοδικές κινήσεις οφείλονται στη βροχή όπως και στην εξάτμιση ορισμένων υδροσταγόνων οπότε η ψύξη του αέρα ενισχύει το καθοδικό ρεύμα. Συγκεκριμένα οι μεγάλες και βαρύτερες υδροσταγόνες και παγοκρύσταλλοι δε μπορούν να συγκρατηθούν από τις ανοδικές κινήσεις και αρχίζουν και πέφτουν συμπαρασύροντας ψυχρή αέρια μάζα από τα ψηλά στρώματα. Το ρεύμα που τελικά δημιουργείται περιορίζεται στην περιοχή της βροχής και συνυπάρχει με το ανοδικό. Έπειτα επεκτείνεται οριζόντια και κατακόρυφα. Χρονικά το στάδιο αυτό διαρκεί 15 ως 30 λεπτά και το ύψος μπορεί να φτάσει μέχρι και την τροπόπαυση. Το στάδιο της διάλυσης τέλος, είναι το τρίτο μέρος της ανάπτυξης μιας καταιγίδας. Εδώ επικρατούν παντού μόνο καθοδικές κινήσεις. Το σύννεφο αρχίζει σιγά-σιγά να διαλύεται αφού δεν υπάρχει τροφοδοσία για την καταιγίδα με υγρή και θερμή αέρια μάζα από το έδαφος. Η χρονική διάρκεια αυτού του σταδίου δεν είναι καθορισμένη πλήρως αλλά πρέπει να κυμαίνεται γύρω στα τριάντα λεπτά της ώρας. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι μια καταιγίδα δεν αποτελείται συνήθως μόνο από ένα καταιγιδοφόρο σύννεφο, αλλά από περισσότερα, από τα οποία άλλα βρίσκονται στη διάλυση, άλλα στο

αρχικό στάδιο και άλλα στην ωριμότητα. Έτσι, δημιουργείται μια πιο σύνθετη κατάσταση, η οποία όμως κατά κανόνα δεν έχει μεγάλη χρονική διάρκεια.

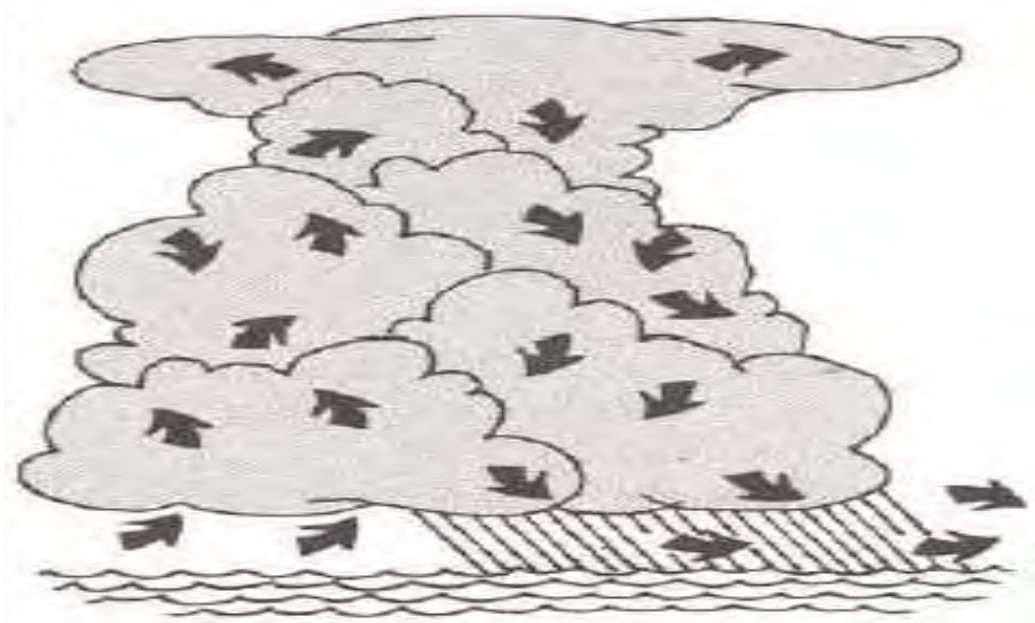


Εικόνα Α.1: Οι καταιγίδες είναι ένα από τα πιο βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα.

A.3.2 Δυναμικές καταιγίδες

Στις δυναμικές καταιγίδες περιλαμβάνονται οι μετωπικές και ορογραφικές καταιγίδες. Οι μετωπικές καταιγίδες δημιουργούνται κατά το πέρασμα των μετώπων και κυρίως των ψυχρών. Εμφανίζονται κυρίως στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και απαντώνται κυρίως σε περιόδους έξαρσης της υφειακής δραστηριότητας, δηλαδή στις

ψυχρές περιόδους του έτους. Όπως είναι γνωστό ο ψυχρός αέρας που ακολουθεί μετά το πέρασμα μιας μετωπικής επιφάνειας ενός ψυχρού μετώπου εξαναγκάζει το θερμό και υγρό αέρα σε κατακόρυφη κίνηση. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται τα σύννεφα "Σωρειτομελανίες" (Cumulonimbus), στα οποία εκδηλώνονται καταιγίδες και ισχυρές βροχές μπροστά και πάνω από το ψυχρό μέτωπο. Σ' ένα θερμό μέτωπο σπάνια εκδηλώνονται καταιγίδες, κι αν αυτό συμβεί, στην περιοχή της βροχής της θερμικής μετωπικής επιφάνειας, η έντασή της θα είναι συνάρτηση της αστάθειας του αέρα (Φλόκας, 1997).



Εικόνα Α.2: Όταν ωριμάζει μια καταιγίδα προκαλεί σύννεφα τύπου σωρειτομελανιών που φέρνουν βροχή και δυνατό αέρα.

Η καταιγίδα είναι μια εξαιρετικά ασταθής συνθήκη στην ατμόσφαιρα, που συνοδεύεται με τα φαινόμενα της αστραπής και της βροντής, που είναι και αποτελέσματά της. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, γίνεται μια κατακόρυφη μεταφορά και συμπύκνωση, με αποτέλεσμα το σχηματισμό

σωρειτομελανιών. Οι καταιγίδες, ανάλογα με την αιτία, που τις προκαλεί, κατατάσσονται σε καταιγίδες θερμότητας, καταιγίδες ακτών και σε μετωπικές καταιγίδες.

A.3.2.1. Καταιγίδες ακτών

Αυτή είναι μια ειδική κατηγορία καταιγίδας θερμότητας και οφείλεται στο ότι μεγάλη κατακόρυφη βαροβαθμίδα συνοδεύει τα θαλασσινά πολικά ρεύματα αέρα.

A.3.2.2. Μετωπικές καταιγίδες

Οι συνθήκες, που προκαλούν μια καταιγίδα, παρουσιάζονται επίσης και όταν ένα ψυχρό ρεύμα αέρα κινείται κάτω από ένα θερμό, αναγκάζοντας το να κινηθεί προς τα πάνω, όπως π.χ. το ψυχρό μέτωπο μιας ύφεσης. Η καταιγίδα ψυχρού μετώπου, σε αντίθεση με την τοπική καταιγίδα, σαρώνει εκτεταμένες περιοχές, αν δε το μέτωπο κινείται αργά, τότε η καταιγίδα έχει μεγάλη διάρκεια σε μια ορισμένη τοποθεσία.

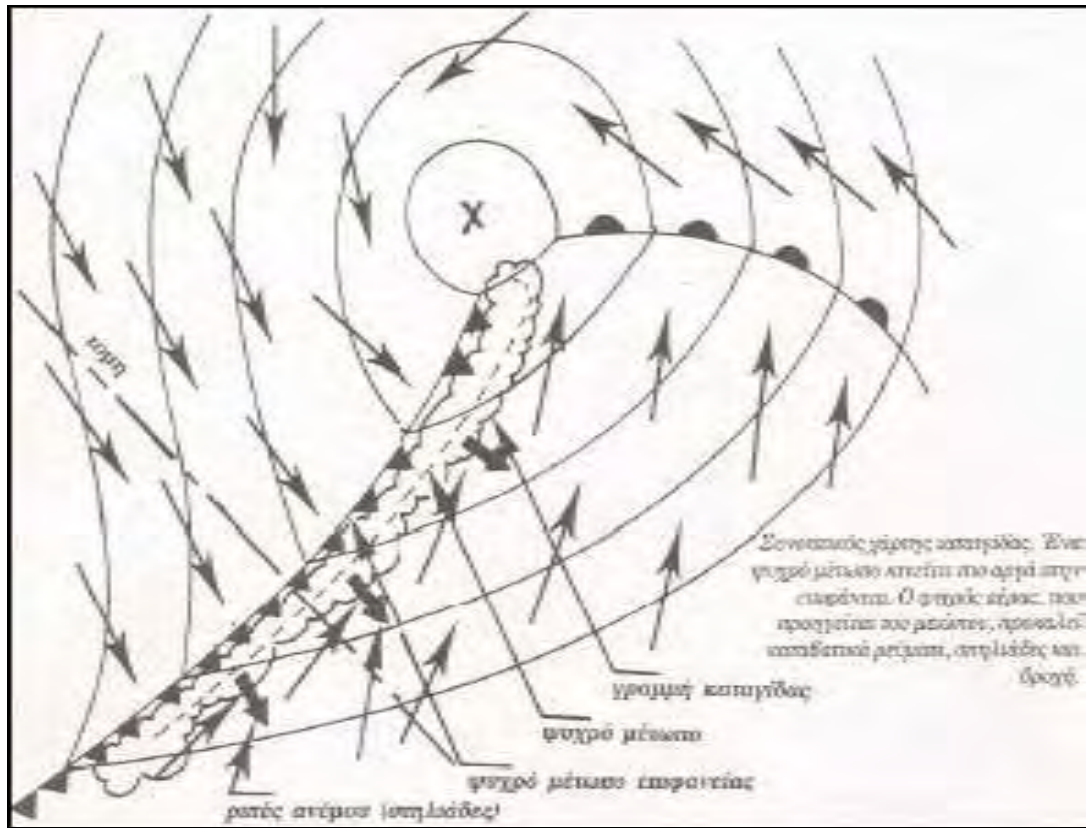
Η ταχύτητα, με την οποία πέφτει μια υδροσταγόνα, εξαρτάται από το μέγεθος της, π.χ. αν έχει διάμετρο 4 χιλιοστά, θα πέσει με ταχύτητα 8 μέτρων το δευτερόλεπτο. Αν η διάμετρος της γίνει μεγαλύτερη από 4 χιλιοστά, θα πέσει με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ο αέρας, κατά τη διάρκεια της πτώσης, θα την αναγκάσει να τεμαχιστεί σε μικρότερες υδροσταγόνες. Έτσι, μια διάμετρος 4 χιλιοστών και μια ταχύτητα 8 μέτρων το δευτερόλεπτο, αποτελούν τα όρια μεγέθους και ταχύτητας πτώσης της υδροσταγόνας. (Φλόκας, 1997)

Αν τα ανοδικά ρεύματα μέσα στους σωρειτομελανίας, ανέρχονται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 8 μέτρων το δευτερόλεπτο, τότε οι υδροσταγόνες, που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, θα μεταφερθούν προς τα πάνω. Λόγω του χαρακτηριστικού των

ανοδικών ρευμάτων να εξασθενούν και να ενισχύονται διαδοχικά, οι υδροσταγόνες, που παρασύρονται, αυξάνονται σε μέγεθος και τεμαχίζονται, με αποτέλεσμα να χωρίζονται τα θετικά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αέρας παίρνει προς τα πάνω το αρνητικό φορτίο, ενώ οι υδροσταγόνες το θετικό. Εφόσον ο αέρας ανέρχεται πιο γρήγορα από τις υδροσταγόνες, που τεμαχίζονται, το θετικό φορτίο συγκεντρώνεται μέσα στην περιοχή του σύννεφου, όπου συγκρατούνται οι υδροσταγόνες. Έτσι, με το διαχωρισμό των φορτίων των υδροσταγόνων, δημιουργείται μέσα στο σύννεφο ένα τεράστιο ηλεκτρικό φορτίο, που κάποια στιγμή προκαλεί μια εκκένωση, την αστραπή. Η εκρηκτική θέρμανση του αέρα κατά το μήκος της αστραπής, προκαλεί την βροντή.

A.3.3. Θερμικές καταιγίδες

Το καλοκαίρι, τα στρώματα του αέρα, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, θερμαίνονται την ημέρα και αν η κατακόρυφη βαροβαθμίδα έχει μεγάλη τιμή μέσα σε ένα στρώμα αέρα σημαντικού ύψους γίνεται μια γρήγορη κατακόρυφη μεταφορά. Ο αέρας, που ανέρχεται, αντικαθίσταται από αέρα, που έρχεται να καταλάβει το χώρο, πάνω από τον οποίο παρατηρείται μια βαθμιαία καθίζηση της ατμόσφαιρας. Η ραγδαία βροχή, που πέφτει από το σωρειτομελανία, συχνά παρασύρει τον αέρα με την τριβή, προκαλώντας ένα καθοδικό ρεύμα ψυχρού αέρα, του οποίου η θερμοκρασία διατηρείται λόγω της εξάτμισης της βροχής. Το ψυχρό αυτό ρεύμα κινείται κατά τη διεύθυνση της καταιγίδας. Το ανοδικό ρεύμα κινείται σιγά - σιγά κατά την αντίθετη διεύθυνση και μέσα στον αέρα, που βρίσκεται πάνω από αυτό, ο οποίος αέρας κινείται προς τα πίσω, μέσα στο σύννεφο της καταιγίδας. Αυτό εξηγεί και την ξαφνική μεταβολή της διεύθυνσης του αέρα, όταν η καταιγίδα αλλάξει κατεύθυνση.



Εικόνα Α.3: Χάρτης καταγίδας.

B: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ – ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

B.1. Μετεωρολογικοί δορυφόροι

Το παγκόσμιο δίκτυο μετεωρολογικών δορυφόρων περιλαμβάνει τουλάχιστον πέντε δορυφόρους κατανεμημένους σε ίσες αποστάσεις γύρω από τον Ισημερινό και τουλάχιστον δύο δορυφόρους σε πολική τροχιά. Οι γεωστάσιμοι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος ~36000 km και κάθε ένας έχει τη δυνατότητα λήψης εικόνων περίπου του 1/4 της γήινης επιφάνειας μέρα και νύχτα κάθε 30 λεπτά. Η σάρωση γίνεται από τον Νότο προς τον Βορρά και από την Ανατολή προς την Δύση. Το πολυφασματικό ραδιόμετρο λειτουργεί σε τρεις φασματικές περιοχές. Η χωρική διακριτική ικανότητα του ραδιομέτρου είναι 5 km στο υπέρυθρο και 2.5 km στο ορατό (Δαλέζιος, 2002).

Ο πρώτος γεωστάσιμος δορυφόρος ΜΕΤΕΟΣΑΤ –1 εκτοξεύθηκε στις 23 Νοεμβρίου 1977 (σχήμα Β.1), με μια προγραμματισμένη διάρκεια ζωής 3 ετών. Ο ΜΕΤΕΟΣΑΤ–2 (ίδιος στο σχεδιασμό με τον ΜΕΤΕΟΣΑΤ –1), εκτοξεύθηκε στις 19 Ιουνίου 1981 (σχήμα Β.2), και εύκολα ξεπέρασε την προγραμματισμένη διάρκεια ζωής του (3 έτη), φτάνοντας έως τις 11 Αυγούστου 1988.

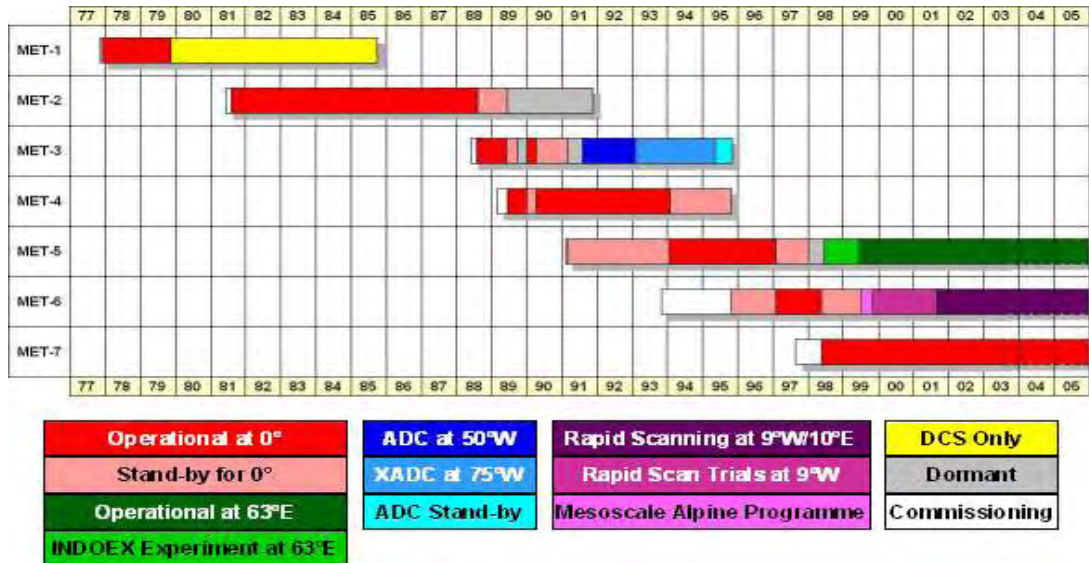


Εικόνα Β.1: Εκτόξευση του METEOSAT-1.



Εικόνα Β.2: Εκτόξευση του METEOSAT-2.

Οι δορυφόροι METEOSAT –3 και METEOSAT –4 εκτοξεύθηκαν στις 15 Ιουνίου 1988 και 6 Μαρτίου 1989 αντίστοιχα. Ο METEOSAT –5 που εκτοξεύθηκε στις 2 Μαρτίου 1991 παρουσίασε προβλήματα απεικόνισης. Ο METEOSAT –6 επίσης παρουσίασε κάποια δυσλειτουργία του ραδιομέτρου. Τέλος ο METEOSAT –7 είναι ο τελευταίος δορυφόρος της σειράς αυτής (σχήμα Β.4). Από την ημέρα εκτόξευσής του (Σεπτεμβρίου 1997) δεν έχει παρουσιάσει κανένα σοβαρό πρόβλημα και υπολογίζεται ότι οι δορυφόροι της σειράς αυτής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν έως το 2005 (www.eumetsat.com). Στο διάγραμμα του σχήματος Β.3 παρουσιάζεται η μέχρι τώρα πορεία των δορυφόρων METEOSAT καθώς επίσης και η μελλοντική τους πορεία.



Εικόνα Β.3: Διάγραμμα πορείας των δορυφόρων METEOSAT.



Εικόνα Β.4: Εκτόξευση του δορυφόρου METEOSAT-7.

Μια άλλη κατηγορία μετεωρολογικών δορυφόρων είναι οι δορυφόροι πολικής τροχιάς (TIROS, Metop). Η τροχιά των δορυφόρων αυτών βρίσκεται σε απόσταση 850km από την επιφάνεια της γης, ηλιοσύγχρονη με κλίση $98,7^\circ$ και με περίοδο 102 λεπτών. Ο κύκλος επανάληψης είναι 12 ώρες. Οι πιο πρόσφατοι δορυφόροι της σειράς TIROS είναι:

- ➡ NOAA 6: τέθηκε σε τροχιά το 1979
- ➡ NOAA 7: τέθηκε σε τροχιά το 1981
- ➡ NOAA 8: τέθηκε σε τροχιά το 1983
- ➡ NOAA 9: τέθηκε σε τροχιά το 1984
- ➡ NOAA 10: τέθηκε σε τροχιά το 1986
- ➡ NOAA 11: τέθηκε σε τροχιά το 1988
- ➡ NOAA 12: τέθηκε σε τροχιά το 1991
- ➡ NOAA 13: τέθηκε σε τροχιά το 1993 για λίγες μόνο ημέρες
- ➡ NOAA 14: τέθηκε σε τροχιά στις 30-12- 1993.

Ένα από τα σημαντικότερα όργανα που φέρουν οι δορυφόροι της σειράς NOAA είναι το AVHRR, ένας πολυφασματικός ανιχνευτής με χαμηλή διακριτική ικανότητα. Τα κανάλια που έχει είναι πέντε, σε διαφορετικά μήκη κύματος, και για διαφορετικές χρήσεις. Στον πίνακα Β.1 που ακολουθεί δίνονται τα μήκη κύματος για καθένα από τα πέντε κανάλια καθώς επίσης και οι διαφορετικές εφαρμογές αυτών. (Δαλέζιος, 1999).

Πίνακας Β.1: Χαρακτηριστικά του AVHRR.

| Κανάλι | Μήκη κύματος(μm) | Κύριες χρήσεις |
|--------|------------------|--|
| 1 | 0.58-0.68 | Νέφη τη μέρα- χιόνι-πάγος |
| 2 | 0.725-1.10 | Νερό- χιόνι-πάγος |
| 3 | 3.55-3.93 | Πυρκαγιές- νέφη τη νύχτα |
| 4 | 10.30-11.30 | Μέρα νύχτα νέφη- θερμοκρασία επιφάνειας και χαρτογράφηση |
| 5 | 11.50-12.50 | Όπως 4-υδρατμοί |

Ένας εξίσου σημαντικός δορυφόρος πολικής τροχιάς είναι ο MetOp ο οποίος είναι ο πρώτος Ευρωπαϊκός δορυφόρος πολικής τροχιάς αποκλειστικά για μετεωρολογικές και κλιματικές εφαρμογές. Πρόκειται για μια σειρά τριών δορυφόρων

που τέθηκαν σε τροχιά το 2005 με διάρκεια ζωής 14 χρόνια και αποτελούν μέρος του προγράμματος EUMETSAT's Polar System (EPS). Εκτός των «παραδοσιακών» οργάνων που φέρουν οι δορυφόροι πολικής τροχιάς μεταφέρει και συστήματα για:

- ✓ μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας
- ✓ υπολογισμό της ταχύτητας του ανέμου και της κατεύθυνσης του ανέμου ειδικότερα πάνω από τους ωκεανούς
- ✓ υπολογισμό του profile του όζοντος στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα Β.5: Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς.

B.2. Εκτίμηση υετού με τη χρήση Τηλεπισκόπησης

B.2.1. Εκτίμηση υετού με τη χρήση RADAR

Ο υπολογισμός της βροχόπτωσης πάνω από κάποια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης υπήρξε πάντα πρόβλημα προς αντιμετώπιση λόγω της μεταβλητότητας του φαινομένου. Ο ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός καθώς επίσης και η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης θα μπορούσαν να οδηγήσουν στον προσδιορισμό της παραγωγής ύδατος καθώς επίσης και στην ορθολογική διαχείριση και των υδατικών πόρων. Λόγω του ότι το ήδη υπάρχον συμβατικό δίκτυο για την εκτίμηση της βροχόπτωσης είναι ανεπαρκές, θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι για τον υπολογισμό υετού. Η Τηλεπισκόπηση και συγκεκριμένα τα RADAR καιρού αποτελούν εργαλεία για την ανάπτυξη νέων μεθόδων. Επίσης, σημαντική είναι η χρήση τους σε πλημμύρες, αρδεύσεις, δασική υδρολογία, αεροναυτική μετεωρολογία καθώς επίσης και στην τροποποίηση καιρού. (Cain & Smith, 1976; Barge *et al*, 1979; Dalezios, 1988)

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των RADAR καιρού, είναι η ικανότητα προσδιορισμού της χωρικής και ποσοτικής κατανομής της βροχόπτωσης, η ανίχνευση καταιγίδων και η κάλυψη περιοχών στις οποίες είναι δύσκολη η ίδρυση κάποιου επίγειου σταθμού. Παρουσιάζουν πολύ καλή διακριτική ικανότητα, με δυνατότητα συγκέντρωσης των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε ένα κέντρο, τη δυνατότητα άμεσης διοχέτευσης της πληροφορίας σε χρήστες και τέλος υπάρχει περισσότερος διαθέσιμος χρόνος σε περίπτωση πρόγνωσης πλημμύρας. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια όρια στην τεχνολογία των RADAR που επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων. Τα βασικότερα μειονεκτήματα είναι η ανώμαλη διάδοση, η ζώνη λαμπρότητας, η ατμοσφαιρική εξασθένιση σήματος, η επίδραση του ανέμου, η εξάτμιση ή ανάπτυξη υετού, η μη ομοιόμορφη πλήρωση της δέσμης, μεταβολές στον

τύπο των παγοκρυστάλλων, στάθμη πήξης, χαλάζι ή άλλα υδρομετέωρα καθώς επίσης και μεταβολές στη σχέση βροχόπτωσης – ανακλαστικότητας ($Z - R$). Επίσης, ένα άλλο μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος του λογισμικού που απαιτείται στην χρήση των RADAR καιρού. (Crozier, 1975; Dalezios, 1990).

Πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης με την χρήση RADAR. Το βασικό στοιχείο αυτών είναι ότι επιλέγεται η εκάστοτε περιοχή μελέτης, λαμβάνονται δεδομένα υετού από τους επίγειους σταθμούς και στη συνέχεια συγκρίνονται οι μετρήσεις αυτές με τα αποτελέσματα των RADAR. Με τον τρόπο αυτό παρέχονται πληροφορίες για την ευρεία περιοχή μελέτης ξεπερνώντας το πρόβλημα των σημειακών μετρήσεων που παρέχουν οι επίγειοι βροχομετρικοί σταθμοί. Μία από τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν συνδυάζει δεδομένα από επίγειους σταθμούς και RADAR στην περιοχή του Καναδά, για τον υπολογισμό της ωριαίας βροχόπτωσης με σκοπό την χρήση των αποτελεσμάτων για υδρολογικούς σκοπούς και μοντελοποίηση (Dalezios, 1988).

Η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη είναι η ακόλουθη:

$$Y = X_1 b_1 + X_2 b_2 \quad (\text{B.1})$$

όπου:

Y εκτίμηση της περιοχής βροχόπτωσης

X_1 εκτίμηση υετού από το RADAR για κάθε ιχνοστοιχείο (pixel)

X_2 εκτίμηση υετού από τους επίγειους σταθμούς για κάθε ιχνοστοιχείο (pixel)

b_1 συντελεστής παλινδρόμησης του RADAR

b_2 συντελεστής παλινδρόμησης του σταθμού

Επιπλέον, για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης χρησιμοποιείται η σχέση ανακλαστικότητας (Z) του RADAR και βροχόπτωσης (R) (σχέση $Z - R$). Υπάρχουν

διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης αυτής. Αρχικά συνήθης πρακτική ήταν η χρήση της σχέσης όπως αυτή είχε υπολογισθεί από τους Marshall και Palmer ($Z = 200 \cdot R^{1.6}$). Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η προσέγγιση αυτή δεν έδινε ικανοποιητικά αποτελέσματα λόγω των κλιματικών διαφορών της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Έτσι, έχουν υπολογιστεί νέοι αλγόριθμοι για διάφορες περιοχές του πλανήτη, δίνοντας διαφορετική προσέγγιση ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής (Marshall & Palmer, 1948; Probert-Jones, 1962; Stout & Mueller, 1968; Cataneo, 1969; Smith *et al*, 1981).

Πίνακας Β.2: Διάφορες προσεγγίσεις της σχέσης Z – R με βάση την περιοχή μελέτης.

| Περιοχή Μελέτης | Κλιματικές Συνθήκες | Σχέση Z -R |
|-----------------|------------------------|--|
| Hawaii | Ορογραφικές καταιγίδες | $Z = 16.6 \cdot R^{1.55}$ (Cataneo, 1969) |
| Hawaii | Καταιγίδες | $Z = 290 \cdot R^{1.41}$ (Cataneo, 1969) |
| Japan | Χιονόπτωση | $Z = 2150 \cdot R^{1.8}$ (Smith <i>et al</i> , 1981) |
| Germany | Καταιγίδες | $Z = 184 \cdot R^{1.26}$ (Zawadzki, 1975) |
| Θεσσαλονίκη | Ασθενείς βροχοπτώσεις | $Z = 31 \cdot R^{0.96}$ (Sioutas&Rudolf, 1992) |

Παρατηρείται λοιπόν, πως ανάλογα τη περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες, η σχέση μεταβάλλεται ανάλογα. Για χιονόπτωση, οι συντελεστές a και b αυξάνονται σε μέγεθος, ενώ μειώνονται για τις καταιγίδες καθώς επίσης και για ασθενέστερες βροχοπτώσεις (Brandes, 1975; Zawadzki, 1975; Wilson & Brandes, 1979).

B.2.2. Εκτίμηση νετού με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων

Ο νετός είναι από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές παραμέτρους και το ενδιαφέρον μελέτης της δυνατότητας χαρτογράφησης του, μέσω δορυφορικών

δεδομένων αυξήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980. Τα επίγεια συστήματα καταγραφής δεδομένων δεν είναι επαρκή για την ακριβή παρακολούθηση του υετού. Αν και ο υετός δεν καταγράφεται απευθείας από τις δορυφορικές παρατηρήσεις, η σπουδαιότητα του είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός αριθμού τεχνικών για την εκτίμηση του από δορυφορικά δεδομένα. Έτσι σήμερα μελετώνται πτυχές του υετού χρησιμοποιώντας δεδομένα από δορυφόρους

Κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της δορυφορικής μετεωρολογίας, οι δορυφόροι αντιμετωπίζονταν ως μία εναλλακτική λύση των επίγειων παρατηρήσεων. Όμως, κατά τη διάρκεια της δεύτερης και τρίτης δεκαετίας και οι δύο μορφές καταμέτρησης χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά. Σήμερα, οι μέθοδοι που αρμόζουν περισσότερο σε επιχειρησιακές ανάγκες είναι εκείνες που συνδυάζουν ενδείξεις υετού από επίγειους σταθμούς και δορυφορικά δεδομένα, με αποτελέσματα σαφώς ανώτερα αυτών που θα είχαν εξαχθεί από τη μία πηγή πληροφοριών μόνο. Το πλεονέκτημα του επίγειου σταθμού είναι ότι παρέχει ποσοτικά δεδομένα συσσωρευμένα στη διάρκεια του χρόνου, αλλά κάθε μέτρηση αντιστοιχεί σε διακυμάνσεις του υετού σε μια συγκεκριμένη θέση. Αντίθετα, οι δορυφόροι έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν πληροφορίες μεγάλων περιοχικών εκτάσεων.

Σχεδόν όλοι οι αλγόριθμοι υπολογισμού υετού από δορυφορικά δεδομένα, συσχετίζουν τις δορυφορικές πληροφορίες με επίγειες μετρήσεις. Έτσι, τα δορυφορικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για να συμπληρώσουν τα κενά που δημιουργούνται από το δίκτυο των επίγειων παρατηρήσεων αφού πρώτα βαθμονομηθούν σε σχέση με τις επίγειες μετρήσεις.

Οι μέθοδοι παρακολούθησης του υετού από δορυφόρους βασίζονται σε εικόνες των περιοχών του φάσματος του οπτικού ή υπέρυθρου ή μικροκυμάτων

χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους για επιχειρησιακή παρακολούθηση του υετού.

Τέτοιες μέθοδοι είναι:

- μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών
- μέθοδοι κλιματολογίας νεφών
- μέθοδοι ιστορίας ζωής
- διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι
- μέθοδοι νεφικών μοντέλων
- μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων
- συνδυασμός των μεθόδων

Οι μέθοδοι αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά προγράμματα, όπως π.χ. σε υποστήριξη σχεδιασμού αρδεύσεων στην Ινδονησία, διαχείριση υδάτινων πόρων στο Ομάν, έλεγχο ακρίδας (desert locust) στην βορειοδυτική Αφρική, πρόγνωση παραγωγής στο Sahel, και γενικότερα σε περιβαλλοντικές μελέτες στην Αφρική και Καραϊβική.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο συνδυασμός συμβατικών και δορυφορικών δεδομένων είναι η πιο ρεαλιστική προσέγγιση για την δημιουργία χαρτών υετού. Επιπλέον τα μοντέλα μπορούν να προσαρμοστούν σε τοπικές ανάγκες για την παροχή πληροφοριών σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (Δαλέζιος, 2002).

B.2.2.1. Μέθοδοι κατηγοριοποίησης των νεφών

Δορυφορικές εικόνες από την υπέρυθη και την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας λαμβάνονται, προκειμένου να παρατηρηθούν ως προς την νεφοκάλυψη. Σκοπός των μεθόδων αυτών είναι η αντιστοίχιση ενός συγκεκριμένου ρυθμού βροχόπτωσης για κάθε τύπο νεφών που καταγράφεται από το δορυφόρο. Στον πίνακα Β.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των

νεφών που απεικονίζονται σε δορυφορικές εικόνες από την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Πίνακας Β.3: Χαρακτηριστικά νεφών από εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος.

| Τύποι νεφών | Μέγεθος | Σχήμα (οργάνωση) | Σκιά | Τόνος (λαμπρότητα) | Υφή |
|-------------------------|--|---|--|---|--|
| Cirriform | Μεγάλα φύλλα (large sheets), ή κανάλια (bands), εκατοντάδες km μάρκος, δεκάδες km πλάτος | Περιορισμένο, ραβδωτό ή άμορφο με ασαφή όρια | Πιθανόν προκαλεί γραμμικές σκιές, ιδιαίτερα σε υποκείμενα νέφη | Ανοιχτό γκρι προς λευκό, μερικές φορές ημιδιαφανή | Ομοιόμορφη ή ινώδης |
| Stratiform | Ποικίλο, από μικρά έως μεγάλα (χιλιάδες km ²) | Ποικίλο, πιθανόν κατακόρυφο, περιορισμένο άμορφο, ή προσαρμοσμένο στην τοπογραφία | Σπανίως ορατά εκτός κατά μήκος των μετώπων | Λευκά ή γκρι ανάλογα με την γωνία του ήλιου και το πάχος των νεφών | Ομοιόμορφη ή πολύ ομοιόμορφη |
| Stratocumuliform | Κανάλια μέχρι χιλιάδες km μάρκος, κανάλια ή φύλλα με ψηφίδες | Δρόμοι, κανάλια, ή τεμάχια με καλώς προσδιορισμένα μέτωπα | Πιθανόν δείχνουν ραβδώσεις (striations) κατά μήκος των ανέμων | Συχνά γκρι πάνω από το έδαφος, λευκά πάνω από τους ωκεανούς, ανάλογα με | Συχνά ακανόνιστη, με ανοιχτές ή διακυμάνσεις στις ψηφίδες (with open or cellular variations) |

| | | | | | |
|---------------------|--|--|--|---|--|
| | 3-15 km κατά μήκος | | | την αντίθεση της ανακλαστικότητας | |
| Cumuliform | Από χαμηλά επίπεδα ανάλυσης φωτογραφίας σε ομάδες νεφών, 5-15 km κατά μήκος | Γραμμικά φύλλα, ομαλές ψηφίδες, ή χαοτική εμφάνιση | Υψηλά νέφη πιθανόν προκαλούν σκιές κάτω από την πλευρά του ήλιου | Ποικίλο, από “σπασμένο” μαυρο-γκρί έως λευκό, ανάλογα με τους βαθμούς ανάπτυξης | Μη ομοιόμορφη εναλλαγή δειγμάτων του λευκού, γκρι και σκούρου γκρι |
| Cumulonimbus | Απομονωμένα (individual) νέφη δεκάδες km κατά μήκος. Τεμάχια έως εκατοντάδες km σε διάμετρο μέσα από συγχωνεύσεις ακμών (anvils) | Σχεδόν κυκλικά και καλώς προσδιορισμένα, ή παραμορφωμένα, με μία ευδιάκριτη άκρη και μία εκτενής | Συνήθως παρουσιάζονται όταν τα νέφη είναι καλώς ανεπτυγμένα | Χαρακτηριστικά πολύ λευκό | Ομοιόμορφη |

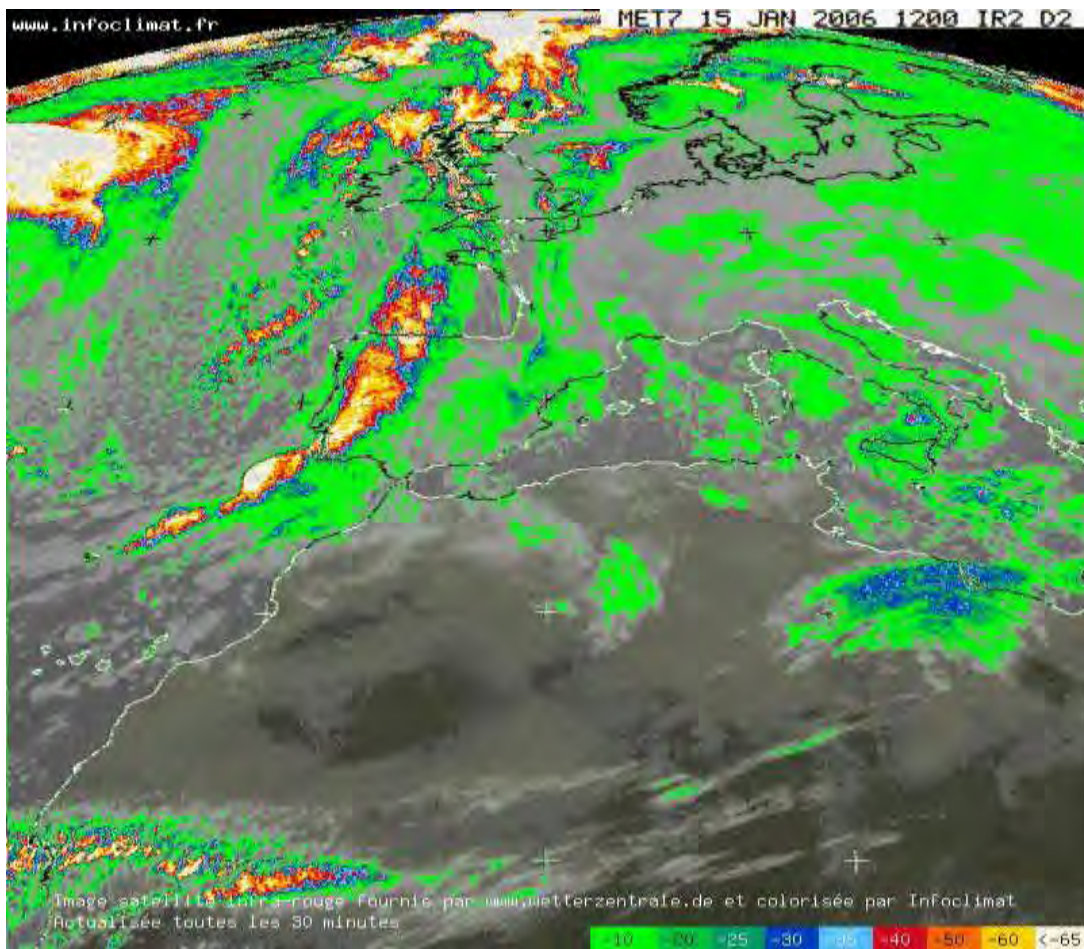
Μία από τις πιο απλές και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος της κατηγορίας αυτής αναπτύχθηκε από τους Arkin και Meisner (1987) κατά την διεξαγωγή ενός πειράματος, ονομαζόμενο GATE (Global Atlantic Tropical Experiment). Κατά την διάρκεια του πειράματος αυτού, συσχετίστηκαν περιοχές που οι τιμές των pixels παρουσιάζουν θερμοκρασίες χαμηλότερες από 235° K στο υπέρυθρο, με τις εκτιμήσεις που είχαν καταγραφεί από τα επίγεια Radar όσον αφορά την βροχόπτωση. Ο δείκτης GPI (GOES Precipitation Index) που χρησιμοποιήθηκε, προσδίδει ρυθμό υετού, στις περιοχές με τιμές των pixels χαμηλότερες από 235° K, 3mm/h. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται σε πολλές κλιματολογικές μελέτες, για περίοδο από 5 ημέρες έως και 1 μήνα και έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής, είναι ότι γίνεται χρήση της υγρασίας στο ανώτερο τμήμα της τροπόσφαιρας σε κοντινά θερμικά νέφη για πρόγνωση της βροχόπτωσης. Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση του δείκτη GPI με τις πραγματικές τιμές της βροχόπτωσης που έχουν καταγραφεί από τα βροχόμετρα της περιοχής. Από τις μέχρι τώρα εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί και που βασίζονται στην τεχνική αυτή, τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά και παρατηρείται θετική συσχέτιση αυτών. Θα μπορούσε λοιπόν να χρησιμοποιηθεί και σε μελέτες που θα διεξαχθούν σε διάφορα μέρη της Ελλάδας (Levizzani *et al*, 2002).

B.2.2.2. Μέθοδοι κλιματολογίας νεφών

Η βάση αυτών των μεθόδων είναι μια γενική συσχέτιση μεταξύ των δορυφορικών εικόνων METEOSAT, από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ακτινοβολίας και μετρήσεων βροχόπτωσης από επίγειους σταθμούς. Γίνεται δηλαδή μια προσπάθεια συσχέτισης της συχνότητας εμφάνισης ψυχρών κορυφών νεφών με το

μέσο όρο επίγειων μετρήσεων. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν δεκαήμερα βροχόπτωσης και έχουν μεγάλη ακρίβεια ακόμα και για μεγάλες χρονικές περιόδους. (Δαλέζιος, 2002).

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας των νεφών χρησιμοποιούνται οι τιμές των pixel για κάθε εικόνα METEOSAT. Οι εικόνες των δορυφόρων METEOSAT χαρακτηρίζονται από 2^8 (256) δυνατές αποχρώσεις του γκρι. Καθεμία από τις τιμές αυτές, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας.



Εικόνα Β.6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας των νεφών από τον METEOSAT 7 στις 15/1/06.

Μία από τις τεχνικές που έχουν εφαρμοσθεί στην κατηγορία αυτή είναι η τεχνική TAMSAT (CCD: διάρκεια των ψυχρών νεφών δηλαδή η διάρκεια κατά την οποία η θερμοκρασία των νεφών μιας περιοχής παραμένουν κάτω από μια καθορισμένη

τιμή (κατώφλι) η οποία βρίσκεται πειραματικά) η οποία χρησιμοποιεί θερμικές εικόνες από τον δορυφόρο METEOSAT που λαμβάνονται κάθε μισή ώρα.

B.2.2.3. Μέθοδοι ιστορίας ζωής

Στην κατηγορία των μεθόδων αυτών χρησιμοποιούνται δεδομένα από γεωστάσιμους δορυφόρους. Σκοπός τους είναι η αναγνώριση των καταιγιδοφόρων νεφών καθώς επίσης και η διαχρονική παρακολούθηση της εξέλιξης αυτών, αναλύεται δηλαδή ο κύκλος ζωής του νέφους. Εφαρμόζεται κυρίως σε θερμικά νέφη και η εκτίμηση του νετού βασίζεται σε βαθμονομήσεις της συμπεριφοράς των νεφών και των αλλαγών που υπόκεινται κατά την διάρκεια της ζωής τους (Δαλέζιος, 2002).

Η δυσκολία που παρουσιάζεται στις μεθόδους αυτές είναι όσον αφορά τον διαχωρισμό των καταιγιδοφόρων νεφών από τα μη καταιγιδοφόρα. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι να γίνεται υποεκτίμηση της βροχόπτωσης κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και υπερεκτίμηση αυτής τις απογευματινές ώρες. (Levizzani *et al*, 2002).

B.2.2.4. Διφασματικές και πολυφασματικές μέθοδοι

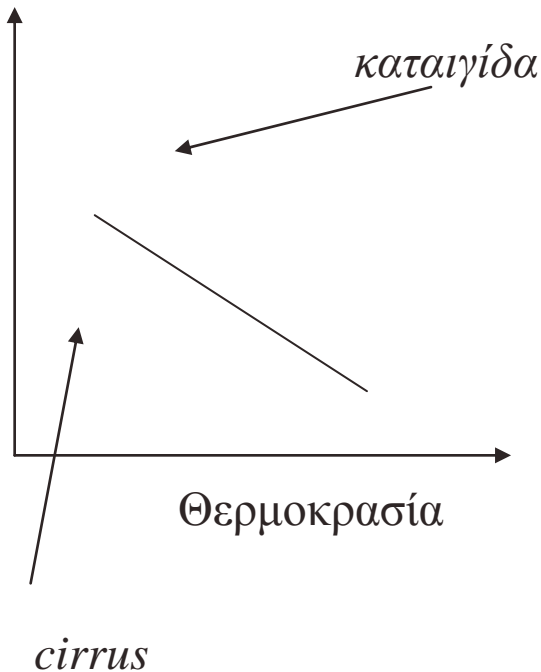
Στις μεθόδους αυτές εικόνες από διαφορετικά μήκη κύματος αναλύονται για την αναγνώριση των πιθανών καταιγιδοφόρων νεφών. Κάτι ανάλογο θα ήταν δύσκολο με την χρήση ενός μόνο καναλιού. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στη υψηλή συσχέτιση που μπορεί να παρουσιάσουν τα ψυχρά και λαμπερά νέφη με την πιθανότητα εκδήλωσης βροχόπτωσης, κάτι το οποίο είναι χαρακτηριστικό για τα νέφη cumulonimbus. Χαμηλότερη συσχέτιση δίνουν τα ψυχρά και θαμπά νέφη (thin cirrus) ή τα λαμπερά αλλά θερμά (stratus). Η τεχνική RAINSAT αναδεικνύει τους ψυχρούς αλλά όχι υψηλής ανακλαστικότητας νεφικούς σχηματισμούς ή εκείνους που έχουν υψηλή

ανακλαστικότητα με σχετικά θερμή κορυφή. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται στις διφασματικές και πολυφασματικές μεθόδους απαιτεί χρήση της ορατής ακτινοβολίας, υπέρυθρης και επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη χρήση ραντάρ για την αναγνώριση της βροχόπτωσης. Τα δεδομένα από το radar χρησιμοποιούνται κυρίως για επαλήθευση. Η τεχνική RAINSAT εφαρμόστηκε στους δορυφόρους METEOSAT και βελτιστοποιήθηκε στην Βρετανία. Οι Tsonis και Isaak (1985) και ο Tsonis (1987) ανέπτυξαν μεθόδους ομαδοποίησης παρόμοιες με αυτές που εφαρμόστηκαν στις διφασματικές ταξινομήσεις των νεφικών σχηματισμών. Οι περιοχές βροχόπτωσης προσδιορίζονται ταξινομώντας ομάδες εικονοστοιχείων στο δισδιάστατο ιστόγραμμα των VIS/IR και τα δεδομένα από το radar χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση της μεθόδου. Μια επιχειρησιακή δυσκολία που προκύπτει είναι ότι οι εικόνες στην ορατή περιοχή του φάσματος δεν είναι διαθέσιμες κατά την διάρκεια της νύχτας. Ο συνδυασμός όμως τόσο με εικόνες από την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος, όσο και από τα μικροκύματα, θα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. (Levizzani *et al*, 2002).

B.2.2.5. Μέθοδοι νεφικών μοντέλων

Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν στοιχεία από την φυσική των νεφών με σκοπό την ποσοτικοποίηση της βροχόπτωσης. Δεδομένα λαμβάνονται είτε από υπέρυθρες εικόνες είτε από εικόνες μικροκυμάτων. Μία από τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν είναι αυτή των Alder και Negri (1988), η οποία σχετίζει τη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών με το ρυθμό βροχόπτωσης. Στην μελέτη αυτή αφαιρέθηκαν τα τοπικά ελάχιστα για να εξαιρεθούν τα νέφη που δεν είναι καταιγιδοφόρα (cirrus). Υπολογίζεται η κλίση $S = T_{1-6} - T_{min}$ όπου T_{1-6} είναι μέσος όρος των θερμοκρασιών των 6 κοντινότερων pixel.

Εάν η ελάχιστη θερμοκρασία (T_{\min}) και η κλίση «πέφτουν» αριστερά της γραμμής όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί τότε έχουμε μη καταγιδοφόρα νέφη. Στην αντίθετη περίπτωση αναμένεται καταγίδα. (Levizzani *et al*,2002).



Προς το παρόν οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται στην χρήση πολύ πολύπλοκων αλγορίθμων με αποτέλεσμα να περιορίζεται η χρήση τους, αλλά το γεγονός αυτό αναμένεται να αλλάξει μελλοντικά.

B.2.2.6. Μέθοδοι παθητικών μικροκυμάτων

Λόγω της μη περατότητας των νεφών στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα οι πληροφορίες για την βροχόπτωση λαμβάνονται από την κορυφή των νεφών. Αυτό θα μπορούσε να ξεπερασθεί με την χρήση των παθητικών μικροκυμάτων. Η εκπομπή της ακτινοβολίας από τα σωματίδια της ατμόσφαιρας αυξάνει το σήμα. Αντίθετα η

διάχυση από τα υδρομετέωρα την ελαττώνει. Ο τύπος και το μέγεθος των ανιχνευόμενων υδρομετεώρων εξαρτάται από τη συχνότητα της ανερχόμενης ακτινοβολίας. Πάνω από 60 GHz παρατηρείται έντονη διάχυση από τον πάγο. Τα ραδιόμετρα στην περίπτωση αυτή ανιχνεύουν πάγο και όχι νετό. Κάτω από 22 GHz παρατηρείται έντονη απορρόφηση η οποία επηρεάζει τη μεταφορά της μικροκυματικής ακτινοβολίας. Μεταξύ 19.3 και 85.5 GHz η ακτινοβολία αντιδρά με όλα τα σωματίδια. Γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της δυνατότητας μέτρησης νετού με στοιχεία του αισθητήρα SSM/I στα 85,5GHz του δορυφόρου πολικής τροχιάς DMSP. (Levizzani *et al*, 2002; Bonifacio *et al*, 1992).

B.2.2.7. Συνδυασμός τεχνικών

Αρκετές από τις υπάρχουσες τεχνικές στο ορατό / υπέρυθρο επανεξετάστηκαν στην παθητική μικροκυματική περιοχή του φάσματος και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορεί να δοθεί λύση σε κάποια προβλήματα που παρουσιάζονται από την εξέταση πληροφοριών για την βροχόπτωση μόνο από πληροφορίες για την κατάσταση της κορυφής των νεφών. Πρόσφατοι αλγόριθμοι δείχνουν ότι οι τεχνικές των παθητικών μικροκυμάτων είναι καλύτερες για στιγμιαίες εφαρμογές πάνω από τους ωκεανούς, ενώ οι τεχνικές του υπέρυθρου ή συνδυασμένες τεχνικές στο υπέρυθρο / μικροκυματικό παρουσίασαν βελτίωση στην περίπτωση της μηνιαίας αθροιστικής βροχόπτωσης κυρίως λόγω της υψηλής χρονικής διακριτικής ικανότητας και άρα της συχνής δειγματοληψίας που είναι διαθέσιμη από γεωσύγχρονες παρατηρήσεις.

Οι Alder και Negri (1988) πρότειναν την προσαρμοσμένη GPI (AGPI) η οποία διορθώνει την GPI μηνιαία εκτίμηση βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας έναν προσαρμοστικό παράγοντα που βασίζεται σε δεδομένα της μικροκυματικής και

υπέρυθρης περιοχής του φάσματος. Επίσης, έχουν χρησιμοποιήσει δεδομένα από την μικροκυματική και υπέρυθη περιοχή του φάσματος για να δημιουργήσουν τη νέα παγκοσμίως προσαρμοσμένη GPI (UAGPI) μέθοδο η οποία παρέχει σταθερές εκτιμήσεις της μηνιαίας βροχόπτωσης σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

Ο συνδυασμός δεδομένων στο ορατό και στο υπέρυθρο μπορεί να συνεισφέρει κυρίως σε καλύτερη βροχομετρική ταξινόμηση (rain – regime), προπαντός όταν συγχωνεύονται η αναγνώριση σύνθετων νεφών και η ανάκτηση νεφικών παραμέτρων.

3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο αρχικό στάδιο της τρέχουσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν δορυφορικές εικόνες METEOSAT από την ορατή και υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, με σκοπό την εξαγωγή εμπειρικών εξισώσεων με την χρήση των οποίων έγινε ο υπολογισμός συγκεκριμένων παραμέτρων. Από τις εικόνες της ορατής περιοχής συγκεντρώθηκε ένα πλήθος δεδομένων που αφορούν στην λευκαύγεια. Παράλληλα από τις εικόνες του υπέρυθρου φάσματος και με την χρήση μοντέλων εκμαιεύτηκαν πληροφορίες που σχετίζονται με την θερμοκρασία της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας ακολουθήθηκαν τέσσερα βήματα:

Βήμα 1^ο: Βρέθηκε η εμπειρική εξίσωση που σχετίζει την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών με την αντίστοιχη λευκαύγεια για την περιοχή που εξετάζεται.

$$ALBEDO = 276061 * CTT^{-1.8355} \quad (2.3)$$

Για την εξίσωση αυτή, επιλέχθηκαν σαράντα τυχαίες περιπτώσεις. Εν συνεχεία η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της λευκαύγειας σε κάθε Δημοτικό Διαμέρισμα για συγκεκριμένες ημέρες για τις οποίες είχε παρατηρηθεί βροχόπτωση. Έγινε σύγκριση της εκτιμηθείσας λευκαύγειας με την μετρηθείσα για όλες τις περιπτώσεις.

Από την μεθοδολογία, η οποία αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προέκυψε ότι για κλάση μεγέθους 0,8 – 2,5 mm υετού ο συντελεστής συσχέτισης R ισούται με 0,91 γεγονός που καθιστά την εμπειρική σχέση εφαρμόσιμη και στις υπόλοιπες κλάσεις μεγέθους. Επίσης για ύψος βροχής 2,6 – 7,5 mm, ο συντελεστής συσχέτισης ήταν και σε αυτή την περίπτωση ικανοποιητικός και ίσος με 0,9. Μικρότερη τιμή παρουσίασε για την κλάση μεγέθους μεγαλύτερη των 7,5 mm, ίση με

0,87. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο μικρό αριθμό περιπτώσεων, για την συγκεκριμένη χρονοσειρά, που ήταν μόνο επτά. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις που προέκυψαν σε όλο τον όγκο των δεδομένων, οι οποίες παρουσίασαν υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($R=0.9$).

Όμοια μεθοδολογία ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής, όμως για την συγκεκριμένη περίπτωση προέκυψαν δύο εμπειρικές σχέσεις, για τον λόγο ότι ο υπολογισμός διεξήχθη με βάση την λευκαύγεια και έπειτα βάσει της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών.

$$AREA = 47.312 * CTT^{-0.6431} \quad (2.4)$$

$$AREA = 1.986 * e^{0.003 * ALBEDO} \quad (2.5)$$

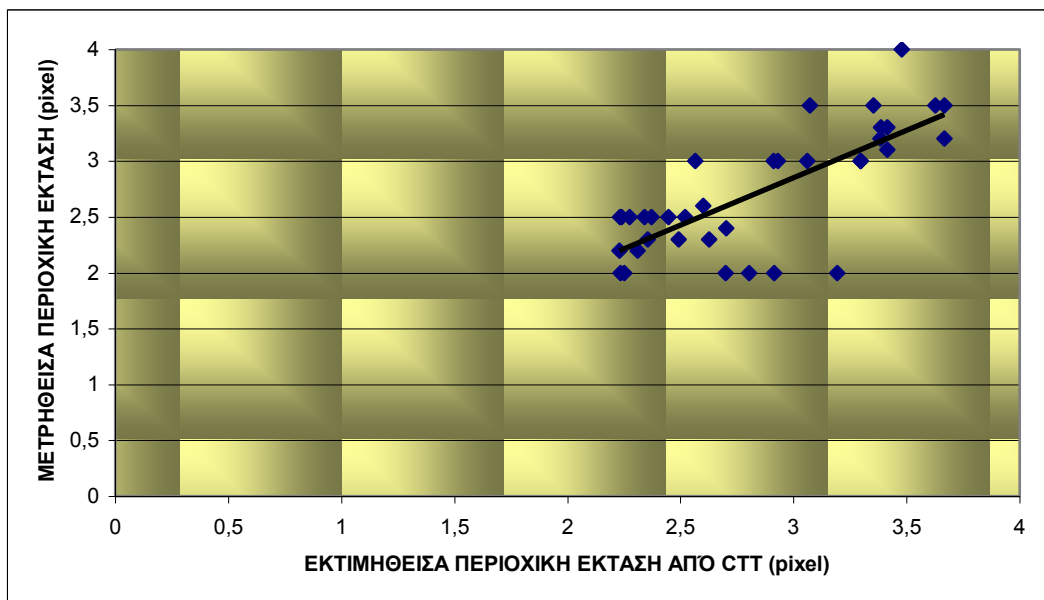
Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί φαίνεται ένα ενδεικτικό μέρος των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 3.1: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής.

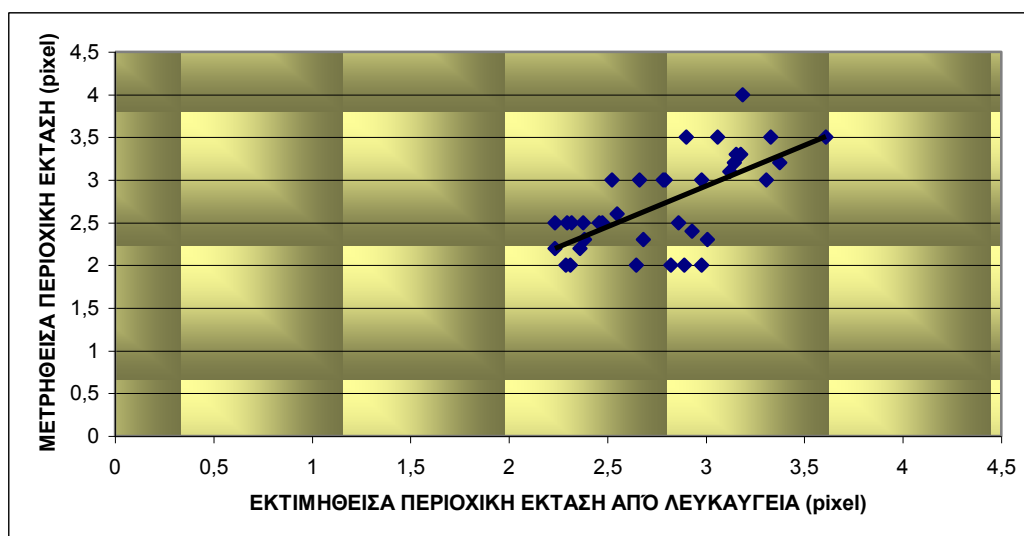
| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | Μετρηθείσα AREA (pixel) | AREA _{ctt} (pixel) | AREA _{albedo} (pixel) |
|--------------|------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 7/5/1998 | 2,7 | 2,6 | 2,5 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2 | 2,2 | 2,3 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,5 | 3,2 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3 | 2,6 | 2,6 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3 | 3 | 2,7 |
| ΑΓΙΑ | 10/5/1998 | 2,8 | 2,7 | 2,9 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,2 | 2,5 | 2,6 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/1998 | 3 | 2,6 | 2,6 |
| ΑΓΙΑ | 16/5/1998 | 3 | 2,9 | 3 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2 | 2,8 | 2,9 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 2 | 2,7 | 3 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 3 | 2,9 | 2,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 3,5 | 3 | 2,9 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 2,7 | 2,8 | 2,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 3 | 3,1 | 3,5 |

Όπως παρατηρείται στον προηγούμενο πίνακα η απόκλιση που παρουσιάζεται είναι μικρής κλίμακας γεγονός που εκμαιεύει το συμπέρασμα πως οι δύο σχέσεις είναι ανάλογες σε μεγάλο βαθμό. Παρότι όμως η απόκλιση των τιμών που προαναφέρθηκε

είναι μικρού μεγέθους, επαρκεί για να αλλάξει σε κάποιο βαθμό το συντελεστή συσχέτισης όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 0.8-2.5mm.

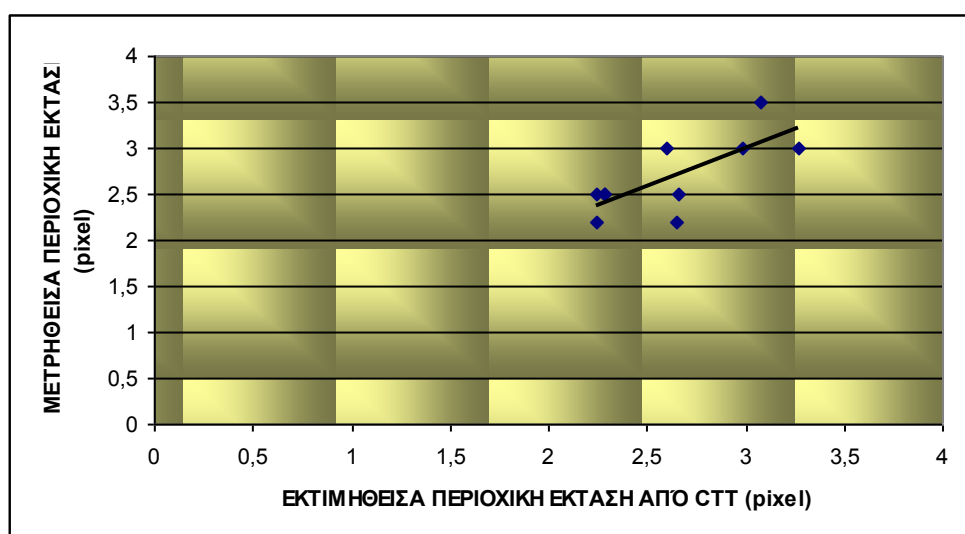


Εικόνα 3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 0.8-2.5mm.

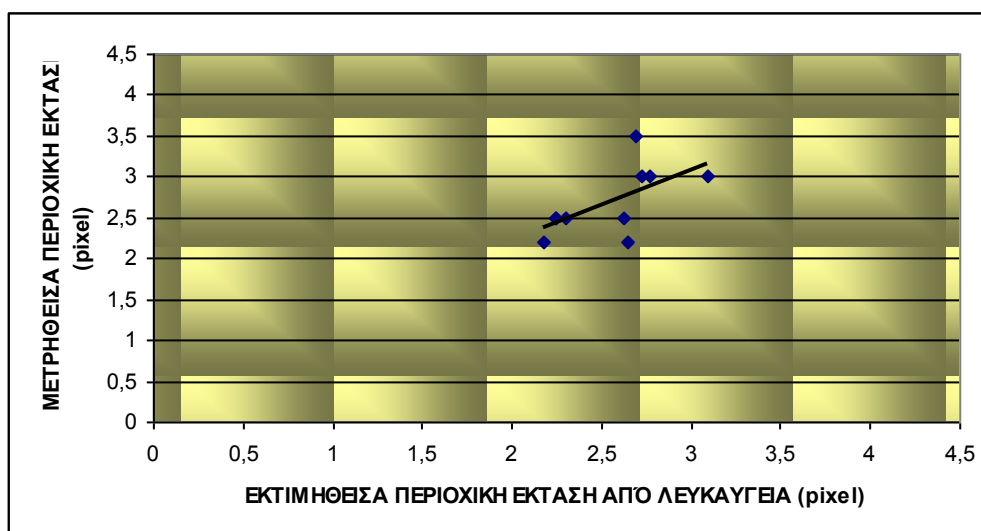
Με τη σύγκριση των διαγραμμάτων εύλογα προκύπτει το συμπέρασμα ότι παρόλο που οι τιμές δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεγέθους, αυτή είναι αρκετή όπως προαναφέρθηκε για να επηρεάσει το συντελεστή συσχέτισης. Έτσι για το πρώτο

διάγραμμα λαμβάνεται $R = 0.75$ (Εικόνα 3.1) ενώ για το δεύτερο $R = 0.65$ (Εικόνα 3.2). Αυτό σημαίνει ότι η εμπειρική εξίσωση που σχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών δίνει πιο ασφαλή αποτελέσματα σε σχέση με την λευκαύγεια.

Ομοίως για το φάσμα τιμών του ύψους βροχής με κλάση μεγέθους από 2.6-7,5mm (Πίνακας 2.12) παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



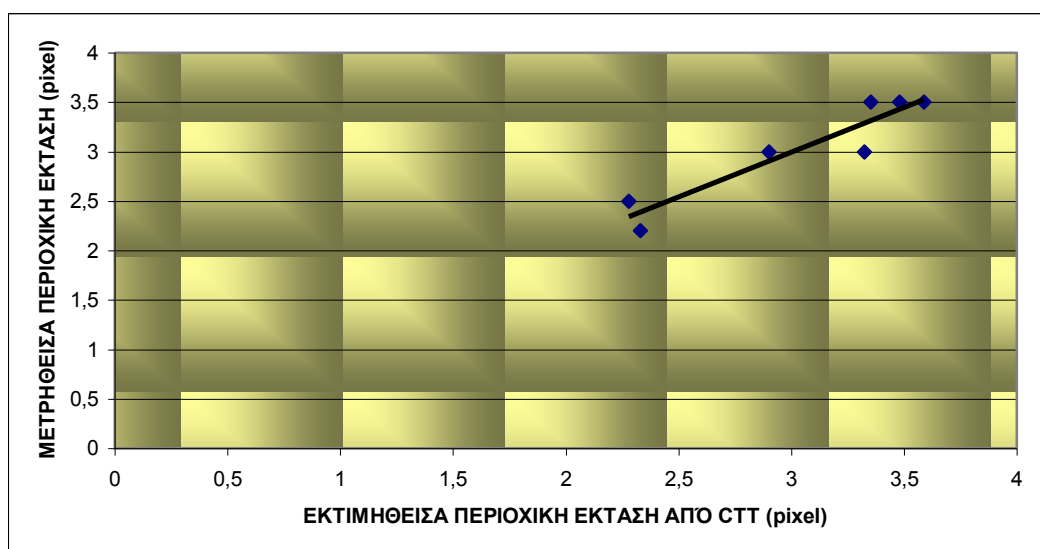
Εικόνα 3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους 2.6-7.5mm.



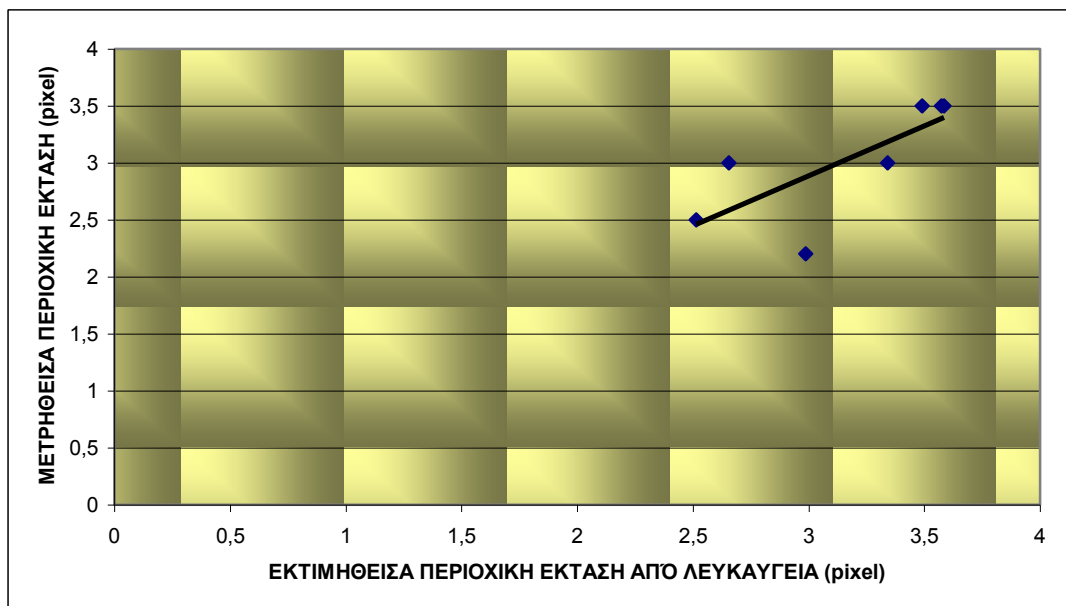
Εικόνα 3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους 2.6-7.5mm.

Στην πρώτη περίπτωση που αφορά στη συσχέτιση της περιοχικής έκτασης της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία των νεφών το R ισούται με 0.73 (Εικόνα 3.3), ενώ στη συσχέτιση με την λευκαύγεια η τιμή του είναι 0.63 (Εικόνα 3.4). Παρατηρείται λοιπόν, ότι και στις δύο περιπτώσεις η τιμή του συντελεστή συσχέτισης είναι χαμηλή όμως δεν μπορούν να διεξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα διότι το πλήθος τιμών είναι μικρό.

Για το πλήθος τιμών του ύψους βροχής με κλίμακα μεγέθους μεγαλύτερη των 7.5mm (Πίνακας 2.13) παρατηρείται και πάλι ότι η εμπειρική εξίσωση 2.4 δίνει καλύτερα αποτελέσματα συγκρίσει της 2.5.



Εικόνα 3.5: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από ελάχιστη θερμοκρασία νεφών για κλάση μεγέθους >7.5mm.



Εικόνα 3.6: Συσχέτιση μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης βροχής από την λευκαύγεια για κλάση μεγέθους $>7.5mm$.

Ο συντελεστής συσχέτισης για την πρώτη εμπειρική εξίσωση είναι ίσος με 0.94 (Εικόνα 3.5) ενώ για την δεύτερη η τιμή του είναι 0.75 (Εικόνα 3.6). Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται η μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των δύο συντελεστών και αυτό οφείλεται στο ότι οι αποκλίσεις που παρουσιάζονται στις τιμές τυγχάνει να βρίσκονται σε αυτή την κλάση μεγέθους.

Όπως γίνεται αντιληπτό, σε ορισμένες περιπτώσεις όσο αφορά τις κλάσεις τιμών, το πλήθος δεδομένων αποτελείται από μικρό σύνολο παρατηρήσεων. Στις περιπτώσεις αυτές δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Έτσι οι εμπειρικές εξισώσεις εφαρμόστηκαν εκτός των κλάσεων βροχής και στο σύνολο των δεδομένων (Εικόνα 2.18).

Όπως παρατηρείται ο συντελεστής συσχέτισης παρουσιάζει κάποια απόκλιση μεταξύ των δύο περιπτώσεων, αφού για την εμπειρική εξίσωση 2.4 που σχετίζει την περιοχική έκταση της βροχής με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών

προκύπτει ότι $R = 0.8$ και για την λευκαύγεια (εξίσωση 2.5) ισχύει $R = 0.7$. Επομένως συμπεραίνεται εκ νέου ότι από τις δύο εμπειρικές εξισώσεις που υπολογίσθηκαν για τον προσδιορισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής, καλύτερη συσχέτιση δίνει η 2.4, τόσο σε κλάσεις μεγέθους όσο και για το σύνολο των δεδομένων.

Βήμα 2^ο: Στο στάδιο αυτό έγινε ο υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR βάσει ποικίλων παραγόντων:

$$MXRFL = 16.5852 + 0.0295844 * AREA \quad (2.6)$$

όπου:

$MXRFL$ η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz) και

$AREA$ η περιοχική έκταση της βροχής (pixel)

Όμοια

$$MXRFL = 13.4337 + \frac{101.429}{CTT} \quad (2.7)$$

όπου:

$MXRFL$ η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz) και

CTT η θερμοκρασία των νεφών ($^{\circ}C$)

Βήμα 3^ο: Στο σημείο αυτό υπολογίσθηκε, με την χρήση της εξίσωσης 2.8, η κορυφή της ηχώ του RADAR με την βοήθεια της περιοχικής έκτασης της βροχής, όπως αυτή υπολογίσθηκε βάσει της θερμοκρασίας των νεφών και της λευκαύγειας. Επίσης και με την χρήση της εξίσωσης 2.9 προέκυψε εκ νέου, η κορυφή της ηχώ του RADAR βάσει της θερμοκρασίας των νεφών.

$$ETOP = 3.22653 * AREA^{0.154258} \quad (2.8)$$

$$ETOP = 13.2331 - 2.4159 * \ln(CTT) \quad (2.9)$$

Τελικά, με την χρήση των δύο παραπάνω εξισώσεων, προκύπτει η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR από τη σχέση:

$$MXRFL = 3.17816 + 9.03297\sqrt{ETOP} \quad (2.10)$$

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της MXRFL όπως αυτή υπολογίστηκε από όλους τους παραπάνω εμπειρικούς αλγόριθμους.

Πίνακας 3.2: Τιμές της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.

| Δ.Δ | MXRFL _{area} (dbz) | MXRFL _{ett} (dbz) | MXRFL _{etoparea} (dbz) | MXRFL _{etoptt} (dbz) | MXRFL _{areaalbedo} (dbz) | MXRFL _{etop} (dbz) |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 16,651 | 14,313 | 20,441 | 15,175 | 16,653 | 20,474 |
| ΑΓΙΑ | 16,676 | 14,869 | 20,865 | 18,683 | 16,664 | 20,678 |
| ΑΓΙΑ | 16,658 | 14,447 | 20,563 | 16,283 | 16,658 | 20,578 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,651 | 14,317 | 20,445 | 15,208 | 16,654 | 20,492 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,652 | 14,324 | 20,452 | 15,274 | 16,654 | 20,487 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,653 | 14,339 | 20,466 | 15,408 | 16,651 | 20,442 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,668 | 14,686 | 20,747 | 17,793 | 16,671 | 20,787 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,671 | 14,763 | 20,798 | 18,185 | 16,668 | 20,741 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,651 | 14,311 | 20,439 | 15,149 | 16,651 | 20,442 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,651 | 14,313 | 20,441 | 15,172 | 16,653 | 20,478 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,659 | 14,477 | 20,588 | 16,504 | 16,674 | 20,842 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,655 | 14,400 | 20,522 | 15,921 | 16,658 | 20,568 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,665 | 14,616 | 20,696 | 17,399 | 16,672 | 20,806 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,660 | 14,495 | 20,603 | 16,628 | 16,670 | 20,774 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 16,654 | 14,361 | 20,487 | 15,600 | 16,655 | 20,514 |
| ΤΣΑΡ/ΝΗ | 16,694 | 15,335 | 21,114 | 20,378 | 16,685 | 21,000 |
| ΤΣΑΡ/ΝΗ | 16,686 | 15,135 | 21,015 | 19,729 | 16,678 | 20,893 |
| ΤΣΑΡ/ΝΗ | 16,683 | 15,045 | 20,967 | 19,401 | 16,683 | 20,972 |
| ΤΣΑΡ/ΝΗ | 16,683 | 15,045 | 20,967 | 19,401 | 16,673 | 20,829 |
| ΤΣΑΡ/ΝΗ | 16,663 | 14,566 | 20,659 | 17,094 | 16,665 | 20,687 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 16,692 | 15,303 | 21,099 | 20,279 | 16,684 | 20,981 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 16,685 | 15,111 | 21,003 | 19,644 | 16,678 | 20,902 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 16,694 | 15,335 | 21,114 | 20,378 | 16,692 | 21,093 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 16,684 | 15,088 | 20,991 | 19,562 | 16,676 | 20,865 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 16,685 | 15,114 | 21,004 | 19,655 | 16,679 | 20,907 |

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.2 το μέγεθος των παραγόντων είναι κλίμακας μικρότερης του 40dbz. Παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες τιμές ανακλαστικότητας προκύπτουν από την σχέση που χρησιμοποιεί τον παράγοντα ETOP όπως αυτός υπολογίστηκε βάσει του AREA. Μικρότερες τιμές εμφανίζονται όταν ο υπολογισμός γίνεται με την βοήθεια της ελάχιστης θερμοκρασίας των νεφών. Οι υπόλοιποι παράγοντες παρουσιάζουν τιμές που βρίσκονται στο διάστημα μεταξύ των δύο προηγούμενων. Έτσι εξάγεται το συμπέρασμα πως όλες οι περιπτώσεις

αναφέρονται σε βροχόπτωση. Σημειωτέων δε πως οι τιμές της ανακλαστικότητας του RADAR είναι χαμηλές, της τάξης των 14-17dbz, για το λόγο ότι οι βροχοπτώσεις που παρουσιάστηκαν στις συγκεκριμένες περιπτώσεις ήταν ασθενείς, της τάξης των 0,8-8mm. Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας μεγαλύτερες του 40dbz θα δήλωναν την ύπαρξη χαλαζόπτωσης.

Βήμα 4^ο: Στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας, υπολογίσθηκε ένας νέος αλγόριθμος για την μέτρηση του ύψους βροχής. Η σχέση που συνδέει την ανακλαστικότητα του RADAR με το ύψος βροχής βρέθηκε να είναι:

$$Z = 15.037 * R^{0,15} \quad (2.11)$$

όπου:

Z η μέγιστη ανακλαστικότητα του RADAR (dbz)

R το ύψος βροχής (mm)

Για το λόγο ότι τα δεδομένα ύψους βροχής μεγαλύτερο των 2,5mm και για το χρονικό διάστημα 1998-2000 είναι λίγα στο σύνολό τους, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης αντίστοιχου ύψους, προηγούμενων ετών για την επιβεβαίωση της εμπειρικής εξίσωσης 2.11. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στο σύνολό τους.

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρηθείσας και εκτιμηθείσας βροχόπτωσης.

| ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ | MXRFL (εξίσωση 2.10) | Εκτιμηθείσα βροχόπτωση (εξίσωση 2.11) | Μετρηθείσα βροχόπτωση |
|---------------------|------------|-------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 11.00 | 18,98471 | 4,682552 | 6,2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 12.00 | 18,60768 | 4,100039 | 6,4 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 5/5/1993 | 13.00 | 18,67782 | 4,203477 | 6 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 21.00 | 19,82221 | 6,232198 | 5,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 22.00 | 21,66538 | 11,22962 | 7,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1994 | 23.00 | 22,56877 | 14,71834 | 8,2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 0.00 | 18,99224 | 4,694852 | 6,2 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 1.00 | 19,10054 | 4,875024 | 5,6 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 6.00 | 19,37363 | 5,355589 | 5,8 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 7.00 | 19,9043 | 6,405121 | 6,3 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 9.00 | 19,4654 | 5,525836 | 5,9 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 10.00 | 19,28768 | 5,200184 | 6,4 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 15.00 | 19,66892 | 5,91988 | 6,7 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 1/5/1997 | 16.00 | 19,61532 | 5,813858 | 6,2 |
| ΑΓΙΑ | 7/5/1994 | 6.00 | 19,94974 | 6,502586 | 6,6 |
| ΑΓΙΑ | 7/5/1994 | 7.00 | 19,59473 | 5,77356 | 5,6 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 7/5/1997 | 5.00 | 18,03637 | 3,33502 | 5,4 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 30/5/1996 | 9.00 | 19,00757 | 4,720013 | 5,8 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 30/5/1996 | 15.00 | 18,63839 | 4,145057 | 5,4 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 6/5/1994 | 19.00 | 19,43116 | 5,461781 | 6 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 11/5/1994 | 17.00 | 18,13567 | 3,458521 | 6,2 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1993 | 19.00 | 19,49352 | 5,578928 | 6 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 6/5/1994 | 16.00 | 21,00015 | 9,134181 | 6,8 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 11/5/1994 | 16.00 | 18,10936 | 3,425429 | 5,2 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 2/5/1994 | 18.30 | 19,18484 | 5,019286 | 6,4 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 6/5/1994 | 17.00 | 20,78088 | 8,52082 | 6,7 |

Παράλληλα, αναφέρεται πως η σχέση που προέκυψε μεταξύ της βροχόπτωσης και της ανακλαστικότητας (Z-R), δύναται να χρησιμοποιηθεί για τάξεις βροχόπτωσης μικρότερες των 10mm. Σε αντίθετη περίπτωση απαραίτητη κρίνεται η εύρεση νέου αλγορίθμου κατάλληλο για ισχυρότερες βροχοπτώσεις.

Τέλος, για την παρούσα εργασία, σημειώνεται πως ο συντελεστής συσχέτισης που προέκυψε βάσει των δεδομένων της παρούσας εργασίας είναι ικανοποιητικού μεγέθους ($R = 0.87$). Επίσης, οι τιμές των συντελεστών a, b της εξίσωσης 2.11 είναι χαμηλές λόγω των ασθενών βροχοπτώσεων που παρουσιάστηκαν τα έτη για τα οποία έγινε η μελέτη, γεγονός που επιβεβαιώνει τη βιβλιογραφία. Όσο ασθενέστερες δηλαδή

οι βροχοπτώσεις τόσο μικρότερες και οι τιμές των δύο συντελεστών. Εύλογα λοιπόν προκύπτει το συμπέρασμα πως η εμπειρική εξίσωση Z-R της εκπονηθείσας μελέτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια τόσο για την περιοχή της Θεσσαλίας όσο και για την υπόλοιπη Ελλάδα όταν αναφερόμαστε όμως, σε ασθενείς βροχοπτώσεις και όχι σε ακραία καιρικά φαινόμενα.

4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εκτίμηση της βροχόπτωσης για την περιοχή της Θεσσαλίας, από θερμικές εικόνες METEOSAT καθώς επίσης και εικόνες από την ορατή περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο πρώτο στάδιο της επεξεργασίας έγινε η ομογενοποίηση των δορυφορικών εικόνων και για τις δύο περιοχές του φάσματος, για την σειρά ετών 1998 – 2000, για τον μήνα Μάιο. Εν συνεχεία, βρέθηκαν οι κατώτερες τιμές της θερμοκρασίας των νεφών πάνω από τις περιοχές για τις οποίες είχε παρατηρηθεί βροχόπτωση. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό, αναφέρονται στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν πίνακες, για όλα τα Δ. Διαμερίσματα, με τις αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας των νεφών.

Στο επόμενο στάδιο, επιλέχθηκαν τυχαία, σαράντα περιπτώσεις από το πλήθος των δεδομένων, για τις οποίες, με την βοήθεια των εικόνων από την ορατή περιοχή του φάσματος και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), βρέθηκε η λευκαύγεια. Αποτέλεσμα ήταν η διεξαγωγή μιας εμπειρικής σχέσης μεταξύ λευκαύγειας και ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών. Η σχέση αυτή εφαρμόσθηκε σε όλα τα δεδομένα και έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο σε κλάσεις βροχής όσο και στο σύνολο των τιμών. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε εύκολα και γρήγορα να υπολογιστεί η λευκαύγεια μιας περιοχής που παρουσιάζει νετό ή και έντονες καταιγίδες γνωρίζοντας μόνο την τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας του νέφους πάνω από την συγκεκριμένη περιοχή. Όμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό της περιοχικής έκτασης της βροχής (AREA). Δημιουργήθηκαν πάλι πίνακες με την

περιοχή όπως μετρήθηκε με την βοήθεια των G.I.S, και υπολογίστηκαν δύο εξισώσεις συσχέτισης της AREA με την ελάχιστη θερμοκρασία της κορυφής των νεφών και της λευκαύγειας. Τα αποτελέσματα που έδωσαν και αυτές οι σχέσεις ήταν αρκετά ικανοποιητικά αφού εφαρμόστηκαν σε όλο το πλήθος των δεδομένων και οι συντελεστές συσχέτισης είχαν ικανοποιητικές τιμές.

Ένα μεγάλο πρόβλημα που προέκυψε από την διεξαγωγή της έρευνας ήταν η μη συνεχόμενη ροή δορυφορικών δεδομένων η οποία παρουσίαζε συχνά κενά. Παράλληλα ελλείψεις υπήρχαν και στα δεδομένα που παρείχαν πολλοί από τους βροχομετρικούς σταθμούς με αποτέλεσμα να υπάρχουν κενά που οδήγησαν στη μείωση των δεδομένων.

Αναφορικά παρατίθεται ότι όμοια μεθοδολογία με αυτήν της βροχόπτωσης ακολουθήθηκε για το χαλάζι και βρέθηκαν εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό της λευκαύγειας και της περιοχικής έκτασης της βροχής. Τα αποτελέσματα ήταν εξίσου ικανοποιητικά στις περισσότερες των περιπτώσεων. Δυσεπίλυτο πρόβλημα, σε μελέτες του συγκεκριμένου τύπου είναι ο διαχωρισμός βροχόπτωσης και χαλαζιού. Αυτό έγκειται στο ότι οι παρατηρήσεις που αποκομίζονται λαμβάνονται από μηχανικά και ηλεκτρονικά μέσα τα οποία δεν έχουν την ικανότητα να διαχωρίσουν την βροχόπτωση από την χαλαζόπτωση αλλά μετρούν το ύψος βροχής ανεξάρτητα αν αυτό σε κάποιες περιπτώσεις οφείλεται σε λιωμένο χαλάζι. Έτσι οι σταθμοί μετεωρολογικών παρατηρήσεων θα ήταν απαραίτητο να επανδρωθούν από ανθρώπινο δυναμικό το οποίο έχει την δυνατότητα του διαχωρισμού αυτών των δύο καιρικών φαινομένων.

Εξάλλου, ακόμη καλύτερη αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος και με σαφώς λιγότερο έως και μηδαμινό κόστος, θα ήταν η εκπόνηση μιας νέας μελέτης η οποία θα διαχώριζε με την βοήθεια ειδικών αλγορίθμων τα δύο καιρικά φαινόμενα και

θα έκανε έτσι τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων περισσότερο πρόσφορα προς επεξεργασία, μελέτη και διεξαγωγή πολύτιμων και ασφαλών συμπερασμάτων.

Τέλος, όπως φαίνεται, με την εφαρμογή των προαναφερθέντων δύο επιλογών αντιμετώπισης, θα ήταν πολύ απλούστερη η μελέτη των ακραίων καιρικών φαινομένων, αφού οι εξισώσεις που βρέθηκαν από την συγκεκριμένη εργασία εξάγουν ικανοποιητικά και γρήγορα αποτελέσματα τόσο για τον υετό όσο και για το χαλάζι. Η ακρίβεια και η ορθότητα των αποτελεσμάτων επιτρέπει την χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας με ικανοποιητική ασφάλεια όχι μόνο στην περιοχή της Θεσσαλίας αλλά και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Λόγω της διαφορετικότητας των κλιματικών συνθηκών των Δημοτικών Διαμερισμάτων στη χώρα μας, η μεθοδολογία της παρούσας διατριβής θα μπορούσε να προσαρμοστεί ανάλογα για την κάθε περιοχή μελέτης. Αποτέλεσμα θα ήταν η εξαγωγή παρόμοιων εμπειρικών αλγορίθμων με διαφορετικούς συντελεστές για την κάθε εξίσωση. Άλλωστε η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε Γερμανία, Ιαπωνία Καναδά και αρκετές άλλες χώρες έδωσε ικανοποιητικές προσεγγίσεις ποσοτικού προσδιορισμού της βροχόπτωσης, του χαλαζιού και του χιονιού.

5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adler, R. F. & A. J. Negri, 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall, *J. Appl. Meteorol.*, 27, 30-51.
- Anagnostou, E. N., Negri, A. J. & Adler, R. F. 1999. A satellite infrared technique for diurnal rainfall variability studies, *J. Geophys. Res.*, 104, 31477–31488.
- Arkin, P. A. & Meisner, B. N., 1987. The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982-84, *Mon. Wea. Rev.*, 115, 51-74.
- Barge, B. L., Humphries, R. G., Mah, S. J., and W. K. Kuhnke, 1979: Rainfall Measurements by Weather Radar Applications to Hydrology. *Water Resour. Res.*, Vol 15, No 6, Dec., pp. 1380-1386.
- Barret, E.C. & Martin, D.W., 1981. *The Use of Satellite Data Rainfall Monitoring*, Academic Press, London.
- Bonifacio, R., Dugdale, G. and Milford, J.R., 1992. Combination of Meteosat data with NOAA/AVHRR VIS and NIR data and with SSM/I Microwave data for studies of vegetation and soil moisture over Sahelian West Africa. 9th Meteosat Scientific User's Meeting, 15th-18th September 1992, Locarno, Switzerland.
- Brandes, E.A., 1975: Optimizing Rainfall Estimates with the Aid of Radar. *J. Appl. Meteorol.*, 14, pp. 1339-1345.
- Cain, D. E. and P. L. Smith, 1976: Operational Adjustment of Radar Estimated Rainfall with Rain Gage Data: A Statistical Evaluation. Preprints, 17th Conf. on Radar Meteor., Seattle, AMS, pp. 533-538.
- Cataneo, R., 1969. A method for Estimating Rainfall Rate – Radar Reflectivity Relationships.
- Chapa, S. R., Milford, J.R. and Dugdale, G., 1992. Climatology of satellite-derived cold cloud duration. Over Sub-Saharan Africa. 9th Meteosat Scientific User's Meeting, 15th-18th September 1992, Locarno, Switzerland.
- Crozier, C. L., 1975: A C-Band Meteorological Radar System for Quantitative Measurement and Cloud Physics Research. *Atm. Env. Service, Meteorol. Memoirs*, N. 30.

- Dalezios, N.R., 1988: Objective Rainfall Evaluation in Radar Hydrology. *J. of Water Resour. Plan. And Management (JWRMDS)*, ASCE, 114(5), Sep., 531-546.
- Dalezios, N.R., 1990: Digital Processing of weather Radar Signals for Rainfall Estimation. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 11(9), 1561-1569.
- Dalezios, N.R., C. Domenikiotis, A. Loukas, and C. Stoforiadis (2000) Discriminating Hailstorms and Rainstorms by Using METEOSAT (Ir) and Weather Radar Data, 25-29 April 2000, Nice, France, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 2, 2000.
- Dalezios, N.R, Domenikiotis, C., Loukas (2001). "Identification procedure of severe rainstorms and hailstorms using satellite and radar data". XXVI General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 25-30 March 2001 *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 3.
- European Organization for the Exploitation of the Meteorological Satellites, www.eumetsat.de.
- Griffith, C. G., Woodley, W. L., Grube, P. G., Martin, D. W., Stout, J. & Sikdar, D. N., 1978. Rain estimation from geosynchronous satellite imagery - Visible and infrared studies, *Mon. Wea. Rev.*, 106, 1153-1171.
- Gruber, A.,1973. Estimating rainfall in regions of active convection, *J. Appl. Meteorol.*, 12, 110-118.
- Levizanni, V, Amorati, R. & Meneguzzo F., 2002. A Review of Satellite-based Rainfall Estimation Methods. *MUSIC – Report "Sustainable Management and Quality of Water" within the Energy, Environment and Sustainable Development*, European Commission.
- Lovejoy, S. & Austin, G. L.,1979. The delineation of rain areas from visible and IR satellite data from GATE and mid-latitudes, *Atmos.-Ocean*, 17, 77-92.
- Marshall, J.S. & Palmer, McK. W.,1948. The distribution of Raindrops With Size. *J. Meteorol.*, Vol. 5, pp. 165-166.
- Milford, J.R. & Dugdale, G., 1990. Estimation of rainfall using geostationary satellite data, *Applications of remote Sensing in Agriculture*, ed M.D. Steven and J.A. Clark, Butterworth, London, pp 97-110.
- Mohammedberhan, N., 1998. Satellite based rainfall estimation over Eritrea. MSc dissertation, University of Reading, UK.

- Negri, A. J. & Adler, R. F., 1993. An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and surrounding waters, *J. Appl. Meteorol.*, 32, 357-373.
- Negri, A. J., Adler, R. F. & Wetzel, P. J., 1984. Rain estimation from satellite: An examination of the Griffith-Woodley technique, *J. Climate Appl. Meteorol.*, 23, 102-116.
- Probert – Jones, J. R., 1962: The Radar Equation in Meteorology. *Quart. J. of the RMS*, Vol. 88, pp. 485-495.
- Smith, P. L., Cain, D. E. & Dennis, A. S., 1981. Derivation of an R – Z Relationship by Computer Optimization and its Use in Measuring Daily Areal Rainfall.
- Sioutas, M. V., & Rudolf, R. C., 1992. Z – R relationships for Summertime Convective Rainfall in Northern Greece.
- Stout, G.E. and E.A. Mueller, 1968: Survey of Relationships Between Rainfall Rate and Radar Reflectivity in the Measurement of Precipitation. *J. of Appl. Meteorol.*, June, pp. 465-474.
- Tsonis, A. A., & Isaac, G. A., 1985. On a new approach for instantaneous rain area delineation in the midlatitudes using GOES data, *J. Climate Appl. Meteorol.*, 24, 1208-1218.
- Tsonis, A. A., 1987. Determining rainfall intensity and type from GOES imagery in the Midlatitudes, *Remote Sens. Environ.*, 21, 29-36.
- Wilson, J.W., and E.A. Brandes, 1979: Radar Measurement of Rainfall – A Summary. *Bull. AMS*, Vol. 60, No. 9, Sep., pp. 1048-1058.
- Zawadzki, I.I., 1975: On Radar – Rainage Comparison. *J. of Appl. Meteorol.*, Vol. 14, Dec., pp. 1430-1436.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δαλέζιος, Ν.Ρ, Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 1999.
- Δαλέζιος, Ν.Ρ, Περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 2002.

Φλόκας, Α, Μαθήματα μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις Ζητη, Θεσσαλονίκη, 1997.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.civilprotection.gr/description_storm.htm

www.eumetsat.com

6: ABSTRACT

The water constitutes the fundamental factor for the creation of life. Plants and animals are depended from water and particularly from the quantities that is available. With the byway of years and the development of agriculture, the rainfall constituted the basic tool for the culture of ground. Many times however, when this is intense, apart from basic good it constitutes also big danger for the person and his activities. This becomes with the creation of extreme meteorological phenomena. For the region of Greece the more important destructions involve heat wave, the drought, the frost, the powerful storms and the hail. The development of time is still essential in the shipping, the aviation, the telecommunications but even in the simplest daily habits. The cost in the world economy exceeds today the 60 billions dollars annually from which the 1/3 correspond in the expenses for the forecast, prevention and for the reject of destructions and the remainder 2/3 correspond in the direct damage from destructions and their re-establishment. These problems, a long time occupied the humanity and they rendered imperative the need for creation of new science, that aim would have the forecast and the development of meteorological phenomena. On the initial stage the meteorology was based on the collection of land rainfall data and on the observation of temperature change. With the development however, the main tool of meteorology became the Remote Sensing Data.

The land radars that are used for the determination of rainfall give satisfactory results, however present problem as the rain gauges with regard to the cover extensive land or marine regions. The last decades the meteorological satellites provide cover and information on the rainfall information. These satellites provide the possibility of calculation of temperature with the application of suitable algorithms. At the same time the cost of collection of information is much smaller than that of land stations. With the use of

pictures from the visible and infrared region of spectrum of radiation becomes the estimate of rainfall.

The aim of this research is the estimation of precipitation in the region of Thessaly, using METEOSAT satellite data in infrared (IR) and visible (VIS) regions of radiation spectrum. For the particular work the research became for the years 1998 to 2000. It is reported also, that the research concerns the visible and the infrared region of spectrum of radiation.

Initially a series of data of satellite pictures per half hour were assembled that is corresponded in the month May for the years that have been reported. A model was created, which with the help of algorithms, converts the 48 pictures of one day in one single picture, which constitute composition of all precedents. Moreover, were found the days at which was observed rainfall. Then the minimum value of cloud temperature above the particular regions was received using the Arc Map 9.1 software on the satellite data. The pictures that were used in this stage are reported in the infrared region of spectrum of radiation. In the next step, forty accidental cases from the data were received. For these cases the minimum temperature of cloud top for each one respectively was found, with the help of pictures from the infrared region of radiation spectrum. Then with the use of program Arc Map of Geographic Systems Information (GIS) the reflectivity for the particular regions was found. The extent of cloud region with the minimum temperature was found based on the same program, and it calculated in pixels. Using this process three empirical relationships were found which the two of them connect the minimal temperature of the top of clouds with the areal extent of storm (AREA) and with the reflectivity (albedo), and the third one connects the areal extent of storm (AREA) with the reflectivity (albedo). After, the three relations above

were used for the entire time series validation. In the last step, after having approached the maximum reflectivity (MXRFL) of the RADAR, the relationship between MXRFL and rainfall (R) was found. This empirical algorithm was used to estimate rainfall for a time of series. Finally, the rainfall that was estimated compared with the values that were taken from earthly stations in Thessaly.

This approach seems to provide satisfactory results for the estimation of the extent area of storm, as well as the reflectivity of the precipitation values in a region. The main problem is the definition of rainfall and hailstorm among data. This problem could be solved using specialized algorithms for this definition.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1: Τιμές ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.

Π2: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας.

Π3: Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής.

Π4: Τιμές κορυφής της ηχώ του RADAR.

Π5: Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR.

Π6: Πίνακες συντελεστών a, b του METEOSAT.

Π7: Μοντέλα.

Π8: Δορυφορικές εικόνες με τις ημέρες που παρουσίασαν βροχοπτώσεις

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**Τιμές ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά
περιοχή**

Π1.1: Ενδεικτικός πίνακας ελάχιστης θερμοκρασίας νεφόν ανά περιοχή.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | mm | layer | CTT | CTT+100 |
|---------------------|-------------------|-----------|--------------|------------|----------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 27 | 15,2879 | 115,2879 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 0,8 | 31 | -29,3305 | 70,6695 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,8 | 15 | 0,108121 | 100,1081 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 23 | 14,8243 | 114,8243 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 25 | 13,9025 | 113,9025 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 1,8 | 31 | 12,0299 | 112,0299 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,2 | 29 | -19,0375 | 80,9625 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 1,4 | 17 | -23,6768 | 76,3232 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 1 | 17 | 15,6541 | 115,6541 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 0,8 | 19 | 15,33 | 115,33 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 0,8 | 19 | -2,8077 | 97,1923 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2 | 23 | 4,97663 | 104,9766 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 1,8 | 25 | -14,2373 | 85,7627 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 0,8 | 29 | -4,43798 | 95,56202 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 1 | 21 | 9,36528 | 109,3653 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1,6 | 15 | -46,661 | 53,339 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 1 | 17 | -40,3864 | 59,6136 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 0,8 | 19 | -37,0487 | 62,9513 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 1 | 29 | -37,0487 | 62,9513 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 1,2 | 17 | -10,425 | 89,575 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 1 | 15 | -45,7266 | 54,2734 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 1,2 | 17 | -39,5367 | 60,4633 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 1,2 | 23 | -46,661 | 53,339 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | 0,8 | 31 | -38,6974 | 61,3026 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | 1,4 | 23 | -39,6394 | 60,3606 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 1,8 | 27 | -6,99012 | 93,00988 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 1,8 | 29 | 6,22218 | 106,2222 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 27 | 15,2879 | 115,2879 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 0,8 | 31 | -29,3305 | 70,6695 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,8 | 15 | 0,108121 | 100,1081 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 23 | 14,8243 | 114,8243 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 0,8 | 25 | 13,9025 | 113,9025 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 1,8 | 31 | 12,0299 | 112,0299 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,2 | 29 | -19,0375 | 80,9625 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 1,4 | 17 | -23,6768 | 76,3232 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 1 | 17 | 15,6541 | 115,6541 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 0,8 | 19 | 15,33 | 115,33 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 0,8 | 19 | -2,8077 | 97,1923 |

Π1.2: Ενδεικτικός πίνακας ελάχιστης θερμοκρασίας νεφών ανά περιοχή.

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | mm | layer | CTT | CTT+100 |
|---------------------|-------------------|-----------|--------------|------------|----------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 1 | 31 | 7,21116 | 107,2112 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 1,4 | 15 | -40,3864 | 59,6136 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 1 | 23 | -42,1188 | 57,8812 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 0,8 | 25 | -33,8628 | 66,1372 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 1,2 | 27 | -23,7497 | 76,2503 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 1,8 | 29 | -14,145 | 85,855 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | 1,4 | 27 | -29,7763 | 70,2237 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | 1,2 | 19 | -9,02722 | 90,97278 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | 2,4 | 25 | -24,4768 | 75,5232 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 3,6 | 29 | 14,3661 | 114,3661 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,6 | 31 | 14,3661 | 114,3661 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 3,6 | 27 | 11,557 | 111,557 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 3,8 | 29 | 11,557 | 111,557 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 4,8 | 27 | -36,2388 | 63,7612 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,6 | 31 | -30,0671 | 69,9329 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,0 | 31 | -26,4529 | 73,5471 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 4,0 | 25 | -11,4545 | 88,5455 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 3,8 | 27 | -12,122 | 87,878 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 3,2 | 29 | -8,83049 | 91,16951 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 6 | 25 | -27,1624 | 72,8376 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 5,8 | 23 | 57,5528 | 157,5528 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 8,8 | 19 | -44,8056 | 55,1944 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 8,4 | 23 | -38,6974 | 61,3026 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 8,2 | 3 | -23,1975 | 76,8025 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 9 | 17 | 11,7402 | 111,7402 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8 | 19 | 7,8806 | 107,8806 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 10,8 | 21 | -42,1187 | 57,8813 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 20 | 27 | -37,8553 | 62,1447 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας λευκαύγειας

Π2.1: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας (Εξίσωση 2.3).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα λευκαύγεια | εκτιμηθείσα λευκαύγεια |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 42 | 45,259519 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 87 | 111,3794529 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 65 | 58,68518316 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 46 | 45,59631975 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 45 | 46,27759733 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 35 | 47,71089128 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 111 | 86,72605668 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 101 | 96,67271249 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 35 | 44,99618495 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 43 | 45,22912408 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 123 | 61,96541647 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 63 | 53,77514143 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 115 | 78,00507442 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 108 | 63,92445047 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 51 | 49,87165392 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 157 | 186,9086648 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 134 | 152,3198671 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 151 | 137,7917897 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 120 | 137,7917897 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 89 | 72,00592795 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 153 | 181,0305458 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 136 | 148,4044749 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 177 | 186,9086648 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 128 | 144,6874387 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 137 | 148,8694096 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 71 | 67,1890468 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 54 | 52,62062568 |

Π2.2: Σύγκριση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας λευκαύγειας (Εξίσωση 2.3).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα λευκαύγεια | εκτιμηθείσα λευκαύγεια |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 53 | 51,73094401 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 139 | 152,3198671 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 140 | 160,8136636 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 120 | 125,8263834 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 104 | 96,84284293 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 85 | 77,85084024 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 112 | 112,6839265 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 74 | 69,9833772 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 100 | 98,56530938 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 36 | 45,93301377 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 27 | 45,93301377 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 43 | 48,08369497 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 36 | 48,08369497 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 131 | 134,5885356 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 90 | 113,5476014 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 98 | 103,4930955 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 85 | 73,55388973 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 83 | 74,58517141 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 94 | 69,70576415 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 128 | 105,3556038 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 25 | 25,47580542 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 174 | 175,5113327 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 167 | 144,6874387 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 86 | 95,56554429 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 70 | 47,93874021 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 121 | 51,14182533 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 175 | 160,8131524 |
| ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ | 14/5/1998 | -37,8553 | 62,1447 | 154 | 141,1004693 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

**Τιμές μετρηθείσας και εκτιμηθείσας
περιοχικής έκτασης της βροχής**

**Π3.1: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής
(Εξίσωση 2.4).**

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα έκταση βροχής | Εκτιμηθείσα έκταση βροχής(CTT) |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|---|---|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2 | 2,233768649 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 3 | 3,06006179 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,5 | 2,446073451 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,5 | 2,239564456 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2 | 2,251203576 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,5 | 2,27533132 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2 | 2,803844503 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 3 | 2,91229166 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,2 | 2,229217515 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,5 | 2,233244223 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 2,3 | 2,493017105 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,5 | 2,372502282 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,4 | 2,701886349 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,5 | 2,520285942 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,2 | 2,310829593 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,2 | 3,666981777 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,1 | 3,413867909 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3 | 3,29633531 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3 | 3,29633531 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,3 | 2,627362308 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,5 | 3,626255402 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,2 | 3,382936926 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,5 | 3,666981777 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,5 | 3,353077799 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,3 | 3,386637402 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 3 | 2,564544582 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,222 | 2,3 | 2,354573791 |

**Π3.2: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής
(Εξίσωση 2.4).**

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα έκταση βροχής | Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (CTT) |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|---|--|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,5 | 2,340582569 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,3 | 3,413867909 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 4 | 3,47923228 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 2 | 3,193321244 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2 | 2,914081958 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2 | 2,70001797 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 3,5 | 3,07254063 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,6 | 2,601329363 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 3 | 2,932093484 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,5 | 2,245330657 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,2 | 2,245330657 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,5 | 2,281529549 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,5 | 2,281529549 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3 | 3,269347118 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 3,5 | 3,080751085 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 3 | 2,982517497 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,2 | 2,646967046 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,5 | 2,659879568 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 3 | 2,597718075 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,2 | 3,001168664 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 1,5 | 1,827286164 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,5 | 3,587225036 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,5 | 3,353077799 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 3 | 2,900590466 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,5 | 2,279123261 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,2 | 2,331231683 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,5 | 3,479228414 |
| ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ | 14/5/1998 | -37,8553 | 62,1447 | 3 | 3,323786604 |

**Π3.3: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής
(Εξίσωση 2.5).**

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα έκταση βροχής | Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (albedo) |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|---|---|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2 | 2,288642664 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 3 | 2,664260252 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,5 | 2,473492717 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,5 | 2,319767912 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2 | 2,311947139 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,5 | 2,235175004 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2 | 2,889188841 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 3 | 2,793248414 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,2 | 2,235175004 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,5 | 2,296384604 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 2,3 | 3,00867703 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,5 | 2,456842762 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,4 | 2,92848144 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,5 | 2,860065757 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,2 | 2,35927041 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,2 | 3,374747012 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,1 | 3,12254406 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3 | 3,30705487 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3 | 2,978349503 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,3 | 2,68231587 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,5 | 3,32946669 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,2 | 3,143705455 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,5 | 3,610554937 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,5 | 3,059910714 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,3 | 3,154339871 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 3 | 2,524122667 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 2,3 | 2,383294064 |

**Π3.4: Συσχέτιση μετρηθείσας-εκτιμηθείσας περιοχικής έκτασης της βροχής
(Εξίσωση 2.5).**

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | Μετρηθείσα έκταση βροχής | Εκτιμηθείσα έκταση βροχής (albedo) |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|---|---|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,5 | 2,375259121 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,3 | 3,175716746 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 4 | 3,186459448 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 2 | 2,978349503 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2 | 2,821691118 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2 | 2,646326172 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 3,5 | 2,898962287 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,6 | 2,549824955 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 3 | 2,783831367 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,5 | 2,242736075 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,2 | 2,175596932 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,5 | 2,296384604 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,5 | 2,242736075 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3 | 3,091068751 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 3,5 | 2,691389514 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 3 | 2,765092412 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,2 | 2,646326172 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,5 | 2,628512813 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 3 | 2,727992068 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,2 | 3,059910714 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 1,5 | 2,160952218 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,5 | 3,574160468 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,5 | 3,490660322 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 3 | 2,655278071 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,5 | 2,51561294 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,2 | 2,988424559 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,5 | 3,586251012 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | -37,8553 | 62,1447 | 3 | 3,340729492 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,5 | 2,375259121 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,3 | 3,175716746 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 4 | 3,186459448 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 2 | 2,978349503 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Τιμές κορυφής της ηχώ RADAR

Π4.1: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA | ETOP_{area} | ETOP_{ctt} |
|---------------------|-------------------|------------|----------------|-------------|----------------------------|---------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,233768649 | 3,652394 | 1,763778 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 3,06006179 | 3,8341 | 2,946164 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,446073451 | 3,703908 | 2,104859 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,239564456 | 3,653854 | 1,773512 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2,251203576 | 3,656777 | 1,792985 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,27533132 | 3,662796 | 1,833034 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2,803844503 | 3,78273 | 2,617669 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 2,91229166 | 3,804939 | 2,760229 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,229217515 | 3,651245 | 1,756116 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,233244223 | 3,652262 | 1,762896 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 2,493017105 | 3,714786 | 2,176271 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,372502282 | 3,686501 | 1,990135 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,701886349 | 3,761177 | 2,478518 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,520285942 | 3,721025 | 2,217138 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,310829593 | 3,671553 | 1,89119 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,666981777 | 3,942619 | 3,625868 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,413867909 | 3,89936 | 3,357182 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,29633531 | 3,878343 | 3,225569 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,29633531 | 3,878343 | 3,225569 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,627362308 | 3,744984 | 2,373445 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,626255402 | 3,935833 | 3,583913 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,382936926 | 3,893889 | 3,32299 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,666981777 | 3,942619 | 3,625868 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,353077799 | 3,888567 | 3,289685 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,386637402 | 3,894545 | 3,327097 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 2,564544582 | 3,731031 | 2,282536 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 2,354573791 | 3,68219 | 1,961639 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,233768649 | 3,652394 | 1,763778 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 3,06006179 | 3,8341 | 2,946164 |

Π4.2: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA | ETOP _{area} | ETOP _{ctt} |
|--------------|------------|----------|----------|-------------|----------------------|---------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,340582569 | 3,678806 | 1,93925 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,413867909 | 3,89936 | 3,357182 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 3,47923228 | 3,910784 | 3,428429 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 3,193321244 | 3,859394 | 3,106296 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2,914081958 | 3,805299 | 2,762538 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2,70001797 | 3,760776 | 2,475919 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 3,07254063 | 3,836508 | 2,961452 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,601329363 | 3,739236 | 2,336037 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 2,932093484 | 3,808918 | 2,785686 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,245330657 | 3,655304 | 1,783172 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,245330657 | 3,655304 | 1,783172 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,281529549 | 3,664333 | 1,843253 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,281529549 | 3,664333 | 1,843253 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3,269347118 | 3,873428 | 3,194686 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 3,080751085 | 3,838088 | 2,971477 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 2,982517497 | 3,81895 | 2,849741 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,646967046 | 3,749282 | 2,401372 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,659879568 | 3,752097 | 2,419654 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 2,597718075 | 3,738435 | 2,330818 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,001168664 | 3,822624 | 2,87316 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 1,827286164 | 3,540964 | 1,009224 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,587225036 | 3,929268 | 3,54326 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,353077799 | 3,888567 | 3,289685 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 2,900590466 | 3,802576 | 2,745105 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,279123261 | 3,663737 | 1,839289 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,331231683 | 3,676535 | 1,924212 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,479228414 | 3,910784 | 3,428425 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 3,323786604 | 3,883308 | 3,256724 |

Π4.3: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA _{albedo} | ETOP _{areaalbedo} | ETOP _{ctt} |
|--------------|------------|----------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,288642664 | 3,666093 | 1,763778 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 2,664260252 | 3,75305 | 2,946164 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,473492717 | 3,710283 | 2,104859 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,319767912 | 3,67374 | 1,773512 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2,311947139 | 3,671827 | 1,792985 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,235175004 | 3,652749 | 1,833034 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2,889188841 | 3,800267 | 2,617669 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 2,793248414 | 3,780521 | 2,760229 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,235175004 | 3,652749 | 1,756116 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,296384604 | 3,668003 | 1,762896 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 3,00867703 | 3,824098 | 2,176271 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,456842762 | 3,706419 | 1,990135 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,92848144 | 3,808194 | 2,478518 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,860065757 | 3,794332 | 2,217138 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,35927041 | 3,683322 | 1,89119 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,374747012 | 3,892433 | 3,625868 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,12254406 | 3,846074 | 3,357182 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,30705487 | 3,880286 | 3,225569 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 2,978349503 | 3,818126 | 3,225569 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,68231587 | 3,756962 | 2,373445 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,32946669 | 3,884331 | 3,583913 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,143705455 | 3,850083 | 3,32299 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,610554937 | 3,933199 | 3,625868 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,059910714 | 3,834071 | 3,289685 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,154339871 | 3,852089 | 3,327097 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 2,524122667 | 3,721898 | 2,282536 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 2,383294064 | 3,689083 | 1,961639 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,288642664 | 3,666093 | 1,763778 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 2,664260252 | 3,75305 | 2,946164 |

Π4.4: Υπολογισμός της κορυφής της ηχώ του RADAR (Εξισώσεις 2.8 και 2.9).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA _{albedo} | ETOP _{areaalbedo} | ETOP _{ctt} |
|--------------|------------|----------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,375259121 | 3,687161 | 1,93925 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,175716746 | 3,856105 | 3,357182 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 3,186459448 | 3,858114 | 3,428429 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 2,978349503 | 3,818126 | 3,106296 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2,821691118 | 3,786434 | 2,762538 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2,646326172 | 3,749141 | 2,475919 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 2,898962287 | 3,802247 | 2,961452 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,549824955 | 3,727719 | 2,336037 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 2,783831367 | 3,778552 | 2,785686 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,242736075 | 3,654652 | 1,783172 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,175596932 | 3,637558 | 1,783172 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,296384604 | 3,668003 | 1,843253 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,242736075 | 3,654652 | 1,843253 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3,091068751 | 3,840068 | 3,194686 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 2,691389514 | 3,75892 | 2,971477 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 2,765092412 | 3,774618 | 2,849741 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,646326172 | 3,749141 | 2,401372 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,628512813 | 3,745237 | 2,419654 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 2,727992068 | 3,76676 | 2,330818 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,059910714 | 3,834071 | 2,87316 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 2,160952218 | 3,63377 | 1,009224 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,574160468 | 3,927057 | 3,54326 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,490660322 | 3,912763 | 3,289685 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 2,655278071 | 3,751095 | 2,745105 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,51561294 | 3,71996 | 1,839289 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,988424559 | 3,820115 | 1,924212 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,586251012 | 3,929104 | 3,428425 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 3,340729492 | 3,886355 | 3,256724 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

Τιμές μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR

Π5.1: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | AREA | MXRFL_{area} |
|---------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,233768649 | 16,692481 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 3,06006179 | 16,685282 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,446073451 | 16,693685 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,239564456 | 16,684399 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,251203576 | 16,685392 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,27533132 | 16,661071 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,803844503 | 16,654859 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 2,91229166 | 16,654445 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,229217515 | 16,686197 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,233244223 | 16,688131 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,493017105 | 16,679672 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,372502282 | 16,671411 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,701886349 | 16,665078 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,520285942 | 16,676099 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 2,310829593 | 16,662159 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,666981777 | 16,671944 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,413867909 | 16,651627 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,29633531 | 16,651627 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 3,29633531 | 16,652698 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 2,627362308 | 16,652698 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,626255402 | 16,681922 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,382936926 | 16,676342 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,666981777 | 16,673436 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | 3,353077799 | 16,663509 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | 3,386637402 | 16,663891 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,564544582 | 16,662052 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,354573791 | 16,673988 |

Π5.2: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | AREA | MXRFL_{area} |
|---------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,340582569 | 16,654445 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,413867909 | 16,686197 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,47923228 | 16,688131 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,193321244 | 16,679672 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,914081958 | 16,671411 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,70001797 | 16,665078 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | 3,07254063 | 16,676099 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | 2,601329363 | 16,662159 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | 2,932093484 | 16,671944 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,245330657 | 16,651627 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,245330657 | 16,651627 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,281529549 | 16,652698 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,281529549 | 16,652698 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,269347118 | 16,681922 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,080751085 | 16,676342 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,982517497 | 16,673436 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,646967046 | 16,663509 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,659879568 | 16,663891 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,597718075 | 16,662052 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,001168664 | 16,673988 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 1,827286164 | 16,639259 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,587225036 | 16,691326 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,353077799 | 16,684399 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 2,900590466 | 16,671012 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,279123261 | 16,652626 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,331231683 | 16,654168 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,479228414 | 16,688131 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 3,323786604 | 16,683532 |

Π5.3: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.7).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | MXRFL_{ctt} |
|---------------------|-------------------|------------|----------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 115,2879 | 14,31349 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 70,6695 | 14,86896 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 100,1081 | 14,44689 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 114,8243 | 14,31704 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 113,9025 | 14,32419 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 112,0299 | 14,33907 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 80,9625 | 14,68649 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 76,3232 | 14,76264 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 115,6541 | 14,3107 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 115,33 | 14,31317 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 97,1923 | 14,47729 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 104,9766 | 14,39991 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 85,7627 | 14,61637 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 95,56202 | 14,49509 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 109,3653 | 14,36113 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 53,339 | 15,33529 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 59,6136 | 15,13514 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 62,9513 | 15,04493 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 62,9513 | 15,04493 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 89,575 | 14,56604 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 54,2734 | 15,30255 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 60,4633 | 15,11123 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 53,339 | 15,33529 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | 61,3026 | 15,08826 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | 60,3606 | 15,11408 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 93,00988 | 14,52422 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 106,2222 | 14,38858 |

Π5.4: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.7).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | MXRFL_{ctt} |
|---------------------|-------------------|------------|----------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 107,2112 | 14,37977 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 59,6136 | 15,13514 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 57,8812 | 15,18607 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 66,1372 | 14,96731 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 76,2503 | 14,76391 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 85,855 | 14,6151 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | 70,2237 | 14,87807 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | 90,97278 | 14,54864 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | 75,5232 | 14,77672 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 114,3661 | 14,32058 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 114,3661 | 14,32058 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 111,557 | 14,34291 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 111,557 | 14,34291 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 63,7612 | 15,02446 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 69,9329 | 14,88408 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 73,5471 | 14,8128 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 88,5455 | 14,5792 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 87,878 | 14,5879 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 91,16951 | 14,54623 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 72,8376 | 14,82624 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 157,5528 | 14,07748 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 55,1944 | 15,27137 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 61,3026 | 15,08826 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 76,8025 | 14,75435 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 111,7402 | 14,34142 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 107,8806 | 14,3739 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 57,8813 | 15,18606 |
| ΚΑΛΑΜΠΙΑΚΑ | 14/5/1998 | 62,1447 | 15,06584 |

Π5.5: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.10).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA | MXRFL _{etoparea} | MXRFL _{etopctt} |
|--------------|------------|----------|----------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,233768649 | 20,44128393 | 15,17460351 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 3,06006179 | 20,86549111 | 18,68270448 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,446073451 | 20,56259919 | 16,28331125 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,239564456 | 20,44473452 | 15,20766283 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2,251203576 | 20,45163916 | 15,27352366 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,27533132 | 20,46584808 | 15,4078597 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2,803844503 | 20,74660139 | 17,79279369 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 2,91229166 | 20,79809868 | 18,18547985 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,229217515 | 20,43856857 | 15,14851941 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,233244223 | 20,4409713 | 15,17160344 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 2,493017105 | 20,5881068 | 16,50376876 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,372502282 | 20,52169953 | 15,92116438 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,701886349 | 20,69648066 | 17,39904378 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,520285942 | 20,60272098 | 16,6283053 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,310829593 | 20,48650238 | 15,60034961 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,666981777 | 21,11405246 | 20,37848221 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,413867909 | 21,01538158 | 19,72892187 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,29633531 | 20,96724721 | 19,40125609 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,29633531 | 20,96724721 | 19,40125609 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,627362308 | 20,65872948 | 17,09434448 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,626255402 | 21,09860904 | 20,27867849 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,382936926 | 21,00286417 | 19,64442405 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,666981777 | 21,11405246 | 20,37848221 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,353077799 | 20,99067993 | 19,56169925 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,386637402 | 21,00436726 | 19,65459657 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 2,564544582 | 20,62613272 | 16,82522967 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 2,354573791 | 20,51155547 | 15,82960433 |

Π5.6: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.10).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA | MXRFL _{etoparea} | MXRFL _{etopctt} |
|--------------|------------|----------|----------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,340582569 | 20,50358951 | 15,75719861 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,413867909 | 21,01538158 | 19,72892187 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 3,47923228 | 21,0414931 | 19,90362353 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 3,193321244 | 20,92373802 | 19,09848756 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2,914081958 | 20,79893388 | 18,19175458 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2,70001797 | 20,69554602 | 17,39158673 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 3,07254063 | 20,87104386 | 18,72288081 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,601329363 | 20,64530893 | 16,9842421 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 2,932093484 | 20,80731025 | 18,25452427 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,245330657 | 20,44815932 | 15,24037893 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,245330657 | 20,44815932 | 15,24037893 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,281529549 | 20,46947579 | 15,44190396 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,281529549 | 20,46947579 | 15,44190396 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3,269347118 | 20,95597108 | 19,3234045 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 3,080751085 | 20,87468595 | 18,74916965 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 2,982517497 | 20,83051016 | 18,42687431 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,646967046 | 20,66875539 | 17,17597739 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,659879568 | 20,67532151 | 17,2291579 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 2,597718075 | 20,64343745 | 16,96881188 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,001168664 | 20,83899988 | 18,48940273 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 1,827286164 | 20,17590463 | 12,25269564 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,587225036 | 21,08365779 | 20,18141471 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,353077799 | 20,99067993 | 19,56169925 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 2,900590466 | 20,79262822 | 18,14430862 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,279123261 | 20,46806851 | 15,42870945 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,331231683 | 20,498241 | 15,70833041 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,479228414 | 21,04149157 | 19,90361335 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | -37,8553 | 62,1447 | 3,323786604 | 20,97862976 | 19,47941568 |

Π5.7: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.6).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | AREA_{albedo} | MXRFL_{areaalbedo} |
|---------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,288642664 | 16,65290812 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | 2,664260252 | 16,66402054 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 2,473492717 | 16,6583768 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,319767912 | 16,65382894 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,311947139 | 16,65359757 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,235175004 | 16,65132631 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,889188841 | 16,67067492 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | 2,793248414 | 16,66783658 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,235175004 | 16,65132631 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 2,296384604 | 16,65313716 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 3,00867703 | 16,6742099 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,456842762 | 16,65788422 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,92848144 | 16,67183737 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 2,860065757 | 16,66981333 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 2,35927041 | 16,6549976 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,374747012 | 16,68503987 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,12254406 | 16,67757859 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | 3,30705487 | 16,68303723 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | 2,978349503 | 16,67331268 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | 2,68231587 | 16,66455471 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,32946669 | 16,68370027 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,143705455 | 16,67820464 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | 3,610554937 | 16,6920161 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | 3,059910714 | 16,67572562 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | 3,154339871 | 16,67851925 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,524122667 | 16,65987465 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,383294064 | 16,65570832 |

Π5.8: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοψη 2.6).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | AREA_{albedo} | MXRFL_{areaalbedo} |
|---------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 2,375259121 | 16,65547062 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,175716746 | 16,67915167 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 3,186459448 | 16,67946949 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,978349503 | 16,67331268 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,821691118 | 16,66867804 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,646326172 | 16,66348997 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | 2,898962287 | 16,67096406 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | 2,549824955 | 16,66063504 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | 2,783831367 | 16,66755798 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,242736075 | 16,65155 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 2,175596932 | 16,64956373 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,296384604 | 16,65313716 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 2,242736075 | 16,65155 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,091068751 | 16,67664741 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 2,691389514 | 16,66482314 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | 2,765092412 | 16,6670036 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,646326172 | 16,66348997 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,628512813 | 16,66296297 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,727992068 | 16,66590601 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,059910714 | 16,67572562 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 2,160952218 | 16,64913047 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,574160468 | 16,69093939 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,490660322 | 16,68846909 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | 2,655278071 | 16,66375481 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,51561294 | 16,6596229 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 2,988424559 | 16,67361075 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | 3,586251012 | 16,69129708 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | 3,340729492 | 16,68403348 |

Π5.9: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσωση 2.10).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA _{albedo} | MXRFL _{etopalbedo} |
|--------------|------------|----------|----------|------------------------|-----------------------------|
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,288642664 | 20,47362777 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 2,664260252 | 20,67754245 |
| ΑΓΙΑ | 15/5/1998 | 0,108121 | 100,1081 | 2,473492717 | 20,5775522 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 14,8243 | 114,8243 | 2,319767912 | 20,49165689 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 13,9025 | 113,9025 | 2,311947139 | 20,48714785 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 12,0299 | 112,0299 | 2,235175004 | 20,44212197 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -19,0375 | 80,9625 | 2,889188841 | 20,78727818 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 10/5/1998 | -23,6768 | 76,3232 | 2,793248414 | 20,74147158 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,6541 | 115,6541 | 2,235175004 | 20,44212197 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 14/5/1998 | 15,33 | 115,33 | 2,296384604 | 20,47813329 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -2,8077 | 97,1923 | 3,00867703 | 20,84240383 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | 4,97663 | 104,9766 | 2,456842762 | 20,56849056 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -14,2373 | 85,7627 | 2,92848144 | 20,80563426 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 18/5/1998 | -4,43798 | 95,56202 | 2,860065757 | 20,77352367 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 27/5/1998 | 9,36528 | 109,3653 | 2,35927041 | 20,51421972 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,374747012 | 20,99953213 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,12254406 | 20,89308726 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 9/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 3,30705487 | 20,97170239 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 10/5/1998 | -37,0487 | 62,9513 | 2,978349503 | 20,82860626 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 15/5/1998 | -10,425 | 89,575 | 2,68231587 | 20,68666091 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -45,7266 | 54,2734 | 3,32946669 | 20,98097414 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -39,5367 | 60,4633 | 3,143705455 | 20,90231805 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 9/5/1998 | -46,661 | 53,339 | 3,610554937 | 21,09261265 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 10/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,059910714 | 20,86542376 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 25/5/1998 | -39,6394 | 60,3606 | 3,154339871 | 20,90693524 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | -6,99012 | 93,00988 | 2,524122667 | 20,60476547 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 6,22218 | 106,2222 | 2,383294064 | 20,52777153 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 15,2879 | 115,2879 | 2,288642664 | 20,47362777 |
| ΑΓΙΑ | 9/5/1998 | -29,3305 | 70,6695 | 2,664260252 | 20,67754245 |

Π5.10: Υπολογισμός της μέγιστης ανακλαστικότητας του RADAR (Είσοση 2.10).

| Δ.ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | CTT | CTT+100 | AREA _{albedo} | MXRFL _{etopalbedo} |
|--------------|------------|----------|----------|------------------------|-----------------------------|
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 8/5/1998 | 7,21116 | 107,2112 | 2,375259121 | 20,52325309 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -40,3864 | 59,6136 | 3,175716746 | 20,91617324 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -42,1188 | 57,8812 | 3,186459448 | 20,92079404 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -33,8628 | 66,1372 | 2,978349503 | 20,82860626 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -23,7497 | 76,2503 | 2,821691118 | 20,75520103 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -14,145 | 85,855 | 2,646326172 | 20,66842873 |
| ΑΓΧΙΑΛΟΣ | 4/5/1999 | -29,7763 | 70,2237 | 2,898962287 | 20,79186541 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 29/5/1999 | -9,02722 | 90,97278 | 2,549824955 | 20,61838806 |
| ΤΥΡΝΑΒΟΣ | 24/5/1999 | -24,4768 | 75,5232 | 2,783831367 | 20,73689748 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,242736075 | 20,44661929 |
| ΑΓΙΑ | 8/5/1998 | 14,3661 | 114,3661 | 2,175596932 | 20,40618562 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,296384604 | 20,47813329 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 8/5/1998 | 11,557 | 111,557 | 2,242736075 | 20,44661929 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -36,2388 | 63,7612 | 3,091068751 | 20,87925011 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -30,0671 | 69,9329 | 2,691389514 | 20,69122193 |
| ΚΑΡΔΙΤΣΑ | 9/5/1998 | -26,4529 | 73,5471 | 2,765092412 | 20,72775285 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -11,4545 | 88,5455 | 2,646326172 | 20,66842873 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -12,122 | 87,878 | 2,628512813 | 20,65931976 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | -8,83049 | 91,16951 | 2,727992068 | 20,70947787 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -27,1624 | 72,8376 | 3,059910714 | 20,86542376 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1998 | 57,5528 | 157,5528 | 2,160952218 | 20,39721323 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -44,8056 | 55,1944 | 3,574160468 | 21,07861964 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -38,6974 | 61,3026 | 3,490660322 | 21,04601178 |
| ΤΣΑΡΙΤΣΑΝΗ | 18/5/1998 | -23,1975 | 76,8025 | 2,655278071 | 20,67298499 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 11,7402 | 111,7402 | 2,51561294 | 20,60022697 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 6/5/1999 | 7,8806 | 107,8806 | 2,988424559 | 20,83320425 |
| ΖΑΓΟΡΑ | 9/5/1998 | -42,1187 | 57,8813 | 3,586251012 | 21,08328276 |
| ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ | 14/5/1998 | -37,8553 | 62,1447 | 3,340729492 | 20,98561182 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6

Πίνακες συντελεστών a,b του METEOSAT

Π5.1: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 1998.

| | Ημέρα του έτους | Ημέρα του μήνα | slot | Συντελεστής | Space count |
|--------------|-----------------|----------------|------|-------------|-------------|
| MET-5 | 118 | 28-Apr | 40 | 0.074604 | 5.0 |
| | 122 | 02-May | 16 | 0.074971 | 5.0 |
| | 123 | 03-May | 40 | 0.074770 | 5.0 |
| | 124 | 04-May | 40 | 0.074416 | 5.0 |
| | 125 | 05-May | 16 | 0.074644 | 5.0 |
| | 125 | 05-May | 40 | 0.074409 | 5.0 |
| | 126 | 06-May | 16 | 0.074886 | 5.0 |
| | 126 | 06-May | 40 | 0.074672 | 5.0 |
| | 131 | 11-May | 16 | 0.075031 | 5.0 |
| | 131 | 11-May | 40 | 0.074794 | 5.0 |
| | 132 | 12-May | 16 | 0.075065 | 5.0 |
| | 132 | 12-May | 40 | 0.074694 | 5.0 |
| | 136 | 16-May | 16 | 0.074370 | 5.0 |
| | 142 | 22-May | 40 | 0.074046 | 5.0 |
| | 143 | 23-May | 16 | 0.074449 | 5.0 |
| | 143 | 23-May | 40 | 0.074189 | 5.0 |
| | 144 | 24-May | 16 | 0.074755 | 5.0 |
| | 144 | 24-May | 40 | 0.074246 | 5.0 |
| | 145 | 25-May | 16 | 0.074494 | 5.0 |
| | 146 | 26-May | 16 | 0.074774 | 5.0 |
| | 146 | 26-May | 40 | 0.074357 | 5.0 |
| | 147 | 27-May | 16 | 0.074880 | 5.0 |
| | 147 | 27-May | 40 | 0.074540 | 5.0 |
| | 150 | 30-May | 40 | 0.074317 | 5.0 |

Π5.2: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 1999.

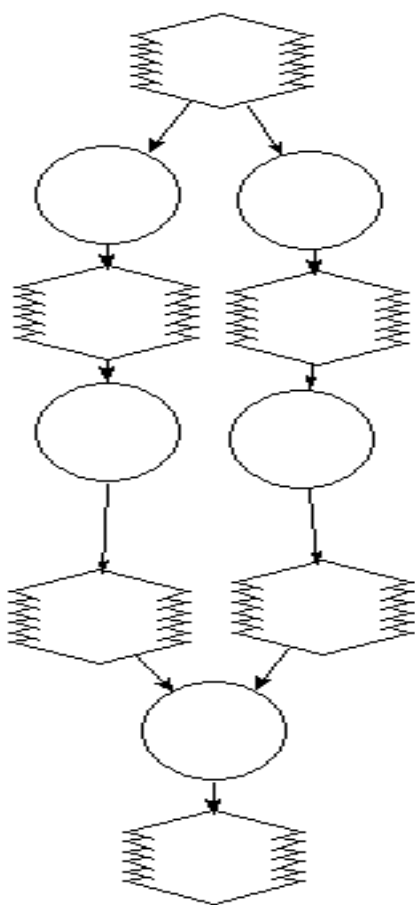
| | Ημέρα του έτους | Ημέρα του μήνα | slot | Συντελεστής | Space count |
|--------------|-----------------|----------------|------|-------------|-------------|
| MET-7 | 120 | 30-Apr | 16 | 0.106442 | 5.0 |
| | 125 | 05-May | 16 | 0.106178 | 5.0 |
| | 134 | 14-May | 40 | 0.106410 | 5.0 |
| | 137 | 17-May | 16 | 0.106105 | 5.0 |
| | 140 | 20-May | 16 | 0.105817 | 5.0 |
| | 145 | 25-May | 16 | 0.106105 | 5.0 |
| | 149 | 29-May | 16 | 0.105803 | 5.0 |
| | 151 | 31-May | 40 | 0.106059 | 5.0 |

Π5.3: Τιμές των συντελεστών a,b για το έτος 2000.

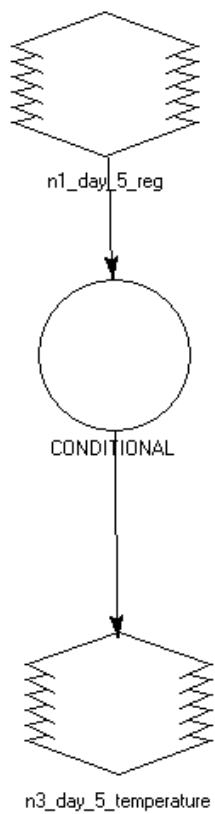
| | Ημέρα του έτους | Ημέρα του μήνα | slot | Συντελεστής | Space count |
|--------------|-----------------|----------------|------|-------------|-------------|
| MET-7 | 121 | 30-Apr | 16 | 0.105632 | 5.0 |
| | 124 | 03-May | 40 | 0.105838 | 5.0 |
| | 125 | 04-May | 16 | 0.105570 | 5.0 |
| | 126 | 05-May | 40 | 0.105905 | 5.0 |
| | 130 | 09-May | 16 | 0.105631 | 5.0 |
| | 131 | 10-May | 16 | 0.105428 | 5.0 |
| | 136 | 15-May | 16 | 0.105192 | 5.0 |
| | 139 | 18-May | 40 | 0.105413 | 5.0 |
| | 141 | 20-May | 40 | 0.105711 | 5.0 |
| | 142 | 21-May | 40 | 0.105971 | 5.0 |
| | 143 | 22-May | 16 | 0.105579 | 5.0 |
| | 143 | 22-May | 40 | 0.105888 | 5.0 |
| | 144 | 23-May | 16 | 0.105511 | 5.0 |
| | 145 | 24-May | 16 | 0.105261 | 5.0 |
| | 146 | 25-May | 40 | 0.105537 | 5.0 |
| | 147 | 26-May | 16 | 0.105331 | 5.0 |
| | 148 | 27-May | 16 | 0.105088 | 5.0 |
| | 150 | 29-May | 16 | 0.104867 | 5.0 |
| | 150 | 29-May | 25 | 0.104084 | 5.0 |
| | 151 | 30-May | 25 | 0.103929 | 5.0 |
| | 152 | 31-May | 25 | 0.103913 | 5.0 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7

ΜΟΝΤΕΛΑ



Μοντέλο για τον υπολογισμό θερμοκρασίας μιας ημέρας με δύο σταθερές

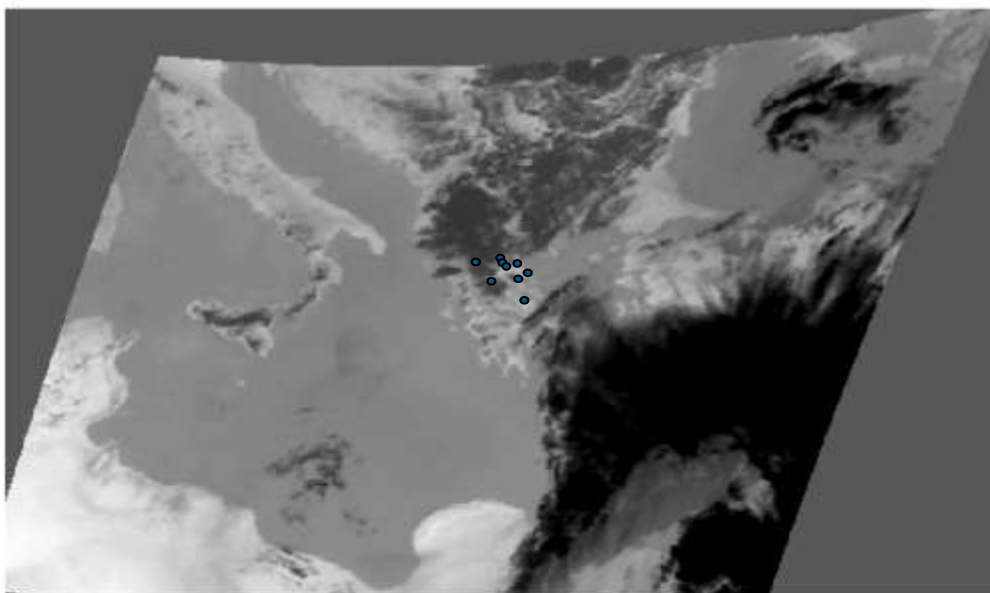


Μοντέλο για τον υπολογισμό θερμοκρασίας μιας ημέρας με μία σταθερά

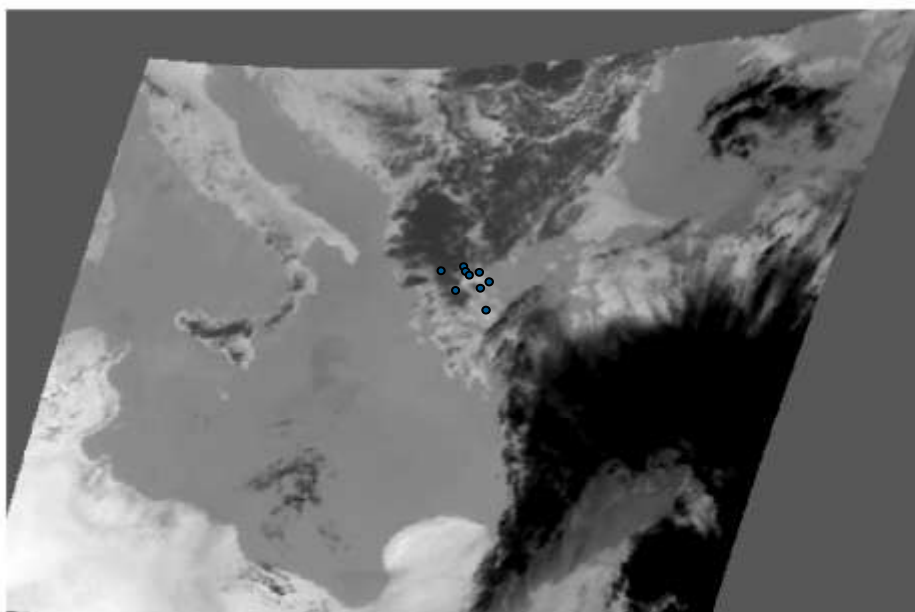
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8

**Δορυφορικές εικόνες με τις ημέρες που
παρουσίασαν βροχοπτώσεις**

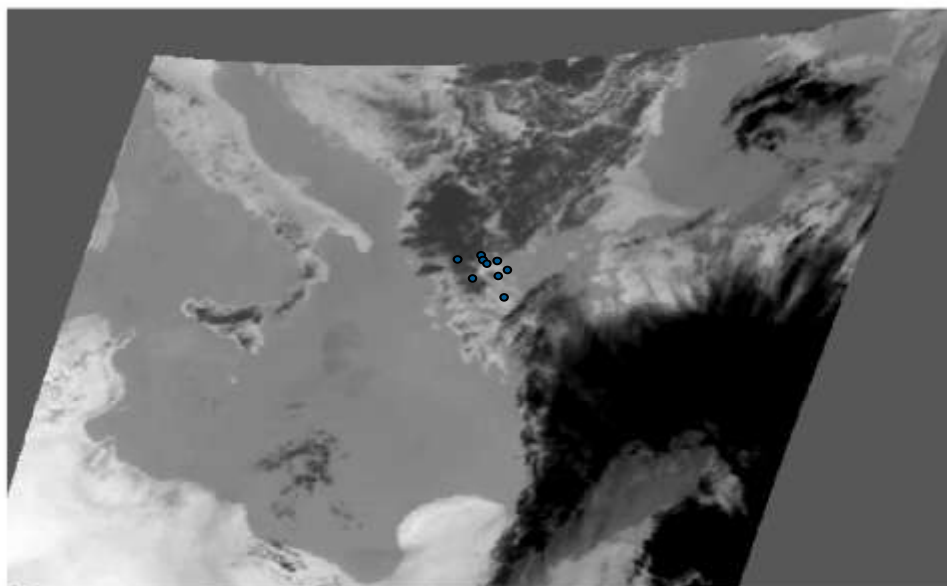
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς στις 8/5/1998
στις 11:00π.μ



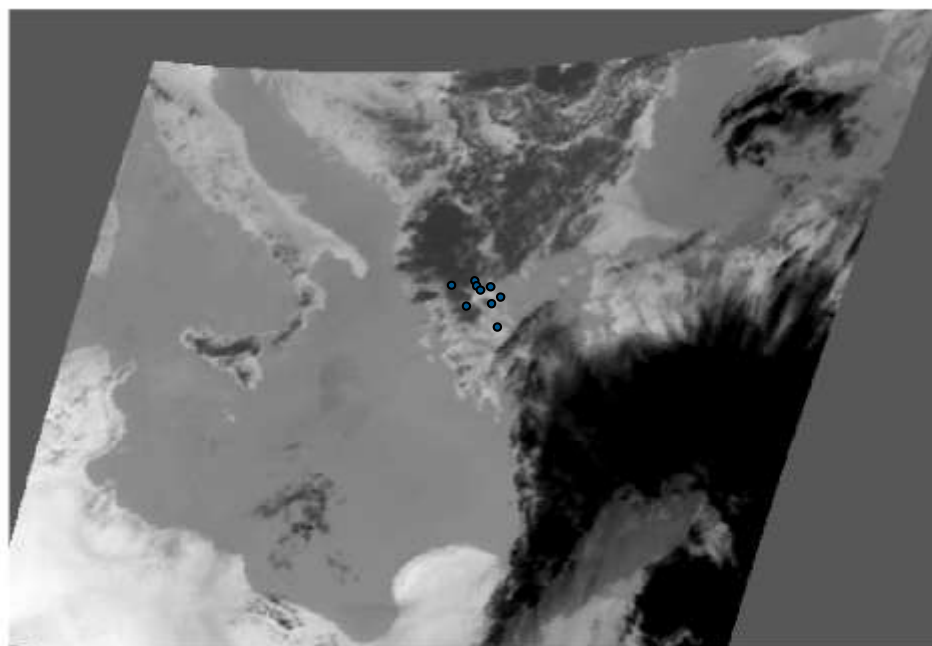
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στον σταθμό της Ζαγοράς στις 8/5/1998 στις 12:00π.μ



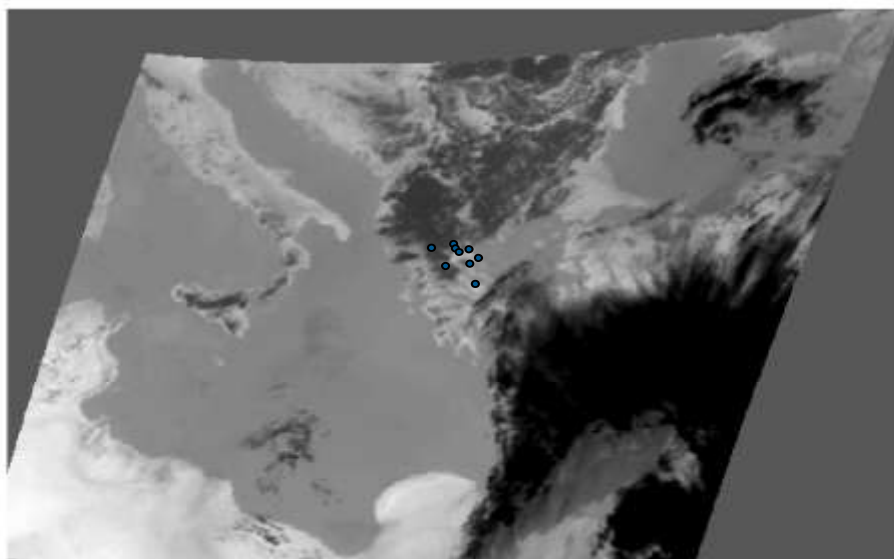
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς και Καρδίτσας στις
8/5/1998 στις 13:00μ.μ



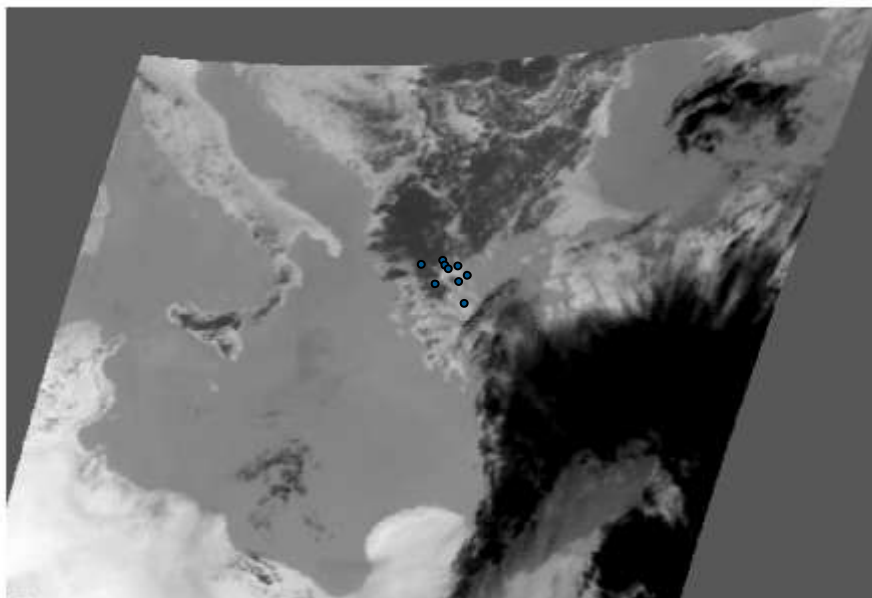
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Αγιάς και Καρδίτσας στις
8/5/1998 στις 14:00μ.μ



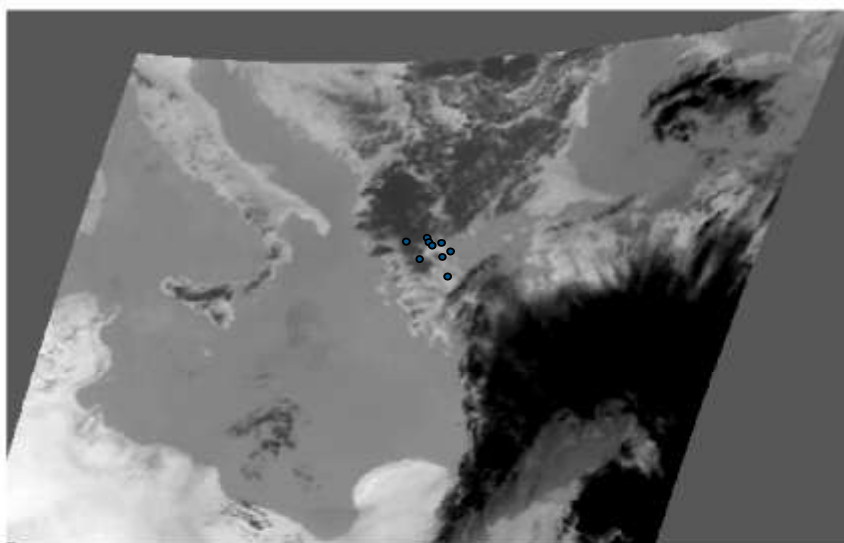
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Τύρναβου, Τσαριτσάνης
στις 9/5/1998 στις 7:00π.μ



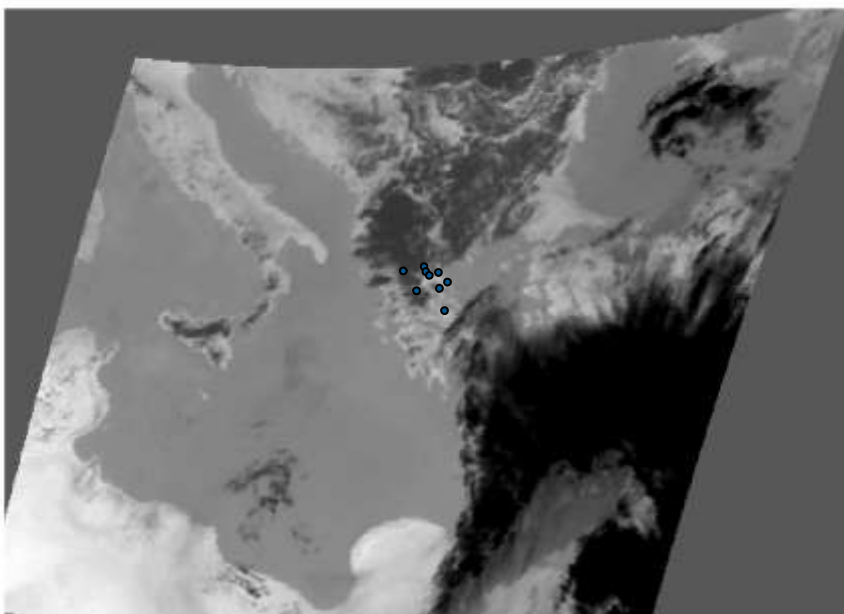
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς του Τύρναβου, Τσαριτσάνης στις 9/5/1998
στις 8:00π.μ



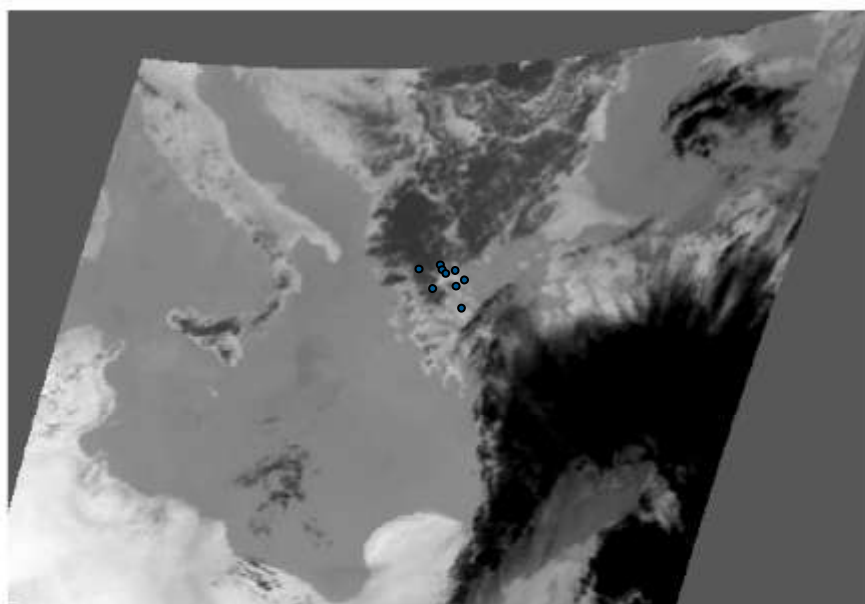
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Ζαγοράς, Τσαριτσάνης στις 9/5/1998
στις 9:00π.μ



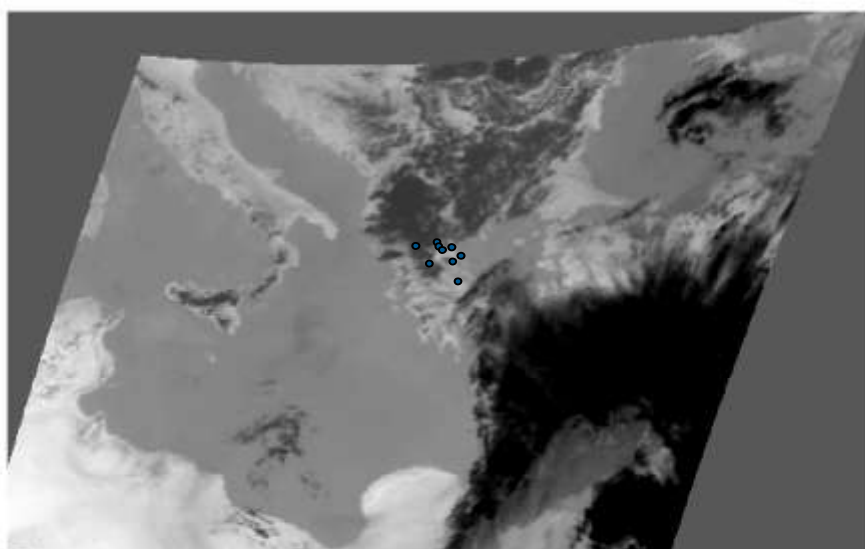
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 10:00π.μ



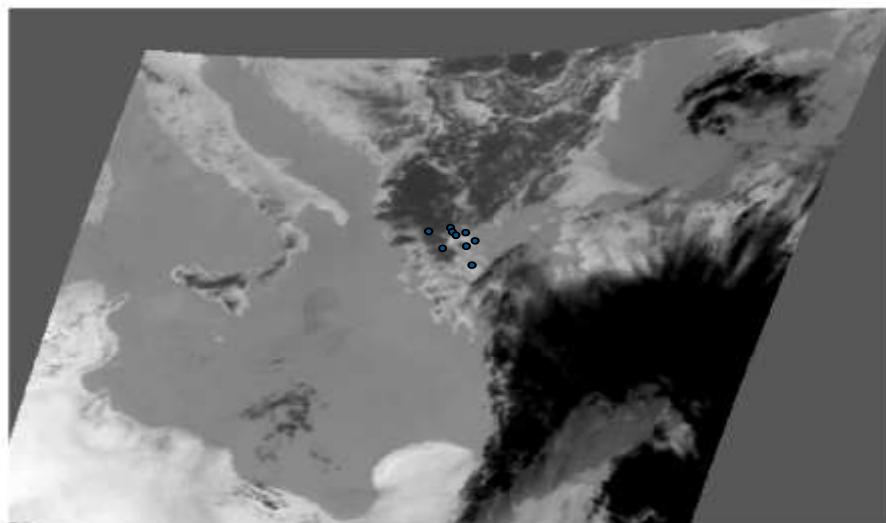
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Τύρναβου, Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 11:00π.μ



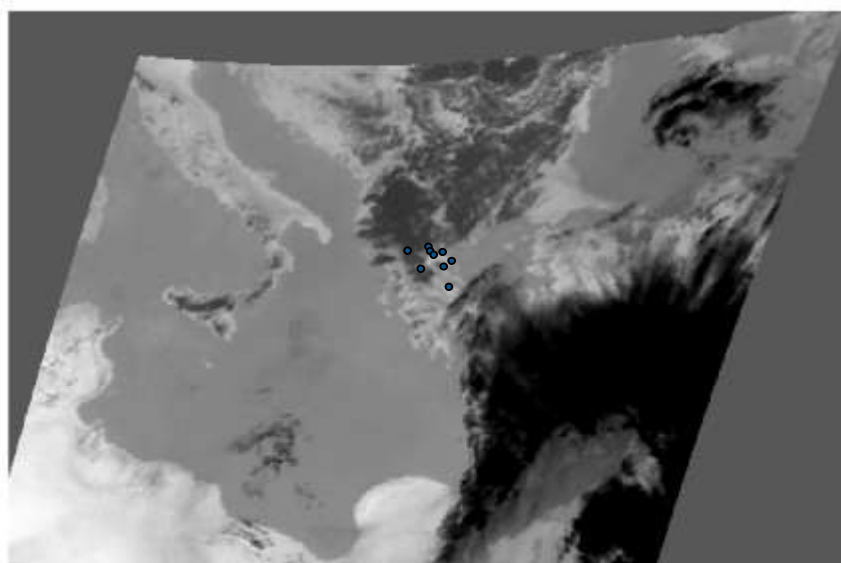
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καρδίτσας στις 9/5/1998 στις 12:00 το μεσημέρι



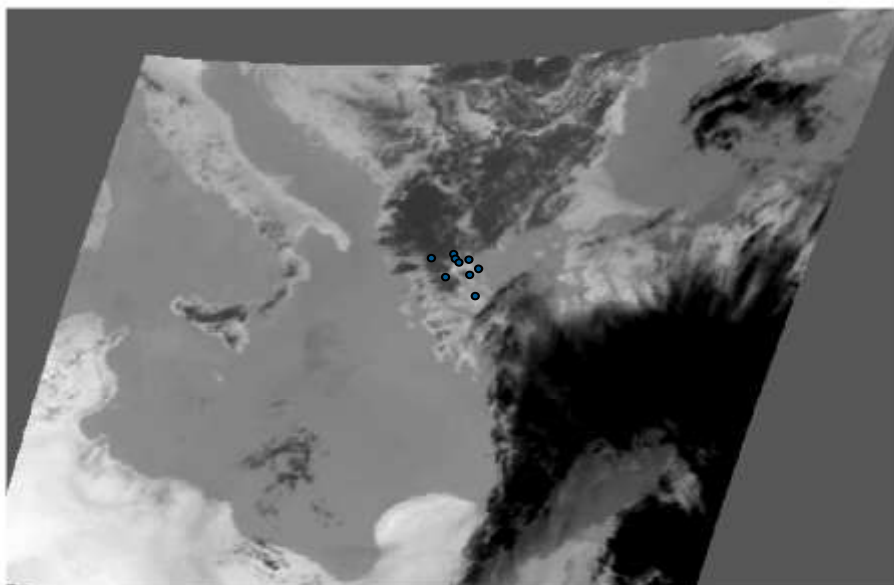
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καρδίτσας στις 9/5/1998 στις 13:00μ.μ



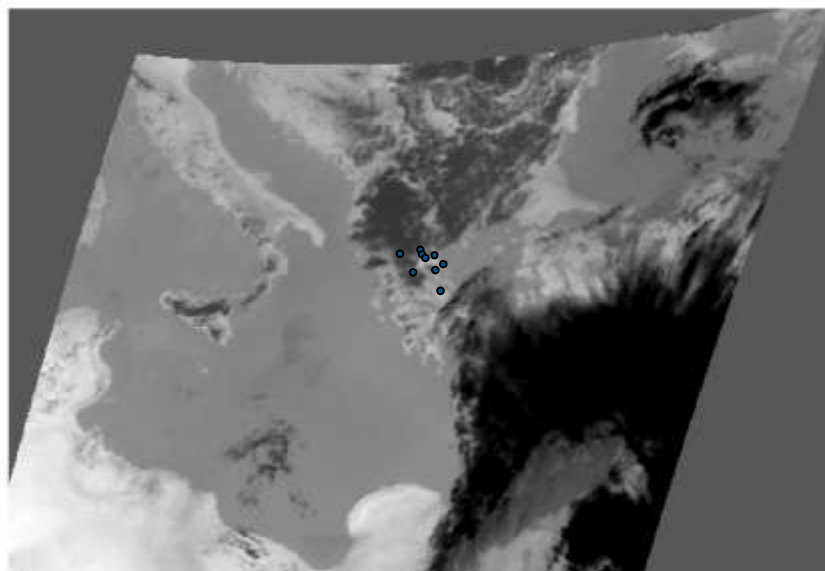
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Ζαγοράς στις 9/5/1998 στις 14:00μ.μ



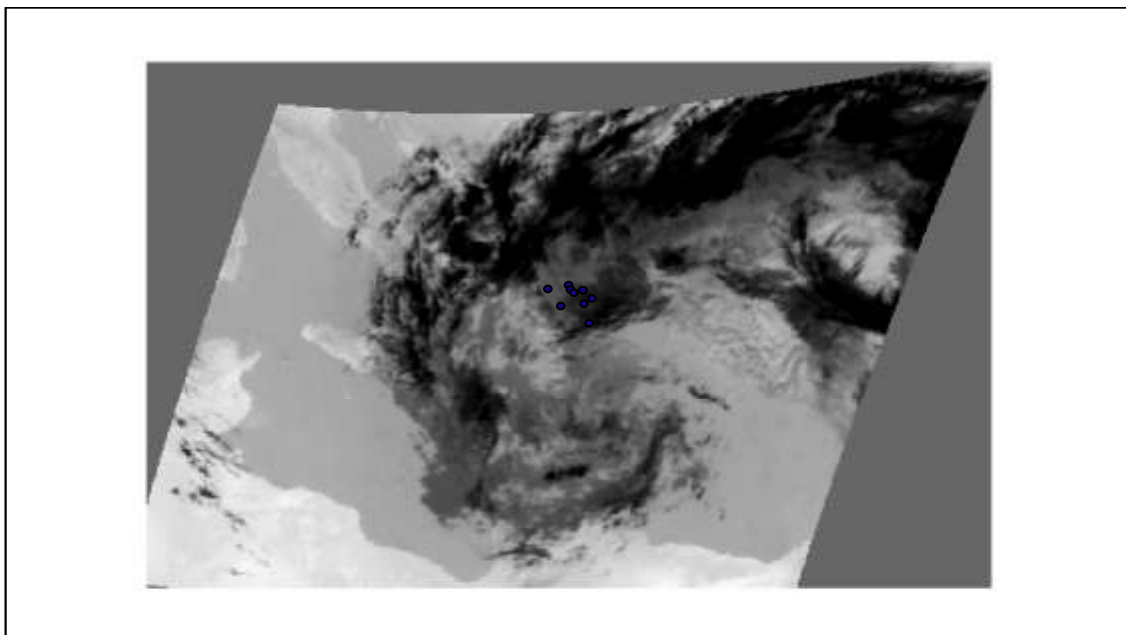
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στους σταθμούς της Καρδίτσας, Αγιάς, Ζαγοράς στις
9/5/1998 στις 15:00μ.μ



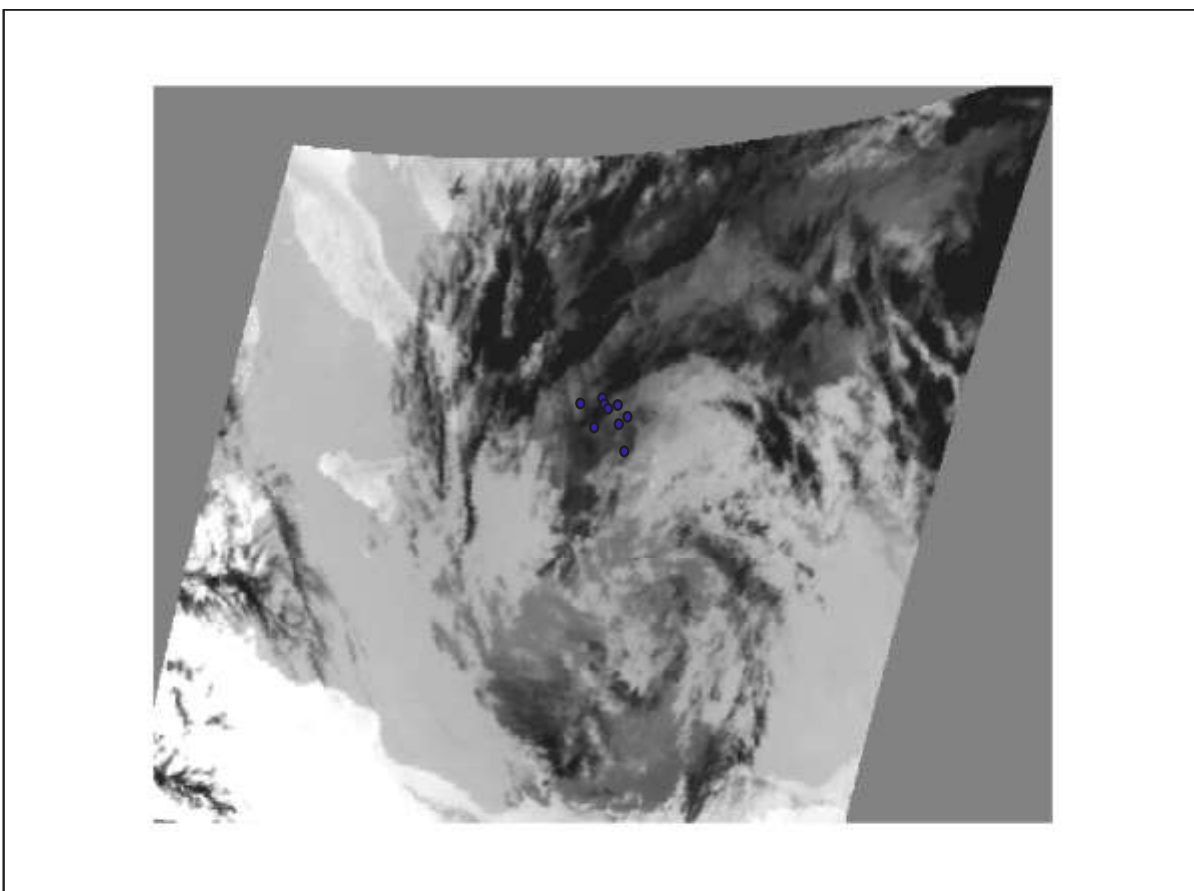
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 10/5/1998 στις 8:00π.μ



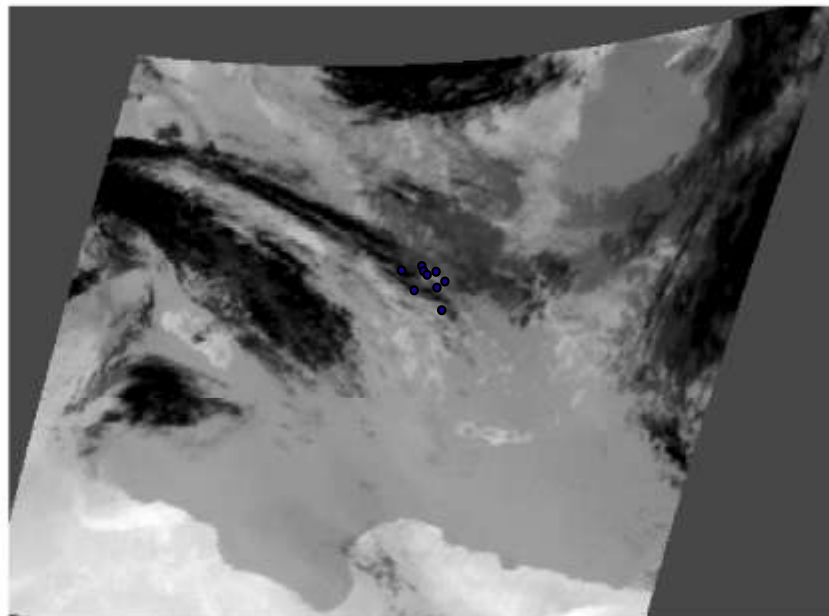
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 10/5/1998 στις 14:00μ.μ



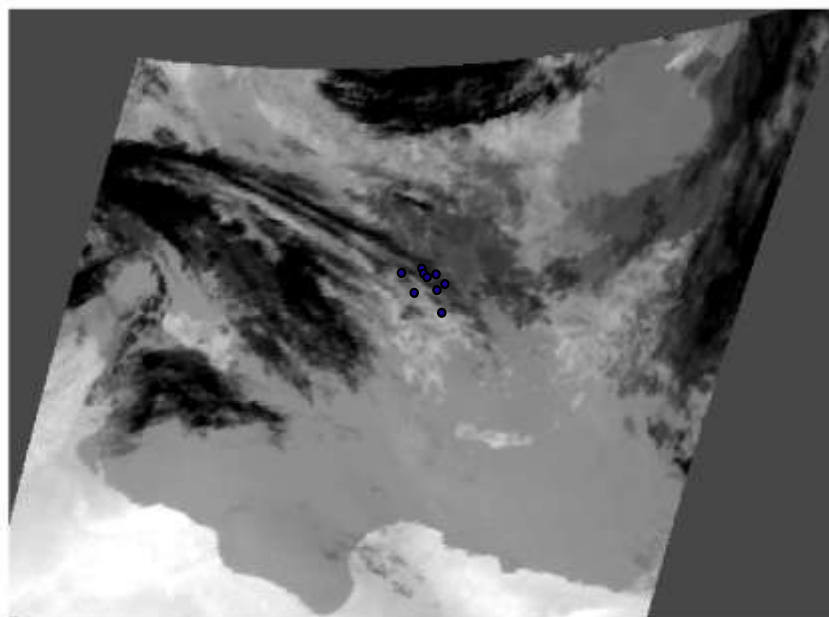
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Αγιάς στις 15/5/1998 στις 7:00π.μ



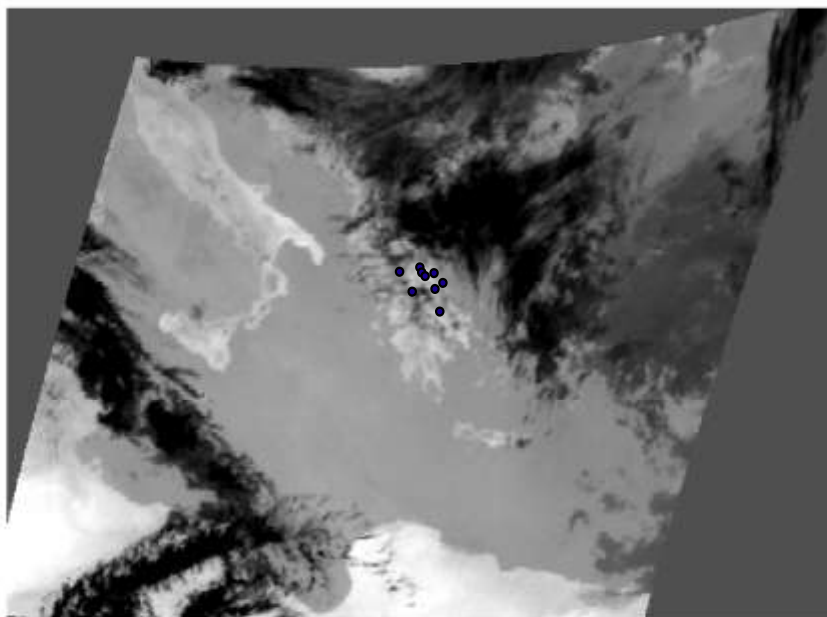
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 15/5/1998 στις 8:00π.μ



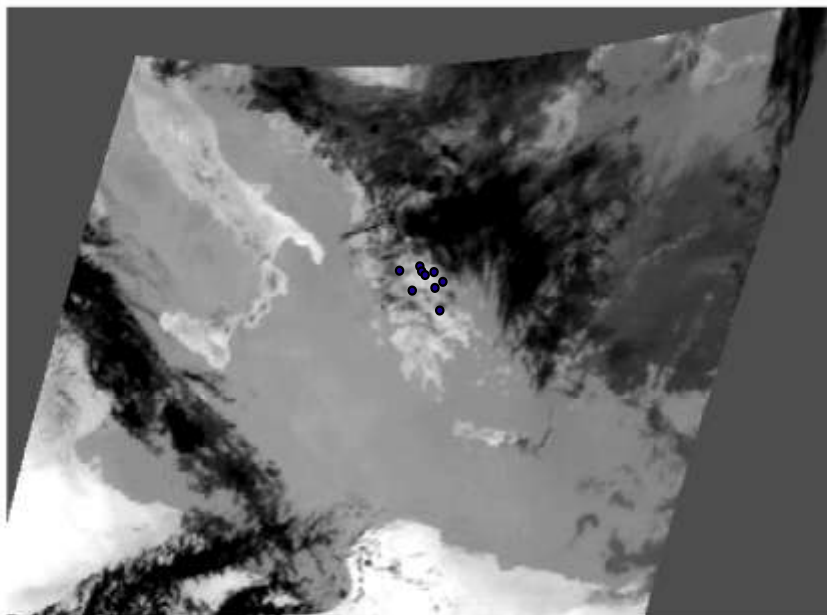
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 14/5/1998 στις 8:00π.μ



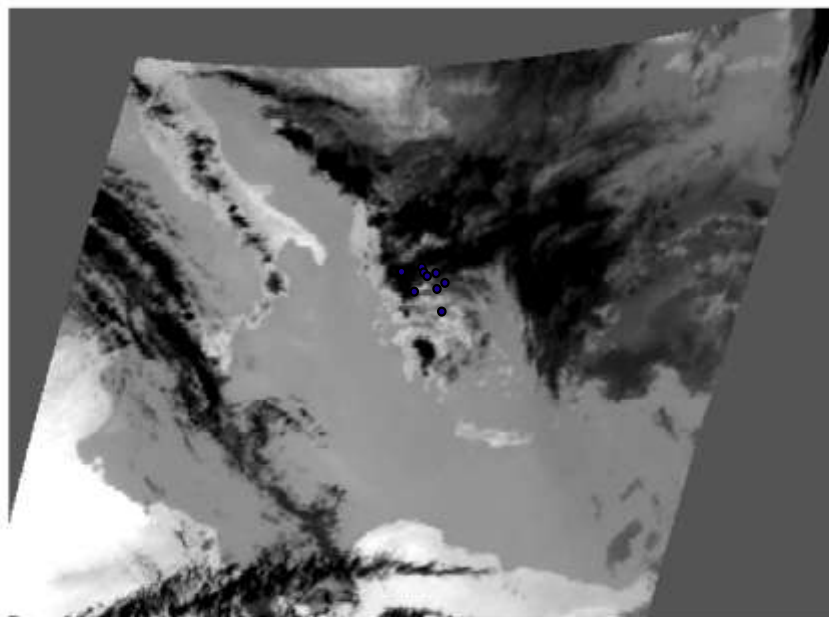
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 14/5/1998 στις 9:00π.μ



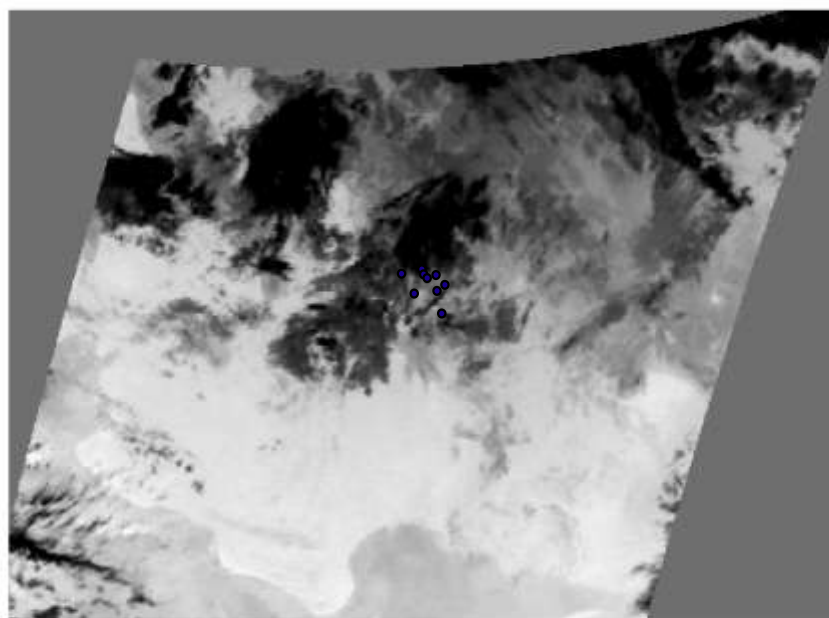
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Καλαμπάκας στις 14/5/1998 στις 13:00μ.μ



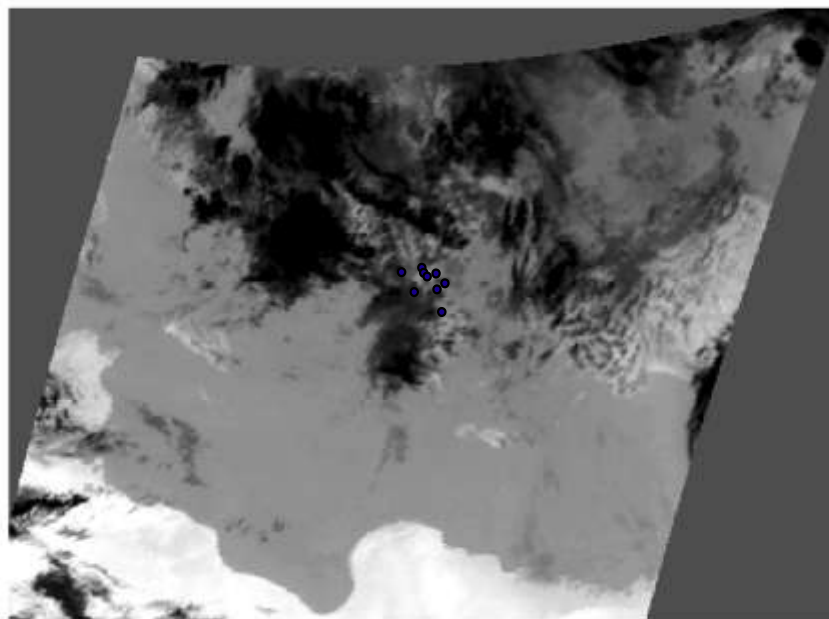
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 9:00π.μ



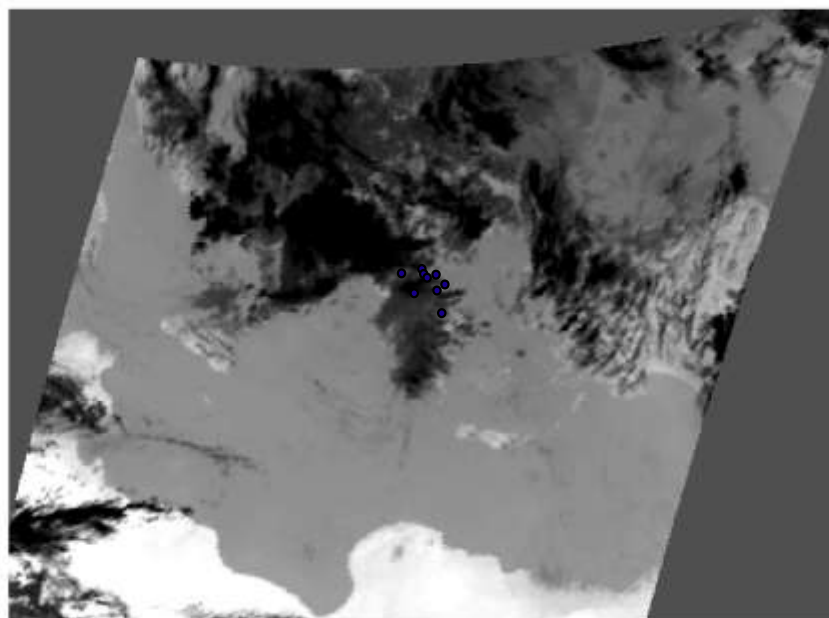
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 11:00π.μ



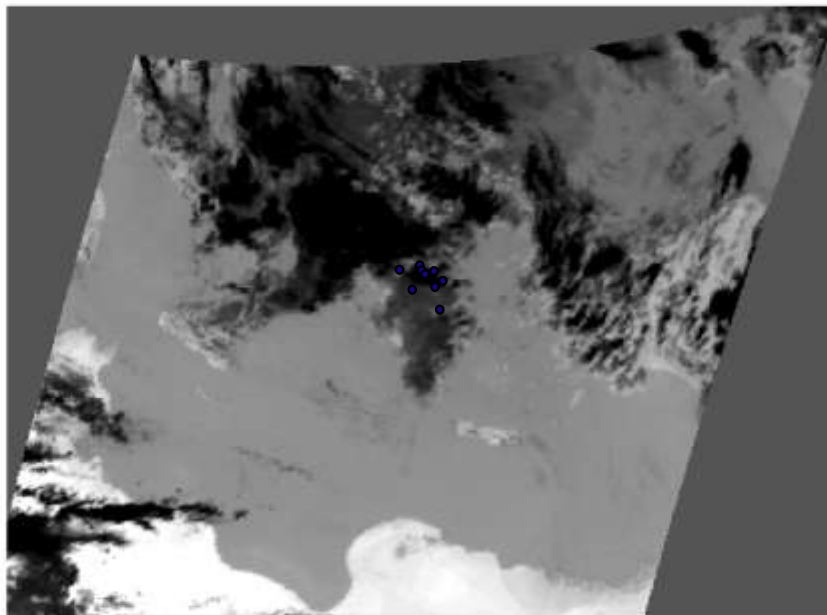
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 12:00 το μεσημέρι



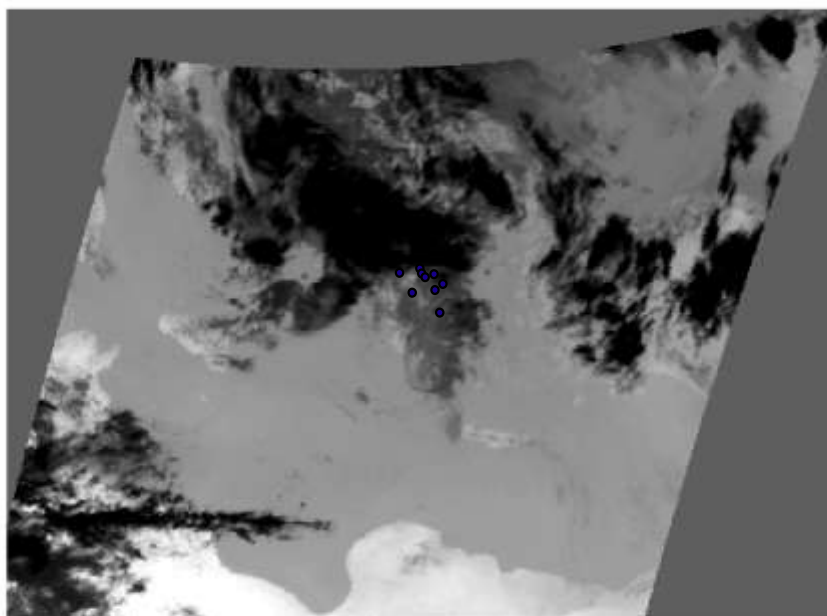
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 18/5/1998 στις 14:00μ.μ



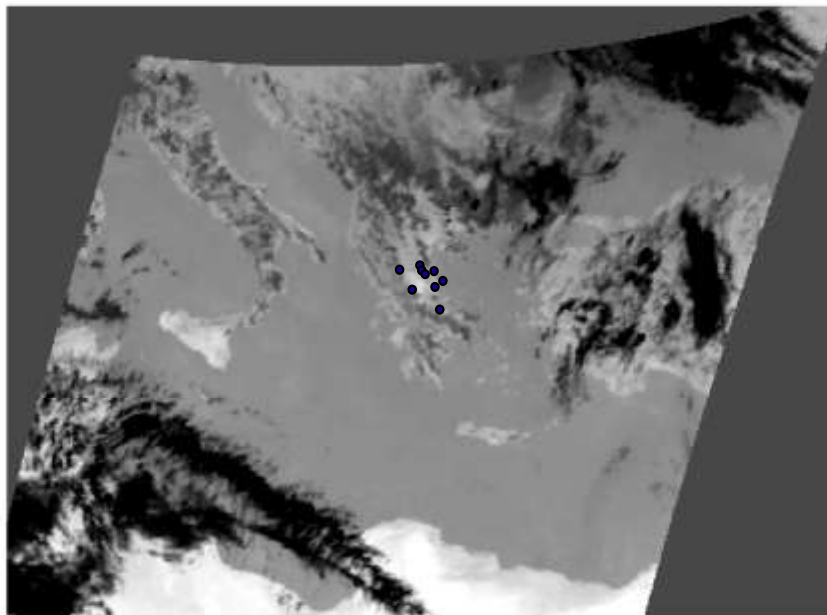
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Τσαριτσάνης στις 18/5/1998 στη 1:00π.μ



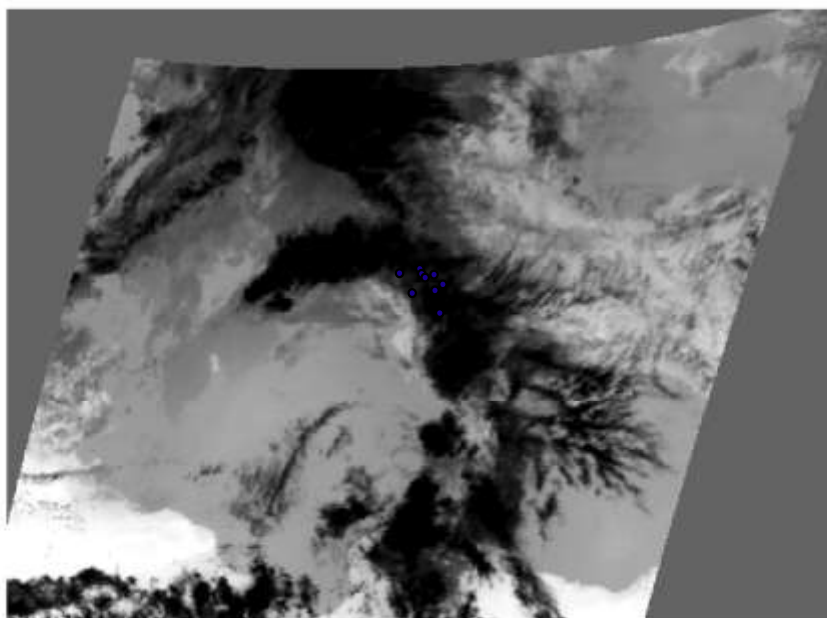
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 27/5/1998 στις 10:00π.μ



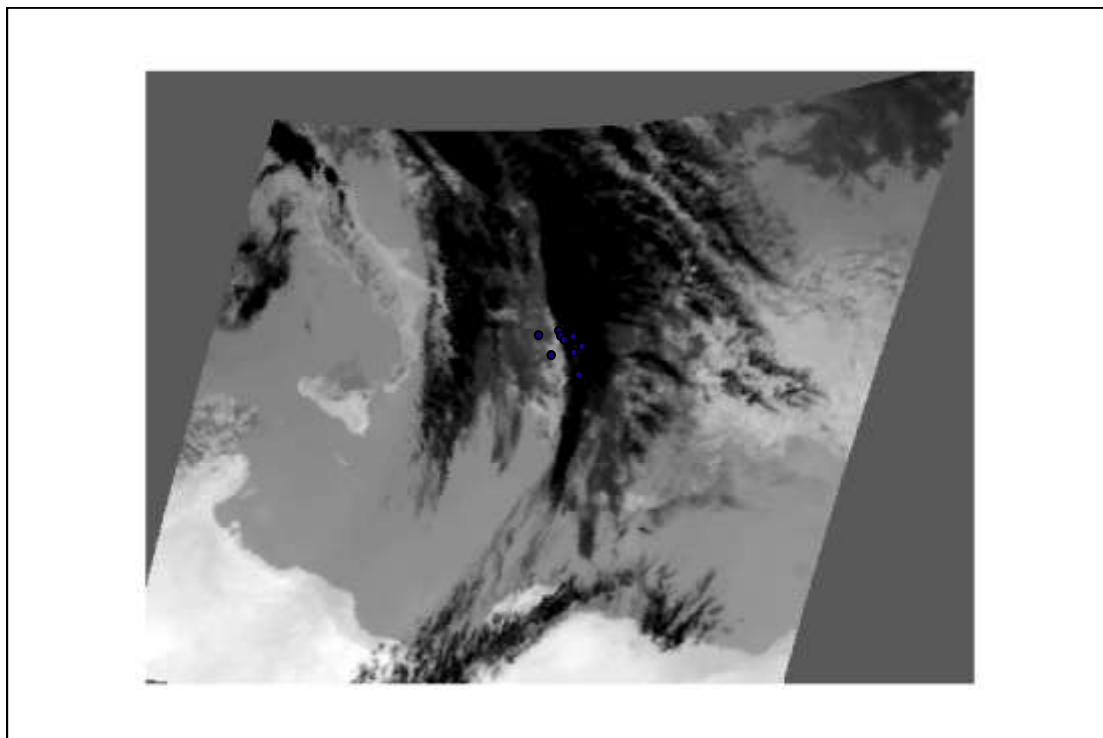
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό του Τυρνάβου στις 25/5/1998 στις 11:00π.μ



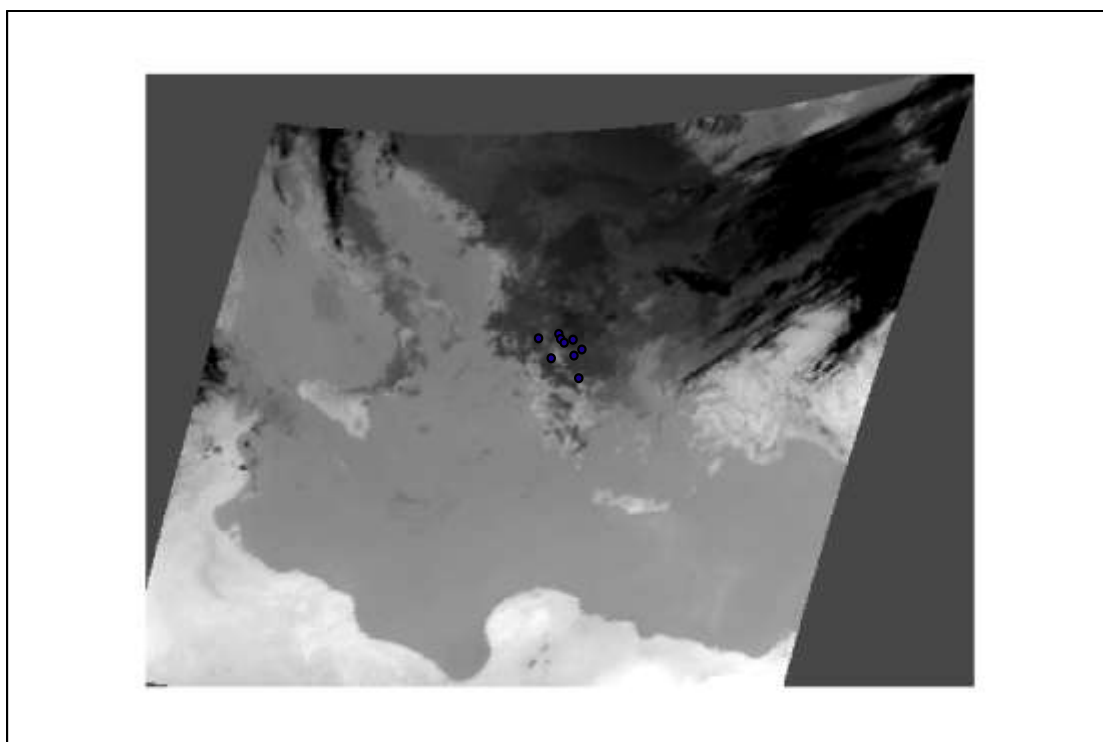
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1998 στις 11:00π.μ



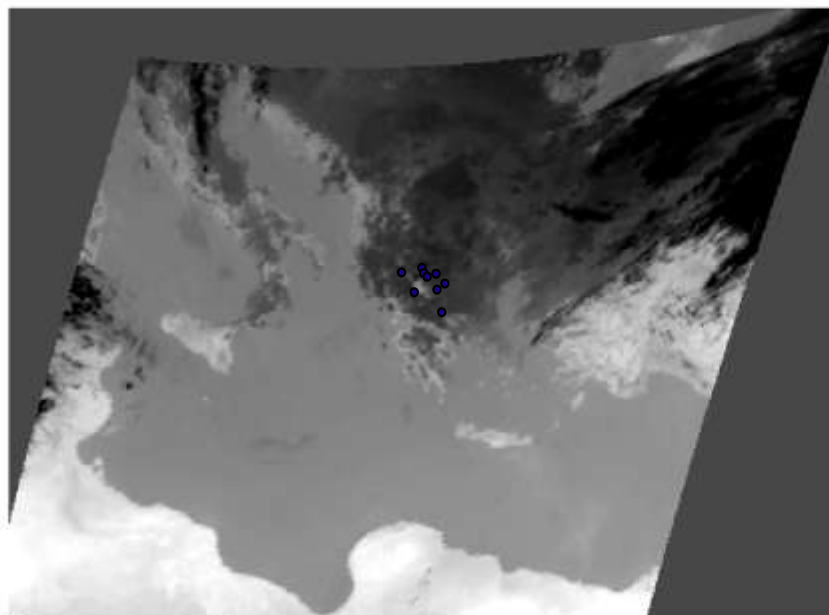
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Αγκιάλου στις 4/5/1999 στις 13:00μ.μ



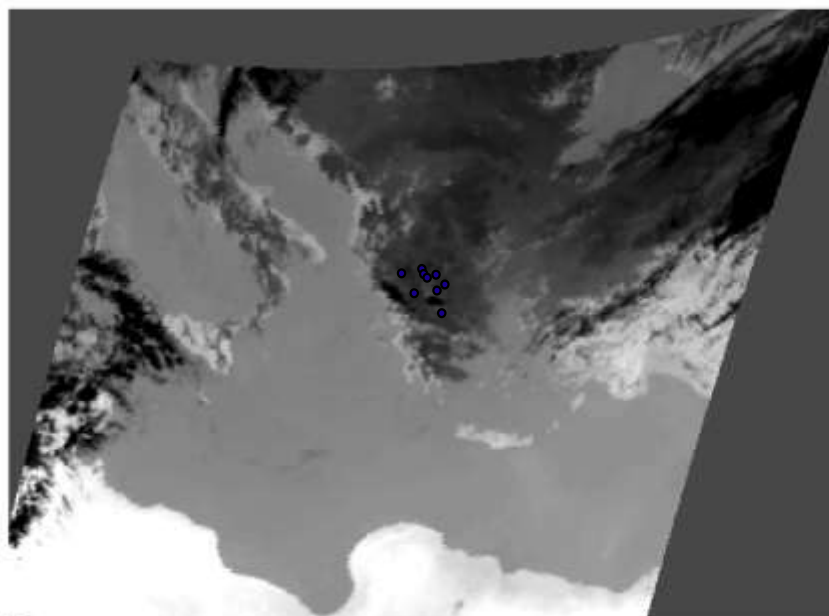
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 19/5/1999 στις 9:00π.μ



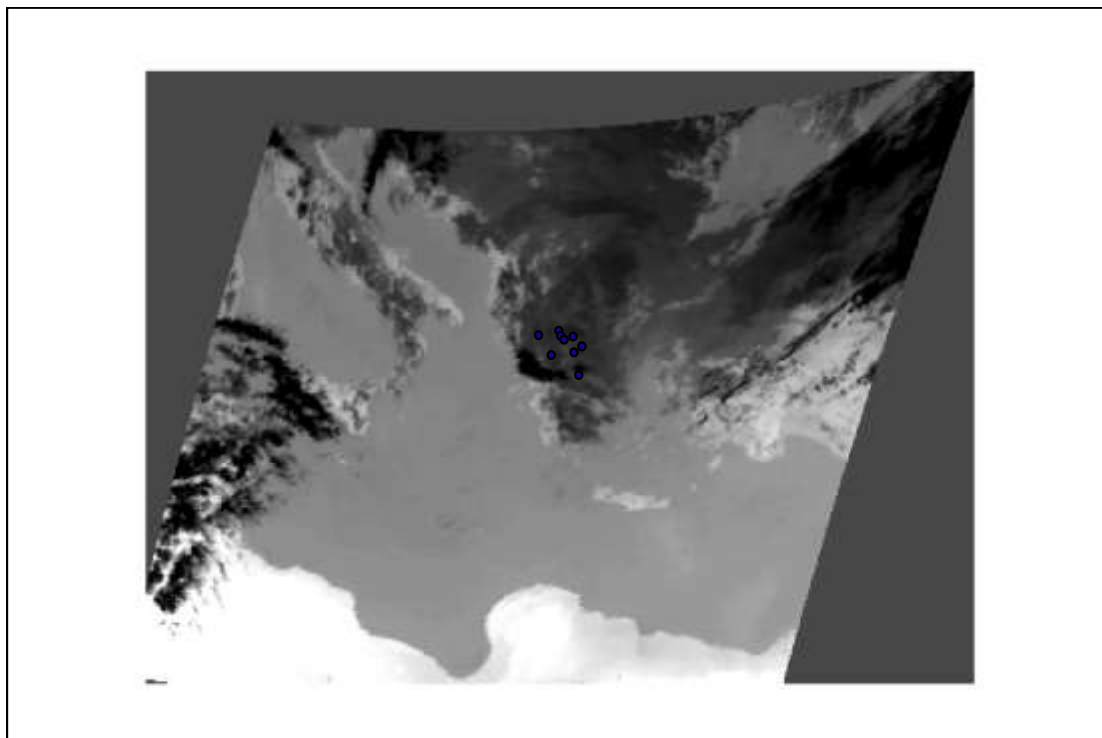
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό του Τυρνάβου στις 24/5/1999 στις 12:00 το μεσημέρι



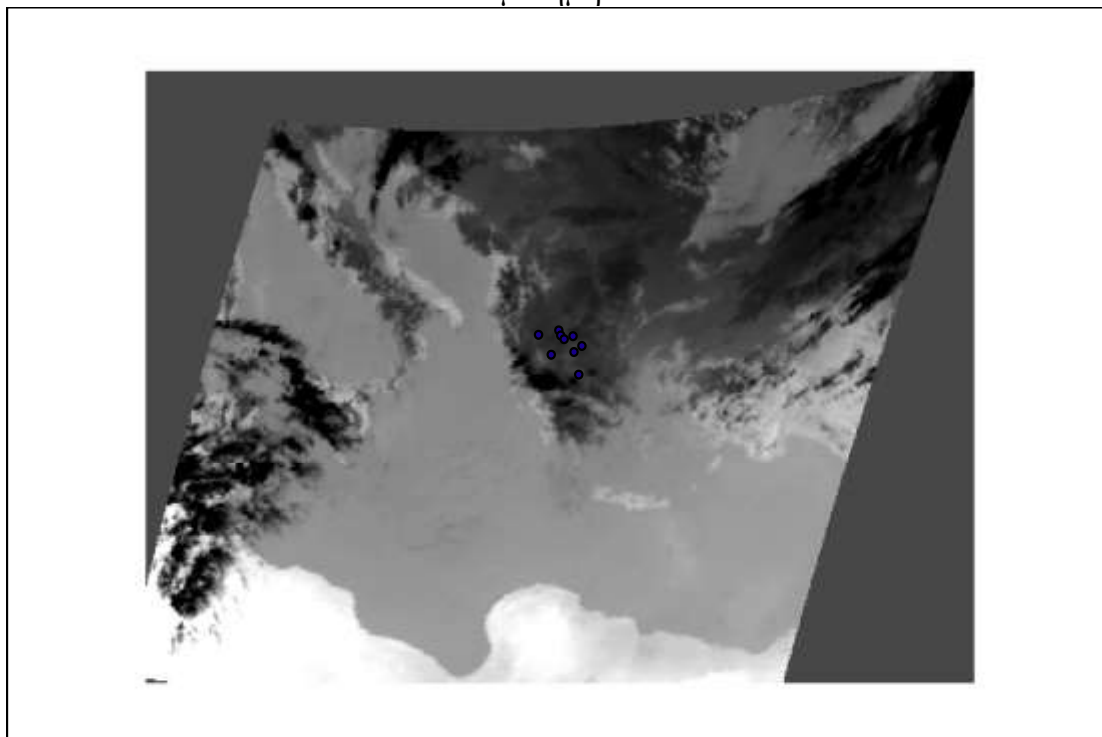
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 8:00π.μ



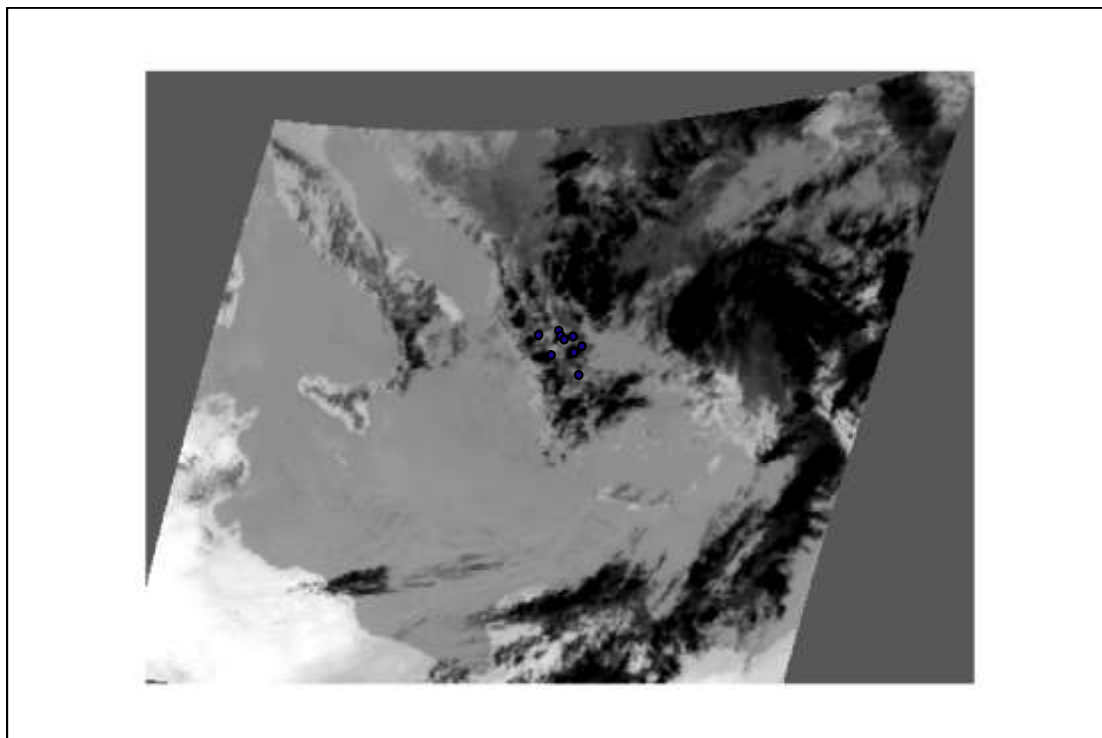
Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 9:00π.μ



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 12:00 το μεσημέρι



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 13:00μ.μ



Περιπτώσεις βροχοπτώσεων στο σταθμό της Ζαγοράς στις 6/5/1999 στις 14:00μ.μ

