



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΕΩΝ ΚΑΠΝΟΥ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ MISR**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΗΛΙΑ ΚΑΤΣΑΝΑΚΗ

Επιβλέπων : Αλεξάνδρος Παπαγιάννης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΕΩΝ ΚΑΠΝΟΥ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ MISR**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΗΛΙΑ ΚΑΤΣΑΝΑΚΗ

Επιβλέπων : Αλέξανδρος Παπαγιάννης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

.....
Αλέξανδρος Παπαγιάννης

.....
Βασίλιος Αμοιρίδης

.....
Ελένη Γιαννακάκη

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016

.....

ΗΛΙΑΣ ΚΑΤΣΑΝΑΚΗΣ

© 2016 – All rights reserved

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά τη μελέτη των ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων που είναι αποτέλεσμα καύσης βιομάζας, από δεδομένα του οργάνου Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) που βρίσκεται στον δορυφόρο TERRA.

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν βασική συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής. Για το λόγο αυτό απαιτούνται συνεχείς παρατηρήσεις από δορυφόρους, δίκτυα επίγειων οργάνων μέτρησης και in situ μετρήσεις. Η μέτρηση των ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων με τη βοήθεια δορυφορικών παρατηρήσεων συγκέντρωσε το επιστημονικό ενδιαφέρον από τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης των δορυφορικών δεκτών. Παρά το γεγονός ότι πλειάδα νέων πολυκαναλικών αλγορίθμων έχουν δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό, η έρευνα για τη βελτίωση των αλγορίθμων ενός καναλιού εξελίσσεται με σκοπό τη βελτίωση της ακρίβειάς τους.

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας, πραγματοποιήθηκε ανάλυση δεδομένων του οργάνου Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) για διαφορετικές περιπτώσεις καύσης βιομάζας, κυρίως στην περιοχή της Βορείου Αμερικής.

Ακόμα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το όργανο Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), που επίσης βρίσκεται στο δορυφόρο TERRA, για τον προσδιορισμό των γεωγραφικών σημείων των πυρήνων της εκάστοτε υπό μελέτη πυρκαγιάς.

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα MINX, μια διαδραστική εφαρμογή οπτικοποίησης, γραμμένη στην Interactive Data Language (IDL) που συγκεντρώνεται σε ένα αρχείο IDL Virtual Machine (VM). Μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο γενικής χρήσης για να απεικονίσει και να αναλύσει τα δεδομένα MISR και ως ένα εξειδικευμένο εργαλείο για την ανάλυση ιδιοτήτων των πλουμίων των αερολυμάτων.

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα ψηφιοποίησης των δεδομένων του οργάνου MISR, παρουσιάζοντας τα ως μια αναπαραγωγή του γεγονότος. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης καταλήγει στην ανάλυση των ιδιοτήτων των σωματιδίων.

Abstract

The current thesis work concerns the study of the properties of aerosols resulting from burning biomass, from data obtained from the Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) instrument located on the TERRA satellite.

Particulate matter is a key component of climate change. Therefore continuous observations from satellites, ground-based instrumentation networks and field experiments are required. The measurement of the properties of aerosols using satellite observations draw scientific interest since the early years of development of satellites. Although the number of new multichannel algorithms have been developed for this purpose, research for developing algorithms is continuous in order to improve their accuracy.

To achieve the research objectives, a data analysis of the Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) instrument for different occasions of burning biomass , especially in the North American region.

Additionally, data from the instrument Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS), also located at the TERRA satellite, were used to determine the geographical points of the cores of the respective fire under study.

For data processing we used the MINX program, an interactive visualization application written in Interactive Data Language (IDL), which is concentrated in a file IDL Virtual Machine (VM). It can act as a tool to visualize and analyze the MISR data, as a specialized tool for the analysis of the properties of the aerosol plumes.

The program is capable of digitizing the MISR instrument data, presenting them as a reproduction of the event. The digitization process results in the analysis of particle properties.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	2
1.1. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ.....	4
1.1.1. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	5
1.1.2. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ.....	7
1.1.3. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	8
1.1.4. ΜΑΥΡΗ ΑΙΘΑΛΗ.....	10
1.1.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	11
1.1.6. ΜΑΥΡΗ ΑΙΘΑΛΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	13
1.2. Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....	14
1.2.1. Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ.....	16
2. ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ MISR	18
2.1.1. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	21
2.1.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	26
2.1.3. ΓΕΩΔΙΟΡΘΩΣΗ ΚΑΙ ΕΓΓΡΑΦΗ.....	28
2.1.4. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ.....	29
2.2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ MISR.....	32
3. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MINX	35
3.1.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΟΥΜΙΩΝ ΚΑΠΝΟΥ.....	37
3.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	43
3.3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	65
3.3.1. WALLOW, N.MEXICO.....	65
3.3.2. WHITEWATER-BALDY, N.MEXICO.....	71
3.3.3. MILFORD FLAT, UTAH.....	86
3.3.4. RICHARDSON, ALBERTA.....	91
3.3.5. BOOTH-BEAR, OREGON.....	102
3.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	111
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	112
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν βασική συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής (Houghton 2001). Επηρεάζουν άμεσα το ισοζύγιο ακτινοβολία της Γης σκεδάζοντας και απορροφώντας την ηλιακή και υπέρυθρη ακτινοβολία και έμμεσα μεταβάλλοντας τις μικροφυσικές και οπτικές ιδιότητες των νεφών.

Η συνολική επίδρασή τους, σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου, οδηγεί σε μείωση της διαθέσιμης ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γής. Καθώς το πρόσημο της αλλαγής στο ισοζύγιο ακτινοβολίας καθορίζει και την κατεύθυνση μεταβολής της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, τα αιωρούμενα σωματίδια διαμορφώνουν ως ένα βαθμό την κατεύθυνση της μεταβολής αυτής και κατά συνέπεια το κλίμα.

Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων αποτελεί επίσης, σημαντικό δείκτη της ποιότητας του αέρα ιδιαίτερα στις μεγάλες αστικές περιοχές. Έρευνες συσχετίζουν την έκθεση του πληθυσμού σε υψηλές συγκεντρώσεις εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων, με παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος. Είναι χαρακτηριστικό ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχει θέσει ως ανώτατη τιμή τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τη μέση ημερήσια επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης και τα $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για την αντίστοιχη μέση ετήσια τιμή (Council Directive, 2008). Με την οδηγία αυτή καθορίζεται επίσης ότι δεν πρέπει να γίνεται υπέρβαση του ανώτατου ορίου της μέσης ημερήσιας τιμής για περισσότερες από 35 ημέρες κατά τη διάρκεια του έτους.

Η κατανόηση του σύνθετου ρόλου της αεροσωματιδιακής ύλης στη διαμόρφωση του κλίματος καθώς και στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα απαιτεί την όσο το δυνατόν ακριβέστερη γνώση της χωρικής κατανομής των αιωρούμενων σωματιδίων όπως επίσης των οπτικών και μικροφυσικών τους ιδιοτήτων (Haywood & Bouchet, 2000).

Η επίτευξη αυτού του σκοπού είναι ιδιαίτερα δύσκολη καθώς τα αιωρούμενα σωματίδια παράγονται από πλήθος διαφορετικών πηγών και παρουσιάζουν για το λόγο αυτό πλήθος σχημάτων, μορφών και χαρακτηριστικών ενώ παράλληλα η μεταβλητότητα της συγκέντρωσής τους στο χώρο και το χρόνο είναι μεγάλη.

Για το λόγο αυτό, η ακριβής μελέτη της κατανομής και της σύνθεσης των αιωρούμενων σωματιδίων απαιτεί συνεχείς παρατηρήσεις από δορυφόρους, δίκτυα επίγειων οργάνων μέτρησης και πειράματα πεδίου.

Η ανάπτυξη των πρώτων μετεωρολογικών δορυφόρων καθώς και των ειδικά σχεδιασμένων δεκτών για την παρατήρηση της Γης, οδήγησε στην δημιουργία αλγορίθμων κατάλληλων για την ανάκτηση και παρακολούθηση παραμέτρων που σχετίζονται με τα αιωρούμενα σωματίδια (Fraser, 1984, Tanré et al., 1988, Kaufman & Sendra, 1988, Kaufman et al., 1990) ακόμη και σε επιχειρησιακή βάση (Rao et al., 1989).

Η ανάπτυξη συνθετότερων πολυφασματικών δεκτών συνοδεύτηκε από την παράλληλη ανάπτυξη πολυπλοκότερων αλγορίθμων για την ανάκτηση των ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων τόσο επάνω από την επιφάνεια των ωκεανών όσο και επάνω από την ξηρά. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το όργανο Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) που αποτελεί τμήμα του πρώτου διαστημόπλοιου του Συστήματος Παρατήρησης της Γης (Earth Observing System (EOS)).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Η γήινη ατμόσφαιρα είναι ένας από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη δραστηριότητα και τη βιόσφαιρα γενικότερα. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας, όπως η θερμοκρασία, η χημική σύσταση και η διαπερατότητα στην ακτινοβολία, επιδρούν στην έμβια ζωή με ποικίλους τρόπους.

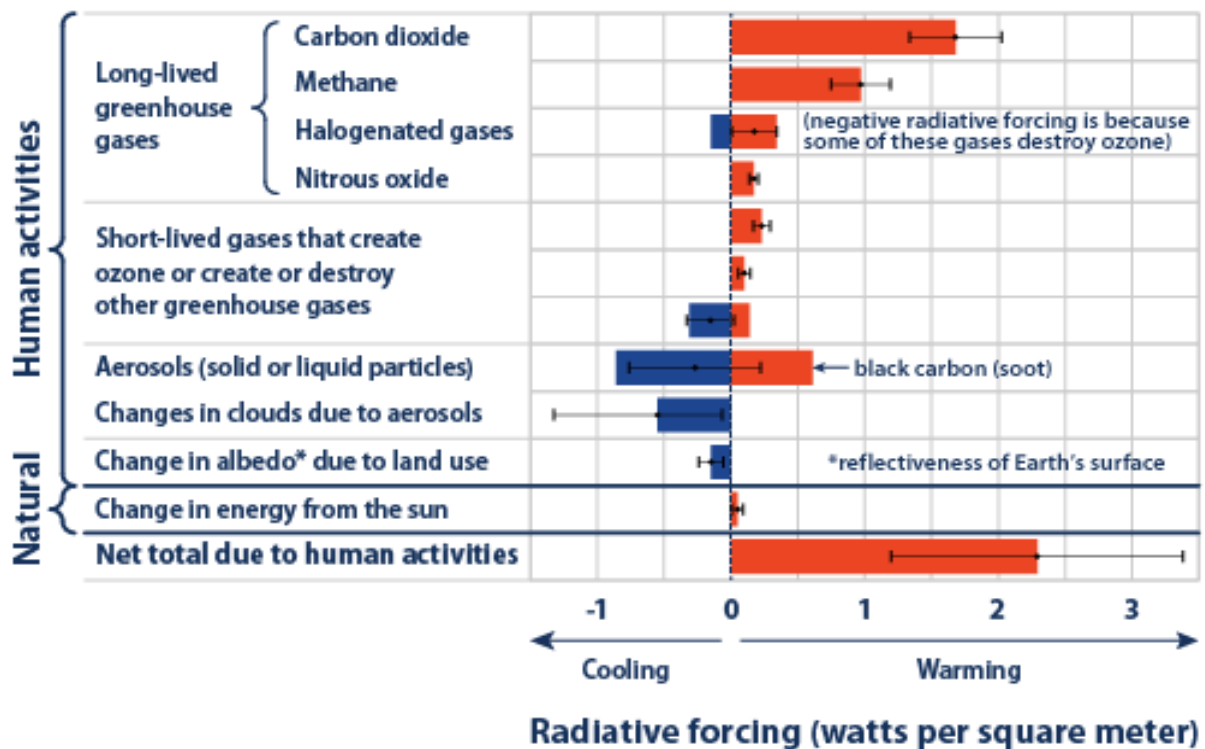
Εκτός από το πλήθος των αέριων ενώσεων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, κάθε κυβικό μέτρο αέρα περιέχει μερικές εκατοντάδες χιλιάδες αιωρούμενα σωματίδια, από τα οποία τα περισσότερα έχουν διάμετρο $<1 \mu\text{m}$. Συνεπώς η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα ενός μεγάλου αριθμού αέριων ενώσεων και μικρών υγρών ή στερεών σωματιδίων. Η σωματιδιακή ύλη στην ατμόσφαιρα αναφέρεται κοινά ως “αερόλυμα”. Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν σημαντική επίδραση στις φυσικοχημικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας, επηρεάζοντας την τροποσφαιρική χημεία, το κλίμα και την ανθρώπινη υγεία.

Πιθανότατα, αρκετά σημαντική αλλά σχετικά ακόμα λίγο μελετημένη είναι η επίδραση των σωματιδίων και ο ρόλος τους στο κλίμα και τη μεταβολή του. Σύμφωνα με υπολογισμούς μοντέλων, μέσα στα επόμενα εκατό χρόνια προβλέπεται μία αύξηση της θερμοκρασίας της γης, η οποία κυμαίνεται από 1 έως $4,1^\circ \text{C}$. Το εύρος της αναμενόμενης αύξησης είναι μεγάλο και η αβεβαιότητα σε αυτές τις εκτιμήσεις μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ένα σημαντικό ποσοστό των διαδικασιών που ελέγχουν τη θερμοκρασία, δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν επαρκώς. Μία από τις μεγαλύτερες αβεβαιότητες που συνδέεται με τις προβλέψεις των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών είναι η επίδραση που προκαλείται στο κλίμα από τα σωματίδια (IPCC, 2013).

Τα σωματίδια μπορούν να επιδράσουν άμεσα στο κλίμα μέσω της σκέδασης και της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας [άμεση επίδραση (direct effect)] και έμμεσα [έμμεση επίδραση (indirect effect)] δρώντας ως πυρήνες συμπύκνωσης νεφών, ΠΣΝ [cloud condensation nuclei (CCN)]. Τα νέφη με τη σειρά τους καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας, απορροφώντας, εκπέμποντας και αντανακλώντας ηλιακή και θερμική ακτινοβολία. Οι ιδιότητες αυτές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις αλλαγές, τόσο στον αριθμό, όσο και στο μέγεθος των σταγονιδίων των νεφών, τα οποία με τη σειρά τους καθορίζονται εν μέρει από το μέγεθος και τη σύσταση των πυρήνων συμπύκνωσης νεφών.

Το συνολικό αποτέλεσμα της άμεσης επίδρασης, πιστεύεται ότι είναι αρνητικό για το ενεργειακό ισοζύγιο της γης, ενώ το αποτέλεσμα της έμμεσης επίδρασης αντιπροσωπεύει μέχρι σήμερα τη μεγαλύτερη αβεβαιότητα στην εκτίμηση της ανθρωπογενούς επίδρασης στο κλίμα (IPCC, 2013) και προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ σωματιδίων και νεφών. Πιστεύεται ότι το αρνητικό αποτέλεσμα στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης που συνδέεται με την άμεση και την έμμεση επίδραση των σωματιδίων, είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το προβλεπόμενο θετικό αποτέλεσμα που προέρχεται από τα αέρια του θερμοκηπίου, όπως φαίνεται παρακάτω.

Figure 2. Radiative Forcing Caused by Human Activities Since 1750



Εικόνα 1.1 Μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας από το 1750 μέχρι σήμερα, λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Οι μπάρες δείχνουν την αβεβαιότητα ανά κατηγορία, ενώ φαίνεται επίσης και ο βαθμός κατανόησης των διεργασιών (IPCC, 2013).

Η σωματιδιακή φάση της ατμόσφαιρας παίζει σημαντικό ρόλο και στην τροποσφαιρική χημεία, αφενός γιατί μπορεί να απορροφήσει ή να προσροφήσει οργανικές ενώσεις και αφετέρου μπορεί να δράσει ως υπόστρωμα για ετερογενείς αντιδράσεις που οδηγούν στην απομάκρυνση δραστικών ενώσεων από την αέρια φάση (Dentener and Crutzen, 1993).

Τα σωματίδια και κυρίως αυτά με μεγέθη συγκρίσιμα με τα μήκη κύματος του ορατού φωτός (0,4-0,7 μm), έχουν τη μέγιστη σκέδαση και απορρόφηση σε αυτό το εύρος του φάσματος, με αποτέλεσμα να ελέγχουν τη μεταφορά του ορατού φωτός μέσα στην ατμόσφαιρα και να προκαλούν μείωση της ορατότητας, προσδίδοντας στην ατμόσφαιρα μια ομιχλώδη εμφάνιση.

Τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο <2,5 μm μπορούν να εισέλθουν στο αναπνευστικό σύστημα και να προκαλέσουν βλάβες στο καρδιοαναπνευστικό σύστημα.

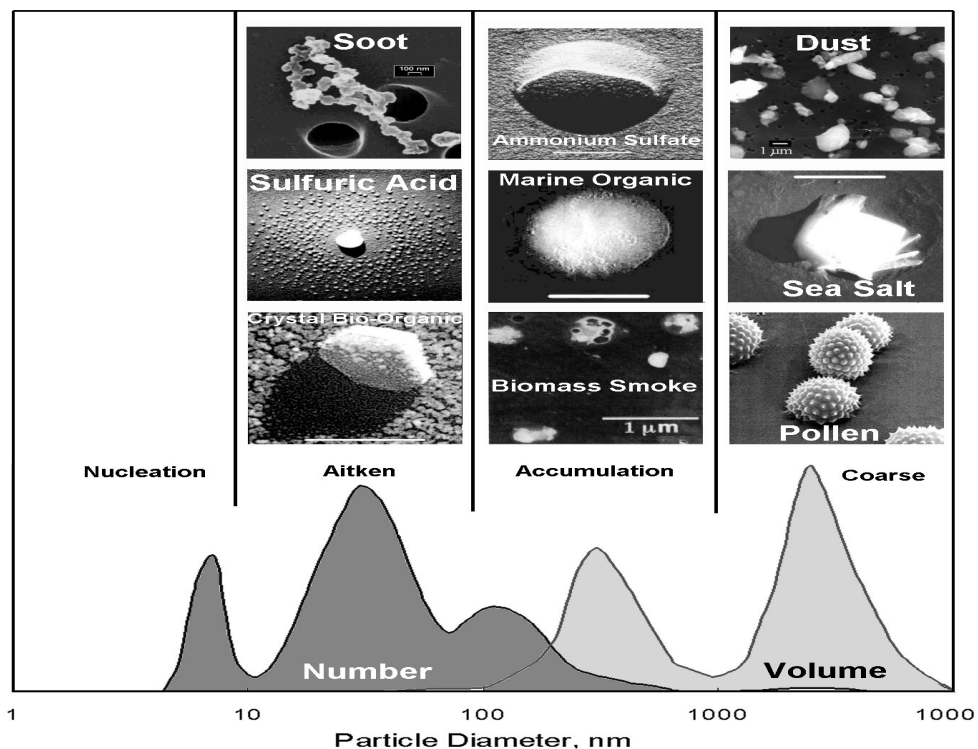
1.1. Αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια (suspended particles) παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σύγκριση με τους κοινούς ατμοσφαιρικούς ρυπαντές. Εκτός από το γεγονός ότι είναι ένα μείγμα διαφορετικών ενώσεων, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα μεγέθους από μερικά nm έως και δεκάδες μm . Τα σωματίδια ή αλλιώς σωματιδιακή ύλη (particulate matter) είναι στερεά σωματίδια ή υγρα σταγονίδια διαμέτρου από $\sim 0,002$ έως $100 \mu\text{m}$. Το κατώτερο όριο αυτού του εύρους δεν είναι επακριβώς καθορισμένο, καθώς δεν υπάρχει κάποιο αποδεκτό κριτήριο στο οποίο ένα συσσωμάτωμα μορίων γίνεται σωματίδιο, ενώ το ανώτερο όριο αντιστοιχεί σε μέγεθος ενός πολύ λεπτού κόκκου σκόνης.

Ανάλογα με τη διάμετρό τους (αν θεωρήσουμε σφαιρικό σχήμα), τα σωματίδια διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, στα χονδρά και στα λεπτά. Τα χονδρά (coarse) έχουν διάμετρο $>1 \mu\text{m}$, παράγονται συνήθως με μηχανικές διεργασίες και έχουν μικρό χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα, αφού λόγω βαρύτητας έχουν σημαντικές ταχύτητες κατακρήμνισης.

Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από $1 \mu\text{m}$ αναφέρονται ως λεπτά (fine). Τα σωματίδια αυτά μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω στις ακόλουθες κατηγορίες: α) στα σωματίδια της περιοχής πυρηνοποίησης (nucleation mode) με διάμετρο μικρότερη από 10 nm . β) στους πυρήνες Aitken με διάμετρο από 10 έως 90 nm . γ) στην περιοχή συσσώρευσης (accumulation mode) με διάμετρο μεταξύ 90 nm και $1 \mu\text{m}$.

Σε ένα τυπικό δείγμα αιωρούμενων σωματιδίων τα περισσότερα σε αριθμό σωματίδια είναι εκείνα με μικρή διάμετρο. Συνήθως το 70-80% του αριθμού των σωματιδίων έχουν διάμετρο $<100 \text{ nm}$. Ωστόσο, επειδή τα συγκεκριμένα σωματίδια έχουν σχετική μικρή επιφάνεια και μικρή μάζα σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα, η κατανομή της επιφάνειας ή της μάζας των σωματιδίων σε σύγκριση με τη διάμετρό τους είναι τελείως διαφορετική από την κατανομή του αριθμού τους όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.2.



Εικόνα 1.2 Κατανομή του αριθμού και του όγκου των σωματιδίων σε συνάρτηση με τη διάμετρό τους (Husar, 1976).

Η κατανομή των σωματιδίων με βάση το μέγεθός τους υφίσταται διαρκώς μεταβολές οι οποίες προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των σωματιδίων μεταξύ τους και με τις αέριες ενώσεις που τα περιβάλλουν. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του αριθμού και της μάζας των σωματιδίων. Οι πιο σημαντικές διαδικασίες που καθορίζουν τη δυναμική των σωματιδίων είναι η συμπίκνωση, η πυρηνοποίηση, η συσσωμάτωση και η εναπόθεση.

Η ομογενής πυρηνοποίηση (homogeneous nucleation) είναι το πρώτο και πιο κρίσιμο στάδιο για το σχηματισμό καινούργιων σωματιδίων από ενώσεις που βρίσκονται στην αέρια φάση. Κατά την πυρηνοποίηση κάποιες ενώσεις με αρκετά χαμηλή τάση ατμών και απουσία μεγάλης αφθονίας προϋπάρχοντων σωματιδίων, συμπυκνώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν εντελώς καινούργια σωματίδια στην περιοχή πυρηνοποίησης. Το φαινόμενο σχηματισμού νέων σωματιδίων ονομάζεται επεισόδιο πυρηνοποίησης ή επεισόδιο σχηματισμού (nucleation event).

Η συσσωμάτωση (coagulation) είναι η διαδικασία με την οποία τα σωματίδια συσσωματώνονται και συγχωνεύονται μεταξύ τους, αυξάνοντας το μέγεθος των αρχικών, αλλά ταυτόχρονα μειώνοντας σημαντικά τον αριθμό τους. Η διαδικασία αυτή είναι γρήγορη μόνο όταν ο αριθμός των σωματιδίων είναι πολύ υψηλός και αποτελεί σημαντική διαδικασία στη μετατροπή των σωματιδίων από την περιοχή συμπίκνωσης στην περιοχή συσσώρευσης.

Με το σχηματισμό ενός σωματιδίου στην υγρή φάση, η επιφάνειά του δέχεται την “επίθεση” αέριων ενώσεων που το περιβάλλουν. Εάν η σταγόνα δεν βρίσκεται σε ισορροπία με τον περιβάλλοντα ατμό, τότε υπάρχει μια καθαρή ροή μορίων, είτε προς συμπίκνωση, είτε από την επιφάνεια της σταγόνας (εξάτμιση). Η διαδικασία της συμπίκνωσης (condensation) είναι ο κύριος μηχανισμός της ανάπτυξης των ατμοσφαιρικών σωματιδίων της περιοχής πυρηνοποίησης.

Ο κύριος τρόπος απομάκρυνσης των σωματιδίων από την ατμόσφαιρα είναι η ξηρή και η υγρή εναπόθεση. Η ξηρή εναπόθεση χωρίζεται σε δύο κύριες διεργασίες: την εναπόθεση λόγω βαρύτητας, που είναι σημαντική μόνο στα μεγάλα σωματίδια, και την εναπόθεση λόγω διάχυσης Brown, που είναι σημαντική μόνο στα μικρά σωματίδια. Για τα σωματίδια ενδιάμεσου μεγέθους δεν υπάρχει κάποιος σημαντικός μηχανισμός απομάκρυνσης, με αποτέλεσμα να έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής.

Η υγρή εναπόθεση αποτελείται από την απομάκρυνση μέσα στα σύννεφα και την απομάκρυνση κάτω από τα σύννεφα. Η πρώτη διεργασία έχει να κάνει με διάλυση των σωματιδίων στις σταγόνες των νεφών, φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από τη χημική σύσταση, τη διαλυτότητα και την υδροφιλικότητα των σωματιδίων, ενώ η δεύτερη έχει να κάνει με τη μηχανική απομάκρυνση των σωματιδίων, τα οποία παρασέρνονται από τις σταγόνες της βροχής στο έδαφος.

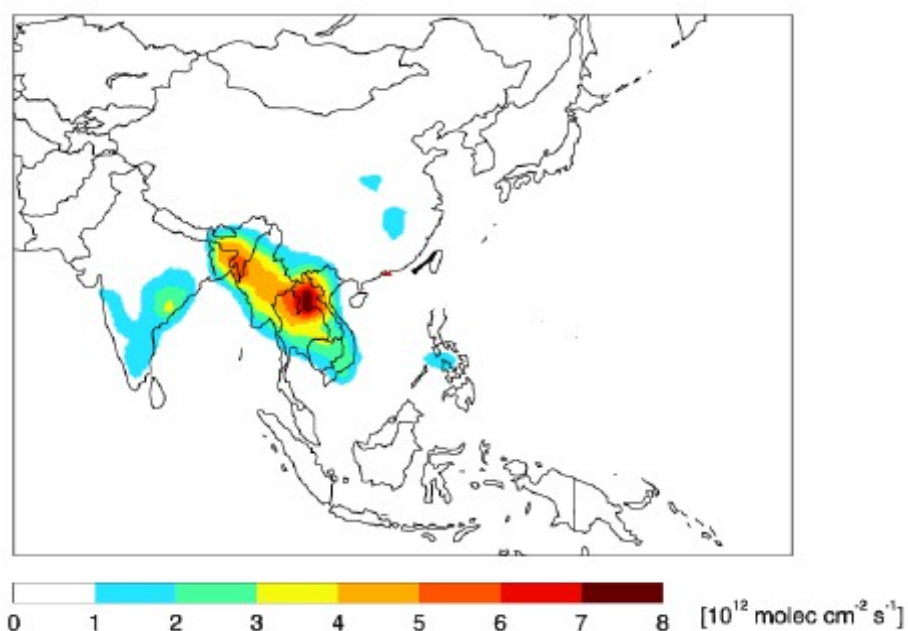
1.1.1.ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Τα σωματίδια παράγονται τόσο μέσω φυσικών διεργασιών (Andrae and Crutzen, 1997), όσο και μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Finlayson-Pitts and Pitts, 1999), οπότε ταξινομούνται σε βιογενή και ανθρωπογενή αντίστοιχα. Επίσης ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο εισέρχονται στην ατμόσφαιρα ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: πρωτογενή (primary) και δευτερογενή (secondary). Τα πρωτογενή σωματίδια εκπέμπονται απευθείας από τις πηγές τους, ενώ τα δευτερογενή σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τα προϊόντα οξείδωσης των πτητικών ενώσεων.

Τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση σε ότι αφορά τη χημική σύσταση. Σωματίδια από συγκεκριμένες πηγές έχουν χαρακτηριστικό μέγεθος και για αυτό η σύσταση των σωματιδίων ποικίλει σε σχέση με το μέγεθός τους, αντικατοπτρίζοντας αυτή την επίδραση. Για παράδειγμα, οι θεικές ενώσεις που προέρχονται από την οξείδωση του SO_2 , υπάρχουν συνήθως στα λεπτά σωματίδια, ενώ το πυρίτιο από την επαναιώρηση του εδάφους ή σκόνης βρίσκεται στα χονδρά. Ωστόσο λόγω της συμπύκνωσης και της συσσωμάτωσης, η σύσταση των σωματιδίων αναμιγνύεται.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της σύστασης των αερολυμάτων περιλαμβάνει ανόργανες ενώσεις και ανθρακούχο υλικό. Οι πιο σημαντικές σε αφθονία ενώσεις του ανόργανου κλάσματος των σωματιδίων είναι: θεικές και νιτρικές ενώσεις, αμμωνιακές ενώσεις, νάτριο και χλωριούχα ιόντα, μέταλλα και ανθρακούχες ενώσεις.

Το ανθρακούχο κλάσμα των σωματιδίων αποτελείται από ένα πολύ σύνθετο μίγμα οργανικών ενώσεων, το οποίο αναφέρεται ως οργανικός άνθρακας (Organic Carbon) και μια μάζα ατόμων άνθρακα με δομή παρόμοια με αυτήν του γραφίτη, η οποία έχει μαύρο χρώμα και αποκαλείται αιθάλη (Black Carbon).



Εικόνα 1.3 Εκπομπή CO από καύση βιομάζας στην Νοτιοανατολική Ασία τον Μάρτιο του 2011. [Royal Society of Chemistry ((2016)]

Η ποσοστιαία συνεισφορά των κυριοτέρων συστατικών των σωματιδίων στην ολική μάζα τους σε αστικές, μη αστικές και απομακρυσμένες περιοχές παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Περιοχή (αρ.δειγμάτων)	Μάζα ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Σχετική Συνεισφορά (%)				
		BC	OC	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}
Απομακρυσμένη (11)	4,8	0,3	11	7	3	22
Ηπειρωτική (μη αστική) (14)	15	5	24	11	4	37
Αστική (19)	32	9	31	8	6	28

Εικόνα 1.4 Σχετική συνεισφορά κύριων συστατικών των σωματιδίων στην ολική σωματιδιακή μάζα [Heinzenberg, 1989, (τροποποιημένος από τους Seinfeld and Pandis, 2006)].

1.1.2. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ

Τα οργανικά σωματίδια εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα, για παράδειγμα από τους κυρούς της ευφυμενίδας των φύλλων των ανώτερων φυτών ή σαν προϊόντα της καύσης ορυκτών καυσίμων και βιομάζας και αναφέρονται συχνά ως πρωτογενή οργανικά αερολύματα (Primary Organic Aerosols, POA). Αντίθετα, τα δευτερογενή οργανικά αερολύματα (Secondary Organic Aerosols, SOA) δεν εκπέμπονται άμεσα, αλλά σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μέσω της οξείδωσης ανθρωπογενών και βιογενών πτητικών οργανικών ενώσεων (Volatile Organic Compounds, VOC). Ο σχηματισμός των δευτερογενών οργανικών αερολυμάτων περιλαμβάνει συνοπτικά τα εξής στάδια :

1. την οξείδωση των πτητικών οργανικών ενώσεων και την παραγωγή δευτερογενών ενώσεων χαμηλότερης πτητικότητας σε σύγκριση με τις πρόδρομες ενώσεις,
2. την κατανομή των ημι-πτητικών και μη-πτητικών δευτερογενών ενώσεων μεταξύ αέριας και σωματιδιακής φάσης σε προϋπάρχοντα σωματίδια, ή την ομογενή πυρηνοποίησή τους, προς σχηματισμό νέων υπέρλεπτων σωματιδίων. Η κατανομή μπορεί να λάβει χώρα μέσω συμπύκνωσης, προσρόφησης ή διαλυτοποίησης της ένωσης στην οργανική ή υδατική στοιβάδα του προϋπάρχοντος σωματιδίου. Η κατανομή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μάζας των σωματιδίων, ενώ η πυρηνοποίηση την αύξηση του αριθμού τους.

Στην Εικόνα 1.5 παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση του σχηματισμού των δευτερογενών οργανικών ενώσεων.

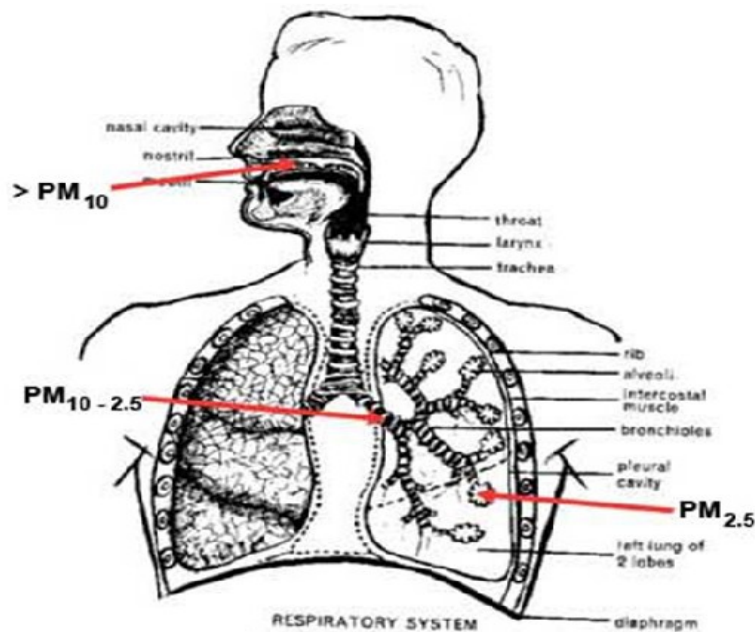
Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται τόσο από φυσικές πηγές σε χερσαίες ή θαλάσσιες περιοχές (βιογενείς), όσο και από ανθρωπογενείς. Οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς πτητικές ενώσεις που μπορούν να παράγουν δευτερογενή οργανικά αερολύματα είναι οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και κυρίως το τολουόλιο, το ξυλόλιο και τα τριμεθυλοβενζόλια, ενώ οι βιογενείς πρόδρομες ενώσεις είναι κυρίως οι τερπενοειδείς ενώσεις.



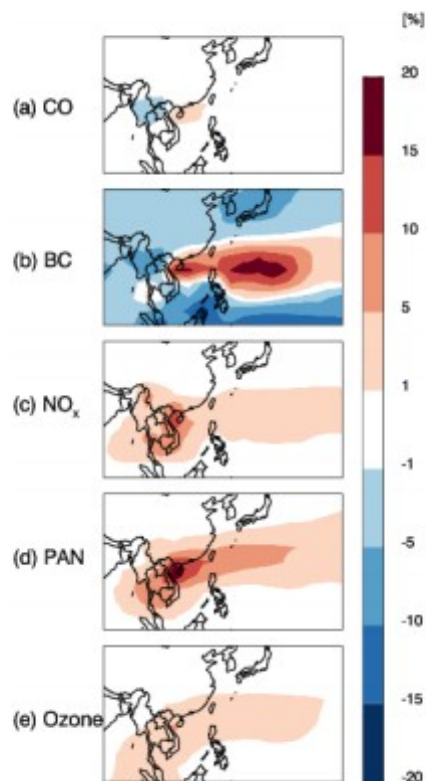
Εικόνα 1.5 Σχηματική απεικόνιση του σχηματισμού των δευτερογενών οργανικών ενώσεων (Remoundaki, 2012)

1.1.3. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Όσο πιο μικρά είναι τα αιωρούμενα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι για την υγεία. Στον άνθρωπο εισέρχονται στο σώμα από την ρινική κοιλότητα σωματίδια μικρότερα των 10μm και φτάνουν μέχρι τους πρωτεύοντες βρόγχους (Wilson, R. & Spengler J., 1996). Στην Εικόνα 1.6 φαίνεται η πορεία των σωματιδίων στο σώμα.



Εικόνα 1.6 Είσοδος και πορεία των αιωρούμενων σωματιδίων στο σώμα (Κουλλαπής, 2012)



Εικόνα 1.7 Ποσοστιαίες διαφορές στην τροπόσφαιρική κατανομή των συγκεντρώσεων των (α) CO, (β) BC (γ) NO_x, (δ) PAN, και (ε) του όζοντος με προσομοίωση βασισμένη στα δεδομένα του οργάνου MISR τον Μάρτιο του 2001 (Qi et al., 2013).

Τα σωματίδια μικρότερα των 2,5μm προχωρούν και στους δευτερεύοντες βρόγχους και τα σωματίδια μικρότερα των 1,1μm φτάνουν μέχρι και τις πνευμονικές κυψελίδες. Για αυτό και τα αιωρούμενα σωματίδια χωρίζονται σε PM₁₀ (μικρότερα των 10μm και μεγαλύτερα των 2,5μm) και σε PM_{2,5} (σωματίδια μικρότερα των 2,5 μm). Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να προκαλέσουν παθήσεις στους πνεύμονες, στην καρδιά, στο αίμα, στο μυαλό και στα αγγεία. Μερικές παθήσεις είναι το άσθμα, η βρογχίτιδα ο καρκίνος του πνεύμονα, έμφραγμα, η αθηροσκλήρωση και οι διαταραχές στον ρυθμό της καρδιάς. (Wilson & Spengler, 1996).

1.1.4. ΜΑΥΡΗ ΑΙΘΑΛΗ

Στην κλιματολογία η μαύρη αιθάλη ή BC είναι ένας παράγοντας καθορισμό του κλίματος και διαμορφώνεται μέσα από την ατελή καύση των ορυκτών καυσίμων, των βιοκαυσίμων και της βιομάζας και εκπέμπεται τόσο από ανθρωπογενείς όσο από φυσικές πηγές. Αποτελείται από καθαρό άνθρακα σε αρκετές συνδεδεμένες μορφές. Η μαύρη αιθάλη θερμαίνει τη Γη με την απορρόφηση της θερμότητας στην ατμόσφαιρα και με τη μείωση της λευκότητας, της ικανότητας να αντανακλά το φως του ήλιου. Η BC μένει στην ατμόσφαιρα μόνο για μερικές ημέρες έως εβδομάδες, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) έχει μια ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής πάνω από 100 χρόνια.

Ο καπνός ή μαύρη αιθάλη ήταν η πρώτη μορφή ρύπων που αναγνωρίζεται ως αυτή που έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αν και είναι από τις τελευταίες προς μελέτη από τη σύγχρονη ερευνητική ατμοσφαιρική κοινότητα. Ο Faraday αναγνώρισε ότι η αιθάλη αποτελείται από άνθρακα και ότι παράγεται από την ατελή καύση καυσίμων που περιέχουν άνθρακα. Η αιθάλη αποτελείται από ένα πολύπλοκο μίγμα οργανικών ενώσεων που απορροφούν ασθενώς τις ακτινοβολίες στην ορατή φασματική περιοχή. Ο όρος μαύρη αιθάλη χρησιμοποιείται για να ορίσει ότι αυτό το συστατικό της αιθάλης είναι κυρίως υπεύθυνο για την απορρόφηση του ορατού φωτός [(Yasa et al.,2010) και (Rosen et al., 1984)].

Οι καταστροφικές συνέπειες της ρύπανσης του άνθρακα στην ανθρώπινη υγεία και στη θνησιμότητα στις αρχές του 1950 στο Λονδίνο οδήγησαν στο Κίνημα Καθαρού Αέρα στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1956. Αυτή η πράξη οδήγησε σε δραματική μείωση των συγκεντρώσεων αιθάλης στο Ηνωμένο Βασίλειο, τις οποίες ακολούθησαν παρόμοιες μειώσεις στις αμερικανικές πόλεις, όπως το Pittsburgh και το St Louis. Οι μειώσεις αυτές επιτεύχθηκαν σε μεγάλο βαθμό από την μείωση της χρήσης του μαλακού άνθρακα για οικιακή θέρμανση με την αλλαγή είτε για σε "άκαπνους" άνθρακες ή άλλες μορφές καυσίμων, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η σταθερή μείωση της ρύπανσης από τον καπνό στις βιομηχανικές πόλεις της Ευρώπης και των Ηνωμένων Πολιτειών προκάλεσε μια μετατόπιση στην έμφαση της έρευνας μακριά από τις εκπομπές αιθάλης και την σχεδόν πλήρη παραμέληση της αιθάλης ως ένα σημαντικό συστατικό αερόλυμα, τουλάχιστον στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στη δεκαετία του 1970, ωστόσο, μια σειρά μελετών σε μεγάλο βαθμό που διεξήχθη από την ομάδα του Novakov στο Lawrence Berkeley Lab άλλαξε σημαντικά την εικόνα αυτή και απέδειξαν ότι η αιθάλη, καθώς και τα οργανικά συστατικά αιθάλης συνεχίζουν να είναι ένα μεγάλο συστατικό των αστικών αερολυμάτων σε όλη την Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ευρώπη, πράγμα που οδήγησε στη βελτίωση του ελέγχου των εκπομπών αυτών. Προφανώς, στις λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές του κόσμου όπου υπήρχε πολύ περιορισμένος ή καθόλου έλεγχος για τις εκπομπές αιθάλης η ποιότητα του αέρα εξακολουθούσε να υποβαθμίζεται καθώς ο πληθυσμός αυξανόταν. Δεν είχε γίνει αντιληπτό παρά μόνο πολλά χρόνια αργότερα ότι, από την σκόπια των παγκόσμιων επιπτώσεων, οι εκπομπές από αυτές τις περιοχές ήταν εξαιρετικά σημαντικές.

1.1.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Οι περισσότερες από τις εξελίξεις που αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν την ποιότητα του αέρα στις αστικές ατμόσφαιρες. Οι πρώτες ενδείξεις για το ρόλο της αιθάλης σε ένα μεγαλύτερο, παγκόσμιο πλαίσιο προήλθε από μελέτες των φαινομένων της Αρκτικής Ομίχλης. Η αιθάλη ανιχνεύτηκε ανάμεσα στα αερολύματα από τον Rosen et al. και στο Αρκτικό χιόνι από τους Clarke και Noone (Jennings, 1992).

Σε γενικές γραμμές, τα σωματίδια αερολυμάτων μπορούν να επηρεάσουν την ισορροπία της ακτινοβολίας που οδηγεί σε ένα ψυκτικό ή θερμαντικό αποτέλεσμα με το μέγεθος και πρόσχημο της μεταβολής της θερμοκρασίας να εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τις οπτικές ιδιότητες των αερολυμάτων, τις συγκεντρώσεις τους και την λευκότητα της υποκείμενης επιφάνειας. Ένα καθαρά σκεδαστικό αερόλυμα αντανακλά την ενέργεια που θα έπρεπε κανονικά να απορροφηθεί από το σύστημα γη-ατμόσφαιρα πίσω στο διάστημα και οδηγεί σε μια επίδραση ψύξης. Καθώς προστίθεται ένα απορροφητικό συστατικό, το αερόλυμα μπορεί να οδηγήσει σε μια θέρμανση του συστήματος γη-ατμόσφαιρα, αν η λευκότητα της υποκείμενης επιφάνειας είναι επαρκώς υψηλή.

Πρώιμες μελέτες των επιδράσεων των αερολυμάτων στην ατμοσφαιρική μεταφορά ακτινοβολίας σε παγκόσμια κλίμακα υποτίθεται ένα κυρίαρχο σκεδαστικό αερόλυμα με μόνο ένα μικρό απορροφητικό στοιχείο, δεδομένου ότι αυτό φαίνεται να είναι μια καλή αναπαράσταση των αερολυμάτων που συναντάμε στη φύση. Ωστόσο τα αστικά αερολύματα έχουν ένα μεγάλο συστατικό μαύρης αιθάλης και αν τα σωματίδια αυτά μπορούν να μεταφέρονται σε παγκόσμια κλίμακα, τότε θα αναμενόταν μια θερμαντική επίδραση επάνω σε επιφάνειες με μεγάλη επιφανειακή λευκότητα σαν το χιόνι ή τον πάγο. Επιπλέον, αν τα σωματίδια αυτά εναποτίθενται στο χιόνι μία πρόσθετη επίδραση θέρμανσης θα συμβεί λόγω της μείωσης της επιφανειακής λευκότητας.

Τα επίπεδα της μαύρης αιθάλης καθορίζονται πιο συχνά με βάση την τροποποίηση των οπτικών ιδιοτήτων ενός φίλτρου ινών από τα σωματίδια που εναποτίθενται εκεί. Μετράται είτε η διαπερατότητα του φίλτρου, η ανακλαστικότητα του φίλτρου ή ένας συνδυασμός διαπερατότητας και ανακλαστικότητας. Τα αιθαλόμετρα είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται συχνά και ανιχνεύουν οπτικά την αλλαγή της απορρόφησης του φωτός που διαδίδεται μέσω ενός λεπτού φίλτρου. Ένα πολυγωνικό φωτόμετρο απορρόφησης λαμβάνει υπόψη το διαδιδόμενο και το ανακλώμενο φως. Εναλλακτικές μέθοδοι μέτρησης των αερολυμάτων βασίζονται σε δορυφορικές μετρήσεις οπτικού βάθους για μεγάλες περιοχές ή πιο πρόσφατα στην φασματική ανάλυση του θορύβου για πολύ τοπικές συγκεντρώσεις.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγάλες συγκεντρώσεις μαύρης αιθάλης στο επίπεδο του εδάφους σε όλη την δυτική Αρκτική και οι μελέτες μοντελοποίησης έδειξαν ότι θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θέρμανση πάνω από τους πολικούς πάγους. Μία από τις σημαντικότερες αβεβαιότητες στη μοντελοποίηση των επιπτώσεων της Αρκτικής ομίχλης επί του υπολοίπου της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν η περιορισμένη γνώση των κατακόρυφων κατανομών της αιθάλης (Rosen et al., 1984)

Κατά τη διάρκεια του 1983 και του 1984, ως μέρος του προγράμματος NOAA AGASP, οι πρώτες μετρήσεις αυτών των κατανομών στην ατμόσφαιρα της Αρκτικής ελήφθησαν με ένα αιθαλόμετρο, το οποίο είχε τη δυνατότητα μέτρησης της αιθάλης σε πραγματικό χρόνο. Οι μετρήσεις έδειξαν σημαντικές συγκεντρώσεις αιθάλης που βρέθηκαν σε όλη την δυτική Αρκτική τροπόσφαιρα, συμπεριλαμβανομένου του Βόρειου Πόλου. Οι κατακόρυφες κατανομές των αερολυμάτων έδειξαν

είτε έντονα πολυεπίπεδη δομή ή μια σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή για 8 km με συγκεντρώσεις σε στρώματα τόσο μεγάλες όσο αυτές που διαπιστώθηκαν στο επίπεδο εδάφους σε, τυπικού μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, αστικές περιοχές στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τα οπτικά βάθη απορρόφησης που σχετίζονται με αυτές τις κατακόρυφες κατανομές ήταν μεγάλα, όπως αποδεικνύεται από μία κατακόρυφη κατανομή πάνω από τη νορβηγική Αρκτική όπου οπτικά βάθη απορρόφησης από 0,023 έως 0,052 υπολογίστηκαν αντίστοιχα για εξωτερικά και εσωτερικά μείγματα αιθάλης με άλλα συστατικά του αερολύματος. (Wolff & Bales, 1995).

Τα οπτικά βάθη αυτών των μεγεθών οδηγούν σε ουσιαστική μεταβολή της ισορροπίας της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από την εξαιρετικά ανακλαστική επιφάνεια με χιόνι στην Αρκτική κατά τη χρονική διάρκεια Μαρτίου-Απριλίου στο πλαίσιο των μετρήσεων αυτών. Αυτό φαίνεται από την μοντελοποίηση των αρκτικών αερολυμάτων για οπτικό βάθος απορρόφησης 0.021 (το οποίο είναι κοντά στο μέσο όρο των εσωτερικών και εξωτερικών μειγμάτων για τις πτήσεις AGASP), υπό συνθήκες καθαρού ουρανού. Αυτά τα αποτελέσματα θέρμανσης προβλήθηκαν με τον καιρό όπως προοδευτικά μια από τις σημαντικότερες αιτίες της τάσης προς θέρμανση στην Αρκτική. (Archives of Dept. of Energy, Basic Energy Sciences Accomplishments, 1985).

Η καύση βιομάζας εκπέμπει μεγαλύτερες ποσότητες αερολυμάτων που ψυχραίνουν το κλίμα. Ωστόσο, σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, η καύση βιομάζας μπορεί να προκαλέσει νησίδες θερμότητας, όταν εξετάζονται οι εκπομπές CO_2 και η αποψίλωση των δασών. Η μείωση των εκπομπών από καύση βιομάζας, συνεπώς, θα μειώσει την υπερθέρμανση του πλανήτη σε μακροπρόθεσμη βάση και θα παρέχει παράλληλα οφέλη από την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των εκπομπών CO_2 και της αποψίλωσης των δασών. Εκτιμάται ότι με τη μετάβαση σε αποψίλωσης-και-αποτέφρωσης από αποψίλωσης-και-καύσης γεωργία, η οποία μετατρέπει τη βιομάζα σε στάχτη χρησιμοποιώντας φωτιές σε ανοιχτό χώρο που απελευθερώνουν μαύρη αιθάλη και αέρια του θερμοκηπίου, ένα ποσοστό κοντά στο 12% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από την αλλαγή στη χρήση της γης θα μπορούσε να μειωθεί σε ετήσια βάση (Lehmann, 2013).

Μέσα από αλλαγές στο ενεργειακό ισοζύγιο ακτινοβολίας του κλιματικού συστήματος, η μαύρη αιθάλη προκαλεί αλλαγές στη θερμοκρασία που προκαλούν μια ποικιλία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα ανθρώπινα, φυτικά και ζωικά οικοσυστήματα. Επιπλέον, η μαύρη αιθάλη είναι μια μορφή σωματιδίων, η οποία είναι μια κατηγορία των εκπομπών που συνδέονται με την πρόωρη θνησιμότητα και την αναπηρία.

Οι εκπομπές μαύρης αιθάλης απορροφούν άμεσα ενέργεια όταν αναστέλλονται στην ατμόσφαιρα. Όταν εναποτίθενται σε επιφάνειες υψηλής λευκότητας όπως ο πάγος και το χιόνι, προκαλούν τήξη ότι πάνω από μεγάλες χρονικές περιόδους μειώνει τη συνολική ανακλαστικότητα της επιφάνειας διαθέσιμο για να αντανακλούν την ηλιακή ενέργεια πίσω στο διάστημα. Η μαύρη αιθάλη μπορεί επίσης να προκαλέσει έμμεσα αλλαγές στην απορρόφηση ή στην αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας με αλλαγές στις ιδιότητες και τη συμπεριφορά των νεφών. Έρευνες δείχνουν ότι η μαύρη αιθάλη παίζει το δεύτερο πιο καθοριστικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή μετά το διοξείδιο του άνθρακα. Οι επιδράσεις είναι πολύπλοκες και προκύπτουν από μια ποικιλία παραγόντων, αλλά λόγω της μικρής διάρκειας ζωής της μαύρης αιθάλης στην ατμόσφαιρα που είναι περίπου μια εβδομάδα, σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα που μπορεί να διαρκέσει για αιώνες, ο έλεγχος της αιθάλης προσφέρει πιθανές δυνατότητες για την επιβράδυνση, ή ακόμα και αναστροφή, της αλλαγής του κλίματος.

1.1.6. ΜΑΥΡΗ ΑΙΘΑΛΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Υπολογίζεται ότι από 640.000 έως 4.900.000 πρόωροι θάνατοι ανθρώπων θα μπορούσαν να αποφευχθούν κάθε χρόνο μέσα από την αξιοποίηση των διαθέσιμων μέτρων για τη μείωση της μαύρης αιθάλης στην ατμόσφαιρα (IPCC, 2013). Οι άνθρωποι είναι περισσότερο εκτεθειμένοι στη μαύρη αιθάλη με εισπνοή του αέρα όταν βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με τις τοπικές πηγές. Οι συγκεντρώσεις της μαύρης αιθάλης μειώνονται απότομα με την αύξηση της απόστασης από τις πηγές που είναι μια άτυπη συνιστώσα της σωματιδιακής ύλης. Αυτό καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της έκθεσης των πληθυσμών. Για τα αιωρούμενα σωματίδια, οι επιδημιολογικές μελέτες έχουν παραδοσιακά βασιστεί στις μεμονωμένες μετρήσεις σε σταθερό χώρο ή τεκμαιρόμενων συγκεντρώσεων σε οικισμούς. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι υψηλότερες μέγιστες συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν ήταν κατά την οδήγηση του αυτοκινήτου. Οι υψηλές εντός του οχήματος συγκεντρώσεις αιθάλης έχουν συσχετιστεί με την οδήγηση κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, στις εθνικές οδούς και σε πυκνή κυκλοφορία.

Τα οφέλη για τη δημόσια υγεία της μείωσης στην ποσότητα της αιθάλης και άλλων σωματιδίων έχει αναγνωριστεί εδώ και χρόνια. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε βιομηχανοποιημένες περιοχές στην Ασία και στις αστικές περιοχές στη Δύση. Σύμφωνα με μελέτες εκτιμάται ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί σχεδόν δύο εκατομμύρια πρόωρους θανάτους ετησίως. Με τη μείωση της συγκέντρωσης της αιθάλης οι κίνδυνοι για την υγεία από τη ρύπανση του αέρα θα μειωθούν. Στην πραγματικότητα, οι ανησυχίες για τη δημόσια υγεία έχουν οδηγήσει σε πολλές προσπάθειες για τη μείωση των εν λόγω εκπομπών, για παράδειγμα, από τα πετρελαιοκίνητα οχήματα και από φούρνους (καύση βιομάζας).

1.4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα αποτελεί, τις τελευταίες δεκαετίες, σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκόσμιου κλίματος, καθώς και το σχεδιασμό και την υποστήριξη αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μία περιοχή.

Ο όρος τηλεπισκόπηση ή τηλεανίχνευση (remote sensing) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή φαινόμενο, με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών, που δεν βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης. Οι αεροφωτογραφίες, οι δορυφορικές εικόνες και οι εικόνες από ραντάρ είναι διάφορες μορφές καταγραφής από απόσταση. Πιο χαρακτηριστικές και διαδεδομένες είναι αυτές που προέρχονται από ανιχνευτές οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους (δορυφορική τηλεπισκόπηση) (Παρώνης, 2008).

Ένας ακόμα ορισμός αναφέρεται στο γεγονός ότι η λέξη τηλεπισκόπηση συντίθεται από το επίρρημα “τηλέ-” (μακρόθεν, από μακριά), ως το πρώτο συνθετικό της και το ρήμα “επισκοπώ” που σημαίνει παρατηρώ από ψηλά, επιθεωρώ. Επομένως τηλεπισκόπηση σημαίνει αντίληψη αντικειμένων ή φαινομένων από απόσταση. Ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από έναν στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς στην πραγματικότητα να έρθουμε σε απευθείας επαφή με αυτόν.

Η τηλεπισκόπηση έχει τριπλή διάσταση, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις παραμέτρους:

- 1) τους στόχους, δηλαδή τα υπό μελέτη αντικείμενα ή φαινόμενα μίας περιοχής,
- 2) την τεχνική συλλογής δεδομένων με τη βοήθεια οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους στόχους,
- 3) την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

Ιδιαίτερη άνθηση εμφάνισε τις δύο τελευταίες δεκαετίες η δορυφορική τηλεπισκόπηση (satellite remote sensing), δηλαδή η καταγραφή δεδομένων από ανιχνευτές, οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους. Οι αισθητήρες των δορυφορικών συστημάτων ανιχνεύουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είτε ανακλάται ή εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές. Η ακτινοβολία που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες έχει διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση της με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της γης και συνεπώς μεταφέρει πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας.

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης, δηλαδή το σύνολο των συσκευών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- α) τα παθητικά συστήματα τηλεπισκόπησης, εκείνα τα συστήματα που εντοπίζουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία φυσικά,
- β) τα ενεργητικά συστήματα τηλεπισκόπησης, εκείνα τα συστήματα που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και την αναλύουν όταν οπισθοσκεδάζεται (Rees, 2001).

Τα δεδομένα που επεξεργαζόμαστε κατά τη διαδικασία της ανάλυσης συνήθως έχουν τη μορφή μίας εικόνας καννάβου (raster image). Κάθε εικονοστοιχείο (pixel) πάνω στο raster έχει μία τιμή, η οποία και αποτελεί κατά κάποιο τρόπο τη μέτρηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οπισθοσκεδάζουν τα υπό μελέτη αντικείμενα.

Στην Εικόνα 1.8 παρουσιάζονται τα παρατηρητήρια της NASA, τα οποία είναι επανδρωμένα με όργανα που λειτουργούν με την τεχνική της τηλεπισκόπησης.



Εικόνα 1.8 Τα παρατηρητήρια της NASA (www.nasa.gov)

Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα τηλεπισκόπησης είναι αυτά που διαμορφώνουν την ποιότητά τους και είναι τα εξής:

Χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution): το μέγεθος του εικονοστοιχείου, συνήθως οι τιμές της είναι από 15x15 m έως 1000x1000 m.

Φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution): το φάσμα του μήκους κύματος που μπορούν να καταγράψουν οι αισθητήρες.

Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution): Ο αριθμός των διαφορετικών εντάσεων της ακτινοβολίας που μπορεί να διαχωρίσει ο καταγραφέας του συστήματος τηλεπισκόπησης. Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα εκφράζεται σε bits και συνήθως το εύρος αυτών των τιμών κυμαίνεται από 8-14 bits. Για παράδειγμα αν ένας δορυφόρος έχει 8 bits ραδιομετρική διακριτική ικανότητα τότε τα δεδομένα που θα πάρουμε θα εκφράζονται σε 256 επίπεδα διαβάθμισης.

Χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution): Αναφέρεται στη συχνότητα κάλυψης και συλλογής δεδομένων από ένα συγκεκριμένο τμήμα της γήινης επιφάνειας ή αλλιώς το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να περάσει ο δορυφόρος και να συλλέξει δεδομένα πάνω από το ίδιο σημείο της γης.

1.4.1. Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Οι δορυφορικές-διαστημικές επιστήμες τα τελευταία χρόνια εξελίσσονται με γρήγορους ρυθμούς και έχουν όλο και περισσότερες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους της ζωής μας. Μία σημαντική εφαρμογή της δορυφορικής τεχνολογίας έχουμε στα μεγάλα καταστροφικά συμβάντα όπως είναι και οι δασικές πυρκαγιές. Με τη βοήθεια της σύγχρονης τηλεπισκοπικής τεχνολογίας έχουμε τεράστια βοήθεια στον εντοπισμό της εστίας της πυρκαγιάς, στην καταμέτρηση του μεγέθους της, στην καταγραφή των χαρακτηριστικών των αιωρούμενων σωματιδίων από καύση της βιομάζας, στον προσδιορισμό της χρονικής έναρξης και διάρκειας και στην εκτίμηση του κινδύνου.

Η τηλεανίχνευση και χαρτογράφηση των δασικών πυρκαγιών ακολουθεί διάφορους τύπους μεθοδολογίας. Αρχικά έχουμε την παρακολούθηση του πλουμίου του καπνού, οι δασικές πυρκαγιές εκλύουν καπνό ο οποίος μπορεί να διανύσει εκατοντάδες χιλιόμετρα και να διασπαρθεί πάνω από πυκνοκατοικημένες περιοχές με επιπτώσεις στον τομέα της μετεωρολογίας αλλά και της υγείας. Επιπλέον, το πλούμιο του καπνού βοηθά στον εντοπισμό της θέσης της εστίας της πυρκαγιάς. Για τους λόγους αυτούς ο εντοπισμός και η παρακολούθηση του πλουμίου στις δορυφορικές εικόνες αποτελούν σημαντικά μέρη της τηλεπισκόπησης. Ιδανική φασματική περιοχή για τον εντοπισμό του πλουμίου του καπνού είναι η περιοχή του ορατού καθώς σε αυτή την περιοχή η σκέδαση της ακτινοβολίας από τα σωματίδια του καπνού είναι η μέγιστη. Άλλη μία μεθοδολογία που έχει να κάνει με τον εντοπισμό της φωτιάς μπορεί να έχουμε σε πολλές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκτός του ορατού, σε αυτή την περίπτωση ακόμα και αν η έκταση της φωτιάς είναι αρκετά μικρότερη της χωρικής διακριτικής ικανότητας του οργάνου του δορυφόρου, μπορούμε να την εντοπίζουμε. Στο ορατό και εγγύς υπέρυθρο, οι επιφάνειες παρουσιάζουν μειωμένη ανελαστικότητα, στην περίπτωση αυτή, η θέση της εστίας της φωτιάς μπορεί να εντοπιστεί μόνο έμμεσα μέσω του καπνού που αυτή παράγει και εξαρτάται από την δυνατότητα εντοπισμού του πλουμίου. Στο θερμικό υπέρυθρο η φωτιά μπορεί να εντοπιστεί χρησιμοποιώντας τα εικονοστοιχεία της φωτιάς που έχουν υψηλότερη μέση θερμοκρασία στον περιβάλλοντα χώρο. Η περιοχή του μέσου υπέρυθρου έχει το πλεονέκτημα ότι παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες από αυτή του θερμικού. Μία ακόμα μεθοδολογία έχει να κάνει με την εκτίμηση της έκτασης των καμένων περιοχών. Μετα την κατάσβεση μίας πυρκαγιάς η καταγραφή της επιφάνειας της γης από δορυφόρους βοηθά σημαντικά στην άμεση χαρτογράφηση των περιοχών που επλήγησαν. Η μεθοδολογία βασίζεται στη διαφορά που παρουσιάζουν οι τιμές ενός δείκτη βλάστησης, όπως είναι ο NDVI, πριν την εκδήλωση της πυρκαγιάς και μετά την κατάσβεσή της.

Οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί προσφάτως για την ανίχνευση των πυρκαγιών από δορυφορικά συστήματα έχουν κάποια κοινά σημεία αναφοράς. Ένα κοινό χαρακτηριστικό όλων των αλγόριθμων ανίχνευσης πυρκαγιών περιλαμβάνει το γεγονός ότι αυτά έχουν σχεδιαστεί με σκοπό τον διαχωρισμό των εικονοστοιχείων που περιέχουν ενεργές πυρκαγιές από αυτά που δεν έχουν. Η ανίχνευση των ενεργών πυρκαγιών με τηλεπισκόπηση βασίζεται στο γεγονός ότι η φωτιά παράγει μία τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας (που ονομάζεται hot spot), η οποία είναι πάνω από τη κανονική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η ιδιότητα αυτή είναι δυνατό να ανιχνευθεί από διαστημικά όργανα τηλεπισκόπησης που λειτουργούν σε διαφορετικά φασματικά μήκη κύματος. Διάφορες ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος προβλέπουν τον διαχωρισμό μεταξύ του hot spot από το γύρω κρύο φόντο.

Συγχρόνως με την ανίχνευση των πυρκαγιών έχουμε και την χαρτογράφησή τους από τα δορυφορικά συστήματα. Για την χαρτογράφηση των καμένων περιοχών έχουμε ως βάση των πιο πρόσφατων μεθοδολογιών τις αλλαγές των φασματικών υπογραφών των αντικειμένων μετά την πυρόσβεση, δηλαδή η έντονη αντίθεση των πυρόπληκτων περιοχών σε σχέση με τον γύρω περιβάλλοντα χώρο

και τη φασματική τους διαφοροποίηση. Μετά την πυρκαγιά, στις καμένες περιοχές επικρατεί μία σειρά φασματικών μεταβολών που εμφανίζεται ως αποτέλεσμα μετατροπής βλάστησης σε κάρβουνο, δηλαδή στις περιπτώσεις αυτές έχουμε διαφοροποίηση στην ανάκλαση του φωτός από το καμένο ή μη υλικό. Η αύξηση της καμένης μάζας, η μείωση της υγρασίας της βλάστησης και η αλλαγή της θερμοκρασίας της επιφάνειας των περιοχών μας δίνουν την φασματική διαφοροποίηση που εκμεταλλεύονται τα δορυφορικά συστήματα (White, 1996; Trigg and Flasse, 2000; Stroppiana et al., 2002). Ακριβώς αυτή η αλλαγή του συντελεστή ανάκλασης στις διάφορες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έχει πράγματι αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη αλγορίθμων με στόχο την χαρτογράφηση των περιοχών που κάηκαν από δορυφορικά συστήματα. Γενικά οι διάφορες μεθοδολογίες για τη χαρτογράφηση των καμένων περιοχών με τηλεπισκόπηση διαφέρουν σε σχέση με δύο παραμέτρους:

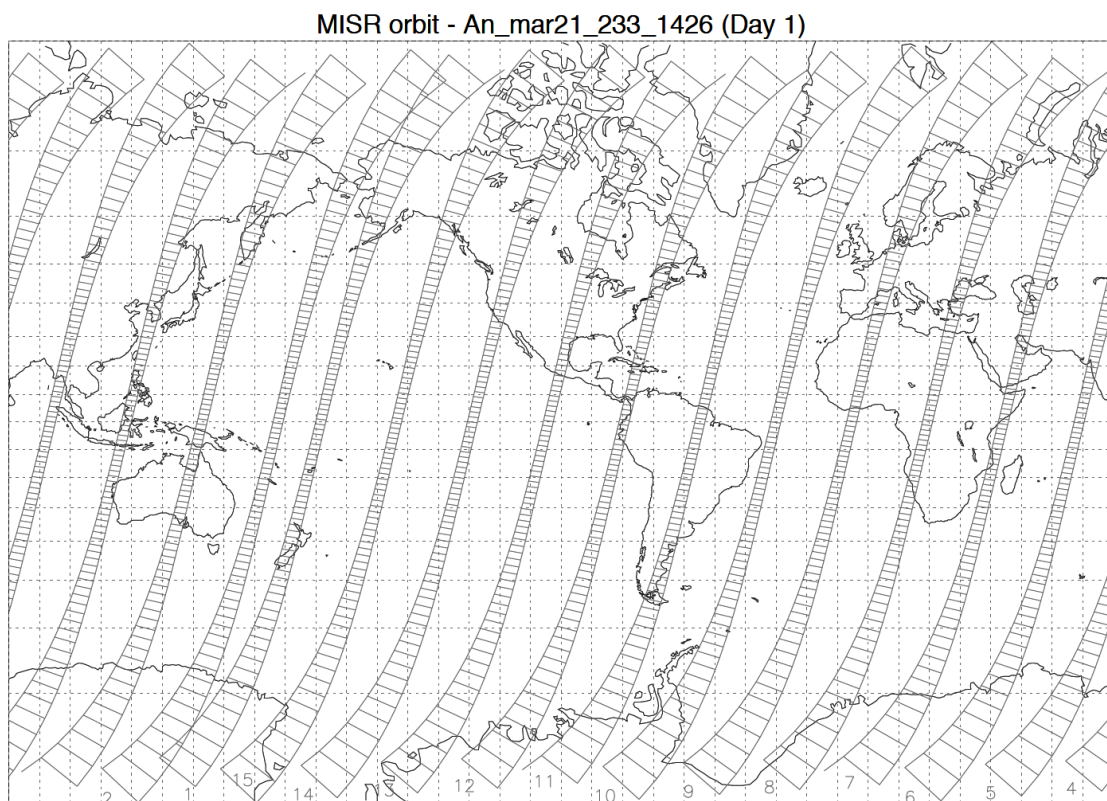
- 1) Τον αριθμό των δορυφορικών σκηνών που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση της ανάλυσης.
- 2) Το είδος της επεξεργασίας που γίνεται στα δορυφορικά δεδομένα.

Στην παράμετρο 1) έχουμε δύο μεθόδους, την “uni-temporal” η οποία στηρίζεται σε μία εικόνα μετά την πυρκαγιά και την “bi-temporal” που στηρίζεται στις φασματικές αλλαγές από εικόνες πριν και μετά τη φωτιά (Koutsias et al., 1999). Σε σχέση με την παράμετρο 2) έχουμε μεθόδους που διαφέρουν από την χρήση ραδιομετρικών δεικτών ή και πιο σύνθετων προσεγγίσεων όπως η ταξινόμηση εικόνων.

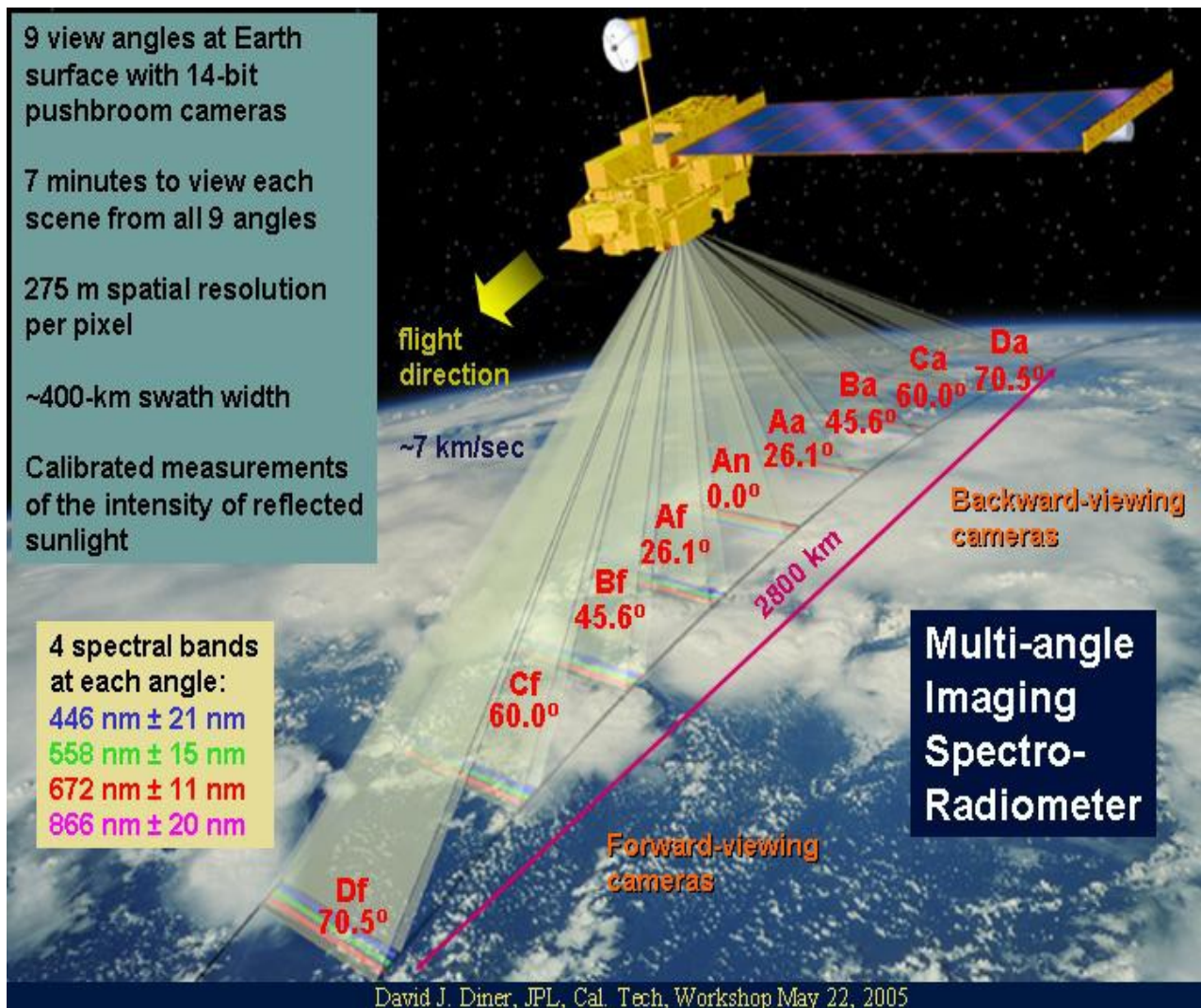
2. ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ MISR

Το όργανο Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) αποτελεί τμήμα του πρώτου διαστημόπλοιου του Συστήματος Παρατήρησης της Γης (Earth Observing System (EOS)., EOS-AM1. Το MISR θα παρέχει παγκόσμιες, ραδιομετρικά βαθμονομημένες, διορθωμένες ανάλογα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, και χωρικά συν-εγγεγραμμένες εικόνες σε εννέα διακριτές γωνίες θέασης και τέσσερις φασματικές ζώνες (ορατό/κοντά στο υπέρυθρο). Οι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για να επωφεληθούμε από αυτή τη τεχνική μέτρησης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση γεωφυσικών μετρήσεων που θα βοηθήσουν στις μελέτες πάνω στα σύννεφα, στα αερολύματα και στην επιφανειακή ακτινοβολία.

Το όργανο Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) μεταφέρθηκε από το Jet Propulsion Laboratory (JPL), Pasadena, CA, στην εταιρία κατασκευής του διαστημόπλοιου, Lockheed Martin Missiles and Space, Valley Forge, PA, στις 26 Μαΐου, 1997. Αυτή η μεταφορά χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πολλά σημαντικά ορόσημα στο πλαίσιο της προετοιμασίας για την εκτόξευση, η οποία έχει προγραμματιστεί για τα τέλη του 1998 από την Vandenberg Air Force Base, στην Καλιφόρνια. Ο τρόπος μέτρησης του MISR έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να βελτιώνει την κατανόησή μας για την οικολογία, το περιβάλλον της γης, και το κλίμα. Η πηγή φωτισμού για την απεικόνιση του MISR είναι ανακλώμενο ηλιακό φως. Είναι απαραίτητη μια λεπτομερής κατανόηση του πώς το φως του ήλιου σκεδάζεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις και έτσι καθορίζει πώς οι αλλαγές στα ποσά, τα είδη και τη κατανομή των νεφών, των αερομεταφερόμενων σωματιδίων και του ανάγλυφου της γης επηρεάζουν το κλίμα μας.



Εικόνα 2.1 Χάρτης που παρουσιάζει τις διαδοχικές τροχιές σάρωσης για μία μερα. (Rheigans, 2009)



David J. Diner, JPL, Cal. Tech, Workshop May 22, 2005

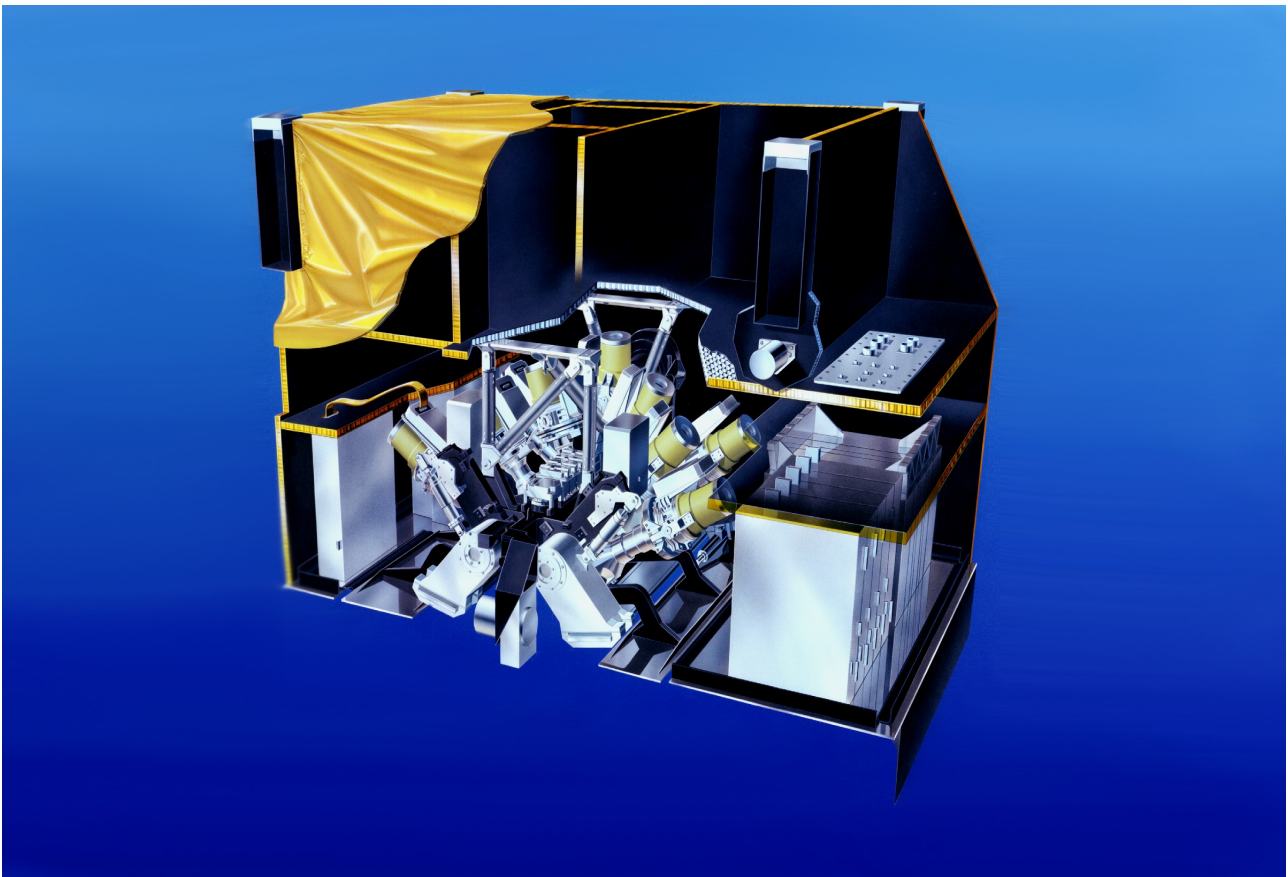
Εικόνα 2.2 Προσομοίωση τρόπου λειτουργίας του οργάνου MISR. Εννέα κάμερες κοιτάζουν προς διαφορετικές, διακριτές γωνίες κατά μήκος της τροχιάς που κινείται ο δορυφόρος. Χρειάζονται 7 λεπτά ώστε να παρατηρηθεί ένα σημείο στη γη και από τις εννέα γωνίες (eosweb.larc.nasa.gov)

Το MISR παρουσιάζει τη νέα προσέγγιση της απεικόνισης της γης σε εννέα διαφορετικές διευθύνσεις προκειμένου να συναχθεί η γωνιακή διακύμανση του ανακλώμενου ηλιακού φωτός και τα φυσικά χαρακτηριστικά των παρατηρούμενων χώρων. Οι κάμερες του MISR είναι τοποθετημένες έτσι ώστε μια να δείχνει προς το ναδίρ (ονομάζεται An), μία τετράδα από κάμερες να κοιτάζει προς την εμπρός κατεύθυνση (Af, Bf, Cf, και Df κατ' αύξουσα σειρά από την γωνία ναδίρ), και μια τετράδα να κοιτάζει στην πρυμναία κατεύθυνση (Aa, Ba, Ca, και Da). Κάθε μια από τις εννέα κάμερες λαμβάνει εικόνες σε τέσσερα μήκη κύματος (μπλε, πράσινο, κόκκινο, και εγγύς υπέρυθρο), όπως φίνεται στην Εικόνα 2.2. Ο ανιχνευτής και το σύστημα βαθμονόμησης παρέχουν υψηλή ραδιομετρική ακρίβεια και εγκυρότητα των δεδομένων. Αυτή η στρατηγική παρατήρησης επιτρέπει την συνεχή χρήση της θεωρίας μεταφοράς της ακτινοβολίας και των φυσικών μοντέλων για να διευκολυνθεί η συλλογή των δεδομένων των ιδιοτήτων των νεφών, των αερολυμάτων και της επιφάνειας. Η παρακάτω εικόνα είναι μια απόδοση της λήψης μετρήσεων με το όργανο MISR. Η τροχιά του EOS-AM1 ξεκινάει σχεδόν από τον Β.Πόλο (δορυφόρος πολικής τροχιάς), είναι συγχρονισμένη με τον ήλιο, έχει ώρα διέλευσης από τον ισημερινό στις 10:30 π.μ. με κατεύθυνση νότια και έχει ένα 16-ημερών επαναλαμβανόμενο κύκλο παγκόσμιας κάλυψης (Diner et al, 1998).

2.1.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ

A. Αρχιτεκτονική

Στη βάση του οργάνου MISR είναι η οπτική τράπεζα, πάνω στην οποία βρίσκονται οι κάμερες οι οποίες βρίσκονται σε συμμετρική διάταξη ανά ζεύγη. Για να αποκτήσει εικόνες, με ονομαστικές γωνίες σε σχέση με την επιφάνεια της γης από 0, 26.1, 45.6, 60.0, και 70.5 μοίρες για A_n, A_f / A_a, B_f / B_a, C_f / C_a και D_f / D_a, αντίστοιχα, κάθε κάμερα με γωνία μη μηδενική είναι προσανατολισμένη σε μια διαμήκη γωνία που είναι κάπως μικρότερη από την αντίστοιχη γωνία προκειμένου να λαμβάνεται υπ'όψιν η καμπυλότητα γης. Αυτή η συνολική γωνία τοποθέτησης καλείται γωνία σκόπευσης. Η σύμβαση που χρησιμοποιείται είναι ότι μια θετική (αρνητική) γωνία στόχευσης δείχνει την κάμερα προς τα εμπρός (πίσω). Επιπλέον, για να μεγιστοποιηθεί η επικάλυψη της σάρωσης σε όλες τις γωνίες, θα πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν το αποτέλεσμα της περιστροφής της γης κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της προβολής σε ένα σημείο επί της επιφανείας από τις D_f και D_a κάμερες. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μιας ελαφράς εγκάρσιας στην τροχιά γωνίας στην κατεύθυνση που κοιτάζει κάθε κάμερα. Η αρχική δομή υποστήριξης παρέχει κινηματικό συνημμένο του οργάνου στο διαστημικό σκάφος και έχει σχεδιαστεί για να παρέχει σταθερή στήριξη στην οπτική τράπεζα.



Εικόνα 2.3 Απόδοση οργάνου MISR. Οι εννέα κίτρινοι κύλινδροι είναι οι κάμερες, οι οποίες βρίσκονται πάνω στον οπτικό πάγκο. (www.jpl.nasa.gov)

Ένα σύστημα δίποδων σωληνοειδών παρέχει την σύνδεση της οπτικής τράπεζας με την δομή του οργάνου. Το περίβλημα του οργάνου παρέχει μια διαρθρωτική βάση για τις ακτινοβολίες που έχουν κατεύθυνση στο ναδίρ. Επιπλέον, στεγάζει τα ηλεκτρονικά του συστήματος και τους υπολογιστές πτήσης και ενσωματώνει εξωτερικά οπτικά διαφράγματα για να εμποδίσει τις κατοπτρικές αντανακλάσεις από τα γειτονικά όργανα στο να επηρεάσουν της επιφάνειες της οπτικής βαθμονόμησης του MISR. Στην παραπάνω Εικόνα 2.3 φαίνεται η δομή του οργάνου MISR.

B. Κάμερες

Οι φακοί του MISR είναι υπεραχρωματικές, επτά στοιχείων, διαθλαστικές f/5.5 τηλεκεντρικές δημιουργίες. Οι εστιακές αποστάσεις ποικίλουν ανάλογα με την γωνία θέασης. Ένας αποπολωτής Lyot διπλής-πλάκας ενσωματώνεται σε κάθε μία από τις κάμερες ώστε αυτές να μην επηρεάζονται από την πόλωση. Οι φακοί τοποθετούνται σε βαρέλια αλουμινίου με κάποια επιπλέον υλικά για να επιτευχθούν οι θερμικά επαγόμενες μεταβολές των διαστάσεων των φακών κατά τη διάρκεια της πτήσης. Κάθε κάμερα του MISR περιέχει μια κεφαλή της κάμερας που στεγάζει τη δομή του εστιακού επιπέδου και στην οποία επισυνάπτονται τα ηλεκτρονικά πλοήγησης για τη γραμμή συστοιχίας της συσκευής συζευγμένου φορτίου (CCD). Οι κεφαλές της κάμερας και τα ηλεκτρονικά είναι ίδια για όλες τις εννέα κάμερες, που οδηγεί σε μια αρθρωτή σχεδίαση στην οποία μόνο τα βαρέλια αλουμινίου είναι μοναδικά.



Εικόνα 2.4 Οι εννέα κάμερες του MISR, καθώς και τρεις ανταλλακτικές κάμερες, το 1996, πριν συνδεθούν με το όργανο MISR. Οι δύο κάμερες που έχουν σχεδιαστεί για να σαρώνουν τις μεγαλύτερες γωνίες, οι οποίες είναι γνωστές ως Da/Df έχουν τα μεγαλύτερα τηλεσκόπια. Μία από τις ανταλλακτικές κάμερες χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του AirMISR, ενός οργάνου που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε αεροπλάνο, για να ελέγξει τα δεδομένα από το όργανο του διαστημόπλοιο (Diner et al., 1998).

Το MISR περιέχει 36 παράλληλες αλυσίδες σήματος που αντιστοιχεί στις τέσσερις φασματικές ζώνες σε καθεμία από τις εννέα κάμερες. Κάθε αλυσίδα σημάτων περιέχει την έξοδο από τα 1520 εικονοστοιχεία (1504 φωτοδραστικά συν οκτώ φωτοθωρακισμένα συν οκτώ "overclock" δείγματα του μητρώου σειράς CCD) σε κάθε ανιχνευτή συστοιχίας. Τα εικονοστοιχεία καλύπτουν 21 x 18 μm. Κάθε φωτογραφική μηχανή εστίασης περιέχει τέσσερις ξεχωριστές συστοιχίες, μια για κάθε φασματικό εύρος. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών συστοιχίας είναι 160m. Η επιβεβαίωση των δεδομένων επιτυγχάνεται με επεξεργασία δεδομένων από μετρήσεις στο έδαφος. Η MISR CCD αρχιτεκτονική βασίζεται σε πρότυπο τεχνολογίας τριφασικού ανιχνευτή πυριτίου. Η πλήρης ικανότητα ανίχνευσης είναι 10^6 ηλεκτρόνια με θόρυβο <20 ηλεκτρόνια, αποδίδοντας ένα μεγάλο δυναμικό εύρος για τις συσκευές. Οι αλυσίδες σήματος ενισχύουν και να μετατρέπουν το CCD βίντεο σε 14-bit ψηφιακούς αριθμούς. Τα CCD λειτουργούν στους -5°C χρησιμοποιώντας ένα Θερμο-Ηλεκτρικό Ψήκτη μιας κατάστασης [Thermo-Electric Cooler (TEC)].

Μια ομάδα εστιακού επιπέδου φίλτρων που καθορίζει τις τέσσερις οπτικές δέσμες σάρωσης τοποθετείται περίπου 1,5 χιλιοστά πάνω από το CCD. Τα φίλτρα της κάμερας αποτελούνται από συστοιχίες τεσσάρων χωριστών φίλτρων μέσης ζώνης. Πάνω στις εποξειδικές γραμμές δεσμών, μεταξύ των διαφορετικών φίλτρων τοποθετούνται μάσκες ώστε να εμποδίσει το λευκό φως να διαρρεύσει προς το εστιακό επίπεδο. Τα φίλτρα χρησιμοποιούν τεχνολογία εναπόθεσης με τη βοήθεια ιόντων για να εξασφαλίσει σταθερή και ανθεκτική επίστρωση που δεν θα αλλάξει ή υποβαθμιστεί ποιοτικά με την πάροδο του χρόνου ή από περιβαλλοντικές πιέσεις.



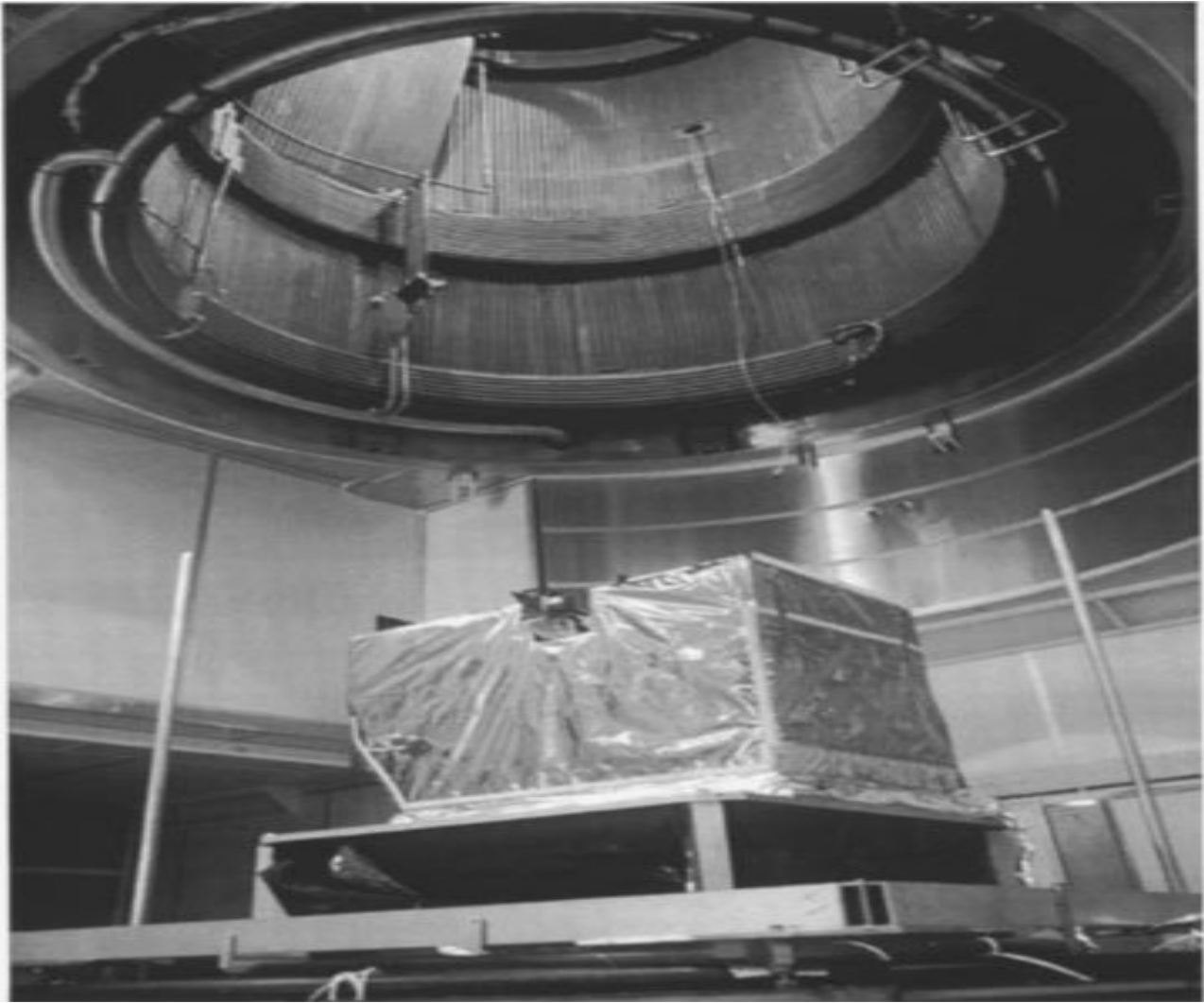
Εικόνα 2.5 Μία από τις 9 κάμερες του MISR πλήρως συναρμολογημένη, σε συνδυασμό με τα ηλεκτρονικά στοιχεία στήριξης. Κάθε μηχανή είναι μια αυτοδύναμη μονάδα σχεδιασμένη ώστε να δοκιμαστεί και να βαθμονομηθεί ανεξάρτητα προτού προστεθεί στο συγκρότημα στήριξης του MISR ή στον οπτικό πάγκο. Η κάμερα της φωτογραφίας είναι μία από τις "A" κάμερες του οργάνου, οι οποίες έχουν τα μικρότερα τηλεσκόπια. (www-misr.jpl.nasa.gov/misrInstrument)

Ηλεκτρικά, κάθε μηχανή είναι σχετικά αυτόνομη, με τη δική της παροχή ρεύματος και σειριακές διεπαφές δεδομένων. Η παροχή ρεύματος είναι 25-kHz μονάδες ημιτονοειδούς κύματος, παρέχοντας υψηλή απόδοση και απόδοση με χαμηλό θόρυβο. Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά της κάμερας παρέχουν συνδέσεις με τα ηλεκτρονικά του συστήματος ελέγχου της κάμερας, καθώς και όλα τα σήματα κίνησης και τα χρονικά σήματα για το εστιακό επίπεδο του CCD, της διπλής αλυσίδας σήματος και των κυκλωμάτων ESC (engineering signal conditioning). Οι αλυσίδες σήματος είναι υβρίδια, και όλα τα ψηφιακά κυκλώματα της κάμερας βρίσκονται σε συστοιχίες πυλών που προγραμματίζονται από το έδαφος [field-programmable gate arrays (FPGA's)]. Αυτές οι τεχνολογίες προβλέπουν υψηλές πυκνότητες αποθήκευσης.

Γ. Βαθμονομητής επί του σκάφους

Ένα βασικό συστατικό του βαθμονομητή επί του σκάφους του MISR [On-Board Calibrator (OBC)] είναι ένα ζεύγος αναπτύξιμων πάνελ σκεδαστήρων. Αυτοί καλύπτονται με Spectralon, μια καθαρή πολυμερή ρητίνη πολυτετραφθοροαιθυλενίου (Teflon), η οποία συμπιέζεται και πυροσυσσωματώνεται. Όσο δεν είναι σε χρήση, τα πάνελ στοιβάζονται και προστατεύονται. Προσεγγιστικά σε μηνιαία διαστήματα, τα πάνελ συναρμολογούνται για τη βαθμονόμηση. Πάνω από τον Βόρειο Πόλο, το εμπρόσθεν τοποθετημένο πάνελ θα μετακινηθεί προς τα πίσω για να αντανακλά το φως του ήλιου που διαχέεται στους οπτικούς χώρους των καμερών που κοιτάνε προς τα πίσω και προς το ναδίρ. Πάνω από το Νότιο Πόλο, το όπισθεν τοποθετημένο πάνελ θα μετακινηθεί προς τα εμπρός για τη βαθμονόμηση των καμερών που κοιτάνε προς τα εμπρός και προς το ναδίρ. Η κάμερα που κοιτάει προς το ναδίρ παρέχει μια σύνδεση μεταξύ των δύο συνόλων των παρατηρήσεων.

Οι διάχυτοι στόχοι βαθμονόμησης παρακολουθούνται κατά την πτήση από ανθεκτικές στην ακτινοβολία p, εγγενή, και n-ενισχυμένες (PIN) φωτοδιόδους και υψηλής κβαντικής απόδοσης (HQE) διόδους. Αυτές οι διόδους καθορίζουν την ραδιο-μετρική κλίμακα στην οποία βασίζεται το όργανο βαθμονόμησης. Οι φωτοδιόδους PIN κατασκευάζονται ανά τέσσερις σε ένα πακέτο, κάθε διόδος φιλτράρεται σε διαφορετική φασματική ζώνη του MISR. Χρησιμοποιούνται πέντε τέτοιες συσκευα-σίες. Οι δύο κοιτάνε στην κατεύθυνση ναδίρ, οι δύο στις Da και Df κατευθύνσεις και ένα πακέτο είναι μηχανοποιημένο σε ένα γωνιομετρικό βραχίονα για την παρακο-λούθηση της γωνιακή ιδιότητας ανάκλασης των πάνελ.



Εικόνα 2.6 Το όργανο MISR βρίσκεται τοποθετημένο σε ένα θερμικό θάλαμο κενού στις Εγκαταστάσεις Εξομοιωτή Διαστήματος στο JPL. Οι δοκιμές στον θάλαμο χρησιμοποιήθηκαν για την επαλήθευση της αποδοσης του οργάνου για ένα εύρος θερμοκρασιών. (www-misr.jpl.nasa.gov/multimedia/misrInstrument/)

Οι ΗQE είναι σε μια "παγίδα" διαμόρφωσης, στην οποία τρεις φωτοδιόδοι πυριτίου διατάσσονται σε ένα πακέτο έτσι ώστε το φως που ανακλάται από μια διόδος να απορροφάται από άλλη. Η έξοδος κάθε διόδου αθροίζεται παράλληλα, καταλήγοντας η κβαντική αποτελεσματικότητα να πλησιάζει το 100%. Ένα ενιαίο φασματικό φίλτρο χρησιμοποιείται ανά πακέτο και τέσσερα τέτοια πακέτα παρέχουν κάλυψη στα τέσσερα μήκη κύματος του MISR.

Το OBC θα χρησιμοποιηθεί για να παρέχει απόκριση στην κάμερα ως μια λειτουργία της ακτινοβολίας εισόδου, όπως καθορίζεται από τα πρότυπα των διόδων ανιχνευτή. Η επεξεργασία δεδομένων εδάφους των ραδιομετρικών καμπυλών μεταφοράς θα γίνει σε μια ανά-εικονοστοιχείο βάση για την παροχή των συντελεστών για μια αναλυτική εξίσωση που να σχετίζει τα αριθμητικά δεδομένα της κάμερας με την ακτινοβολία.

Δ. Ηλεκτρονικά συστήματος

Όλα τα ηλεκτρονικά του συστήματος του MISR είναι αναπαραγμένα (redundant), με μια Α πλευρά και μία Β πλευρά, για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο αποτυχίας. Το ηλεκτρονικό σύστημα αποτελείται από τροφοδοτικά, λογικές μονάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν το υλικολογισμικό για τον έλεγχο του οργάνου πριν από τη φόρτωση του λογισμικού πτήσης, μονάδες διαχείρισης δεδομένων και 1750Α υπολογιστές, που είναι προγραμματισμένοι σε Ada, με 1553-τύπου διαπροσωπίες με το διαστημικό σκάφος. Η 1553 διαπροσωπία χρησιμοποιείται για όλες τις εντολές, για δεδομένα διαχείρισης του όργανο μετάδοσης, για φόρτωση του λογισμικού πτήσης και για ανάγνωση της μνήμης. Τα ηλεκτρονικά του συστήματος επίσης παρέχουν την υψηλού βαθμού διαπροσωπία δεδομένων καθώς και κάμερα, ισχύ και τον μηχανισμό ελέγχου.

Όπως και στις κάμερες, όλα τα ψηφιακά κυκλώματα προσαρμογής που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά του συστήματος βρίσκονται στις FPGA's. Αυτές περιλαμβάνουν την λογική της ενεργοποίησης buffering των CCD δεδομένων με αποτέλεσμα 2 δείγμα X 2 γραμμή, 4 δείγμα X 4 γραμμή, ή 1 δείγμα X 4 γραμμή μέσους όρους, ως επιπλέον στη διαμόρφωση στην οποία στέλνονται τα εικονοστοιχεία (1 δείγμα X 1 γραμμή). Τα ηλεκτρονικά του συστήματος παρέχουν μια πρόσθετη μορφή της συμπίεσης δεδομένων με τη μείωση του 14-bit έξοδων της κάμερας σε 12 bits μέσω ενός ψηφιακού πίνακα αναζήτησης που κωδικοποιεί τους αριθμούς των δεδομένων με τη μέθοδο της τετραγωνικής ρίζας. Η κωδικοποίηση αυτή ελαχιστοποιεί το σφάλμα κβάντωσης σε χαμηλά επίπεδα σήματος με επίπτωση το αυξημένο σφάλμα σε υψηλά επίπεδα σήματος, όπου ο θόρυβος φωτονίων κυριαρχεί. Η αντιστροφή της κωδικοποίησης λαμβάνει χώρα κατά τα πρώτα στάδια της επεξεργασίας των δεδομένων εδάφους (Rheigans, 2009).

2.1.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ

Από την 705-km τροχιά του EOS-AM1 διαστημικού σκάφους, το πλάτος της ζώνης κάλυψης των δεδομένων απεικόνισης του MISR (δηλαδή, η ζώνη κάλυψης που φαίνεται από κοινού στις εννέα κάμερες κατά μήκος μιας γραμμής σταθερού γεωγραφικού πλάτους) έχει σχεδιαστεί για να είναι τουλάχιστον 360 km για να παρέχει κάλυψη ενός ολόκληρου κύκλου γεωγραφικού πλάτους σε 9 ημέρες στον ισημερινό και 2 ημέρες κοντά στους πόλους. Το πεδίο προβολής και ο δειγματικός χώρος από κάθε εικονοστοιχείο είναι 275 μ. για όλες τις μη κατακόρυφες κάμερες και 250 μ. για την κάμερα του ναδίρ

Υπάρχουν 14 τρόποι λειτουργίας του οργάνου MISR. Τα τεχνικά δεδομένα του οργάνου παρέχονται πάντοτε πάνω στην χαμηλού ρυθμού 1553 διαπροσωπία. Όταν το όργανο λειτουργεί υπό τον έλεγχο του λογισμικού πτήσης, τα πακεταρισμένα δεδομένα του οργάνου, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών δεδομένων, των CCD εικόνων, των πληροφοριών του ρεύματος του κινητήρα, και οι OBC μετρήσεις, είναι διαθέσιμα πάνω στην υψηλής ταχύτητας διαπροσωπία δεδομένων. Μια σύντομη περιγραφή της κάθε λειτουργίας ακολουθεί.

1) Off: Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται κατά την εκτόξευση ή ανά πάσα στιγμή το όργανο είναι αδρανές. Όλα τα υποσυστήματα δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα με όλους τους μηχανισμούς

κλειστούς ή αποθηκευμένους.

2) Survival: Σε αυτή τη λειτουργία, η συσκευή είναι απενεργοποιημένη με εξαίρεση μιας A ή B σειράς θερμοαντήρων επιβίωσης.

3) Start-up: Όταν τροφοδοτείται αρχικά το όργανο με ρεύμα, η λειτουργία αυτή τροφοδοτεί το κομπιούτερ και τα ηλεκτρονικά του συστήματος στην επιλεγμένη πλευρά (A ή B). Η παροχή ισχύος για τα ηλεκτρονικά του συστήματος υποστήριξης της κάμερας τροφοδοτείται σε κατάσταση αναμονής.

4) Safe: Η λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται σε συνάρτηση με τις συνθήκες που έχουν την δυνατότητα να θέσουν σε κίνδυνο την αποστολή. Η μετάβαση σε Safe Mode θα προκαλέσει αποθήκευση όλων των πάνελ βαθμονόμησης, την απενεργοποίηση του γωνιομέτρου, των καμερών και των διόδων και να ενεργοποιηθεί η οπτική τράπεζα και οι εφεδρικοί θερμοαντήρες του οργάνου.

5) Safe-Exit: Αυτό είναι ένας τρόπος μετάβασης εκτός του Safe Mode ο οποίος ενεργοποιείται είτε δίνοντάς εντολή για μετακίνηση του πάνελ βαθμονόμησης ή του γωνιομέτρου ή εντολή ενεργοποίησης μιας κάμερας.

6) Pre-Memory Load: Η λειτουργία αυτή σβήνει όλες τις κάμερες, τους TEC, τους θερμοαντήρες και τις διόδους στο πλαίσιο της προετοιμασίας για τη φόρτωση του λογισμικού πτήσης του οργάνου.

7) Engineering: Αυτή η λειτουργία παρέχει τεχνική τηλεμετρία πάνω στην πάνω στην χαμηλού ρυθμού 1553 διαπροσωπία δεδομένων καθώς και στα πακεταρισμένα τεχνικά δεδομένα πάνω στην υψηλού ρυθμού διαπροσωπία. Ονομαστικά, όλες οι κάμερες, οι διόδοι και οι μηχανισμοί είναι απενεργοποιημένοι και τροφοδοτούνται μόνο τα ηλεκτρονικά στοιχεία του συστήματος.

8) Global: Αυτή η λειτουργία παρέχει συνεχή λειτουργία των καμερών στην πλευρά της τροχιάς που είναι ημέρα. Παρέχεται παγκόσμια κάλυψη σε κάθε κανάλι του οργάνου δίνοντάς εντολή στην αντίστοιχη αλυσίδα σημάτων να λειτουργεί συνεχώς σε μια επιλεγμένη λειτουργία ανάλυσης. Παράγονται συγκεκριμένα γεωφυσικά προϊόντα δεδομένων με τη χρήση της λειτουργίας Global. Τα τρέχοντα σχέδια είναι το να αποκτηθεί ένα παγκόσμιο σύνολο δεδομένων με τη λειτουργία της κόκκινης ζώνης όλων των καμερών και όλων των ζώνων της κάμερας του ναδίρ 1 X 1: η μπλε ζώνη των C και D καμερών σε 1 X 4: και τα υπόλοιπα κανάλια σε 4 X 4, όπως απαιτείται από τους γεωφυσικούς αλγόριθμους ανάκτησης.

9) Local: Αυτή η λειτουργία παρέχει εικόνες υψηλής ανάλυσης (1 X 1) και στις τέσσερις ζώνες των εννέα καμερών για επιλεγμένους στόχους στη γη. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναστολή μέσου όρου των εικονοστοιχείων σε όλες τις ζώνες του καθενός από τις κάμερες σε αλληλουχία, μια κάθε φορά, αρχίζοντας με την πρώτη κάμερα να ανιχνεύσει τον στόχο (Df) και τελειώνοντας με την τελευταία κάμερα να εστιάζει στο στόχο (Da). Η γεωμετρία του οργάνου περιορίζει το μήκος των στόχων της λειτουργίας Local σε περίπου 30 km.

10) Calibration North: Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν το διαστημικό σκάφος είναι σε μία τροχιακή θέση στην οποία το πάνελ βαθμονόμησης που έχει τοποθετηθεί μπροστά φωτίζεται από τον ήλιο. Το όργανο συγκεντρώνει επιστημονικά δεδομένα από τις κάμερες A_n, A_a, B_a, C_a και D_a και όλες τις διόδους. Τα CCD δεδομένα βαθμονόμησης θα λαμβάνεται ολοκληρώνοντας κάθε κανάλι μέσω των διαφόρων συνθέσεων του μέσου όρου κατά τη διάρκεια της περιόδου βαθμονόμησης. Αυτή η λειτουργία θα χρησιμοποιηθεί σε μηνιαία βάση κατά τη διάρκεια συνήθων εργασιών της αποστολής, μολονότι νωρίτερα στην αποστολή θα χρησιμοποιηθεί συχνότερα.

11) Calibration South: Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται όταν το διαστημικό σκάφος είναι σε μία τροχιακή θέση στην οποία το πάνελ βαθμονόμησης που έχει τοποθετηθεί πίσω φωτίζεται από τον ήλιο. Το όργανο συγκεντρώνει επιστημονικά δεδομένα από τις κάμερες An, Af, Bf, Cf και Df και όλες τις διόδους. Κατά τα άλλα, η Calibration South λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο όπως η Calibration North.

12) Calibration Diodes: Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την συλλογή των επιστημονικών δεδομένων από τις κάμερες και από τις διόδους όταν στο σημείο που αντιστοιχεί η τροχία του σκάφους είναι ημέρα. Οι κάμερες παραμένουν στην ίδια διαμόρφωση μέσου όρου που χρησιμοποιείται για την λειτουργία Global.

13) Calibration Dark: Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την συλλογή των επιστημονικών δεδομένων από τις κάμερες και από τις διόδους όταν στο σημείο που αντιστοιχεί η τροχία του σκάφους είναι νύχτα. Ο κινητήρας για το γωνιόμετρο ενεργοποιείται για ένα τμήμα της αλληλουχίας. Κάθε CCD κανάλι εναλλάσσεται μέσα από όλες τις διαμορφώσεις μέσου όρου για την παροχή αξιολόγησης του ρεύματος και την επιρροή της δραστηριότητας του ενεργοποιητή γωνιόμετρου στο θόρυβο του οργάνου.

14) Test: Σε αυτή τη λειτουργία, η συσκευή εκπέμπει ένα σταθερό πρότυπο για την υψηλή ταχύτητα διαπροσωπία δεδομένων και σβήνει τη μηχανική ροή δεδομένων σε αυτή τη διαπροσωπία.

2.1.3 ΓΕΩΔΙΟΡΘΩΣΗ ΚΑΙ ΕΓΓΡΑΦΗ

Η χωρική συγκαταχώρηση δεδομένων από τα 36 κανάλια του οργάνου αποτελεί ουσιώδη απαίτηση για όλες τις φεωφυσικές ανακτήσεις του MISR. Αυτό επιτυγχάνεται κατά την επεξεργασία δεδομένων εδάφους. Θα πρέπει να υπολογιστούν, με εκτεταμένη γεωμετρική βαθμονόμηση, οι γεωμετρικές στρεβλώσεις που σχετίζονται με το όργανο. Τα αποτελέσματα της – πριν την πτήση και εν πτήσει - γεωμετρικής βαθμονόμησης θα να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευαστεί ένα μοντέλο, το οποίο θα χρησιμοποιεί την άρρηκτη σχέση μεταξύ των καμερών για να περιγράψει τα αποτελέσματα του οργάνου βασισμένο σε στατικές και δυναμικές (εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία) παραμέτρους.

A. Χρήση του SOM (Space-Oblique Mercator) Χάρτη

Μια κοινή προβολή χάρτη, ή πλέγματος, για τις γεωδιορθωμένες ακτινοβολίες είναι εγκατεστημένη ώστε να παράσχει την απαιτούμενη συγκαταχώριση. Ο SOM χρησιμοποιείται, επειδή η προβολή του μεσημβρινού ακολουθεί ονομαστικά την τροχία του σκάφους όπως προβάλλεται στο έδαφος και διατηρείται μια σταθερή κλίμακα απόστασης κατά μήκος της τροχιάς, ελαχιστοποιώντας έτσι φαινόμενα παραμόρφωσης. Η ανάλυση προβολής στο χάρτη θα πρέπει να ταιριάζει με τον οριζόντιο τρόπο δειγματοληψίας για κάθε κανάλι της κάμερας. Το οριζόντιο δεδομένο για κάθε προβολή είναι το ελλειψοειδές Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 (WGS84). Μια ξεχωριστή προβολή θα έχει καθοριστεί για κάθε ένα από τους δρόμους των 233 τροχιών επανάληψης του 16-ημερών κύκλου EOS. Οι SOM-πλεγματοποιημένες εικόνες και γεωφυσικά δεδομένα αποτελούν ένα ενδιάμεσο βήμα προς τις βασισμένες-στη-γη προβολές χάρτη ώστε να να χρησιμοποιούνται για την παγκόσμια χαρτογράφηση σε υψηλότερα επίπεδα επεξεργασίας. Δύο τύποι SOM προβολών θα χρησιμοποιηθούν για τα δεδομένα του MISR.

1) Terrain Projection: Ορισμένοι αλγόριθμοι ανάκτησης απαιτούν οι ακτινοβολίες από τις εννέα κάμερες του MISR να είναι συγκαταχωρημένες και προβλημένες στην επιφάνεια του εδάφους.

Αυτό επιτυγχάνεται με την προβολή των εικόνων σε μια καθορισμένη επιφάνεια από ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) να ελέγχει για γωνιοεξαρτώμενες, τοπογραφικά προκαλούμενες λάθος καταχωρήσεις. Σε περιοχές όπου είναι αναγκαία η τοπογραφική διόρθωση, η θέση και δείχνοντας πληροφορίες που περιέχονται στο διαστημόπλοιο δεδομένα βοηθητικές μπορεί να μην παρέχουν επαρκή ακριβή τοποθεσία του εδάφους. Η προβολή εδάφους του αλγόριθμου MISR θα χρησιμοποιεί συνεπώς σε ένα σύνολο εικόνων αναφοράς προς επιβεβαίωση για να συμπληρώσει τα δεδομένα πλοήγησης. Οι εικόνες αναφοράς έχουν κατασκευαστεί από MISR δεδομένα που συλλέγονται στα πρώτα στάδια της EOS-AM1 αποστολής και που δεν έχουν επηρεαστεί από νέφη.

2) Ellipsoid Projection: Άλλοι αλγόριθμοι ανάκτησης απαιτούν οι ακτινοβολίες από τις εννέα κάμερες του MISR να είναι προβάλλονται σε μία επιφάνεια που ορίζεται από το ελλειψοειδές WGS84. Για παράδειγμα, αυτή η επιφάνεια είναι εκεί που θα γίνει η κάμερα-προς-κάμερα αντιστοιχισή για τον προσδιορισμό του υψόμετρου της κορυφής των νεφών. Η προβολή των εικόνων από τις εννέα κάμερες (και μεμονωμένες ζώνες) σε ελλειψοειδή δεν είναι τόσο “ευαίσθητη” γεωμετρικά όσο η προβολή εδάφους. Συνεπώς, η στάση και η θέση του διαστημόπλοιο και τη που χρησιμοποιούνται (αλλά βελτιώθηκε από το βαθμονομημένο μοντέλο φωτογραφικής μηχανής και στατικές διορθώσεις που λαμβάνονται από που ταυριάζουν) για να καθοριστεί μια διασταύρωση με την επιφάνεια ελλειψοειδούς. Στη συνέχεια, εκτελείται αναδειγματοληψία από τις εικόνες για την προβολή SOM.

2.1.4 ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ

A. Ιστορικό

Τα αερολύματα είναι στερεά ή υγρά αερομεταφερόμενα σωματίδια διαφόρων συνθέσεων, που εμφανίζεται συχνά σε ενιαία στρώματα. Γενικώς, ορίζονται ως ατμοσφαιρικά σωματίδια αυτά με μεγέθη μεταξύ περίπου 0,1 και 10 μm , αν και τα μεγέθη των πυρήνων συμπύκνωσης τυπικά είναι περίπου 0,01 μm . Υπό κανονικές συνθήκες, τα περισσότερα ατμοσφαιρικά αερολύματα βρίσκονται στην τροπόσφαιρα. Οι φυσικές πηγές (π.χ., θύελλες σκόνης, ερημική σκόνη και διάβρωση του εδάφους, βιογενείς εκπομπές, δασικές και λιβαδικές πυρκαγιές) αντιστοιχούν περίπου στο 90% των αερολυμάτων, με το υπόλοιπο να προκύπτει από ανθρωπογενή δραστηριότητα. Το υπόβαθρο των αερολυμάτων της τροπόσφαιρας είναι χρονικά και χωρικά μεταβλητό.

1) Χαρακτηρισμός των κλιματικών επιπτώσεων των αερολυμάτων: Τα αερολύματα πιστεύεται ότι παίζουν άμεσο ρόλο στον προϋπολογισμό της ακτινοβολίας της γης, ωστόσο, η καθαρή επίδραση τους στην ακτινοβολία, δηλαδή, αν έχουν επίπτωση στη θέρμανση ή ψύξη της επιφάνειας, εξαρτάται από τις οπτικές τους ιδιότητες και την ανακλαστικότητα της υποκείμενης επιφάνειας. Πιστεύεται ότι σε παγκόσμια αναλογία, τα αερολύματα προκαλούν ένα καθαρό αποτέλεσμα ψύξης της επιφάνειας. Οι πηγές στο βόρειο ημισφαίριο πιστεύεται ότι είναι επαρκώς μεγάλες, έτσι ώστε η καθαρή επίδραση των ανθρωπογενών θεικών αερολυμάτων στην ακτινοβολία είναι συγκρίσιμη σε μέγεθος (της τάξης 1-2 W / m^2), σε αντίθεση με την επίδραση των ανθρωπογενών CO_2 αερολυμάτων. Τα αερολύματα μπορούν επίσης να διαδραματίσουν έμμεσο ρόλο στο ισοζύγιο ακτινοβολίας της γης, μέσα από την επίδραση τους στα σύννεφα. Οι παγκόσμιες MISR ανακτήσεις αερολυμάτων χρησιμοποιούνται για την απόκτηση περιορισμών του οπτικού βάθους και θέσης για διαφορετικούς τύπους σωματιδίων αερολυμάτων.

2) Χαρτογράφηση της κατανομής των αερολυμάτων: Οι χρόνοι ζωής των τροποσφαιρικών αερολυμάτων πιστεύεται ότι κυμαίνονται από περίπου μία εβδομάδα έως λίγο περισσότερο από

ένα μήνα. Αυτά περιλαμβάνουν σωματίδια θεικού οξέος, τα οποία σχηματίζονται φωτοχημικώς από το SO_2 . Επειδή αυτοί οι χρόνοι ζωής είναι μικροί, σε σχέση με για τους αντίστοιχους χρόνους της παγκόσμιας ατμοσφαιρικής μίξης, χωροχρονικά πρότυπα είναι συχνά ενδεικτικά ως προς τις πηγές. Για παράδειγμα, τα σωματίδια από την βορειοδυτική ακτή της Αφρικής και την ανατολική ακτή της κεντρικής Ασίας γενικά ερμηνεύονται ως σκόνη της ερήμου, εκείνα γύρω από τη Λατινική Αμερική ως σωματίδια των δασικών πυρκαγιών, καθώς και εκείνα από τις ανατολικές ακτές της Ιαπωνίας και της Βόρειας Αμερικής ως βιομηχανικά σωματίδια.

Ωστόσο, τρέχουσες δορυφορικές ανακτήσεις από το Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) δεν μπορούν να διακρίνουν διαφορετικούς τύπους ή συνθέσεις σωματιδίων, επειδή βασίζονται σε μετρήσεις σε ένα μόνο μήκος κύματος και σε μια οπτική γωνία. Ο Αλγόριθμός τους για τη μετατροπή της παρατηρούμενης ακτινοβολίας σε οπτικό βάθος αερολυμάτων αναλαμβάνει σωματίδια σταθερής σύνθεσης και μεγέθους. Με το Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), υπερ-ώδη δορυφορικά δεδομένα καταγράφουν την παρουσία αερολυμάτων, αλλά η μετατροπή σε ποσοτικές οπτικές ιδιότητες είναι ευαίσθητη σε υποθέσεις σχετικά με το υψόμετρο που βρίσκονται και τα αερολύματα στο οριακό στρώμα (το χαμηλότερο 1 km από την ατμόσφαιρα) είναι μη παρατηρήσιμα. Η εκτεταμένη κάλυψη του MISR σε μήκη κύματος και οπτικές γωνίες παρέχει τα μέσα να διακρίνει διαφορετικούς τύπους σωματιδίων με βάση τις φυσικές και οπτικές τους ιδιότητες. Αυτό θα βελτιώσει την ικανότητά μας να περιορίζουμε τις υποκείμενες πηγές και, σε ποικίλους βαθμούς, το χρόνο ζωής, που διέπει τη συγκέντρωσή τους σε η τροπόσφαιρα.

3) Ατμοσφαιρικές Διορθώσεις: Ο στόχος του κάθε ατμοσφαιρικού συστήματος διόρθωσης είναι η ακριβής ανάκτηση της επιφάνειας ανάκλασης ή την ανακλώμενη ακτινοβολία από τις TOA προσπίπτουσες ακτινοβολίες. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η σκέδαση και απορρόφηση από τα αερολύματα είναι υπεύθυνες για δραματικές αλλαγές του φασματικού περιεχομένου της τηλεανιχνεύσιμες εικόνες της επιφάνειας της γης, που οδηγεί σε σφάλματα ταξινόμησης, σε μειωμένη ακρίβεια των προϊόντων εικόνας, όπως οι χάρτες βλάστησης και σε μια υποβάθμιση στην ακρίβεια των ποσοτικών εκτιμήσεων των ιδιοτήτων της επιφάνειας ακτινοβολίας. Η ανάκτηση των ιδιοτήτων σκέδασης των αερολυμάτων από τον MISR αλγόριθμο είναι ένα αναγκαίο προαπαιτούμενο για ανάκτηση των ιδιοτήτων επιφάνειας χρησιμοποιώντας δεδομένα MISR.

B. Στρατηγική ανάκτησης

Σε γενικές γραμμές, τα αερολύματα της τροπόσφαιρας εμπίπτουν σε ένα μικρό αριθμό της σύνθετων κατηγοριών, οι οποίες περιλαμβάνουν αερολύματα θάλασσας, θειικά / νιτρικά αερολύματα, ορυκτή σκόνη, βιογενή σωματίδια και αστική αιθάλη. Είναι επίσης γνωστά το εύρος του προσεγγιστικού μεγέθους τους και η τάση του κάθε τύπου σωματιδίου να προσροφά νερό υπό αυξανόμενη σχετική υγρασία. Επομένως, η ομάδα MISR έχει επιλέξει μια προσέγγιση στην οποία οι φυσικές και χημικές (και επομένως οπτικές) ιδιότητες των αερολυμάτων είναι προγεγραμμένες. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης, σε αντίθεση με μια καθαρά "γενική" εκπροσώπηση από την άποψη της αποτελεσματικής ενιαίας ανακλαστικότητας, του αποτελεσματικού μεγέθους διανομής, και της αποτελεσματικής συνάρτησης φάσης, είναι ότι δυναμικά επιτρέπει την ταυτοποίηση των πηγών των αερολυμάτων και παρέχει τα μέσα από την επέκταση των ιδιοτήτων των αερολυμάτων που έχουν ανακτηθεί στα μήκη κύματος του MISR και σε άλλες φασματικές περιοχές, οι οποίες θα είναι χρήσιμες για συγκρίσεις με άλλους αισθητήρες και για την επιβεβαίωση του μοντέλου. Για το σκοπό αυτό, έγινε μια ανασκόπηση δημοσιευμένων κλιματολόγιων αερολυμάτων. Οι ιδιότητες των αερολυμάτων που είναι τυπικές σε συγκεκριμένες

φυσικές συνθήκες όπως περιγράφονται σε αυτές τις αναφορές υιοθετήθηκαν για τις ανακτήσεις MISR. Με βάση αυτές τις παραδοχές, οι ποσοτικές και συγκεκριμένες χωρικές και χρονικές κατανομές ανακτώνται από τις παρατηρήσεις MISR.

Η στρατηγική ανάκτησης αερολυμάτων του MISR λειτουργεί ως εξής. Με βάση τις φυσικές και συνθετικές ιδιότητες των γνωστών τύπων αερολυμάτων, εκτελούνται υπολογισμοί της μεταφοράς ακτινοβολίας για να παρέχουν διάφορες συνιστώσες του πεδίου ατμοσφαιρικής ακτινοβολίας στα 36 κανάλια του MISR. Αυτοί αποθηκεύονται σε ένα προκαθορισμένο πίνακα αναζήτησης, και επιτυγχάνεται η ανάλυση των ιδιοτήτων ακτινοβολίας των μειγμάτων των αερολυμάτων στην κορυφή της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια των ανακτήσεων των δεδομένων χρησιμοποιώντας μία τροποποιημένη γραμμική θεωρία αναμίξεως. Τα αποτελέσματα θα συγκριθούν με τις παρατηρήσεις που προκύπτουν από το MISR για να καθοριστούν τα μοντέλα που ταιριάζουν καλύτερα με τα δεδομένα και για να ανακτηθεί το οπτικό βάθος των αερολυμάτων. Χρησιμοποιούνται τρεις πορείες ανάκτησης, μία πάνω από το νερό και δύο πάνω από το έδαφος. Για καθένα από αυτά τα μονοπάτια ανάκτησης, υπολογίζονται οι περιορισμοί οπτικού βάθους, όπως το μέγιστο επιτρεπόμενο οπτικό βάθος, με βάση την σκοτεινότερη ακτινοβολία που παρατηρήθηκε στην σκηνή.

Λόγω της ομοιομορφίας ανάκλασης των μεγάλων υδάτινων σωμάτων (π.χ. ο ωκεανός), και το γεγονός ότι τα βαθιά υδάτινα σώματα έχουν αμελητέα εκπομπή ακτινοβολίας στο κόκκινο και στα εγγύς του υπέρυθρο μήκη κύματος, έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην ανάπτυξη των αλγορίθμων για την ανάκτηση των ιδιοτήτων των αερολυμάτων πάνω από σκούρο νερό. Σύμφωνα με την υπόθεση ενός μοντέλου αερολύματος (δηλαδή, τον καθορισμό της κατανομής μεγέθους σωματιδίων, το σχήμα των σωματιδίων, και πολύπλοκο δείκτη διάθλασης), είναι δυνατόν να συσχετιστεί η ακτινοβολία με το οπτικό βάθος του παρατηρούμενου αερολύματος. Τέτοια μοντελοποίηση έχει εφαρμοστεί για την ανάκτηση της συγκέντρωσης αερολυμάτων από το πρόγραμμα Landsat και το Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR). Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές μπορούν να θεμελιώσουν συστηματικές τάσεις, λόγω των εγγενών παραδοχών, όπως σφαιρικών σωματιδίων "θευκής" σύνθεσης, μιας συγκεκριμένης Junge κατανομής μεγεθών, και μίας Λαμπερτιανής (Lambertian) επιφάνειας με ανακλαστικότητα 0,015.

Ουσιαστικές βελτιώσεις στην ανάκτηση των αερολυμάτων πάνω από ωκεανούς και άλλα σκοτεινά σώματα νερού είναι εφικτές με το MISR. Οι ακτινοβολίες πολλών γωνιών, οι οποίες διέπονται έντονα από τις λειτουργίες σκέδασης των των αερολυμάτων, παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες ώστε να βελτιωθεί το μοντέλο που χρησιμοποιείται στην ανάκτηση του οπτικού βάθους των αερολυμάτων. Για παράδειγμα, τα δεδομένα του MISR θα είναι ικανά να διακρίνουν σφαιρικά σωματίδια από μη σφαιρικά, και επιπλέον μελέτες ευαισθησίας αποδεικνύουν την ικανότητα των δεδομένων πολλών γωνιών (multiangle) να διακρίνουν μεταξύ των σωματιδίων σε μικρό, μεσαίο και μεγάλο μέγεθος και να παράσχουν μια εκτίμηση για την απορρόφηση της ακτινοβολίας από αυτά (Kahn et al., 2001).

Η ανάκτηση του οπτικού βάθους των αερολυμάτων πάνω από την ξηρά είναι λιγότερο ποιοτικά ανεπτυγμένη από τη περίπτωση του σκοτεινού νερού λόγω της υψηλότερης φωτεινότητας και της ανομοιογένειας της επιφάνειας του εδάφους. Κατά συνέπεια, πρέπει να γίνει διαχωρισμός των σημάτων που προέρχονται από την γη από αυτά που προέρχονται από την ατμόσφαιρα με τηλεπισκοπικές ακτινοβολίες για την ανάκτηση των ιδιοτήτων των αερολυμάτων από το μετρήσιμο σήμα. Οι απλούστεροι τρόποι προσδιορισμού της ατμοσφαιρικής συμβολής στο δορυφορικό σήμα είναι να κάνουμε μια υπόθεση σχετικά με την ανακλαστικότητα της επιφάνεια ή λευκότητα. Τοποθεσίες όπου οι οριακές συνθήκες επιφάνειας πιστεύεται εύλογα ότι είναι καλά κατανοητές είναι τα μέρη που καλύπτονται από πυκνή σκούρα βλάστηση (dense dark vegetation) (DDV). Έχει

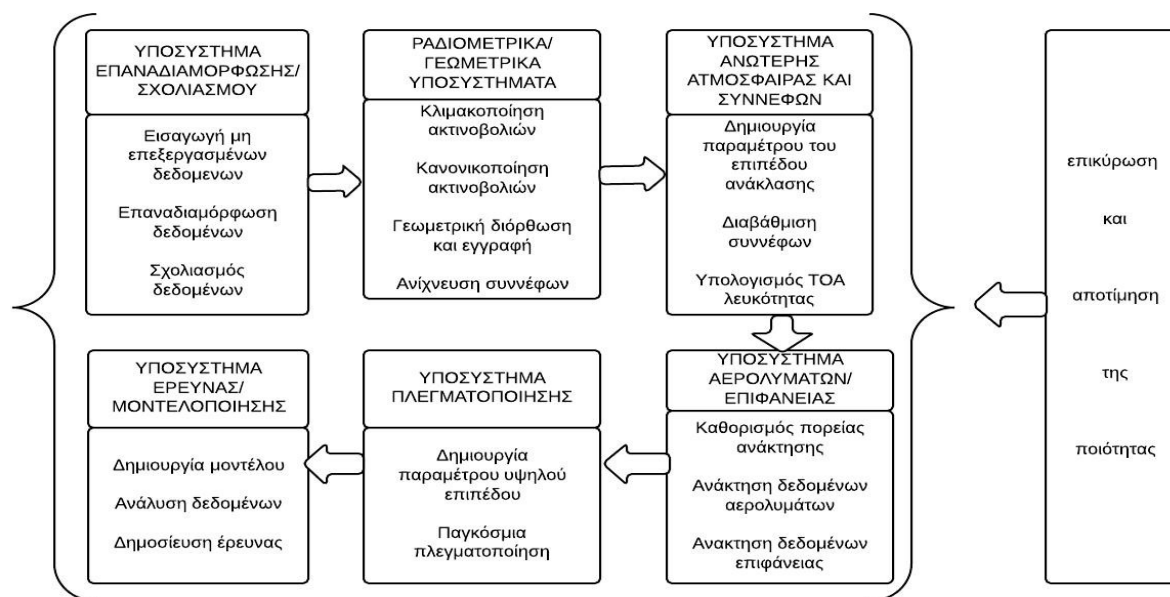
ερευνηθεί μία μέθοδος που βασίζεται στην απεικόνιση πάνω από DDV και αποτελεί τη βάση της ανάκτησης δεδομένων αερολυμάτων επί γης ώστε να χρησιμοποιείται σε μονές οπτικές γωνίες από το Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), επίσης για την πλατφόρμα EOS-AM1. Το MISR επεκτείνει την προσέγγιση αυτή υποθέτοντας ένα παραμετρικό μοντέλο για το σχήμα της κατανομής της γωνιακής ανάκλασης στις μπλε και κόκκινες φασματικές ζώνες. Η λειτουργική μορφή είναι μία τροποποίηση του μοντέλου Rahman-Pinty-Verstraete και η απόλυτη ανακλαστικότητα στις δύο φασματικές ζώνες, μαζί με το οπτικό βάθος των αερολυμάτων, αντιμετωπίζονται ως ελεύθεροι παραμέτροι που προσδιορίζονται κατά τη διαδικασία ανάκτησης.

Δεδομένου ότι η πυκνή βλάστηση βρίσκεται μόνο πάνω από ένα τμήμα της συνολικής επιφάνειας της γης, απαιτούνται άλλες μέθοδοι για την επέκταση της χωρικής κάλυψης της ανάκτησης δεδομένων των αερολυμάτων. Η ικανότητα διαχώρησης των σημάτων που προέρχονται από την ατμόσφαιρα από αυτά που προέρχονται από το έδαφος με ετερογενή ανακλαστικότητα παρέχει τα θεμέλια της τρίτης διαδικασίας ανάκτησης δεδομένων. Ο αλγόριθμος ετερογενούς εδάφους διαφέρει από τις μεθόδους ανάκτησης στο σκοτεινό νερό και στο DDV στο ότι δεν χρησιμοποιεί τις παρατηρούμενες ακτινοβολίες άμεσα, αλλά αντ' αυτού χρησιμοποιεί την παρουσία των χωρικών αντιθέσεων ώστε να καθορισθεί μια εμπειρική ορθογώνια λειτουργία [empirical orthogonal function (EOF)] ως εκπροσώπηση της γωνιακής μεταβολής της ανακλαστικότητας του χώρου, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η πορεία της ακτινοβολίας στο χώρο (το πεδίο ακτινοβολίας αντανακλάται από την ατμόσφαιρα χωρίς να αλληλεπιδρά με την επιφάνεια). Αυτό με τη σειρά του χρησιμοποιείται για να καθορίσει το καλύτερα εφαρμόσιμο μοντέλο αερολυμάτων και συναφούς οπτικού βάθους με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις τιμές που περιέχονται προυπολογισμένες στον πίνακα αναζήτησης. Μελέτες ευαισθησίας τόσο για τις μεθόδους DDV και EOF συνεπάγονται ότι τα δεδομένα MISR και θα προσφέρουν μοναδικές προσεγγίσεις για την ανάκτηση των ιδιοτήτων των αερολυμάτων πάνω από την επιφάνεια της γης.

2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ MISR

Η MISR Science Computing Facility (SCF) στο JPL και το Distributed Active Archive Center (DAAC) στο NASA Langley Research Center, Hampton, VA, αποτελούν τα κύρια μέρη όπου εφαρμόζονται οι λειτουργίες της επιστήμης επεξεργασίας δεδομένων του MISR. Το DAAC, το οποίο μοιράζεται με αρκετά EOS όργανα, είναι η εγκατάσταση όπου οι αλγόριθμοι λογισμικού της επιστήμης MISR λειτουργούν σε μια κατάσταση υψηλής διαθεσιμότητας και πραγματικού χρόνου για τη δημιουργία προτύπων προϊόντων από τα επιστημονικά δεδομένα. Η δημιουργία των προϊόντων αυτών μπορεί να διαχωριστεί σε έξι υποσυστήματα κατά το σύστημα παραγωγής του προϊόντος. Κάθε υποσύστημα έχει τουλάχιστον ένα πρωτεύον προϊόν εξόδου, αλλά μπορεί να έχει άλλα δευτερεύοντα προϊόντα εξόδου. Είναι σαν μια αλληλουχία υποσυστημάτων όπου το ένα παράγει τουλάχιστον ένα πλήρες προϊόν, ένα τμήμα του οποίου είναι η κύρια είσοδος για το επόμενο. Καθένα από αυτά τα υποσυστήματα αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο επεξεργασίας μιας ροής δημιουργίας προϊόντων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.7 (Rheigans, 2009).

Αυτά τα επίπεδα συμμορφώνονται γενικά με το σύστημα EOS. Πρότυπα προϊόντων δεν είναι δυνατόν να παράχθουν στο DAAC ανεξάρτητα από σύστημα επιστημονικών δεδομένων του MISR. Είναι καθοριστικά εξαρτημένα από παραμέτρους βαθμονόμησης και άλλα δεδομένα αναζήτησης, όπως σύνολα δεδομένων ορίου, ατμοσφαιρικές κλιματολογίες, αερολύματα και σύνολα δεδομένων μοντέλου επιφάνειας και τα αντίστοιχα, τα οποία παράγονται στη SCF.



Εικόνα 2.7 Η δημιουργία των προϊόντων ως μία αλληλουχία υποσυστημάτων

Ενημερώσεις για αυτές τις δομές δεδομένων εμφανίζονται σπάνια σε σύγκριση με την ταχύτητα του προτύπου δημιουργίας προϊόντος και, ως εκ τούτου, ταιριάζει στις πιο περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας της SCF. Άλλες βασικές λειτουργίες που έχουν δραστηριότητες στο SCF περιλαμβάνουν αξιολόγηση της ποιότητας, αλγόριθμους και επικύρωση στοιχείων προϊόντος, ανάπτυξη λογισμικού, και τις λειτουργίες του οργάνου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μερικοί από τους τρόπους με τους οποίους η στρατηγική προβολής πολλών γωνιών του MISR παρέχουν μοναδικές πληροφορίες σχετικά με τα σύννεφα, τα αερολύματα, και οι επιφάνειες:

- **3-D Χαρακτηρισμός Δομής:** Η καταγραφή γωνιακής σκέδασης των σύνθετων σκηνών, όπως τα επίπεδα των σύννεφων και οι περιοχές με βλάστηση, αναμένεται να είναι δυνατό να διαγνωστεί από την 3-D γεωμετρία τους. Η υψηλή ανάλυση των δεδομένων MISR (275 m-1.1 km) διευκολύνει την κατάταξη των μοναδικών τύπων σκηνών.
- **Στερεοσκοπικό Ύψος και Ανάκτηση Ανέμου:** Η ναδίρ και πολλές από τις όχι-ναδίρ κάμερες χρησιμοποιούνται στερεοφωτογραμμομετρικά για την εκτίμηση του υψόμετρου της κορυφής των σύννεφων ή της κορυφής των πλουμίων των αερολυμάτων με σκοπό την κατάταξη των τοπικών σκηνή και για την συγκαταχώρηση των εικόνων πολλών γωνιών σε ένα κοινό επίπεδο αναφοράς. Οι μετρήσεις από πολλές κάμερες που λαμβάνονται σε τόσο μικρές όσο και σε μεγάλες βάση προς ύψος αναλογίες από δορυφορικά υψόμετρα επιτρέψουν την απόσβεση των επιπτώσεων της κίνησης λόγω ανέμου.
- **Προσδιορισμός Σύνθεσης Αερολυμάτων:** Οι εννέα κάμερες παρέχουν κάλυψη σε γωνία σκέδασης, η οποία είναι η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης των ακτίνων του ήλιου και της κατεύθυνσης του αισθητήρα. Η λειτουργία φάσης, η οποία εξαρτάται από την γωνία σκέδασης, διαφέρει μεταξύ των διαφόρων συνθέσεων και μεγεθών των αερολυμάτων.

- **Ανάκτηση Οπτικού Βάθους Αερολυμάτων:** Η σύνθεση πληροφοριών που παρέχεται από τις λειτουργίες φάσεως, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι πλάγιες γωνίες απεικόνισης του MISR τονίζουν το σήμα του αερολύματος λόγω του αυξημένου μήκος του οπτικού δρόμου μέσα από την ατμόσφαιρα, επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων μεθόδων για την ανάκτηση του οπτικού βάθους του αερολύματος πάνω από την ξηρά και από τον ωκεανό.
- **Ανίχνευση και Χαρακτηρισμός Θύσανων:** Οι πλάγιες γωνίες απεικόνισης από τις κάμερες σε μεγάλες γωνίες, ιδιαίτερα οι C και D κάμερες, επιτείνουν το σήμα υψηλών λεπτών σύννεφων (θύσανων) λόγω του αυξημένου μήκος του οπτικού δρόμου μέσω της ατμόσφαιρας. Αυτό δημιουργεί τη βάση για μια νέα τεχνική για την ανίχνευση θύσανων. Η λειτουργία φάσης απλής σκέδασης του θύσανου δεν είναι καλά γνωστή, και τα δεδομένα του MISR παρέχουν νέες πληροφορίες για τις ανακλαστικές ιδιότητες του.
- **Προσδιορισμός Λευκότητας:** Οι υψηλής χωρικής ανάλυσης πολυγωνιακές παρατηρήσεις παρέχουν μία νέα μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της ημισφαιρικού λευκότητας στην κορυφή της ατμόσφαιρας και στην επιφάνεια.
- **Ταξινόμηση Επιφάνειας:** Ο NDVI που ανακτάται από τα δεδομένα του MISR είναι ανεξάρτητος της οπτικής γωνίας και των ατμοσφαιρικών συνθηκών και χρησιμοποιείται για την διάκριση περιοχών με βλάστηση και μη. Φασματικές ημισφαιρικές ανακλαστικότητες και BRDF χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του τύπου χλωρίδας της γης. Ακριβείς πολυγωνιακές ανακτήσεις αερολυμάτων και επιφάνειας πάνω από ωκεανό παρέχουν εκτιμήσεις της βιολογικής παραγωγικότητας σε τροπικό θαλάσσιο περιβάλλον (Kalashnikova et al, 2010).

3. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MINX

Το όργανο MISR είναι εγκατεστημένο πάνω στον Terra, τη δορυφόρο-ναυαρχίδα του στόλου του Συστήματος Παρακολούθησης της Γης [(Earth Observing System)(EOS)] της NASA. Ο δορυφόρος ακολουθεί μία φθίνουσα τροχιά από τον πόλο με ημερήσια διέλευση από τον ισημερινό περίπου στις 10:30 π.μ., τοπική ώρα. Ο κύκλος της σάρωσης του εδάφους από το όργανο MISR επαναλαμβάνεται ανά 16 ημέρες. Από την εκτόξευση του Terra, στα τέλη του 1999, έχουν αποκτηθεί δεδομένα από περισσότερες από 46.000 τροχιές.

Το MISR διαθέτει ένα μοναδικό σχεδιασμό που του επιτρέπει να μετρήσει την ατμοσφαιρικές και επιφανειακές ιδιότητες με εννέα κάμερες, τέσσερις μπροστά και τέσσερις πίσω από την κάμερα της κατεύθυνσης ναδίρ . Αυτό επιτρέπει στο MISR να βλέπει κάθε εικόνα σε εννέα διαφορετικές γωνίες, από -70° έως $+70^\circ$. Το πλάτος λωρίδας σάρωσης του MISR κοινής για όλες τις 9 κάμερες είναι περίπου 360 km, που του επιτρέπουν να αποκτά παγκόσμια κάλυψη κάθε 9 ημέρες στο ισημερινό και κάθε 2 μέρες κοντά στους πόλους.

Τα δεδομένα συλλέγονται σε τέσσερις φασματικές ζώνες από κάθε κάμερα: $446 \pm 21 \text{ nm}$, $558 \pm 15 \text{ nm}$, $672 \pm 11 \text{ nm}$, και $886 \pm 20 \text{ nm}$. Η απόσταση δείγματος εδάφους είναι 275 μέτρα σε 12 από τα 36 κανάλια MISR του : στη κόκκινη δέσμη σε κάθε από τις 9 κάμερες και σε όλες τις 4 δέσμες της κάμερας ναδίρ. Τα υπόλοιπα 24 κανάλια αποκτούν δεδομένα σε ανάλυση 1100 μέτρων.

Οι πολλαπλές οπτικές γωνίες του MISR επιτρέπουν την ανάκτηση των υψών και των διανυσμάτων κίνησης των νεφών χρησιμοποιώντας στερεοσκοπικές μεθόδους. Αυτή η δυνατότητα χρησιμοποιείται για το προϊόν επιπέδου 2 του MISR, το οποίο ανακτά τα ύψη της κορυφής των νεφών και τους ανέμους σε παγκόσμιο επίπεδο. Επειδή η χωρική ανάλυση του προϊόντος για τον άνεμο είναι ανεπαρκής για την ανάλυση μικρών χαρακτηριστικών, όπως πλούμια καπνού, ένα νέο πρόγραμμα που ονομάζεται MISR Interactive eXplorer (MINX) αναπτύχθηκε που επίσης χρησιμοποιεί τις στερεοσκοπικές δυνατότητες του MISR. Αυτό το εργαλείο είναι εξειδικευμένο για την ανάκτηση των υψών και των ανέμων των πλουμίων αερολυμάτων καπνού πυρκαγιάς, σκόνης ή ηφαιστειακής τέφρας, χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό αλγόριθμο από το κανονικό προϊόν.

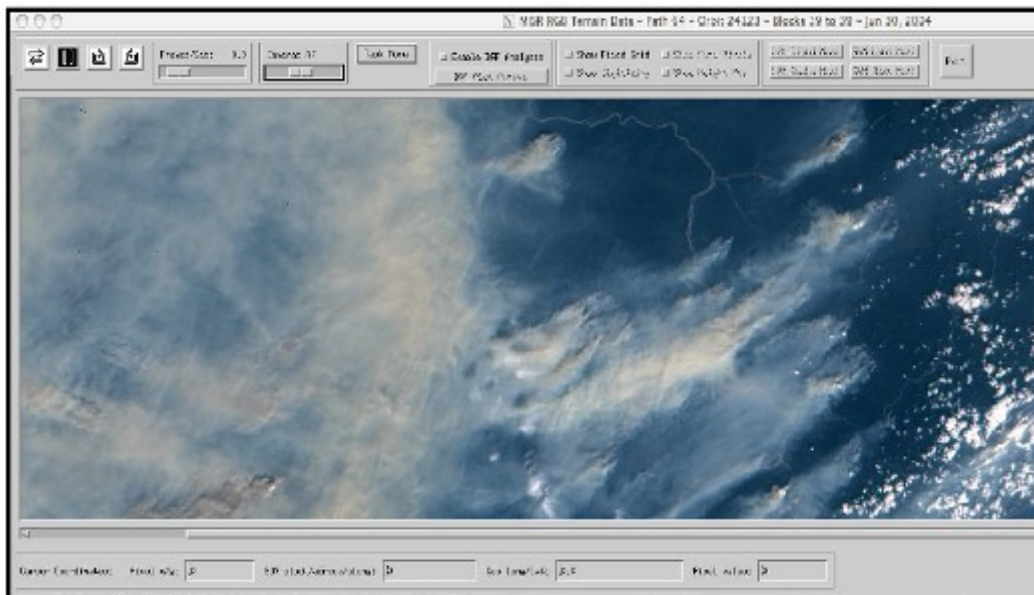
Ως πλούμιο καπνού ορίζεται ως η περιοχή του πυκνού καπνού πάνω και κατά τη φορά του ανέμου από μία ενεργή πυρκαγιά που μπορεί να έχει καλά καθορισμένα άκρα και έχει φαινομενική σύνδεση με την πηγή της φωτιάς, έτσι ώστε η κατεύθυνση της μεταφοράς του καπνού να μπορεί να προσδιοριστεί.

Το MINX είναι μια διαδραστική εφαρμογή οπτικοποίησης, γραμμένη στην Interactive Data Language(IDL) και συγκεντρώνεται σε ένα αρχείο IDL Virtual Machine (VM). Μπορεί να λειτουργήσει και ως εργαλείο γενικής χρήσης για να απεικονίσει και να αναλύσει τα δεδομένα MISR και ως ένα εξειδικευμένο εργαλείο για την ανάλυση ιδιοτήτων των πλουμίων αερολυμάτων. Περιλαμβάνει επιλογές υψηλού επιπέδου για δημιουργία:

- Εικόνες πάνω σε χάρτη για τις τροχιές του MISR.
- RGB εικόνες από μια κάμερα με δεδομένα ακτινοβολίας του επιπέδου MISR 1B2 (L1B2) ολόκληρων τροχιών.
- Animations των εικόνων από τις εννέα κάμερες του MISR που προσφέρουν μια 3D άποψη των σκηνών που σαρώνει το όργανο.

Μερικές από τις εξειδικευμένες επιλογές του MINX επιτρέπει στο χρήστη να :

- Αποθηκεύει τις εικόνες και τα animations στο δίσκο σε διάφορες μορφές.
- Εφαρμόζει μια γεωμετρική διόρθωση εγγραφής για να παραμορφώσουν εικόνες της κάμερας, όταν η τυπική διόρθωση επεξεργασίας είναι ανεπαρκής.
- Δημιουργεί ψευδο-έγχρωμες εικόνες με την ανάθεση διαφορετικών συνδυασμών των κάμερων του MISR στα RGB κανάλια εμφάνισης.
- Ψηφιοποιεί διαδραστικά τον καπνό, τα περιγράμματα πλουμίων από ηφαιστιακή ή ερημική σκόνη, να ανακατάδεδομένα για το ύψος, τους ανέμους και τη λευκότητα, και να παραλαμβάνει από τα προϊόντα των οργάνων MISR και MODIS τις ιδιότητες των αερολυμάτων, την ισχύ και τη φωτινότητα της φωτιάς και τις θερμοκρασίες που σχετίζονται με τα εν λόγω πλούμια.



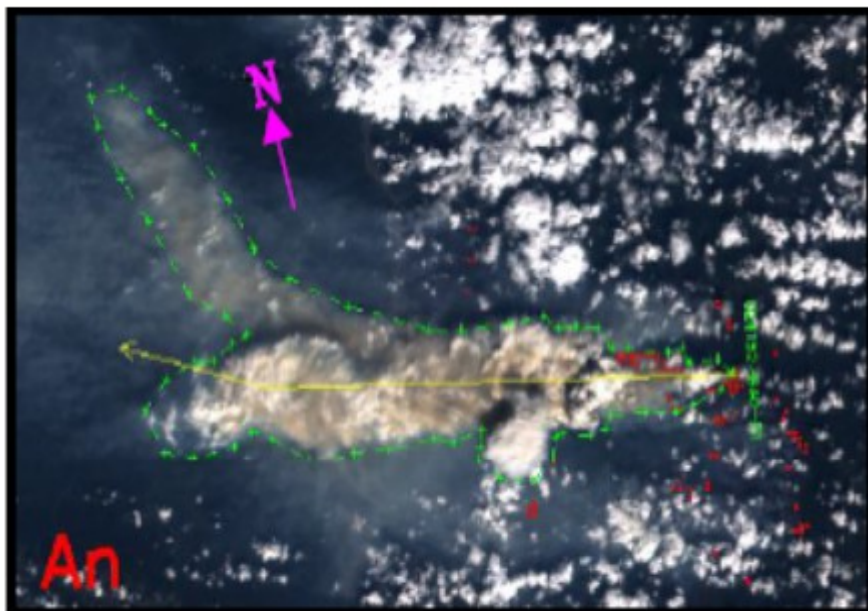
Εικόνα 3.1 Εικόνα από το πρότυπο παράθυρο animation του MINX στο οποίο εκτελούνται διάφορες λειτουργίες όπως η ψηφιοποίηση των πλουμίων καπνού (Nelson, 2009).

3.1.1. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΟΥΜΙΩΝ ΚΑΠΝΟΥ

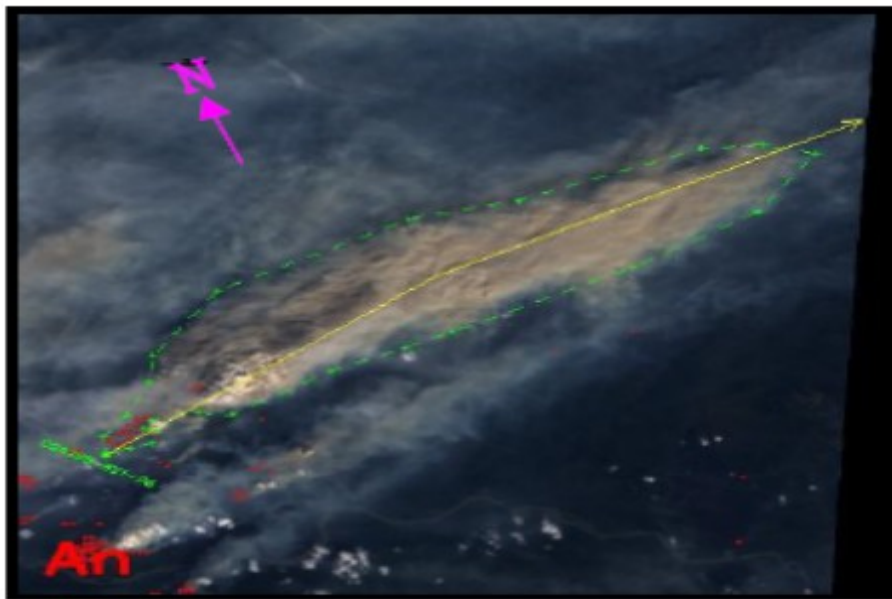
Η ψηφιοποίηση ενός πλουμίου καπνού είναι μια χειροκίνητη λειτουργία, υποβοηθούμενη από υπολογιστή. Αφού εισαχθούν τα δεδομένα από το όργανο MISR στη συνέχεια ο χειριστής του MINX σχηματίζει ένα κλειστό πολυγώνο που περικλύει το πλούμιο. Πρόσθετες ενέργειες του χειριστή καθορίζουν την κατεύθυνση της μεταφοράς του νέφους. Και τελικά, πατώντας δεξί κλικ ενεργοποιείται η φάση της ανάλυσης της διαδικασίας ψηφιοποίησης.

Η φάση της ανάλυσης υπολογίζει τα ύψη της κορυφής των πλουμίων, τους ανέμους και τις λευκότητες. Επίσης “διαβάζει” τις ιδιότητες των αερολυμάτων από το προϊόν του επιπέδου 2 του οργάνου MISR και τη φωτεινότητα θερμοκρασιών από το προϊόν θερμοικής ανωμαλίας MOD14 του οργάνου MODIS. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στην οθόνη σαν σχέδια τα οποία αποθηκεύονται αυτόματα στο δίσκο μαζί με εικόνες των αποτελεσμάτων των πλουμίων και της ψηφιοποίησης. Τέλος, συγγράφεται ένα αρχείο κειμένου ASCII που περιέχει ολοκληρωμένα στοιχεία για κάθε σημείο μη-επεξεργασμένων δεδομένων από το εσωτερικό του πολυγώνου του πλουμίου.

Τα πιο σημαντικά σχέδια που δημιουργούνται από το πρόγραμμα MINX βοηθούν στην αξιολόγηση την εγκυρότητας της ανάκτησης, καθώς και στην παροχή σημαντικών οπτικών feedback για περαιτέρω μελέτη των δεδομένων. Παραδείγματα αυτών των σχημάτων μπορούμε να δούμε παρακάτω. Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται οι πολυγωνικές περιοχές που έχουν ψηφιοποιηθεί καθώς επίσης και οι επιλεγμένες διευθύνσεις μεταφοράς του πλουμίου.

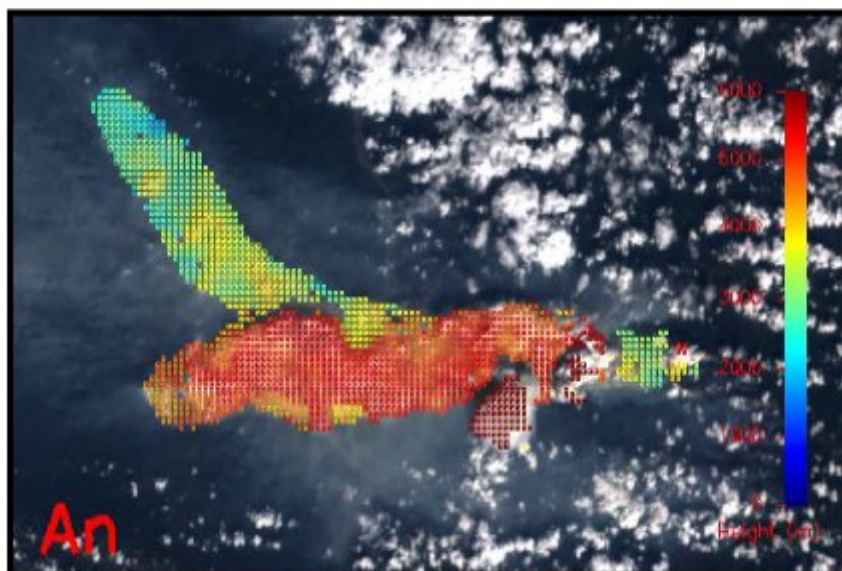


Εικόνα 3.2 Ψηφιοποιημένα πλούμια από την Αλάσκα στις 2 Ιουλίου, 2004, από την κάμερα An (ναδία) (Nelson, 2009).

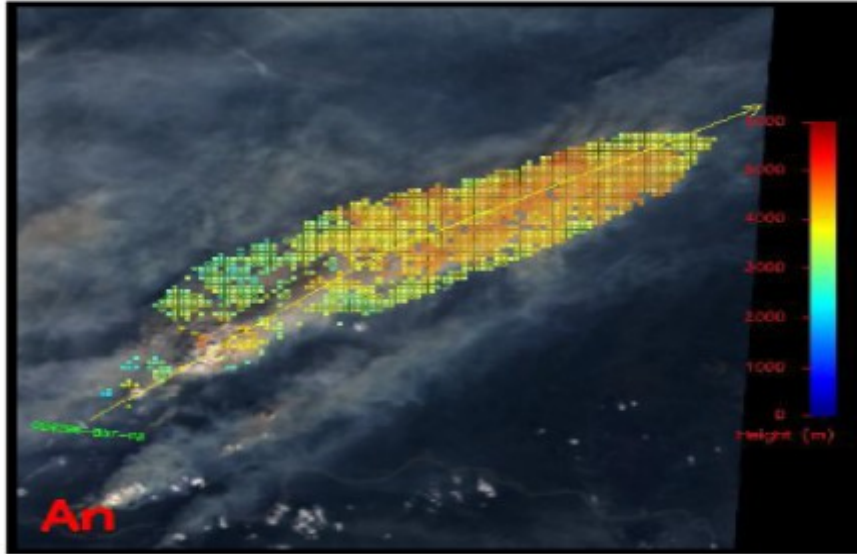


Εικόνα 3.3 Η εικόνα ενός πλουμίου από την ναδύρ-κάμερα που δείχνει το ψηφιοποιημένο περίγραμμα (διακεκομμένη πράσινη γραμμή) και την ερμηνευόμενη κατεύθυνση του ανέμου (κίτρινο βέλος) (Nelson, 2009).

Στις επόμενες εικόνες καταγράφονται τα σημεία του πολυγώνου πλουμίου όπου ανακτώνται επιτυχώς διορθωμένα (με βάση τον άνεμο) ύψη. Αυτά είναι χρωματικά κωδικοποιημένα σύμφωνα με την κλίμακα χρωμάτων που περιλαμβάνονται στην εκάστοτε εικόνα.

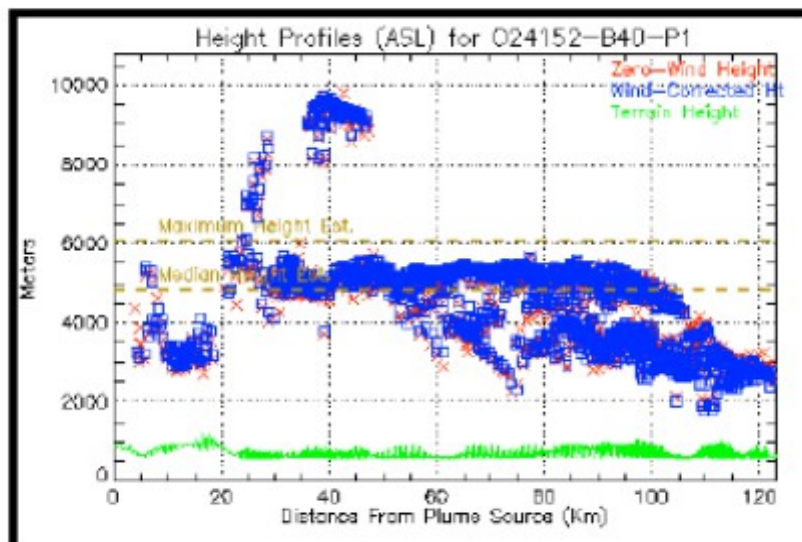


Εικόνα 3.4 Χρωματικά κωδικοποιημένα διορθωμένα ύψη σύμφωνα με τον άνεμο της Εικόνας 1. Η πράσινη γραμμή κοντά στο κάτω μέρος αντιπροσωπεύει το ύψος του εδάφους (Nelson, 2009).

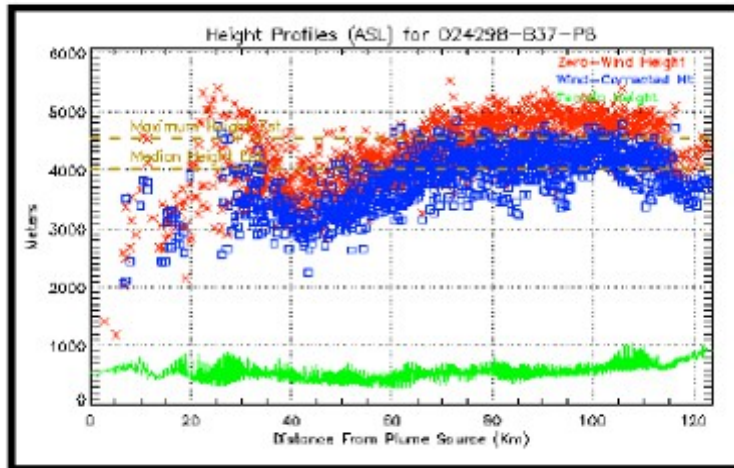


Εικόνα 3.5 Εικόνα με σημεία του πολυγώνου πλουμίου όπου ανακτώνται επιτυχώς διορθωμένα(με βάση τον άνεμο) ύψη της Εικόνας 2. Σε σύγκριση με την προηγούμενη εικόνα έχουμε μεγάλη διαφορά στα ύψη (Nelson, 2009).

Οι επόμενες εικόνες απεικονίζουν πώς εμφανίζονται τα σημεία ανάκτησης ύψους εντός του πολυγώνου πλουμίου ως μια συνάρτηση της απόστασης από το πηγή του νέφους, όπως φαίνεται στον οριζόντιο άξονα (συνήθως εικονοστοιχεία κοντά στη φωτιά).

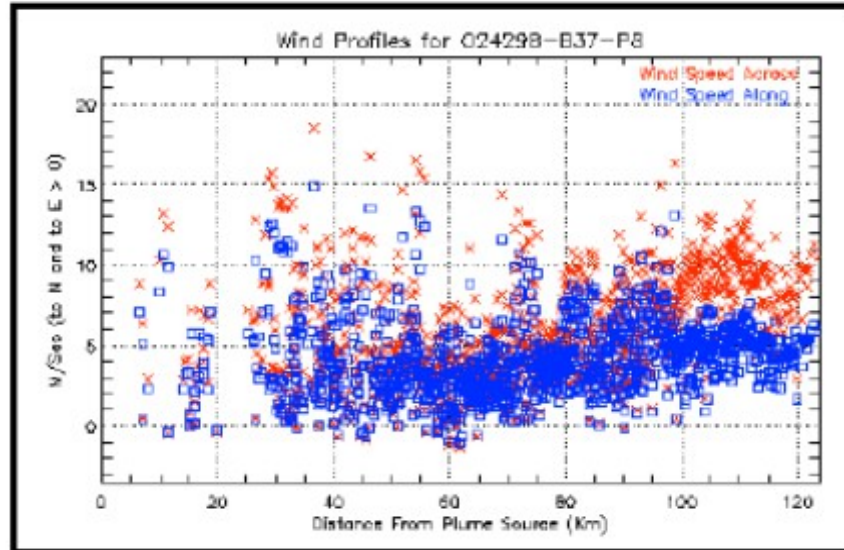


Εικόνα 3.6 Τα μπλε τετράγωνα ορίζουν την διορθωμένο σύμφωνα με τον άνεμο κατακόρυφη κατανομή του ύψους που αντιστοιχεί στα πλούμια και gyrocumulus που φαίνονται στην Εικόνα 3.5 (Nelson, 2009).



Εικόνα 3.7 Διορθωμένη κατακόρυφη κατανομή ύψους που αντιστοιχεί στην Εικόνα 3.4.(Nelson, 2009).

Και στην επόμενη εικόνα εμφανίζονται τα κατά-μήκος-της-τροχιάς και σε-όλη-την-τροχιά συστατικά των φορέων ανέμου, ως συνάρτηση της απόστασης από την πηγή του πυροθυσάνου.



Εικόνα 3.8 Τα κατά-μήκος-της-τροχιάς (μπλε τετράγωνα) και σε-όλη-την-τροχιά (κοκκίνα X) συστατικά των φορέων ανέμου για τα σημεία ύψους της Εικόνας 3.4. (Nelson, 2009).

Αν και η μηχανική εργασία της ψηφιοποίησης των πλουμίων είναι αρκετά απλή, το έργο της ερμηνείας των χαρακτηριστικών ενός λεφίου που πρέπει να ψηφιοποιηθεί συχνά απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Η κατεύθυνση μεταφοράς είναι μερικές φορές δύσκολο να τονιστεί και να εμφανιστεί από τις εικόνες, τα πλούμια που έχουν μια τάση σχεδόν παράλληλη προς την θετική ή αρνητική κατεύθυνση της τροχιάς πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερο τρόπο και το ύψος (λεπτού) καπνού με χαμηλό οπτικό βάθος καπνού μπορεί να αποδειχθεί δύσκολο να ανακτηθεί, ειδικά πάνω από φωτεινό έδαφος.

Η Μεθοδολογία ανάκτησης Ύψους

Το προϊόν του MISR (PGE8a) ανακτά δύο ειδών ύψη σύννεφου. Τα ύψη με μηδενικό άνεμο υπολογίζονται υποθέτοντας ότι ολόκληρη η διαφορά μεταξύ του ίδιου χαρακτηριστικού που παρατηρείται στις διάφορες προβολές κάμερας οφείλεται στην παράλλαξη (parallax). Αυτά τα ύψη συμπεριλαμβάνονται στο προϊόν με εξαιρετική κάλυψη. Τα διορθωμένα σύμφωνα με τον άνεμο ύψη υπολογίζονται μετά το διαχωρισμό των συνεισφορών που χαρακτηρίζουν τις ανισότητες της παράλλαξης και του ανέμου. Για την επίτευξη αυτού του εντατικού υπολογιστικά έργου σε παγκόσμιο επίπεδο, αρχικά εξάγονται οι άνεμοι χρησιμοποιώντας ένα γρήγορο αλγόριθμο που τους ανακτά σε κέντρα των 70,4 km πριν από την εφαρμογή τους για τον υπολογισμό του ύψους. Η κάλυψη για αυτά τα ύψη είναι σχετικά ελλιπής και είναι πιο ευαίσθητη σε μεγάλα σύννεφα παρά στα μικρά χαρακτηριστικά, όπως στήλες καπνού.

Το έργο νέφους καπνού για το οποίο αναπτύχθηκε ο αλγόριθμος ύψους του προγράμματος MINX απαιτεί να βρεθεί ένας στατιστικά σημαντικός αριθμός από στήλες καπνού και τα ύψη τους να είναι ακριβή μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα. Η απαίτηση ακρίβειας ορίζει ως αναγκαία τη χρήση των διορθωμένων σύμφωνα με τον άνεμο υψών, δεδομένου ότι έχουν παρατηρηθεί διορθώσεις του ενός χιλιομέτρου ή περισσότερων για πλούμια που κινούνται γρήγορα. Το πρότυπο προϊόν MISR παρέχει μη επαρκώς διορθωμένη κάλυψη για να μελετηθεί ένα μεγάλο δείγμα πλουμίων αλλά ούτε και την ακρίβεια στην ανάκτηση του ανέμου που απαιτείται για την απομόνωση μικρών πλουμίων, ειδικά σε περιπτώσεις νέφωσης.

Ο αλγόριθμος του MINX αναπτύχθηκε για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί και ο σχεδιασμός του εκμεταλλεύεται τα μοναδικά χαρακτηριστικά που έχουν τα πλούμια. Ένα πλούμιο καπνού μπορεί να συνδέεται οπτικά με μία ενεργή φωτιά με έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους τρόπους.

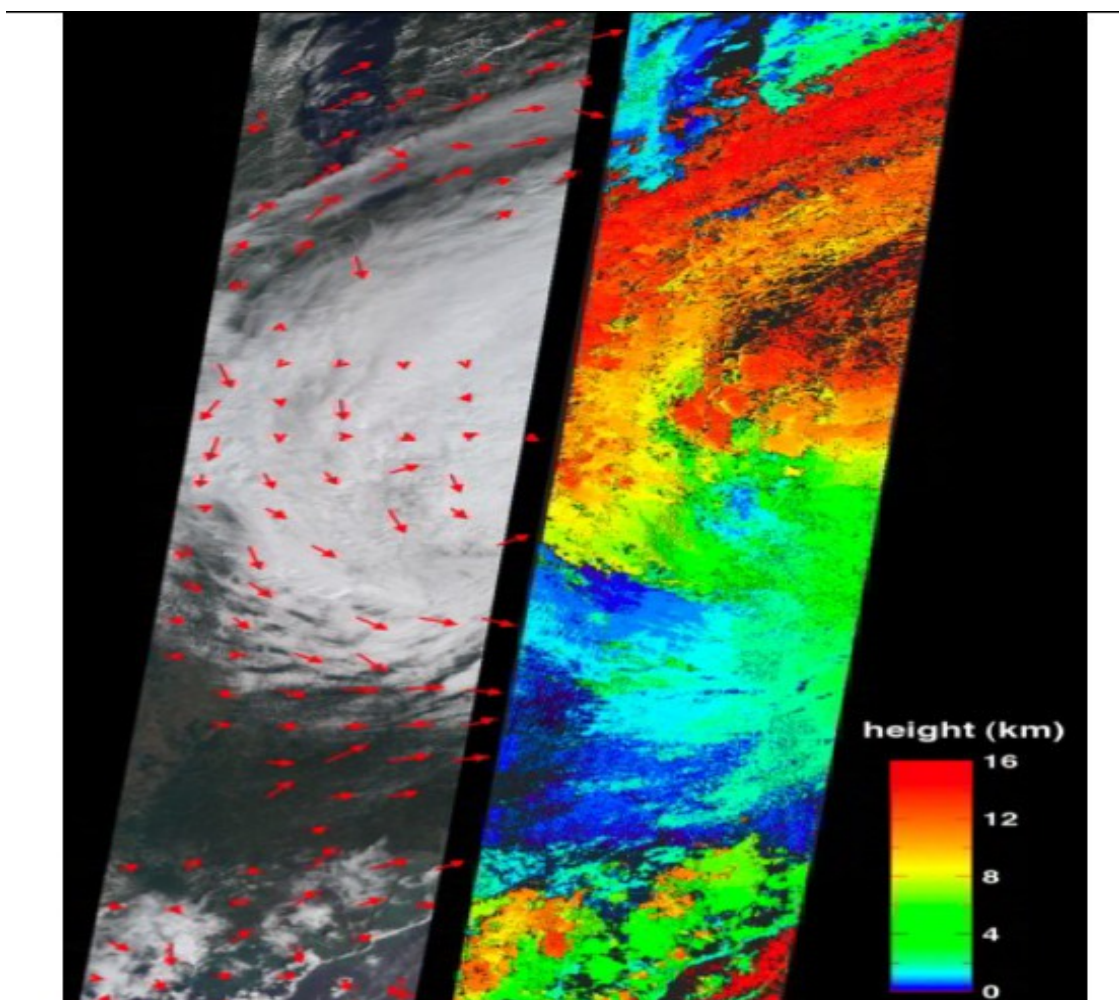
α) Ένα τριγωνικό πλούμιο καπνού μπορεί συχνά να ακολουθηθεί πίσω στο στενό άκρο του.

β) Ένα ανερχόμενο πλούμιο καπνού φαίνεται να έχει τη βάση στερεωμένη στο περιφερικό γείωσης προς το κύριο σώμα του καπνού ενώ η κορυφή του πλουμίου είναι στην φαινόμενη κίνηση.

Έχοντας βρει η πηγή του πλουμίου καπνού, η κατεύθυνση της μεταφοράς μπορεί συνήθως να προσδιοριστεί από το σχήμα του πλουμίου. Για σύνθετα πλούμια, η κατεύθυνση μεταφοράς μπορεί μερικές φορές να εκτιμηθεί με την παρατήρηση σκιών που εμφανίζονται στο έδαφος ή σε ένα κατώτερο υψομετρικά σύννεφο, καθώς γίνεται η κινηματική αναπαράσταση της σκηνής. Ο καθορισμός της κατεύθυνσης της μεταφοράς συχνά υποβοηθάται συχνά σημειώνοντας τις συνολικές κατευθύνσεις, αν υπάρχουν αρκετά γειτονικά πλούμια.

Γνωρίζοντας την κατεύθυνση που κινείται ο καπνός σε ένα πλούμιο, δίνεται η δυνατότητα να καθοριστεί το ύψος του πλουμίου και των συναφών διανυσμάτων του ανέμου με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια από ό, τι είναι δυνατόν, όταν η κατεύθυνση του ανέμου δεν είναι γνωστή. Αντί για ένα πρόβλημα σε τρεις αγνώστους (ύψος, συνιστώσα ανέμου σε όλη την διαδρομή, συνιστώσα ανέμου κατά μήκος της τροχιάς), υπάρχουν πλέον μόνο δύο βαθμοί ελευθερίας: αν είναι γνωστή μία συνιστώσα του διανύσματος του ανέμου, η άλλη μπορεί να προέλθει από την κατεύθυνση του ανέμου. Αυτό επιτρέπει στο MINX την εκτίμηση των ανέμων και των υψών, χρησιμοποιώντας ζεύγη από κάμερες και όχι τριπλέτες από κάμερες.

Η ικανότητα να χρησιμοποιούν ζεύγη από κάμερες επιτρέπει μεγαλύτερο βαθμό πλεονασμού κατά τον καθορισμό των υψών και των ανέμων. Στο πρόγραμμα MINX, η κάμερα ναδύρ χρησιμοποιείται ως κάμερα αναφοράς σε συνδυασμό με κάθε μία από έξι πλησιέστερες κάμερες της για να προσδιορίσει τα διανύσματα του ύψους και του ανέμου σε κάθε σημείο πλέγματος μέσα σε ένα πολύγωνο πλούμιο. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται για λόγους συνέπειας, και εφόσον τα αποτελέσματα του ύψους και του ανέμου από τουλάχιστον τρία ζεύγη καμερών είναι παρόμοια, η ανάκτηση θεωρείται επιτυχής.



Εικόνα 3.9 Απεικόνιση υψών και ανέμων για τον τυφώνα Κατρίνα 8/30/05 (Nelson, 2009).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των πλουμίων που εκμεταλλεύεται το πρόγραμμα MINX είναι η σχετικά μικρή περιοχή που αναλαμβάνει και, κατά συνέπεια, η μικρή ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία σε σχέση με τις απαιτήσεις της παγκόσμιας επεξεργασία του προϊόντος MISR. Αυτό επιτρέπει μία γρήγορη προσέγγιση μοντελοποίησης και όχι την αντίστροφη λύση και δημιουργημένη για την ταχύτητα του ανέμου ανάκτηση που χρησιμοποιείται στο προϊόν MISR. Αυτή η προσέγγιση είναι πιο διαισθητική και επιτρέπει ένα μεγαλύτερο βαθμό ελέγχου του λογισμικού, ειδικά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Επίσης, επιτρέπει την ανάκτηση των διορθωμένων σύμφωνα με τον άνεμο υψών και των διανυσμάτων του ανέμου σε μία λειτουργία, αντί να εκτελεί μία ξεχωριστή, αρχική ανάκτηση του ανέμου.

Η διαδικασία που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα MINX για τον καθορισμό των υψών και των διανυσμάτων του αέρα για τα πλούμια μπορεί να περιγραφεί σε τρία βήματα : 1) συσχετισμός των εικόνων από τις κάμερες, 2) οι διαφορές στη μοντελοποίηση και 3) ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων της κάμερας. Τα δύο πρώτα βήματα είναι υπολογιστικά εντατικά και εκτελούνται για κάθε ένα από τα έξι ζεύγη καμερών σε κάθε σημείο του πλέγματος στο εσωτερικό κάθε πολύγωνου πλουμίου.

3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πριν αρχίσουμε την διαδικασία ψηφιοποίησης των δεδομένων, πρέπει να γίνει μελέτη για τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς που με την οποία θα ασχοληθούμε. Αρχικά ψάχνουμε στο διαδίκτυο μεγάλης έκτασης και διάρκειας πυρκαγιές, ώστε να εξασφαλίσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την ύπαρξη τροχιών του δορυφόρου πάνω από την περιοχή και κατ' επέκταση δεδομένων του οργανου MISR. Εφόσον βρούμε περιπτώσεις αντίστοιχες, καθορίζουμε τα γεωγραφικά και χρονικά όρια του φαινομένου. Στη συνέχεια, την έρεση τροχιών του δορυφόρου Terra, στη σελίδα http://10dup05.larc.nasa.gov/MISR_BROWSE/, εισάγουμε τα δεδομένα ώστε να καθορίσουμε τις τροχιές όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.10.

Step 1

MISR Region Selection Tool

Move rectangle and resize if needed, or enter Lat/Lon coordinates.

North: Lat:

West: East: Lon:

South: Width:

Height:

Select time range of interest.

Start Time: Month: Day: Year: Hour: Min: UTC

End Time: Month: Day: Year: Hour: Min: UTC

Εικόνα 3.10 Εικόνα σελίδας MISR_Browse. Με την σωστή εισχώρηση των δεδομένων και επιλέγοντας “Get Orbit” θα εμφανιστεί η λίστα των τροχιών που πέρασαν πάνω από την γεωγραφική περιοχή του ενδιαφέροντος μας το χρονικό διάστημα που επιλέξαμε. (www.larc.nasa.gov/MISR_BROWSE)

Εκτός από την λίστα με τις τροχιές, η επιλογή “Get Orbit” μας παρέχει την επιλογή απεικόνισης της τροχιάς, διαχωρισμένης σε κουτιά (blocks) που αντιστοιχούν σε νούμερα. Το γεγονός αυτό μας βοηθάει στο να καθορίσουμε σε ποιά blocks βρίσκεται η πυρκαγιά αφενός στο να μειώσουμε τον όγκο των δεδομένων που χρειαζόμαστε από μία τροχιά, αφετέρου δε γιατί μας ζητείται το εύρος των blocks σε επόμενα βήματα.

Οι περισσότερες από τις εφαρμογές του MINX απαιτούν την εισαγωγή των δεδομένων που επεξεργάζονται απο το όργανο MISR. Η διανομή των προϊόντων του MISR στο κοινό είναι υπ' ευθύνη του LaRC DAAC (Langley Research Center - Distributed Active Archive Center) στη Βιρτζίνια. Η ανάκτηση των προϊόντων του MISR γίνεται στο δικτυακό τόπο του LaRC (<http://eosweb.larc.nasa.gov/>) επιλέγοντας MISR Order Tools.

Στη σελίδα MISR Product Selection and Search γίνεται η επιλογή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν από το πρόγραμμα MINX. Για την ανάλυση του καπνού, της ηφαιστειακής σκόνης ή των πλουμίων καπνού, τότε θα πρέπει να επιλεγθούν τα προϊόντα “MISR L1B2 Terrain Data”, “MISR Level 2 Aerosol parameters”, “MISR Level 2 TOA/Cloud Classifier parameters”, “MISR Geometric Parameters” και “MISR Ancillary Geographic Product”. Για την ψηφιοποίηση πλουμίων αερολυμάτων πάνω στον ωκεανό χρησιμοποιούνται τα προϊόντα GRP_ELLIPSOID αντί των GRP_TERRAIN που περιέχουν μη έγκυρα δεδομένα όπου δεν υπάρχει έδαφος.

Step 1: Select Data Products

Refine the Data Products list by selecting one or more of the following:

Aerosol
 Cloud
 Land/Surface
 Radiance
 Top of Atmosphere Albedo
 Images
 Supporting Products
 Engineering
 All

Refine Data Products List

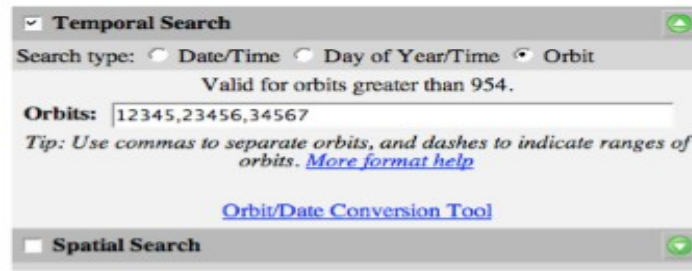
Data Products (Full Name - ESDT Name)	MISR Browse Tool
MISR Level 1B2 Ellipsoid Data-MI1B2E	
MISR Level 1B2 Terrain Data-MI1B2T	
MISR Browse data-MISBR	
MISR Level 2 Aerosol parameters-MIL2ASAE	
MISR Level 2 FIRSTLOOK Aerosol parameters-MIL2ASAF	
MISR Level 2 Land Surface parameters-MIL2ASLS	
MISR Level 2 FIRSTLOOK Surface parameters-MIL2ASLF	
MISR Level 2 TOA/Cloud Albedo parameters-MIL2TCAL	
MISR Level 2 FIRSTLOOK TOA/Cloud Albedo parameters-MIL2TCAF	
MISR Level 2 TOA/Cloud Classifier parameters-MIL2TCCL	
MISR Level 2 FIRSTLOOK TOA/Cloud Classifier parameters-MIL2TCCF	

Return all file versions
 Return only latest file version

Εικόνα 3.11 MISR Order Tool - Λίστα προϊόντων MISR

Στη συνέχεια ορίζεται το χωρικό και χρονικό διάστημα που θα γίνει η έρευνα, καθώς επίσης επιλέγονται οι κάμερες που θα χρησιμοποιηθούν, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.12.

Step 2a: Select at least one of the following Search Criteria



Εικόνα 3.12 Επιλογή τριών τροχιών στην κατηγορία “Χρονική Έρευνα”

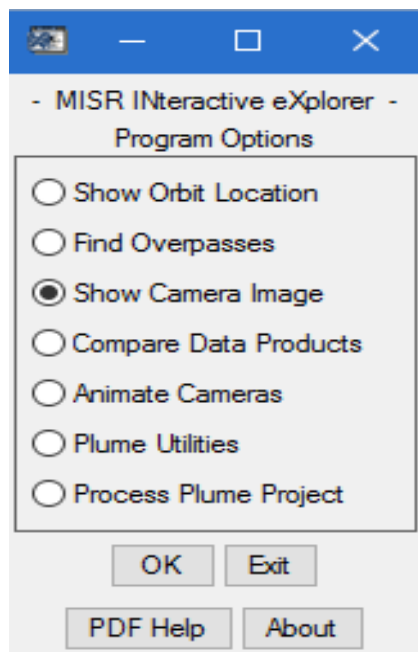
Για καλύτερη εικόνα της κίνησης των πλουμίων, επιλέγουμε και τις εννέα κάμερες, καθώς κατά της επεξεργασία των δεδομένων και την απεικόνιση τους θα μπορούμε να δούμε με χρονική διαδοχή, σύμφωνα με τον χρόνο λήψης των δεδομένων, μια πλήρη εικόνα της κίνησης των πλουμίων. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί είναι απαραίτητο να ορίζουμε την κατεύθυνση του πλουμίου του καπνού.

Step 2b: Select Optional Search Criteria



Εικόνα 3.13 Επιλογή λήψης δεδομένων και από τις 9 κάμερες του οργάνου MISR

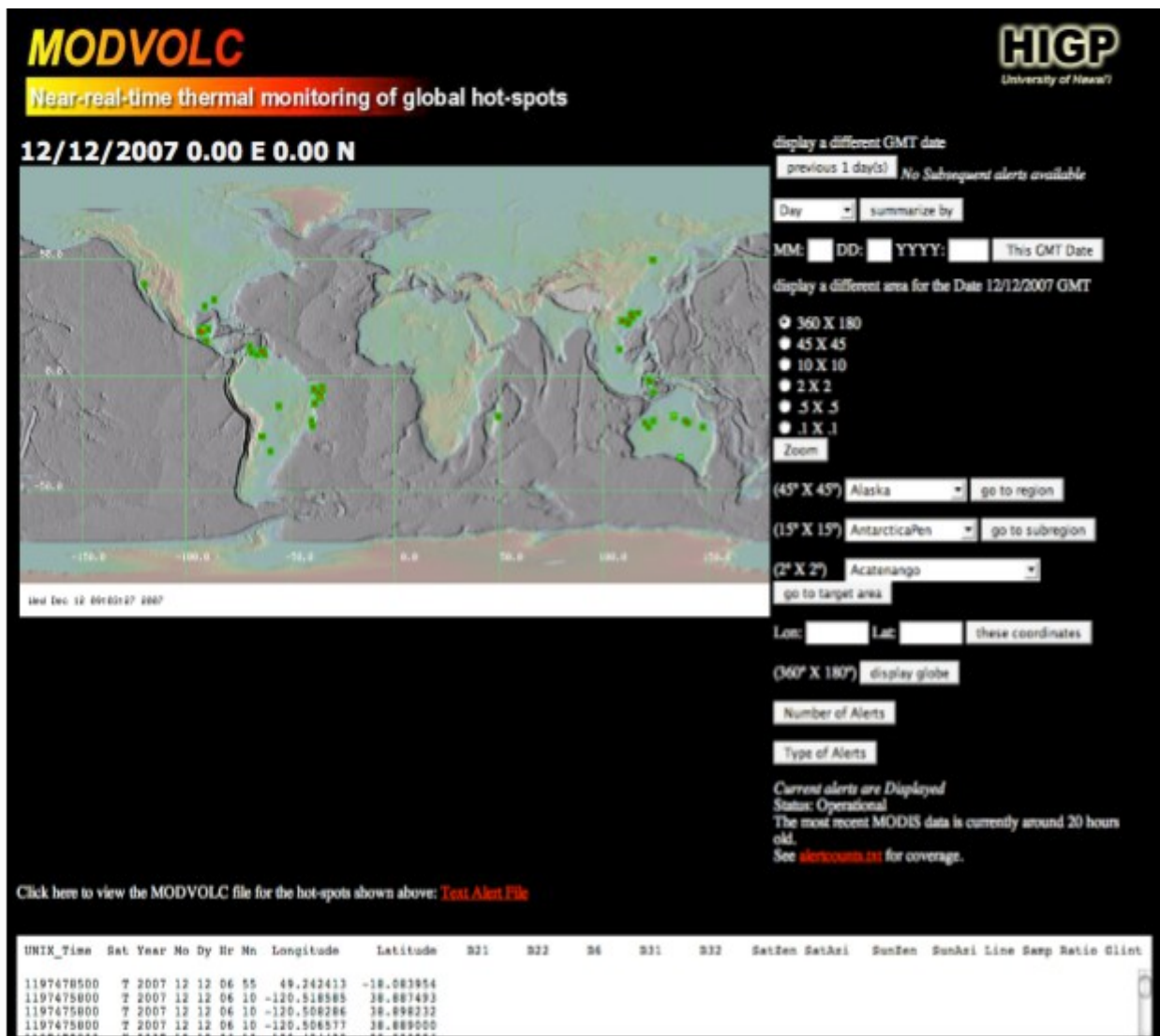
Εφόσον γίνει επιβεβαίωση της επιλογής των δεδομένων, στέλνεται εντολή αποστολής τους. Όταν γίνει η παραλαβή των δεδομένων, μπορεί να ξεκινήσει η εφαρμογή του προγράμματος MINX. Στο βασικό παράθυρο του προγράμματος MINX, που φαίνεται παρακάτω, θα χρησιμοποιήσουμε κυρίως τις επιλογές “Animate Cameras” και “Process Plumes”.



Εικόνα 3.14 Κεντρικό παράθυρο προγράμματος MINX

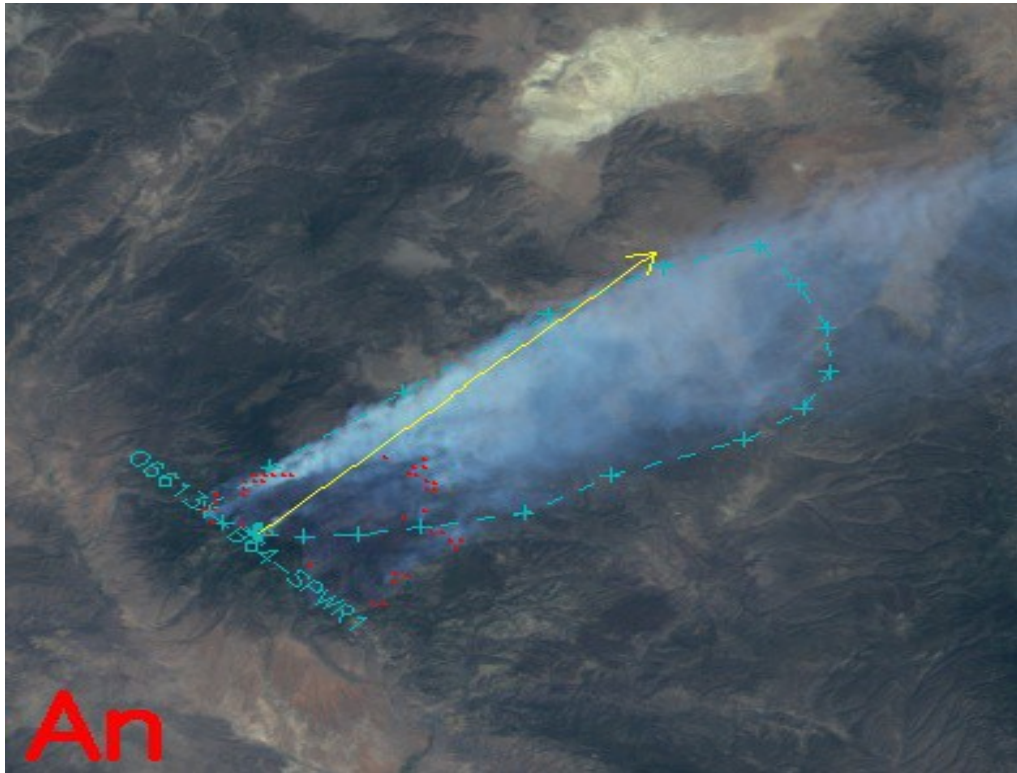
Η ΕΠΙΛΟΓΗ “PROCESS PLUMES”

Στην επιλογή “Process Plumes” θα γίνει η σωστή επιλογή των τροχιών σύμφωνα με τα δεδομένα του οργάνου MODIS που εμφανίζει, αν υπάρχουν, τα θερμά σημεία (hot spots) που αντιστοιχούν στους πυρήνες της φωτιάς. Έτσι κατά την διαδικασία της ψηφιοποίησης των δεδομένων θα μπορούμε να επιλέξουμε σωστά τα πλούμια που αντιστοιχούν στις πυρκαγιές. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει μπαίνοντας στη σελίδα <http://modis.higp.hawaii.edu/>. Στην σελίδα αυτή περιέχει δεδομένα ModVolc, δηλαδή ένα συμπυκνωμένο σύνολο των δεδομένων θερμικών ανωμαλιών του οργάνου MODIS, τα οποία είναι εύκολο να ανακτηθούν με την εισχώρηση της ημερομηνίας και της γεωγραφικής περιοχής που αφορούν την έρευνα. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των τροχιών που θα χρησιμοποιήσουμε ή που θα απορρίψουμε, μειώνοντας έτσι τον όγκο των δεδομένων που χρειάζεται να παραγγείλουμε.



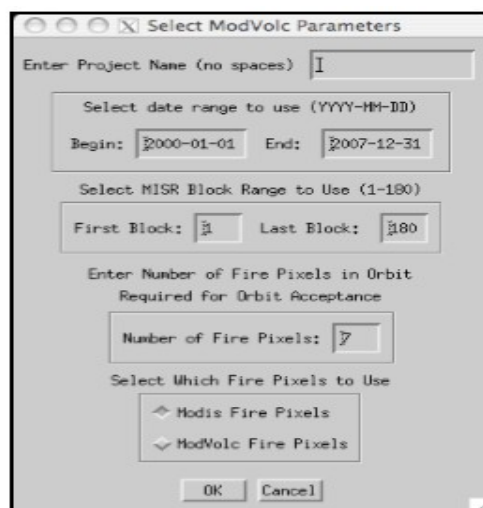
Εικόνα 3.15 Εικόνα κεντρικής σελίδας δεδομένων οργάνου MODIS. Στον χάρτη παρατηρούνται χαρακτηριστικές κουκίδες που ορίζουν τα θερμά σημεία. (<http://modis.higp.hawaii.edu/cgi-bin/modisnew.cgi>)

Επιλέγοντας “Text Alert Fire” ανοίγει μία σελίδα με τα δεδομένα των θερμών σημείων της περιοχής που επιλέξαμε. Στη συνέχεια, αποθηκεύοντας τη σελίδα που ανοίξαμε με όνομα ModVulcFirePixReport_<project>.log” ,όπου στη θέση του “project” βάζουμε το όνομα της εργασίας μας, δημιουργούμε το αρχείο που εφόσον επεξεργαστεί από την επιλογή “Process Plumes” θα εξάγει αναγνώσιμα αρχεία που εμφανίζουν τα θερμά σημεία στον χάρτη επεξεργασίας και ψηφιοποίησης του προγράμματος MINX, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.16.



Εικόνα 3.16 Εικόνα πυρκαγιάς από κάμερα An του οργάνου MISR, μετά την εισαγωγή των δεδομένων του οργάνου MODIS. Με κόκκινες κουκίδες παρουσιάζονται τα θερμά σημεία. (Nelson, 2009).

Η επιλογή “Process Plumes” μας ανοίγει ένα παραθυρο που εισάγουμε τα δεδομένα που αντιστοιχούν στην τροχιά και στην τοποθεσία του ενδιαφέροντός μας. Στην επιλογή του ονόματος βάζουμε το όνομα της εργασίας που χρησιμοποιήσαμε όταν σώσαμε τα αρχεία ModVols σε προηγούμενο βήμα. Στη συνέχεια επιλέγουμε την ημερομηνία της τροχιάς που μελετάμε και τα blocks στα οποία εντοπίζεται η φωτιά.



Εικόνα 3.17 Παράθυρο επιλογής “Process Plumes”

Τα αρχεία που εξάγει η διαδικασία “Process Plumes” θα χρησιμοποιηθούν κατά την ψηφιοποίηση των πλουμίων καπνού καθώς αποτελούν αναγνώσιμα δεδομένα για τα θερμά σημεία της περιοχής ενδιαφέροντος.

Η επιλογή “Process Plumes” πραγματοποιεί παράλληλα ένα φιλτράρισμα των τροχιών που θα χρησιμοποιήσουμε, γιατί υπάρχουν τροχιές που παρότι περνάνε από την περιοχή ενδιαφέροντος δεν καλύπτουν πλήρως την απεικόνιση των πλουμίων και θα πρέπει να απορριφθούν.

Η ΕΠΙΛΟΓΗ “ANIMATE CAMERAS”

Η κεντρική ιδέα στην οποία βασίζεται η ικανότητα του κινηματικής απεικόνισης του MINX είναι ότι μπορούμε να μάθουμε πολλά για μια τρισδιάστατη σκηνή από την προβολή από διαφορετικές κατευθύνσεις. Η κάθε από τις εννέα κάμερες του MINX καταγράφει πολλά ίδια σημεία στη γη και στα σύννεφα, αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια μιας περιόδου επτά λεπτών, λόγω των διαφορετικών γωνιών θέασης τους. Στο πρόγραμμα MINX, η παρουσίαση αυτών των διαφορετικών εικόνων της κάμερας υλοποιείται ως κινηματική απεικόνιση, στην οποία οι εννέα εικόνες εμφανίζονται η μια μετά την άλλη, όσο γρήγορα ο χρήστης επιθυμεί να τις δει.

Η δυνατότητα λήψης δεδομένων από πολλαπλές γωνίες του MISR μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το ύψος των σύννεφων στερεοσκοπικά, και επιτρέπει στους χρήστες του MINX να αποκτήσουν μια πολύ καλύτερη κατανόηση της δομής και της δυναμικής των νεφών, των πλουμίων του καπνού και άλλων αερολυμάτων ή στοιχείων της ατμόσφαιρας. Επίσης, επιτρέπει σε κάποιον να δει αντικείμενα κάτω από τις άκρες των σύννεφων, που είναι απρόσιτες για τα μέσα που διαθέτουν μόνο μια κάμερα κατακόρυφης (ναδιρ) προβολής.

Η επιλογή αυτή απαιτεί τη διαθεσιμότητα των εννέα MISR L1B2 αρχείων ακτινοβολίας (GRP_ELLIPSOID ή GRP_TERRAIN) για την τροχιά που θέλουμε να δούμε, τα οποία αρχεία μπορούμε να βρούμε στο <http://eosweb.larc.nasa.gov/>.

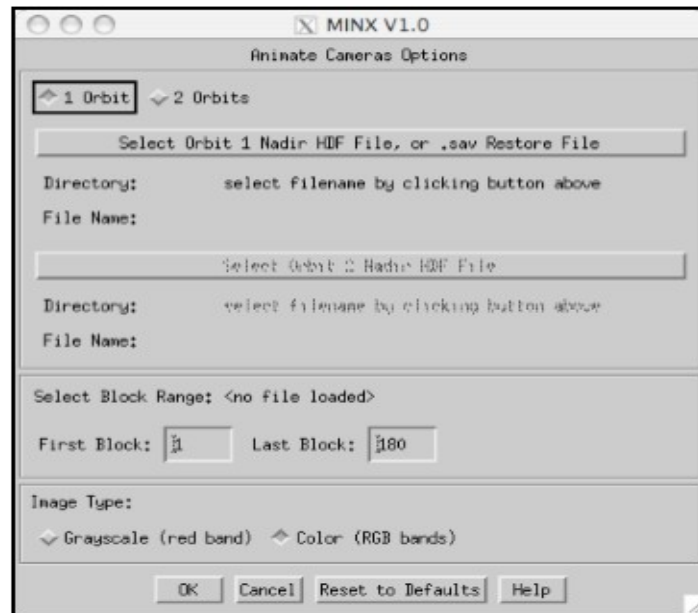
Οι GRP_ELLIPSOID και GRP_TERRAIN εικόνες έχουν την ίδια μεταχείριση στο MINX, αλλά είναι ποιοτικά διαφορετικές. Οι GRP_ELLIPSOID εικόνες είναι «επικεντρωμένες» στο ελλειψοειδές, έτσι ώστε τα κάθε χαρακτηριστικά πάνω από το ελλειψοειδές, είτε στο βουνό ή σύννεφο, θα εμφανίζονται να κινούνται κατά τη διάρκεια της κίνησης. Οι GRP_TERRAIN εικόνες είναι «επικεντρωμένες» στην επιφάνεια της γης, έτσι ώστε η θέση των σημείων στην επιφάνεια, ακόμη και των βουνών, θα πρέπει να μείνει σταθερή για όλες τις κάμερες. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, όπως τα σύννεφα, θα εξακολουθούν να εμφανίζονται να κινούνται κατά τη διάρκεια της κινηματικής απεικόνισης.

Και τα δύο δεδομένα, GRP_ELLIPSOID και GRP_TERRAIN, γεωμετρικά βαθμονομούνται κατά την πρώτου επιπέδου επεξεργασία για να εξασφαλιστεί ότι οι εικόνες της κάμερας είναι σωστά συν-καταχωρημένες, δηλαδή ότι όσο το δυνατόν συμπίπτουν περισσότερο γεωγραφικά. Αυτή η διαδικασία δεν είναι πάντα επιτυχής και μερικές φορές συμβαίνουν αποκλίσεις από ένα ή περισσότερα εικονοστοιχεία σε blocks ή ολόκληρες τροχιές. Αυτό μπορεί να φανεί πιο εύκολα κατά τη διάρκεια της κινηματικής αναπαραγωγής εικόνων GRP_TERRAIN, όπου η εικόνα μπορεί να αλλάξει ανεπαίσθητα για μία ή περισσότερες κάμερες. Αυτά τα σφάλματα συν-καταχώρησης μπορεί να είναι ένα πρόβλημα κατά την αξιολόγηση των υψών των πλουμίων του καπνού.

Μια άλλη πηγή σφαλμάτων συν-καταχώριση είναι η χρήση ενός ατελούς DEM (ψηφιακό μοντέλο ανύψωσης) κατά την παραγωγή των εικόνων GRP_TERRAIN. Αυτό είναι πιο συχνό φαινόμενο σε

ορεινές περιοχές, ιδιαίτερα σε περιοχές του κόσμου όπου οι μετρήσεις ανύψωσης είναι φτωχές.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

Επιλέγοντας “Animate Cameras”, ανοίγει το κεντρικό παράθυρο “Animate Cameras Options”, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3.18 Παράθυρο “Animate Cameras Options”, όπου γίνεται η φόρτωση των δεδομένων GRP_ELLIPSOID και GRP_TERRAIN

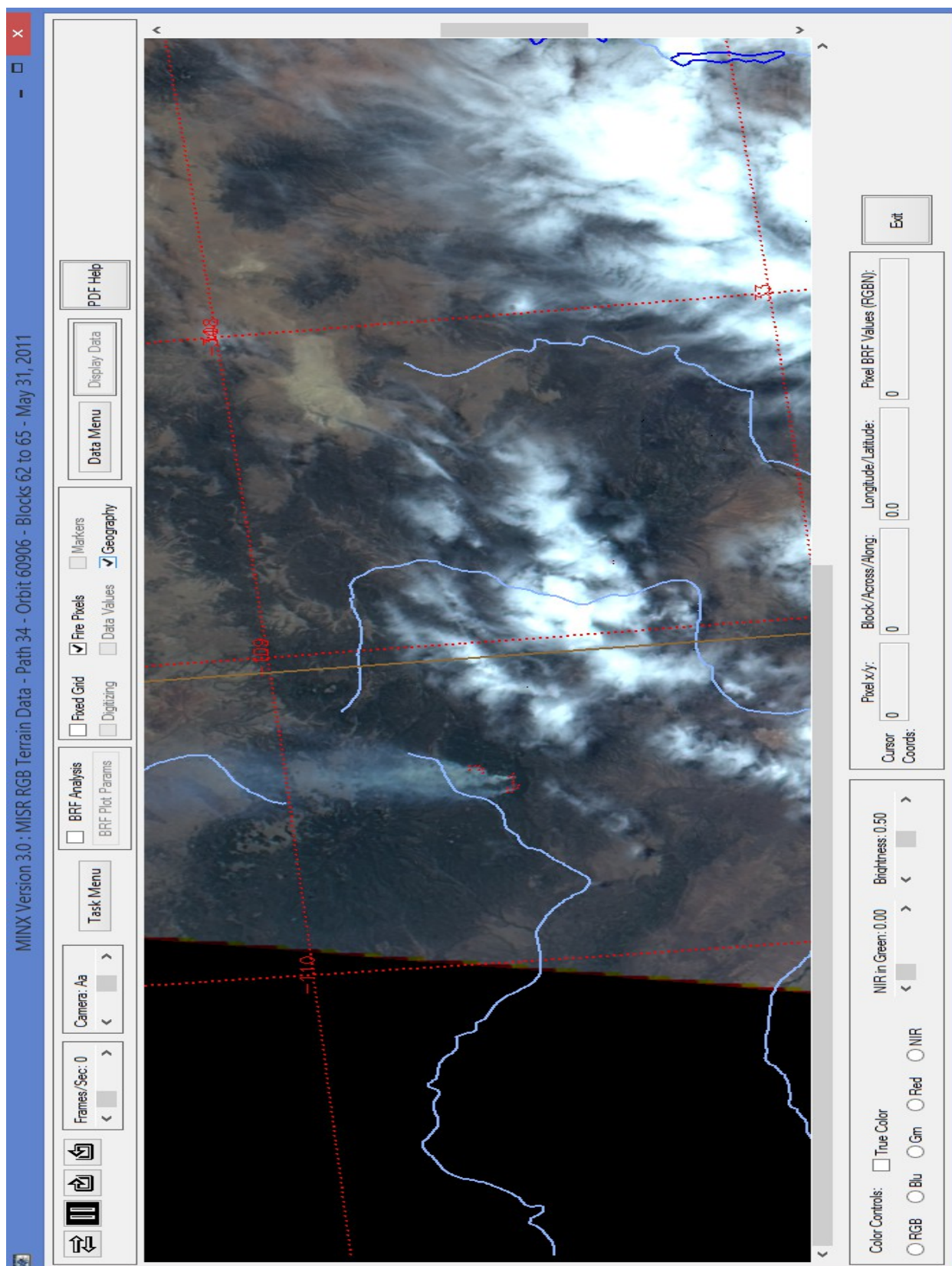
Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούμε την προεπιλεγμένη επιλογή “1 Orbit”. Αυτό μας επιτρέπει να ορίσουμε μια ενιαία τροχιά και να φορτώσουμε τις 9 εικόνες από τις κάμερες για ένα μικρό εύρος block. Η επιλογή “2 Orbits” μας επιτρέπει να φορτώσουμε δύο τροχιές που ανήκουν στην ίδια τροχιά του οργάνου MISR, για να τις αναπαράγει κινηματικά ταυτόχρονα ή ανεξάρτητα και να εμφανίσει τα αποτελέσματα. Αν επιλέξουμε “2 Orbits”, θα χρειαστεί να περάσουν από τη διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω για τη φόρτωση των δεδομένων δύο φορές, μία φορά για κάθε τροχιά.

Για να επιλέξουμε μια τροχιά για να αναπαραχθεί, κάνουμε κλικ στο κουμπί στην κορυφή με το όνομα: “Select orbit 1 nadir HDF File, or .sav Restore File”. Θα εμφανιστεί το παράθυρο για την ανάκτηση των δεδομένων GRP για την κάμερα An (ναδύρ). Αν και όλες οι 9 εικόνες της κάμερας θα φορτωθούν, μόνο η ανάκτηση της κάμερας An είναι απαραίτητη, επειδή το πρόγραμμα MINX απαιτεί τα αρχεία για τις άλλες κάμερες να αποθηκεύονται στον ίδιο κατάλογο με το αρχείο της κάμερας An. Τα ονόματα των άλλων αρχείων της κάμερας διαφέρουν από την An μόνο σε ένα τμήμα του ονόματος του αρχείου, ώστε το MINX να μπορεί εύκολα να τα βρει.

Είναι απαραίτητο να έχουμε ήδη προσδιορίσει την τοποθεσία της πυρκαγιάς και κατ' επέκταση των πλουμίων καπνού που θα μελετήσουμε σύμφωνα με τα blocks στα οποία βρίσκονται. Το πρόγραμμα MINX δεν μπορεί να αναπαράξει μεγάλο αριθμό blocks, αν και αυτό έχει να κάνει επίσης σε μεγάλο βαθμό και με τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρονικού υπολογιστή στο οποίο εργαζόμαστε.

Ανάλογα με την ταχύτητα του υπολογιστή μας, οτιδήποτε από 3 έως 8 μπλοκ θα πρέπει να φορτωθεί σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Μπορούμε λοιπόν να αλλάξουμε τα περιεχόμενα του

“First Block” και “Last block” για να καθορίσουμε την περιοχή που θέλουμε να προβάσουμε. Πρέπει οι τιμές που θα επιλέξουμε να εμπίπτουν στο έγκυρο εύρος που θα ανακτηθεί από το αρχείο.



Εικόνα 3.19 Παράθυρο κινηματικής αναπαραγωγής της τροχιάς 60906 που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη της πυρκαγιάς στην περιοχή Bear Wallow Wilderness, Arizona.

Τελευταία επιλογή σας είναι να επιλέξετε το κουμπί του Greyscale (κόκκινη ζώνη) ή το κουμπί Color (ζώνη RGB). Εάν επιλέξετε το πρώτο, μόνο τα υψηλής ανάλυσης δεδομένα της κόκκινης ζώνης θα φορτωθούν για κάθε κάμερα, και η κινηματική αναπαραγωγή θα είναι σε αποχρώσεις του γκρι. Αυτή η επιλογή είναι χρήσιμη αν δεν χρειαζόμαστε την πρόσθετη διακριτική δυνατότητα που παρέχει το χρώμα ή εάν δεν έχουμε υπολογιστή με αρκετή δύναμη ώστε να χειριστεί τις μεγαλύτερης μνήμης και CPU απαιτήσεις των δεδομένων RGB.

Αν επιλέξετε το προεπιλεγμένο χρώμα (ζώνες RGB), στη συνέχεια θα φορτωθούν οι κόκκινες, πράσινες και μπλε ζώνες των δεδομένων MISR. Υπενθυμίζοντας ότι μόνο η κόκκινη ζώνη έχει δεδομένα υψηλής ανάλυσης για όλες τις κάμερες, και ότι μόνο η κάμερα ναδίρ έχει δεδομένα υψηλής ανάλυσης για όλες τις ζώνες, προκύπτει ότι 24 από τα 36 κανάλια MISR είναι αποθηκευμένα στα αρχεία των προϊόντων τους σε χαμηλή ανάλυση (εικονοστοιχεία 1100 μέτρων). Το πρόγραμμα MINX παρεμβάλει αυτά τα 24 κανάλια από χαμηλή ανάλυση σε υψηλή ανάλυση (εικονοστοιχεία 275 μέτρων) κατά τη διαδικασία φόρτωσης. Η παλινδρόμηση της μπλε, πράσινης και NIR ζώνων για κάθε μη-ναδίρ κάμερα έναντι των αντίστοιχων δεδομένων της κόκκινης ζώνης το πετυχαίνει αυτό. Η πρόθεση είναι μόνο για να ενισχυθεί η οπτική εικόνα.

Σε οποιαδήποτε στιγμή μπορούμε να πατήσουμε το κουμπί Άκυρο για να επιστρέψουμε στο κύριο παράθυρο διαλόγου. Ή μπορούμε να πατήσουμε το κουμπί Βοήθεια για να βρούμε μια σύντομη περιγραφή των ελέγχων στο πλαίσιο διαλόγου. Η επαναφορά προεπιλογών αφαιρεί τις επιλογές μας και να επαναφέρει το παράθυρο διαλόγου στην αρχική του κατάσταση. Πατώντας το πλήκτρο OK ξεκινάει η διαδικασία φόρτωσης των δεδομένων που έχουμε επιλέξει και εμφανίζει τις εικόνες της κάμερας. Αυτό μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από ένα λεπτό, εάν έχουμε επιλέξει την επιλογή “Color” και περισσότερο από μερικά blocks. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ένα τμήμα της εικόνας της Αν κάμερας στο παράθυρο της κινηματικής αναπαραγωγής του προγράμματος MINX ενός GRP_TERRAIN έχει φορτωθεί χρησιμοποιώντας την επιλογή “Animate Cameras”, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.19.

Θα παρουσιάσουμε τα κυριότερα στοιχεία της επιλογής “Animate Cameras” που χρησιμοποιούμε για την διαδικασία της ψηφιοποίησης των δεδομένων MISR.

Γραμμή τίτλου

Στην κορυφή του παραθύρου της κινηματικής αναπαραγωγής βρίσκεται μια ενιαία γραμμή πληροφοριών στη γραμμή τίτλου. Οι έξι συνιστώσες αυτής της γραμμής προσδιορίζουν τα δεδομένα που εμφανίζονται, και στο παράδειγμα του παραπάνω σχήματος, αυτά αποτελούνται από:

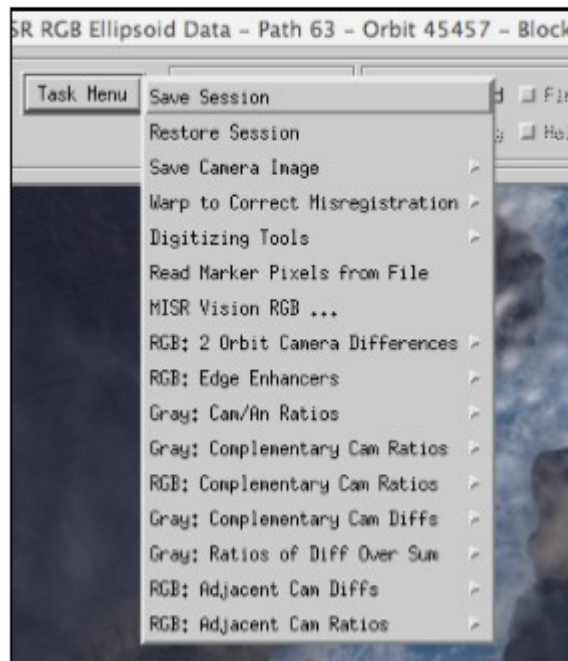
- RGB - Αυτό δείχνει ότι οι και τρεις ζώνες έχουν φορτωθεί και η εικόνα είναι έγχρωμη η εναλλακτική λύση είναι κόκκινη ζώνη, που δείχνει ότι μόνο η κόκκινη ζώνη έχει φορτωθεί και η εικόνα είναι σε κλίμακα του γκρι.
- Terrain Data - Αυτό λέει στο χρήστη ότι τα δεδομένα στο παράθυρο της εικόνας είναι της μορφής MISR L1B2 δεδομένα ακτινοβολίας απο αναφέρονται στο έδαφος η εναλλακτική λύση είναι τα Ellipsoid Data, δηλαδή, MISR L1B2 ελλειψοειδή δεδομένα ακτινοβολία.
- Path 34 - Η εμφανιζόμενη εικόνα της τροχιάς ανήκει στη διαδρομή 34. Η κάθε τροχιά MISR ανήκει σε ένα από τα 233 μονοπάτια(paths) που ο δορυφόρος TERRA ακολουθεί επακριβώς.

- Orbit 60906 - Αυτό προσδιορίζει τον αύξοντα αριθμό της τροχιάς στην οποία ανήκει η εμφανιζόμενη εικόνα.
- Blocks 62-65 - Τα δεδομένα που ο χρήστης έχει επιλέξει να φορτώσει στο παράθυρο κινηματικής αναπααραγωγής απαρτίζεται από αυτό το εύρος μπλοκ. Για να δούμε όλα τα δεδομένα, όταν περισσότερα από ένα μπλοκ είναι φορτωμένα, θα χρειαστεί να μετακινηθούμε στο επάνω τμήμα του παραθύρου της εικόνας ή προς τα κάτω.
- 31, Μαΐου του 2011 - Αυτή είναι η ημερομηνία κατά την οποία τα δεδομένα της τροχιάς 60906 αποκτήθηκαν. Περίπου δεδομένα από 15 τροχιές αποκτούνται κάθε μέρα.

Η γραμμή τίτλου μας βοηθάει να κάνουμε μία γρήγορη επαλήθευση των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε.

Task Menu

Πατώντας αυτή την εντολή, ανοίγει ένα μενού που μας επιτρέπει να ελέγχουμε μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του MINX. Οι επιλογές σε αυτό το μενού που ακολουθούνται από το ">" περιέχουν ένα επιπλέον επίπεδο επιλογής του μενού. Επιλογές που ακολουθούνται από "...", όταν επιλεγθούν, οδηγούν σε ένα παράθυρο διαλόγου. Τα Grey: και RGB: που προηγούνται από μια επιλογή διευκρινίζουν αν αυτή η επιλογή παράγει μία γκρι-κλίμακα ή μια εικόνα RGB στην θέση της κάμερας OP.



Εικόνα 3.20 Οι επιλογές του Task Menu

Μερικές από τις επιλογές σε αυτό το μενού παράγουν εικόνες που απαιτούν ένα ξεχωριστό χώρο μνήμης για τον υπολογισμό και για την παρουσίαση τους. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκε μια επιλέον θέση της κάμερας που ονομάζεται OP. Μπορείτε να δείτε αυτή τη ψευδο εικόνα ανά πάσα στιγμή με το σύρσιμο στην Camera: “τραβώντας” όλη τη διαδρομή προς τα αριστερά. Αν έχουμε δημιουργήσει μια εικόνα σε αυτή τη θέση της κάμερας, θα παραμείνει εκεί μέχρι μια άλλη λειτουργία την αντικαταστήσει.

Save session

Αν έχετε ξοδέψει πολύ χρόνο φορτώνοντας δεδομένα MISR και, για παράδειγμα, ψηφιοποιώντας πλούμια καπνού, και δεν θέλουμε να χάσουμε τη δουλειά που έχουμε κάνει, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την επιλογή για να αποθηκεύσουμε την τρέχουσα πρόοδο. Όταν επιλέγουμε την Save session, ένα παράθυρο διαλόγου θα παρουσιαστεί που θα μας ζητήσει να καθορίσουμε το αρχείο στο οποίο θέλουμε να αποθηκεύσουμε τη δουλειά μας. Η επέκταση ονόματος του αρχείου πρέπει να είναι ".sav".

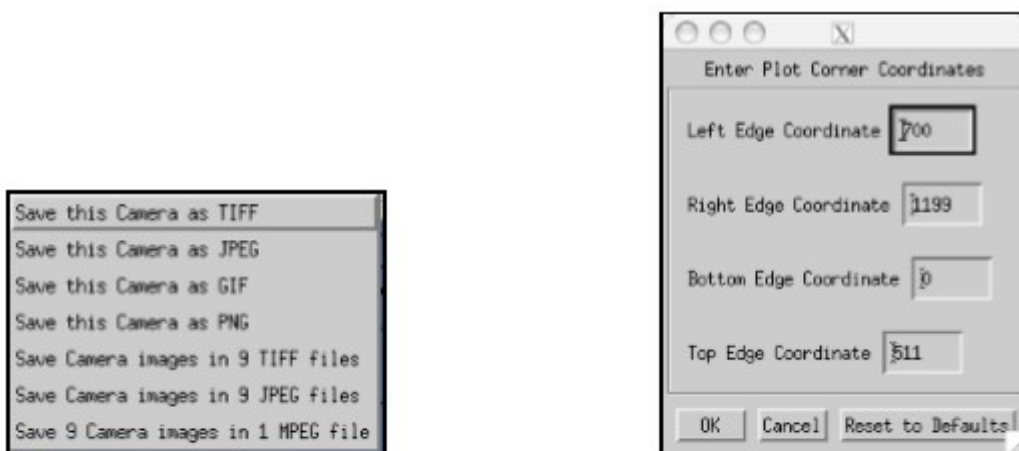
Το αποθηκευμένο αρχείο θα περιλαμβάνει την καταχώρηση-διορθώσεις που έχουμε εφαρμόσει, καθώς και των συναφών δεδομένων, όπως εικονοστοιχεία φωτιάς, ψηφιοποιημένα πλούμια καπνού και άλλα προϊόντα MISR που έχουν φορτωθεί.

Restore session

Για να απορρίψουμε την ήδη φορτωμένη τροχιά και να το αντικαταστήσουμε με μια άλλη που είχε αποθηκευτεί στο παρελθόν, μπορούμε να επιλέξουμε την Restore Session. Θα εμφανιστεί ένα πλαίσιο διαλόγου με όνομα Select Session.sav File. Από αυτό, επιλέγουμε το αρχείο ".sav» που περιέχει τη συνεδρία MINX που θέλουμε να φορτώσουμε. Η τρέχουσα τροχιά απορρίπτεται, και τα δεδομένα από τη εργασία που επιλέξαμε θα φορτωθούν στη θέση της.

Save Camera Image>

Αυτή η επιλογή μενού περιέχει επτά περεταίρω επιλογές όπως φαίνεται παρακάτω. Διαλέγοντας οποιαδήποτε από αυτές τις επιλογές θα ανοίξει το παρακάτω παράθυρο. Σε αυτό το παράθυρο, θα πρέπει να εισάγουμε το ελάχιστο και το μέγιστο ύψος συντεταγμένων που θέλουμε να απεικονίζει τα σημεία που θέλουμε να αποθηκεύσουμε.



Εικόνα 3.21 Αριστερά φαίνεται το menu της επιλογής Save Camera Image. Δεξιά εμφανίζεται το παράθυρο επιλογής συντεταγμένων για την εικόνα που θέλουμε.

Αφού επιλέξουμε το OK, για να εγκρίνει τις συντεταγμένες γωνία, το περίγραμμα του ορθογωνίου που έχετε επιλέξει, θα πρέπει να συντάσσεται στο παράθυρο εικόνας ως διακεκομμένη κόκκινο κουτί. Το κουτί θα περιέχει το όνομα της κάμερας στην κάτω δεξιά γωνία. Στη συνέχεια, ένα πλαίσιο μηνύματος θα εκδοθεί ζητώντας σας να επιβεβαιώσετε ότι η περιοχή που περιγράφεται είναι αποδεκτή. Αν επιλέξετε Ναι στο πλαίσιο μηνύματος, στη συνέχεια, ένα άλλο παράθυρο θα ζητήσει το όνομα του αρχείου στο οποίο θα πρέπει να αποθηκευτεί η εικόνα. Το προεπιλεγμένο όνομα που δημιουργήθηκε είναι: MINX_O<orbit>_L<beg>toL<end><cam>.<ext> :

<orbit> - ο αριθμός της τροχιάς

<beg> - ο αριθμός του κατώτερου εικονοστοιχείου

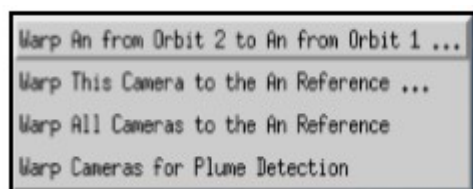
<end> - ο αριθμός του ανώτερου εικονοστοιχείου

<cam> - το όνομα της κάμερας

<ext> - η επέκταση της μορφής του αρχείου.

Warp to Correct Misregistration >

Ορισμένες λειτουργίες του προγράμματος MINX, όπως ο καθορισμός του ύψους των πλουμίων του καπνού, απαιτούν πολύ ακριβή γεωμετρικά συν-καταχώριση των δεδομένων από τις εννέα κάμερες MISR. Ένα σφάλμα εικονοστοιχείου στην καταχώριση μπορεί να οδηγήσει σε πολλές δεκάδες μέτρα σφάλματος στα ύψη του πλουμίου. Δυστυχώς, η επεξεργασία των δεδομένων του οργάνου MISR μερικές φορές αποτυγχάνει να παρέχει την επιθυμητή ακρίβεια εγγραφής. Η διόρθωση μπορεί να γίνει αλλά όχι για GRP_ELLIPSOID δεδομένα.

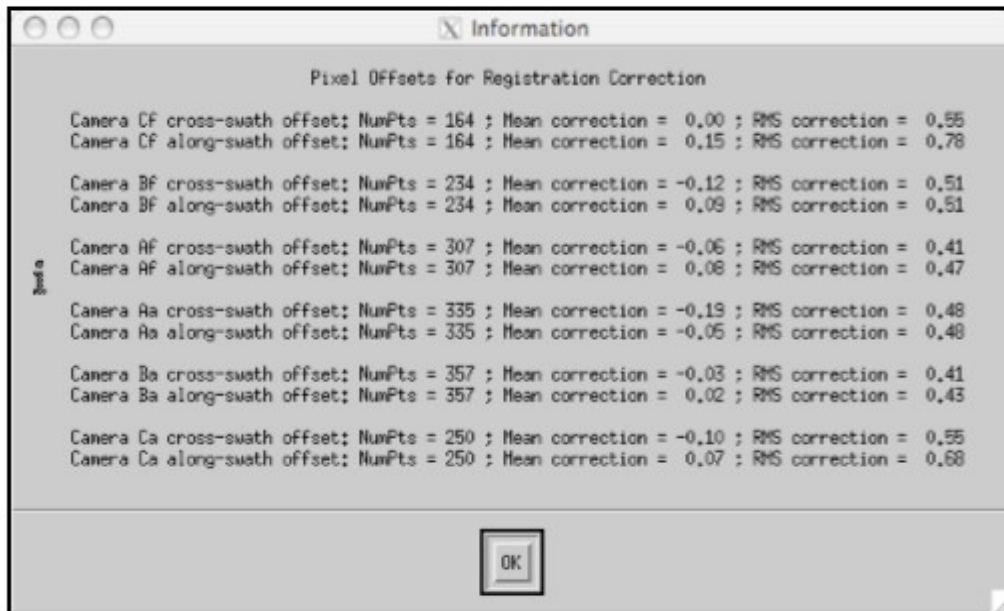


Εικόνα 3.22 Το υπομενού της επιλογής “Warp to Correct Misregistration”

Για την άμβλυνση του προβλήματος χωρίς σύμπτωση, MINX χρησιμοποιεί ένα σύστημα διόρθωσης που βασίζεται στο συσχετισμό μιας μη-ναδίρ εικόνας της κάμερας με την εικόνα της κάμερας ναδίρ να καθορίσει το ποσό κατά το οποίο η μη ναδίρ κάμερα είναι καταχωρημένη με σφάλμα. Η διαδικασία αυτή γίνεται σε πολλά σημεία της εικόνας, αλλά μόνο για τα σημεία της γης, όπου οι εικόνες θα πρέπει να ταιριάζουν. Τα προκύπτοντα σφάλματα κατά μήκος της τροχιάς και σε όλη τροχιάς χωρίς σύμπτωση λειαίνονται, και στη συνέχεια η μη ναδίρ εικόνα της κάμερας είναι στραβωμένη μη γραμμικά μεταξύ των σημείων διόρθωσης για τη βελτίωση της εγγραφής τη σε σχέση με το ελάχιστο σφάλμα.

Υπάρχουν τέσσερις επιλογές διόρθωσης καταχώρισης, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Όλες αυτές οι επιλογές εκτελούν αυτόματα τα καθήκοντά τους και απαιτούν μικρή περαιτέρω συμβολή του χρήστη. Η πρώτη επιλογή είναι διαθέσιμη μόνο εάν έχουμε φορτώσει δεδομένα από δύο

διαφορετικές τροχιές του οργάνου MISR. Σε αυτή την περίπτωση, πριν από την διόρθωση της καταχώρισης για τις μη ναδίρ κάμερες της δεύτερης τροχιάς, θα πρέπει να την διορθώσει σε σχέση με την ναδίρ εικόνα της πρώτης τροχιάς. Η δεύτερη επιλογή διορθώνει μόνο την κάμερα που είναι ορατή στο παράθυρο της κινηματικής αναπαραγωγής. Η τρίτη επιλογή διορθώνει όλες τις οκτώ μη-ναδίρ κάμερες, και η τελική επιλογή διορθώνει μόνο τις έξι μη-ναδίρ, μη-d κάμερες. Αυτές οι έξι κάμερες χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του ύψους των πλουμίων καπνού, και εξοικονομεί ένα σημαντικό μέρος του χρόνου επεξεργασίας εφόσον δεν υπολογίζει τις d κάμερες.



Εικόνα 3.23 Εικόνα παράθυρου διορθωμένων εικονοστοιχείων για κάθε μη-ναδίρ κάμερα (Nelson, 2009).

Digitizing Tools >

Η διαδικασία ψηφιοποίησης που έχει εφαρμοστεί στο πρόγραμμα MINX περιλαμβάνει την περικύκλωση πολυγωνικών περιοχών με μικρά ευθύγραμμα τμήματα που ορίζονται από τα σημεία που έχουμε ορίσει επιλέγοντας τα με το ποντίκι μας. Αυτά τα πολύγωνα γίνονται οι ενεργές περιοχές στο εσωτερικό των οποίων εκτελούνται η ανάλυση του ύψους άλλοι υπολογισμοί σε μοιόμορφα απέχοντα σημεία του πλέγματος. Οι τιμές ισχύος της ακτινοβολίας για τα εικονοστοιχεία της πυρκαγιάς αποθηκεύονται στις θέσεις των εικονοστοιχείων της φωτιάς. Ως εκ τούτου, όταν περικλείουμε ένα πλούμιο καπνού μέσα σε ένα πολύγωνο, μόνο τα εικονοστοιχεία της φωτιάς εντός του πολυγώνου θα συμβάλουν στις τιμές ισχύος της ακτινοβολίας σε συνολική ισχύς του πλουμίου.

Επιλέγουμε “Digitizing Tools” και έπειτα “Enable Digitizing Objects”. Στο παράθυρο που θα ανοίξει, οι προεπιλεγμένες επιλογές είναι γενικά κατάλληλες για την ψηφιοποίηση πλουμίων του καπνού. Πριν ξεκινήσουμε την ψηφιοποίηση κάθε πλουμίου, θα πρέπει να μελετήσουμε προσεκτικά το πλούμιο να κατανοήσουμε τη δομή και τη δυναμική του. Μερικά πυρκαγιές αποτελούν τακτοποιημένα, στενά τριγωνικά πλούμια που εξαπλώθηκαν από την πηγή τους, καθώς και η ενεργός περιοχή καύση κοντά στην άκρη του τριγώνου μπορεί να υποστηρίξει μια ενιαία, κυλινδρική στήλη καπνού που μπορεί να δούμε να αυξάνεται από το έδαφος κατά τη διάρκεια της

κινηματικής αναπαραγωγής. Αυτό δεν συμβαίνει πάντα, ωστόσο, και πολλά πλούμια είναι πιο δύσκολο να ερμηνευθούν.

Συνηθισμένα προβλήματα που ενδέχεται να αντιμετωπίσουμε, ενώ ψάχνουμε για στήλες καπνού σε διαφορετικές τροχιές περιλαμβάνουν οποιοδήποτε από τα ακόλουθα:

- Το αυξανόμενο κυλινδρικό πλούμιο καπνού μπορεί να απουσιάζει εάν ο καπνός δεν αυξάνεται γρήγορα, ή μπορεί να μη φαίνεται λόγω νεφοκάλυψης.
- Αν η ταχύτητα του ανέμου είναι χαμηλή, το πλούμιο μπορεί να αυξηθεί σχεδόν κάθετα με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να ερμηνευτεί.
- Πολλαπλές, σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πυρκαγιές κατά μήκος ενός μετώπου της φωτιάς μπορεί να συμβάλουν στο πλούμιο καπνού κατά μήκος μιας ευρείας περιοχής πηγών σχηματίζοντας πολύπλοκα, συγχωνευμένα πλούμια.
- Ένα πλούμιο μπορεί να αυξηθεί από το εσωτερικό ενός άλλου πλουμίου.
- Σύννεφα Νερού (ή ανώτερα στρώματα του καπνού) μπορεί εν μέρει να οδηγήσουν σε μια ασαφή σκηνή καπνού περιπλέκοντας την αναάκτηση του ύψους.
- Πυροθύσανοι που σχηματίζονται πάνω από μια ενεργή πυρκαγιά συχνά να συσσωρεύονται ψηλά πάνω από τον καπνό. Εάν τα σύννεφα νερού βρεθούν εντός του ψηφιοποιημένου πολύγωνου του πλουμίου, θα αλλιώσουν τον υπολογισμό του ύψους του νέφους καπνού.
- Η κατεύθυνση του ανέμου μπορεί να έχει μετατοπιστεί από τότε που η φωτιά άρχισε, με αποτέλεσμα το πλούμιο να καμπυλώσει.

Μια σημαντική πτυχή της ψηφιοποίησης πλουμίων καπνού είναι ο καθορισμός της διεύθυνσης του ανέμου. Η διεύθυνση χρησιμοποιείται για να εφαρμοστεί μια διόρθωση της αρχικής εκτίμησης του ύψους του νέφους (ύψος με μηδενικό άνεμος) που μπορεί να ανέλθει σε εκατοντάδες μέτρα, ή ακόμα και ένα χιλιόμετρο ή περισσότερο, ανάλογα με την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου. Υπάρχουν μερικοί γενικοί κανόνες που περιγράφουν την επίδραση της κατεύθυνσης και της ταχύτητας ανέμου στον προσδιορισμό του ύψους:

- Εάν η κατεύθυνση του ανέμου (καπνός σωματιδίων κίνησης) είναι κάθετη της τροχιάς (~ ανατολικά προς τα δυτικά ή ~ δυτικά προς ανατολικά), υπάρχει δεν είναι διόρθωση του ανέμου.
- Εάν η κατεύθυνση του ανέμου είναι κατά μήκος της τροχιάς και από την κορυφή προς το κάτω μέρος της εικόνας, τότε η διόρθωση του ανέμου θα αυξήσει το μέγεθος της αρχικής εκτίμησης ύψους.
- Εάν η κατεύθυνση του ανέμου είναι κατά μήκος τροχιάς και από τον πυθμένα προς την κορυφή της εικόνας, τότε η διόρθωση του ανέμου θα μειώσει το μέγεθος της αρχικής εκτίμησης ύψους.
- Το διάνυσμα του ανέμου με ενδιάμεσα στοιχεία κάθετα της τροχιάς και κατά μήκος της τροχιάς κίνησης, θα οδηγήσει σε ενδιάμεσες διορθώσεις.

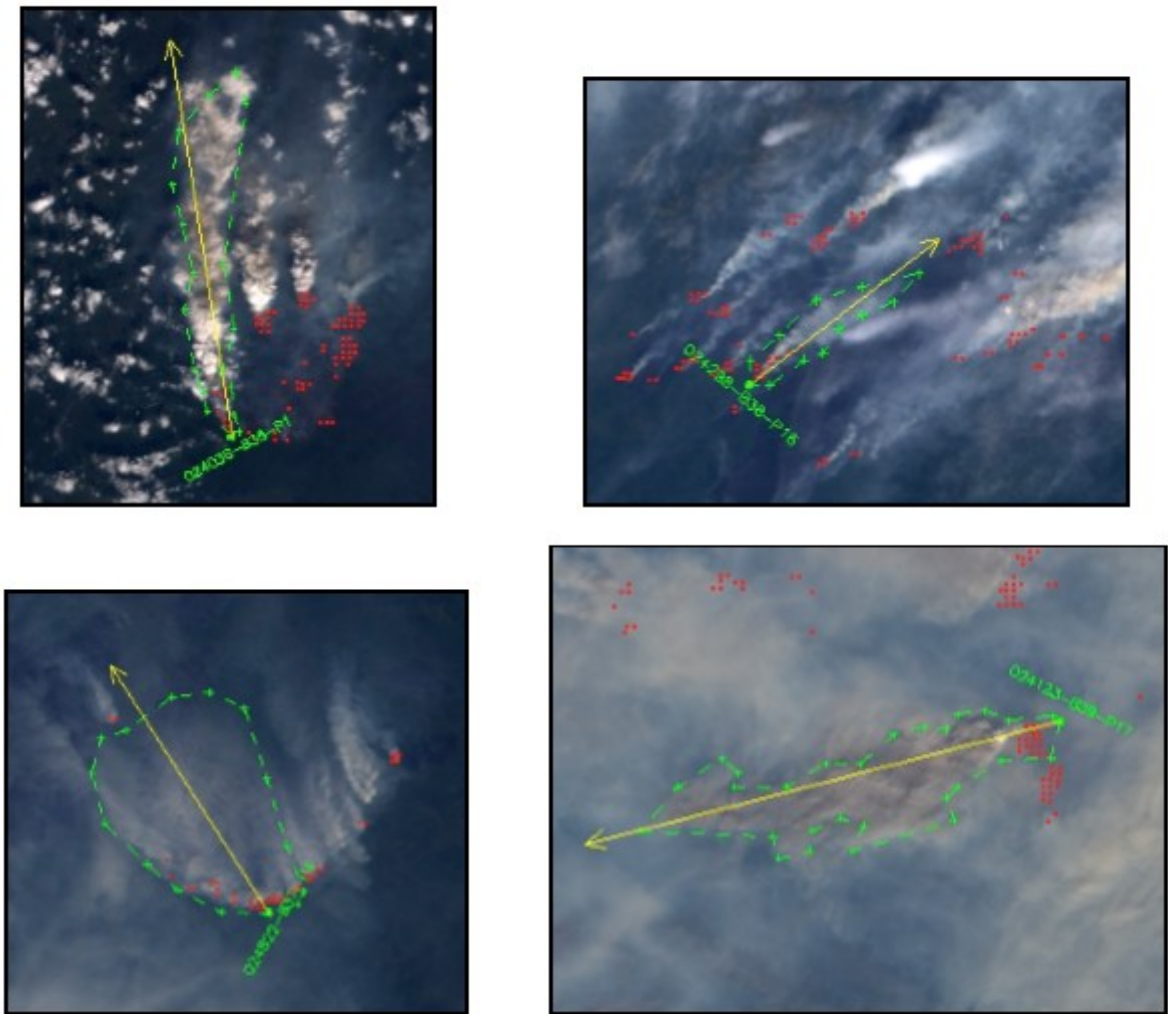
- Οι κάθετοι άνεμοι γενικά παρέχουν τις καλύτερες σε ποιότητα ανακτήσεις ύψους.
- Όταν υπάρχει μόνο μια κατά μήκος τροχιάς συνιστώσα του ανέμου, το πρόγραμμα MINX δεν μπορεί να προσδιορίσει με αξιοπιστία μια διόρθωση ύψους, επειδή η επίδραση της ταχύτητας του ανέμου δεν μπορεί να διαχωριστεί από την επίδραση της παράλλαξης του οργάνου, η οποία έχει σχέση με το ύψος.

Κατά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης, μπορούμε να καθορίσουμε την κατεύθυνση του ανέμου τραβώντας μια γραμμή που να ξεκινά από το αρχικό σημείο του πολυγώνου πλουμίου και να οδηγεί προς την κατάλληλη κατεύθυνση. Θα πρέπει να συμπεράνουμε αυτή την κατεύθυνση με την παρατήρηση του δισδιάστατου σχήματος του νέφους και μερικές φορές του σχήματος των γειτονικών πλουμίων, επίσης διαισθητικά από το τρισδιάστατο σχήμα και την κίνηση του νέφους, όπως παρατηρείται κατά τη διάρκεια της κινηματικής αναπαραγωγής.

Ψηφιοποίηση Πλουμίων

Επιλέγοντας Digitizing Tools > και πατώντας OK στο παράθυρο που εμφανίζεται, επανερχόμαστε στην κύρια εικόνα της κινηματικής απεικόνισης για την κάμερα An. Δεξιά του Task Menu υπάρχει η επιλογή “Fire Pixels” την οποία και επιλέγουμε. Αφού φορτώσουμε τα κατάλληλα δεδομένα, εμφανίζονται στην κύρια εικόνα τα εικονοστοιχεία φωτιάς με κόκκινο χρώμα. Πλέον έχουμε την δυνατότητα να σχεδιάσουμε το πολύγωνο του πλουμίου του καπνού με το ποντίκι. Μια πράσινη κουκίδα θα σηματοδοτήσει το σημείο που αρχίζουμε. Καθώς επιλέγουμε περισσότερα σημεία στα όρια του πλουμίου, θα εμφανίζονται πράσινοι σταυροί με διακεκομμένες γραμμές που συνδέουν τα σημεία με τα προηγούμενα. Ενθυλακώνουμε το πλούμιο σε ένα πολύγωνο, φροντίζοντας να συμπεριλάβουμε τα σχετικά εικονοστοιχεία της φωτιάς. Για την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης, κάνουμε κλικ στην επιλογή όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς το αρχικό σημείο για να κλείσουμε το πολύγωνο. Αν είμαστε μακρύτερα για λίγα εικονοστοιχεία, η γραμμή θα κλείσει αυτόματα και στο πολύγωνο που έχουμε δημιουργήσει, θα δοθεί ένα όνομα το οποίο θα αναρτηθεί κοντά στο πρώτο σημείο. Το όνομα αυτό αποτελείται από τον αριθμό της τροχιάς, τον αριθμό του block που βρίσκεται το πρώτο σημείο έναν αύξοντα αριθμό πλουμίου στο συγκεκριμένο τμήμα.

Αφού κλείσουμε το πολύγωνο, καθορίζουμε την κατεύθυνση προς την οποία τα σωματίδια αιθάλης του νέφους κινούνται αυτήν την περίοδο. Το σημείο που κλείνει το πολύγωνο γίνεται το πρώτο σημείο σε μια γραμμή κατεύθυνσης που δημιουργούμε συνεχίζοντας την ψηφιοποίηση. Αν το πλούμιο είναι λογικά γραμμικό, μπορούμε να ορίσουμε την κατεύθυνση με μόνο ένα επιπλέον σημείο. Εάν ι τμήματα του νέφους πλήττονται από ανέμους από διαφορετικές κατευθύνσεις, κάμπουμε τη γραμμή κατεύθυνσης για να αντιστοιχεί με το πώς πιστεύουμε ότι τα σωματίδια καπνού κινούνται. Η γραμμή κατεύθυνση δεν πρέπει να περιορίζεται στο πολύγωνο του πλουμίου.



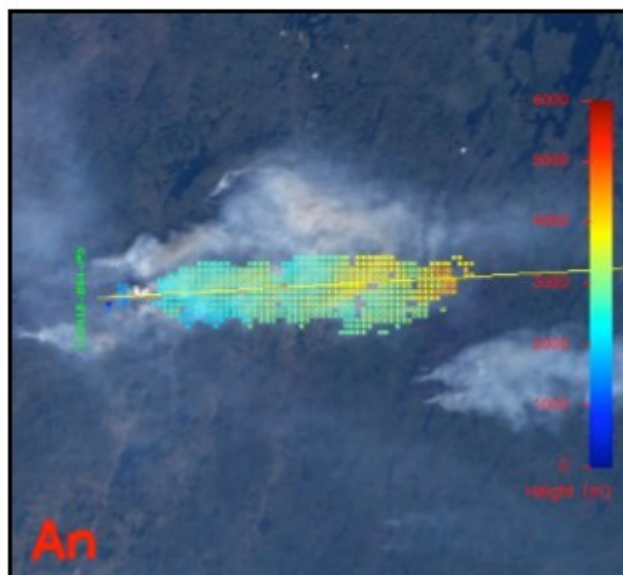
Εικόνα 3.24 Παραδείγματα ψηφιοποιημένων πλουμίων καπνού. Παρατηρούμε ότι το βέλος που ορίζει την κατεύθυνση του ανέμου υπερβαίνει το πολύγωνο των ορίων του πλουμίου (Nelson, 2009).

Όταν σχεδιάσουμε και την κατεύθυνση του ανέμου, θα εμφανιστούν στο εσωτερικό της πολυγωνικούής περιοχής που έχει οριστεί, ομοιόμορφα καταναμεημένα σημεία στα οποία θα έχουν υπολογιστεί τα ύψη, οι ταχύτητες του ανέμου και αρκετές άλλες παράμετροι, και το πρόγραμμα MINX αρχίζει το συνταίριασμα της εικόνας μεταξύ της Αη κάμερας και κάθε μίας από τις έξι μη-ναδέρ κάμερες (Cf, Bf, Af, Αα, Βα, Ca) για κάθε σημείο του πολυγώνου.

Σχεδιάγραμμα Ύψους και Ανέμου

Το πολύγωνο του πλουμίου που ψηφιοποιήθηκε γεμίζεται με χρωματιστά τετράγωνα σε εκείνα τα σημεία όπου η ανάκτηση ύψους ήταν επιτυχής. Τα χρώματα αντιπροσωπεύουν διορθωμένη ύψη λόγω ανέμου.

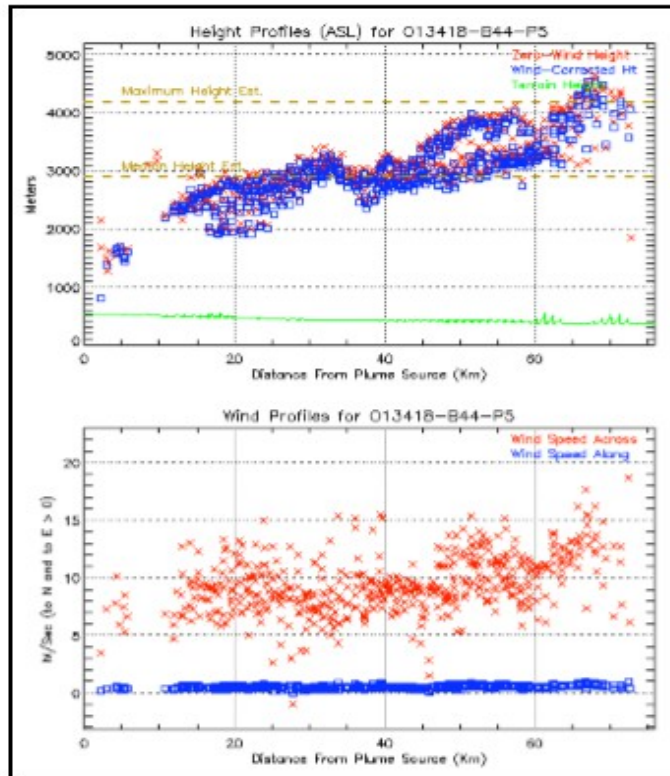
Στη συνέχεια το πρόγραμμα συλλέγει αυτόματα τις εικόνες του νέφους και να τις αποθηκεύει στον κατάλογο που ορίζεται στην τρίτη γραμμή του αρχείου "PlumeTerrainList.txt". Αυτές οι εικόνες περιλαμβάνουν το περίγραμμα του ψηφιοποιημένου πλουμίου όπως απεικονίζεται από την Απ κάμερα και τα χρωματιστά κούτακια ανακτήσεων ύψους μαζί με το βασικό χρώμα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, και οι δύο αποθηκεύονται ως αρχεία JPEG. Επίσης, αποθηκεύει εικόνες του νέφους για κάθε κάμερα ως εικόνες της κινηματικής απεικόνισης σε αρχείο MPEG ή JPEG.



Εικόνα 3.25 Εικόνα πλουμίου O13418-B44-P5 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη και σκάλα χρωματων.

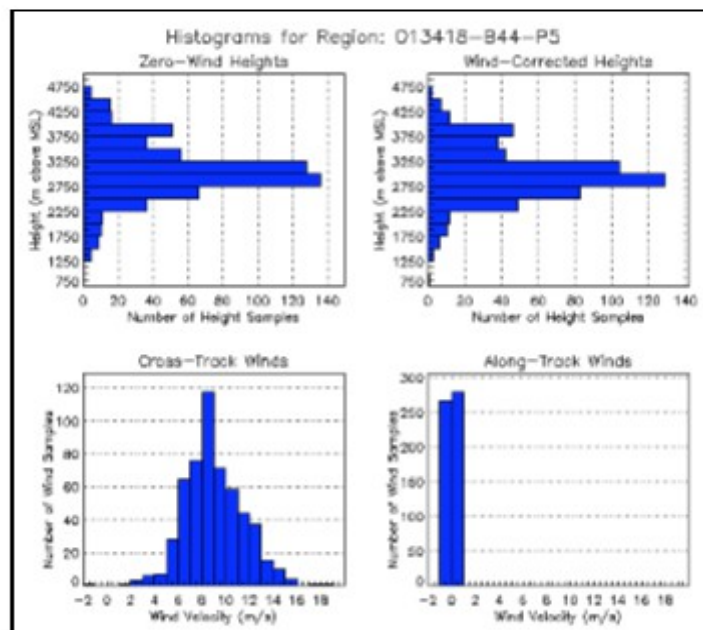
Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα που δημιουργούνται περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου. Το πρώτο είναι μία διπλή κατακόρυφη κατανομή που δείχνει ύψη με μηδενικό άνεμο (κόκκινοι σταυροί), τα διορθωμένα ύψη (μπλε τετράγωνα) και το ύψος του εδάφους (πράσινη γραμμή) στο πάνω τμήμα της Εικόνας 2.6, και τους καθετους στην τροχιά (κόκκινο σταυρούς) και κατά μήκος της τροχιάς ανέμους (μπλε τετράγωνα) στο κάτω τμήμα της. Ο οριζόντιος άξονας των σχεδιαγραμμάτων είναι η απόσταση του κάθε σημείου από την πηγή του πλουμίου φωτιάς, εκφρασμένη σε χιλιόμετρα. Οι κάθετοι άξονες για το ύψος και τον άνεμο είναι, αντίστοιχα, μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα του ανέμου θεωρείται θετική εάν η κατεύθυνση του ανέμου είναι προς τα βόρεια ή ανατολικά.

Το άνω τμήμα της Εικόνας 3.26 έχει επίσης δύο καφέ, οριζόντιες, διακεκομμένες γραμμές που αντιπροσωπεύουν εκτιμήσεις της μέγιστης και διάμεσου τιμής των διορθωμένων υψών του πλουμίου.



Εικόνα 3.26 Σχεδιαγράμματα Ύψους και Ανέμου για το πλούμο O13418-B44-P5 σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή.

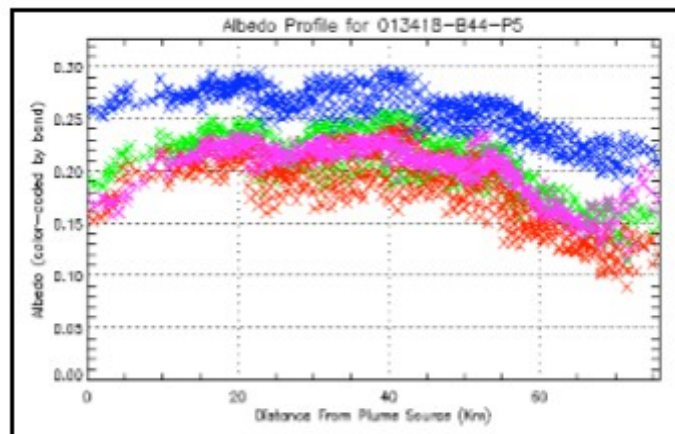
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα ιστογράμματα που αντιστοιχούν στα δεδομένα των εικόνων των σχεδιαγραμμάτων Ύψους και Ανέμων.



Εικόνα 3.27 Ιστογράμματα Ύψους και Ανέμου για το O13418-B44-P5 σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή.

Λευκότητα μεμονομένης σκέδασης (SSA)

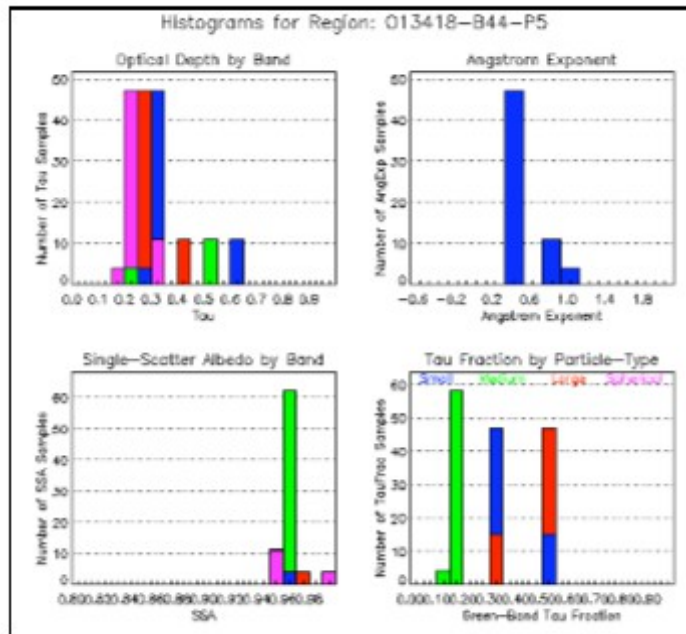
Κατά την ψηφιοποίηση δημιουργούνται δύο ακόμη εικόνες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις κατακόρυφες κατανομές της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR για τα σημεία του πολύγωνου του πλουμίου του καπνού. Αυτές οι τιμές είναι κατά προσέγγιση και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται ακρίβεια. Ένα παράδειγμα μίας κατακόρυφης κατανομής της λευκότητας παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 3.28. Τα εμφανιζόμενα χρώματα συσχετίζονται με τα χρώματα του αντίστοιχου εύρους του οργάνου MISR (η Αη αναπαρίσταται ως ροζ).



Εικόνα 3.28 Κατακόρυφη κατανομή λευκότητας για το πλούμιο 013418-B44-P5.

Ακόμα, εμφανίζεται ένα ιστόγραμμα ιδιοτήτων των αερολυμάτων που περιέχει τέσσερα τμήματα. Στα ιστογράμματα του οπτικού βάθους και της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης (SSA), τα χρώματα αντιστοιχούν στο αντίστοιχο εύρος. Για τα ιστογράμματα στο κάτω δεξιά τμήμα της Εικόνας 3.29, οι μπλε, πράσινοι και κόκκινοι ράβδοι αντιπροσωπεύουν μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια αντίστοιχα, ενώ οι ροζ γραμμές αντιπροσωπεύουν σφαιρικά σωματίδια. Θα πρέπει να συμπεράνουμε τη συχνότητα των μη-σφαιρικών σωματιδίων από τη συχνότητα των σφαιρικών σωματιδίων. Οι παραστάσεις αυτές των ιστογραμμάτων είναι μακριά από το ιδανικό, γιατί η συχνότητα στο ιστόγραμμα προσδιορίζεται μετρώντας σημεία 1100 μέτρα μακριά, ενώ η ανάλυση των εικονοστοιχείων των μετρήσεων αερολυμάτων είναι 17,6 km.

Μόλις εμφανιστεί η εικόνα του ιστογράμματος του αερολύματος, το πρόγραμμα θα λάβει αυτόματα ένα στιγμιότυπο του καθενός από τα τέσσερα σχεδιαγράμματα-εικόνες και θα αποθηκευτούν στον κατάλογο που ορίζεται στην τρίτη γραμμή του αρχείου "PlumeTerrainList.txt".



Εικόνα 3.29 Ιστογράμματα λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης όπως φαίνεται κάτω αριστερά, για το πλοίο O13418-B44-P5.

Τέλος, θα εμφανιστεί ένα αρχείο ASCII που περιέχει όλες τις παραπάνω πληροφορίες αναλυτικά και για κάθε σημείο που ψηφιοποιήθηκε. Το όνομα του αρχείου θα είναι "Plumes-<όνομα πλοίου>.txt και χρησιμοποιείται για περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η Εικόνα 3.30 παρουσιάζει τη δομή του αρχείου.

```

Orbit #      : 12310
Path #      : 19
Block #     : 80
Date Acquired : 2002-04-11
UTC Time    : 16:36:55
MINK Version : V1.0
User Name   : rachel

Terrain Radiance File : MISR_AMI_GRP_TERRAIN_CM_F019_0012310_AN_F03_0024.b30-84.hdf
Terrain Heights File  : MISR_AMI_AGP_F019_F01_24.hdf
Cam/Sun Geometry File : MISR_AMI_GP_GMP_F019_0012310_F03_0013.b30-84.hdf
SVM Classifiers File  : MISR_AMI_TC_CLASSIFIERS_F019_0012310_F05_0006.b30-84.hdf
Aerosol Product File  : MISR_AMI_AS_AEROSOL_F019_0012310_F09_0019.hdf

Region Name      : O12310-380-P1
Region Type     : Smoke plume
Region Data Quality : GOOD
First point longitude : -89.46560
First point latitude  : 13.64961
Perimeter length (km) : 61
Area (sq km)      : 182
Area per point (sq km) : 1.210
Total points in table : 149
Wind-corrected points : 77
Percent area covered : 51
Best Median Ht (m ASL) : 3177
Best Top Ht (m ASL)  : 3417
StdDev metric, corrrht : 63
Diff WindDir, AlongDir : 52
Power of fire in MW  : 0.0

-----
Long-   Lat-   Em to   Dg Cw   Terr   Feature Ht (m)   Windspeed (m/s)
itude itude Blk Samp Line   Pt 1 From H   Elev M/Wind W/Wind across along
-----
Albedo by Band   SS TOA   Optical Depth by Band   Single-Scattering Albedo
blue green red NIR Albedo   blue green red NIR   blue green red NIR
-----
Tau Fraction by Particle Type   Ang Power Refl   BT21   BT11   SST21   SST31
small median large spher   Exp   %Matt 0->1   deg K   deg K   deg K   deg K
-----

```

Εικόνα 3.30 Μορφή αρχείου ASCII

Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα

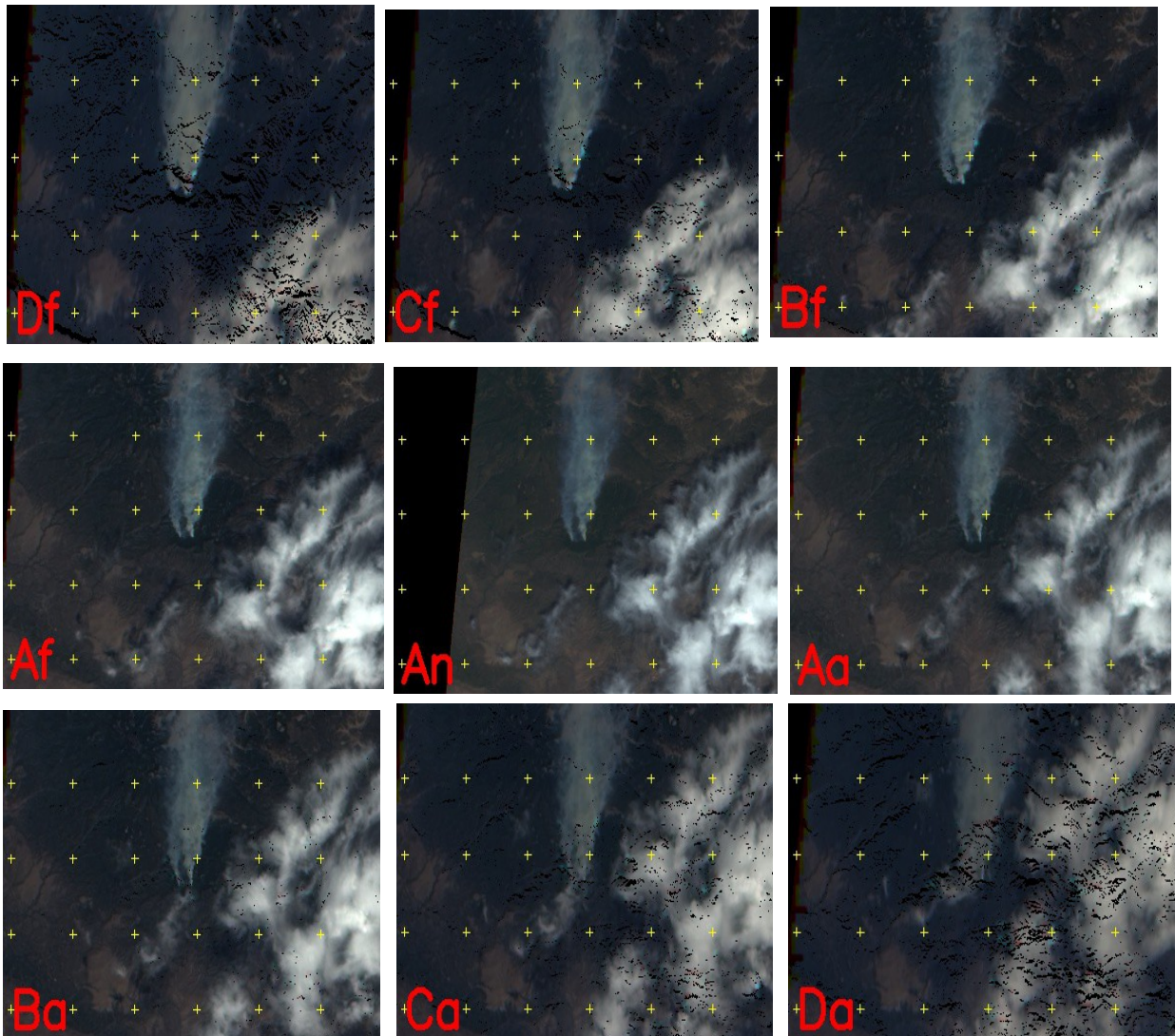
Μετά την ψηφιοποίηση κάθε πλουμίου, θα πρέπει να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα. Επιθεωρώντας προσεκτικά το ύψος και την κατακόρυφη κατανομή των ιδιοτήτων του ανέμου καθώς και το ύψος των εικόνων του χρωματικού κώδικα, γίνεται ο έλεγχος για τις τάσεις ή ανωμαλίες που μπορεί να είναι ενδεικτικά προβλήματα της ψηφιοποίησης. Το πιο κοινό πρόβλημα είναι η συμπερίληψη των σύννεφων νερού στο πλούμιο. Αυτό παρουσιάζεται συχνά ως μια ομάδα σημείων στ την κατακόρυφη κατανομή ύψους συγκεντρωμένα σε υψηλότερο επίπεδο από ό,τι τα σημεία του πλουμίου. Αυτό μπορεί να επηρεάσει σοβαρά τις εκτιμήσεις του ύψους του πλουμίου και πρέπει να διορθωθεί με τη διαγραφή του νέφους και την εκ νέου ψηφιοποίηση του πλουμίου.

Ένα άλλο κοινό πρόβλημα είναι ο προσδιορισμός μιας μη ρεαλιστικής ή λανθασμένης κατεύθυνσης του ανέμου. Αν έχουμε βάλει μια απότομη στροφή στη γραμμή κατεύθυνσης, ή αν ερμηνεύσαμε εσφαλμένα την κατεύθυνση του ανέμου, θα πρέπει να διαγράψετε τη διαδικασία και να αρχίσουμε την εκ νέου ψηφιοποίηση του πλουμίου. Αν διαπιστώσουμε ότι το πλούμιο έχει πολύ λίγες επιτυχημένες διορθωμένες ανακτήσεις ύψους, τότε μπορεί πρέπει να δοκιμάσουμε εκ νέου ψηφιοποίηση αρκετές φορές με ελαφρώς διαφορετικές γραμμές νέφους και κατευθύνσεις του ανέμου για να ελέγξουμε αν τα αποτελέσματα βελτιώνονται. Τέλος, αν οι διορθωμένες ανακτήσεις ύψους είναι πολύ αραιές για ένα πλούμιο του οποίου η κατεύθυνση του ανέμου είναι σχεδόν κατά μήκος της τροχιάς, τότε μπορούμε να δοκιμάσουμε ξανά ψηφιοποίηση με την κατεύθυνση του ανέμου 10-20 μοίρες μακριά από την κατεύθυνση της κατά μήκος τροχιάς.

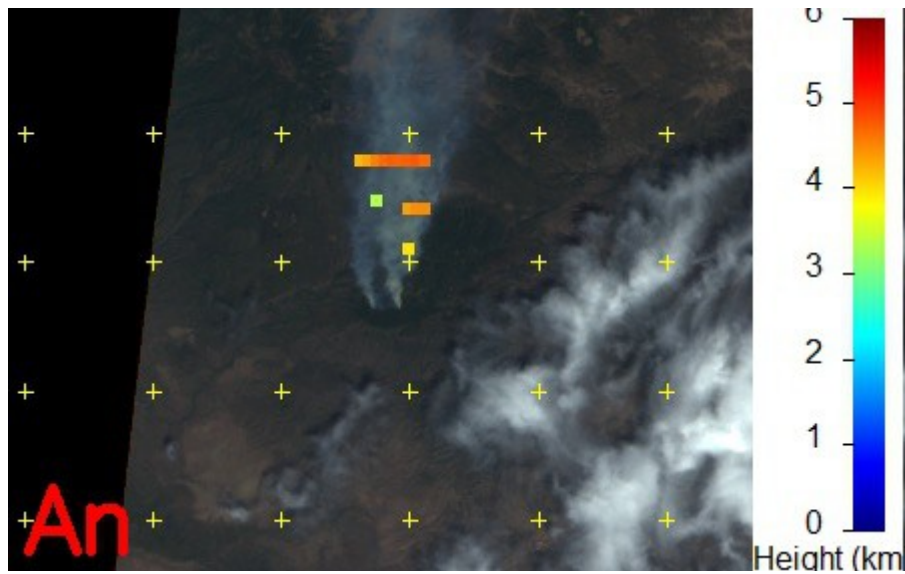
3.3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

3.3.1 WALLOW, NEW MEXICO

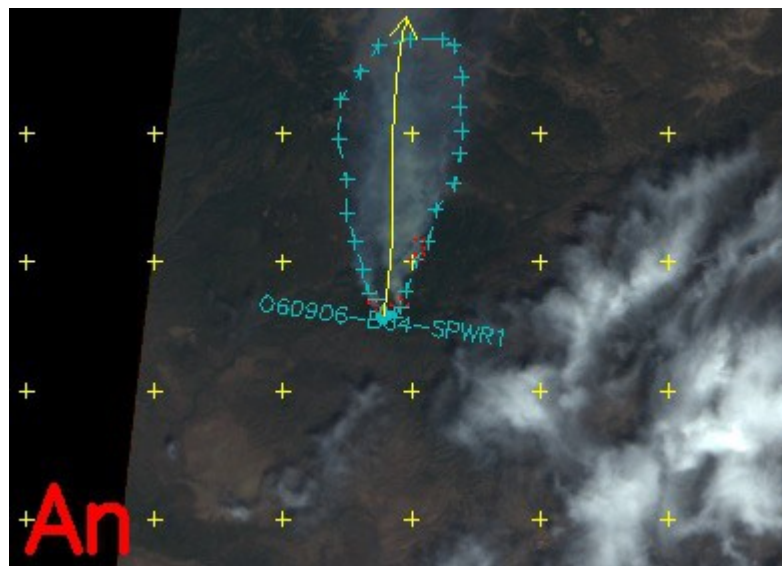
Η πυρκαγιά του Wallow, που ονομάστηκε για την περιοχή Bear Wallow, όπου η φωτιά ξεκίνησε, ήταν μία δασική πυρκαγιά στην ανατολική Αριζόνα και ένα μικρό μέρος του δυτικού Νέου Μεξικού, στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ξεκίνησε από μια εγκαταλελειμμένη εστία. Από τις 26 Ιουνίου 2011, είχαν καεί περίπου 2.180 km^2 , γεγονός που την ορίζει ως τη μεγαλύτερη πυρκαγιά που έχει καταγραφεί στην Αριζόνα. Παρόλα αυτά μόνο μια τροχιά θεωρήθηκε ικανή για ψηφιοποίηση, εφόσον για τις υπόλοιπες δεν υπήρχαν δεδομένα από το όργανο MODIS (hot spots) είτε η τροχιά δεν παρουσίαζε ολόκληρο το φαινόμενο, παρά μόνο ένα μέρος του. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR, σύμφωνα και με την χρονική εξέλιξη.



Εικόνα 3.31 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR.

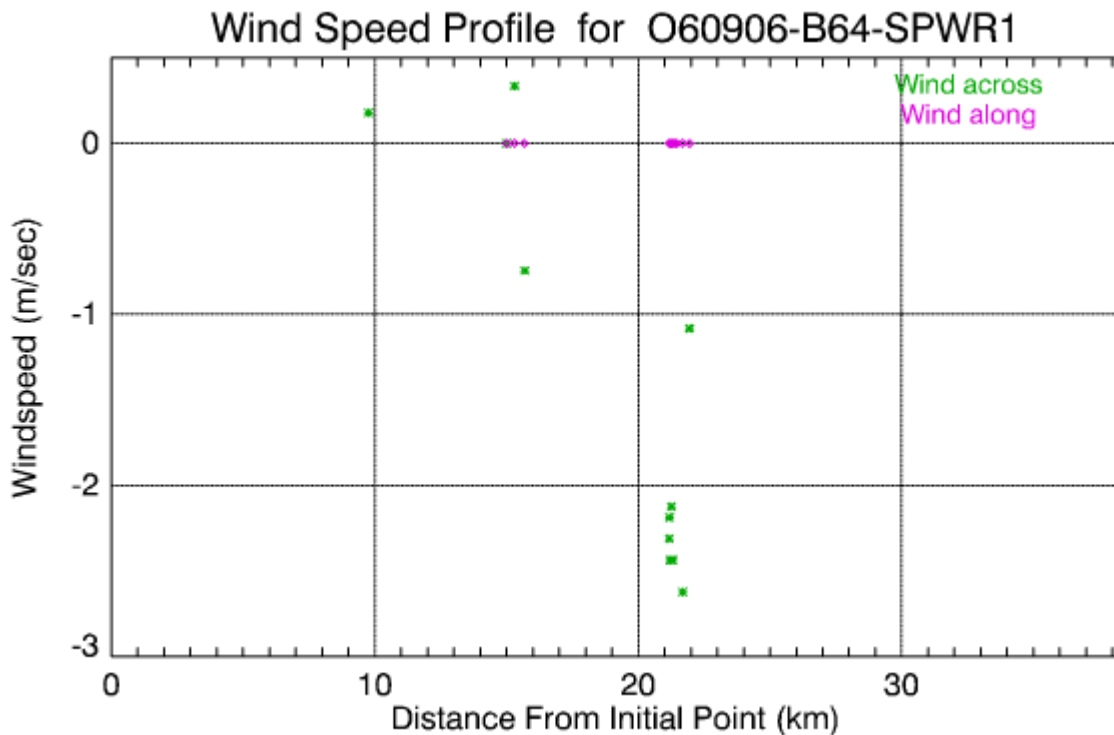
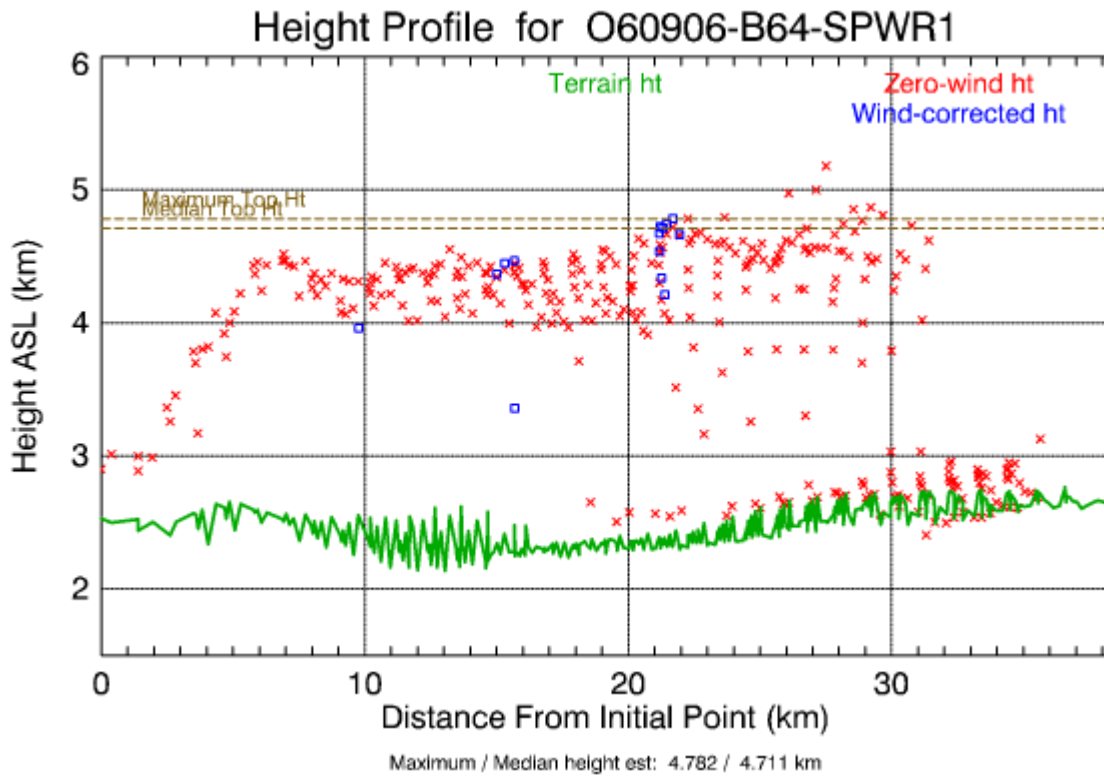


Εικόνα 3.32 Εικόνα του πλουμίου 060906-B34-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη

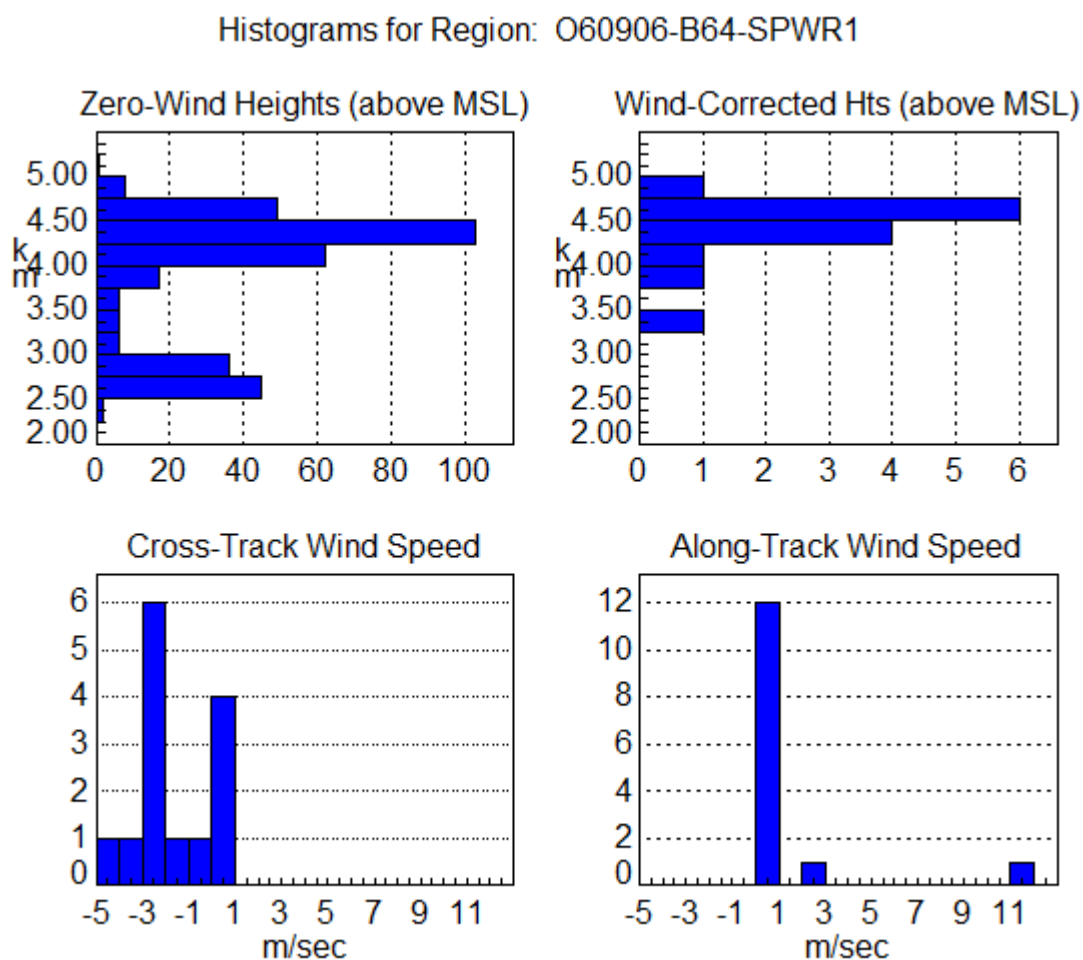


Εικόνα 3.33 Στην εικόνα παρουσιάζεται το πολύγωνο που σχεδιάστηκε κατά την ψηφιοποίηση του πλουμίου 060906-B34-SPWR1

Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρουσιάζονται οι πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου. Παρατηρούμε ο,τι τα διορθωμένα ύψη είναι πολύ λίγα, πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να επαναληφθεί η ψηφιοποίηση, αλλά και κατά την διαδικασία της δεύτερης ψηφιοποίησης τα αποτελέσματα παραμένουν ίδια. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 10 με 30 km από την πηγή και σε ύψος 4 με 5 km από την επιφάνεια της θάλασσας, περίπου 2,3 με 3,5 km από την επιφάνεια του εδάφους.

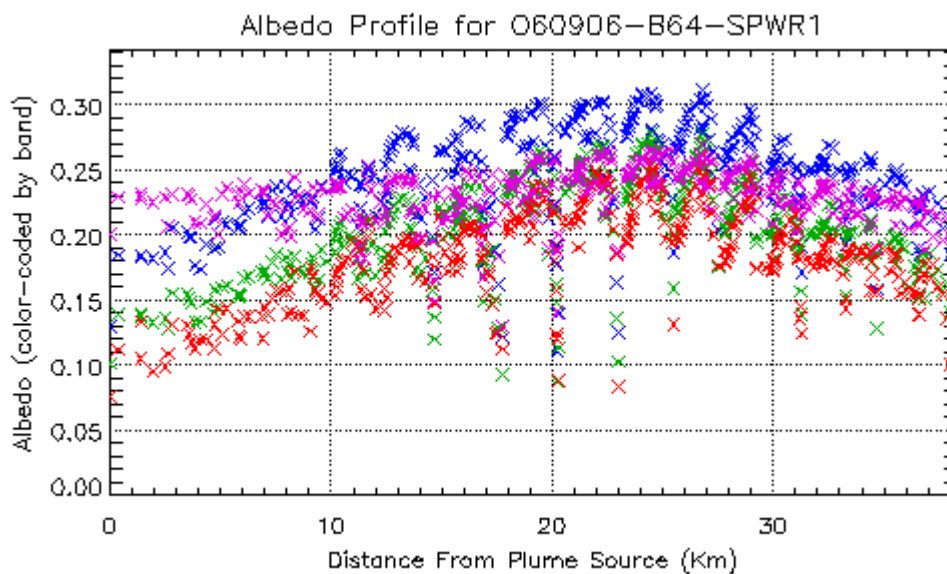


Η Εικόνα 3.35 περιέχει πληροφορίες που φαίνονται και στο παραπάνω γράφημα. Στα δύο γραφήματα που βρίσκονται στο πάνω μέρος φαίνονται τα ύψη μηδενικού ανέμου και τα ύψη σύμφωνα με την διόρθωση του ανέμου. Παρατηρούμε ότι τα ιστογράμματα έχουν πολύ κοντινά αποτελέσματα και αυτο γιατί οι διορθώσεις του ανέμου ήταν λίγες. Στα γραφήματα του κάτω μέρους βλέπουμε την ταχύτητα του κατα μήκος και κάθετου ανέμου. Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα του ανέμου κατά μήκος της τροχιάς είναι μηδενική, γιατί στην ψηφιοποίηση το διάνυσμα του ανέμου ορίστηκε σχεδόν κάθετα της τροχιάς.



Εικόνα 3.35 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου.

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται η κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR. Αυτές οι τιμές είναι κατά προσέγγιση και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται ακρίβεια.



Εικόνα 3.36 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Τα δεδομένα του γραφήματος παρουσιάζονται στα παρακάτω ιστογράμματα. Στο πρώτο (πάνω αριστερά), που παρουσιάζεται το οπτικό βάθος, και στο τρίτο η λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης, όπου το κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη δέσμη. Για το ιστόγραμμα κάτω δεξιά, που αναφέρεται μόνο στην πράσινη δέσμη, τα διαφορα χρώματα αντιπροσωπεύουν τους διαφορετικούς τύπους σωματιδίων. Πιο συγκεκριμένα, οι μπλε, πράσινες και κόκκινες ράβδοι αντιπροσωπεύουν τα μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια, ενώ η ροζ ράβδος αντιπροσωπεύει τα σφαιρικά. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά σωματίδια.

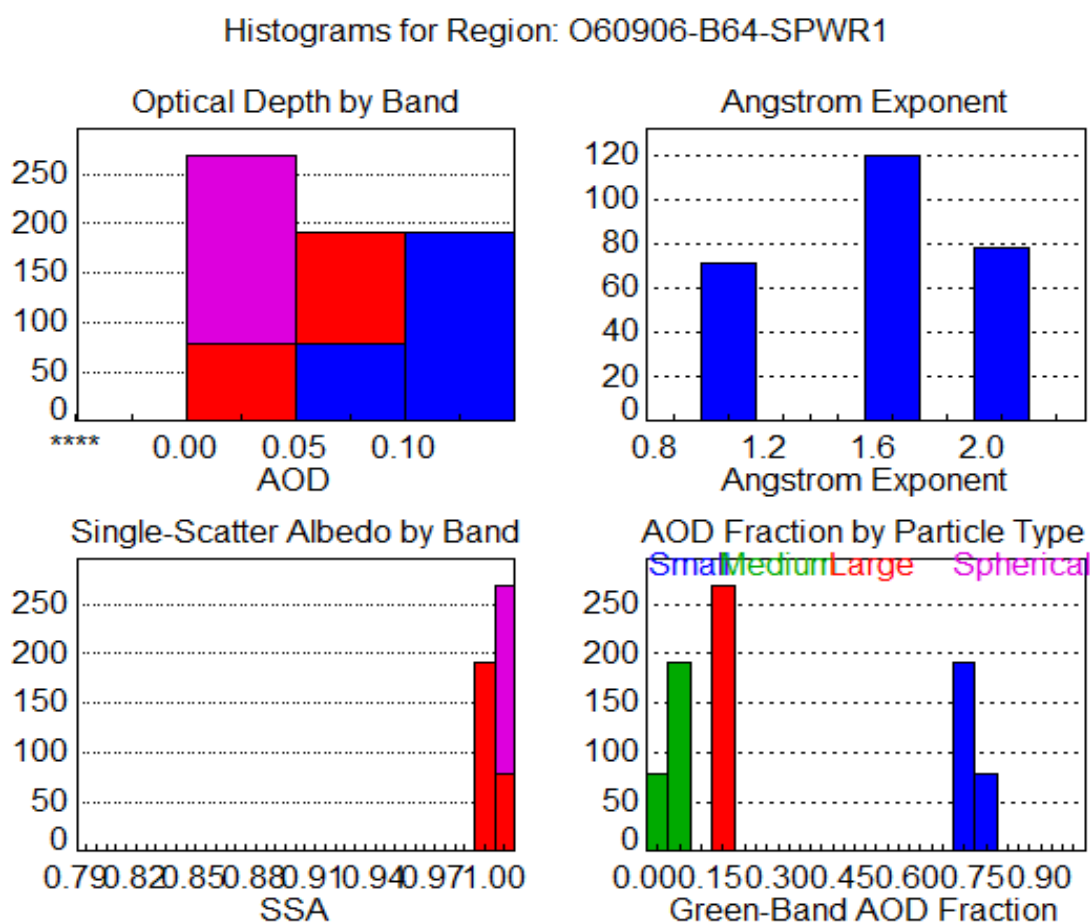
4 spectral bands
at each angle:
446 nm ± 21 nm
658 nm ± 15 nm
672 nm ± 11 nm
866 nm ± 20 nm

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. Υπάρχουν τέσσερις δέσμες σε κάθε κάμερα με πα μήκη κύματος όπως παρουσιάζονται, σε αντιστοιχία με το χρώμα. Υπάρχουν περίπου 270 δείγματα που ανιχνεύτηκαν από την κόκκινη και την ροζ δέσμη που έχουν οπτικό βάθος από 0 έως 0.05, και πιο συγκεκριμένα 80 δείγματα ανιχνεύτηκαν από την κόκκινη και 90 δείγματα απο την ροζ δέσμη. Ακόμα, περίπου 190 δείγματα, 110 ανιχνευμένα απο την μπλε και 80 απο την κόκκινη δέσμη, έχουν οπτικό βάθος από 0.05 έως 0.1. Τέλος, η μπλε δέσμη ανίχνευσε 190 δείγματα με οπτικό βάθος από 0.1 έως 0.15.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζεται ο εκθέτης Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. 70 σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $1,0 \pm 0,2$, 120 σωματίδια με εκθέτη $1,65 \pm 0,2$ και 79 σωματίδια με εκθέτη $2,1 \pm 0,2$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι όλα σχεδόν τα σωματίδια που ανιχνεύτηκαν έχουν πολύ υψηλή τιμή, και πιο συγκεκριμένα, 270 σωματίδια έχουν τιμές $0,99 \pm 0,01$ και 190 σωματίδια με τιμές $0,89 \pm 0,01$.

Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.



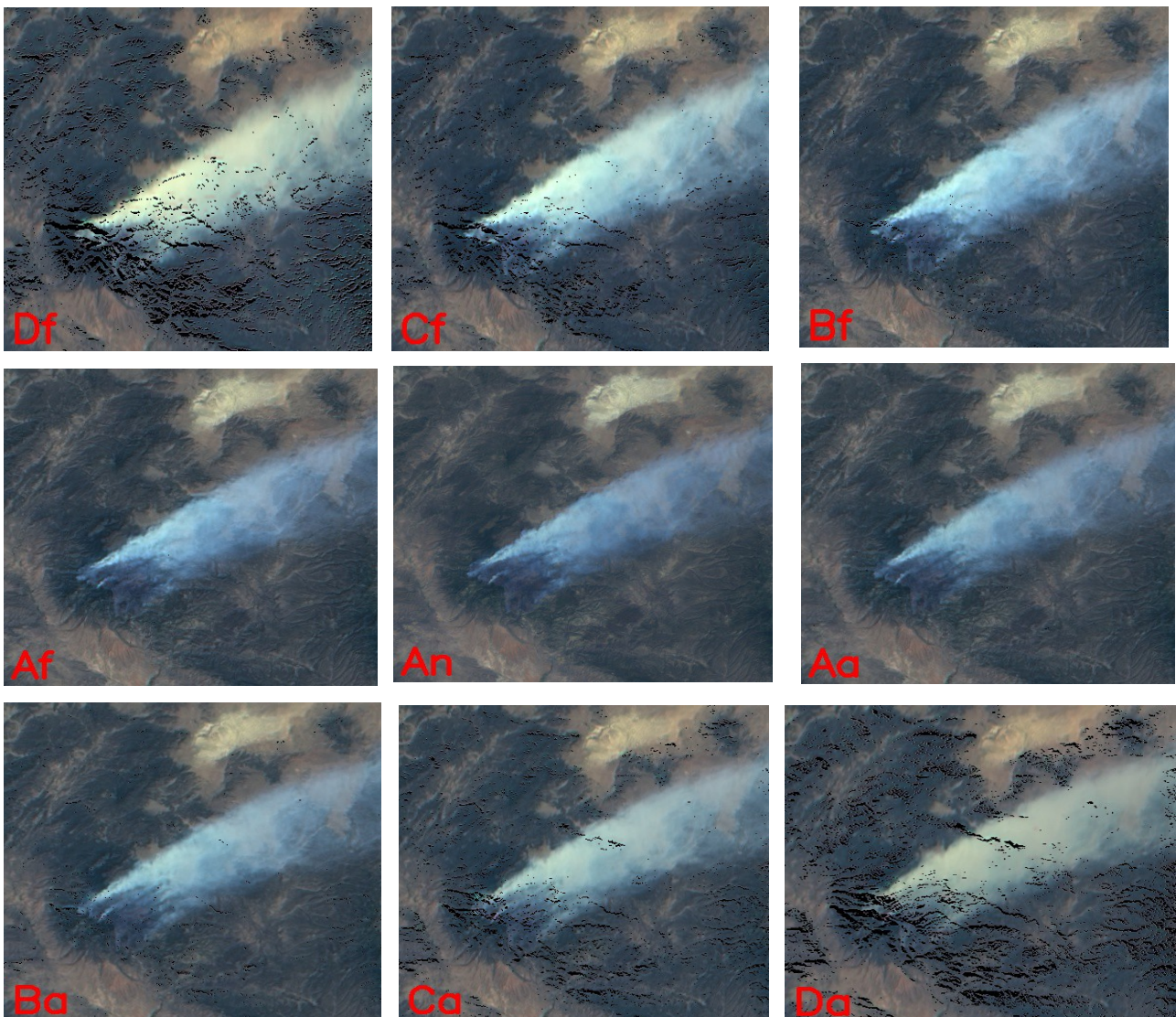
Εικόνα 3.37 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

3.3.2 Whitewater-Baldy

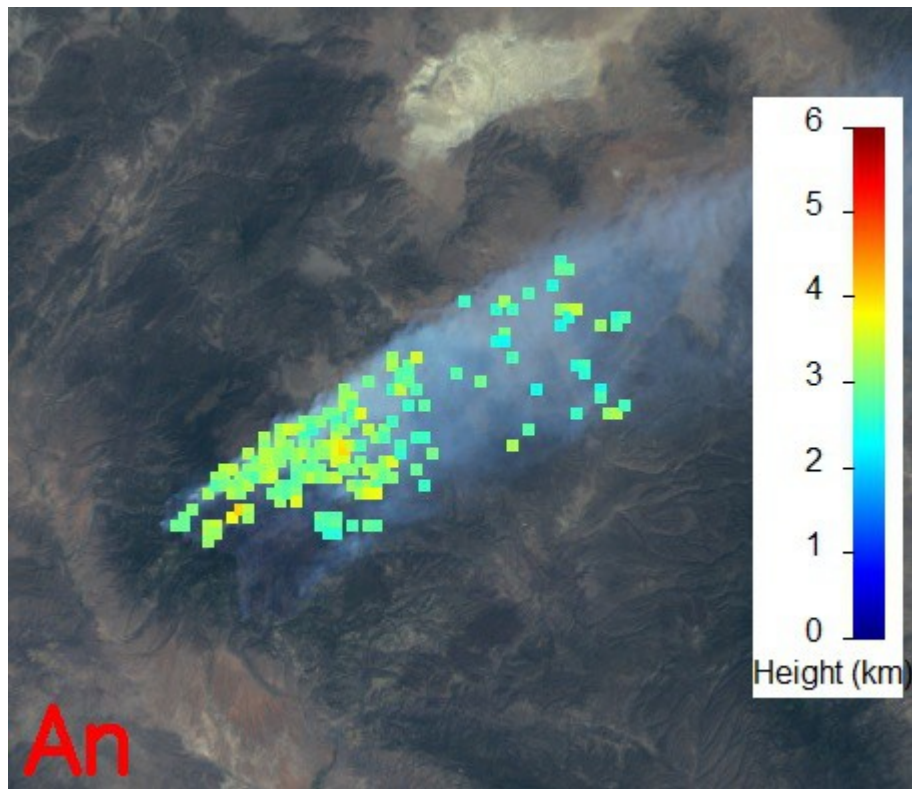
Η πυρκαγιά στο Whitewater-Baldy ξεκίνησε στις 9 Μαΐου, 2012 στην περιοχή Catron, στο Νέο Μεξικό, Ηνωμένες Πολιτείες. Από τις 23 Ιουλίου, η φωτιά έκαψε πάνω από 297.845 στρέμματα δάσους, καθιστώντας την έτσι ως τη μεγαλύτερη πυρκαγιά στην ιστορία της κοινοπολιτείας του Νέου Μεξικού. Η φωτιά επεκτάθηκε κυρίως στην περιοχή Gila, όπου βρίσκεται και το βουνό Whitewater-Baldy από το οποίο πήρε το όνομά της η πυρκαγιά. Για την ψηφιοποίηση της πυρκαγιάς θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα τριών τροχιών, καθώς η διάρκεια της πυρκαγιάς ήταν τέτοια που παρά το φιλτράρισμα των τροχιών, υπήρξαν αρκετές που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις για ψηφιοποίηση.

Τροχιά 66134

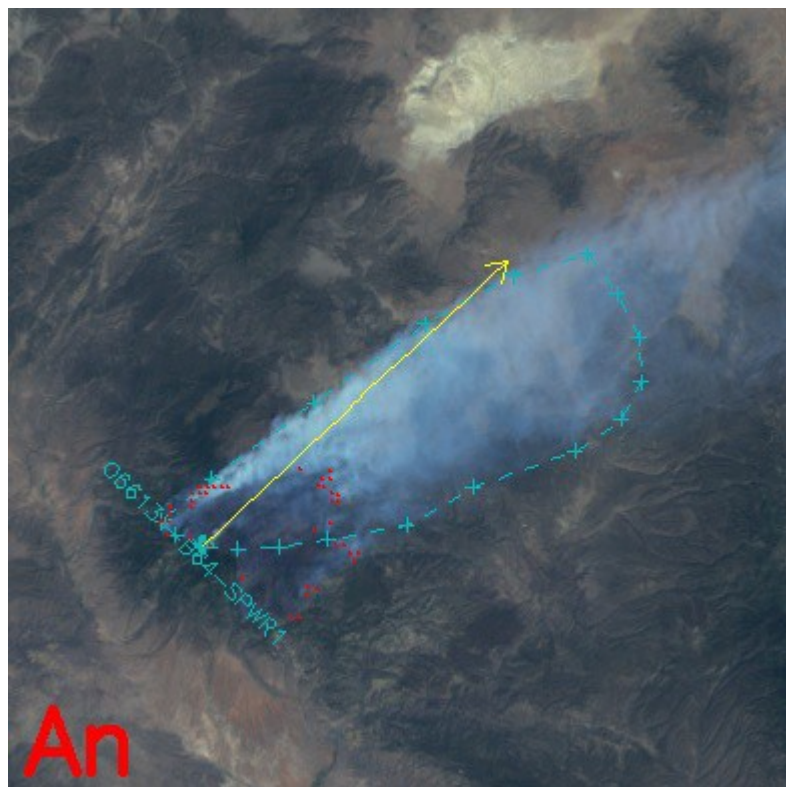
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR της τροχιάς 66134.



Εικόνα 3.38 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 66134.

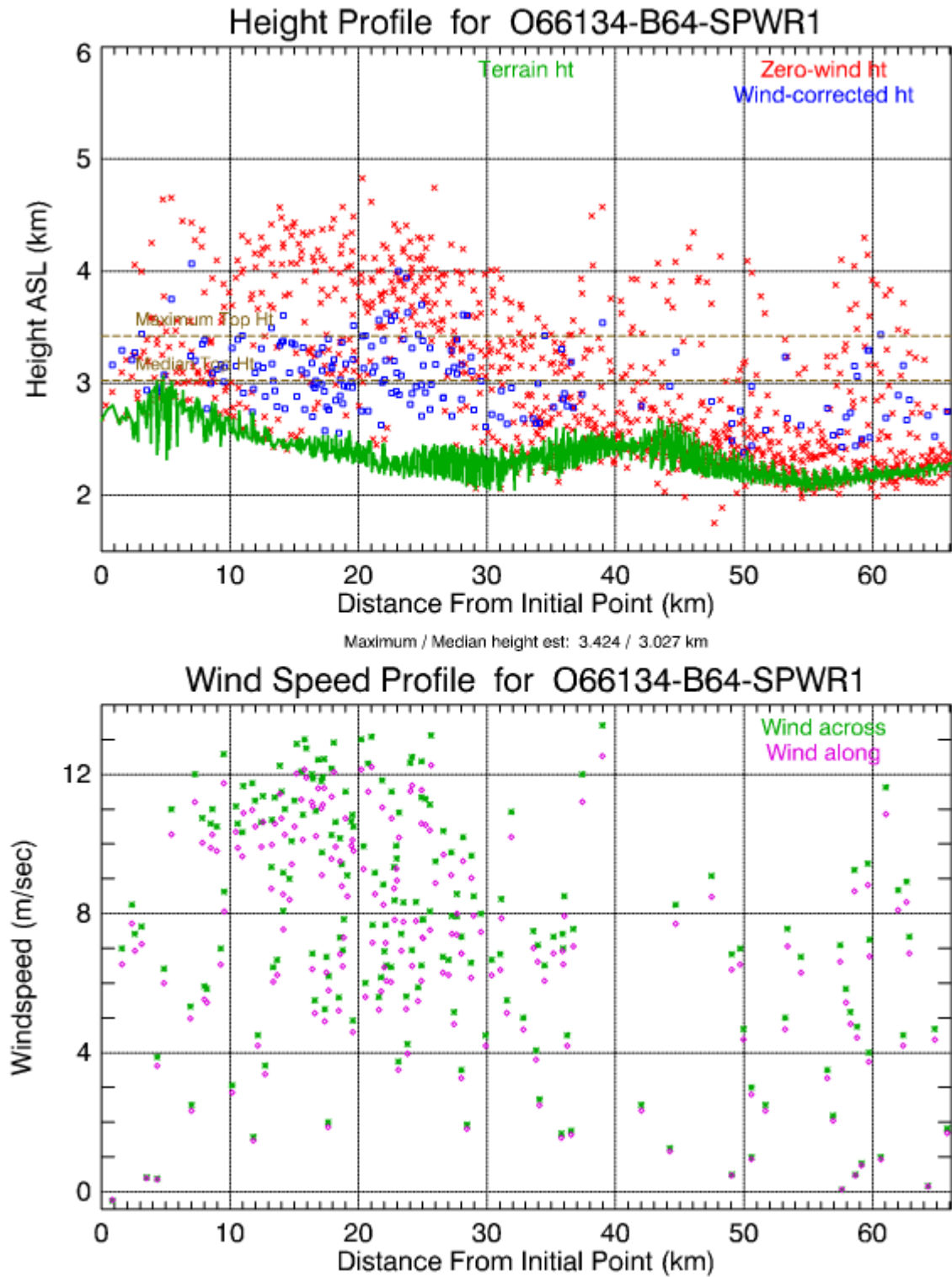


Εικόνα 3.39 Εικόνα του πλουμίου 066134-B64-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη

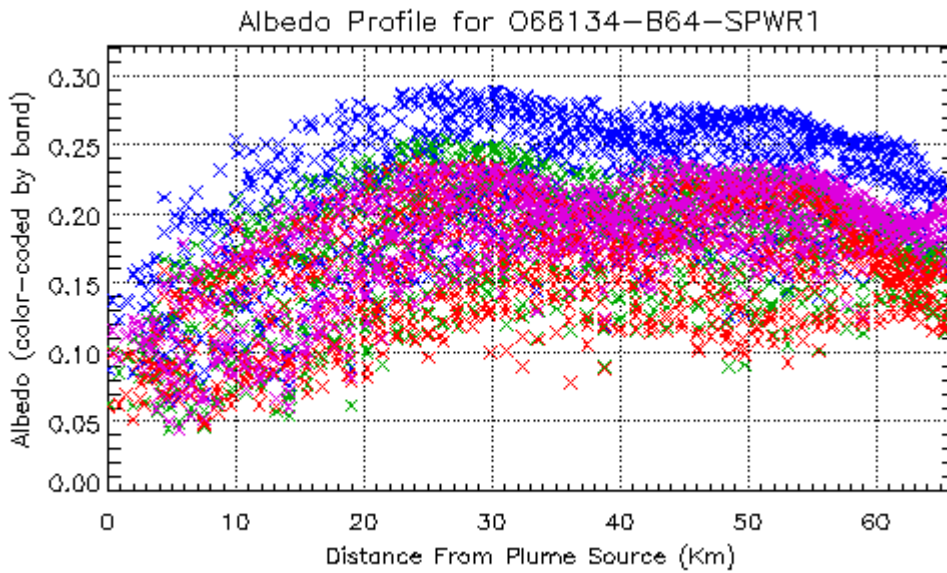


Εικόνα 3.40 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 066134-B64-SPWR1

Σχεδιαγράμματα ανάκτησης ύψους του πλουμίου. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 10 με 40 km από την πηγή και σε ύψος 0,5 με 2 km από την επιφάνεια του εδάφους. Μετά τα 40 km από την πηγή, υπάρχουν πολλά σωματίδια πολύ κοντά στο έδαφος.

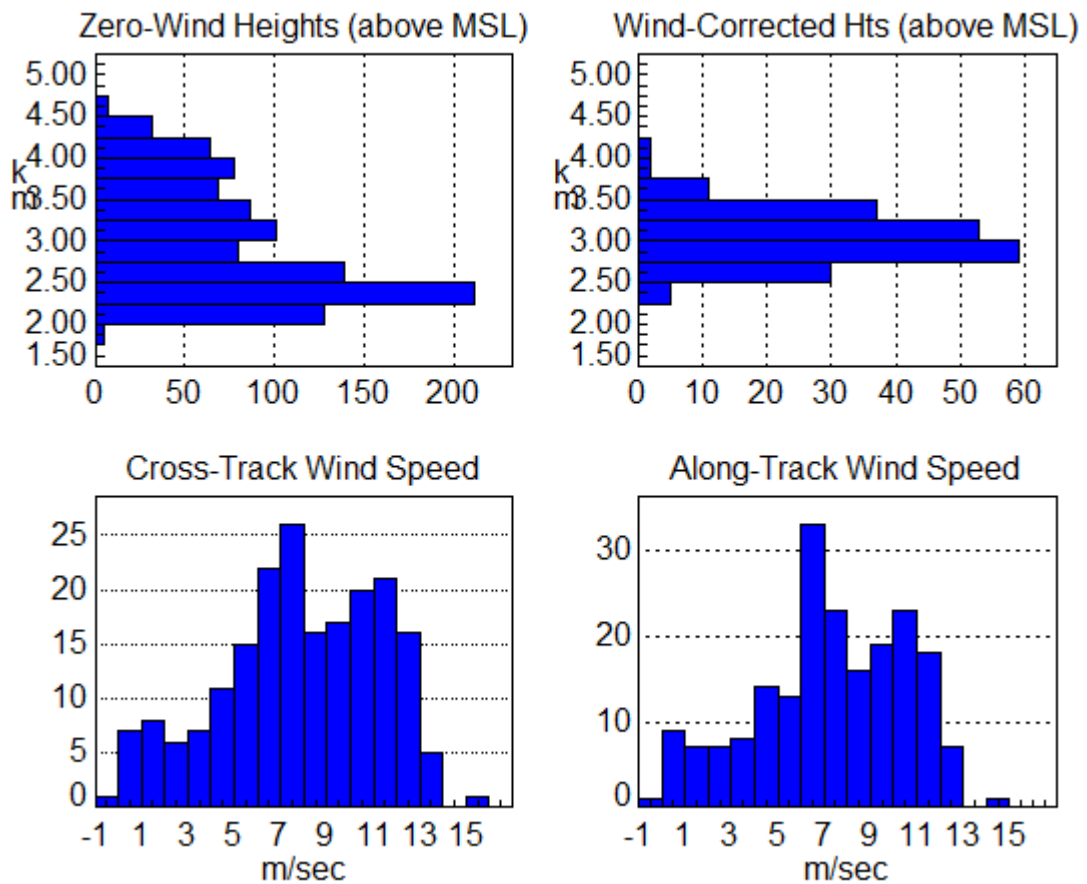


Εικόνα 3.41 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.42 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Histograms for Region: O66134-B64-SPWR1



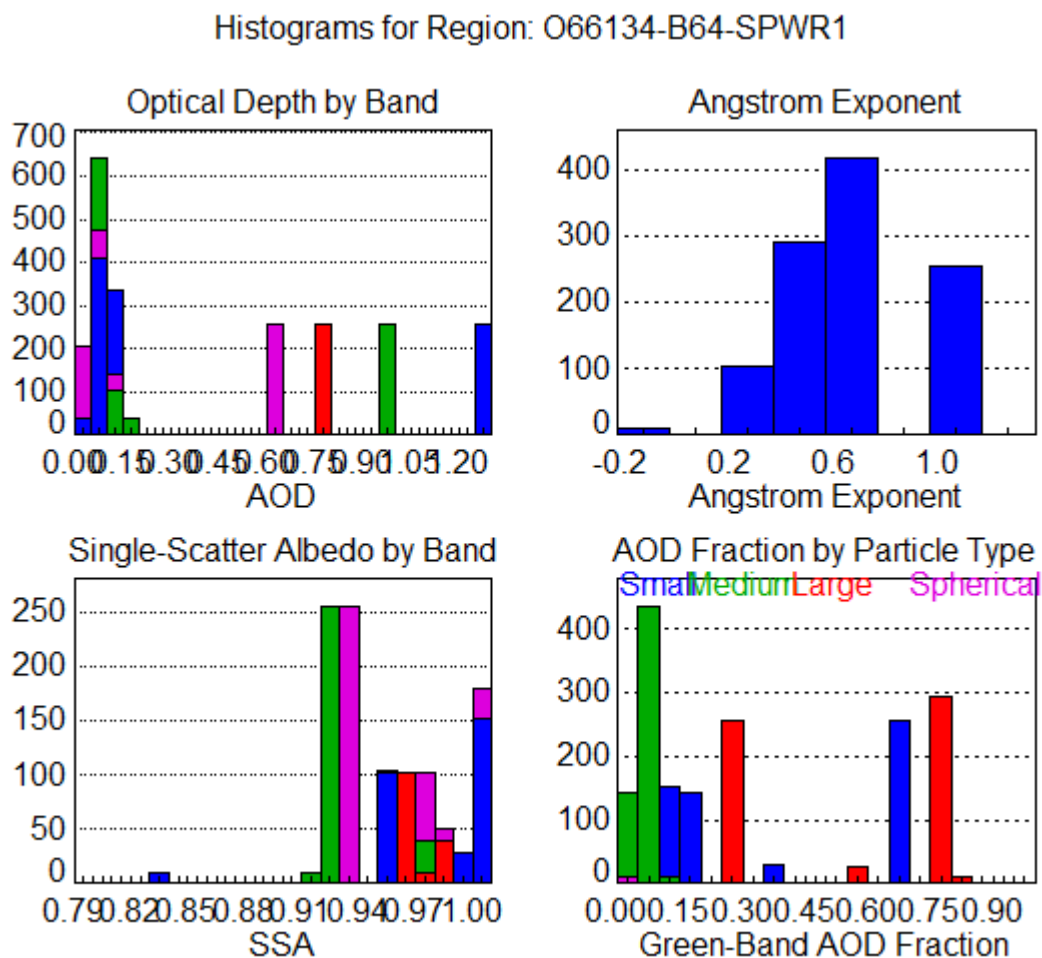
Εικόνα 3.43 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. Τα περισσότερα σωματίδια που ανιχνεύθηκαν έχουν οπτικό βάθος από 0 έως 0.15 και 250 σωματίδια βρέθηκε να έχουν κάθε ένα απο τα οπτικά βάθη 0,57 - 0,63, 0,72 - 0,78 και 1,23-1,29.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Βλέπουμε ότι 10 σωματίδια ανιχνεύθηκαν με εκθέτη $-0,1 \pm 0,1$, 100 σωματίδια με εκθέτη $0,3 \pm 0,1$ και 290 σωματίδια με εκθέτη $0,5 \pm 0,1$. Επίσης, 420 σωματίδια είχαν τιμή $0,7 \pm 0,1$ και 250 είχαν τιμή $1,1 \pm 0,1$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι όλα σχεδόν τα σωματίδια που ανιχνεύθηκαν έχουν υψηλή τιμή, και πιο συγκεκριμένα από 0.910 έως 1.00. Μόνο 10 σωματίδια είχαν τιμή $0,825 \pm 0,005$.

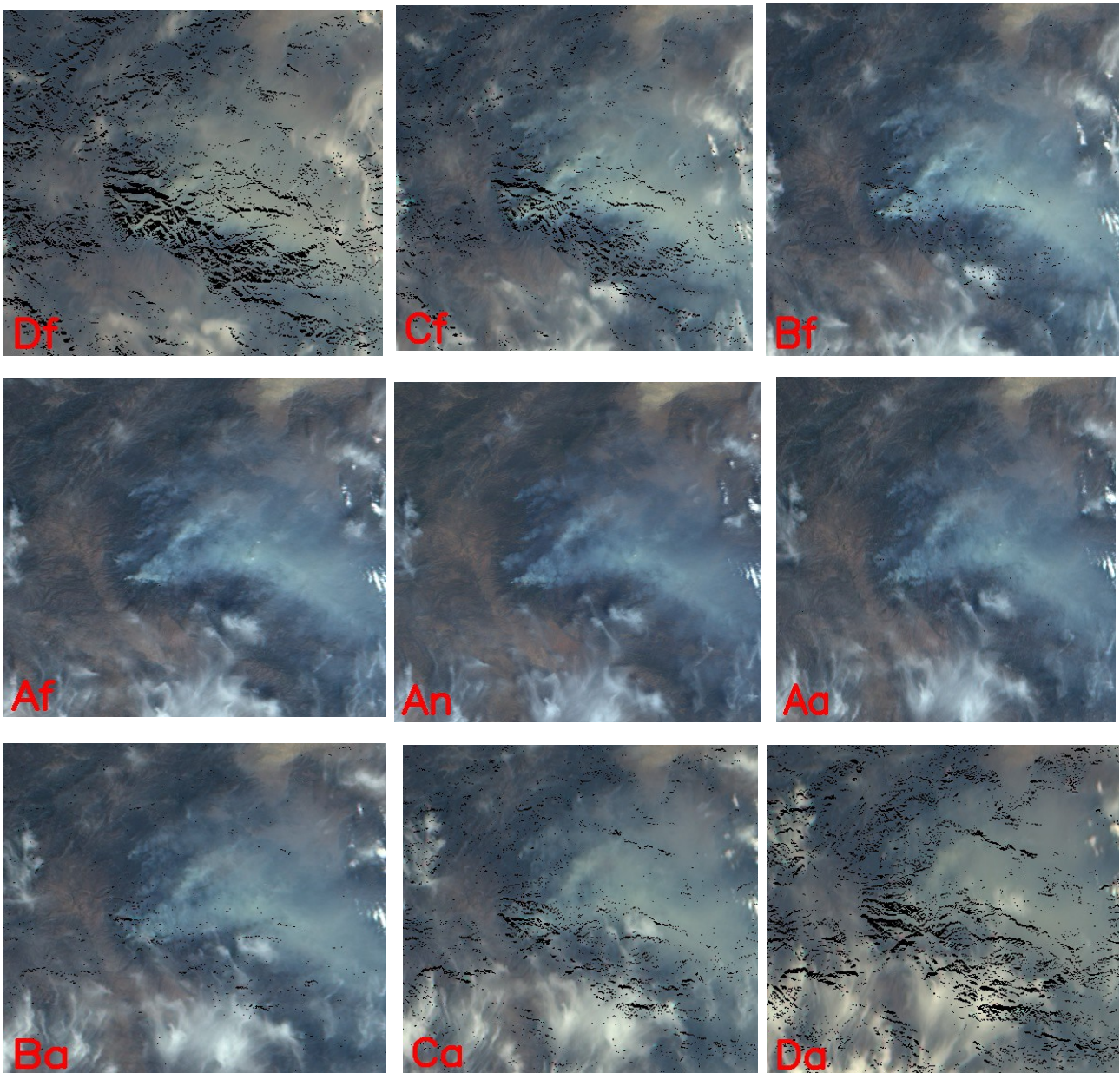
Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι έχουμε και 10 περίπου σφαιρικά δείγματα.



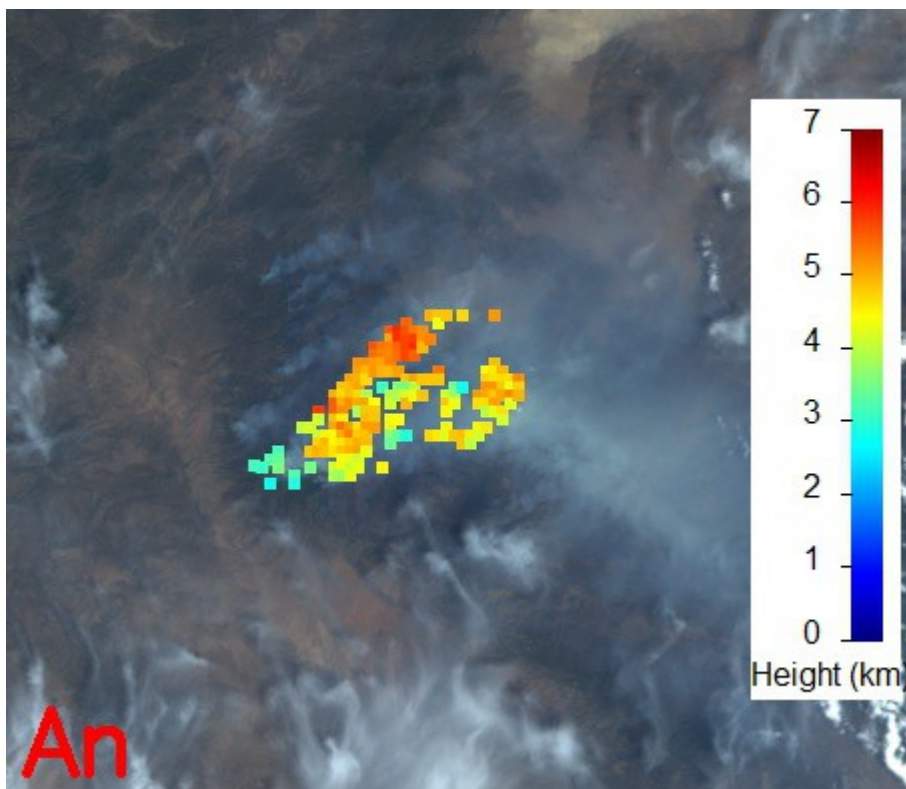
Εικόνα 3.44 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύθηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

Τροχιά 66265

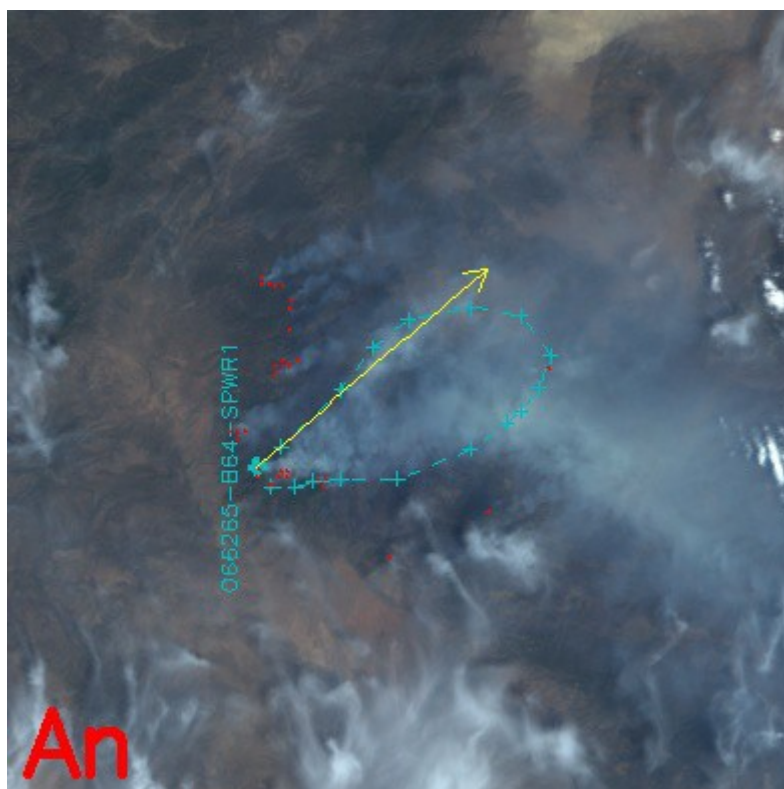
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR της τροχιάς 66265.



Εικόνα 3.45 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 66265.

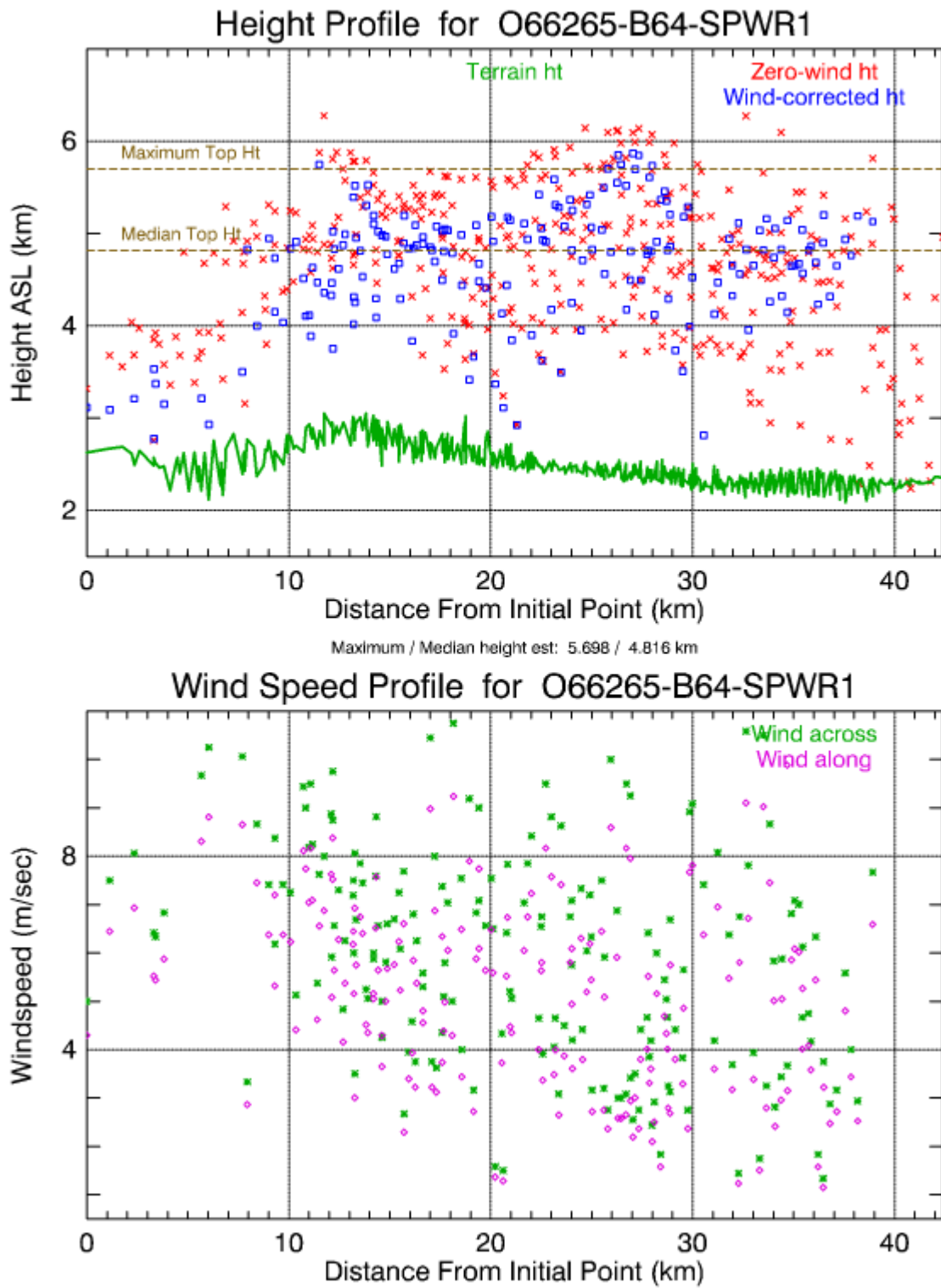


Εικόνα 3.46 Εικόνα του πλουμίου 066265-B64-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη

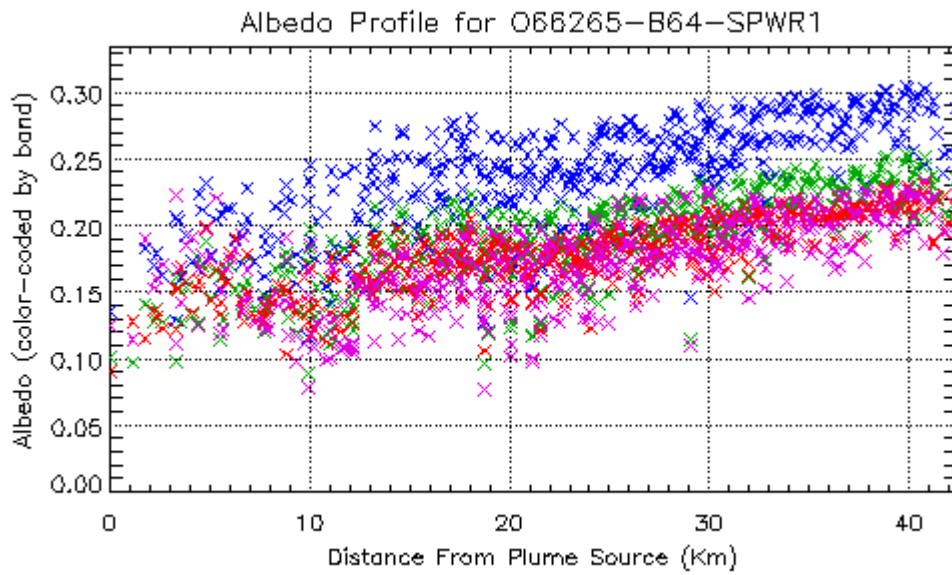


Εικόνα 3.47 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 066265-B64-SPWR1.

Σχεδιαγράμματα ανάκτησης ύψους του πλουμίου. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 10 με 35 km από την πηγή και σε ύψος 1,8 με 3,8 km από την επιφάνεια του εδάφους.

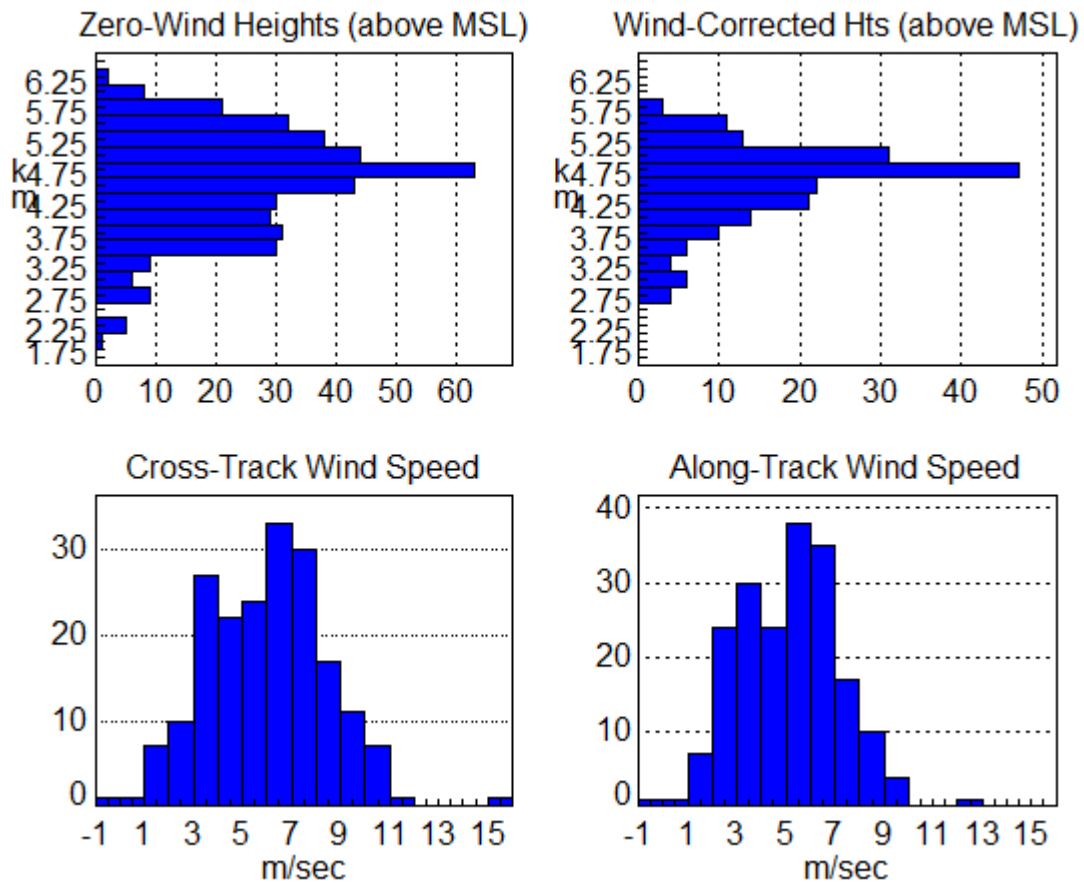


Εικόνα 3.48 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.49 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Histograms for Region: O66265-B64-SPWR1



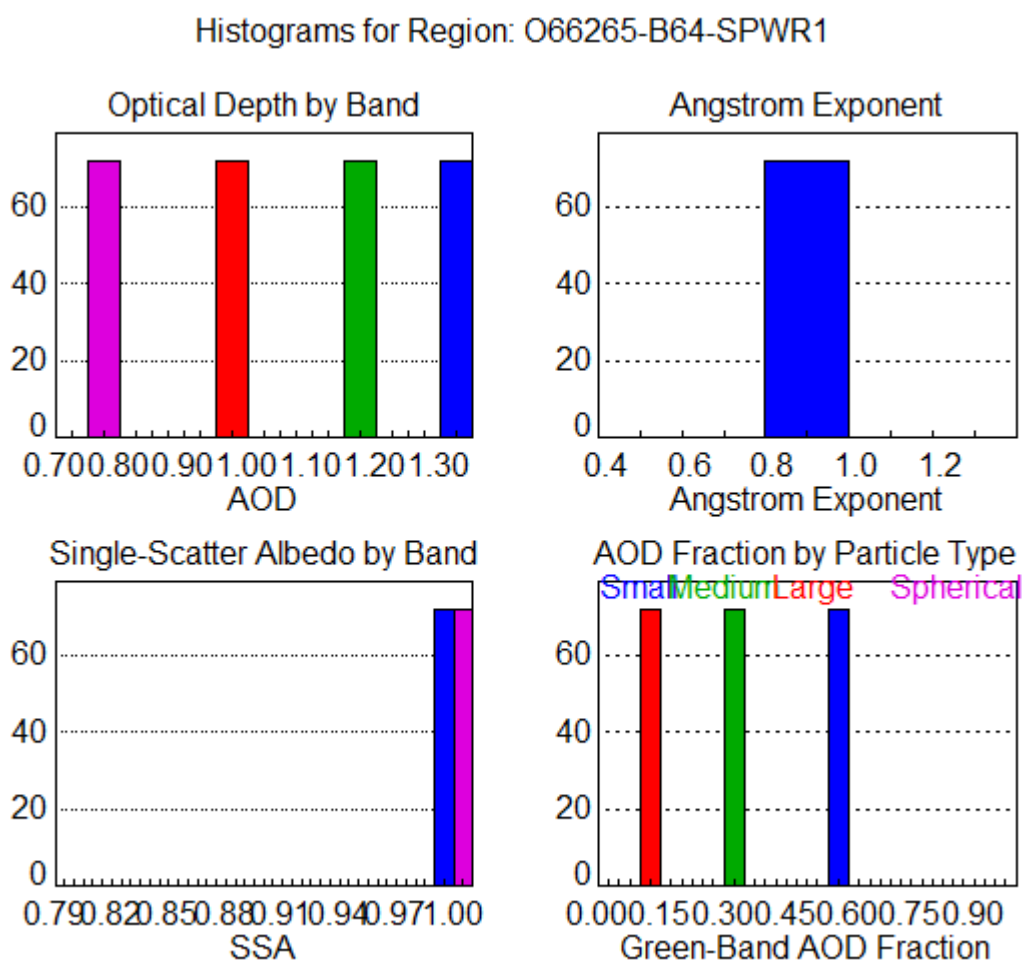
Εικόνα 3.50 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου. Δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλείσεις μεταξύ των δεδομένων μηδενικού ανέμου και διορθωμένης ανάκτησης.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Βλέπουμε ότι 70 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $0,9 \pm 0,1$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι όλα τα σωματίδια που ανιχνεύτηκαν έχουν υψηλή τιμή, και πιο συγκεκριμένα από 0.980 έως 1.00.

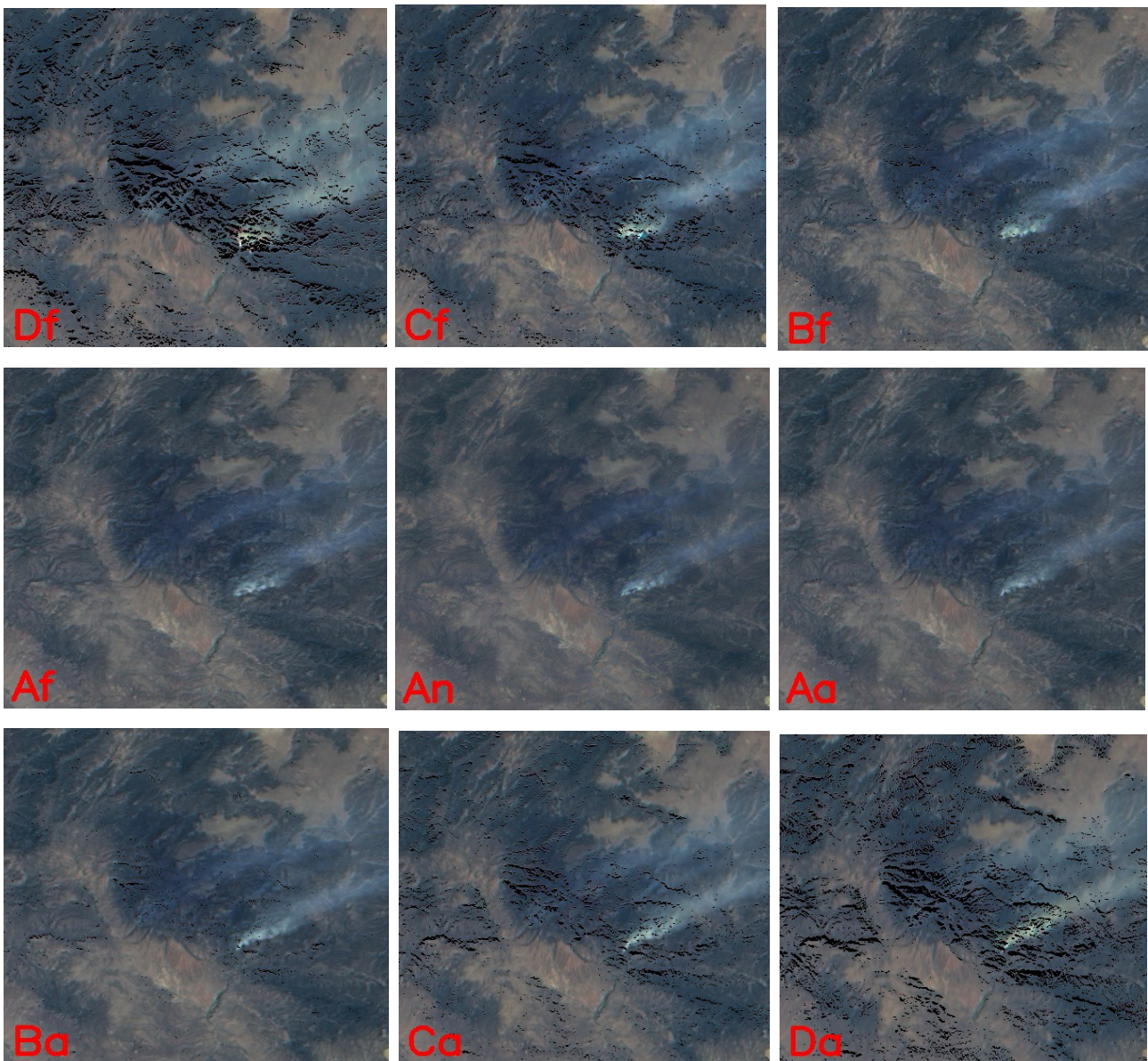
Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά δείγματα.



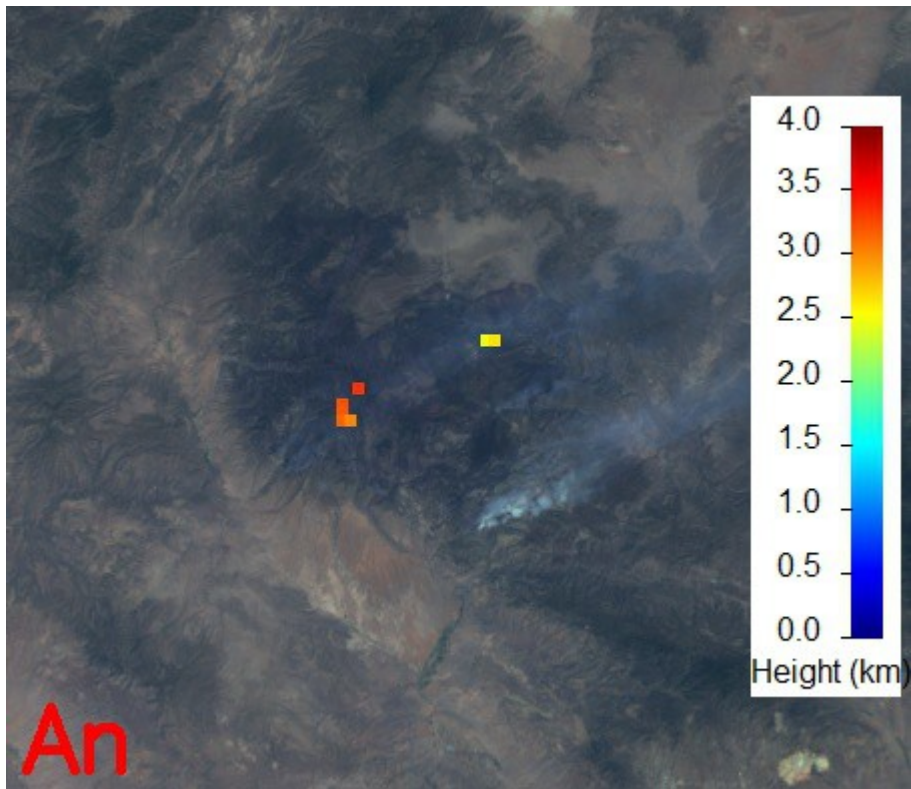
Εικόνα 3.51 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

Τροχιά 66367

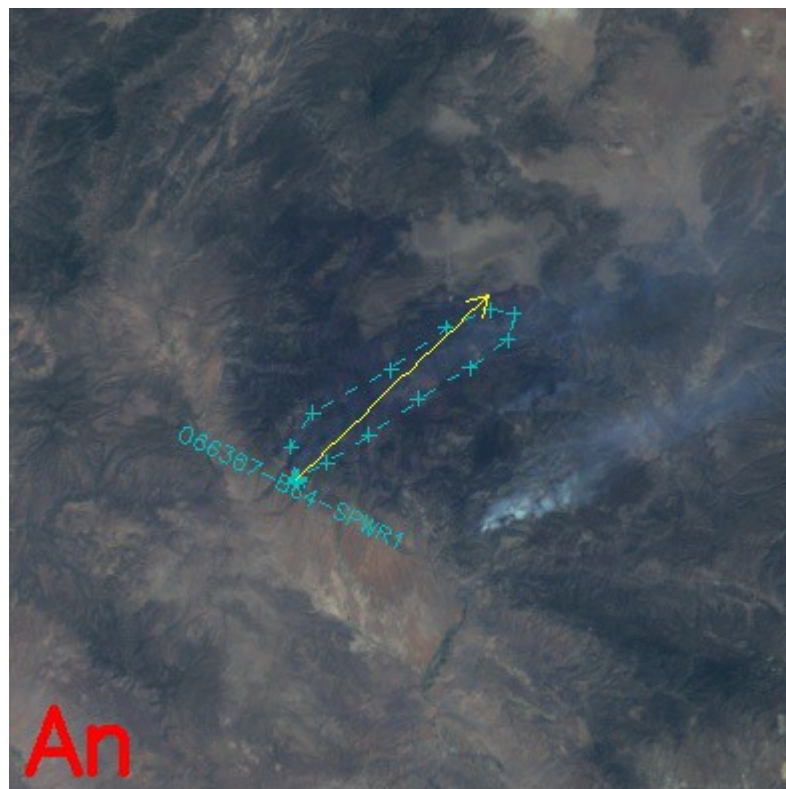
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR της τροχιάς 66367.



Εικόνα 3.52 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 66367.

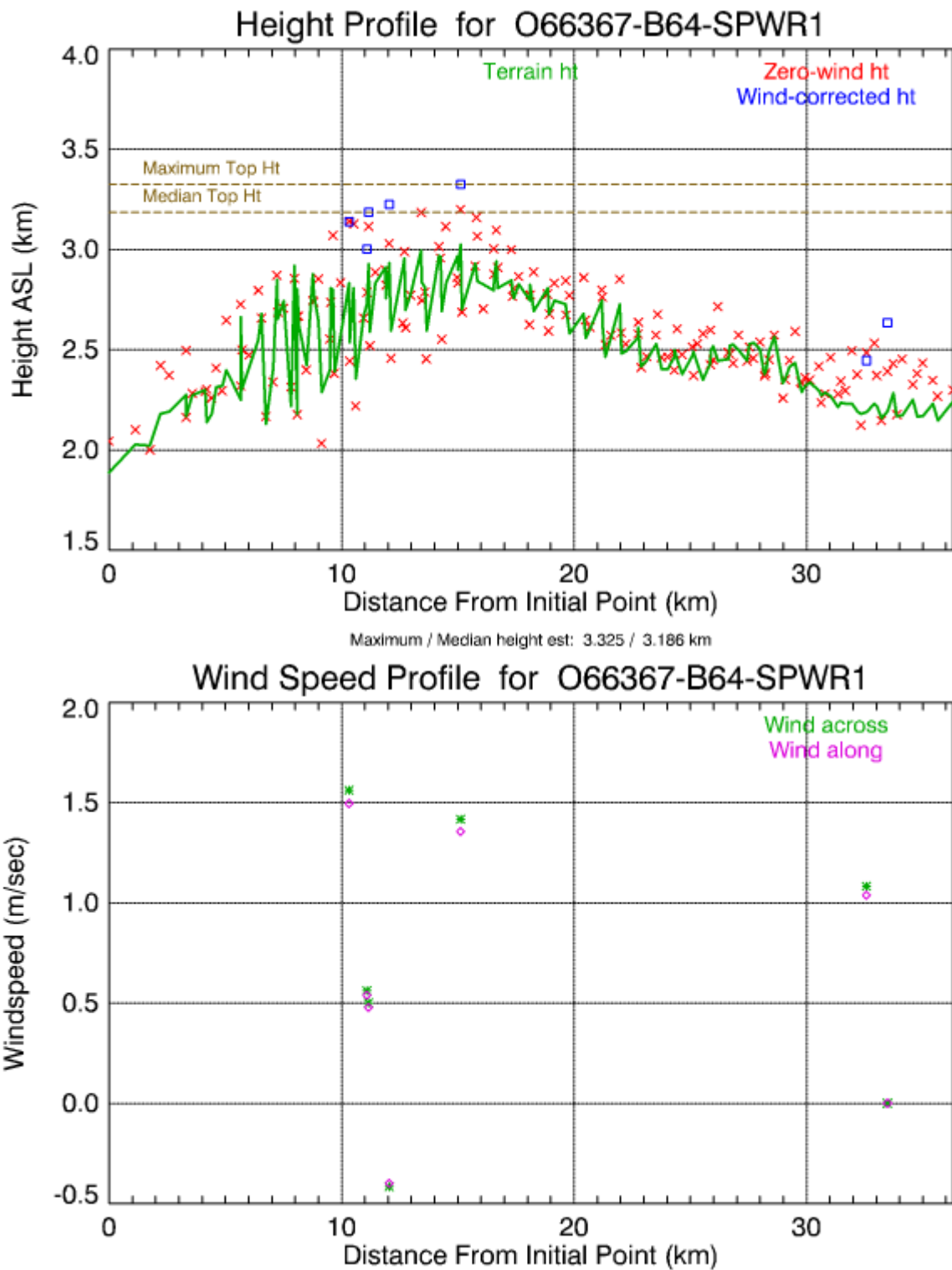


Εικόνα 3.53 Εικόνα του πλουμίου 066367-B64-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

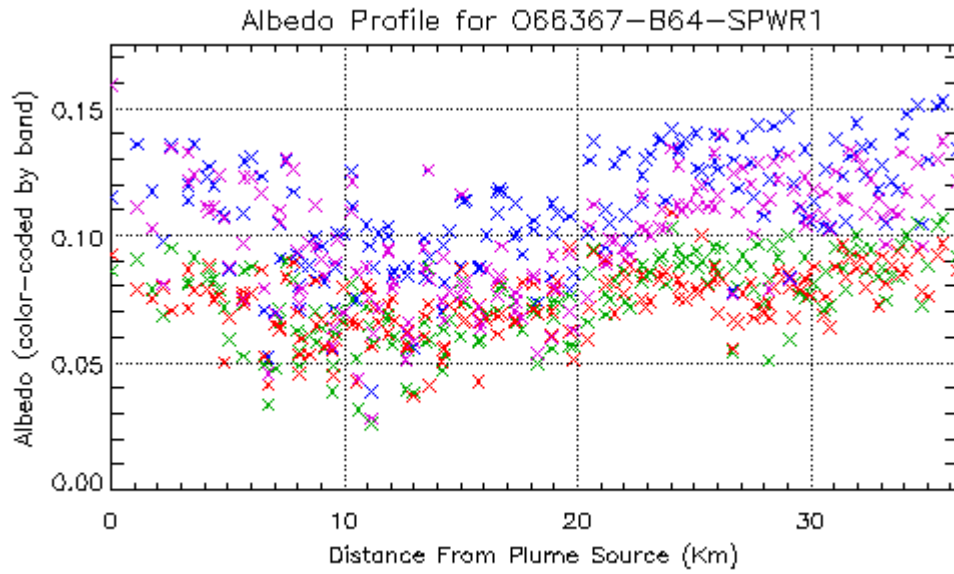


Εικόνα 3.54 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 066367-B64-SPWR1

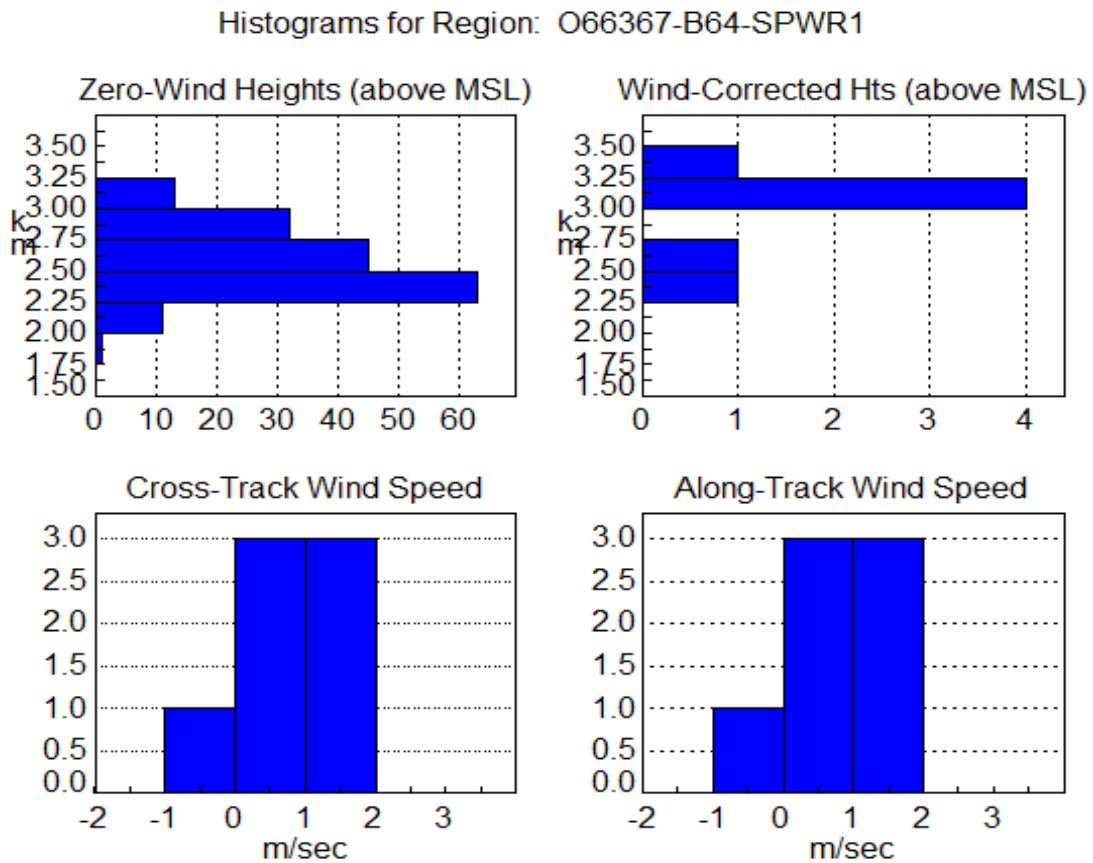
Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρουσιάζουμε τα δεδομένα της ανάκτησης ύψους του πλουμίου. Τα διορθωμένα ύψη είναι πολύ λίγα και γενικά περιμένουμε μικρό αριθμό δειγμάτων. Παρατηρούμε ότι η μάζα των αερολυμάτων βρίσκεται σχεδόν πάνω στην επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 3.55 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.56 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.



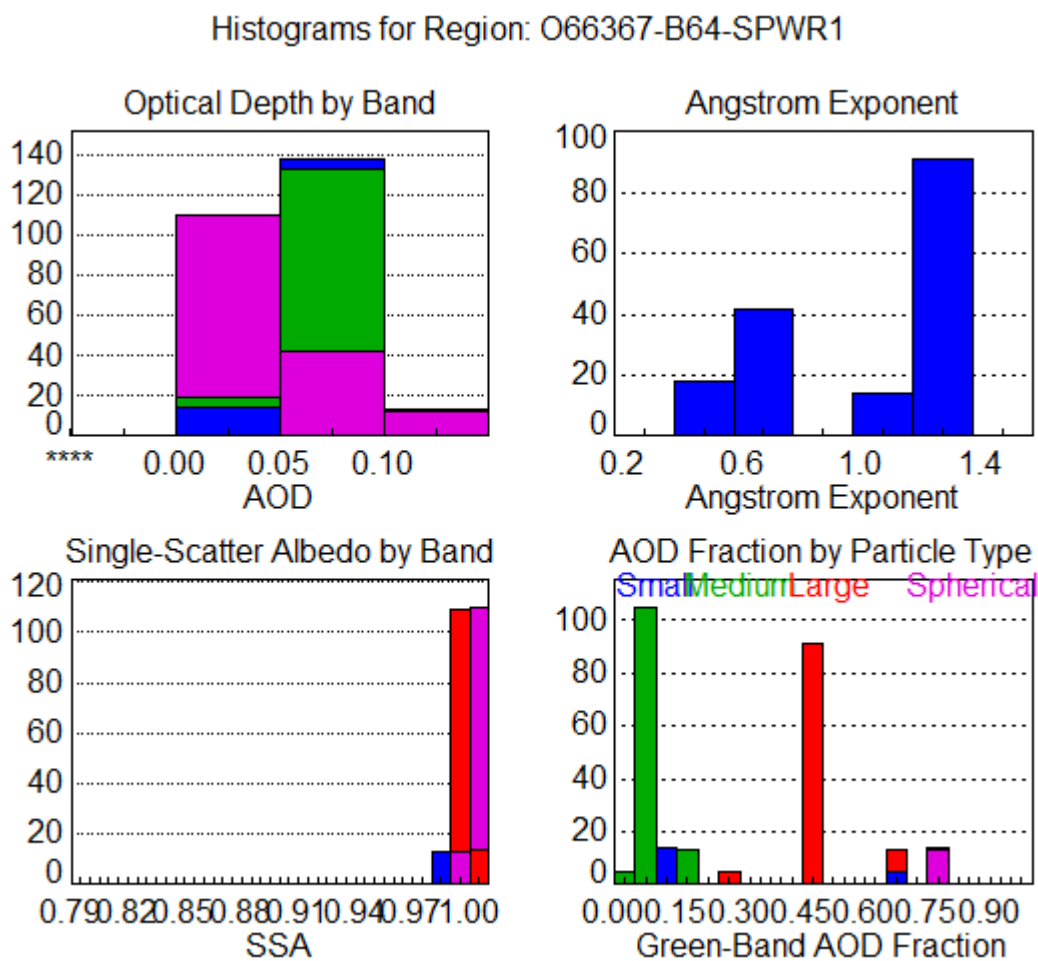
Εικόνα 3.57 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου. Δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των δεδομένων μηδενικού ανέμου και διορθωμένης ανάκτησης.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Παρατηρούμε ότι 70 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $0,9 \pm 0,1$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι όλα τα σωματίδια που ανιχνεύτηκαν έχουν υψηλή τιμή, και πιο συγκεκριμένα από 0.980 έως 1.00.

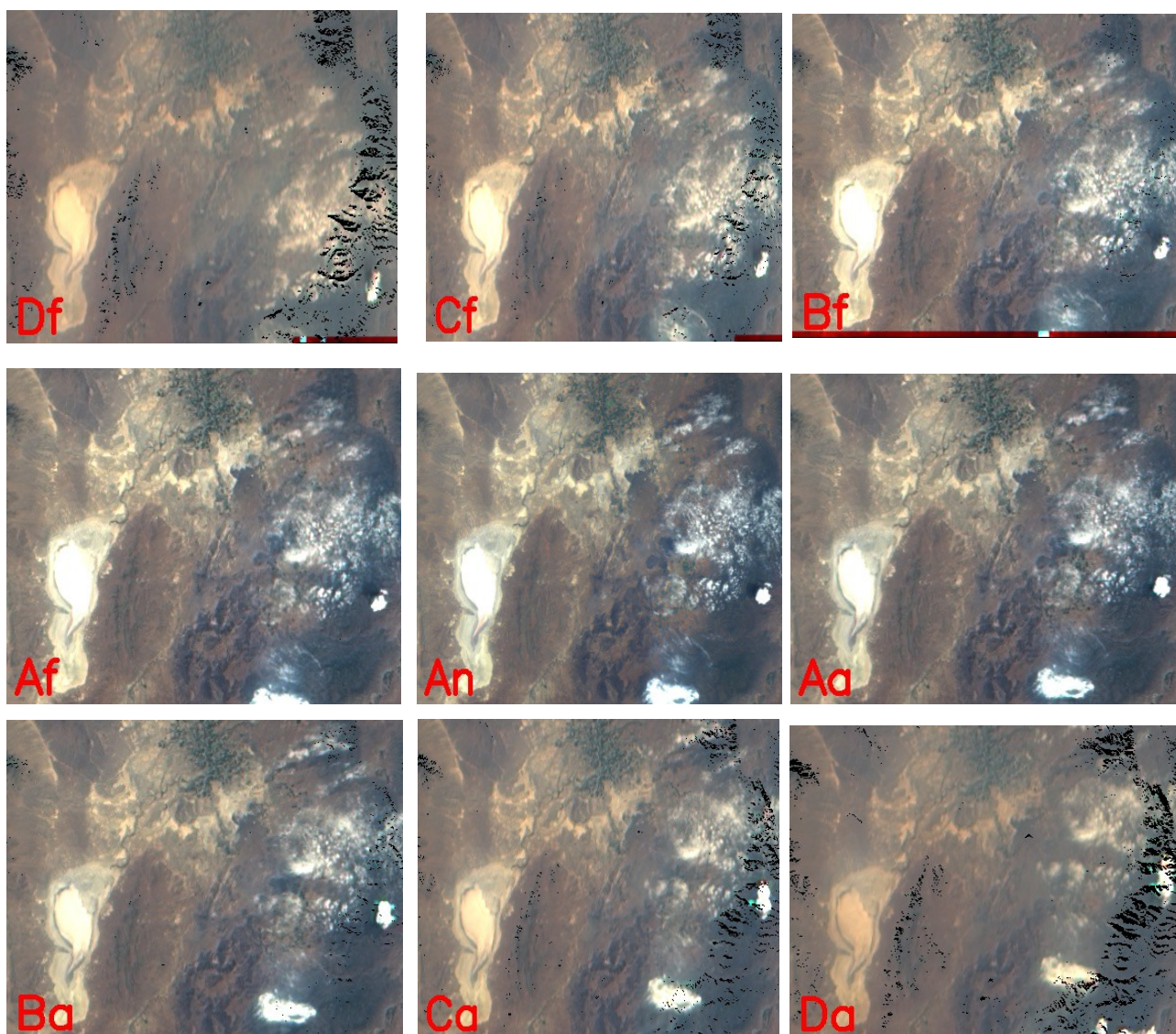
Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά δείγματα.



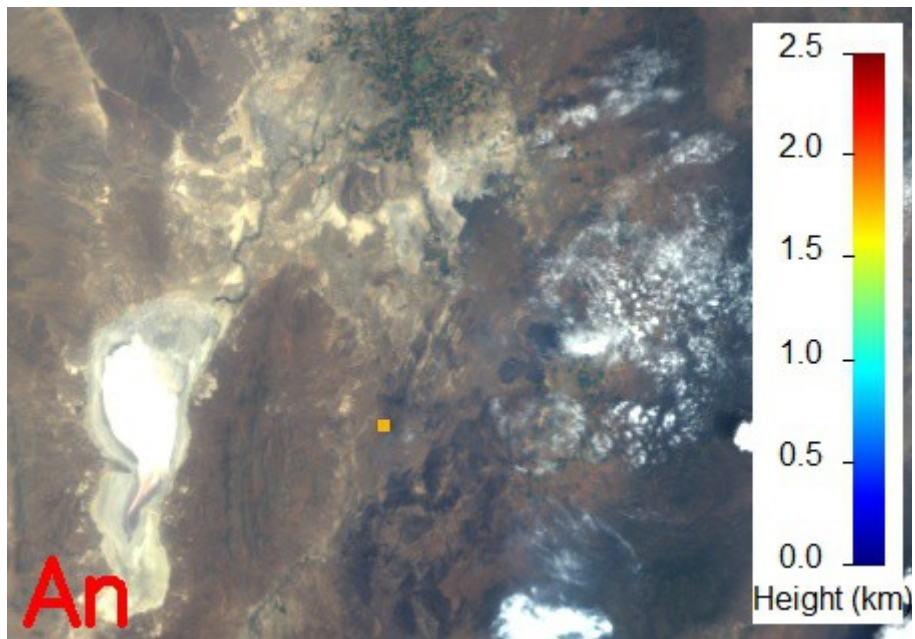
Εικόνα 3.58 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

3.3.3. Milford Flat

Η πυρκαγιά στο Milford Flat ήταν η μεγαλύτερη στην ιστορία της Utah. Ξεκίνησε από κεραυνό την Παρασκευή, 6 Ιουλίου 2007 στις 15:45 κοντά στο Milford, Utah. Η φωτιά έκαψε 363.052 στρέμματα γης. Πολλοί βετεράνοι πυροσβέστες είχαν δηλώσει ότι αυτή ήταν η ταχύτερα κινούμενη φωτιά που είχαν δει ποτέ. Η πυρκαγιά διήρκεσε έως τις 15 Ιουλίου. Ικανή για ψηφιοποίηση κρίθηκε μια τροχιά με αριθμό 40213. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR της τροχιάς



Εικόνα 3.59 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 40213.

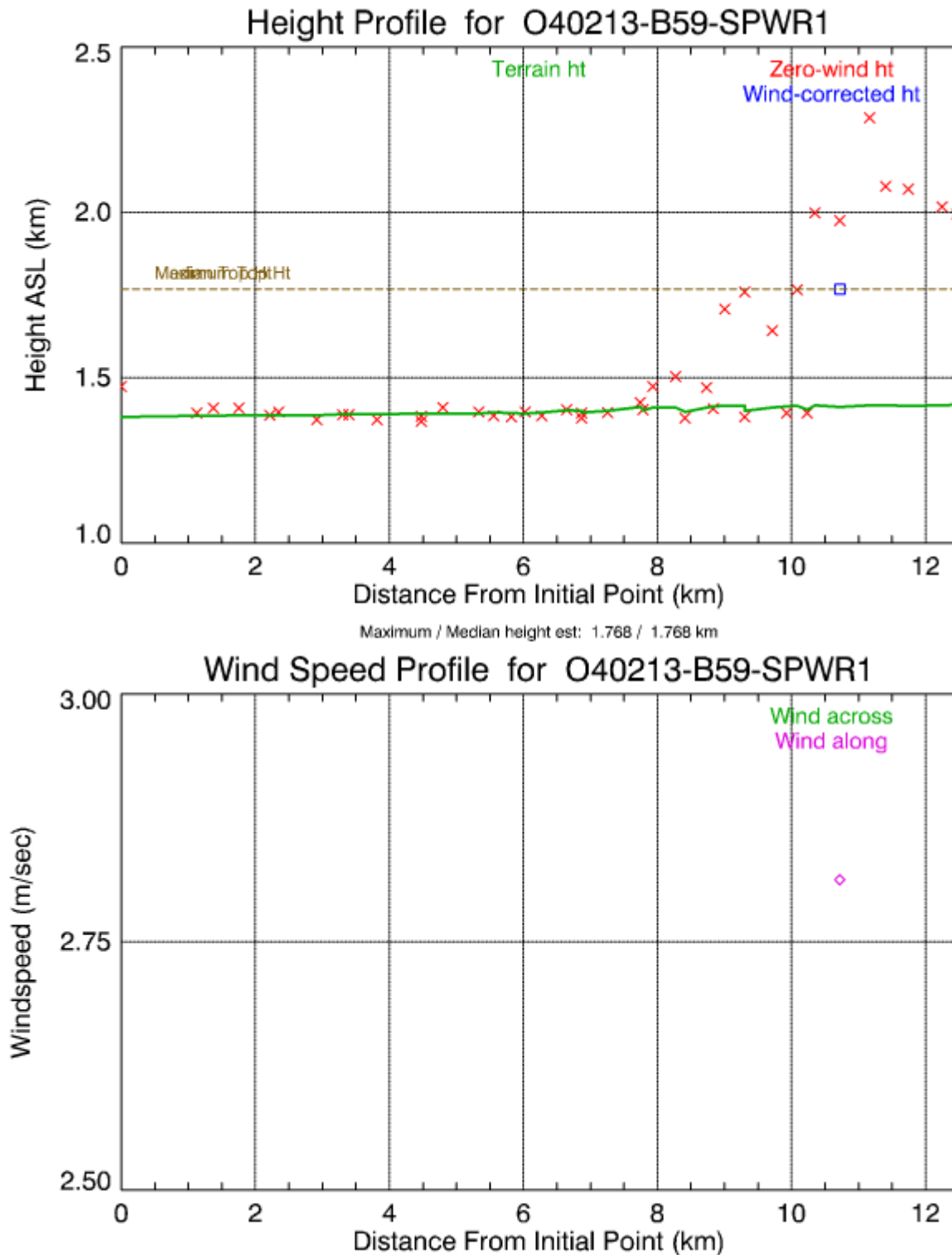


Εικόνα 3.60 Εικόνα του πλουμίου 040213-B53-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

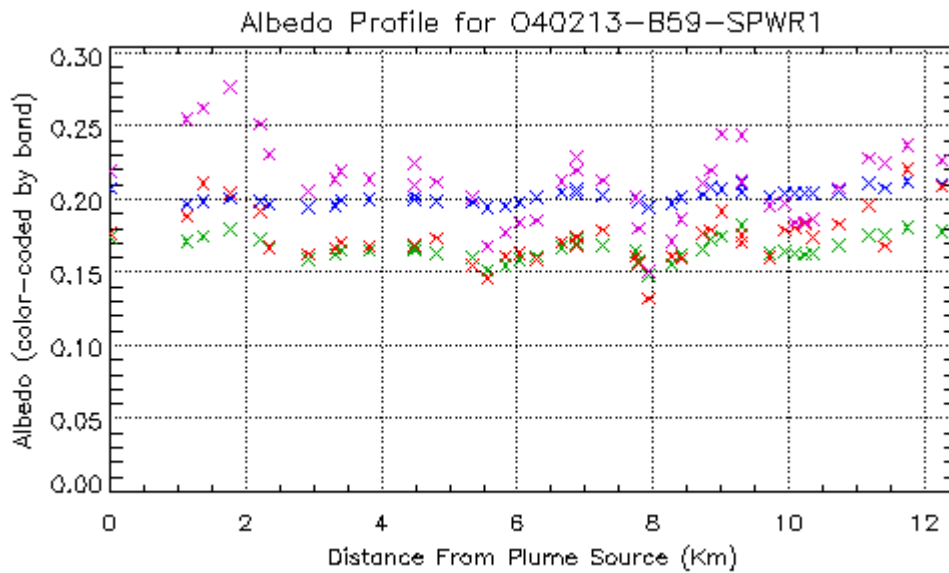


Εικόνα 3.61 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 040213-B53-SPWR1

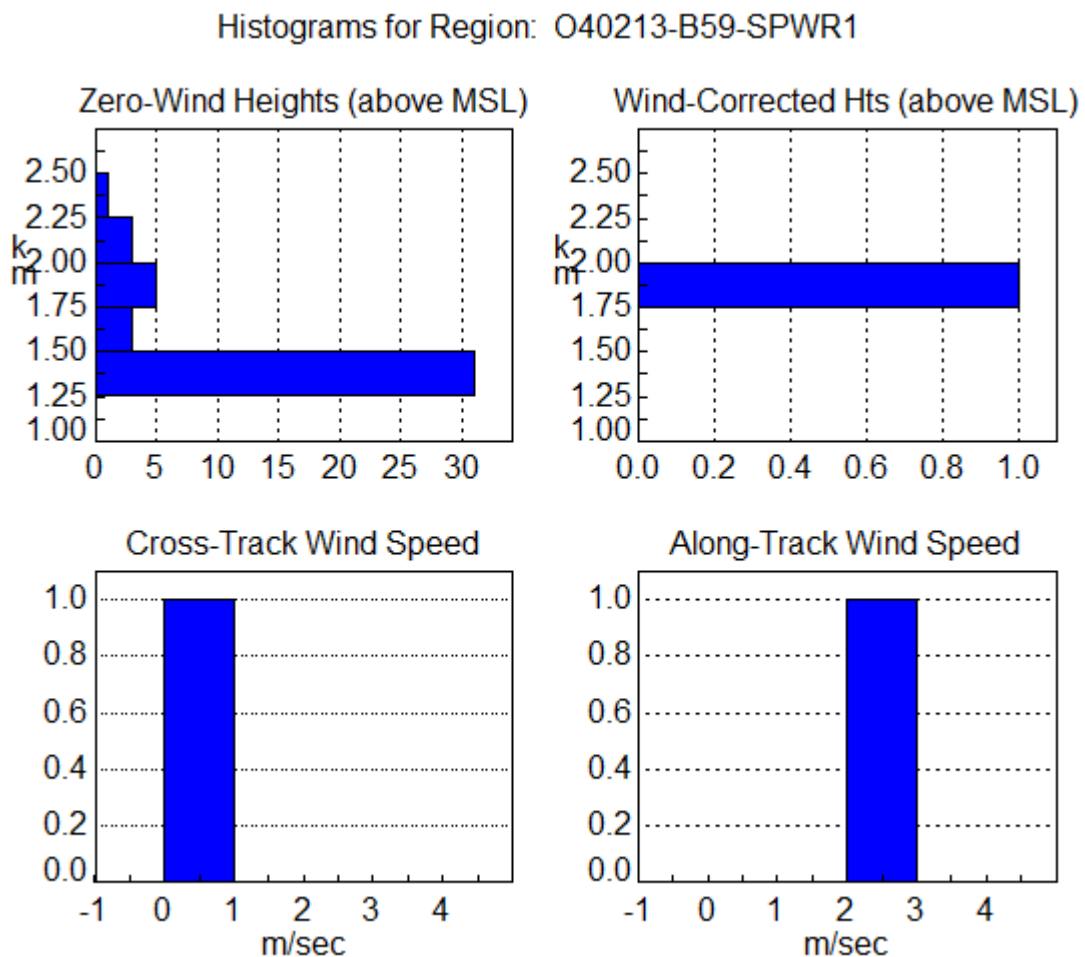
Παρακάτω παρουσιάζουμε τα δεδομένα της ανάκτησης ύψους του πλουμίου. Τα διορθωμένα ύψη είναι πολύ λίγα και γενικά περιμένουμε μικρό αριθμό δειγμάτων. Παρατηρούμε ότι η μάζα των αερολυμάτων βρίσκεται σχεδόν πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και μετά τα 8 km από την πηγή φτάνουν σε ύψος έως και 2,25 km.



Εικόνα 3.62 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.63 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.



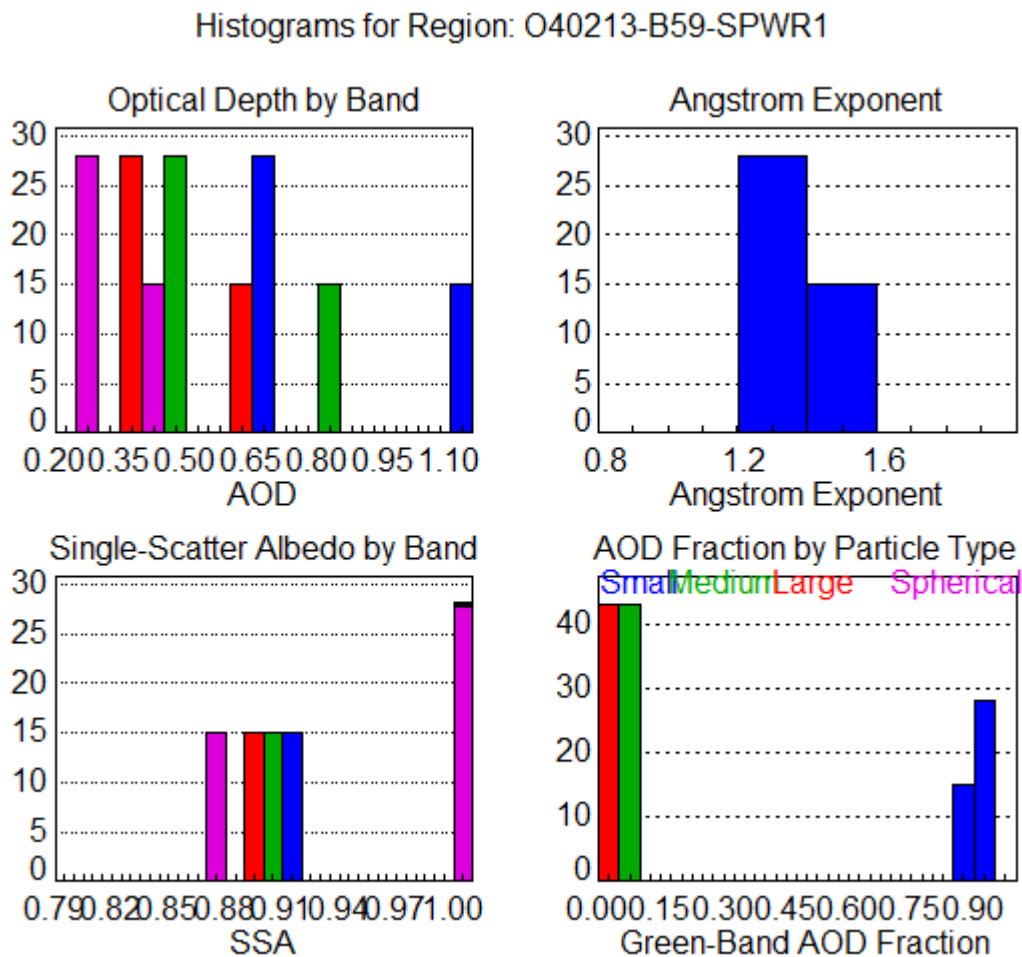
Εικόνα 3.64 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Παρατηρούμε ότι 27 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $1,3 \pm 0,1$ και 15 περίπου σωματίδια με εκθέτη $1,5 \pm 0,1$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρήθηκαν 60 σωματίδια με τιμή από 0,870 έως 0,900 και 27 περίπου σωματίδια με τιμές από 0.980 έως 1.00.

Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά δείγματα.



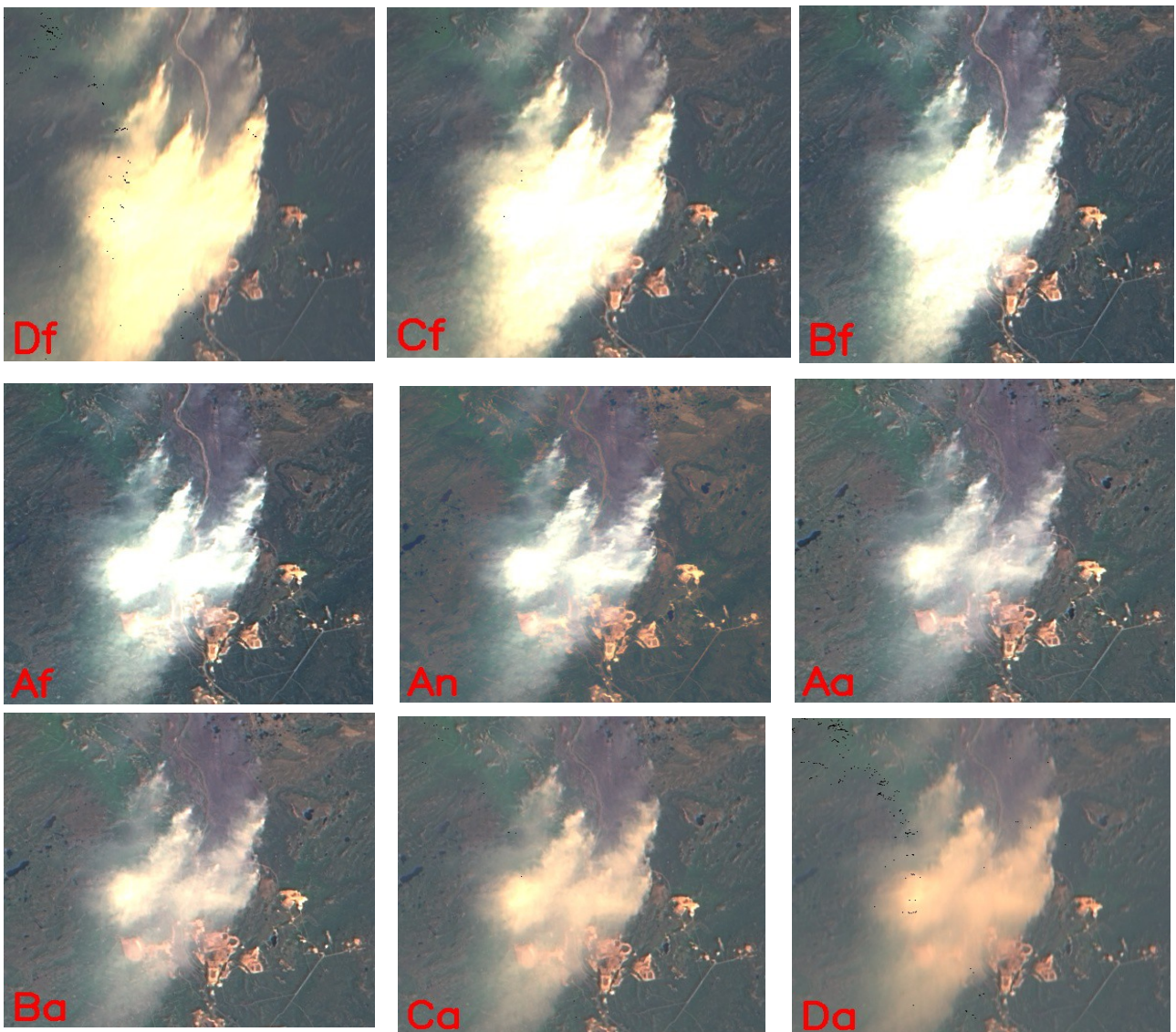
Εικόνα 3.65 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

3.3.4. Richardson, Alberta

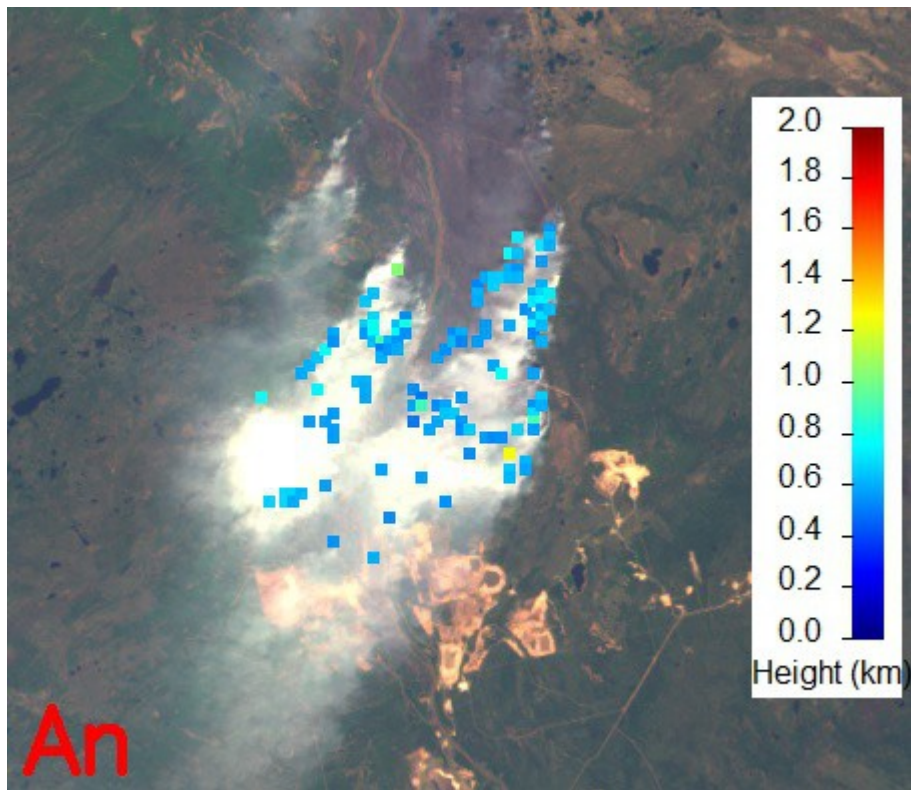
Η πυρκαγιά στο Richardson ήταν μια δασική πυρκαγιά του 2011 στην καναδική επαρχία της Alberta. Εξελίχθηκε βόρεια της πόλης Fort McMurray σε μια περιοχή γνωστή ως Richardson Backcountry. Η φωτιά ξεκίνησε στα μέσα Μαΐου του 2011, και έκαψαν πάνω από 1.700.000 στρέμματα δασικής έκτασης. Οι προσπάθειες πυρόσβεσης περιλάμβαναν οργανισμούς από διάφορες επαρχίες του Καναδά, καθώς και διεθνή πληρώματα. Η φωτιά Richardson ήταν η μεγαλύτερη πυρκαγιά στην Alberta από το 1950 και η δεύτερη μεγαλύτερη πυρκαγιά που έχει καταγραφεί στην ιστορία της επαρχίας. Σύμφωνα με το όργανο MODIS, δεδομένα για hot spots είχαμε μέχρι τις 26 Ιουνίου. Χρησιμοποιήσαμε δύο τροχιές για ψηφιοποίηση.

Τροχιά 60790

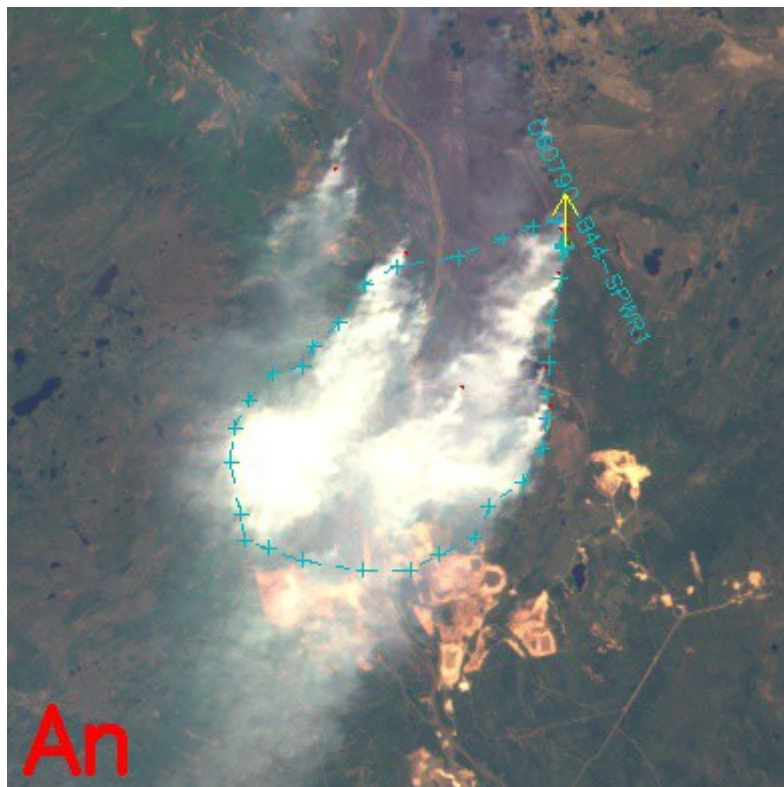
Παρακάτω απεικονίζονται τα δεδομένα από τις εννέα κάμερες.



Εικόνα 3.66 Εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR.

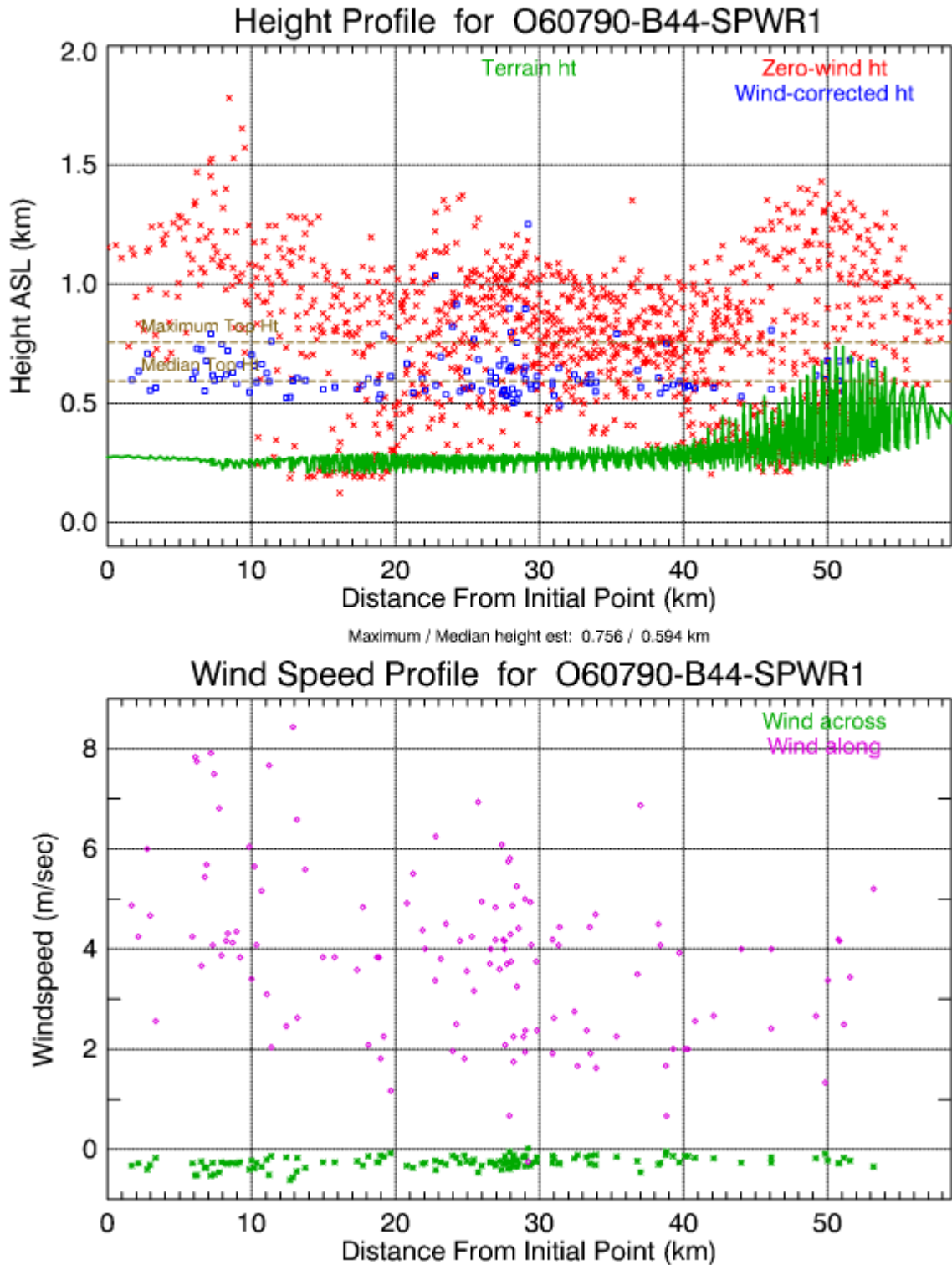


Εικόνα 3.67 Εικόνα του πλουμίου 60790-B44-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

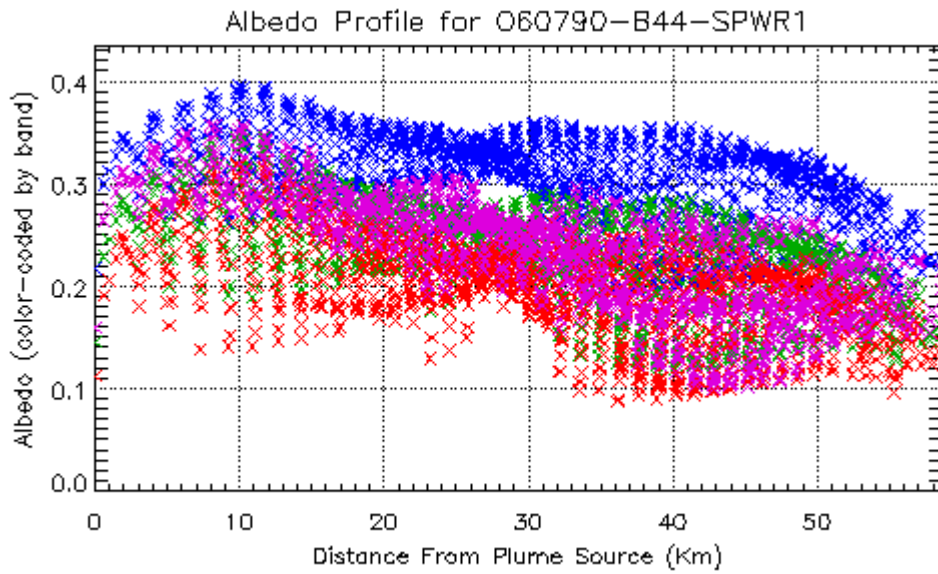


Εικόνα 3.68 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 060790-B44-SPWR1

Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρατηρούμε τις πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου.. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 15 με 45 km από την πηγή και σε ύψος 0,2 με 0,8 km από την επιφάνεια του εδάφους.

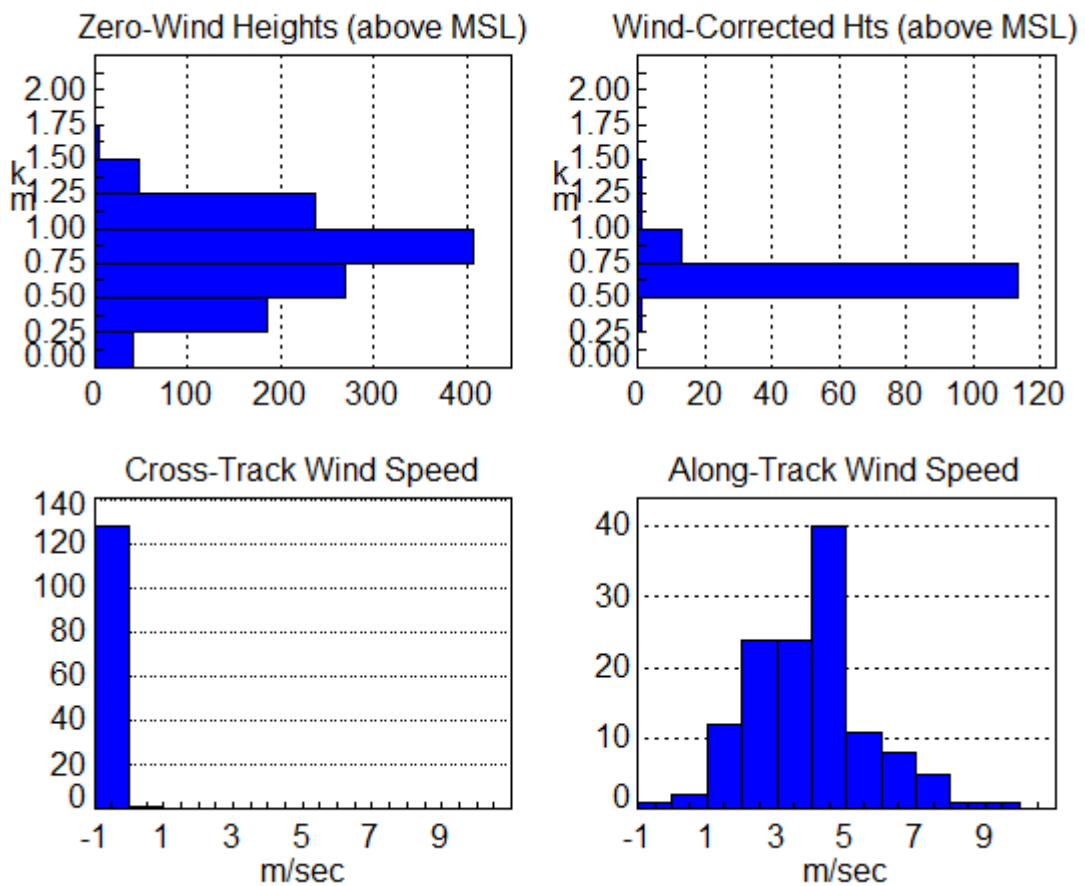


Εικόνα 3.69 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.70 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Histograms for Region: O60790-B44-SPWR1



Εικόνα 3.71 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου

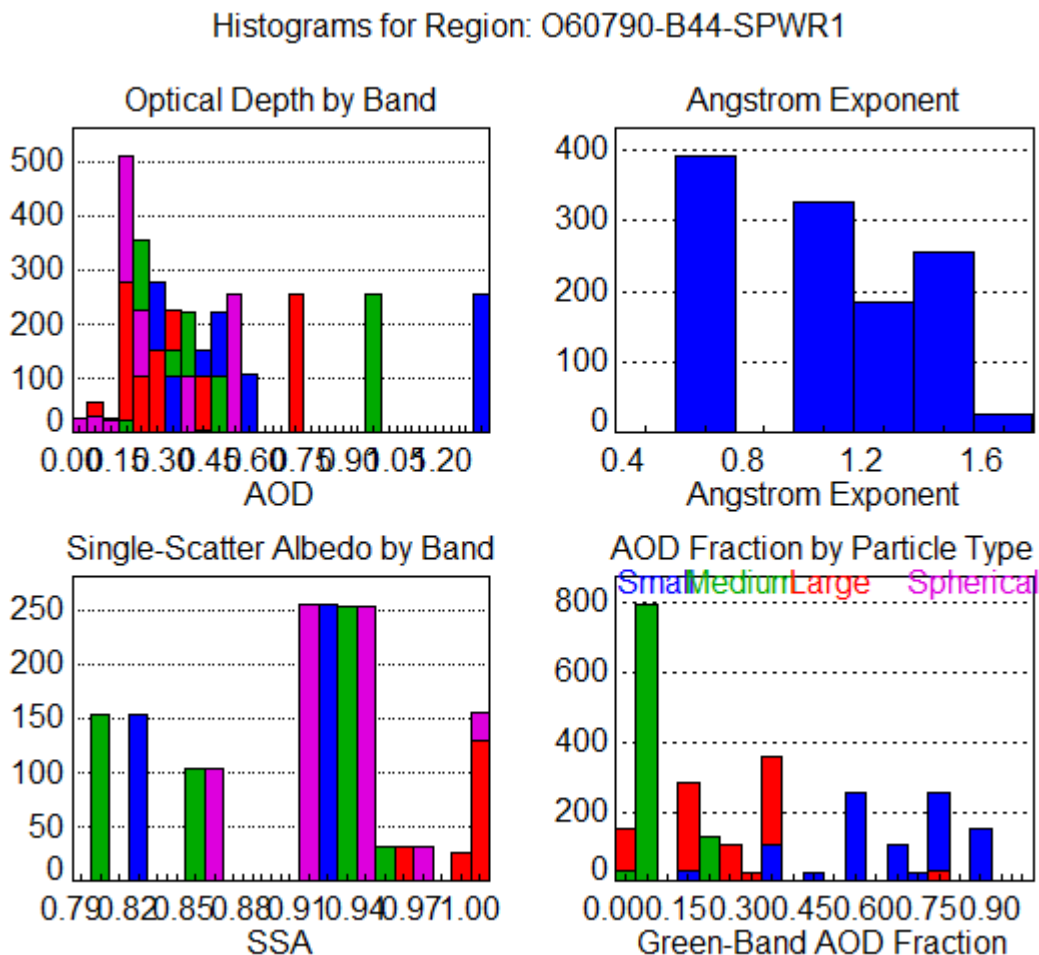
Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Φαίνεται ότι

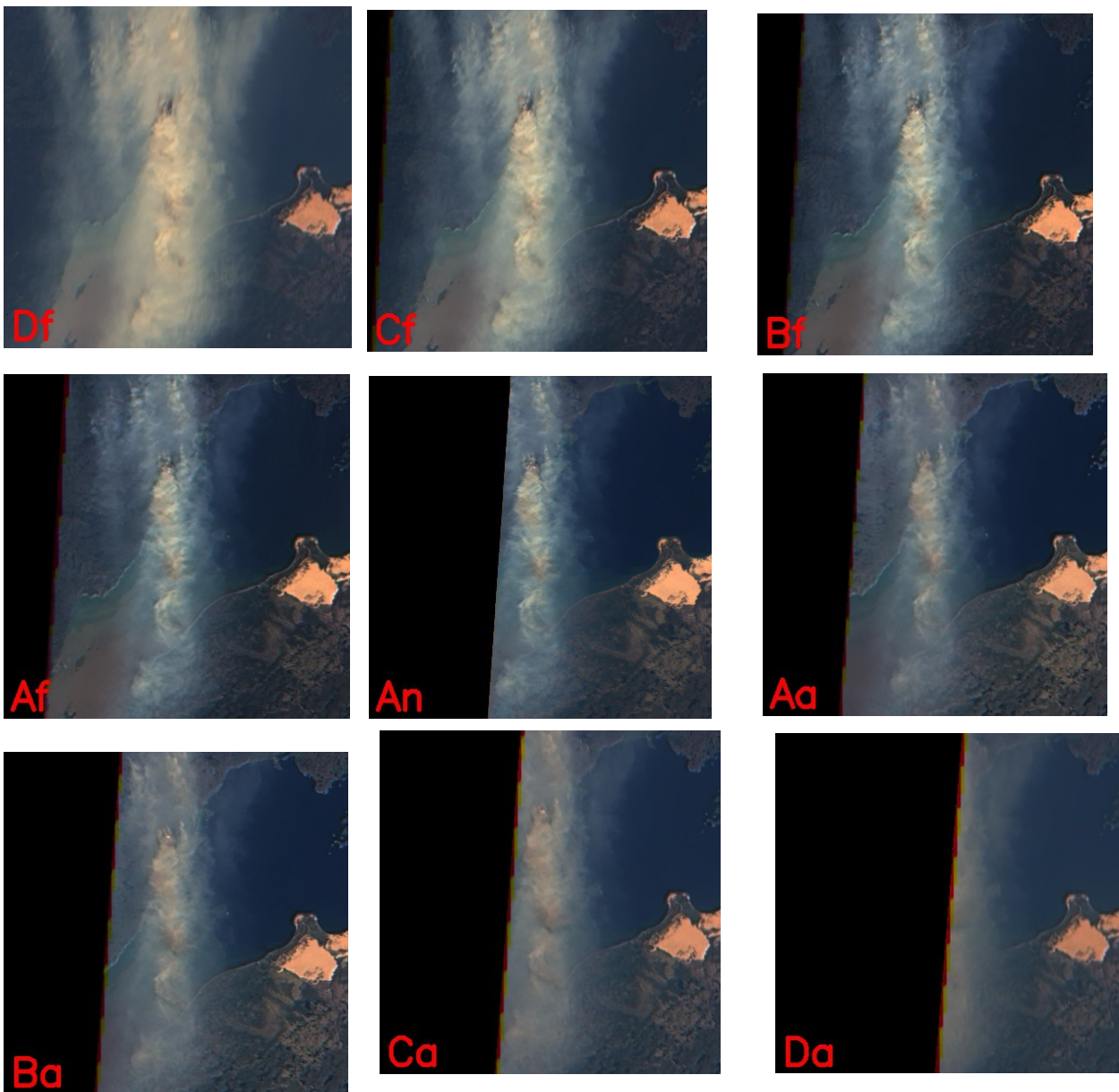
- 390 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $0,6 \pm 0,1$
- 320 σωματίδια με εκθέτη $0,9 \pm 0,1$
- 180 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $1,3 \pm 0,1$
- 250 περίπου σωματίδια με εκθέτη $1,5 \pm 0,1$.
- 20 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $1,7 \pm 0,1$

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα εύρος τιμών, με το μεγαλύτερο δειγματικό μέρος να βρίσκεται από 0,900 έως 0.960.

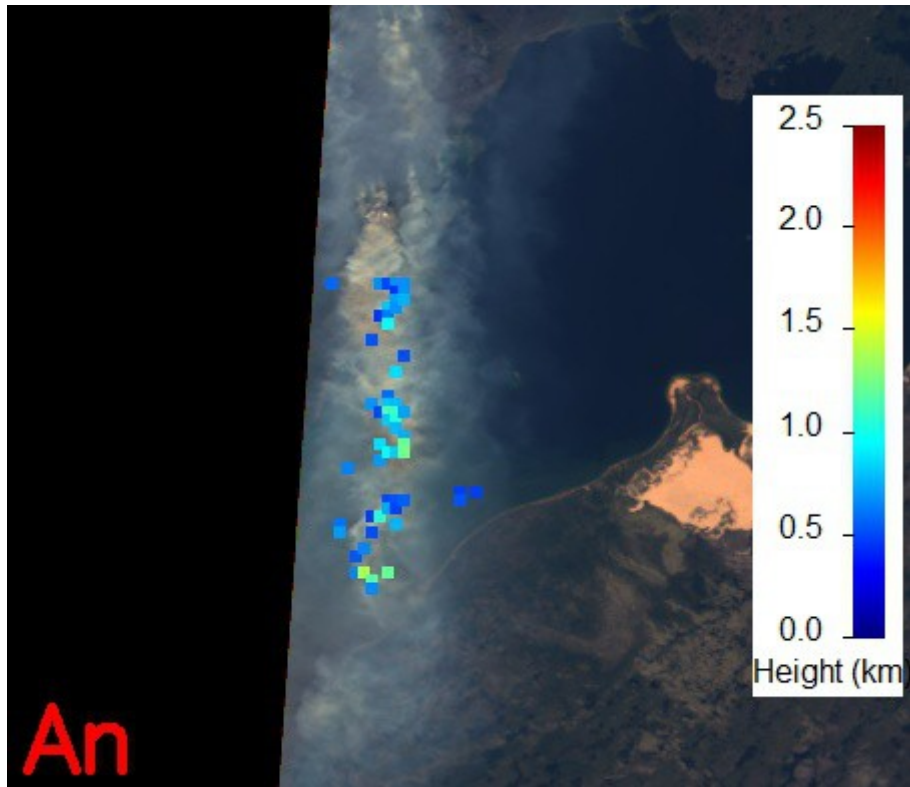
Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων όπως αυτά ανιχνεύθηκαν από την πράσινη δέσμη. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά δείγματα.



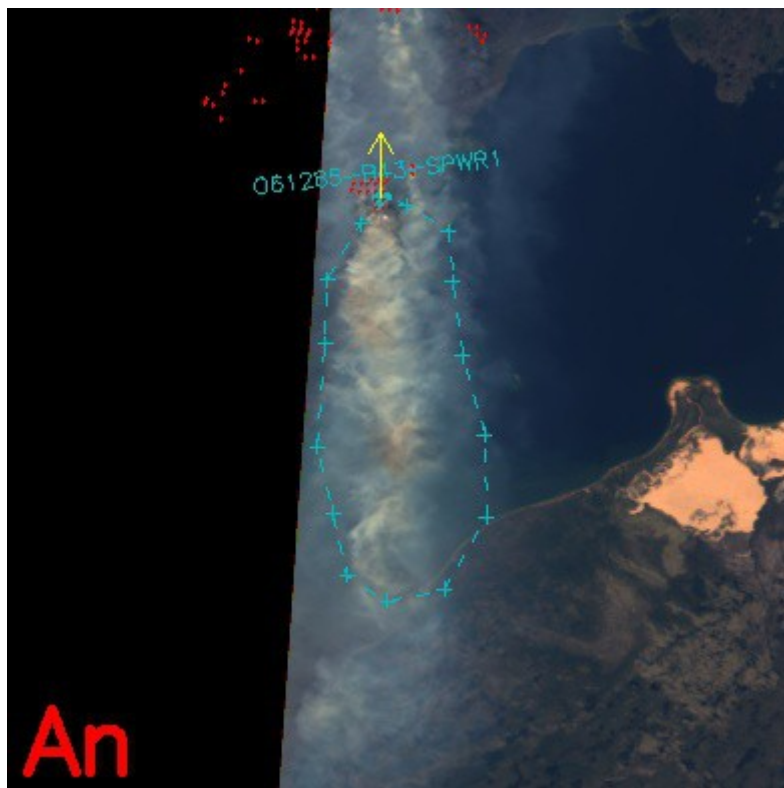
Εικόνα 3.72 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύθηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.



Εικόνα 3.73 Εικόνες από τις εννέα κάμερες του οργάνου MISR.

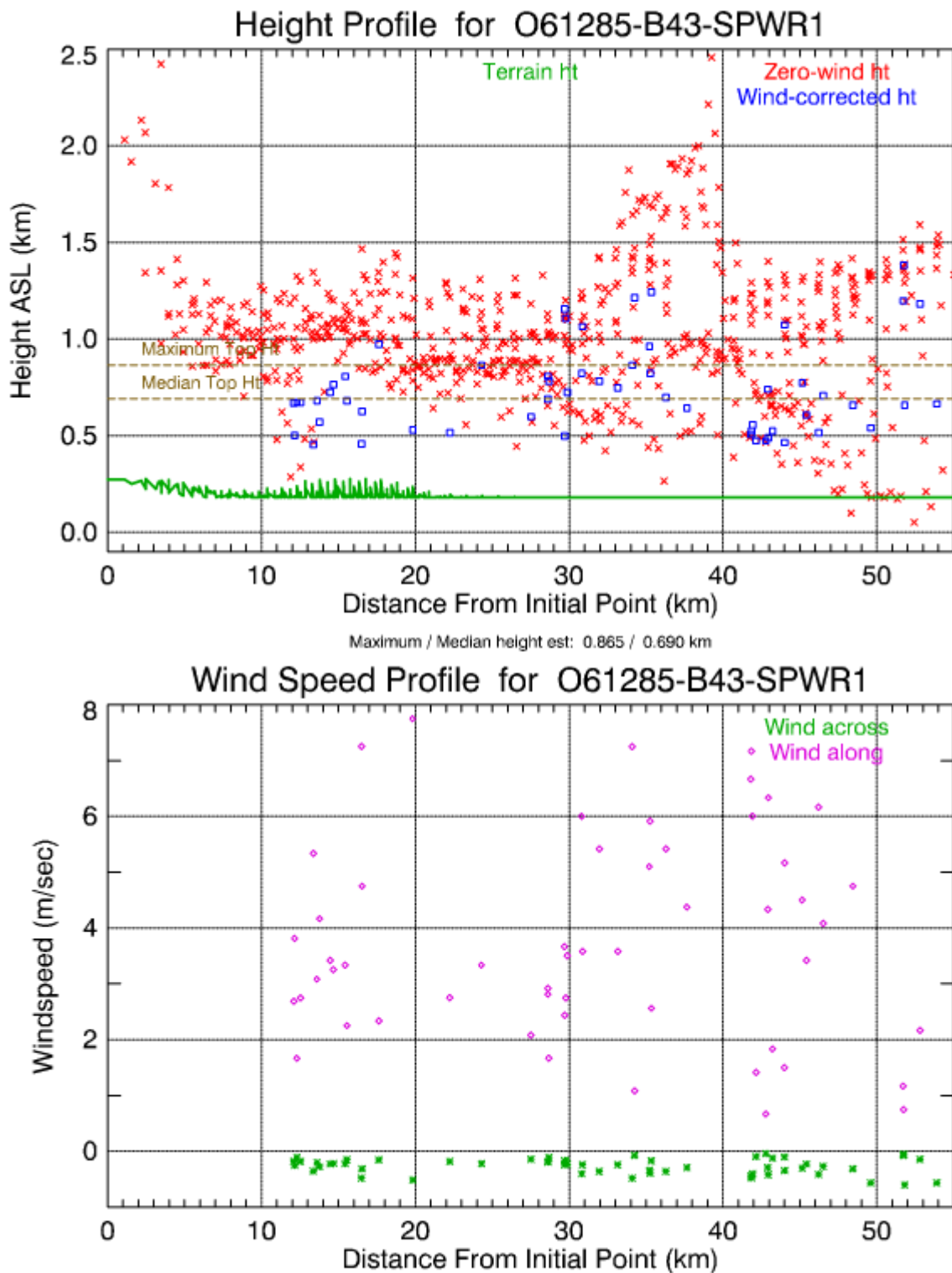


Εικόνα 3.74 Εικόνα του πλουμίου 61285-B43-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

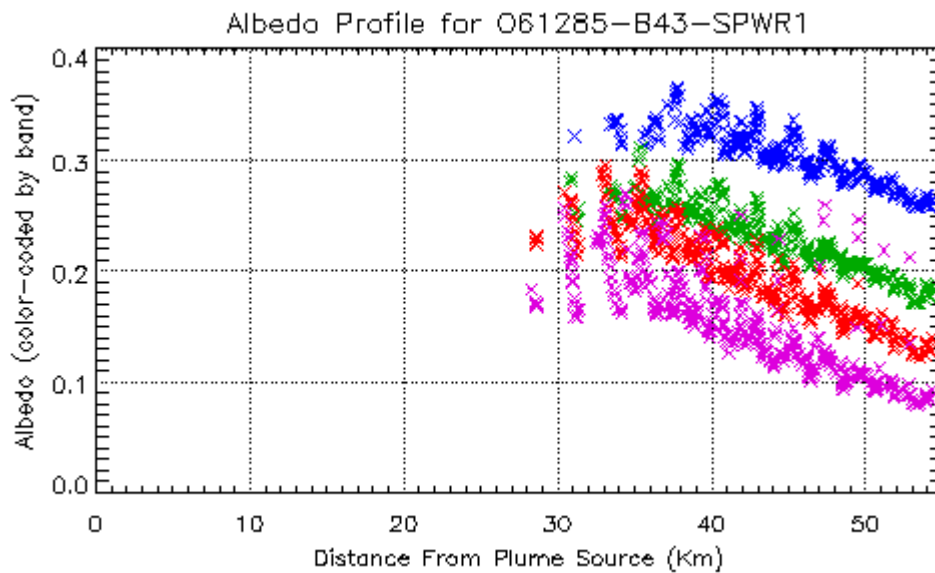


Εικόνα 3.75 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 061285-B43-SPWR1

Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρατηρούμε τις πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 15 με 45 km από την πηγή και σε ύψος 0,2 με 0,8 km από την επιφάνεια του εδάφους.

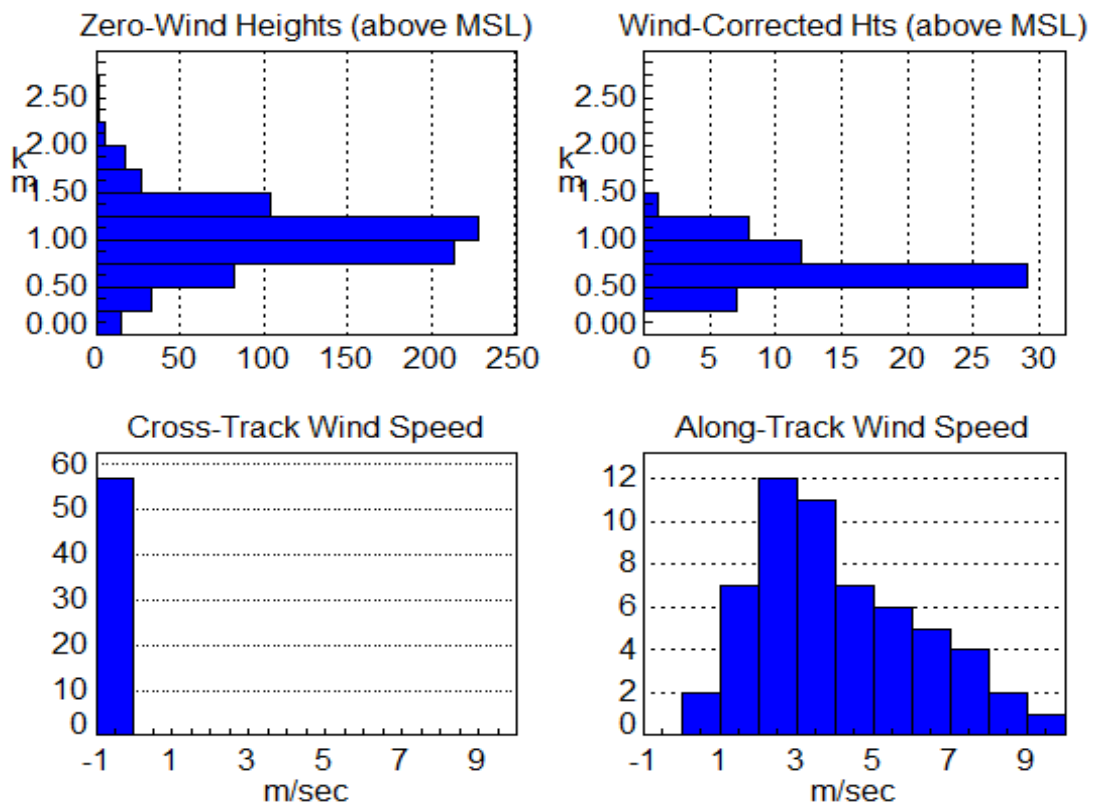


Εικόνα 3.76 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.77 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR. Παρατηρούμε μια μικρή ανωμαλία καθώς φαίνεται ότι δεν υπάρχουν δεδομένα παρά μόνο σε απόσταση 30 km από την πηγή. Αυτό πιθανώς να οφείλεται σε ύπαρξη υδάτινου στοιχείου, καθώς κατά την επανάληψη της διαδικασίας προέκυψαν τα ίδια αποτελέσματα.

Histograms for Region: O61285-B43-SPWR1



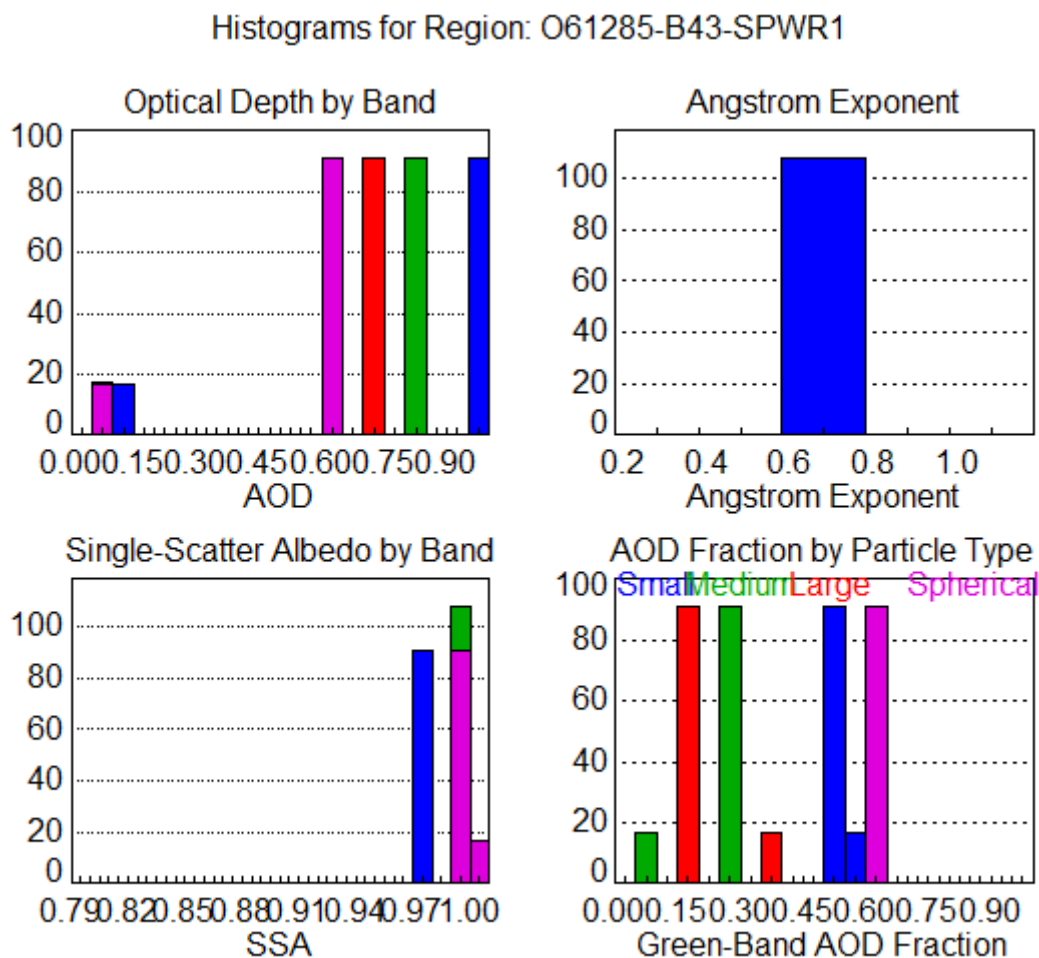
Εικόνα 3.78 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος. Το μεγαλύτερο μέρος των δειγμάτων παρουσίασε τιμές από 0,6 έως 1,0 οπτικού βάθους.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Βλέπουμε ότι 120 περίπου σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $0,7 \pm 0,1$

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα εύρος τιμών, με το μεγαλύτερο δειγματικό μέρος να βρίσκεται από 0,97 έως 1,00.

Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων όπως αυτά ανιχνεύθηκαν από την πράσινη δέσμη. Παρατηρούμε ότι έχουμε σφαιρικά δείγματα, και μάλιστα σε μεγάλη αναλογία.

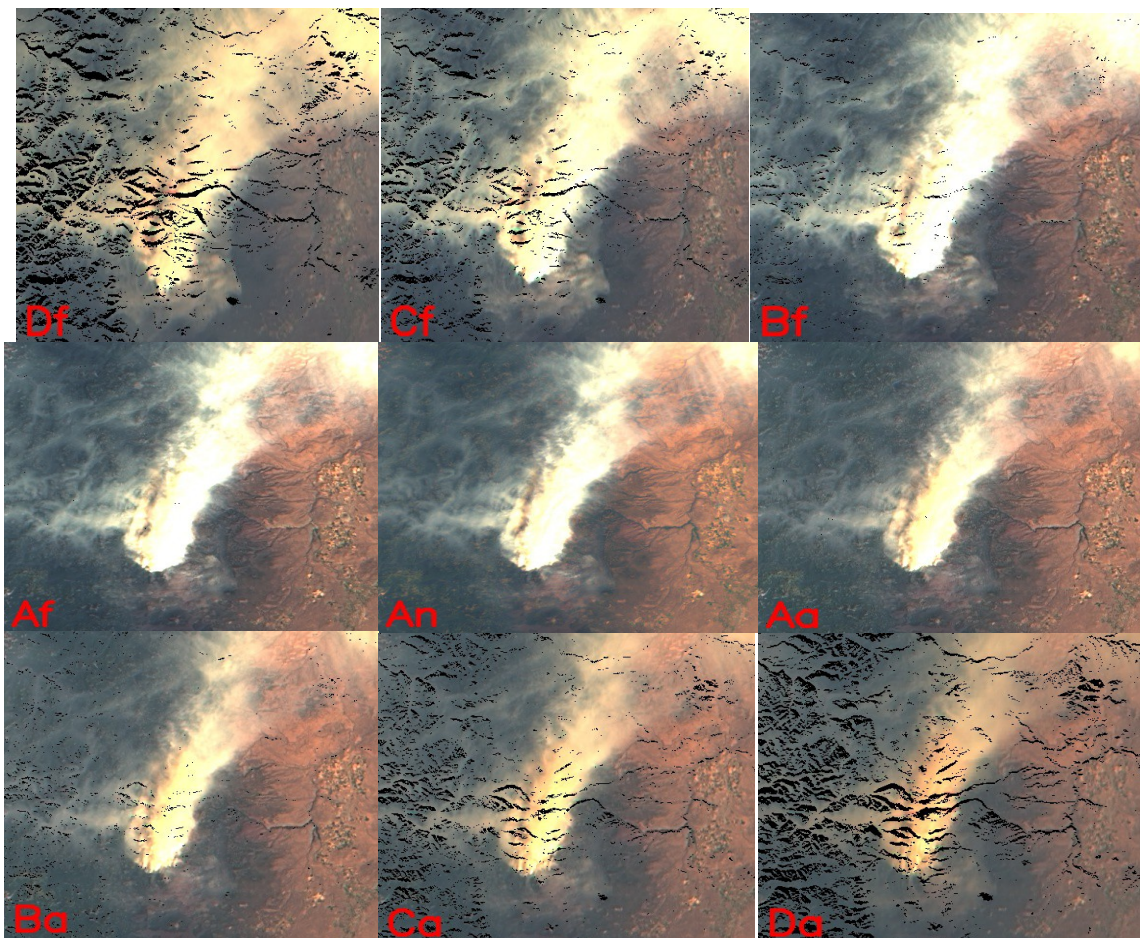


Εικόνα 3.79 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

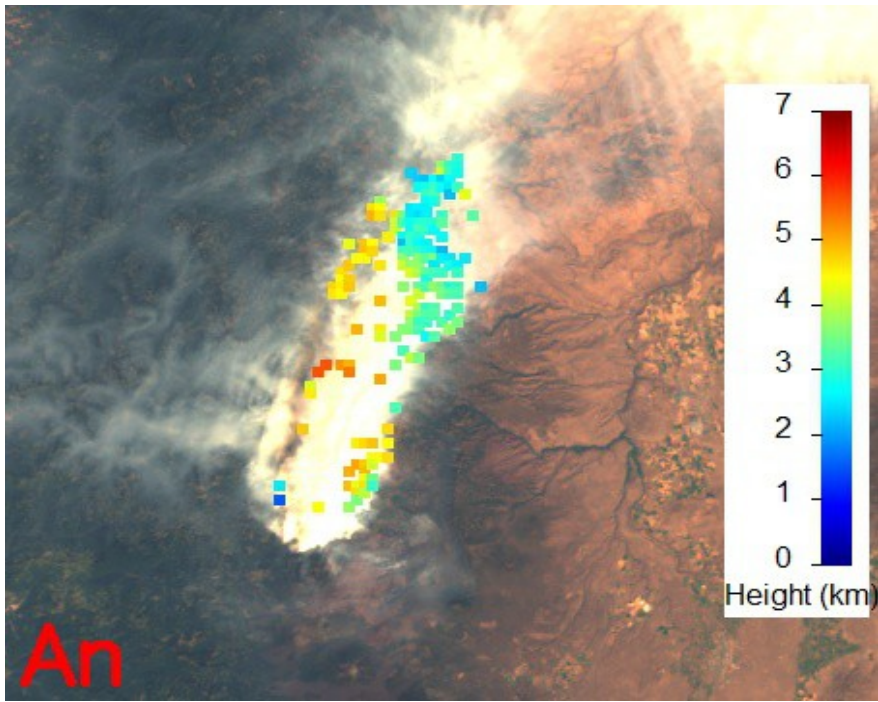
3.3.5. Booth-Bear, Oregon

Οι πυρκαγιές στις περιοχές Booth και Bear, στο Όρεγκον των Ηνωμένων Πολιτειών συνέβησαν παράλληλα και έκαψαν $367,33 \text{ km}^2$ δασικής έκτασης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2003. Οι δύο πυρκαγιές σχημάτισαν μια ενιαία περιοχή πυρκαγιάς, που απλώθηκε κατά μήκος της κορυφογραμμής του όρους Cascade μέχρι την περιοχή μεταξύ των όρεων Jefferson και Washington. Για την ψηφιοποίηση της πυρκαγιάς θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα δύο τροχιών.

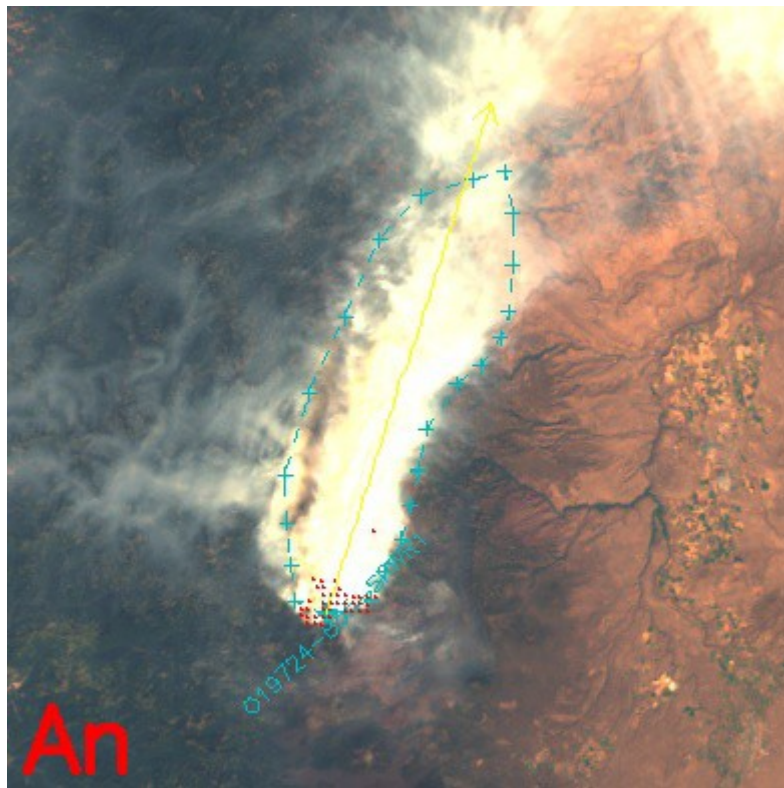
Τροχιά 19724



Εικόνα 3.80 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 19724.

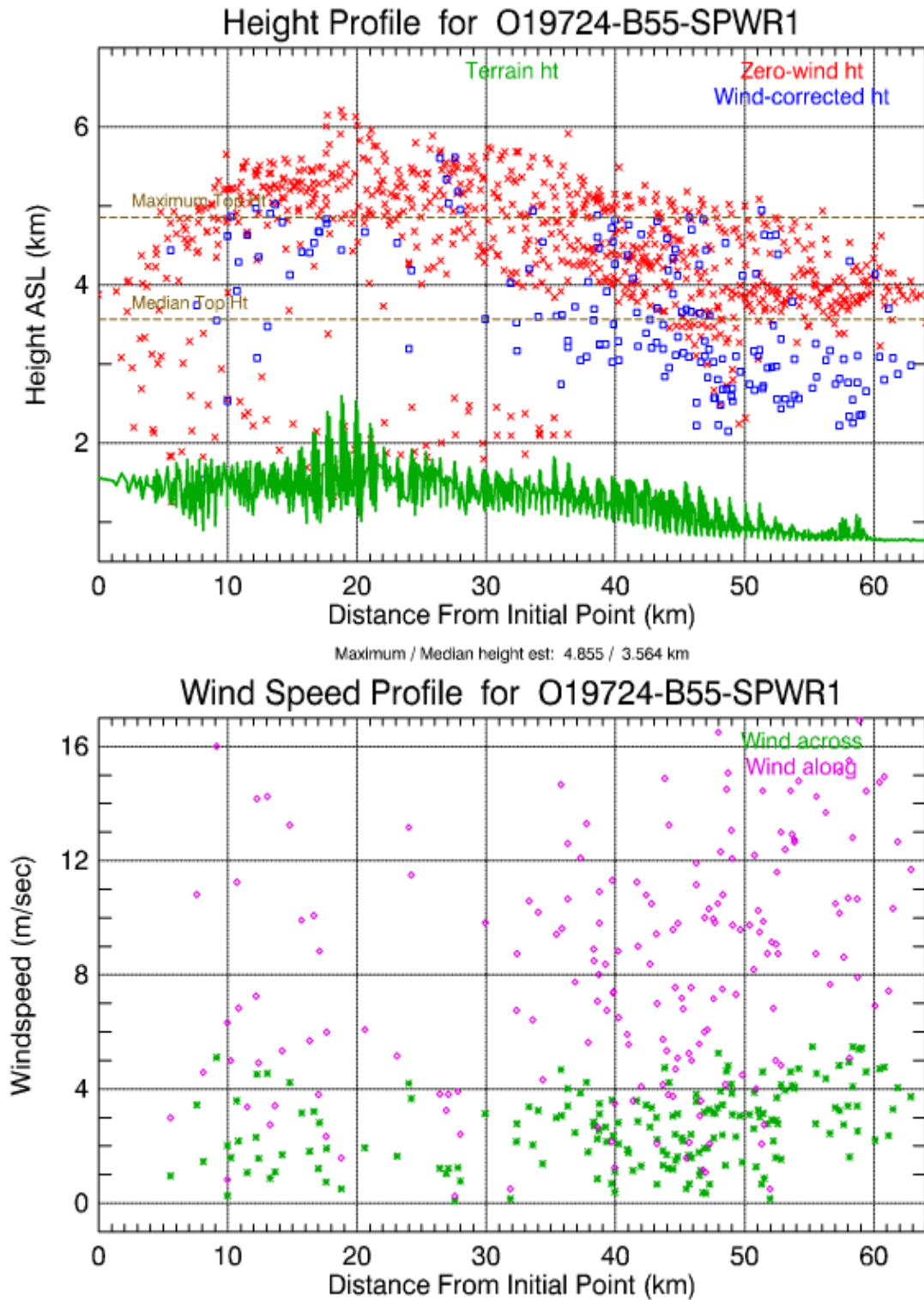


Εικόνα 3.81 Εικόνα του πλουμίου 019724-B55-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

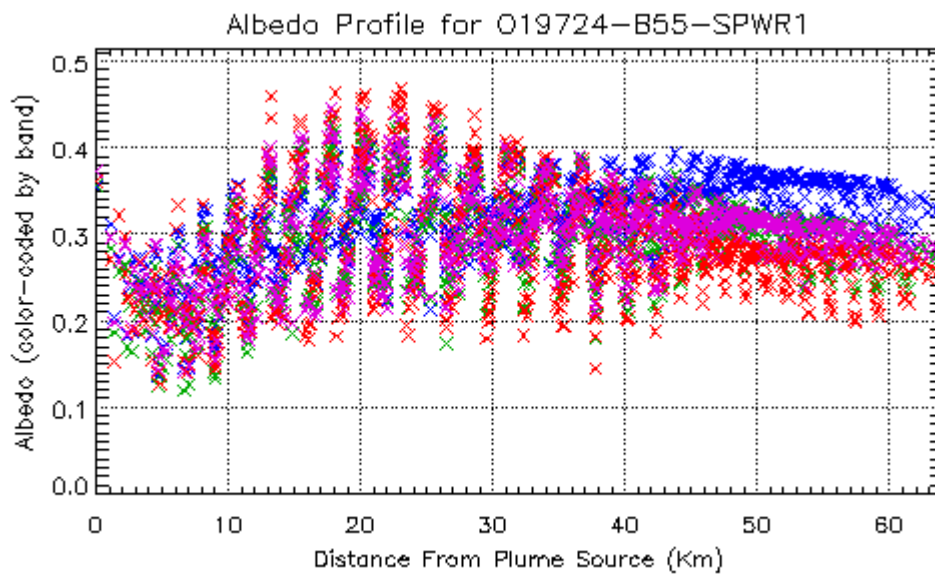


Εικόνα 3.82 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 019724-B55-SPWR1

Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρατηρούμε τις πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου.. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 10 με 60 km από την πηγή και σε ύψος 3 με 4,5 km από την επιφάνεια του εδάφους.

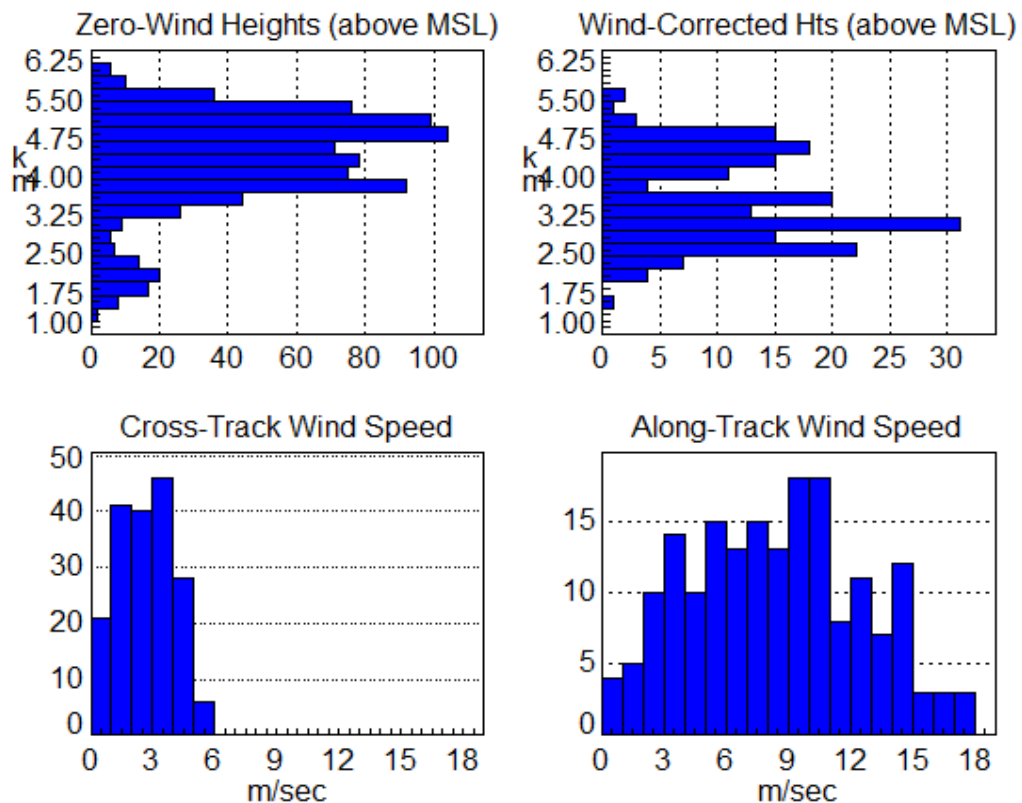


Εικόνα 3.83 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.84 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Histograms for Region: O19724-B55-SPWR1



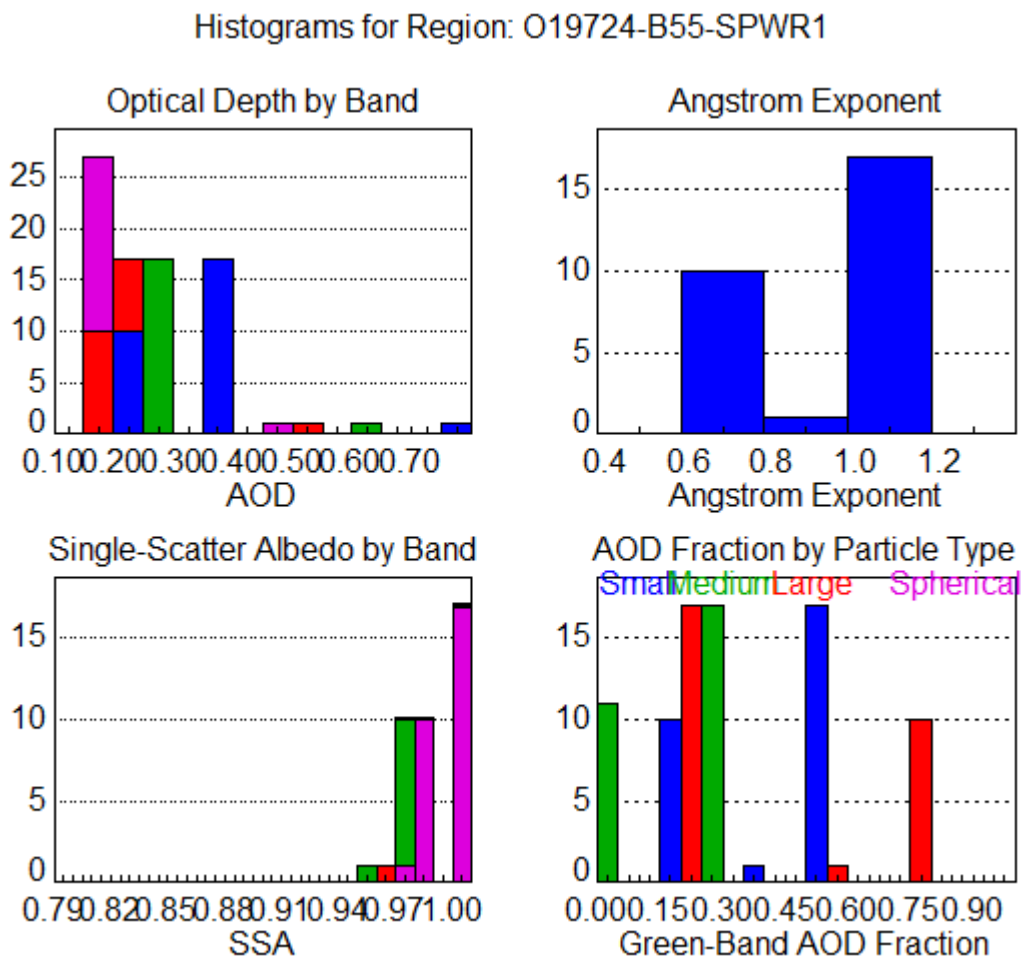
Εικόνα 3.85 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος. Τα περισσότερα σωματίδια παρουσιάζουν οπτικό βάθος από 0,125 έως 0,275.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Βλέπουμε ότι τα περισσότερα σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $1,1 \pm 0,1$ και με εκθέτη $0,7 \pm 0,1$.

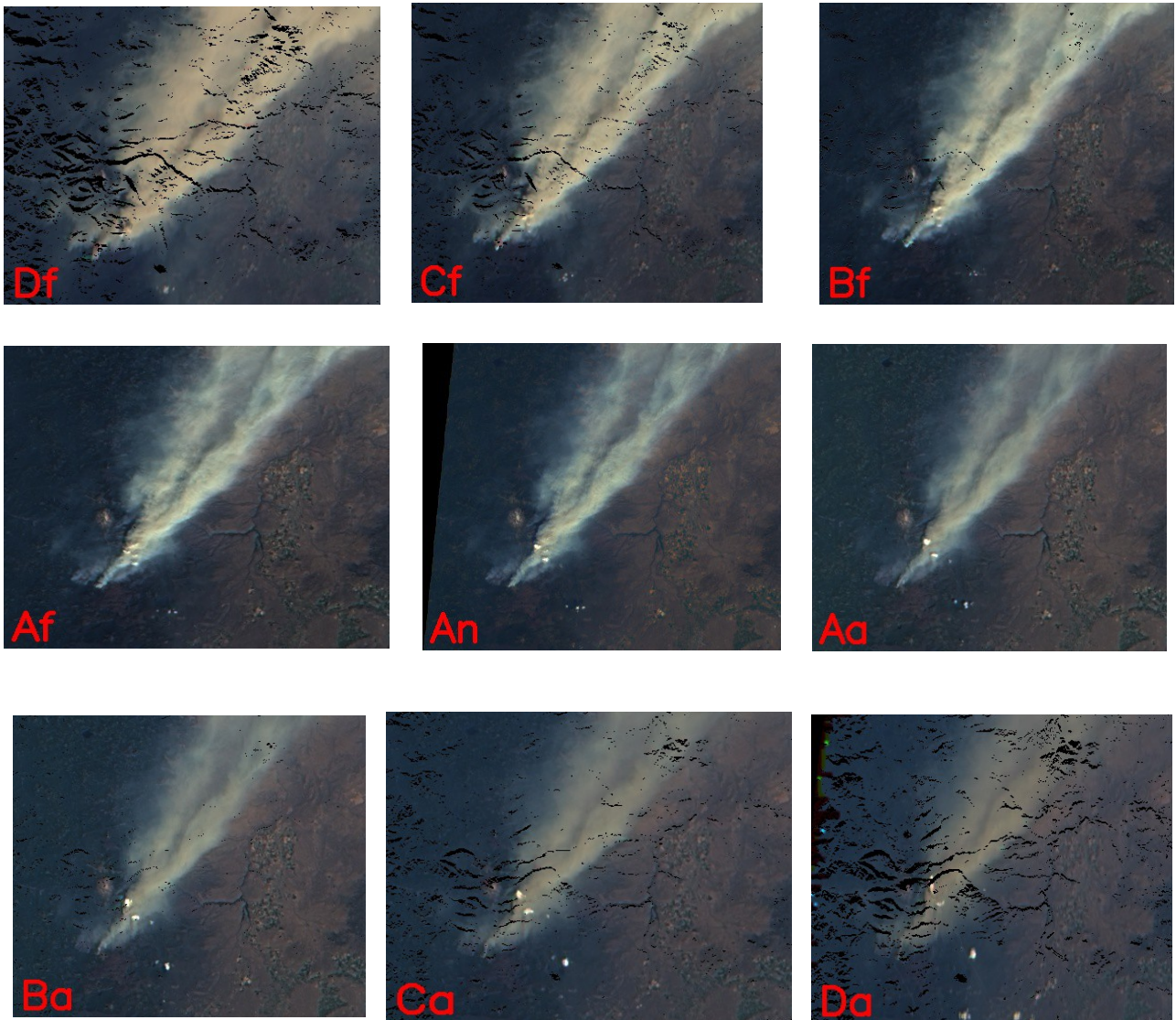
Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρήθηκε ότι τα σωματίδια έχουν τιμές από 0,960 έως 1.00.

Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε σφαιρικά δείγματα και ότι υπάρχει σχετικά ίση κατανομή ανάμεσα στα μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια.

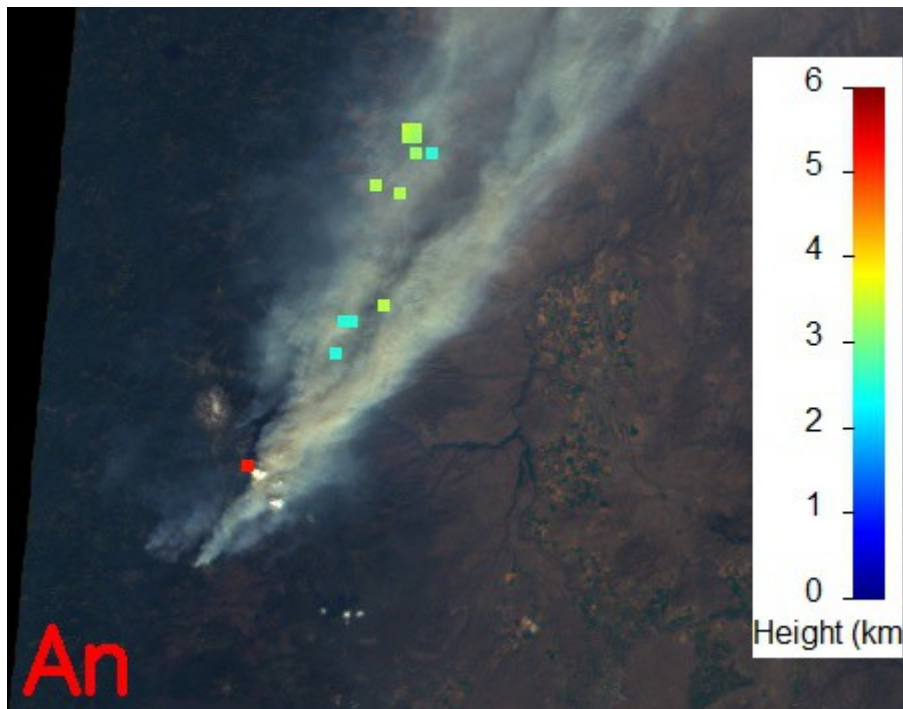


Εικόνα 3.86 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

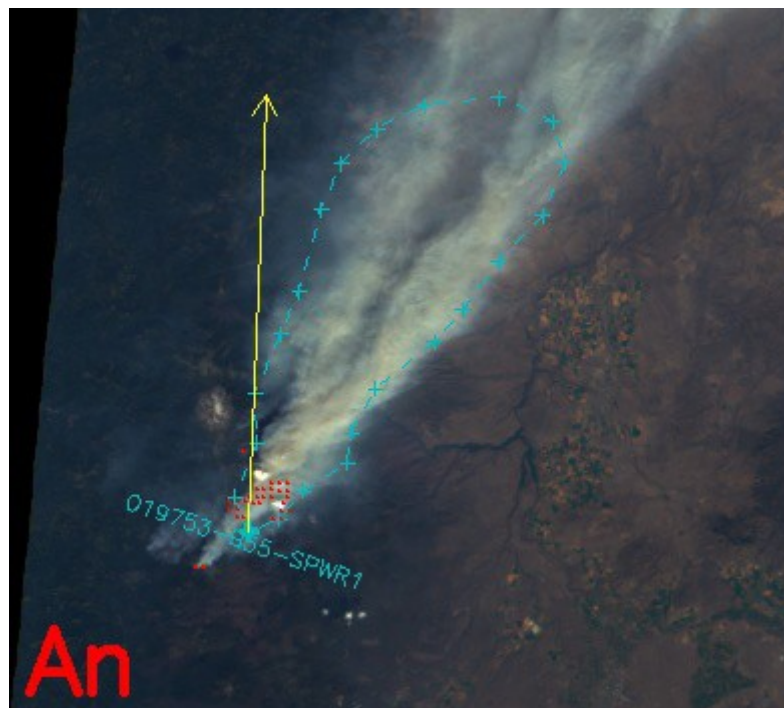
Τροχιά 19753



Εικόνα 3.87 Εικόνες από τις εννιά κάμερες του οργάνου MISR για την τροχιά 19753.

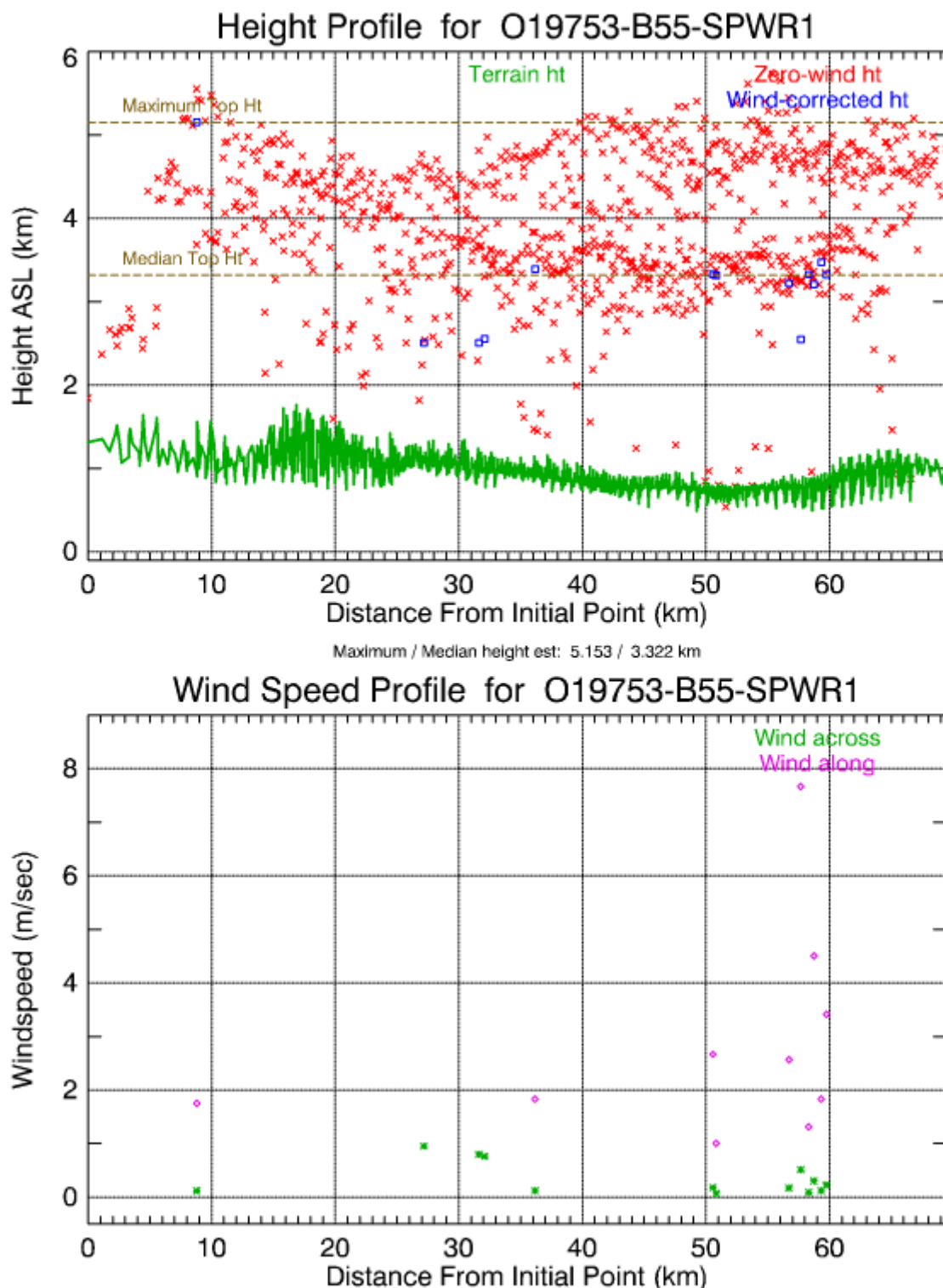


Εικόνα 3.88 Εικόνα του πλουμίου 019753-B55-SPWR1 με χρωματισμένα, διορθωμένα ύψη.

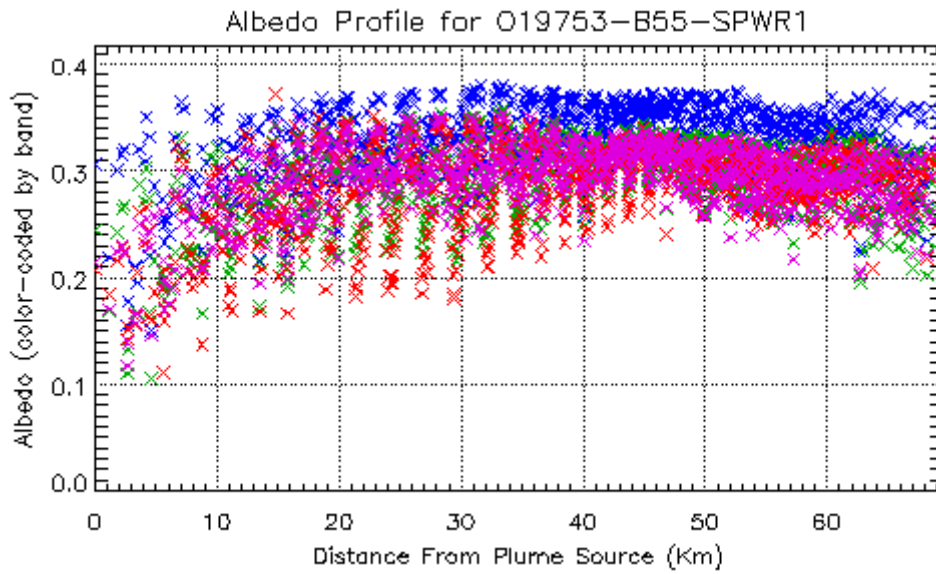


Εικόνα 3.89 Πολύγωνο ψηφιοποίησης του πλουμίου 019753-B55-SPWR1

Τα επόμενα δύο σχεδιαγράμματα παρατηρούμε τις πληροφορίες σχετικά με την ανάκτηση ύψους του πλουμίου.. Η μεγάλη μάζα του πλουμίου παρουσιάζεται μεταξύ 10 με 70 km από την πηγή και σε ύψος 2 με 4 km από την επιφάνεια του εδάφους.

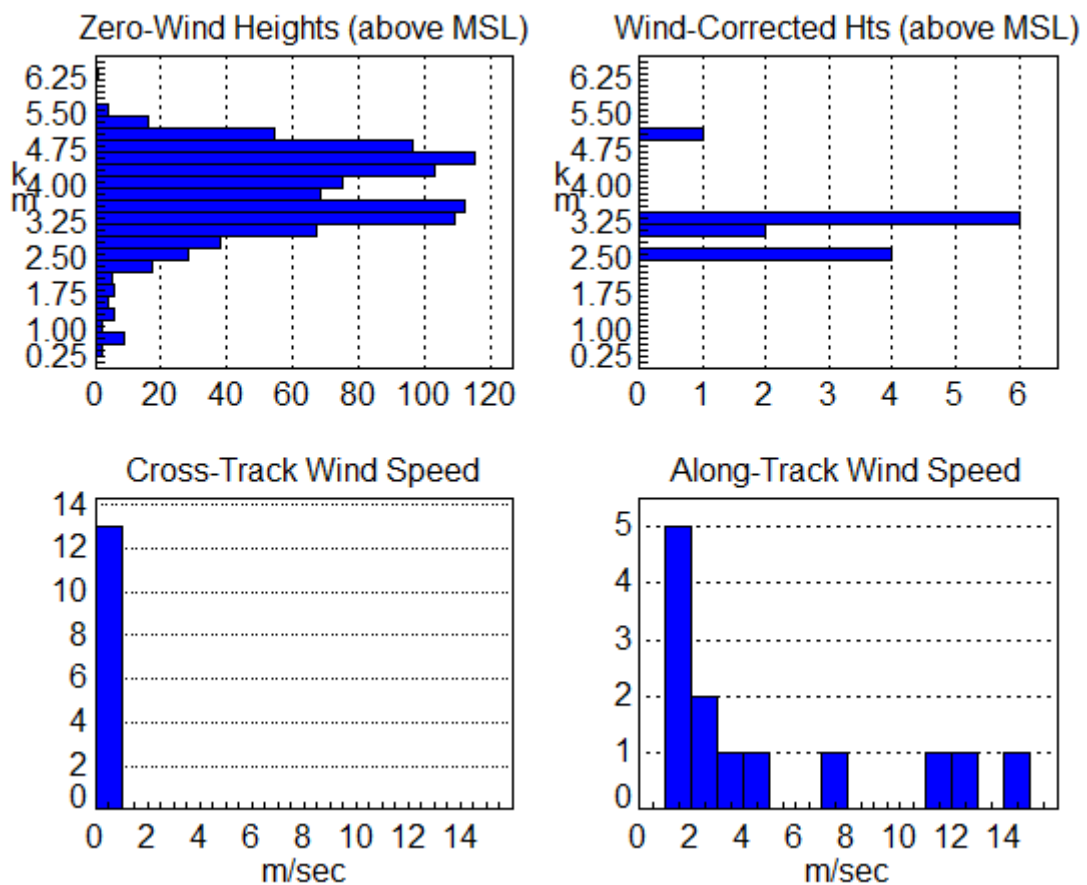


Εικόνα 3.90 Κατακόρυφες κατανομές ύψους και ανέμου.



Εικόνα 3.91 Κατακόρυφη κατανομή της λευκότητας, όπως υπολογίζεται ανά δέσμη MISR.

Histograms for Region: O19753-B55-SPWR1



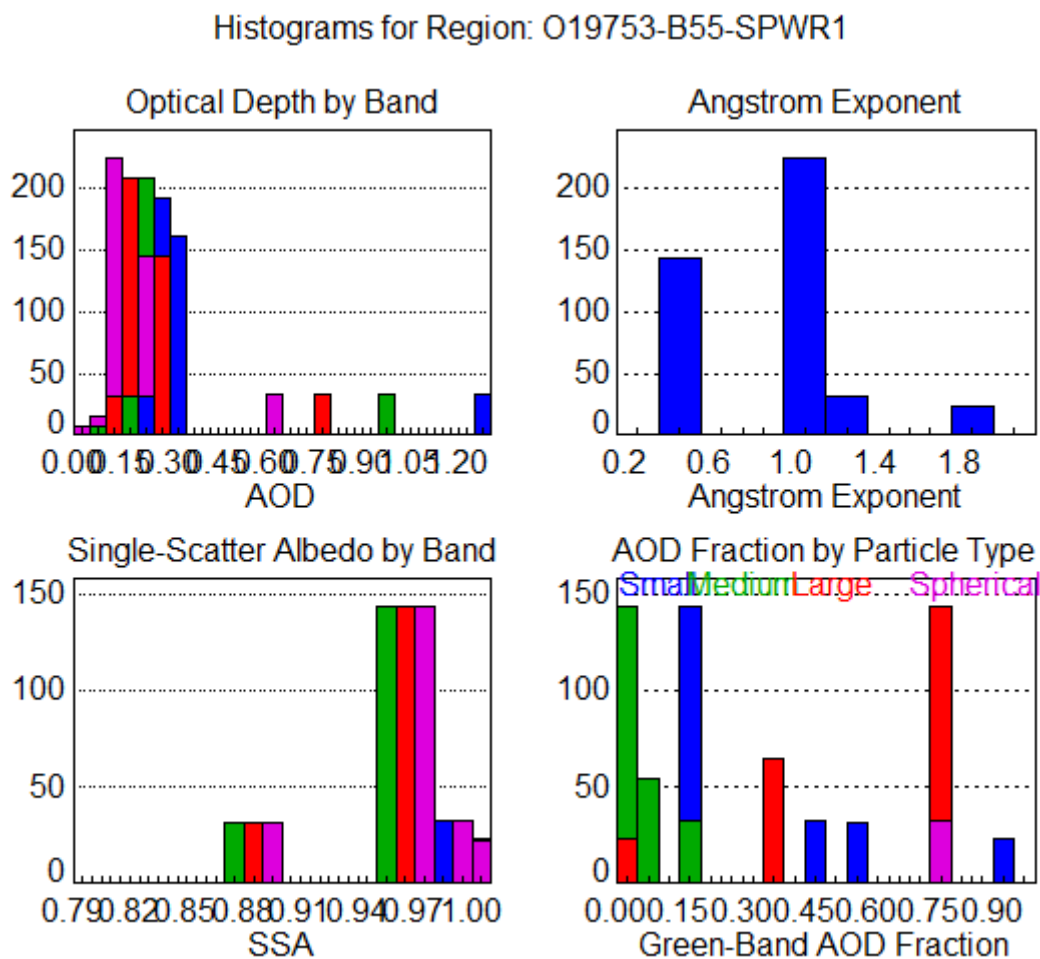
Εικόνα 3.92 Ιστογράμματα της ανάκτησης ύψους για διορθωμένο και μη άνεμο, καθώς και επίσης και ιστογράμματα ταχύτητας του καταμηκούς και του κάθετου της τροχιάς ανέμου.

Στο πρώτο ιστόγραμμα παρατηρούμε κάθε δέσμη ανίχνευσε σωματίδια με διαφορετικό οπτικό βάθος. Οι τιμές του οπτικού βάθους κυμαίνονται κυρίως μεταξύ 0,1 έως 0,3.

Στο δεύτερο ιστόγραμμα παρουσιάζουμε τον εκθέτη Ångström των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν. Τα περισσότερα σωματίδια ανιχνεύτηκαν με εκθέτη $0,5 \pm 0,1$ και με εκθέτη $1,1 \pm 0,1$.

Στο ιστόγραμμα της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης παρατηρήθηκαν τα περισσότερα σωματίδια με τιμή από 0,940 έως 0,975.

Στο τελευταίο ιστόγραμμα παρατηρούμε τα διάφορα μεγέθη και σχήματα των σωματιδίων. Παρατηρούμε ότι έχουμε ένα μικρό αριθμό σφαιρικών δειγμάτων. Παρατηρείται ότι τα μικρότερα σωματίδια έχουν χαμηλές τιμές οπτικού βάθους, ενώ τα μεγαλύτερα και τα σφαιρικά παρουσιάζουν τιμές κοντά στο 0,75.



Εικόνα 3.93 α) Πάνω αριστερά: το οπτικό βάθος των δειγμάτων ανά δέσμη MISR. β) Πάνω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τον εκθέτη Ångström. γ) Κάτω αριστερά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τη λευκότητα μεμονωμένης σκέδασης. δ) Κάτω δεξιά: ο αριθμός των δειγμάτων που παρατηρήθηκαν σε συνάρτηση με τα μεγέθη και σχήματα τους όπως ανιχνεύτηκαν από την πράσινη δέσμη του οργάνου MISR.

3.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι το στρώμα καπνού, αν και μακριά από την πηγή, παρέμενε κοντά στο έδαφος. Πιο συγκεκριμένα, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση της πυρκαγιάς στην περιοχή Whitewater-Baldy, που όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των δεδομένων των τροχιών 66134 (Εικόνα 3.41) και 66367 (Εικόνα 3.55) τα αιωρούμενα σωματίδια του καπνού παρουσιάζονται σε αρκετά χαμηλό υψόμετρο. Το συγκεκριμένο γεγονός εμφανίζεται και στην περίπτωση της πυρκαγιάς στην περιοχή Richardson Alberta, σύμφωνα με τα δεδομένα της τροχιάς 60790 (Εικόνα 3.69). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα του Saharan Mineral Dust Experiment-2 (SAMUM-2) (Ansmann et al., 2011), όπου το στρώμα καπνού βρισκόταν σε υψόμετρο από 4 έως 7 km πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, καταλήγουμε ότι πιθανώς τα δεδομένα των παραπάνω περιπτώσεων να επηρεάστηκαν από τη μορφολογία του εδάφους και τους επικρατούντες άνεμους.

Σε κάθε περίπτωση που μελετήθηκε, οι τιμές του εκθέτη Ångström των δειγμάτων κυμάνθηκαν στο 1,2, που είναι αρκετά κοντά στην αντίστοιχη τιμή των αποτελεσμάτων του (SAMUM-2) (Albert Ansmann et al., 2011).

Ακόμα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα από την ψηφιοποίηση των δεδομένων, οι τιμές της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης κυμαίνονται κυρίως από 0.9 έως 1 ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις των πυρκαγιών που μελετήθηκαν οι τιμές κυμαίνονται από 0.97 έως 1.

Το μέγεθος των σωματιδίων ήταν κατανεμημένο ομοιόμορφα, καθώς υπήρχαν μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια σε ίδια αναλογία ενώ σπάνια παρατηρήθηκαν μη σφαιρικά σωματίδια σε μικρή αναλογία όμως. Εξάιρεση αποτελούν τα δεδομένα της τροχιάς 61285 της πυρκαγιάς στην περιοχή Richardson Alberta (Εικόνα 3.79), όπου τα μη σφαιρικά σωματίδια παρουσιάζονται σε μεγάλη αναλογία, περίπου ίση με το 25% των σωματιδίων που παρατηρήθηκαν.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας ήταν η τη μελέτη των ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων που είναι αποτέλεσμα καύσης βιομάζας, από δεδομένα του οργάνου Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) που βρίσκεται στον δορυφόρο TERRA. Τα αιωρούμενα σωματίδια και πιο συγκεκριμένα της κλιματικής αλλαγής. Για το λόγο αυτό απαιτούνται συνεχείς παρατηρήσεις από δορυφόρους, δίκτυα επίγειων οργάνων μέτρησης και πειράματα πεδίου.

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας, πραγματοποιήθηκε ανάλυση δεδομένων του οργάνου MISR για διαφορετικές περιπτώσεις πυρκαγιών στην περιοχή της Β. Αμερικής. Ακόμα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το όργανο Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS), που επίσης βρίσκεται στο δορυφόρο TERRA, για τον προσδιορισμό των γεωγραφικών σημείων των πυρήνων της πυρκαγιάς.

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα MINX, που χρησιμοποιεί τις στερεοσκοπικές δυνατότητες του MISR. Αυτό το εργαλείο είναι εξειδικευμένο για την ανάκτηση των υψών και των ανέμων των πλουμίων αερολυμάτων καπνού πυρκαγιάς, σκόνης ή ηφαιστειακής τέφρας, χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό αλγόριθμο από το κανονικό προϊόν. Μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο γενικής χρήσης για να απεικονίσει και να αναλύσει τα δεδομένα MISR και ως ένα εξειδικευμένο εργαλείο για την ανάλυση ιδιοτήτων των πλουμίων των αερολυμάτων.

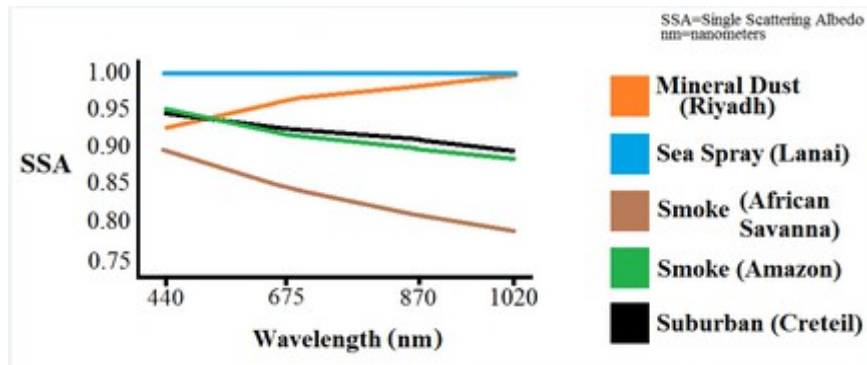
Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα ψηφιοποίησης των δεδομένων του οργάνου MISR, παρουσιάζοντας τα ως μια αναπαραγωγή του γεγονότος. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης καταλήγει στην ανάλυση των ιδιοτήτων των σωματιδίων.

Παρατηρήθηκε αρχικά ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένα αποτελέσματα για το υψόμετρο στο οποίο ανιχνεύονται τα σωματίδια του καπνού. Σε αρκετές περιπτώσεις το στρώμα καπνού, αν και μακριά από την πηγή, παρέμενε κοντά στην επιφάνεια του έδαφος. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πιθανώς τα δεδομένα των παραπάνω περιπτώσεων να επηρεάστηκαν από τη μορφολογία του εδάφους και τους επικρατούντες άνεμους, εφόσον περιμέναμε να ανιχνευθούν τα σωματίδια σε μεγαλύτερο υψόμετρο.

Σε κάθε περίπτωση που μελετήθηκε, οι τιμές του εκθέτη Ångström των δειγμάτων κυμάνθηκαν γύρω στο $1,2 \pm 0,1$ που είναι αρκετά κοντά στην τιμή που περιμέναμε, σύμφωνα και με τις τιμές του αντίστοιχου οπτικού βάθους και του μήκους κύματος.

Ακόμα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα από την ψηφιοποίηση των δεδομένων, οι τιμές της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης κυμαίνονται κυρίως από $0,9 \pm 0,05$ έως $1 \pm 0,05$ ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις των πυρκαγιών που μελετήθηκαν οι τιμές κυμαίνονται από $0,97 \pm 0,05$ έως $1 \pm 0,05$ όπου πιθανώς να παρουσιάζονται σωματίδια υγρασίας. Στην Εικόνα 4.1 παρατηρούμε τις διαφορετικές τιμές της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης για διαφορετικά αερολύματα ως προς το μήκος κύματος. Παρατηρούμε ότι για δύο διαφορετικές περιπτώσεις καπνού οι τιμές της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης αποκλίνουν, γιατί η τιμή εξαρτάται από την πηγή (Eck et al., 1999).

Το μέγεθος των σωματιδίων ήταν κατανεμημένο ομοιόμορφα, καθώς υπήρχαν μικρά, μεσαία και μεγάλα σωματίδια σε ίδια αναλογία ενώ σπάνια παρατηρήθηκαν μη σφαιρικά σωματίδια, σε μικρή αναλογία όμως.



Εικόνα 4.1 Τυπικές τιμές της λευκότητας μεμονωμένης σκέδασης για διαφορετικούς τύπους αερολυμάτων (Eck et al., 1999)

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψιν ότι η διαδικασία της ψηφιοποίησης του καπνού γίνεται χειροκίνητα και η εκτίμηση της κίνησης του πλουμίου γίνεται με υποκειμενικά κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, ο σχεδιασμός του πολυγώνου του πλουμίου του καπνού γίνεται με βάση το πως βλέπει ο χρήστης του προγράμματος τα όρια του συγκεκριμένου πλουμίου. Επίσης ο καθορισμός του ανέμου γίνεται μελετώντας την αναπαράσταση του συμβάντος. Η ψηφιοποίηση γίνεται με βάση τα δεδομένα της κάμερας An οπότε για να προσδιορίσουμε τον άνεμο παρατηρούμε τις εικόνες Df, Cf, Bf, Af και Aa, Ba, Ca, Da με την συγκεκριμένη σειρά ώστε βλέποντας την χρονική εξέλιξη του πλουμίου να καταλάβουμε την κατεύθυνση του ανέμου. Κατ' επέκταση, ενδέχεται να υπάρχει σφάλμα στα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης, κυρίως στην κατανομή του ανέμου. Συνεπώς πρέπει να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων από in situ μετρήσεις και άλλα δορυφορικά όργανα, σε όποια από τις υπό μελέτη περιπτώσεις υπάρχουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ansmann, A. et al., “Saharan Mineral Dust Experiments SAMUM–1 and SAMUM–2: what have we learned” *Tellus B Special Issue: Results of the second Saharan Mineral Dust Experiment (SAMUM-2) Vol. 64, Issue 4*, 406-428, 2011
- Dentener, F.J. and Crutzen, P.J., “Reaction of N₂O₅ on tropospheric aerosols: Impact on the global distributions of NO_x, O₃, and OH.” *Journal of Geophysical Research*, 98, 7149-7163, 1993
- Diner, D.J. et al., “Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) instrument description and experiment overview.”, *EEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, Vol. 36, No. 4, 1074-1084, 1998
- Eck, T. F. et al., “Wavelength dependence of the optical depth of biomass burning, urban, and desert dust aerosols”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104, NO. D24, 31.333-31.349, 1999
- Haywood, J., Boucher, O., “Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review”, *Reviews of geophysics, an AGU Journal*, 513-518, 2000
- Husar, R. B., “Physics and chemistry of atmospheric aerosols”, *University of Stockholm*, 10-15, 1976
- IPCC, “Climate Change” 2013
- Jennings, S. G., “Aerosol effects on climate”, *University of Arizona Press*, 110-116, 1992
- Kalashnikova, O., Kahn, R. et al., “Mineral dust plume evolution over the Atlantic from MISR and MODIS aerosol retrievals”, *J. Geophys. Res.*, 2-7, 2008
- Κουλλαπής, Ν., “Αιωρούμενα σωματίδια και οι επιπτώσεις τους στην υγεία”, *Σύνδεσμος Ασφάλειας και Υγείας Κύπρου*, 2012
- Lehmann, J., DeGloria, S. D., Hobbs, P., Delve, R., & Travis, A. J. “One size does not fit all: Conservation farming success in Africa more dependent on management than on location”, *Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca*, 200-207, 2013
- Martonchik, J.V. et al., “Regional aerosol retrieval results from MISR”, *EEE Transactions on geoscience and remote sensing*, Vol. 40, No. 7, 1521-1529, 2002
- Nelson, D. L., Clare, A., “MISR INteractive eXplorer (MINX) V1 . 0 USER ’ S GUIDE”, *Jet Propulsion Laboratory*, 60-90, 2009
- Παρώνης, Δ. Κ. , “Μέτρηση του οπτικού βάθους των αιωρούμενων σωματιδίων στη Μεσόγειο με αλγόριθμους τηλεπισκόπησης.”, *Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*, 30-35, 2008
- Qi, Y. et al., “Spatial and temporal distribution of MODIS and MISR aerosol optical depth over northern China and comparison with AERONET”, *Chinese science bulletin Vol. 58, No. 20*, 2497–2506, 2013

Remoundaki, E., “Μηχανισμοί κινητικότητας ρύπων”, *Environmental Chemistry and Metal Mobility*, 16-19, 2012

Rheigans, B., E., “Introduction to misr data analysis and tools”, *Jet Propulsion Laboratory*, 10-35, 2009

Seinfeld and Pandis, “Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 2nd Edition”, *John Wiley & Sons*, 2012

Wilson, R. & Spengler J., “Particles in our air- concentration and health effects”, *Harvard University Press*, 492-499, 1996

Wolff, E., Bales, R. C., “Chemical Exchange Between the Atmosphere and Polar Snow”, *Series I: Global Environmental Change, Vol. 43*, 1995

Xi, X., Sokolik I.N., “Impact of Asian dust aerosol and surface albedo on photosynthetically active radiation and surface radiative balance in dryland ecosystems”, *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Meteorology*, Volume 2012, 4-7, 2012