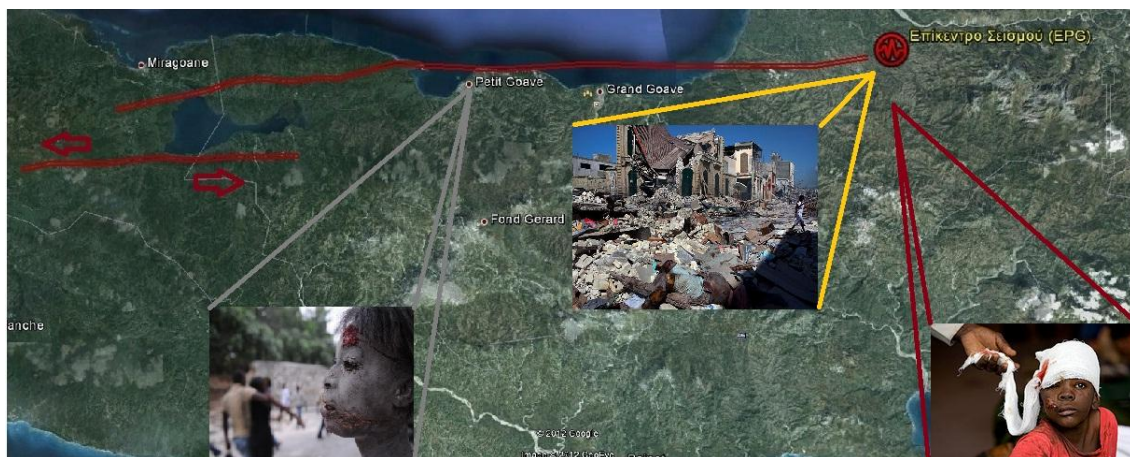




ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών

“ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ 12^{ης} ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΪΤΗ (ΙΣΠΑΝΙΟΛΑ) ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΥΤΟΥ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ”



Επιβλέπων καθηγητής: Παρχαρίδης Ι.

*Επιμέλεια Διπλωματικής Εργασίας: Κανακάκη Σταυρούλα (Α.Μ.
20752)*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ / ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.4 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

2.7 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕΙΣΜΟΥ

2.8 ΖΗΜΙΕΣ – ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΕΙΣΜΩΝ

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

4. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.1 ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ Terra

4.2 ΟΡΓΑΝΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ASTER

4.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ASTER

4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ASTER

4.5 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ASTER

4.6 ASTER – ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ – ΕΚΔΟΣΗ 2.0

4.7 ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ ASTER

4.8 ΚΥΡΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ ASTER

4.9 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ ASTER - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.10 ΤΙ ΚΑΝΕΙ ΤΟ ΥΠΟΟΡΓΑΝΟ ASTER ΜΟΝΑΔΙΚΟ;

5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5.2 Ο ΣΕΙΣΜΟΣ

5.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΟΡΙΣΜΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

5.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ 2010 ΣΤΗΝ ΑΪΤΗ

5.5 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΪΤΗ

5.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (Α)

5.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (Β)

5.8 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

6. ΧΑΡΤΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΪΤΗΣ

7. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

7.1 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

7.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ ASTER ΚΕΝΤΡΟΥ

7.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

8. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

8.1 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

8.2 ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

8.3 ΠΑΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΟΡΓΑΝΟΥ SWIR

9. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

9.1 ΑΪΤΗ – ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

9.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ

9.3 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΪΤΗΣ

9.4 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

10.1 ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

11.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ PORT-AU-PRINCE

11.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΕΞΑΓΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ

11.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ENRIQUILLO-PLANTAIN GARDEN

12. ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

12.2 Μηνιαίοι Χάρτες NDVI

12.4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών και αφορά περισσότερο κατεύθυνση Γεωπληροφορικής. Εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια των ετών 2011-2012.

Να σημειωθεί πως μέρος της παρούσας εργασίας εκπονήθηκε στο Ινστιτούτο Ακουστικής και Αισθητηρίων Οργάνων στην Ρώμη, Ιταλία, “Istituto di Acustica e Sensoristica – Orso Mario Corbino (CNR-IDASC), στα πλαίσια της τρίμηνης Πρακτικής Άσκησης που πραγματοποιήθηκε εκεί κατά τη διάρκεια του θέρους του 2012 με επιβλέποντα τον Sig. Maurizio Poscolieri (I Ricercatore II° liv.) στον οποίο αποδίδονται ευχαριστίες για τη βοήθεια, τις σχετικές υποδείξεις και τις συμβουλές που παρείχε.

Ευχαριστίες ακόμη αποδίδονται και στον υπεύθυνο της παρούσας διπλωματικής (καθώς και της Πρακτικής Άσκησης), επίκουρο καθηγητή του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου κυρίου Παρχαρίδη Ισαάκ που υπήρξε σημαντικός καθοδηγητής για τη συγκεκριμένη εργασία και που με το γνωστικό υπόβαθρο και τις υποδείξεις του οδήγησε την παρούσα έρευνα σε καταλυτικά στάδια.

Περαιτέρω ευχαριστίες αποδίδονται και στους υπόλοιπους καθηγητές του τμήματος Γεωγραφίας οι οποίοι με τις γνώσεις που μετέδωσαν τα χρόνια της φοίτησης στο προπτυχιακό επίπεδο σπουδών κατάφεραν να ενισχύσουν τόσο το γνωστικό υπόβαθρο όσο και να βοηθήσουν στον γενικότερο τελικό προσανατολισμό, στην αναγνώριση ιδιαίτερων κλίσεων, και στην αντίληψη και επιλογή των στόχων προς μελλοντική υλοποίηση.

Τέλος, μα σημαντικότερα, ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται στο οικογενειακό περιβάλλον που πάντοτε πιστεύει και στηρίζει τις όποιες επιλογές δίχως την κατάκριση αυτών.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Κανακάκη Η. Σταυρούλα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο: «Μελέτη του σεισμού στην Αϊτή της Ισπανιόλα (Καραϊβική) της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010 και των επιπτώσεων αυτού στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον μέσω της χρήσης δορυφορικών εικόνων ASTER», έχει ως στόχο τόσο τη διερεύνηση της ικανότητας και των αποτελεσμάτων της χρήσης παθητικών δορυφορικών συστημάτων τηλεπισκόπησης που ως σκοπό έχουν την παρατήρηση του γήινου περιβάλλοντος. Φυσικά, απώτερος στόχος είναι ο εντοπισμός των καταστροφών, τόσο του φυσικού περιβάλλοντος όσο και του ανθρωπογενούς, που υπέστη η πληγείσα περιοχή ύστερα την καταστροφή. Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι η Αϊτή, χώρα της Καραϊβικής η οποία μοιράζεται το νησί της Ισπανιόλα με τη Δομινικανή Δημοκρατία. Η Αϊτή, μα κυρίως η πρωτεύουσα, το Πορτ-ο-Πρενς και οι πλησίον αυτής περιοχές υπέστησαν σοβαρές υλικές ζημιές και καταστροφές κατόπιν του σεισμού αυτού. Για την υλοποίηση της διπλωματικής αυτής αξιοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες ASTER πριν και μετά την καταστροφή οι οποίες, μάλιστα, απεικονίζουν δύο περιοχές της χώρας που εκτείνονται κατά μήκος του κύριου ρήγματος. Οι εικόνες απεικονίζουν την πρωτεύουσα και ένα τμήμα του ρήγματος στα δυτικά της πρωτεύουσας, στην περιοχή Legoane. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης των λογισμικών ENVI, ERDAS ενώ για την εξαγωγή των χαρτών αξιοποιήθηκε το ArcMAP. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε επίσης το περιβάλλον Google earth ως γεωγραφική βάση των δεδομένων και βοηθητικό λογισμικό βοηθητικής οπτικοποίησης ορισμένων αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν μέθοδοι επεξεργασίας των αρχικών δεδομένων όπως: Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, Δείκτης Βλάστησης (NDVI), εφαρμογή μεθόδων σύγκρισης Change Detection καθώς και BandMath.

Λέξεις-κλειδιά: τηλεπισκόπηση, φωτοερμηνεία, Αϊτή, Πορτ-ο-Πρενς, ρήγμα, σεισμός, φυσική καταστροφή, δείκτης βλάστησης, ανάλυση κυρίων συνιστωσών, ENVI, ERDAS, ArcMAP.

ABSTRACT

The aim of this study with title: “Studying the Haiti earthquake of the 12th January of 2010 and its impacts on natural and human environment using ASTER satellite images” is to study and examine the capability and results of the pathetic remote sensing systems that have to do with the observing of the earth environment. Of course, the upper target is the identifying of disasters in the selected area, of natural and human environment, after the disaster. The selected studying area of interest is Haiti that shares the Hispaniola island with Dominican Republic. Haiti, but first of all, its capital, Port-au-Prince and its neighbor regions suffered serious damage after the earthquake. For the prosecution of this study have been used before and after the earthquake ASTER satellite images that show two different areas along the main fault of the 12th earthquake. The images show the Haiti capital, Port-au-Prince and an fault zone area, west of the capital, in the Legoane region. The data processing realized through the usage of ENVI and ERDAS software, while as far as the maps’ export was used the ArcMAP software. In concusion, Google earth environment has been used as geographical base of the data and as auxiliary application of visualizing the results. Specifically, were exploited processing procedures about the initial data like: Principal Components Analysis, Vegetation Index (NDVI), Change Detection and BandMath methods.

Keywords: remote sensing, image interpretation, Haiti, Port-au-Prince, fault, earthquake, natural disaster, vegetation Index, Principal Components Analysis, ENVI, ERDAS, ArcMAP.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα, τα τελευταία χρόνια, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, την μελέτη του παγκόσμιου κλίματος, καθώς και το σχεδιασμό και την υποστήριξη αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή.

Φυσική καταστροφή είναι η συνέπεια ενός φυσικού κινδύνου όπως μίας πλημμύρας, μίας ηφαιστειακής έκρηξης, ενός σεισμού, μίας κατολίσθησης ή ενός τσουνάμι που όλα έχουν συνέπεια και επιπτώσεις στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Υπάρχει, βέβαια η περίπτωση η φυσική καταστροφή να οφείλεται σε αίτια αρκετά συνήθη όπως ένα μικρό χτύπημα κεραυνού, το οποίο απειλεί μία πολύ μικρή περιοχή, ή από την άλλη σε εξαιρετικά σπάνια αλλά άκρως επικίνδυνα φαινόμενα όπως ένα συμβάν πρόσκρουσης αστεροειδούς ή άλλου διαστημικού υλικού, το οποίο μπορεί να εξαλείψει ακόμη και ολόκληρο πολιτισμό.

Τα φυσικά φαινόμενα είναι απαραίτητα για την παραγωγή του φυσικού κινδύνου, και στη συνέχεια λόγω της τρωτότητας εξελίσσονται σε κίνδυνο και πιθανότητα καταστροφής. Πολλοί επιστήμονες ορίζουν την έννοια του κινδύνου ως και την πιθανότητα πρόκλησης βλάβης από παράγοντα που προξενεί περιβαλλοντική καταστροφή. Ο περιβαλλοντικός κίνδυνος αποτελεί σήμερα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης ζωής και των καθημερινών ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Κατ' επέκταση κανένα άτομο δεν είναι δυνατόν να ζει σε περιβάλλον απόλυτα ασφαλές και να μην διατρέχει τον παραμικρό κίνδυνο.

Η ραγδαία ανάπτυξη η δορυφορικής τηλεπισκόπησης τις δύο τελευταίες δεκαετίες σε συνδυασμών με τη μείωση του κόστους εκτόξευσης των δορυφορικών συστημάτων, διαχείρισης και επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων, οδήγησε με ταχύ ρυθμό στην πλήρη επικράτηση της έναντι των μορφών τηλεπισκόπησης όπως τα αεροφωτογραφίας.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση αξιοποιείται για την παρακολούθηση και τη μελέτη του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Χρησιμοποιείται στη γεωλογία, τη σεισμολογία, την τοπογραφία, τη μετεωρολογία, τη μελέτη της ατμόσφαιρας και του κλίματος, την ωκεανογραφία με αποτέλεσμα τα περισσότερα από τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα να μπορούν να μελετώνται και να παρακολουθούνται από δορυφόρους.

Τα δορυφορικά συστήματα έχουν δυνατότητες που δε διαθέτει καμία άλλη τεχνολογία, ιδίως σε ότι αφορά στην κάλυψη ολόκληρου του πλανήτη, στη χρήση διάφορων περιοχών του φάσματος και στη συχνή μέτρηση παραμέτρων σε περιοχές που συχνά είναι απρόσιτες για άλλα μέσα. Παράλληλα η δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται για τη μελέτη φαινομένων περιορισμένης χωρικής κλίμακας, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα στις αλλαγές στο αστικό περιβάλλον.

Επίσης, προσφέρει λύσεις οικονομικότερες από οποιαδήποτε άλλη εναλλακτική τεχνολογία, ιδίως σε ότι αφορά στην ταχεία αποτύπωση και παρακολούθηση εκτεταμένων γεωγραφικών περιοχών. Μάλιστα, η νέα σειρά δορυφορικών συστημάτων πολύ υψηλής χωρικής και διακριτικής ικανότητας, όπως οι: IKONOS, Quickbird και οι δορυφόροι MSG, ενισχύει σημαντικά τις δυνατότητες της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, τόσο στα πλαίσια υπαρχουσών εφαρμογών όσο και σε σχέση με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών (Καρτάλης, Φειδάς, 2006).

2. Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Η τηλεπισκόπηση / τηλεανίχνευση (remote sensing) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μία περιοχή ή ένα φαινόμενο, με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που δε βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης. Στην ουσία, ασχολείται με την απόκτηση πληροφοριών για μια γήινη επιφάνεια με την από απόσταση μέτρηση και αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα.

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

- τους στόχους, που συνιστούν τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα μιας περιοχής.
- την τεχνική συλλογής δεδομένων με τη βοήθεια οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους στόχους, και
- την ανάκλαση και την ερμηνεία των δεδομένων

Η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει την ανθρώπινη όραση, τις ακτίνες X των ιατρικών επιστημών, τις συμβατικές φωτογραφίες, τις αεροφωτογραφίες, τη λήψη εικόνων με Radar, τις δορυφορικές εικόνες, τις μετρήσεις του πεδίου βαρύτητας της γης κ.α. Πιο διαδεδομένες είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Ιδιαίτερα αναπτυγμένη είναι η δορυφορική τηλεπισκόπηση (satellite remote sensing) που ασχολείται με την καταγραφή δεδομένων από ανιχνευτές δορυφόρων που 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 αλληλεπίδρασή της με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της γης και συνεπώς μεταφέρει πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας (Καρτάλης, 2006).

2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Electromagnetic radiation – EMR) είναι η βασική ποσότητα ενέργειας όπου έχει την ικανότητα να παράγει έργο, και η οποία μετράται σε joules. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εκφράζεται όπως είναι γνωστό, σε μηχανική, χημική, ηλεκτρική και θερμική. Η μετάδοση της ενέργειας γίνεται με επαφή, μεταφορά και ακτινοβολία. Απ' αυτούς τους τρεις παράγοντες μόνο η ακτινοβολία είναι δυνατό να μεταδώσει ενέργεια από ένα σώμα σ' ένα άλλο χωρίς την παρέμβαση ενδιάμεσου φορέα και διασχίζοντας εκατομμύρια χιλιόμετρα στο κενό διάστημα. Τη μέθοδο της μεταφοράς ενέργειας με ακτινοβολία, εκμεταλλεύεται και η Τηλεπισκόπηση, η οποία γίνεται από ένα σώμα προς τον δέκτη (κατάλληλο αισθητήριο όργανο) που λαμβάνει το σήμα (Barrett & Curtis, 1992).

Οι δορυφορικοί αισθητήρες καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται είτε από τη γήινη επιφάνεια (μέσω της σκέδασης από την ατμόσφαιρα) ή την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα στη γη.

Στην τηλεπισκόπηση, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία καθορίζεται ποσοτικά από την ένταση (I), το μήκος κύματος (λ) ή τη συχνότητα (ν) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (Καρτάλης, 2006).

2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ / ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ

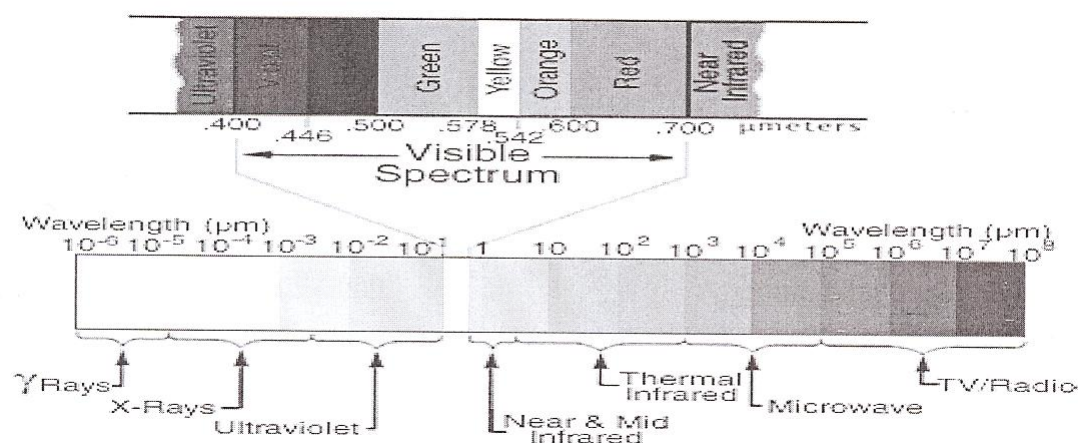
Ολόκληρο το εύρος της ηλεκτρικής ακτινοβολίας αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (EMS-Electromagnetic Spectrum). Το φάσμα (Εικ.1.1) διαχωρίζεται σε φασματικά κανάλια (spectral bands), τα οποία με τη σειρά τους συγκροτούνται από μικρές ομάδες συνεχών φασματικών γραμμών. Τα φασματικά αυτά κανάλια είναι το υπεριώδες (Ultraviolet, UV), το ορατό (Visible), το υπέρυθρο (Infrared, IR) και το μικροκυματικό (Microwave), από τα οποία το ορατό καθορίζεται σαφέστερα με βάση την ανθρώπινη όραση.

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης έχουν σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να ανιχνεύουν επιλεκτικά EMR, μεταξύ μιας ή περισσότερων υποδιαιρέσεων, χωρίς όμως να είναι αυτό εφικτό με ένα μόνο όργανο (αισθητήρα). Έτσι, οι ομάδες αισθητήρων είναι

δυνατόν να συλλέξουν πληροφορίες μέσα από τη φασματική διακύμανση, η οποία είναι βέβαια εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη του ορατού καναλιού (CCRS, 1998).

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διαιρείται σε περιοχές με βάση το μήκος κύματος (λ). Το σύνολο των περιοχών αυτών συνιστά το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (εικόνα βλ.σελ6). Επίσης κατηγοριοποιείται με βάση τη θέση του μήκους κύματος στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Να σημειωθεί πως τα δορυφορικά συστήματα τηλεπισκόπησης λειτουργούν, κυρίως στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα καθώς και στην περιοχή των μικροκυμάτων.

- Η ορατή (visible) περιοχή του φάσματος έχει όρια που καθορίζονται από την ανθρώπινη όραση ($0.38\mu\text{m}$ έως $0.72\mu\text{m}$).
- Η υπέρυθρη (infrared) περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιλαμβάνει μήκη κύματος μεγαλύτερα από την περιοχή του κόκκινου τμήματος του ορατού και εκτείνεται από $0.7\mu\text{m}$ έως $1000\mu\text{m}$ (εγγύς, μέσο, απώτερο υπέρυθρο). Να σημειωθεί πως το εύρος του υπέρυθρου που χρησιμοποιείται στην Τηλεπισκόπηση εκτείνεται από $0.72\mu\text{m}$ έως $15\mu\text{m}$ (Barrett & Curtis, 1992).
- Η μικροκυματική ακτινοβολία (μικροκύματα-microwaves) περιλαμβάνει μεγάλα μήκη κύματος που εκτείνονται από 1mm έως 1m . Η ακτινοβολία αυτή έχει την ιδιότητα να διαπερνά τα νέφη και να εισχωρεί βαθιά σε μια γήινη επιφάνεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της. Γενικά, να σημειωθεί πως τα μεγαλύτερα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται στην Τηλεπισκόπηση είναι εκείνα από 1mm μέχρι 1m .
- Η υπεριώδης ζώνη (εικ.2.1) εκτείνεται από 3nm έως $0,4\mu\text{m}$ (Καρτάλης, 2006).



Εικόνα 2.1: Κύρια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και των καναλιών του, με το μήκος κύματος, τη συχνότητα και την ενέργεια φωτονίων (Πηγή: Frinberg 1968).

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Παρακάτω αναγράφονται ορισμένες από τις ιστορικές χρονολογίες της Τηλεπισκόπησης:

1826: Γεννάται η Τηλεπισκόπηση με την ανακάλυψη της φωτογραφίας. Αναπτύσσονται νέοι τύποι φιλμ. Γίνεται καταγραφή φωτογραφιών και σε ζώνες εκτός του ορατού φάσματος.

1939: Αναπτύσσεται η υπέρυθη φωτογραφία και το Radar.

1960: Μεγάλη ώθηση στην Τηλεπισκόπηση λόγω ανταγωνισμού των διαστημικών και δορυφορικών ερευνών και της δημιουργίας της Αμερικανικής Αεροναυτικής και Διαστημικής Υπηρεσίας NASA (National Aeronautics and Space Administration).

1970: Εκτοξεύονται δορυφόροι, όπως ο αμερικανικός δορυφόρος Landsat-1 (1972), για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης.

1980: Άλλοι δορυφόροι Τηλεπισκόπησης εκτοξεύονται από χώρες όπως η Ινδία (IRS-1a, IRS-1b), η Ιαπωνία (MOS-1, MOS-1b), και η Ρωσία.

1982: Κατασκευάζεται η δεύτερη γενεά δεκτών και δορυφόρων Landsat με το θεματικό χαρτογράφο TM (Thematic Mapper).

1986: Εκτοξεύεται ο γαλλικός δορυφόρος SPOT-1.

1986: Αναπτύσσονται τα εικονοληπτικά φασματόμετρα (Imaging Spectrometers), όπως τα Geoscan II (32 κανάλια), MONITEQ (288 κανάλια), CASI (288 κανάλια) της Intres Research, το MEIS FM (64 κανάλια) του καναδικού κέντρου Τηλεπισκόπησης (Canadian Centre for Remote Sensing), AVIRIS, κ.α.

1990: Δημιουργείται το EOS (Earth Observing Systems) στις ΗΠΑ για την παροχή δεδομένων στην παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών, το Radarsat στον Καναδά και ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος Earth Resources Satellite (ERS-1) με συσκευές Radar του τύπου SAR (Synthetic Aperture Radar) (Μερτίκας, 2006).

2.4 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Ανάλογα με την πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες κατατάσσονται στους παθητικούς και τους ενεργητικούς.

- Οι παθητικοί αισθητήρες (passive sensors) αποτελούν συστήματα ανίχνευσης και καταγραφής της ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή ανακλάται από το παρατηρούμενο αντικείμενο-στόχο. Τα συστήματα αυτά ανιχνεύουν το τμήμα του φάσματος που εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας έως την περιοχή του απώτερου υπερύθρου ($0.38 \mu\text{m} < \lambda < 1000\mu\text{m}$). Μια ιδιαίτερη κατηγορία παθητικών αισθητήρων είναι οι θερμικοί αισθητήρες (thermal sensors) οι οποίοι ανιχνεύουν την εκπεμπόμενη από τη γη θερμική ακτινοβολία ($3\mu\text{m} - 15\mu\text{m}$).

- Οι ενεργητικοί ανιχνευτές (active sensors) χρησιμοποιούν δική τους πηγή ακτινοβολίας την οποία κατευθύνουν προς το υπό έρευνα αντικείμενο, αυτή στη συνέχεια ανακλάται στο στόχο (αντικείμενο ή περιοχή της επιφάνειας της γης), επιστρέφει και καταγράφεται από το σύστημα. Σε αυτούς τους ανιχνευτές, όπως τα ραντάρ που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων, το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση που εξαρτάται μεταξύ άλλων από τις ιδιότητες της επιφάνειας (Καρτάλης, 2006).

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΧΙΑΣ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Το ύψος της τροχιάς που τίθενται οι δορυφόροι κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 800 και 1500 km. Υπάρχουν όμως και δορυφόροι που η τροχιά τους βρίσκεται σε πολύ μεγάλο ύψος, περίπου 36.000 km. Οι δορυφόροι της πρώτης κατηγορίας ονομάζονται δορυφόροι χαμηλής τροχιάς και της δεύτερης κατηγορίας καλούνται υψηλής τροχιάς ή γεωστάσιμοι.

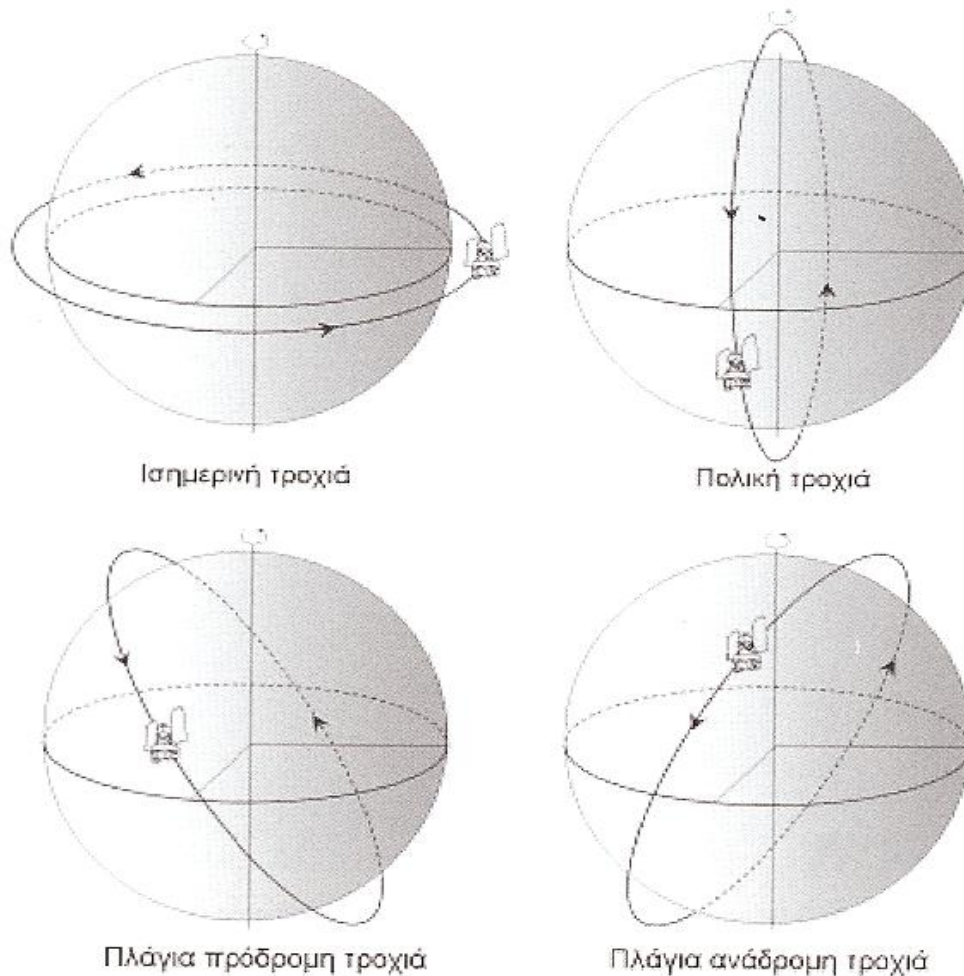
- Δορυφόροι Χαμηλής Τροχιάς

Οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς (low-level earth observation satellites, LEO'S) περιστρέφονται γύρω από τη γη σε ύψος 800-1500 km. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροχιάς τους διακρίνονται σε (Cambell, 2002) (Εικόνα 2.2).

α) Ισημερινής τροχιάς (equatorial-orbiting satellites), των οποίων η τροχιά βρίσκεται μέσα στο ισημερινό επίπεδο.

β) Πολικής τροχιάς (polar orbiting satellites), των οποίων η τροχιά βρίσκεται στο επίπεδο που διέρχεται από τον άξονα της γης, δηλαδή, η απόκλιση της τροχιάς τους είναι 90° . Οι δορυφόροι αυτοί κινούνται από τον έναν πόλο της γης στον άλλον. Κάθε διαδοχική τροχιά διασχίζει τον ισημερινό σε διαφορετική ηλικιακή ώρα.

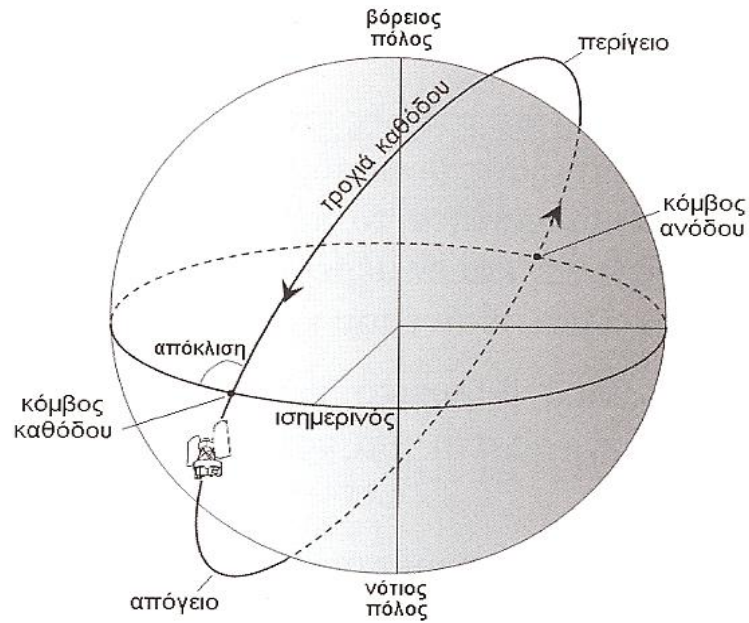
γ) Πλάγιας ή σχεδόν πολικής τροχιάς (oblique-orbiting or near-polar orbiting satellites), των οποίων η απόκλιση της τροχιάς είναι διαφορετική των 90° . Οι περισσότεροι δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Επίσης μπορεί να παρατηρηθεί μια ιδιαίτερη τροχιά στην οποία η γωνία μεταξύ του επιπέδου της τροχιάς του δορυφόρου και της διεύθυνσης του άξονα γης-ήλιου είναι πάντοτε σταθερή. Στην περίπτωση αυτή ο δορυφόρος περνά πάνω από κάθε περιοχή πάντοτε την ίδια τοπική ώρα, σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (δύο φορές την ημέρα για τους μετεωρολογικούς δορυφόρους και μια φορά ανά αρκετές ημέρες για τους πλουτοπαραγωγικούς δορυφόρους). Αυτή η τροχιά ονομάζεται ηλιοσύγχρονη (sun-synchronous) και έχει το πλεονέκτημα ότι οι λήψεις που γίνονται την ίδια εποχή έχουν τις ίδιες συνθήκες φωτισμού δηλαδή, την ίδια ηλιακή γωνία σε όλες τις περιοχές που βρίσκονται στην ίδια παράλληλο.



Εικόνα 2.2: Δορυφόροι χαμηλής τροχιάς σε ισημερινή, πολική, πλάγια, πρόδρομη και πλάγια ανάδρομη τροχιά (Πηγή: Καρτάλης, 2006).

- Δορυφόροι Υψηλής τροχιάς

Οι δορυφόροι υψηλής τροχιάς (high-level earth observation satellites) περιστρέφονται γύρω από τη γη, στο επίπεδο του ισημερινού της γης, σε πολύ μεγάλο ύψος, περίπου 36.000 km. (Εικόνα 2.2). Η τροχιά αυτή έχει την ιδιαιτερότητα ο δορυφόρος να κινείται με γωνιακή ταχύτητα ίση με αυτή της γης. Με τον τρόπο αυτό, ο δορυφόρος βρίσκεται στάσιμος πάνω από μια περιοχή της γης, και για αυτό το λόγο ονομάζεται γεωστάσιμος (geostationary earth observation satellites, GEO's). Επιτυγχάνεται έτσι συνεχής κατόπτευση του γήινου δίσκου (Εικόνα 2.3) με πολύ μεγάλη διακριτική ικανότητα, η οποία εξαρτάται μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σαρωτή. Αρνητικό τους είναι το γεγονός πως το πολύ μεγάλο ύψος τους περιορίζει σημαντικά τη χωρική διακριτική ικανότητα που φέρουν (Καρτάλης, 2006).



Εικόνα 2.3: Τα χαρακτηριστικά της τροχιάς των δορυφόρων (Πηγή: Καρτάλης, 2006)

2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Η προσπάθεια που γίνεται ούτως ώστε να διακριθούν τα ανθρωπογενή και φυσικά χαρακτηριστικά σε μια εικόνα βάσει του τρόπου με τον οποίο ανακλά κάθε οντότητα την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε αισθητήριο όργανο καταγραφής σώζει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία όπως αυτή λαμβάνεται από κάθε σώμα και στη συνέχεια αυτή απεικονίζεται σε εικόνα κάποιου τόνου του γκρι.

Η ανάλυση των εικόνων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα βήματα ώστε να εντοπιστούν, να αναγνωριστούν και να ερμηνευθούν τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά. Αυτή η διαδικασία, συνήθως συνοδεύεται από τον εντοπισμό και την ερμηνεία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της εικόνας όπως:

- **τον τόνο**

δηλαδή τη φωτεινότητα ή το ακριβές χρώμα των επιμέρους αντικειμένων της εικόνας. Αποτελεί ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά με τα οποία γίνεται ο διαχωρισμός των επιμέρους οντοτήτων σε μια εικόνα. Έτσι, μέσω της διαφορετικότητας της τονικότητας των αντικειμένων μπορούν να γίνουν αντιληπτά και άλλα χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως η υφή, η γενική μορφή αλλά, το σχήμα, ίσως και οι διαστάσεις.

- **την υφή**

πρακτικά αφορά σε συγκεκριμένες περιοχές μιας εικόνας όπου παρουσιάζονται συγκεκριμένες συχνότητες αλλαγών των τόνων του γκρι. Στην ουσία οι διαφορετικές διαβαθμίσεις του γκρι υφίστανται επειδή κάθε αντικείμενο αντανακλά και εκπέμπει ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος αλλά και με διαφορετική ένταση όσον αφορά στην ενέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απεικονίζονται τα αντικείμενα με διαφορές στο χρώμα και τον τόνο καθιστώντας τα ευδιάκριτα.

- **το μέγεθος**

Τα αντικείμενα έχουν διαφορετικές διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος, εμβαδόν) με αποτέλεσμα αυτό να τα κάνει να διαφέρουν σε μέγεθος. Επιπλέον, το μέγεθος ενός αντικειμένου σε μια εικόνα έχει άμεση σχέση με την κλίμακα του χώρου. Έτσι, αν είναι οι γνωστές οι διαστάσεις κάποιων αντικειμένων σε μια εικόνα (π.χ. οδικά δίκτυα, κτίρια) είναι δυνατόν να συγκριθούν στο μέγεθος με άλλα αντικείμενα αγνώστων διαστάσεων ώστε να εκτιμηθούν και οι δικές τους διαστάσεις.

- **το σχήμα**

δηλαδή η μορφή που παρουσιάζει γενικότερα μια οντότητα μαζί με τη δομή αλλά και το περίγραμμα της όλης διάστασης. Επίσης αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο για την όλη ερμηνεία μιας εικόνας. Υπάρχουν αντικείμενα που έχουν αρκετά προφανές σχήμα και δομή με αποτέλεσμα να γίνεται εύκολα αντιληπτή η ταυτότητά τους (αντικείμενα ανθρώπινης κατασκευής, γεωλογικές και γεωφυσικές οντότητες).

- **τη σκίαση**

δίνοντας σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το σχετικό ύψος αλλά και τη γενικότερη εικόνα ενός αντικειμένου αποτελεί ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό μιας εικόνας αφού το καθιστά πιο εύκολα “αναγνωρίσιμο”. Μέσω των σκιάσεων, επίσης, τονίζεται η τοπογραφία και μορφολογία του εδάφους, από την άλλη, όμως, “καλύπτεται” πληροφορία των περιοχών όπου επιδρά και επικαλύπτει η σκίαση.

- **η διάταξη**

η συστηματική, δηλαδή, επανάληψη συγκεκριμένων ή παρεμφερών τόνων αλλά και διαστάσεων (υψών) που δημιουργεί την εντύπωση μιας ενιαίας μορφής. Σε αυτές τις “ενιαίες” οντότητες μπορεί να περιλαμβάνονται από αγροτικές δραστηριότητες, γεωλογικά χαρακτηριστικά (ρήγματα, αλουβιακές και παράκτιες λεκάνες, ακτογραμμές).

2.7 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕΙΣΜΟΥ

Σεισμοί καλούνται οι εδαφικές δονήσεις οι οποίες γεννιούνται κατά τις διαταράξεις της μηχανικής ισορροπίας των γήινων πετρωμάτων από φυσικά αίτια που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης. Στις θέσεις διατάραξης της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων απελευθερώνεται μηχανική ενέργεια η οποία διαδίδεται μέσα στη γη με τη μορφή σεισμικών κυμάτων, και εκδηλώνεται με τη μορφή δονήσεων του εδάφους.

Οι σεισμοί ανάλογα με τα αίτια γένεσής τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Τεκτονικοί σεισμοί: είναι εδαφικές δονήσεις οι οποίες προκαλούνται από την βίαιη διάρρηξη των πετρωμάτων της γης, ως αποτέλεσμα της δράσεως τεκτονικών δυνάμεων συμπίεσης και εφελκυσμού. Είναι οι πιο συνηθισμένοι, δεδομένου ότι το 90% των επιφανειακών σεισμών και το σύνολο των πλουτώνιων είναι τεκτονικοί σεισμοί.
- Ηφαιστειογενείς σεισμοί: είναι εδαφικές δονήσεις που είτε προηγούνται είτε συνοδεύουν τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Αποτελούν το 7% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών.
- Εγκατακρημνισιγενείς σεισμοί: είναι εδαφικές δονήσεις που οφείλονται σε καταπτώσεις οροφών φυσικών εγκοίλων και σπηλαίων. Έχουν συνήθως μικρό μέγεθος και αποτελούν το 3% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών.

Σεισμοί γεννιούνται μόνο μέσα στη λιθόσφαιρα και οι σεισμικές εστίες φθάνουν περίπου μέχρι 700Km βάθος. Το μεγαλύτερο εστιακό βάθος σεισμού που έχει υπολογιστεί είναι 720Km. Ανάλογα με το εστιακό τους βάθος οι σεισμοί διακρίνονται σε: **Επιφανειακούς σεισμούς** με εστιακό βάθος μικρότερο από 60Km, **σεισμούς ενδιάμεσου βάθους** με εστιακό βάθος μεταξύ 60 - 300 Km, **σεισμούς μεγάλου βάθους** με εστιακό βάθος μεγαλύτερο από 300Km. Οι σεισμοί ενδιάμεσου και μεγάλου βάθους καλούνται πλουτώνιοι σεισμοί.

Στις μεσο-ωκεάνιες ράχεις παρατηρούνται μόνο επιφανειακοί σεισμοί, ενώ στις περιοχές σύγκλισης των πλακών γεννιούνται και σεισμοί ενδιάμεσου ή μεγάλου βάθους.

Επιπλέον, υπάρχουν εδαφικές δονήσεις των οποίων τα αίτια είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά, αλλά δεν βρίσκονται στο εσωτερικό της γης. Οι δονήσεις αυτές παρόλο που δεν είναι σεισμοί μελετώνται από την σεισμολογία. Φυσικές δονήσεις θεωρούνται όσες οφείλονται σε πτώσεις μετεωριτών, σε μετεωρολογικά αίτια ή σε θαλάσσια κύματα, ενώ τεχνητές δονήσεις όσες προκαλούνται από πυρηνικές ή χημικές εκρήξεις καθώς και από τις μηχανές των εργοστασίων (Γεωδ. Ινστ.).

Εστιακό βάθος καλείται η απόσταση μεταξύ της εστίας και του επικέντρου.

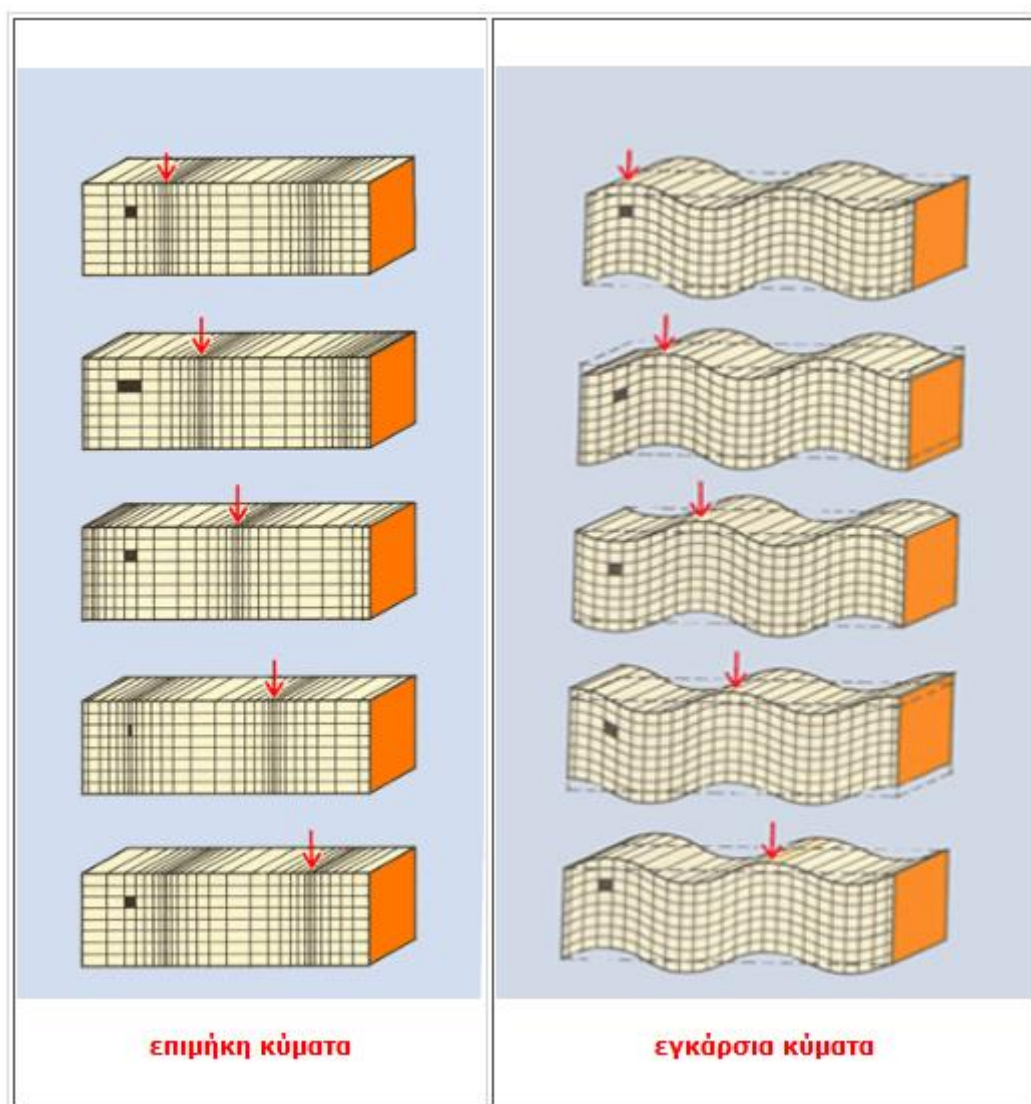
Εστία (υπόκεντρο) σεισμού: Η πηγή ενός σεισμού κατανέμεται γύρω από ένα σημείο από το οποίο τα σεισμικά κύματα φαίνεται να ξεκινούν το "ταξίδι τους". Αυτό το σημείο ονομάζεται "εστία" και συνήθως αποτελεί το σημείο από το οποίο ξεκίνησε η διάρρηξη στο ρήγμα. Η θέση της εστίας είναι γνωστή και ως "υπόκεντρο".

Επίκεντρο σεισμού: το σημείο της επιφάνειας της Γης, το οποίο βρίσκεται ακριβώς πάνω από την εστία σεισμού, αλλιώς η προβολή της εστίας στην επιφάνεια της Γης.

Επιμήκη κύματα (Εικ.1) ή κύματα P (primary waves): Τα κύματα που αναγράφονται πρώτα από τα σεισμόμετρα. Κατά την διάδοση τους, τα υλικά σημεία των πετρωμάτων ταλαντώνονται κατά διεύθυνση παράλληλη προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος δημιουργώντας διαδοχικά πυκνώματα και αραιώματα.

Επιφανειακά κύματα (surface waves): Τα κύματα που δε διαδίδονται προς όλες τις διευθύνσεις αλλά ακολουθούν ορισμένα στρώματα του επιφανειακού τμήματος της γης. Διακρίνονται σε κύματα Rayleigh και κύματα Love. Τα επιφανειακά κύματα έχουν μικρότερες ταχύτητες από τα κύματα χώρου για αυτό και καταγράφονται μετά από αυτά από τα σεισμόμετρα. Τα κύματα Rayleigh τα νιώθουμε τελευταία και πιο έντονα από όλα τα σεισμικά κύματα και είναι αυτά που προκαλούν τις περισσότερες καταστροφές στα κτίσματα.

Εγκάρσια κύματα (Εικ.2.4) ή κύματα S (secondary waves): Φθάνουν δεύτερα στους σεισμολογικούς σταθμούς γιατί η ταχύτητα διάδοσης είναι μικρότερη από την αντίστοιχη ταχύτητα των επιμήκων κυμάτων. Κατά την διάδοση τους τα υλικά σημεία του πετρώματος ταλαντώνονται κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος προκαλώντας μεταβολή στο σχήμα του πετρώματος.



Εικ. 2.4- Επίμηκη και Εγκάρσια κύματα (Πηγή:Γεωδυναμικό Ινστιτούτο – Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 2001)

Μέγεθος Σεισμού: Το μέγεθος M του σεισμού εκφράζει το ποσό της ενέργειας που εκλύεται από την εστία του σεισμού. Το μέγεθος ενός σεισμού μετριέται με την δεκαβάθμια κλίμακα Richter από το όνομα του Αμερικανού σεισμολόγου Charles Richter που την πρότεινε το 1935. Αργότερα μετονομάστηκε σε κλίμακα τοπικού μεγέθους ML . Η κλίμακα αυτή βασίζεται σε μετρήσεις των μέγιστων πλατών των σεισμικών κυμάτων τοπικών σεισμών όπως αυτά καταγράφονται από το πρότυπο σεισμόμετρο Wood - Anderson.

2.8 ΖΗΜΙΕΣ – ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΕΙΣΜΩΝ

Είναι γνωστό ότι σεισμοί επιφανειακοί, μεγάλου μεγέθους, με το επίκεντρό τους κοντά σε κατοικημένες περιοχές προκαλούν συχνά σοβαρές και εκτεταμένες βλάβες σε κτίρια και τεχνικά έργα. Δυστυχώς οι καταστροφές αυτές μερικές φορές έχουν σαν συνέπεια τραυματισμούς ή και απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Εκτός όμως από τον τραυματισμό ή ακόμα και το θάνατο ανθρώπων κατά τη διάρκεια μιας σεισμικής δόνησης, θέμα προβληματισμού αποτελεί και η στάση και η συμπεριφορά του πληθυσμού τόσο την ώρα του σεισμού όσο και κατά τη μετασεισμική περίοδο.

Μετά από ένα σεισμό συχνά προκαλούνται βλάβες στα κτίρια, σε κατοικίες, στα ιστορικά μνημεία, σε δημόσια κτίρια, σε χώρους συνάθροισης κοινού, όπως: εκκλησίες, σχολεία, γήπεδα, θέατρα, γυμναστήρια, στρατόπεδα, εργοστάσια, στο οδικό - σιδηροδρομικό δίκτυο καθώς και στα δίκτυα ύδρευσης - τηλεπικοινωνιών - ηλεκτρικού - φυσικού αερίου αλλά και σε μεγάλα δημόσια έργα όπως λιμάνια και γέφυρες.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Γενικά, η Τηλεπισκόπηση αποτελεί, πια, μια επιστήμη που χρησιμοποιείται ευρέως με σκοπό τη λήψη και ερμηνεία δορυφορικών δεδομένων που αφορούν σε διάφορα γεγονότα και φαινόμενα που συμβαίνουν στη γη, είτε πρόκειται για φυσικές καταστροφές είτε για άλλου είδους φαινόμενα που παρατηρούνται από τους επιστήμονες και επιδέχονται ερμηνείας τέτοιου είδους.

Σήμερα, οι δορυφόροι, λοιπόν, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία φαινομένων που παρατηρούνται και συμβαίνουν στη γη. Επίσης, το γεγονός πως όχι μόνο καλύπτουν μεγάλο εύρος περιοχών στη γη αλλά υπάρχει και ένα μεγάλο πλήθος κατηγοριών δορυφόρων (φασματικά κανάλια, τεχνικές) έχει ως αποτέλεσμα οι επιστήμονες και οι ερευνητές να έχουν στη διάθεσή τους πολλά και διαφορετικά δεδομένα ώστε να μπορούν να επιλέξουν κάθε φορά, ανάλογα με τις προτιμήσεις της εκάστοτε έρευνας, τα δεδομένα που χρειάζονται.

Ακόμη, τους δορυφόρους τους χαρακτηρίζει μια αμεσότητα όσον αφορά στην καταγραφή και λήψη δεδομένων για πρόσφατα γεγονότα. Είναι γνωστό, πια, πως πολλοί επιστήμονες μέσω της χρήσης δορυφορικών δεδομένων και της αξιοποίησης της επιστήμης της τηλεπισκόπησης καθώς και των τεχνικών που τη διέπουν καλούνται κάθε φορά που σημειώνεται μια φυσική καταστροφή ή πρόκειται για κάποιο φαινόμενο σχετικό με τη γη και τη βίοςφαιρα κυρίως, να το επιλύσουν και να το ερμηνεύσουν με τον καλύτερο και πιο ολοκληρωμένο δυνατό τρόπο.

Έτσι, γεννιέται το συμπέρασμα πως η Τηλεπισκόπηση και η αξιοποίηση δορυφορικών δεδομένων συμβάλλει σημαντικά σήμερα στη μελέτη και ερμηνεία σπουδαίων φυσικών καταστροφών που σημειώνονται. Παρακάτω, παρατίθενται μερικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί επάνω στη μελέτη γνωστών γεγονότων.

Οι **P. Chen et al 2005** μελέτησαν τις περιοχές που επλήγησαν από τσουνάμι στη Σουμάτρα (περιοχές: Banda Aceh, Aceh Besar και το νότιο τμήμα του Aceh Jaya που είναι είναι η περιοχή που δέχτηκε τη μεγαλύτερη επίδραση στην επαρχία της Σουμάτρα). Μελετήθηκαν εικόνες υψηλής ανάλυσης SPOT-5 (πριν και μετά το τσουνάμι) για την απεικόνιση της εκτίμησης των ζημιών και τη μελέτη των

επιδράσεων του τσουνάμι στις παράκτιες περιοχές. Έγινε ταξινόμηση χρήσεων γης και ανίχνευση- εκτίμηση ζημιών μετά το τσουνάμι. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν εικόνες IKONOS των πληγισών περιοχών ως πηγή πραγματικών δεδομένων εδάφους ώστε να γίνει ταξινόμηση και ανίχνευση ζημιών. Οι εικόνες πριν και μετά το τσουνάμι ταξινομήθηκαν σε θεματικές κλάσεις και κατασκευάστηκε χάρτης εκτίμησης ζημιών ώστε να παρουσιαστούν οι περιοχές που δέχτηκαν την επίδραση της φυσικής αυτής καταστροφής χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένη μέθοδο “change detection”. Αποδείχθηκε πως οι πλημμύρες που επέφερε το τσουνάμι δε διανεμήθηκαν με ομοιόμορφο τρόπο (P.Chen 2005).

Οι **P. Chen et al 2006** ασχολήθηκαν με τη μελέτη των περιοχών που επλήγησαν από το τσουνάμι του 2004 στη Σουμάτρα. Χρησιμοποιήθηκαν εικόνες SPOT (15 εικόνες SPOT-5) υψηλής ανάλυσης ώστε να γίνει παρουσίαση της εκτίμησης της καταστροφής αξιοποιώντας τόσο την επεξεργασία εικόνων όσο και τεχνικές GIS. Η περιοχή μελέτης ήταν οι πληγείσες περιοχές της δυτικής ακτής της Σουμάτρα. Κατασκευάστηκε, λοιπόν ένας χάρτης χρήσεων γης βασισμένος στις εικόνες πριν το τσουνάμι και ένας χάρτης καταστροφών βασισμένος στις εικόνες πριν και μετά το τσουνάμι. Και εδώ οι εικόνες IKONOS αξιοποιήθηκαν ως πραγματικά δεδομένα εδάφους. Αποτέλεσμα των χαρτών αυτών ήταν πως βρέθηκε ότι πολλές από τις επίπεδες περιοχές υπέστησαν σοβαρές ζημιές ενώ περιοχές κοντά στην ακτογραμμή διαβρώθηκαν και καταστράφηκαν σημαντικά. Έγινε, λοιπόν, απεικόνιση της επίδρασης του τσουνάμι στη δυτική ακτή της Σουμάτρα. Περαιτέρω ανάλυση των εικόνων έδειξε πως η διείδυση του τσουνάμι και οι επερχόμενες ζημιές δε διανεμήθηκαν κατά ομοιόμορφο τρόπο. Αυτό οφείλεται σε μια πληθώρα αιτιών, όπως τη γεωμορφολογία του εδάφους, την κατεύθυνση των κυμάτων τσουνάμι και τον προσανατολισμό της ακτογραμμής, την υποθαλάσσια τοπογραφία κοντά στην ακτή κ.α. (P. Chen 2006).

Οι **S.Stramondo et al 2007** μελέτησαν τη χρήση τόσο δορυφορικών δεδομένων όσο και δεδομένων ραντάρ ούτως ώστε να ερευνήσουν δύο σεισμογενείς περιοχές της Ασίας, το Izmit (1999 Τουρκία) και το Born (2003 Ιράν). Περιοχές που έχουν δεχτεί την επίδραση δυνατών σεισμών που έχουν προκαλέσει σοβαρές και εκτεταμένες ζημιές σε αστικές περιοχές κοντά στο έπικεντρο. Έχουν δοκιμαστεί διαφορετικές

διαδικασίες για την εκτίμηση ζημιών είτε για την πραγματοποίηση ταξινόμησης πίζελ προς πίζελ είτε για την εκτίμηση των ζημιών σε εκτεταμένες ομογενείς περιοχές. Έχει γίνει σύγκριση των δυνατοτήτων της μεθόδου “change detection” πάνω στα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εξάγονται από τα οπτικά δεδομένα και τα δεδομένα ραντάρ, και έχει αναλυθεί η δυναμική συνδυασμένων μετρήσεων σε διαφορετική σειρά συχνοτήτων. Να σημειωθεί πως τα ραντάρ τύπου SAR συλλέγουν χάρτες υψηλής ανάλυσης (Elochi 1982). Όσον αφορά στην περιοχή Izmit αξιοποιήθηκαν, σχετικά με τα οπτικά δεδομένα, από το δορυφόρο IRS1-C δύο εικόνες (πριν και μετά το σεισμό), σχετικά με τα δεδομένα SAR, από το δορυφόρο ERS-1 δύο εικόνες (πριν και μετά το σεισμό) και από το δορυφόρο ERS-2 δύο εικόνες επίσης (πριν και μετά το σεισμό). Τώρα, όσον αφορά στην περιοχή Bam, σχετικά με τα οπτικά δεδομένα, αξιοποιήθηκαν δύο πολυφασματικές εικόνες (πριν και μετά το σεισμό) από το όργανο Aster του δορυφόρου Terra και σχετικά με τα δεδομένα SAR τρεις προηγμένες εικόνες (δύο πριν το σεισμό και μία μετά) από το όργανο Asar του δορυφόρου Envisat. Κατασκευάστηκε πολυχρονική /πολυφασματική βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν απλοί αλγόριθμοι ανίχνευσης και οπτική επισκόπηση καθώς έγινε και εφαρμογή της μεθόδου threshold στην επεξεργασία εικόνων. Έχει γίνει συνδυασμός δορυφορικών δεδομένων τόσο οπτικών όσο και ραντάρ (Bignami et al. 2004). Αποδείχτηκε πως τα δεδομένα τύπου SAR από μόνα τους συνεισφέρουν ελάχιστα στην ανίχνευση ζημιών, κυρίως εξαιτίας της επίδρασης των σημαδιών που υποβαθμίζει το διαχωρισμό των κλάσεων αλλά αν γίνεται συνδυασμός αυτών των δεδομένων με τα οπτικά δεδομένα συνεισφέρουν στη βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης. Γενικά, έγινε εκτίμηση των δεδομένων που ελήφθησαν σχετικά με το ποια μπορούν να συνεισφέρουν περισσότερο στην ανίχνευση ζημιών και στην εκτίμηση του επιπέδου ζημιών. Αποδείχθηκε πως οι οπτικές εικόνες μέτριας ανάλυσης έχουν αποδειχθεί μέτρια χρήσιμες για την έρευνα αυτή, ενώ η ευαισθησία της έντασης των δεδομένων SAR και των οπτικών δεδομένων συντέλεσαν στην ολοκλήρωση του 77% της ταξινόμησης, επιβεβαιώνοντας τη συμπληρωματικότητα των οπτικών και μικροκυματικών δεδομένων (S.Stramondo et al 2007).

Οι **K. Vinod Kumar et al 2007** ασχολήθηκαν με τη χαρτογράφηση των ζημιών από το σεισμό μεγέθους Mw 7.3 που συνέβη στο Jammu και στο Kashmir το 2005.

Αναλύθηκαν δεδομένα από τους ινδικούς δορυφόρους Cartosat-1 (παγχρωματικά, στερεοσκοπικά δεδομένα) και Resourcesat-1 (πολυφασματικά δεδομένα). Διαπιστώθηκε ποσοστό κατάρρευσης κτιρίων και άλλων σημαντικών δημόσιων έργων (γέφυρες, οδικό δίκτυο κ.α.). Επίσης αποδείχτηκε η αποτελεσματικότητα της χρήσης δορυφορικών στερεοσκοπικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης για την εκτίμηση ζημιών σε τραχιά ορεινά εδάφη.

Οι **Parcharidis Is. Et al. 2007** μελέτησαν έναν από τους μεγαλύτερους σεισμούς που σημειώθηκαν ποτέ, μεγέθους $M_w > 9.0$ στην περιοχή Sumatra-Andaman. Αποκτήθηκαν δεδομένα ENVISAT SAR και αναλύθηκαν με σκοπό να παραχθεί μία πολύ-χρονική εικόνα SAR ώστε να ανιχνευθούν οι κατακόρυφες κινήσεις κατά μήκος των νήσων Andaman. Βάσει της ανάλυσης που ακολουθήθηκε, φάνηκε πως τα βόρεια τμήματα του νησιού ανυψώθηκαν γενικά. Επίσης οι βορειο-δυτικές ακτές έδειξαν σημαντικά σημάδια ανύψωσης, όμως οι εν λόγω ενδείξεις έγιναν λιγότερο εμφανείς κατά μήκος των δυτικών ακτών του Middle Andaman. Σε κάποιες περιοχές στις νοτιο-ανατολικές όχθες της νήσου, έχουν αναγνωρισθεί ενδείξεις κατολίσθησης.

Οι **Roxana Hoque et al. 2010**, ασχολήθηκαν με την παρακολούθηση πλημμύρων, τη χαρτογράφηση και την εκτίμηση δυνατοτήτων χρησιμοποιώντας μεθόδους τηλεπισκόπησης για το Μπαγκλαντές. Εξετάστηκαν μεγάλες επιρρεπείς περιοχές στη λεκάνη του ποταμού Maghna, γύρω από το βορειοανατολικό Μπαγκλαντές. Αξιοποιήθηκαν δεδομένα του παθητικού αισθητήρα LANDSAT (κυρίως εικόνες υψηλής ανάλυσης της περιοχής του ορατού/ υπέρυθρου) και η ικανότητα του δορυφόρου ραντάρ RADARSAT να διεισδύει μέσα από τα σύννεφα. Χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, υγρές και ξηρές εικόνες LANDSAT του 2000 και εικόνες χρονολογικής σειράς του 2004. Τέλος, δεδομένα GIS, δεδομένα ζημιών, και χωρικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση των πλημμύρων, τη χαρτογράφηση και την αξιολόγηση αυτών. Όσον αφορά στη μεθοδολογία, έγινε χρήση και μιας τεχνικής ελεγχόμενης ταξινόμησης για τη διαδικασία αυτή. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας ήταν ο υπολογισμός της μέγιστης έκτασης της πλημμυρισμένης περιοχής μέσα από τη χρήση δορυφορικών εικόνων RADARSAT. Πραγματοποιήθηκε σύνθεση των χαρτών απεικόνισης πλημμύρων RADARSAT πέντε

ετών (2000 - 2004), ώστε να κατασκευαστούν χάρτες πλημμυρικής επικυνδυνότητας. Επίσης κατασκευάστηκε και ένα σύνολο χαρτών απεικόνισης των ζημιών αξιοποιώντας δεδομένα ζημιών του 2004 και δεδομένα GIS (Roxana Hoque 2010). Μέσα από δεδομένα LANDSAT αποκτήθηκε καθαρή εικόνα της υγρής περιόδου (25 Οκτ. 2000) και της ξηρής περιόδου (28 Φεβρ. 2000). Μέσα από την έρευνα αυτή προσδιορίστηκε ότι η συντριπτική περιοχή στα βορειοανατολικά της πόλης είχε πλημμυριστεί και ότι ιδίως οι ποταμοί Γάγγης-Βραχμαπούτρα-Μέγκνα παρουσιάζουν υπερχειλίση των δέλτα περιοχών. Μέσα από δεδομένα RADARSAT υπολογίστηκε και η μέγιστη έκταση της πλημμυρισμένης περιοχής η οποία ξεπέρασε τις εκτάσεις των προηγούμενων ετών. Ακόμη έγινε οπτικοποίηση της προόδου των πλημμύρων το 2004 κατόπιν χρονολογικής ανάλυσης των χαρτών πλημμύρων RADARSAT. Αποκτήθηκαν στοιχεία σχετικά με την προέλευση των υδάτων των πλημμυρισμένων περιοχών αλλά και χάρτης ζημιών με τους τύπους ζημιών που παρατηρούνται όπως και πολλά στοιχεία σχετικά με τις καταστροφές καλλιεργούμενων εκτάσεων, οικογενειών που επηρεάστηκαν κ.α. (Roxana Hoque 2010).

Οι **K. Armagan Korkmaz** και **M. Emin Kutay 2010**, ασχολήθηκαν με τη μελέτη αυτοματοποιημένων τεχνικών αξιολόγησης κινδύνων μετά το σεισμό στη Sichuan της Κίνας το 2008. (EERI 2008; Huang 2008, Yu et al. 2008). Σε αυτή τη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε και μια αυτοματοποιημένη τεχνική ανίχνευσης ζημιών βασισμένη στην επεξεργασία δορυφορικών εικόνων του σεισμού, ικανή να καθορίσει την αύξηση των ορίων των ποταμών και το μέγεθος των πλημμύρων που ακολούθησαν. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος οπτικής ροής ώστε να ερευνηθεί επίδραση του σεισμού στο ποτάμιο σύστημα της περιοχής καθώς και στην τεκτονική και τις κατολισθήσεις. Ο αλγόριθμος αυτός ήταν σε θέση να ανιχνεύσει αυτόματα τη θέση και το μέγεθος των μετακινήσεων που συνέβησαν στην περιοχή μέσα από την απεικόνιση δορυφορικών εικόνων. Οι αναλύσεις έδειχναν ότι υπήρχαν σημαντικές μετακινήσεις σε μεγάλο βαθμό στις ορεινές περιοχές όπως φάνηκε από τις δορυφορικές εικόνες που αναλύθηκαν στην έρευνα (Roxana Hoque 2010). Μιας και η μετατροπή μιας εικόνας σε εικόνα κλίμακας του γκρι (λόγω προβλημάτων που προέκυψαν από τη επεξεργασία τους) και η αξιοποίηση μιας απλής μεθόδου “thresholding” επιφέρει πολλά προβλήματα, απαιτήθηκε η ανάπτυξη και χρήση μιας δυναμικής τεχνικής “thresholding”(K.Armagan Korkmaz & M. Emin Kutay 2010).

Ο **Norman Kerle 2010**, ασχολήθηκε με τη μελέτη χαρτών που απεικονίζουν τις ζημιές του σεισμού της Yogyakarta στην Ινδονησία όπως έχουν προκύψει από δορυφορικές εικόνες. Οι περισσότερες από αυτές έχουν δεχτεί επεξεργασία από: UNOSAT (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δορυφορικών Εφαρμογών για Εκπαίδευση και Έρευνα των Ηνωμένων Εθνών) και DLR-ZKI (Κέντρο Κρίσιμων Πληροφοριών). Επίσης έχει πραγματοποιηθεί και σημαντική χαρτογράφηση ζημιών εδάφους. Αξιοποιήθηκαν δεδομένα καταστατικού χάρτη και χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες ζημιών εδάφους. Και των δύο τύπων χαρτών τα αποτελέσματα αποδείχτηκε ότι υστερούν λόγω περιορισμένης κάλυψης εικόνας και της ύπαρξης πολλών ρύπων στα νέφη. Παρόλα αυτά, η χαρτογράφηση του εδάφους δίνει μια πιο ακριβή εικόνα της έκτασης των ζημιών (Norman Kerle 2010). Επιπλέον, να αναφερθεί πως χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης για την αξιολόγηση της κατάστασης των ζημιών των κτιρίων μετά το σεισμό (Norman Kerle 2010). Την χαρτογράφηση των ζημιών από υπηρεσίες δεδομένων καταστατικού χάρτη την ανέλαβαν διάφοροι φορείς (όπως η MapAction (που ειδικεύεται στην χαρτογράφηση βάσει πεδίου), η ITHACA κ.α.) (Norman Kerle 2010). Το κύριο προϊόν της UNOSAT μετά το σεισμό ήταν μια σειρά αναλυτικών χαρτών ζημιών βασισμένων σε δεδομένα Quickbird της 31ης Μαΐου 2006, διατεταγμένα σε 33 επίπεδα.

Οι **Timo Balz και Mingsheng Liao 2010** ανέλαβαν να μελετήσουν την ανίχνευση των κτιριακών ζημιών μέσα από τη χρήση δορυφορικών δεδομένων SAR υψηλής ανάλυσης βάσει στοιχείων του σεισμού της Wenchuan (Κίνα) στις 12 Μαΐου 2008. Τα κτίρια εμφανίζονται πολύ διακριτά και χαρακτηριστικά στις εικόνες SAR. Έτσι, αποκτήθηκε μια γρήγορη επισκόπηση της κατάστασης αναλύοντας τα δεδομένα υψηλής ανάλυσης SAR που πρωτοαποκτώνται. Βέβαια δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί εκτίμηση ζημιών χρησιμοποιώντας αποκλειστικά δεδομένα SAR μιας και είναι εξαιρετικά δύσκολο και πρέπει να υποστηρίζεται από όσο το δυνατόν περισσότερα επιπρόσθετα δεδομένα. Παρατηρήθηκε, επίσης, ένα μειονέκτημα όσον αφορά στην προβολή πλάγιας προβολής όπου έχει μεγάλο αντίκτυπο στα αποτελέσματα των εικόνων SAR (πράγμα βέβαια που συμβαίνει όταν αναλύεται μία εικόνα SAR και όχι ένας συνδυασμός εικόνων από διαφορετικές γωνίες του αζιμούθιου). Ακόμη αποδείχθηκε πως οι σκιάσεις των κτιρίων είναι πολύ χρήσιμες

για την εκτίμηση ζημιών, ειδικά όταν γίνεται ανάλυση πολύπλευρων δεδομένων (Blacknell and Hill 2008).

Οι **LIU Xianglong et al 2010** μελέτησαν την εκτίμηση των καταστροφών των αυτοκινητοδρόμων μεγάλης κλίμακας (κατόπιν της επίδρασης μιας φυσικής καταστροφής ειδικά ενός σεισμού) χρησιμοποιώντας δεδομένα GIS και τηλεπισκόπησης. Η περιοχή της έρευνας ήταν τομείς αυτοκινητοδρόμων στην περιοχή που σημειώθηκε ο σεισμός της Wenchuan. Τα φύλλα δεδομένων τμημάτων του οδικού δικτύου που αναλύθηκαν προέρχονται από εικόνες FORMOSAT2 και SPOT-2 (LIU Xianglong 2010). Στη μελέτη αυτή προτάθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν δύο λύσεις-μέθοδοι ώστε να ανιχνευτούν καταστροφές αυτοκινητοδρόμων μέσω συλλογής δορυφορικών εικόνων. Αποδείχτηκε πως για να ληφθεί πληροφορία σχετικά με την καταστροφή των αυτοκινητοδρόμων, η χωρική ανάλυση των δορυφορικών εικόνων πρέπει να είναι μικρότερη από τέσσερα μέτρα. Έγινε χρήση του ArcScene της επιφάνειας εργασίας του ArcGIS ώστε να παραχθούν χάρτες κλίσεων και πτυχών εδάφους γρήγορα. Επίσης, έγινε ανάλυση επικάλυψης για τους χάρτες καταστροφών των αυτοκινητοδρόμων λαμβάνοντας υπόψιν ξεχωριστά τους χάρτες κλίσεων και πτυχών εδάφους. Τέλος, λήφθηκαν τα στατιστικά αποτελέσματα της σχέσης μεταξύ των καταστροφών και του εδάφους της περιοχής του σεισμού, τα οποία μπορούν να παράσχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το οδικό δίκτυο και τις ορεινές αλλά και επιρρεπείς σε σεισμούς περιοχές. Τελικά, παρήχθησαν μοντέλα ψηφιακής ανύψωσης (DEM) για να γίνει καλύτερη απεικόνιση και μελέτη των επιπτώσεων.

Οι **Prentice, C.S. et al 2010** θέλησαν να ασχοληθούν με την έρευνα πάνω στο ρήγμα Enriquillo-Plantain Garden της Αϊτής. Στόχος ήταν, λοιπόν, να μελετηθεί ο σεισμικός κίνδυνος της περιοχής του ρήγματος του Enriquillo-Plantain Garden λαμβάνοντας δεδομένα από μελέτες παλαιοσεισμολογίας. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, η κατεύθυνση του φωτός και η διακύμανση (LIDAR - τεχνολογία τηλεπισκόπησης) καθώς και επιτόπιες έρευνες για την τεκμηρίωση δραστηριότητας της τεταρτοταγούς δομής σχετικά με το ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain. Αποδείχθηκε πως το ρήγμα συνδέεται με έναν από τους σεισμούς του 18ου αι. που ήταν μεγαλύτερος από 7.0 Mw, αλλά μάλλον

μικρότερος από Mw 7.6. Δε διαπιστώθηκε σημαντική ρήξη επιφανείας που να σχετίζεται με το σεισμό του 2010. Η έλλειψη της ρήξης επιφανείας, σε συνδυασμό με άλλες σεισμολογικές, γεωλογικές και γεωδαιτικές παρατηρήσεις, δείχνουν ότι ελάχιστα έως καθόλου απελευθερώθηκε η συσσωρευμένη πίεση στο ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain στο σεισμό του 2010 (Prentice, C.S., 2010).

Οι **M. Gianineto & P. Villa 2011** ασχολήθηκαν με τη μελέτη και τη χαρτογράφηση της ευρείας καταστροφής από τον τυφώνα Κατρίνα το 2005 στη Νέα Ορλεάνη χρησιμοποιώντας δεδομένα προερχόμενα από πολλά αισθητήρια όργανα και την τεχνική κανονικοποιημένης change detection. Στη μελέτη αυτή εισάγεται μια νέα και γενική μέθοδος change detection βασιζόμενη στην τεχνική “normalized difference change detection” (NDCD). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε για την χαρτογράφηση των πλημμύρων. Κατασκευάστηκαν χάρτες πλημμύρων για την πόλη της Νέας Ορλεάνης (Λουιζιάνα, ΗΠΑ) όπως προέκυψαν από τον τυφώνα Κατρίνα το 2005 και τα δεδομένα του δορυφόρου SPOT-4 όπως και των εικόνων θεματικών χαρτών Landsat-5 (M.Gianneto & P. Villa 2011).

Τα δεδομένα της έρευνας αυτής, είναι 2 εικόνες SPOT-4 HRVIR πριν και μετά τις πλημμύρες και 2 εικόνες Landsat-5 πριν και μετά τις πλημμύρες. Επίσης αξιοποιήθηκαν κάποιοι πρόσθετοι διανυσματικοί χάρτες. Τέλος, δεδομένα από το USGS αξιοποιήθηκαν ώστε να παραχθούν ξεχωριστές χαρτογραφήσεις για τις αστικές περιοχές και για τις μη αστικές περιοχές (M.Gianneto & P. Villa 2011).

Οι μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν ήταν: ραδιομετρική κανονικοποίηση/ομαλοποίηση των δεδομένων, μέθοδος NDR, η τεχνική NDCD, χαρτογραφική προσέγγιση. Γενικά αποδείχτηκε πως η χαρτογράφηση που βασίστηκε σε δεδομένα εικόνων Landsat-5 ήταν συνεχώς ανώτερη από εκείνη που βασίστηκε σε εικόνες SPOT-4 HRVIR. Αντίθετα σχετικά με τη χαρτογράφηση των πλημμύρων στις “μη αστικές περιοχές” η επεξεργασία των δεδομένων που παρουσιάστηκαν στις εικόνες Landsat-5 οδήγησαν σε μικρότερη ακρίβεια από αυτές των εικόνων SPOT-4 HRVIR. Διαπιστώθηκε, ακόμη, πως στις εικόνες Landsat-5 μετά τις πλημμύρες, πολλές υγρές περιοχές, κυρίως μη αστικών ζωνών, ανιχνεύονται λανθασμένα ως πλημμυρισμένες (M.Gianneto & P. Villa 2011).

4. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.1 ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ Terra

Ο δορυφόρος Terra αποτελεί τη ναυαρχίδα του Συστήματος Παρατήρησης της Γης αποτελούμενος από μια σειρά διαστημοπλοίων που αντιπροσωπεύουν το επόμενο βήμα – ορόσημο στο ρόλο της NASA στην παρατήρηση της Γης από το διάστημα. Εστιάζοντας στις βασικές μετρήσεις που προσδιορίζονται από την κοινή συναίνεση των ΗΠΑ και των επιστημόνων παγκοσμίως, ο δορυφόρος Terra επιτρέπει νέα έρευνα όσον αφορά στους τρόπους με τους οποίους λειτουργούν η επιφάνεια της Γης, οι ωκεανοί, ο αέρας, ο πάγος και η ζωή ως ενιαίο περιβαλλοντικό σύστημα. Ο Terra ξεκίνησε ως ηλιοσύγχρονος όσον αφορά στην τροχιά του γύρω από τη Γη στις 18 Δεκεμβρίου 1999 και ξεκίνησε να στέλνει δεδομένα στη γη το Φεβρουάριο του 2000 (NASA). Τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίνακα 4.1.

Ο Terra φέρει πέντε επιστημονικά όργανα: ASTER, CERES, MISR, MODIS, και MORITT.

Πίνακας 4.1 Προδιαγραφές του διαστημικού οχήματος Terra (Πηγή: NASA)

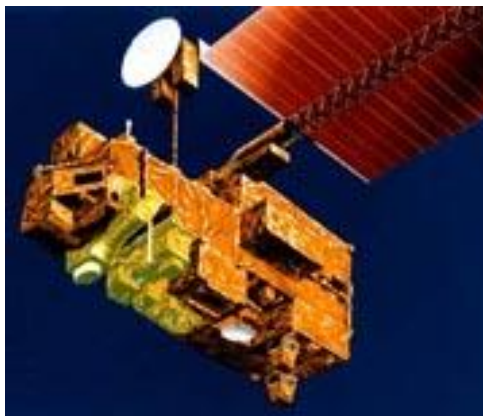
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1999
ΤΡΟΧΙΑ	705 χλμ υψόμετρο , ηλιοσύγχρονη, έτσι ώστε σε οποιοδήποτε υψόμετρο που δίνεται, να διασχίζει το κάθε σημείο άμεσα την ίδια στιγμή κάθε μέρα
ΚΛΙΣΗ ΤΡΟΧΙΑΣ	98.3 μοίρες από το τον Ισημερινό
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ	98.88 λεπτά
ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ	10.30 π.μ. (από το βορρά στο νότο)
ΤΡΟΧΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΕΠΑΝΑΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ	16 ημέρες, π.χ. κάθε 16 ημέρες (ή 233 τροχιές) το πρότυπο των τροχιών επαναλαμβάνεται μόνο του
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	Lockheed Martin

4.2 ΟΡΓΑΝΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ASTER

Ο ASTER αποτελεί ένα όργανο απεικόνισης που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη γη από το Δεκέμβριο του 1999 ως μέρος του EOS (Nasa's Earth Observing System). Ο ASTER αποτελεί μια προσπάθεια συνεργασίας μεταξύ της NASA, του Japan's

Ministry of Economy, του Trade and Industry (METI) και του Japan's Earth Remote Sensing Data Analysis Center ERSDAC, καθώς και των επιστημονικών οργανώσεων αλλά και της βιομηχανίας στις δύο χώρες. Ο ASTER χρησιμοποιείται ώστε να αποκτηθούν λεπτομερείς χάρτες της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης, της ανακλαστικότητας και των υψομέτρων. Οι τρεις πλατφόρμες του EOS είναι μέρος του NASA's Science Mission Directorate και του Earth-Sun System, των οποίων στόχος είναι να παρατηρήσουν, να κατανοήσουν, και να μοντελοποιήσουν το σύστημα γης ώστε να ανακαλύψουν πως αυτό μεταβάλλεται, να προβλέψουν καλύτερα τις αλλαγές που επέρχονται αλλά και να κατανοήσουν ποιες είναι οι συνέπειες αυτών για τη ζωή στη γη.

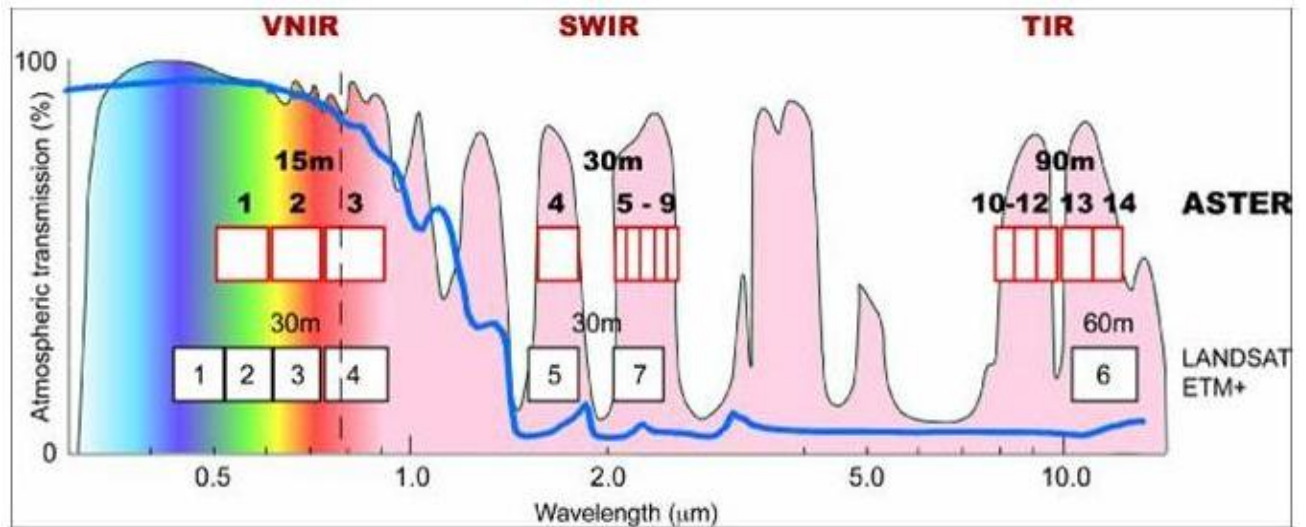
Το όργανο ASTER (Εικ. 4.5) παρέχει την επόμενη γενιά στην τεχνολογία όσον αφορά σε δυνατότητες απεικόνισης βάσει της τηλεπισκόπησης συγκριτικά με παλαιότερους θεματικούς χαρτογράφους Landsat και Ιαπωνικούς σαρωτές JERS-1 OPS. Το όργανο ASTER καταγράφει δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης σε 14 φασματικές ζώνες, από τα μήκη κύματος του ορατού έως εκείνα που βρίσκονται στο θερμικό υπέρυθρο, και παρέχει τη δυνατότητα στερεοπροβολής για τη δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Τα δεδομένα ASTER χρησιμοποιούνται από άλλα επίγεια και διαστημικά όργανα για επιμέρους επικύρωση και βαθμονόμηση (NASA).



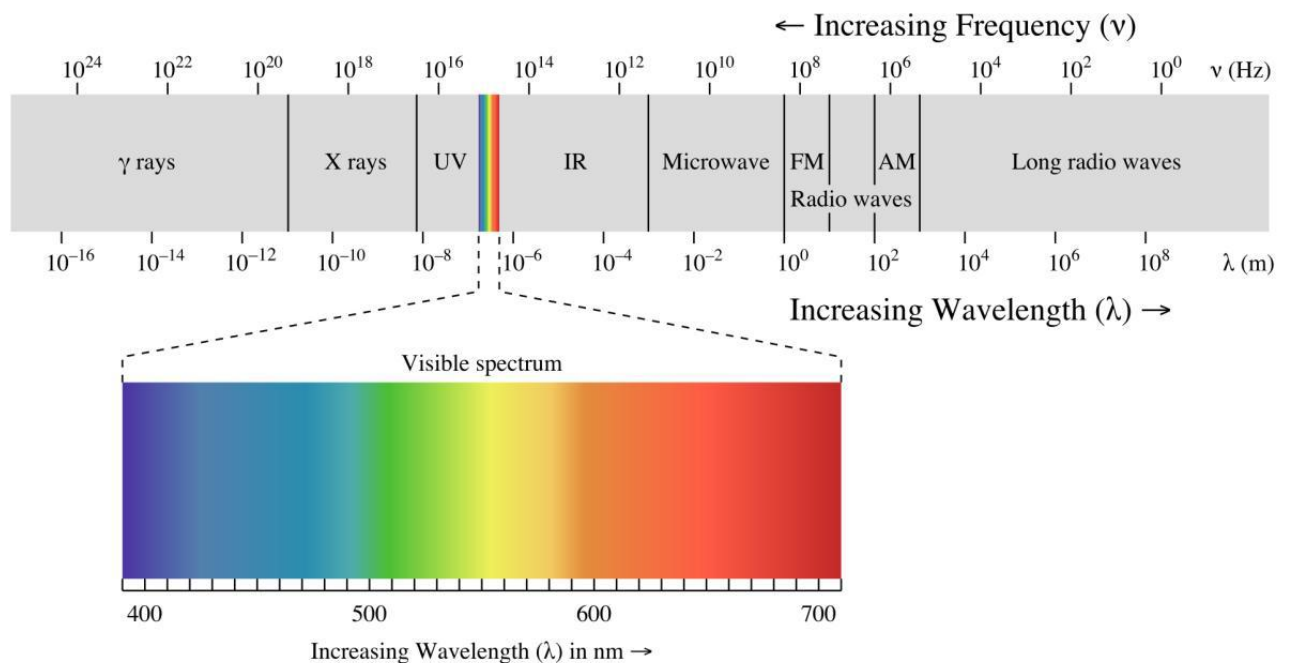
Εικόνα 4.5- Απεικόνιση του διαστημικού οχήματος Terra με το όργανο ASTER να φαίνεται και αυτό καθαρά (Πηγή: NASA)

4.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ASTER

Στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 4.6) φαίνεται το φασματικό υπόβαθρο του δορυφορικού οργάνου Aster καθώς και οι φασματικές περιοχές που καλύπτει κάθε κανάλι και στο επόμενο σχήμα (Εικ. 4.7) τα μήκη κυμάτων των ακτινοβολιών.



Εικόνα 4.6- Απεικόνιση των φασματικών περιοχών των καναλιών του οργάνου Aster και της ατμοσφαιρικής μεταδόσης ακτινοβολίας (%), (Πηγή: NASA)



Εικόνα 4.7 - Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Πηγή: USGS)

4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ASTER

Ο ASTER όπως και άλλα όργανα υψηλής χωρικής ανάλυσης παρατήρησης της γης, παρέχει δεδομένα χρήσιμα για ένα ευρύ φάσμα επιστημονικής έρευνας και εφαρμογών (P. Gamba, 2007). Σε αυτά περιλαμβάνονται:

Κλιματολογία επιφάνειας εδάφους: η διερεύνηση των παραμέτρων επιφανείας της γης, της θερμοκρασίας επιφανείας κ.α. ώστε να γίνει κατανοητή η αλληλεπίδραση της επιφάνειας του εδάφους και η ροή της ενέργειας και της υγρασίας.

Βλάστηση και δυναμική των οικοσυστημάτων: έρευνες της βλάστησης και της διανομής του εδάφους καθώς και των αλλαγών τους για την εκτίμηση της βιολογικής παραγωγικότητας, ώστε να γίνει κατανοητή η αλληλεπίδραση της γης και της ατμόσφαιρας και να ανιχνευτούν οι αλλαγές του οικοσυστήματος.

Παρακολούθηση ηφαιστίων: παρακολούθηση των εκρήξεων και των πρόδρομων εκδηλώσεων, όπως εκπομπές αερίων, εκρήξεις λοφίων, ανάπτυξη λιμνών λάβας, ιστορικό εκρήξεων και δυναμικό μελλοντικών εκρήξεων.

Παρακολούθηση της επικινδυνότητας: παρατήρηση της έκτασης και των συνεπειών των πυρκαγιών, πλημμύρων, διάβρωσης των ακτών, βλαβών που έχουν προκληθεί από σεισμούς και τσουνάμι.

Υδρολογία: κατανόηση των διαδικασιών της παγκόσμιας ενέργειας και των υδρολογικών διεργασιών καθώς και της συνεισφοράς τους στη παγκόσμια αλλαγή (συμπεριλαμβανομένης και της εξατμισοδιαπνοής των φυτών).

Γεωλογία και εδάφη: η αναλυτική σύνθεση και η χαρτογράφηση της γεωμορφολογίας των επιφανειακών και των βραχώδων υποστρωμάτων ώστε να εξεταστούν οι διεργασίες της επιφάνειας του εδάφους και η ιστορία της γης.

Επιφάνεια γης και αλλαγή της κάλυψης γης: παρακολούθηση της ερημοποίησης, της αποψίλωσης των δασών, της αστικοποίησης, παρέχοντας στοιχεία για παρακολούθηση από τους ειδικούς των προστατευόμενων περιοχών, εθνικών πάρκων και περιοχών άγριας φύσης (NASA).

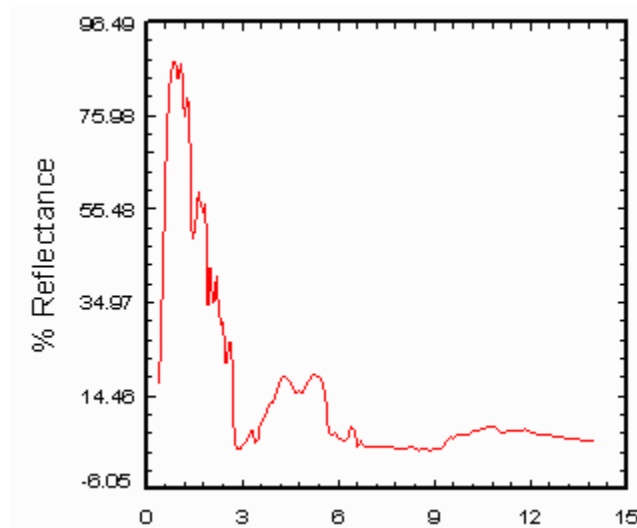
4.5 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ASTER

Ο ASTER παρέχει την κοινότητα χρηστών με τυπικά προϊόντα δεδομένων σε όλη τη διάρκεια της αποστολής του. Η ομάδα επιστημόνων δημιούργησε αλγόριθμους ώστε να υπολογίζονται αυτά τα δεδομένα που εφαρμόζονται στην κατηγορία των Land Processes DAAC. Οι χρήστες μπορούν να αναζητούν και να περιηγούνται σε αυτά τα δεδομένα μέσω των GDS (Παγκόσμιων Συστημάτων Διανομής) και του Warehouse Inventory Search Tool (WIST). Ακόμη, ο πίνακας έκδοσης προϊόντος παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό των δεδομένων. Ο πίνακας αυτός είναι

πολύ χρήσιμος για τους χρήστες που χρειάζεται να ξέρουν τις ημερομηνίες και την περιγραφή της έκδοσης δεδομένων που συνοδεύονται από διαφορετικές εκδόσεις του λογισμικού (ή “PGE”) που χρησιμοποιήθηκε ώστε να εξαχθούν τα δεδομένα (NASA).

4.6 ASTER – ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ – ΕΚΔΟΣΗ 2.0

Η φασματική βιβλιοθήκη του ASTER αποτελεί μια συλλογή από πάνω από 2.400 φάσματα φυσικών και ανθρωπογενών υλικών. Η έκδοση 2.0 της φασματικής βιβλιοθήκης του ASTER εγκαινιάστηκε την 3η Δεκεμβρίου 2008 (Εικ. 4.7).



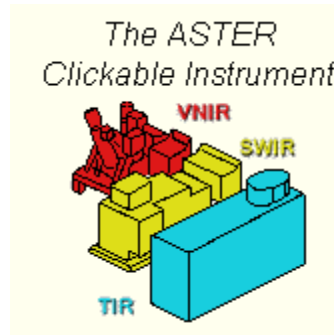
Εικόνα 4.7 – Ανακλαστικότητα % ανά μήκη κύματος (Πηγή: NASA)

Η φασματική βιβλιοθήκη του ASTER περιλαμβάνει δεδομένα από τρεις άλλες φασματικές βιβλιοθήκες: τη φασματική βιβλιοθήκη του Johns Hopkins University (JHU) , τη φασματική βιβλιοθήκη του Jet Propulsion Laboratory (JPL) , και τη φασματική βιβλιοθήκη του United States Geological Survey (USGS - Reston).

4.7 ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ ASTER

Το όργανο Aster (Εικ. 4.8) αποτελείται από τρία ξεχωριστά υποσυστήματα. Κάθε υποσύστημα λειτουργεί σε διαφορετικές φασματικές ζώνες, έχουν τα δικά τους τηλεσκόπια και έχουν κατασκευαστεί από διαφορετική ιαπωνική εταιρεία. Τα τρία υποσυστήματα του Aster είναι: εκείνο που δουλεύει στο ορατό και στο κοντινό

υπέρυθρο (VNIR), εκείνο του μέσου υπέρυθρου (SWIR), και εκείνο του θερμικού υπέρυθρου (TIR).

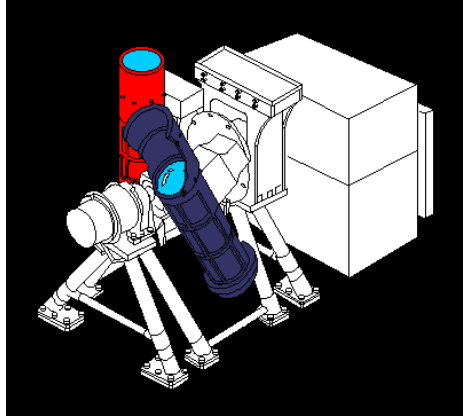


Εικόνα 4.8 - Δορυφορικό όργανο ASTER,(Πηγή: NASA)

4.8 ΚΥΡΙΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ ASTER

Ορατό και κοντινό υπέρυθρο

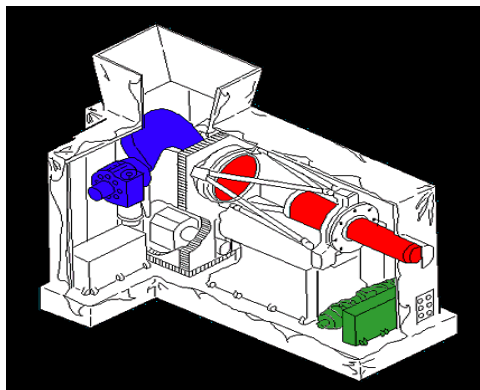
Το ένα από τα τρία υποσύστημα (Εικ.4.9) λειτουργεί σε τρεις φασματικές ζώνες στο ορατό και στο κοντινό υπέρυθρο βραχέων κυμάτων, με ανάλυση 15 μ . Αποτελείται από δύο τηλεσκόπια—το ένα στο ναδίρ-που σαρώνει με τη βοήθεια ανιχνευτή τριών φασματικών ζωνών, και το άλλο σαρώνει προς τα πίσω με ένα μονοφασματικό ανιχνευτή. Το τηλεσκόπιο που σαρώνει προς τα πίσω παρέχει μια δεύτερη άποψη της περιοχής του στόχου στη φασματική ζώνη 3 για στερεο-παρατηρήσεις. Ο θερμικός έλεγχος των ανιχνευτών CCD γίνεται από μια πλατφόρμα που παρέχεται από το λεγόμενο “cold plate” του δορυφόρου. Η ολοκλήρωση της τροχιάς και η σάρωση των επιλεγμένων σημείων έως 24 μοίρες σε κάθε πλευρά της επιλεγμένης περιοχής επιτυγχάνεται περιστρέφοντας ολόκληρο το εσωτερικό τμήμα του τηλεσκοπίου. Ο διαχωρισμός των φασματικών ζωνών γίνεται μέσα από ένα συνδυασμό διχροϊκών στοιχείων και φίλτρων παρέμβασης τα οποία επιτρέπουν και τις τρεις φασματικές ζώνες να σαρώνουν την ίδια περιοχή ταυτόχρονα. Το ποσοστό δεδομένων είναι 62 Mbps όταν και οι τέσσερις φασματικές ζώνες λειτουργούν. Δύο λαμπτήρες αλογόνου που βρίσκονται επάνω στο δορυφόρο χρησιμοποιούνται για τη βαθμολόγηση των ανιχνευτών που “βλέπουν” προς το ναδίρ. Να σημειωθεί πως όλα τα κανάλια, πλην του κοντινού υπέρυθρου στο backward, βλέπουν στο ναδίρ.



Εικόνα 4.9 – Το όργανο VNIR,(Πηγή: NASA)

Κοντινό Υπέρυθρο

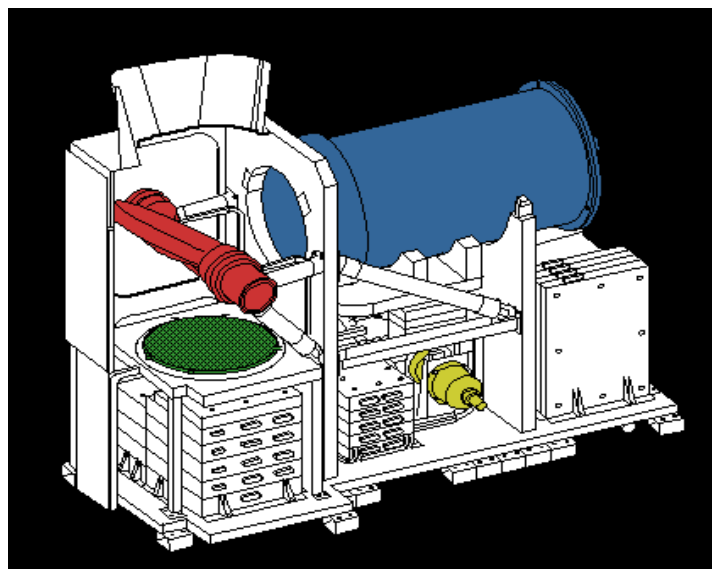
Το δεύτερο υποσύστημα (Εικ.4.10) λειτουργεί σε έξι φασματικές ζώνες στο κοντινό υπέρυθρο μέσω ενός τηλεσκοπίου, που επικεντρώνεται στο ναδίρ και παρέχει ανάλυση 30 m. Η ολοκλήρωση της τροχιάς και η σάρωση των επιλεγμένων σημείων (± 8.550) επιτυγχάνεται από έναν καθρέφτη κατάδειξης. Εξαιτίας του μεγέθους του συνδυασμού ανιχνευτή/φίλτρου, οι ανιχνευτές πρέπει να απέχουν αρκετά, προκαλώντας ένα σφάλμα παράλλαξης περίπου 0.5 pixel για κάθε 900 m ανύψωσης. Αυτό το σφάλμα μπορεί να διορθωθεί εάν τα δεδομένα υψομέτρου, όπως DEM, είναι διαθέσιμα. Δύο λάμπες αλογόνου που βρίσκονται επί του δορυφόρου χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση κατά έναν τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε για το πρώτο υποσύστημα που αναλύθηκε παραπάνω, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση, ο καθρέφτης κατάδειξης πρέπει να στρέφεται προκειμένου να εντοπίζει τη πηγή βαθμονόμησης. Το μεγαλύτερο εύρος δεδομένων είναι 23 Mbps.



Εικόνα 4.10 – Το όργανο SWIR, (Πηγή: NASA)

Θερμικό Υπέρυθρο

Το τρίτο υποσύστημα (Εικ.4.11) λειτουργεί σε πέντε φασματικές ζώνες στην περιοχή του θερμικού υπέρυθρου χρησιμοποιώντας ένα τηλεσκόπιο σταθερής θέσης που είναι στραμένο στο ναδίρ με ανάλυση 90 μ . Αντίθετα με τα υπόλοιπα υποσυστήματα, διαθέτει ένα καθρέφτη κατάδειξης τύπου "whiskbroom". Κάθε φασματική ζώνη χρησιμοποιεί 10 ανιχνευτές σε κλιμακωτή διάταξη με οπτικά φίλτρα bandpass που βρίσκονται πάνω από κάθε ανιχνευτή. Το μεγαλύτερο εύρος δεδομένων είναι 4.2 Mbps. Οι λειτουργίες του καθρέφτη κατάδειξης αφορούν τόσο στη σάρωση όσο και στον εντοπισμό όλων των απαιτούμενων σημείων της επιλεγμένης περιοχής (± 8.55 degrees). Όσον αφορά στη λειτουργία σάρωσης, ο καθρέφτης ταλαντεύεται περίπου στα 7 Hz και, κατά τη διάρκεια της ταλάντευσης, τα δεδομένα συλλέγονται μόνο προς μια κατεύθυνση. Κατά τη διάρκεια της ταλάντευσης, ο καθρέφτης κατάδειξης περιστρέφεται κατά 90 μοίρες από το ναδίρ ώστε να “δει” στο εσωτερικό του οργάνου το “μαύρο σώμα” (εσωτερικό τμήμα του οργάνου) . Εξαιτίας του μεγάλου εύρους δεδομένων του οργάνου, έχουν υποβληθεί περιορισμοί ώστε το μέσο εύρος δεδομένων να είναι διαχειρίσιμο από το σύστημα διαχείρισης δεδομένων του δορυφόρου. Αυτοί οι περιορισμοί αποτελούν ένα μέγιστο μέσο εύρος μίας τροχιάς 16.6 Mbps και δύο μέγιστα μέσα εύρη τροχιάς 8.3 Mbps που οδηγούν σε περίπου 9.3% κάλυψη δεδομένων (NASA) .



Εικόνα 4.11 – Το όργανο TIR,(Πηγή: NASA)

4.9 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ ASTER - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Πίνακας 4.2

Υποσύστημα: VNIR					
Κανάλι	Φασματική περιοχή	Ραδιομετρική ανάλυση	Απόλυτη ακρίβεια	Χωρική ανάλυση	Επίπεδα σήματος
1	0.52–0.60	NEΔρ 0.5%	$\leq \pm 4\%$	15 m	8 bits
2	0.63–0.69	NEΔρ 0.5%	$\leq \pm 4\%$	15 m	8 bits
3N	0.78–0.86	NEΔρ 0.5%	$\leq \pm 4\%$	15 m	8 bits
3B	0.78–0.86	NEΔρ 0.5%	$\leq \pm 4\%$	15 m	8 bits

Πίνακας 4.3

Υποσύστημα: TIR					
Κανάλι	Φασματική περιοχή	Ραδιομετρική ανάλυση	Απόλυτη ακρίβεια	Χωρική ανάλυση	Επίπεδα σήματος
10	8.125–8.475	NEΔΤ $\leq 0.3\%$	--	90 m	12 bits
11	8.475–8.825	NEΔΤ $\leq 0.3\%$	$\leq 3K$ (200–240K)	90 m	12 bits
12	8.925–9.275	NEΔΤ $\leq 0.3\%$	$\leq 2K$ (240–270K)	90 m	12 bits
13	10.25–10.95	NEΔΤ $\leq 0.3\%$	$\leq 1K$ (270–340)	90 m	12 bits
14	10.95–11.65	NEΔΤ $\leq 0.3\%$	$\leq 2K$ (340–370)	90 m	12 bits

Πίνακας 4.4

Όργανο	Ρυθμός δεδομένων	Καταγραφή τροχιάς (deg.)	Καταγραφή τροχιάς (km)	Τύπος Ανιχνευτή
VNIR	62 Mbits/sec	± 24	± 318	Si
TIR	4.2 Mbits/sec	± 8.55	± 116	HgCdTe

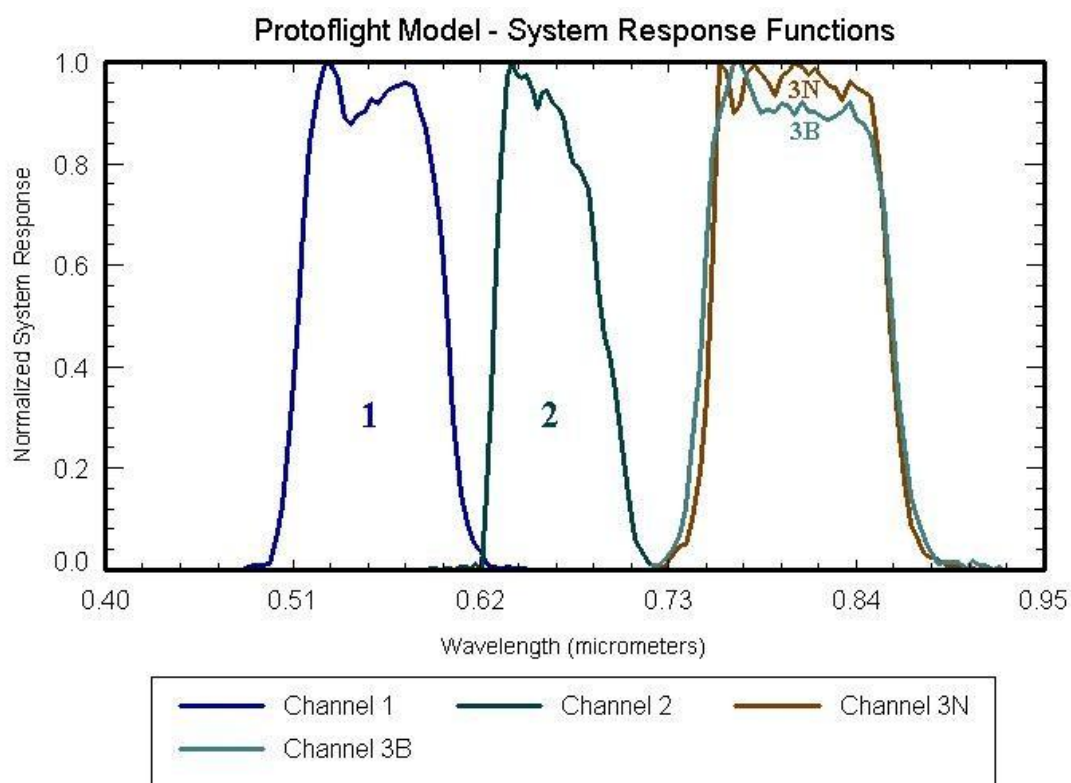
Πίνακας 4.5

ASTER - Απαιτήσεις Επιδόσεων Συστήματος	
Πλάτος	60 Kms
Συνολική Κάλυψη	± 116 to ± 318 Kms
Λόγος: Βάση/Υψος	0.6 (along-track)
Διαμόρφωση συχνότητας μεταφοράς	0.25 (cross-track)
	0.20 (along-track)
Εγγραφή από μπάντα σε μπάντα	0.2 pixels (intra-telescope)
	0.3 pixels (inter-telescope)
Κύκλος	8% (VNIR & SWIR)
	16% (TIR)
Μέγιστος ρυθμός δεδομένων	89.2 Mbps
Μάζα	406 Kgs
Μέγιστη Ισχύς	726 W

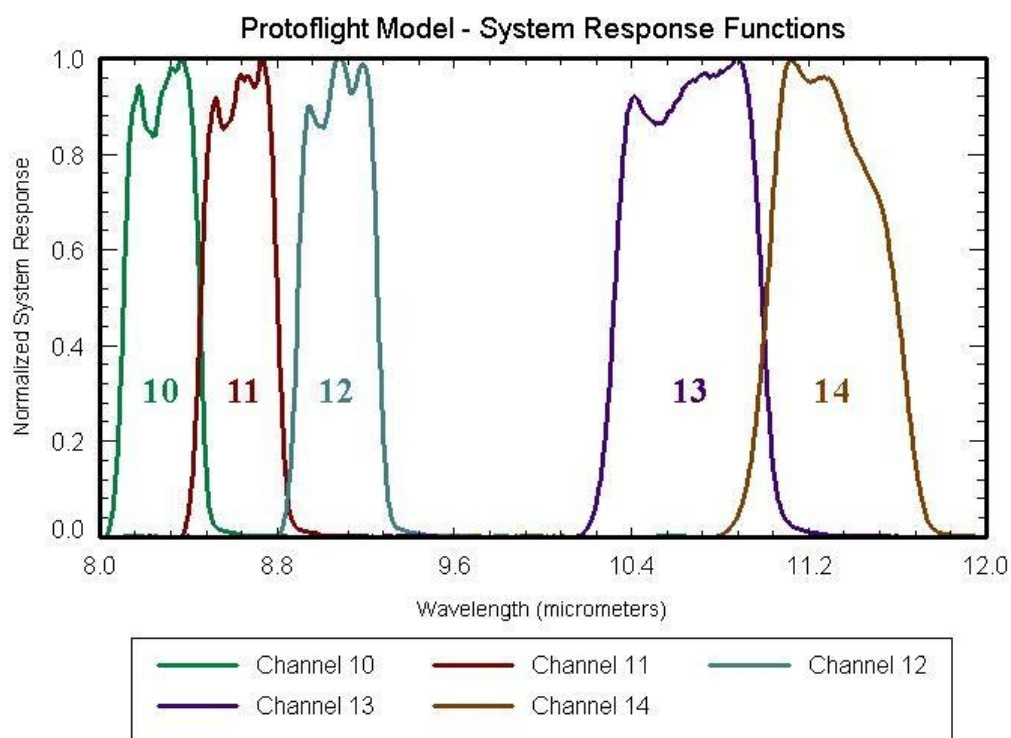
4.10 ΤΙ ΚΑΝΕΙ ΤΟ ΥΠΟΟΡΓΑΝΟ ASTER ΜΟΝΑΔΙΚΟ;

- Η τηλεσκόπιο που σαρώνει στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο (VNIR) προς την πίσω ζώνη (backward), για υψηλής ανάλυσης στερεοσκοπική παρατήρηση κατά μήκος τροχιάς.
- Πολυφασματικά δεδομένα (του θερμικού υπέρυθρου) υψηλής χωρικής ανάλυσης (περιοχής 8 έως 12 μ , σε παγκόσμιο επίπεδο).
- Επιφάνεια φασματικής ανάκλασης υψηλότερης χωρικής ανάλυσης, θερμοκρασίας, ημερομηνίας και εκπομπής στο όργανο Terra.

- Δυνατότητα προγραμματισμού αιτήσεων παραγγελίας απόκτησης δεδομένων.

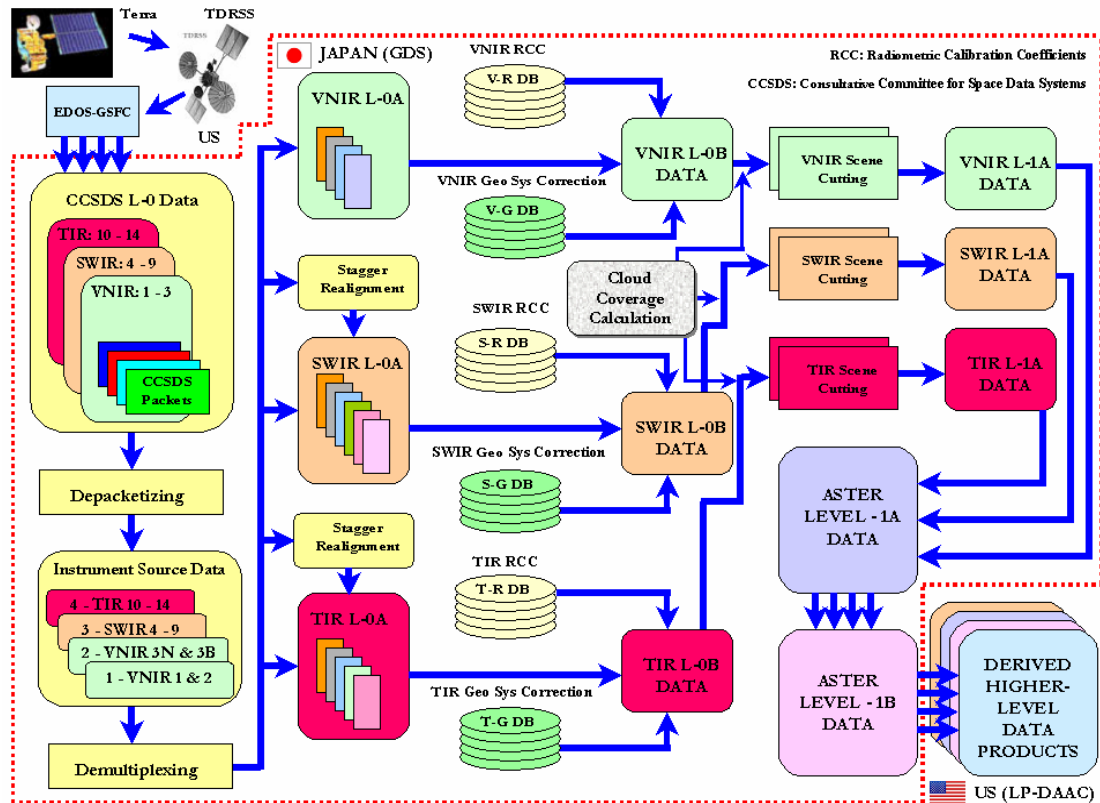


Εικόνα: 4.12

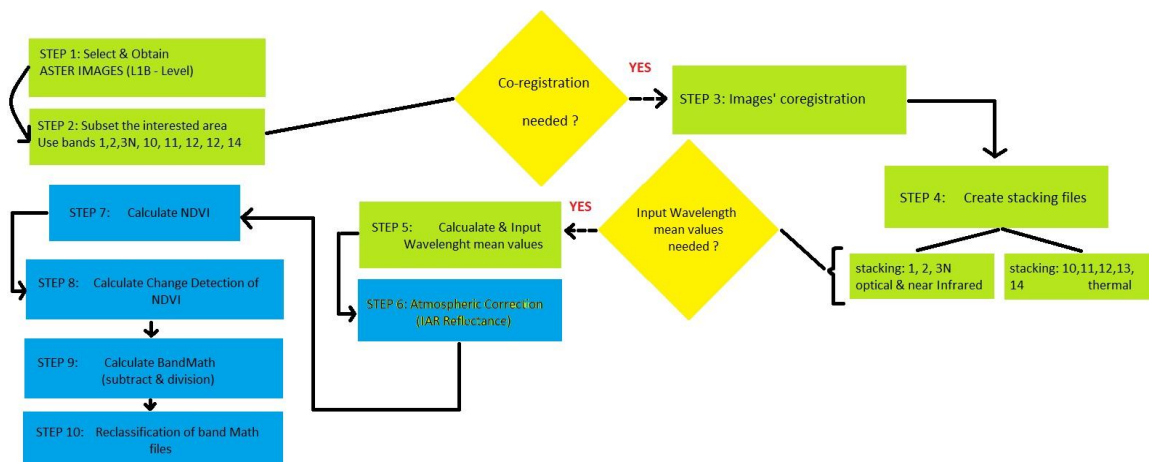


Εικόνα 4.14

Διαγράμματα μηκών κυμάτων υποοργάνων που σαρώνουν σε: ορατό & κοντινό υπέρυθρο και σε θερμικό αντίστοιχα



Εικόνα 4.15 α Διάγραμμα διαχείρισης και διακίνησης δεδομένων ASTER μεταξύ ΗΠΑ και ΙΑΠΩΝΙΑΣ (ASTER user Handbook) & β διάγραμμα μεθόδων επεξεργασίας δεδομένων



5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Ιανουάριο του 2010 ένας φοβερός σεισμός έπληξε την Αϊτή. Η Αϊτή βρίσκεται στο νησί της Ισπανιόλα στην Καραϊβική. Αποτελεί ανεξάρτητο κράτος, το ίδιο και η Δομινικανή Δημοκρατία που μοιράζονται μαζί το νησί της Ισπανιόλα. Συγκεκριμένα η Αϊτή τοποθετείται στα δυτικά του νησιού. Ο σεισμός συνέβη συγκεκριμένα στις 12 Ιανουαρίου, ημέρα Τρίτη, του 2010. Αποτελεί έναν από τους πιο καταστροφικούς σεισμούς των τελευταίων ετών και με μεγάλο αντίκτυπο τόσο στις κτιριακές εγκαταστάσεις των περιοχών της χώρας που επλήγησαν όσο και στο κοινωνικό σύνολο. Δημιούργησε πολλά προβλήματα στους κατοίκους που επηρεάστηκαν από τη φυσική αυτή καταστροφή αφού προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε κατοικίες και σε άλλα περιουσιακά στοιχεία (αυτοκίνητα, ζώα κ.τ.λ.) αλλά και μεταδιδόμενες ασθένειες όπως χολέρα από μόλυνση των υδάτων και μη εφαρμοσμένες μεθόδους υγιεινής.

5.2 Ο ΣΕΙΣΜΟΣ

Ο μεγάλος και καταστροφικός σεισμός, λοιπόν, μεγέθους 7,0 MW συνέβη στις 12 Ιαν. του 2010 κοντά στην πυκνοκατοικημένη πρωτεύουσα της Αϊτής, Πορτ-ο-Πρενς όπως προαναφέρθηκε. Ο σεισμός σημειώθηκε σε μια περιοχή με γνωστή, αλλά φτωχά χαρακτηρισμένη, ιστορική σεισμικότητα (Scherer 1912), στο σύστημα ρηγμάτων Enriquillo-Plaintain Garden. Το σύστημα αυτό μπορεί να φιλοξενήσει κατά κύριο λόγο τη μετατροπή κίνησης μεταξύ της πλάκας της Καραϊβικής και της Βόρειας Αμερικανικής (Mann et al. 1995). Η συνολική σχετική κίνηση των πλακών γίνεται μέσω τριβής μεταξύ τους (Sykes et al, 1982, Deng & Sykes 1995, Dixon et al.

1998, DeMets et al. 2000, Manaker et al. 2008). Πολλά συμπίεστικά γεωλογικά χαρακτηριστικά έχουν χαρτογραφηθεί στην περιοχή (Mann et al. 1995). Ωστόσο, η μόνη συνεχής δομή ρήγματος που έχει χαρτογραφηθεί κοντά στην πηγή του σεισμού της 12ης Ιανουαρίου, το ρήγμα Enriquillo, εκθέτει κυρίως κίνηση που μεταφέρεται μέσω του εσωτερικού της γης προς την επιφάνεια, και πιστεύεται ότι βυθίζεται σχεδόν κάθετα (Mann et al. 1995, 2002).

Τέσσερις μήνες μετά το σεισμό, η καταστροφή και ο όλεθρος στο Πορτ-ο-Πρενς είναι συντριπτικοί και επικών διαστάσεων. Η γενική εμφάνιση της πόλης είναι σαν εκείνη της Γάζας μετά από μια αεροπορική επιδρομή, αλλά ακόμη χειρότερη.

Οι δρόμοι είναι στρωμένοι με μπάζα και τα σπίτια είναι κατεστραμμένα, γεμάτοι πεζούς να προσπαθούν να αποφύγουν τα μοτοποδήλατα, τα αυτοκίνητα και τα λεωφορεία που είναι βαμμένα σε φανταχτερά και φωτεινά χρώματα. Παντού βλέπει κανείς πρόχειρα κατασκευασμένες κατοικίες από σκηνές και πλαστικές σακούλες συμπίεσμένες καλά μαζί, που συλλογικά στεγάζουν πάνω από ένα εκατομμύριο εκτοπισμένους. Πολλοί άλλοι παραμένουν σε κτίρια που έπρεπε να είχαν ήδη κατεδαφιστεί, εάν υπήρχαν επαρκείς πόροι για να το πράξει η πολιτεία, καθώς οι μεταβολές αυτές αποτελούν συνεχή κίνδυνο για την ασφάλεια των ατόμων που συνεχίζουν να κατοικούν ή να έρχονται ακόμη και κοντά σε αυτά (βλ.Εικ.5.23) (Dennis Rosen, MD, 2010).

5.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΟΡΙΣΜΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το μέγεθος της καταστροφής στην Αϊτή μετά το σεισμό είχε οριστεί σε 220.000 νεκρούς και μια τρομερή έλλειψη τροφίμων, νερού, ιατρικής περίθαλψης, και προμήθειες για τους επιζώντες, συμπεριλαμβανομένων περίπου 300.000 τραυματιών και πάνω από 1 εκατομμύριο ανθρώπους που εκτοπίστηκαν από τον τόπο τους.

Η αρχική αντίδραση στην όλη κρίση ήταν μια πλημμύρα από προμήθειες και ατόμων στην ήδη πυκνοκατοικημένη πρωτεύουσα Πορτ-ο-Πρενς από στρατιωτικές μονάδες, ομοσπονδιακές υπηρεσίες αλλά και κρατικές καθώς και το τοπικό προσωπικό αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τις μη κυβερνητικές ανθρωπιστικές οργανώσεις, και τα εμπορική μέλη του κλάδου από όλο τον κόσμο. Αυτή η μαζική ανταπόκριση ήταν συντριπτική, αλλά η επικοινωνία και η

υλικοτεχνικός συντονισμός ήταν ανεπαρκής, λόγω των λανθασμένων, σπάνιων, ή απρόσιτων δεδομένων και των εργαλείων συνεργασίας. Μην έχοντας τα απαραίτητα εργαλεία και τους τρόπους επικοινωνίας προκλήθηκαν σοβαρές καθυστερήσεις στη μεταφορά και την προσφορά τόσο αναγκαίας βοήθειας. Πολλές από τις οργανώσεις που απέκτησαν σχετικά δεδομένα και εφήρμοσαν τις δικές τους πρακτικές διαχείρισης, παρά τις προσπάθειες για γενικότερη βελτίωση της κατάστασης από μέρους τους, εμποδίστηκαν από την έλλειψη ενός προσβάσιμου και κεντρικού περιβάλλοντος για δεδομένα και συνεργασία (A.J. Clark,, 2010).

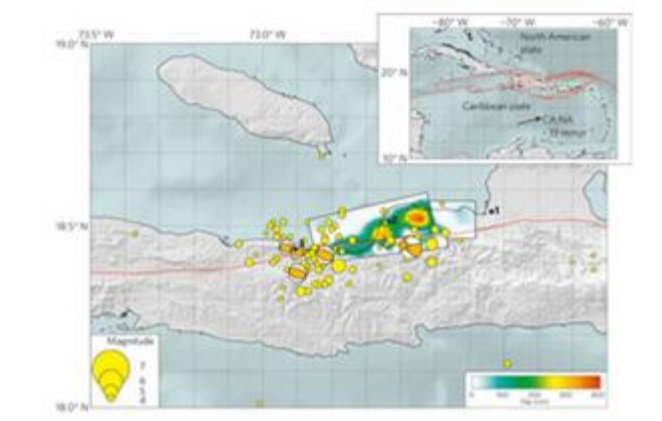
5.4 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΟΥ 2010 ΣΤΗΝ ΑΪΤΗ

Η Αϊτή είναι μία νησιωτική χώρα της Καραϊβικής, στη δυτική πλευρά του νησιού της Ισπανιόλα. Αποκτώντας την ανεξαρτησία το 1804, έχει αυξήσει τον πληθυσμό της σε πάνω από 9.000.000. Η Αϊτή είναι η φτωχότερη χώρα της αμερικανικής ηπείρου, με ΑΕΠ 7 δισ. δολάρια, ή \$ 1.317 ανά άτομο και κατατάσσεται στη 149η θέση από τις 182 χώρες των Ηνωμένων Εθνών βάσει του Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης. Ξένη βοήθεια συμβάλλει επί του παρόντος στο 30-40% του προϋπολογισμού της χώρας, και το εξωτερικό χρέος υπολογίζεται στα 1,3 δισ. δολάρια. Πολιτική ιστορία της Αϊτής είναι μια σειρά από δικτατορικό καθεστώς, πραξικοπήματα, και τη δημοκρατία (πιο πρόσφατα), με την πρόσφατη τοποθέτηση στις εκλογές του Ρενέ Πρεβάλ ως πρόεδρο. Η Αϊτή έχει μια μακρά ιστορία σοβαρών φυσικών καταστροφών, όπως τυφώνες και σεισμούς. Βρίσκεται σε ένα μεγάλο ρήγμα και στη διαδρομή που ακολουθούν πολλοί τυφώνες της Καραϊβικής. Η φτώχεια της χώρας δεν επέτρεψε σημαντική πρόοδο ούτε την ανάπτυξη σε αυτή τη μικρή χώρα.

Το Πορτ-ο-Πρενς (βλ.Εικ.1.1) βρίσκεται στη δυτική ακτή του νησιού, στο νοτιοανατολικό τμήμα του κόλπου της Γκονάβ, και εκτείνεται στους πρόποδες του ορεινού όγκου Ντε Λα Σελ. Ιδρύθηκε από τους Γάλλους το 1749. Η πόλη υπέστη σοβαρές καταστροφές από πυρκαγιές και σεισμούς (ιδιαίτερα απ' αυτόν του 1842). Χτισμένη στη συμβολή των κυριότερων οδικών και σιδηροδρομικών αρτηριών που διασχίζουν τη χώρα, είναι η πολυπληθέστερη και σημαντικότερη πόλη της Αϊτής, από οικονομική και πνευματική άποψη, καθώς είναι έδρα πανεπιστημίου, σχολών και μουσείων. Ο καθεδρικός ναός (18ος αι.) και το εθνικό μέγαρο είναι από τα πιο

χαρακτηριστικά κτίριά της. Αποτελεί, επίσης, βιομηχανικό και τουριστικό κέντρο και διαθέτει αξιόλογο λιμάνι και αεροδρόμιο. Η οικονομία της βασίζεται στο εμπόριο των γεωργικών και ζωοτεχνικών προϊόντων της ευρύτερης περιοχής.

Στις 12 Ιανουαρίου του 2010 στις 16:53 (τοπική ώρα) ο σεισμός μεγέθους 7,0 που έπληξε την Αϊτή, αποτέλεσε τον ισχυρότερο σεισμό που μετράται στο νησί πάνω από 200 χρόνια. Εκτός από τα ανθρώπινα θύματα, σημαντικές ήταν και οι υλικές καταστροφές αφού τα περισσότερα από τα μεγάλα κυβερνητικά κτίρια καταστράφηκαν, συμπεριλαμβανομένου και του Hotel de Ville, το παλάτι της Δικαιοσύνης, και του Προεδρικού Μέγαρου. Φυσικά, από έναν τόσο μεγάλο σεισμό δεν επλήγησαν μόνο περιοχές κοντά στο επίκεντρο όπου βρίσκονταν πλησίον του επικέντρου αλλά και άλλες περιοχές και πόλεις όπως η πόλη Leogane (βλ. Εικ.5.16). Επιπλέον, το μεγαλύτερο λιμάνι της πόλης και το διεθνές αεροδρόμιο είχαν υποβαθμιστεί σοβαρά. Τα πλοία δεν μπορούσαν να εισέλθουν με ασφάλεια στο λιμάνι λόγω κατάρρευσης της προβλήτας και των συντριμμιών που υπήρχαν, και στο αεροδρόμιο, ενώ ο διάδρομος λειτουργούσε, ο πύργος ελέγχου και τα περιφερειακά κτίρια υποστήριξης καταστράφηκαν ολοσχερώς ή καταστάθηκαν άχρηστα (Dave Yates, 2010).

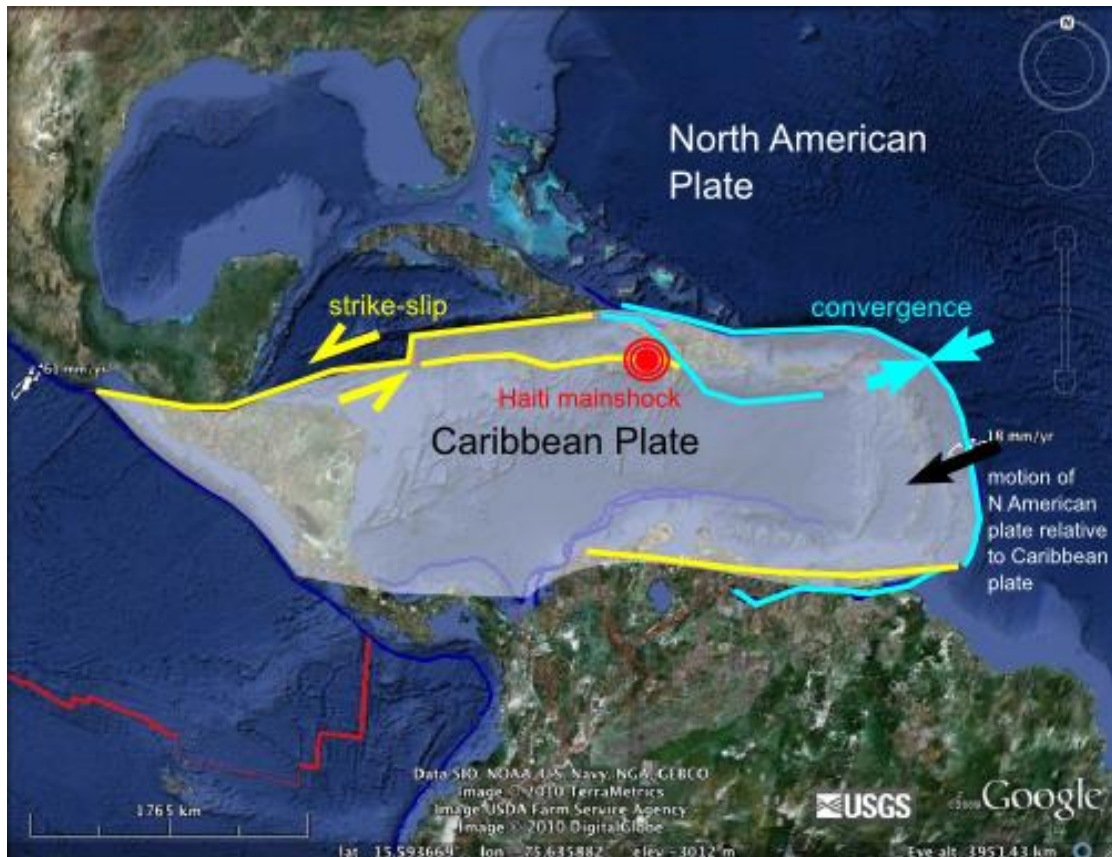


Εικόνα 5.16: Τεκτονική τοποθέτηση του σεισμού του Leogane του 2010.

Το ένθετο δείχνει την ευρεία διαμόρφωση των ορίων των πλακών: Καραϊβικής-Βόρειας Αμερικανικής στην περιοχή της Ισπανιόλα, με το κυριότερα ρήγματα (κόκκινο) και το διάνυσμα το σχετικό με την κίνηση της πλάκας (βέλος). Ο κύριος πίνακας δείχνει το επίκεντρο της περιοχής της 12ης Ιανουαρίου του 2010 (Hayes, G.P., 2010).

5.5 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΪΤΗ

Η Αϊτή έχει μια μακρά ιστορία σοβαρών φυσικών καταστροφών, όπως τυφώνες και σεισμούς. Βρίσκεται σε ένα μεγάλο ρήγμα και στη διαδρομή που ακολουθούν πολλοί τυφώνες της Καραϊβικής. Ο σεισμός σημειώθηκε σε μια περιοχή με γνωστή, αλλά φτωχά χαρακτηρισμένη, ιστορική σεισμικότητα (Scherer 1912), στο σύστημα ρηγμάτων Enriquillo-Plaintain Garden. Το σύστημα αυτό αφορά κατά κύριο λόγο τη μετατροπή κίνησης μεταξύ της πλάκας της Καραϊβικής (βλ.Εικ.5.17) και της Βόρειας Αμερικανικής (Mann et al. 1995). Η συνολική σχετική κίνηση των πλακών γίνεται μέσω τριβής μεταξύ τους (Sykes et al, 1982, Deng & Sykes 1995, Dixon et al. 1998, DeMets et al. 2000, Manaker et al. 2008). Πολλά συμπιεστικά γεωλογικά χαρακτηριστικά έχουν χαρτογραφηθεί στην περιοχή (Mann et al. 1995). Ωστόσο, η μόνη συνεχής δομή ρήγματος που έχει χαρτογραφηθεί κοντά στην πηγή του σεισμού της 12ης Ιανουαρίου, το ρήγμα Enriquillo, εκθέτει κυρίως κίνηση που μεταφέρεται μέσω του εσωτερικού της γης προς την επιφάνεια, και πιστεύεται ότι βυθίζεται σχεδόν κάθετα (Mann et al. 1995, 2002).



Εικ.5.17: Απεικόνιση πλάκας της Καραϊβικής καθώς και των ορίων των ρηγμάτων και της κίνησης των πλακών. Πηγή: USGS

5.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (Α)

Δεν έχουν καταγραφεί σεισμοί μεγαλύτεροι από αυτούς μεγέθους $MW \sim 5$ στη νότια Αϊτή τα τελευταία 34 χρόνια, κατά προσέγγιση δηλαδή την εποχή της σύγχρονης καταγραφής μέσω μηχανημάτων και της χρονικής περιόδου (1976-2009) που υπήρχε η κάλυψη από τον κατάλογο Global Centroid-Moment Tensor (GCMT) (Ekström et al. 2005, Dziewonski et al. 1981). Ένας σεισμός που σημειώθηκε στη βόρεια Αϊτή, στις **2 Μάρτιου του 1994** μεγέθους MW 5.4, φανερώνει αριστερή-πλάγια ολίσθηση της πλάκας σε μια κομβική σύγκρουση ανατολική-νοτιοανατολική, σύμφωνα με αντιστοιχισμένη γεωμετρία του ρήγματος Septentrional που σχετίζεται με το βόρειο τμήμα της ζώνης του ορίου της πλάκας (Prentice et al 1993., Mann et al. 1998). Ο πιο πρόσφατος μεγάλος σεισμός που συνέβη στο νησί της Ισπανιόλα, πριν από αυτόν της **12ης Ιανουαρίου του 2010**, εμφανίστηκε στις **22 Σεπτέμβρη του**

2003 στη Δομινικανή Δημοκρατία, με μέγεθος MW 6.4. Ο μηχανισμός γένεσης για αυτό το γεγονός, όπως και για όλους τους άλλους σεισμούς των 6,0 MW ή μεγαλύτερους που έχουν συμβεί στη Δομινικανή Δημοκρατία που περιλαμβάνονται στον κατάλογο GCMT, δείχνουν προβληματική ώθηση και κίνηση γενικότερα.

Παλαιοσεισμικές έρευνες και ιστορικές αναφορές καθιστούν σαφές ότι μεγάλοι σεισμοί έχουν συμβεί και στο παρελθόν στην Αϊτή (π.χ. Scherer 1912, Prentice et al 1993). Πρόσφατες μελέτες με χρήση γεωλογικών και γεωδαιτικών δεδομένων έχουν δείξει πως υπάρχουν επίσης δυνατότητες για σεισμούς μεγέθους $M \sim 7 - 7,5$ για τα ρήγματα Enriquillo και Septentrional (Calais et al 2002, Manaker et al 2008). Όμως, λίγα είναι γνωστά, σχετικά με το χαρακτήρα των μικρότερων, πρόσφατων σεισμών στην περιοχή του ρήγματος Enriquillo, ή για τα ποσοστά σεισμικότητας, εξαιτίας της απουσίας τοπικού σεισμικού δικτύου στην Αϊτή. Καθώς ακολούθησαν ο μεγάλος σεισμός του 2004 στη Σουμάτρα-Andaman και το μεγάλο τσουνάμι που παρήχθηκε, το Γεωλογικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ (USGS) επένδυσε σε μια σημαντική βελτίωση των δυνατοτήτων που παρατηρούνται στην ευρεία σεισμολογική ζώνη στην Καραϊβική, εγκατέστησε εννέα σεισμόμετρα ευρέων ζωνών στην περιοχή (κωδικός δικτύου CU), το καθένα με δυνατότητες τηλεμετρίας σχεδόν πραγματικού χρόνου. Η συνδυασμένη κάλυψη δικτύου που παρέχεται από την CU και παγκόσμιο δίκτυο σταθμών, σε συνδυασμό με βελτιώσεις στις τεχνικές προσδιορισμού του στιγμιαίου αισθητήρα σεισμών (Arvidsson & Ekström 1998, Ekström et al. 1998) κάνουν τώρα την ανάλυση των μικρότερων σεισμών δυνατή. Η γνώση των σχεδίων της σεισμικής αποδέσμευσης της έντασης-ενέργειας πριν και μετά τον Ιανουάριο του 2010 είναι σημαντική για την κατανόηση του πώς η ένταση διανέμεται σε όλη την περιοχή, και για την κατανόηση των πιθανών επιδράσεων των αλλαγών των στατικών πιέσεων που σχετίζονται με τους κύριους σεισμούς και τους μεγαλύτερους μετασεισμούς. Το ελάχιστο κατώτατο όριο μεγέθους για την παγκόσμια ανάλυση CMT συνήθως ορίζεται σε $M \sim 5$, πράγμα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναλύσεις GCMT λιγότερων από το 12 εκδηλώσεων για την τρέχουσα ακολουθία στην Αϊτή. Εδώ, παρουσιάζονται λύσεις CMT για 50 σεισμούς που συνόδευσαν το κύριο γεγονός της Αϊτής του 2010 συμπεριλαμβάνοντας και τους μετασεισμούς που ακολούθησαν, συμπεριλαμβανομένων φυσικά των γεγονότων με μεγέθη τόσο μικρά όσο $MW = 4.0$. Επίσης παρουσιάζονται αναλύσεις τεσσάρων σεισμών μεγέθους 4.3 έως 4.9 που

έλαβαν χώρα πριν από το κύριο σεισμό του 2010, κατά τη διάρκεια των ετών 1990-2008 (Meredith Nettles, 2010).

Πάντως, τα μεγαλύτερα σεισμικά γεγονότα στην περιοχή έχουν προκληθεί από το σύστημα ρηγμάτων EPGFZ. Το σύστημα αυτό παρέμεινε σε σχετική “ηρεμία” σεισμολογικά κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα (Pan. Carydis, Efth. Lekkas 2011).

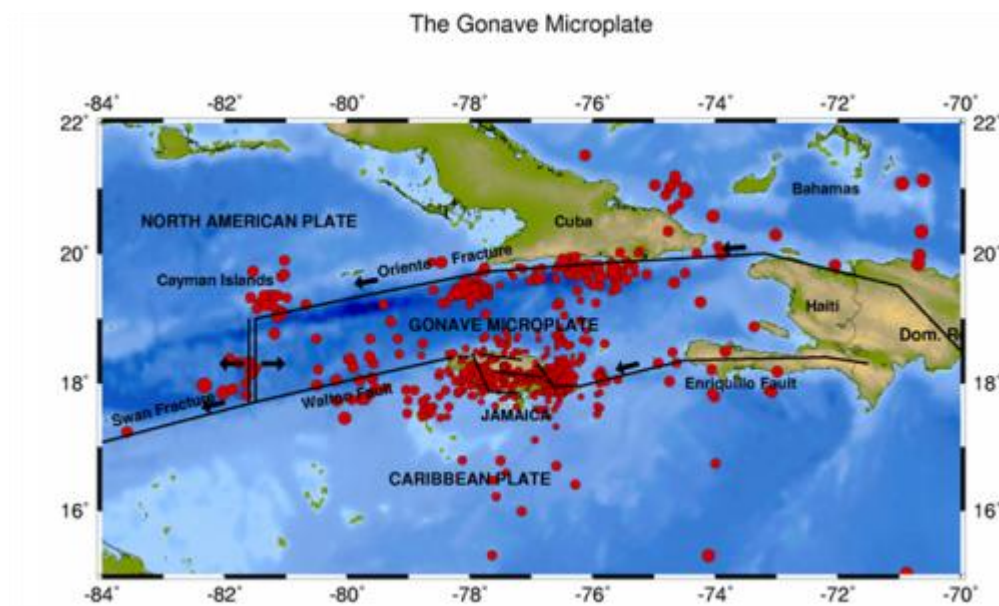
Σχετικά με τα γεγονότα της 12^{ης} Ιανουαρίου, ο κύριος σεισμός διήρκεσε 20 λεπτά περίπου. Ακολούθησαν στα επόμενα 20 λεπτά δύο μεγάλοι μετασεισμοί κατά μήκος του δυτικού τμήματος του ρήγματος, ένας Mw 5.9 στις 5.00 μ.μ. (τοπική ώρα) και ένας Mw 5.5 στις 5.12 μ.μ. (τοπική ώρα). Ακόμη, μια ακολουθία σεισμών αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια των επόμενων ημερών, περιλαμβάνοντας έναν Mw 6.1 σεισμό στις 20 Ιανουαρίου, 2010 (Carydis, P., Lekkas, E. 2011).

Από τις 18 Οκτωβρίου του 1751 έως τις 12 Ιανουαρίου, η Αϊτή έχει ζήσει 19 πλημμύρες, 8 σεισμούς, 3 τυφώνες και 2 τροπικές καταιγίδες που είχαν τεράστιο αντίκτυπο σε όλη τη χώρα (Mora S., 2010). Παρακάτω περιγράφονται τα σημαντικότερα σεισμικά γεγονότα που συνέβησαν στην Αϊτή:

- 18 Οκτωβρίου 1751: Ο σεισμός σημειώθηκε στο Port-au-Prince και κατέστρεψε την πόλη.
- 3 Ιουνίου 1770: Σημειώθηκε σεισμός στο Port-au-Prince και στο νότο, αρκετές πόλεις καταστράφηκαν.
- 7 Μαΐου 1842: Σημειώθηκε σεισμός στο Cap-Haitian και σε μεγάλη περιοχή του βορρά. Οι πόλεις: Cap-Haitian, Port-au-Paix, Gonaives, Fort-Liberte καταστράφηκαν και αρκετές πόλεις στη Δομινικανή Δημοκρατία επλήγησαν επίσης.
- 23 Σεπτεμβρίου 1887: Σημειώθηκε σεισμός στα βόρεια της Αϊτής.
- 1904: Σημειώθηκε σεισμός στα βόρεια του νησιού. Το Port-au-Prince και το Cap-Haitian επλήγησαν σοβαρά.
- 1946: Σημειώθηκε σεισμός στη Δομινικανή Δημοκρατία με τη συνοδεία παλιρροϊκού κύματος στην περιοχή Nagua. Ο σεισμός αυτός επηρέασε και την Αϊτή.
- 27 Οκτωβρίου 1952: Ο σεισμός που σημειώθηκε στο Anse-a-Veau στην περιοχή του Grande Anse προκάλεσε 6 θανάτους και χιλιάδες άστεγους.

Παρακάτω παρατίθεται σχετικός πίνακας με τα σημαντικότερα σεισμικά γεγονότα που έχουν σημειωθεί στο νησί της Ισπανιόλα γενικότερα αλλά και στην Αϊτή

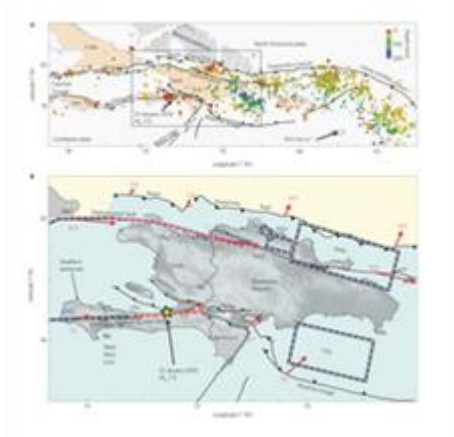
συγκεκριμένα (*). Να σημειωθεί πως ο σεισμός του 1770 αναφέρεται ως ένα γεγονός ανάλογο εκείνου του σεισμού του 2010 στο Port-au-Prince και θεωρείται να έχει σημειωθεί λόγω κίνησης του ίδιου συστήματος πλακών όπως συνέβη στις 12 Ιανουαρίου 2010 (αν και όσον αφορά στο τελευταίο γεγονός, παρατηρήθηκε μεγαλύτερο μήκος ρήξης και μεγαλύτερο μέγεθος σεισμού). Γενικά, σεισμικά γεγονότα μικρής ή μεγάλης έντασης έχουν σημειωθεί στην Αϊτή τα έτη: 1615, 1673, 1684, 1691, 1770, 1751, 1761, 1842, 1860, 1887, 1904, 1932, 1946, 1952 (Pan. Carydis, Efth. Lekkas 2011).



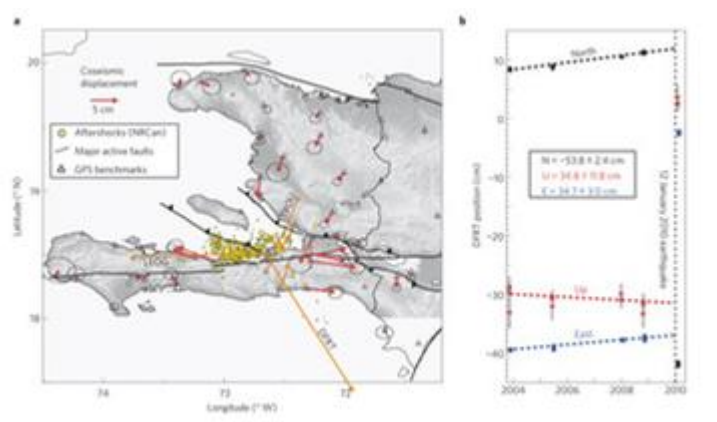
Εικ.5.18: Απεικόνιση πλακών: Καραϊβικής και Βόρειας Αμερικανικής καθώς και της μικρόπλακας Gonave. Τα κόκκινα σημεία υποδεικνύουν επίκεντρα σεισμών (DeMets & Wiggins-Grandison, 2007) .

Παρακάτω στις εικόνες 5.19-5.21 φαίνονται τα συστήματα πλακών της περιοχής καθώς και η κίνησή τους. Επίσης απεικονίζονται οι οριζόντιες σεισμικές μετατοπίσεις σε όλη την περιοχή της Αϊτής καθώς και στις περιοχές που ανήκουν στη Δομινικανή Δημοκρατία και βρίσκονται κοντά στο επίκεντρο του σεισμού. Ακόμη απεικονίζεται η σεισμική δραστηριότητα της περιοχής μέσα από δεδομένα που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια των γεγονότων της 9ης Μαρτίου 2009 και της 25ης Ιανουαρίου 2010

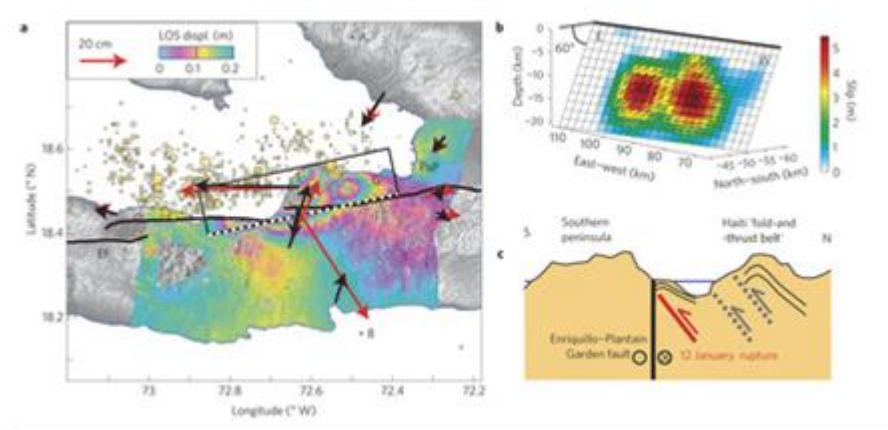
καθώς και σχετικές σεισμικές μετατοπίσεις που έχουν γίνει στην περιοχή όπως έχουν καταγραφεί από όργανα GPS.



Εικ.5.19. Κύρια ενεργά όρια πλακών των ρηγμάτων (μαύρες γραμμές), συντονιστική σεισμικότητα (National Earthquake Information Center database, 1974–έως σήμερα) και σχετική κίνηση των πλακών της Καραϊβικής και Βόρειας Αμερικής (βέλος). P.R. = Πουέρτο Ρίκο, D.R. = Δομινικανή Δημοκρατία (Eric Calais, 2010).



Εικ.5.20 (α). Χάρτης των οριζόντιων σεισμικών μετατοπίσεων. Σημειώνεται η σημαντική συνιστώσα της συντόμευσης, παρόμοια με το διασεισμικό πεδίο ταχύτητας. Τα πορτοκαλί βέλη έχουν μειωθεί κατά 50% ώστε να χωρούν μέσα στο χάρτη (Eric Calais, 2010).



Εικ.5.21 (α) Γράφημα παρεμβάσεων-συγκρούσεων (φθίνουσα τροχιά, κατασκευασμένη από εικόνες που αποκτήθηκαν στις 9 Μαρτίου 2009 και στις 25 Ιανουαρίου 2010), σεισμικές μετατοπίσεις που έχουν παρατηρηθεί από όργανα GPS (μαύρο) και μοντέλα σεισμικών μετατοπίσεων (κόκκινο). (b) Οι κίτρινοι κύκλοι δείχνουν μετασεισμούς (Eric Calais, 2010).

5.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ (B)

Ο σεισμός αρχικά θεωρήθηκε πως οφειλόταν σε ρήξη που είχε υποστεί το ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain της νότιας χερσονήσου της Αϊτής, το οποίο είναι ένα από τα δύο κύρια ρήγματα που όπως προκύπτει φιλοξενούν τη σχετική κίνηση των 2cm/yr-1 μεταξύ της πλάκας της Καραϊβικής (βλ. Εικ.1.1) και της πλάκας της Βόρειας Αμερικής. Εδώ χρησιμοποιείται το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης και μετρήσεις συμβολομετρίας ραντάρ της κίνησης του εδάφους για ναδειχθεί ότι ο σεισμός ήταν συνδυασμός της οριζόντιας ολίσθησης και της τριβής μεταξύ των πλακών, προκαλώντας διαπιεστική κίνηση. Το αποτέλεσμα αυτό είναι συνεπές με το μακροπρόθεσμο μοντέλο της συσσώρευσης του στελέχους στην Ισπανιόλα. Οι απρόσμενες παραμορφώσεις λόγω της τριβής των πλακών που προκαλούνται από το σεισμό και από το πρότυπο της συσσώρευσης στελέχους δείχνουν σήμερα δραστηριότητα σχετικά με τα ρήγματα, εκτός από το ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain. Έχει αποδειχθεί ότι ο σεισμός προκάλεσε την αντίσταση στη ρήξη ενός μη χαρτογραφημένου βόρεια-βυθιζόμενου ρήγματος, το οποίο ονομάζεται ρήγμα

Léogâne. Το ρήγμα Léogâne βρίσκεται υποβυθμένο αλλά είναι διαφορετικό από το ρήγμα Enriquillo-Plantain Garden. Προτείνεται ο σεισμός του 2010 να έχει ενεργοποιηθεί από το νοτιότερο μέτωπο της ζώνης της Αϊτής, καθώς τέμνεται με το ρήγμα Enriquillo-Plantain Garden . Καθώς το ρήγμα Enriquillo-Plantain Garden δεν απαλλάσσει καμία σημαντική συσσωρευμένη ελαστική πίεση, παραμένει μια σημαντική σεισμική απειλή για την Αϊτή και για το Πορτ-ο-Πρενς, ειδικότερα (Eric Calais, 2010). Τα ρήγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς και οι κύριες πλάκες από τις οποίες ορίζονται αυτά, δηλαδή, η Βόρεια-Αμερικανική πλάκα, η Καραϊβική πλάκα καθώς και η μικρόπλακα Gonave παρουσιάζονται στο χάρτη της εικόνας 1.2.

5.8 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ο σεισμός στην Αϊτή φάνηκε να περιλαμβάνει απλή συνεισφορά της σχετικά λοξής κίνησης μεταξύ των πλακών της Καραϊβικής και της Βόρειας Αμερικής κατά μήκος της ζώνης του ρήγματος Enriquillo-Plantain Gardain. Εδώ, συνδυάζονται σεισμολογικές παρατηρήσεις, γεωλογικά πεδία δεδομένων και γεωδαιτικές μετρήσεις των διαστήματων, που δείχνουν, ότι στη διαδικασία ρήξης μπορεί να εμπλέκονται ολισθήσεις σε πολλαπλά ρήγματα. Πρωταρχική παραμόρφωση επιφανείας προήλθε από ρήξη σε τυφλά ρήγματα ώθησης με μικρές, βαθείς, πλευρικές ολισθήσεις κατά μήκος ή κοντά στην κύρια ζώνη του ρήγματος Enriquillo-Plantain Gardain.

Μαζί με την επικράτηση των ρηχών ωθήσεων του ρήγματος, η έλλειψη παραμόρφωσης επιφανείας σημαίνει ότι παραμένει διατμητική καταπόνηση η οποία απελευθερώνεται σε μελλοντικούς σεισμούς ρήξης επιφάνειας στη ζώνη του ρήγματος Enriquillo-Plantain Gardain.

Αποβαίνει λοιπόν το συμπέρασμα ότι εξίσου πολύπλοκοι σεισμοί στο τεκτονικό περιβάλλον που μπορούν να φιλοξενήσουν τόσο μεταφορά-μετατροπή όσο και σύγκλιση όπως το ρήγμα του Αγίου Ανδρέα μέσω των Εγκάρσιων Σειρών της California μπορεί να λείπουν από το προϊστορικό ρεκόρ σεισμών (Hayes, G.P., 2010)

Η ζώνη του ρήγματος Enriquillo-Plantain Garden αναγνωρίζεται ως ένα από τα κύρια συστήματα ρηγμάτων με πλάκες ολίσθησης στην Αϊτή. Το ρήγμα των ολισθαίνουσων πλακών περνά δίπλα στην πόλη του Πορτ-ο-Πρενς και αρχικά κυριάρχησε η σκέψη πως αυτή είναι η πηγή του σεισμού μεγέθους 7.0 M_w που

σημειώθηκε στις 12 Ιανουαρίου του 2010. Χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, την κατεύθυνση του φωτός και τη διακύμανση (LIDAR) καθώς και τις επιτόπιες έρευνες για την τεκμηρίωση της τεταρτοταγούς δραστηριότητας σχετικά με το ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain. Αναφέρεται πως στα τέλη του Τεταρτογενούς, τα αριστερά πλευρικά τμήματα αντισταθμίζονται μέχρι και 160m, και ένα σύνολο μικρών αντισταθμίσεων κυμαίνεται από 1,3 έως 3,3 εκατ. πράγμα συνδέεται με έναν από τους σεισμούς του δέκατου όγδοου αιώνα. Το μέγεθος των μικρών αντισταθμίσεων σημαίνει ότι ο ιστορικός σεισμός ήταν μεγαλύτερος από 7.0 M_w, αλλά μάλλον μικρότερος από ό,τι M_w 7.6. Δε διαπιστώθηκε σημαντική ρήξη επιφανείας που να σχετίζεται με το σεισμό του 2010. Η έλλειψη της ρήξης επιφανείας, σε συνδυασμό με άλλες σεισμολογικές, γεωλογικές και γεωδαιτικές παρατηρήσεις, δείχνουν ότι ελάχιστα έως καθόλου ενδεχομένως, η συσσωρευμένη πίεση απελευθερώθηκε σχετικά στο ρήγμα Enriquillo-Plantain Gardain στο σεισμό του 2010 (Prentice, C.S.,2010).

Πίνακας 5.6 – Κυριότερα φαινόμενα φυσικά στην Ισπανι(Πηγή:Bulletins de l'Observatoire du Petit Collège Saint-Martial (1906-1966) ; Woodring, 1994, OFDA-USAID, 1984 ; Mora, 1986, 1991 ; Calais, 2001 ; McCann, 2001)

Τα πιο σημαντικά σεισμικά γεγονότα που καταγράφηκαν στο νησί της Ισπανιώλα και στην Αϊτή								
Ημερομηνία		Είδος	Μέγεθος	Τοποθεσία	Νεκροί	Τραυματίες	Επηρεασμένοι	Ώστεγοι
	1564	Σεισμοί (2)	7 + 6,2	Conception de la Vega, Snt Domingo				
	1615	Σεισμός	7,0	Santo Domingo				
	1684	Σεισμός	6,5	Santo Domingo, Ázua				
	1691	Σεισμός	7,0	Santo Domingo				
9 Νοεμ.	1701	Σεισμοί (2)	6,0	Léogane				
15 Σεπτ.	1751	Σεισμός	8 + 7,5	Port-au-Prince, Snt Domingo, Άzua				
18-25 Οκτ.	1751	Σεισμός	7,5	Port-au-Prince				
3 Ιουν.	1770	Σεισμός		Port-au-Prince, Léogane	250		205	
29 Ιουλ.	1785	Σεισμός		Port-au-Prince				
20 Νοεμ.	1818	Σεισμός		Cap Henri	5		5	
7-Μαΐ	1842	Σεισμός & τσουνάμι		CapH & Pt-de-Px				
7-Μαΐ	1842	Σεισμός	8,0	Port-au-Prince				
8-Μαΐ	1842	Σεισμός	6,9	Cap-Haitien	2500		2500	150
17 Ιουν.	1881	Σεισμός		île entière				
23 Σεπτ.	1887	Σεισμοί (2) & τσουνάμι	7,0 7,75	Môle Saint-Nicolas, Cap Haitien	5500			
22 Σεπτ.	1904	Σεισμός & τσουνάμι	6,5	Port-de-Paix				
11-Μαΐ	1910	Σεισμός		Cap-Haitien				
6 Οκτ.	1911	Σεισμός & πλημμύρα	7,1	Hinche, San Juan, Άzua	12			30
6-7 Σεπτ.	1912	Σεισμός		Plaisance				
27-Μαΐ	1924	Σεισμός		Port-de-Paix	3			
4 Αυγ.	1946	Σεισμοί (3), τσουνάμι & πλημμύρα	7,0 + 8,1 7,4	Puerto Plata			3	
27 Οκτ.	1952	Σεισμός		Anse à Veau, Nippes	6		6	
20 Απρ.	1962	Σεισμός	6,75	Cap Haitien	0	0	0	0
10-11 Μαΐ	1991	Σεισμός		Jean Rabel Be s.			35	35
16 Οκτ.	1992	Δόνηση		Cap Haitien				
2 Δεκ.	1992	Δόνηση		Delmas	0	0	0	0
8 Μαρτ.	1993	Δόνηση		Carrefour Feuilles	0	0	0	0
19 Φεβρ.	1994	Δόνηση		Port-au-Prince	0	0	0	0
1 Μαρτ.	1994	Δόνηση		Port-au-Prince	0	0	0	0
9 Αυγ.	1995	Δόνηση		Port-au-Prince	0	0	0	0
6-7 Φεβρ.	1996	Σεισμός		Chambellan	0	0	150	150
22 Σεπτ.	2002	Σεισμός	6,5	Puerto Plata	12	300	2000	150
12 Ιαν.	2010	Σεισμός	7,0	Port-au-Prince et autres				

Πίνακας 5.7 στοιχείων σεισμού (Πηγή: USGS)

Μέγεθος	7.0
Ημέρα-Ωρα	Τρίτη, 12 Ιανουαρίου, 2010 στις 21.53.10 UTC
Τοποθεσία	18.433°N 72.571°W
Περιοχή	Αϊτή
Αποστάσεις	25 km (15 miles) WSW of PORT-AU-PRINCE, Haiti 130 km (80 miles) E of Les Cayes, Haiti 150 km (95 miles) S of Cap-Haitien, Haiti 1125 km (700 miles) SE of Miami, Florida

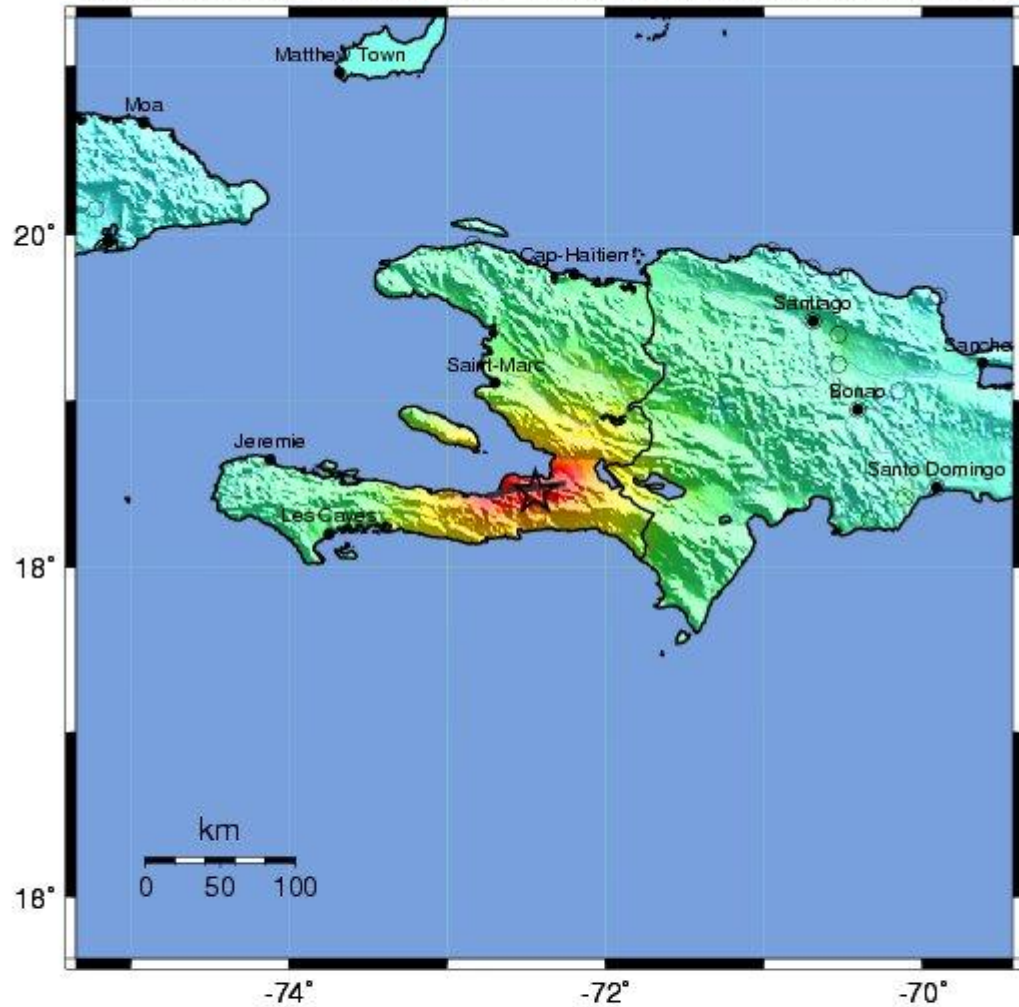


Εικ.5.23: Περιοχή της πρωτεύουσας του Πορτ-ο-Πρενς όπου διακρίνονται τα κατεστραμμένα κτίρια καθώς και οι άστεγοι πολίτες που έχουν συγκεντρωθεί προσωρινά σε ένα γήπεδο της περιοχής. Λήψη εικόνας 13 Ιανουαρίου 2010, (Πηγή: U.S. Coast Guard).

Πίνακας 5.8 - Δονήσεων του σεισμού της Αϊτής, (Πηγή: USGS)

USGS ShakeMap : HAITI REGION

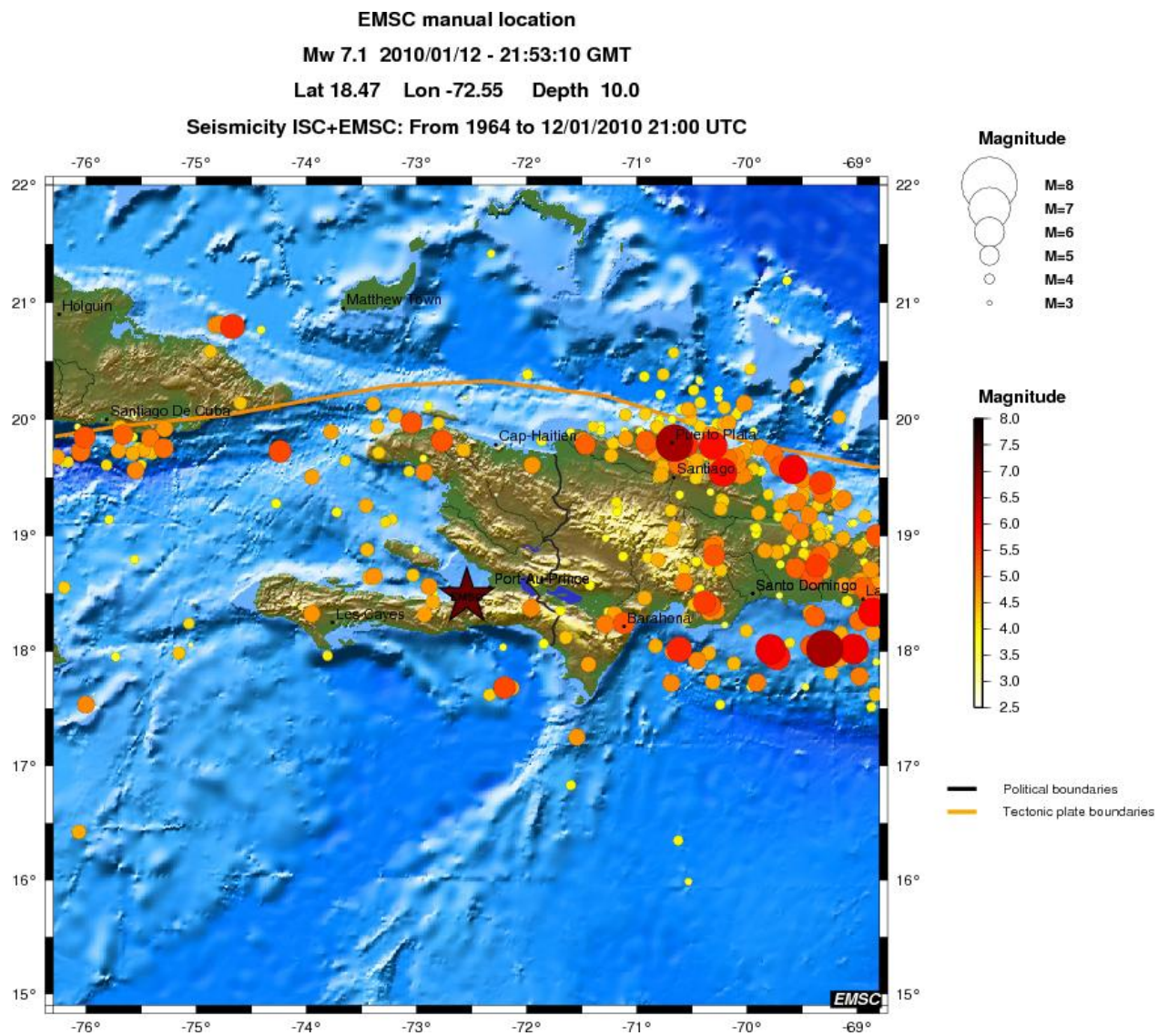
Tue Jan 12, 2010 21:53:09 GMT M 7.0 N18.45 W72.45 Depth: 10.0km ID:2010rja6



Map Version 6 Processed Wed Jan 13, 2010 01:05:27 PM MST – NOT REVIEWED BY HUMAN

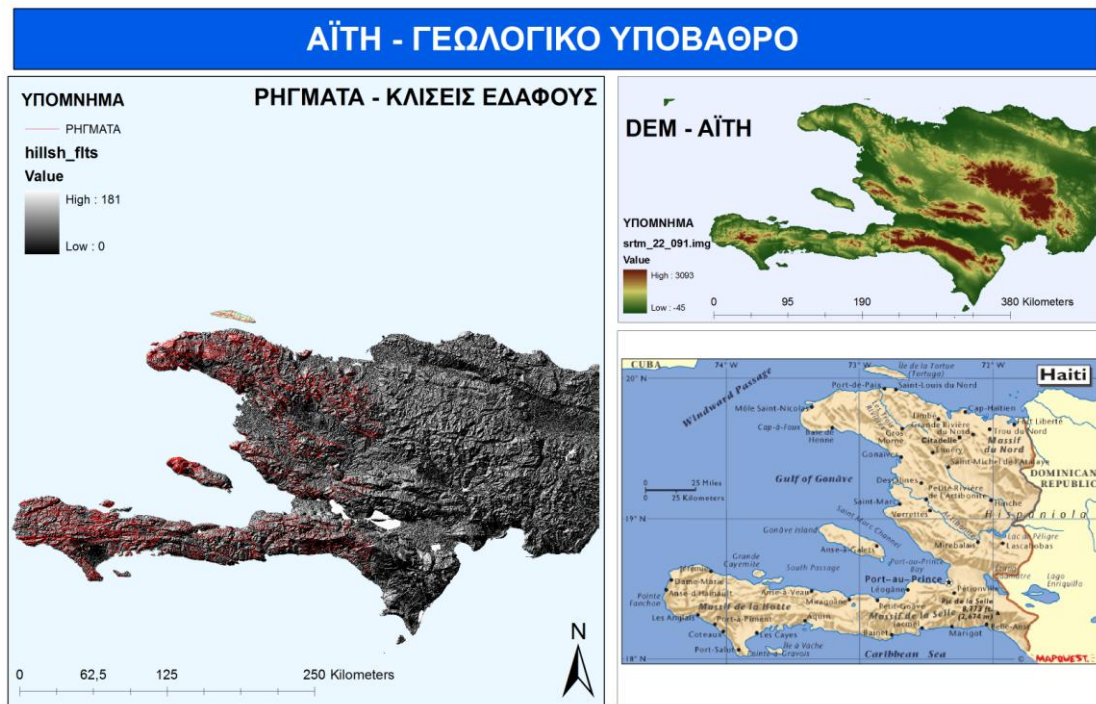
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC. (%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL. (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Πίνακας 5.9 – Επικέντρων - Σεισμικότητας στο νησί της Ισπανιόλα από το 1964 έως το 2010, (Πηγή: Joel Dyon of IGP, Paris του σεισμού της Αϊτής- USGS)

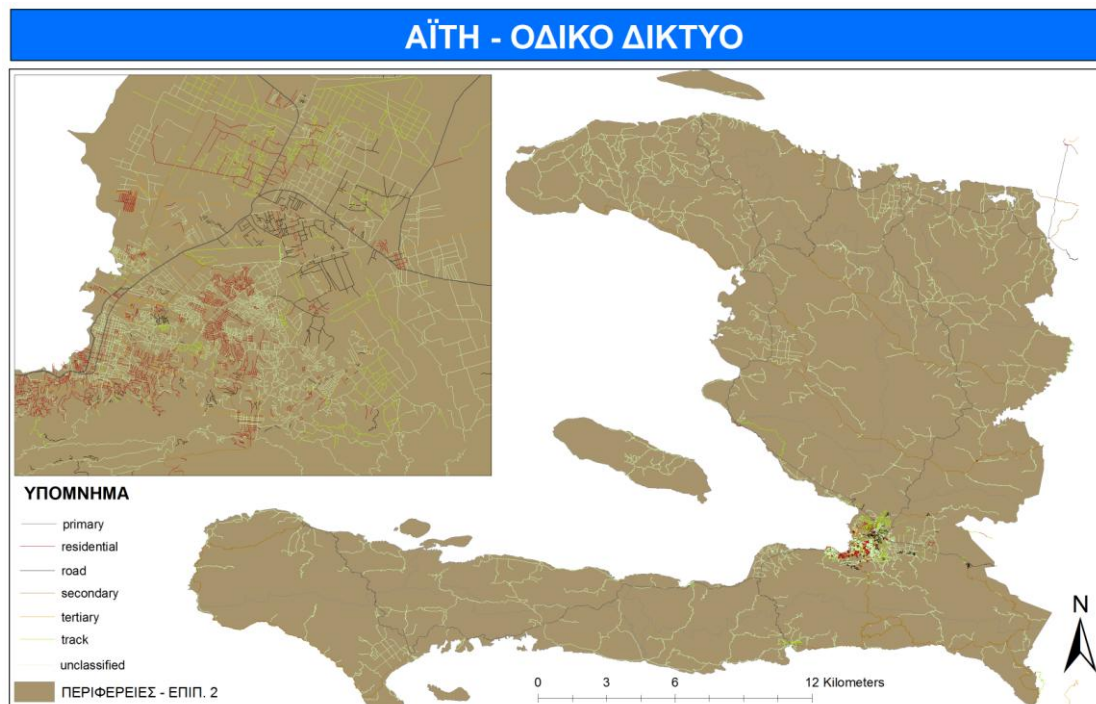


6. ΧΑΡΤΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΪΤΗΣ

Χάρτης 6.1 απεικόνισης γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής



Χάρτης 6.2 απεικόνισης οδικού δικτύου της περιοχής



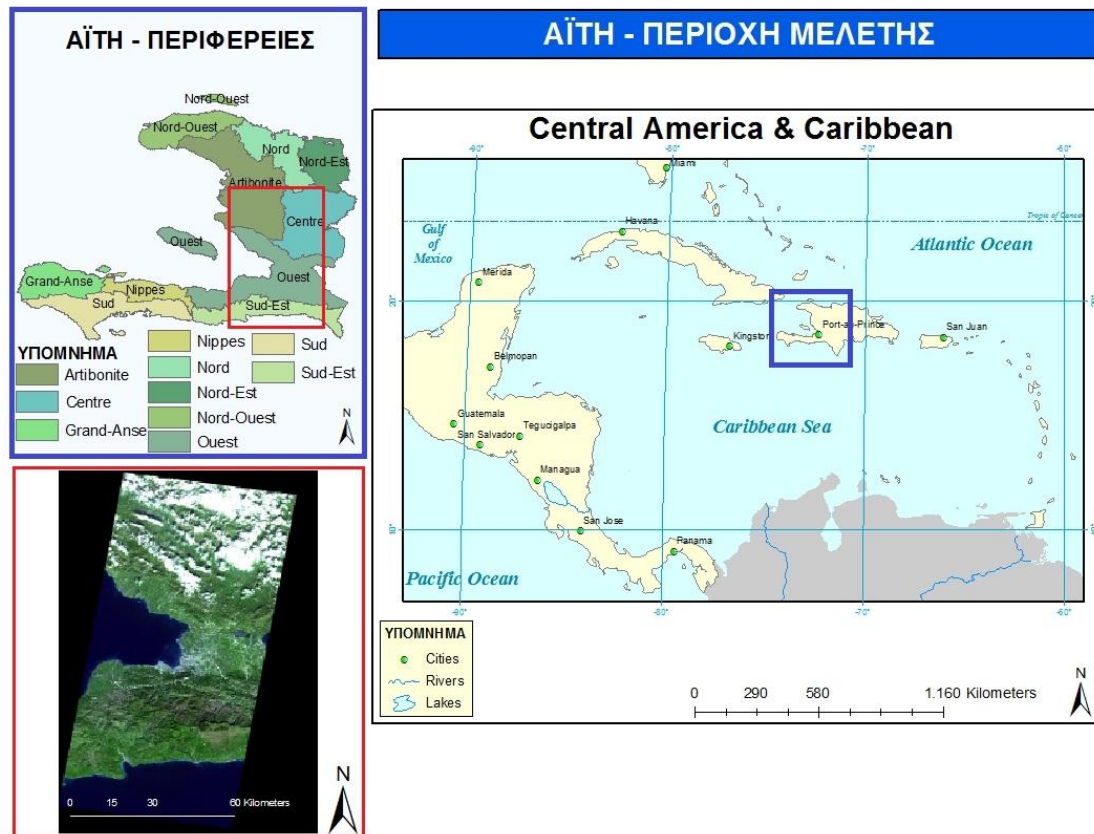
Χάρτης 6.3 απεικόνισης περιφερειών της Αιτής και ειδικότερα της πρωτεύουσας (Επίπεδο 2)



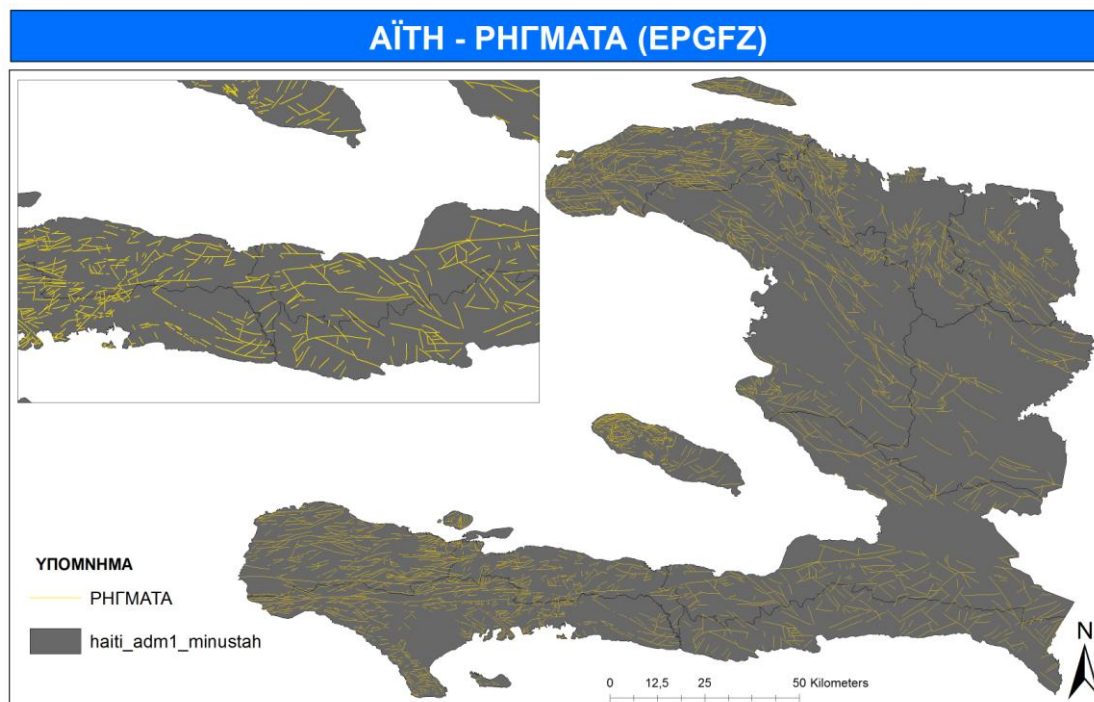
Χάρτης 6.4 απεικόνισης περιφερειών της Αιτής και ειδικότερα της πρωτεύουσας (Επίπεδο 3)



Χάρτης 6.5 απεικόνισης της περιοχής μελέτης της πρωτεύουσας



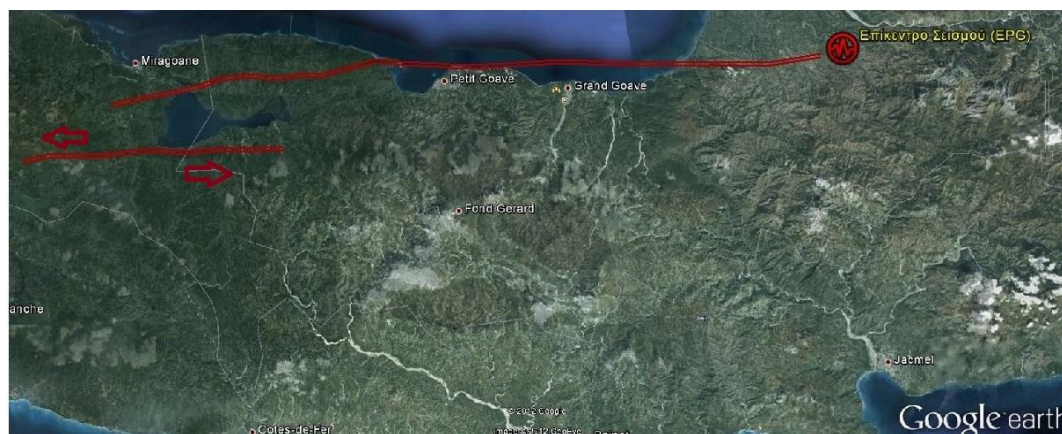
Χάρτης 6.6 απεικόνισης των ρημάτων της περιοχής μελέτης



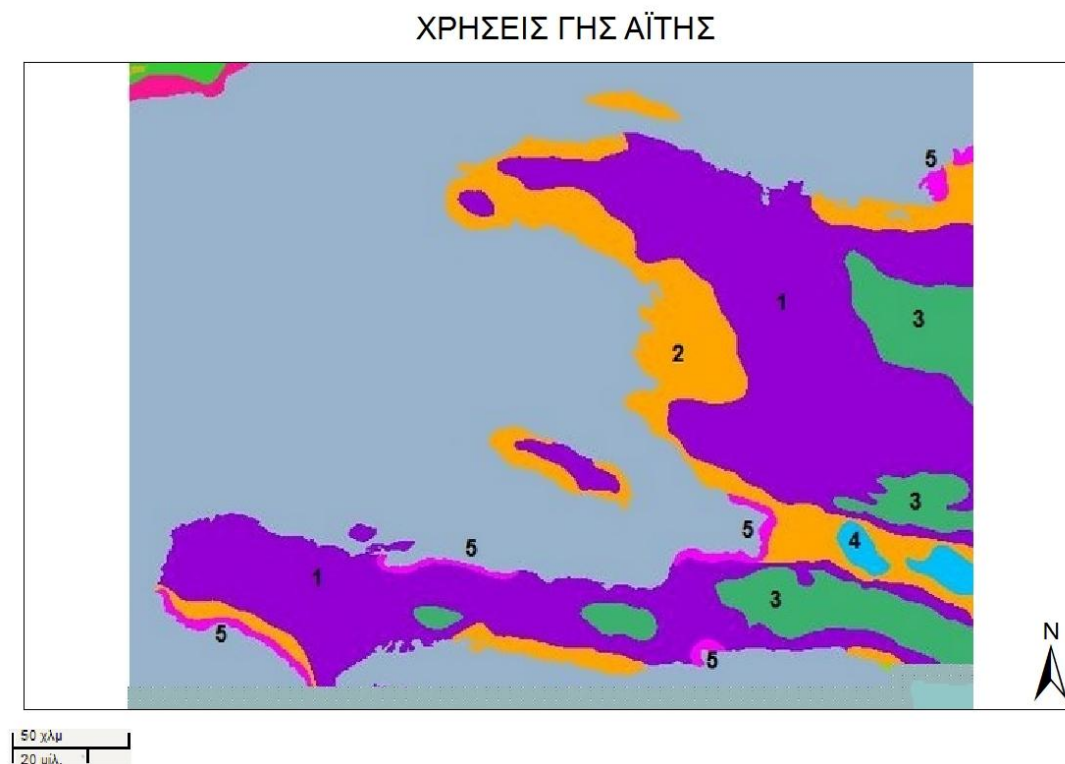
Χάρτης 6.7 απεικόνισης του υδρογραφικού δικτύου της Ισπανιόλα (λίμνες & ποτάμια)



Χάρτης 6.8 που κατασκευάστηκε με υπόβαθρο από το περιβάλλον του Google earth και έχουν εισαχθεί ψηφιοποιημένα τα τμήματα του ρήγματος καθώς και το επίκεντρο του σεισμού



Ο χάρτης 6.9 απεικονίζει τα επίπεδα χρήσης γης της Αϊτής. Για επεξήγηση βλέπε παρακάτω.



Επίπεδο 1: Τροπικά δάση. Καλύπτουν πάνω από το 50% (~60%) της βλάστησης στο νησί.

Επίπεδο 2: Ξηρά δάση της Ισπανιόλα

Επίπεδο 3: Πευκοδάση της Ισπανιόλα (τοποθετούνται σε πλαγιές με ρηχά εδάφη και μεγαλύτερα υψόμετρα απ' αυτά των ορεινών συστημάτων).

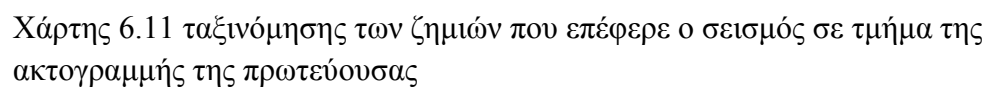
Επίπεδο 4: Υγρότοποι της Ισπανιόλα (ό, τι απέμεινε από ένα παλιό θαλάσσιο κανάλι που χώριζε το νησί της Ισπανιόλα σε δύο “παλαιονήσια”).

Επίπεδο 5: Ορυζώνες που καλύπτουν περίπου 134 χλμ² της Αϊτής.

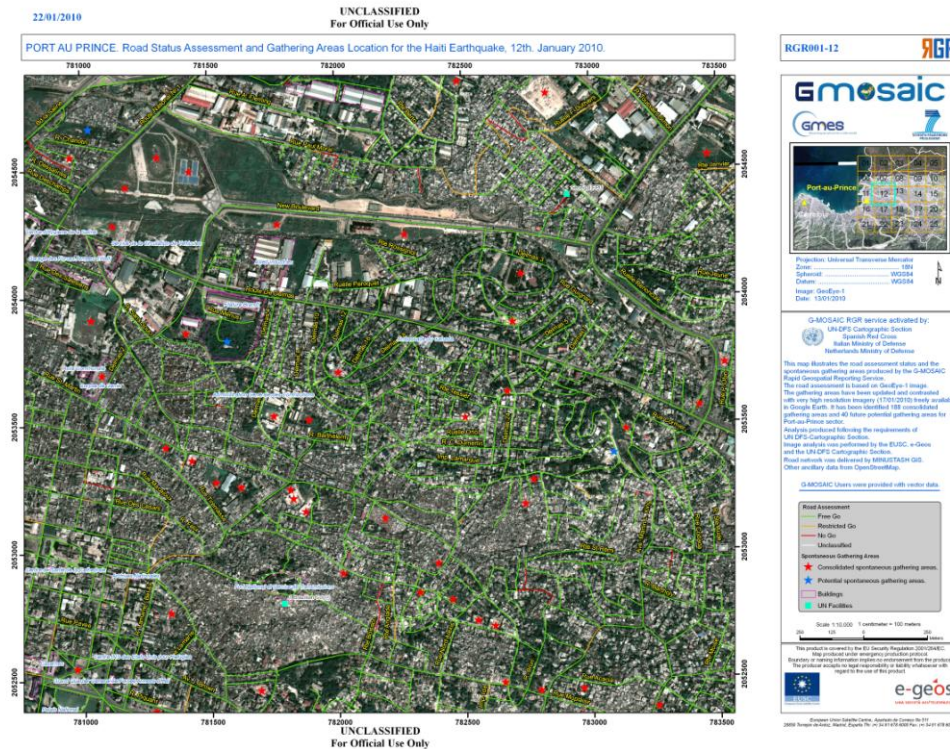
Ως προσταετούμενες περιοχές στην Αϊτή θεωρούνται δύο εθνικά πάρκα. Το Pic Macaya National Park (Parc National Pic Macay) έκτασης 55 χλμ² και το La Visite National Park (Parc National La Visite 20 χλμ²).

Οι χρήσεις γης της Αϊτής αφορούν κυρίως, πια, σε μια εκτεταμένη αποψίλωση δασών. Μάλιστα, οι περισσότερες και από τις εναπομείνασες δασικές εκτάσεις “καθαρίζονται” με σκοπό τη γεωργία και χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη.

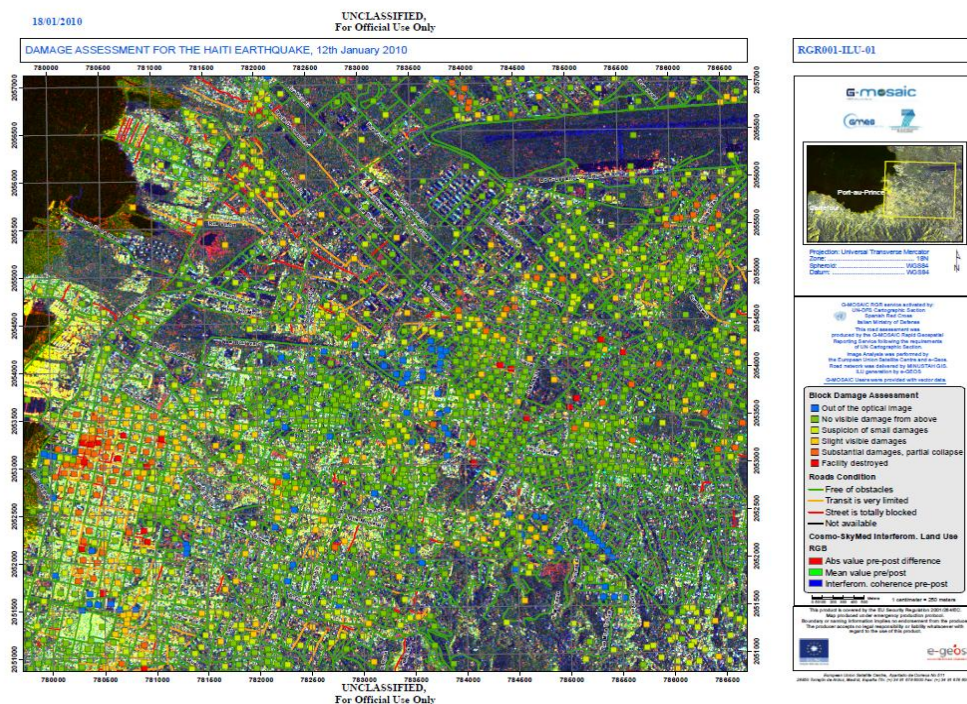
Χάρτης 6.10 απεικόνισης των ζημιών που επέφερε ο σεισμός στην περιοχή του αεροδρομίου



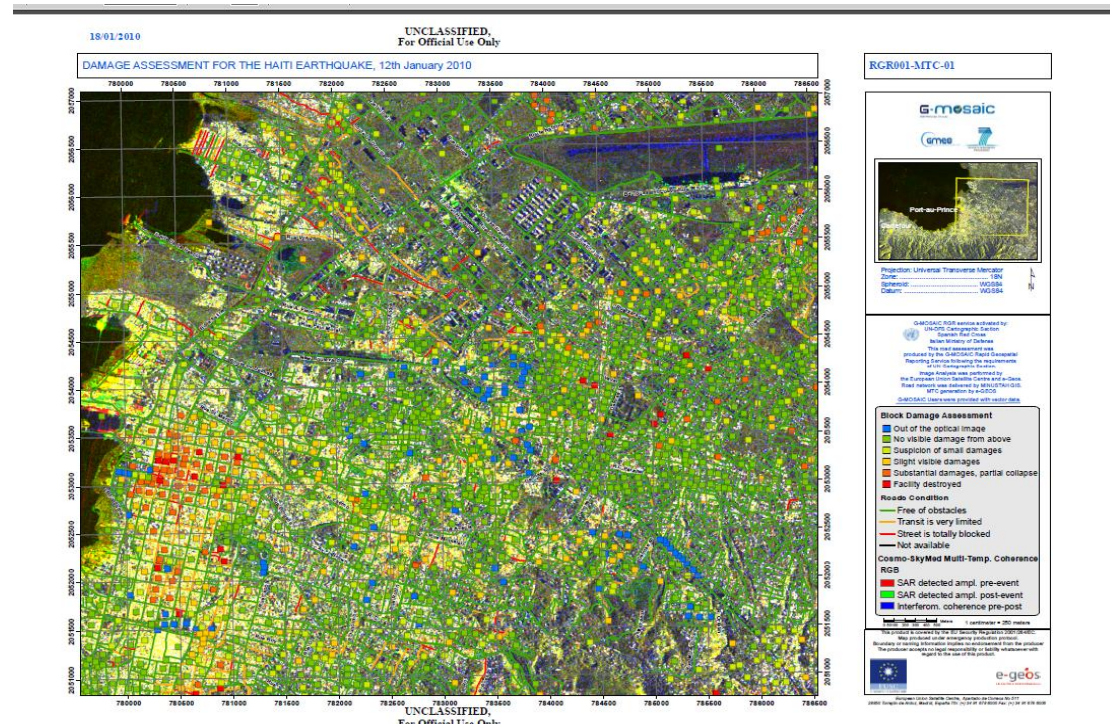
Χάρτης 6.13 ταξινόμησης των ζημιών που επέφερε ο σεισμός στο οδικό δίκτυο τμήματος της πρωτεύουσας και απεικόνιση των περιοχών έκτακτης συγκέντρωσης



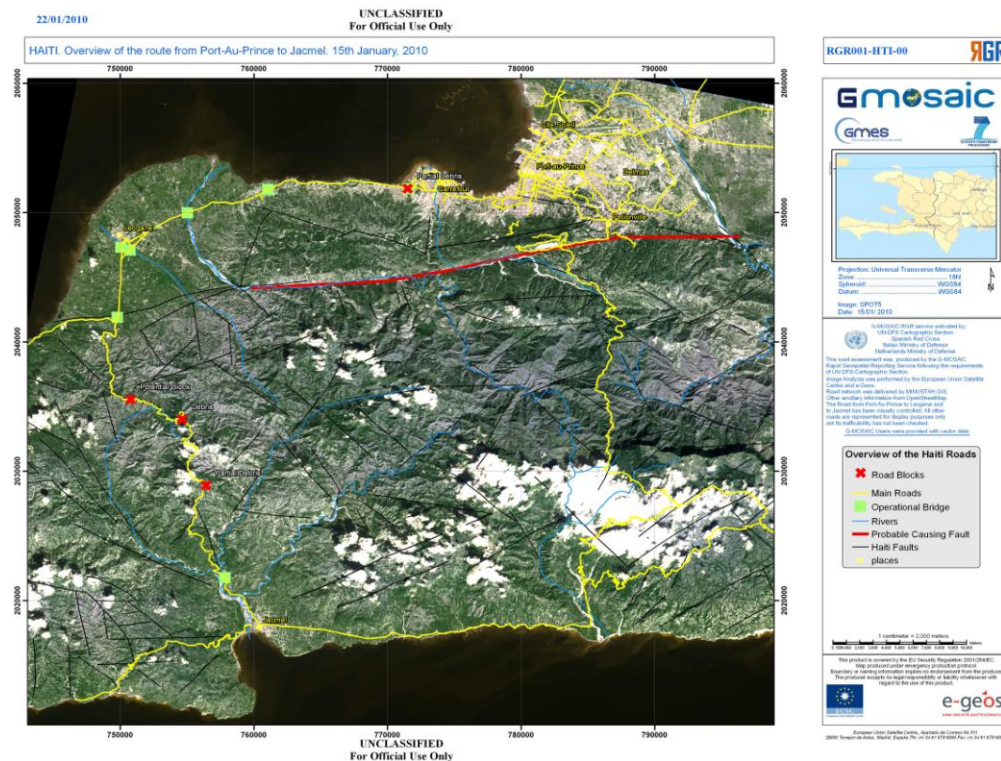
Χάρτης 6.14 ταξινόμησης των ζημιών που επέφερε ο σεισμός στο οδικό δίκτυο τμήματος της πρωτεύουσας και απεικόνιση των περιοχών έκτακτης συγκέντρωσης



Χάρτης 6.15 ταξινόμησης των ζημιών που επέφερε ο σεισμός στο οδικό δίκτυο τμήματος της πρωτεύουσας και απεικόνιση των περιοχών έκτακτης συγκέντρωσης



Χάρτης 6.16 ταξινόμησης των ζημιών που επέφερε ο σεισμός στο οδικό δίκτυο τμήματος της πρωτεύουσας και απεικόνιση των περιοχών έκτακτης συγκέντρωσης



7. ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

7.1 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ως πρωτογενή δεδομένα για τη μελέτη του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα τύπου ASTER και επιπέδου L1B. Οι εικόνες ASTER προέρχονται από τα τρία υποόργανα του διαστημικού οργάνου τα οποία σαρώνουν: το πρώτο (VNIR) στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο, το δεύτερο (SWIR) στο μέσο υπέρυθρο και το τρίτο (TIR) στο θερμικό. Η διακριτική ικανότητα των επιμέρους οργάνων του ASTER είναι: 15 μ., 30 μ. και 90 μ. αντίστοιχα ενώ το βάθος του τόνου 8, 8 και 12 bits αντίστοιχα. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθιστούν τις εικόνες ASTER ικανές για την κατασκευή αναλυτικών χαρτών θερμοκρασιών επιφανείας, υψομέτρου και ανάκλασης. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι 5 σε αριθμό, έχουν ληφθεί σε τέσσερις διαφορετικές ημερομηνίες ενώ καλύπτουν δύο διαφορετικές περιοχές της Αϊτής, την περιοχή της πρωτεύουσας Port-au-Prince με το κέντρο της πόλης και ένα τμήμα του ρήγματος δυτικά της πρωτεύουσας μεταξύ των περιοχών Grand Goave, Petit Goave και Miragoane.

Συγκεκριμένα, για την πρωτεύουσα έχουν ληφθεί 3 εικόνες. Δύο που καλύπτουν το κέντρο και αφορούν σε ημερομηνία πριν το σεισμό από τις οποίες και εξάχθηκε μωσαϊκό εικόνας ύστερα της ένωσής τους και μία που καλύπτει το σύνολο της πρωτεύουσας και αφορά σε ημερομηνία λίγες ημέρες ύστερα το σεισμό. Η πρώτη που καλύπτει την περιοχή του βορείου Port-au-Prince, έχει ληφθεί στις 11 Ιανουαρίου 2009, ώρα 15.27.03 UTC, η νεφοκάλυψη είναι επιπέδου 1, όμως τα νέφη είναι συγκεντρωμένα στα βορειοδυτικά της εικόνας και έτσι δεν επηρεάζεται η ποιότητα απεικόνισης των επιθυμητών περιοχών. Η δεύτερη εικόνα καλύπτει την περιοχή του νότιου Port-au-Prince, έχει ληφθεί στις 11 Ιανουαρίου 2009, ώρα 15.27.12 UTC, η νεφοκάλυψη είναι επιπέδου 12, όμως το σύνολο των νεφών είναι συγκεντρωμένο στα νοτιοδυτικά της εικόνας (μακριά από το κέντρο της πόλης) που αφορά σε περιοχή που δεν απασχολεί την παρούσα μελέτη. Τέλος, η τρίτη εικόνα που καλύπτει το κέντρο αλλά, φυσικά, μικρότερη περιοχή από εκείνη που καλύπτουν οι προηγούμενες δύο

εικόνες μαζί έχει ληφθεί στις 21 Ιανουαρίου 2010, 9 ημέρες, δηλαδή, μετά το σεισμό, ώρα 15.32.20 UTC ενώ η νεφοκάλυψη είναι 0.

Όσον αφορά την περιοχή του ρήγματος, έχουν ληφθεί 2 εικόνες, μια πριν το σεισμό και άλλη μία ένα χρόνο ύστερα το σεισμό. Η πρώτη εικόνα που καλύπτει την περιοχή που έχει προαναφερθεί έχει ληφθεί στις 18 Ιανουαρίου 2009, ώρα 15.33.24 UTC, με νεφοκάλυψη επιπέδου 2 που δεν επηρεάζει, όμως, την επιθυμητή περιοχή ανάλυσης. Η δεύτερη εικόνα καλύπτει την ίδια σχεδόν περιοχή με την πρώτη (αν και ελαφρώς μετατοπισμένη στα ανατολικά σε σχέση με εκείνη του '09), έχει ληφθεί στις 8 Ιανουαρίου του 2011, ώρα 15.32.05 UTC, με νεφοκάλυψη επιπέδου 4 που, όμως, επηρεάζει την οπτική ποιότητα της εικόνας και γι' αυτό δημιουργήθηκε η ανάγκη περιορισμού της περιοχής μελέτης για τη συγκεκριμένη περιοχή. Να σημειωθεί, επίσης, πως η δεύτερη εικόνα έχει τόση χρονική διαφορά με την πρώτη (2 έτη) γιατί για τη συγκεκριμένη περιοχή υπήρχαν λίγες εικόνες και οι περισσότερες εμφάνιζαν εξαιρετικά υψηλή νεφοκάλυψη στο σύνολο της επιθυμητής περιοχής.

Κάτι άλλο σημαντικό που πρέπει να σημειωθεί είναι πως οι εικόνες έχουν ληφθεί ίδια εποχή και ίδια ώρα, περίπου, φυσικά, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και συνεπώς διαφορές στη σκίαση.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τα αξιμώθια και τα ηλιακά ύψη για κάθε εικόνα της παρούσας μελέτης. Σύμφωνα με αυτόν, όσον αφορά στις εικόνες της πρωτεύουσας τα αξιμώθια και τα ηλιακά ύψη από τη μία ημερομηνία στην άλλη παρουσιάζουν μικρές διαφορές στις τιμές με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν μεγάλη απόκλιση. Από την άλλη σχετικά με τις εικόνες του ρήγματος οι τιμές διαφοροποιούνται ως ένα βαθμό, πράγμα που σημαίνει πως οι εικόνες εμφανίζουν μικρή απόκλιση πιθανότερα λόγω κίνησης του σαρωτικού συστήματος, του ύψους του οργάνου, της γωνίας λήψης αλλά και της ταχύτητας.

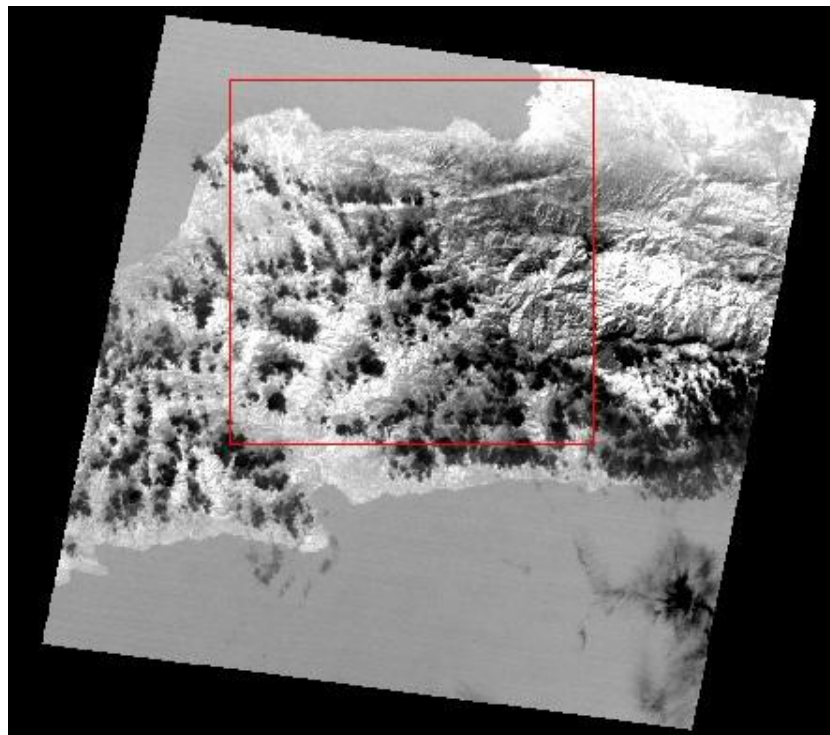
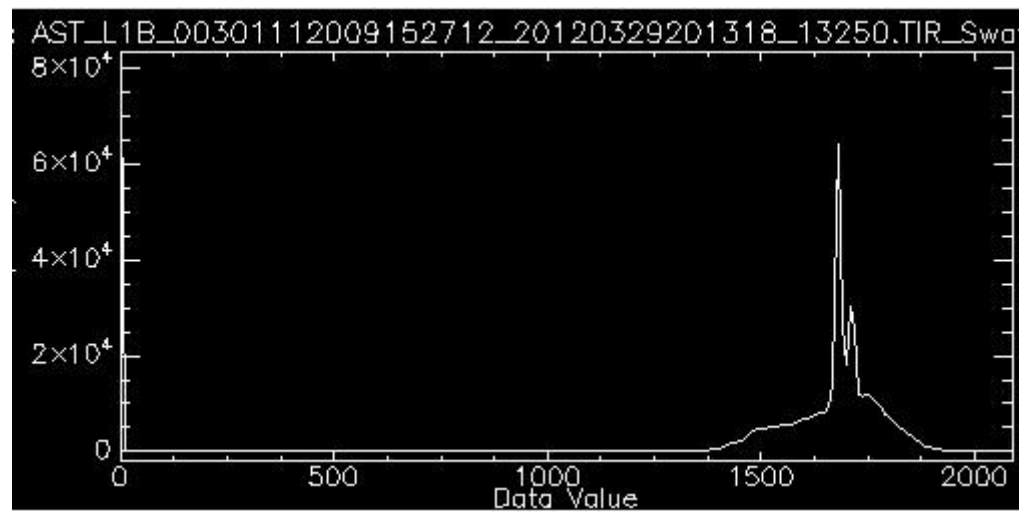
Πίνακας 7.10 χαρακτηριστικών εικόνων που επεξεργάστηκαν

Δορυφορική εικόνα	Solar_Azimuth_Angle	Solar_Elevation_Angle
Βόρειο Port-au-Prince '09	150,665759	43,874787
Νότιο Port-au-Prince '09	150,264709	44,123676
Κεντρικό Port-au-Prince '10	149,512202	45,89152
Enriquillo-Plantain-Garden '09	149,134369	45,690731
Enriquillo-Plantain-Garden '10	151,689184	44,459146

7.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ ASTER KENTROΥ

Κατά την επεξεργασία των αρχικών δεδομένων παρουσιάστηκαν κάποιες επιπλοκές που αφορούσαν στην προεπεξεργασία των θερμικών καναλιών. Πιο συγκεκριμένα, στην προσπάθεια να πραγματοποιηθεί Ατμοσφαιρική Διόρθωση (Thermal Atmospheric Correction) στα θερμικά κανάλια των εικόνων, παρουσιάστηκε κάποιο σφάλμα όσον αφορά στη συγκεκριμένη διαδικασία στην εικόνα που απεικονίζει το νότιο Port-au-Prince. Μάλιστα, το σφάλμα εντοπίστηκε αρκετά δύσκολα και κατόπιν πολλαπλών δοκιμών μιας και δεν ήταν εύκολο, εφόσον η εικόνα που εισαγόταν για ατμοσφαιρική διόρθωση αποτελούνταν στην ουσία από δύο αρχεία εικόνων, δηλαδή κατά επέκταση, δύο αρχεία θερμικών καναλιών που είχαν συγχωνευτεί καθιστώντας αρκετά περιπλοκή διαδικασία την ανεύρεση της πηγής του σφάλματος. Απαιτήθηκε, λοιπόν, ύστερα από την κατασκευή του μωσαϊκού να επανέρθουν τα αρχικά δεδομένα ώστε να εξεταστούν τα θερμικά κάθε εικόνας ξεχωριστά. Γενικά, το πρόβλημα που προέκυπτε ήταν πως κατά τη διαδικασία επεξεργασίας, υπήρχε ενημέρωση σφάλματος πως το επιλεγμένο αρχείο θα πρέπει να περιέχει πληροφορία μηκών κύματος. Πράγμα που έδινε την αντίληψη πως για κάποιο λόγο δε γινόταν “σωστή” ανάγνωση της πληροφορίας. Ύστερα, από την ανάλυση και των στατιστικών στοιχείων που εξάχθηκαν, εντοπίστηκε το σφάλμα στην περιοχή των τιμών 10.6 m και 11.65 m. Αυτό, πρακτικά σημαίνει πως στην περιοχή του φάσματος από τα 8.125 m , που είναι η αρχή του πρώτου θερμικού καναλιού έως τα 10.6 m (περίπου) που βρίσκεται εντός της περιοχής των τιμών του 14^{ου} θερμικού καναλιού, υπήρχε πληροφορία. Ενώ, λοιπόν, το 14^ο κανάλι λήγει στα 11.65 m κανονικά και το μέσο της περιοχής του υπολογίζεται στα 11.3 m, στην περίπτωση αυτή που η πληροφορία στο συγκεκριμένο κανάλι τερματίζεται στα 10.6 m, δεν καθίσταται δυνατόν να εφαρμοστεί με επιτυχία η ατμοσφαιρική διόρθωση στα αρχεία της συγκεκριμένης εικόνας. Παρακάτω φαίνεται και το σχετικό ιστόγραμμα του 14^{ου} θερμικού καναλιού. Αργότερα, βέβαια, λόγω αυτού του προβλήματος αποφασίστηκε να περιοριστεί η επεξεργασία στην επιλογή και χρήση των 4 από τα 5 θερμικών καναλιών τα οποία δεν περιείχαν έλλειψη στην πληροφορία.

Πίνακας 7.11 - Ιστόγραμμα – Θερμικό κανάλι 14, εικόνα: νότιο Port-au-Prince, 2009



Εικ.7.23-14°

Θερμικό κανάλι

7.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων αξιοποιήθηκαν τα λογισμικά ERDAS 2011, ENVI 4.7 και ArcMAP 10 (ESRI). Οι περισσότερες λειτουργίες επεξεργασίας εφαρμόστηκαν και στα δύο πρώτα προγράμματα, για επαλήθευση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Όσον αφορά τον υπολογισμό των δεικτών βλάστησης και των επιπλέον βοηθητικών λειτουργιών που εφαρμόστηκαν με σκοπό την περεταίρω επεξεργασία των εξαγομένων χρησιμοποιήθηκαν αμφότερα τα προγράμματα ανάλογα τη λειτουργία που επιλεγόταν κάθε φορά. Τέλος, το λογισμικό του ArcMAP αξιοποιήθηκε για την εξαγωγή και οπτικοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων (κατασκευή χαρτών).

8. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

8.1 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η παρούσα διπλωματική επεξεργάζεται δορυφορικά δεδομένα από το υποόργανο του δορυφόρου TERRA, ASTER τα οποία είναι επιπέδου L1B. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως τα δεδομένα αυτά που είναι αναφερόμενα ως προς την ακτινοβολία τους στο αισθητήριο όργανο, περιέχουν ραδιομετρικά βαθμονομημένα και γεωμετρικά γεωαναφερόμενα δεδομένα για όλα τα κανάλια, όπου αποκτήθηκαν προηγουμένως μέσω ρευμάτων τηλεμετρίας από τα τρία τηλεσκόπια σε επίπεδο L1A. Δηλαδή, τα δεδομένα L1A μετατρέπονται από DN (digital number) σε ακτινοβολία στον αισθητήρα ($W/m^2/sr/\mu m$).

Τα δεδομένα αυτά, λοιπόν, προκύπτουν εφαρμόζοντας ραδιομετρική βαθμονόμηση και συντελεστές γεωμετρικής διόρθωσης στα δεδομένα επιπέδου L1A. Η διόρθωση γεωαναφοράς τόσο των ενδοτηλεσκοπικών όσο και των διατηλεσκοπικών δεδομένων για όλα τα κανάλια έχει επιτευχθεί συσχετίζοντας τα όρια αναφοράς του κάθε υποσυστήματος. Τα προϊόντα ακτινοβολίας L1B προσφέρουν τον ίδιο αριθμό καναλιών και της ίδιας ανάλυσης με τα προϊόντα L1A. Τα προϊόντα τύπου L1B παρέχουν τα εισαγωγικά δεδομένα ώστε να παραχθούν καλύτερης ποιότητας και επιπέδου δεδομένα Επιπέδου-2.

Να σημειωθεί πως αυτά τα δεδομένα Επιπέδου-1B παράγονται στο Ground Data System (GDS) στο Τόκυο της Ιαπωνίας και αποστέλλονται στη συνέχεια στο κέντρο: “Land Processes (LP) Distributed Active Archive Center (DAAC)” για αρχειοθέτηση, διανομή και περαιτέρω επεξεργασία (NASA, ASTER SWIR User Advisory Document).

Τα δεδομένα ASTER, είτε ανήκουν στην κατηγορία L1A είτε στην L1B ακολουθούν μια υπάρχουσα προτεινόμενη διαδικασία προεπεξεργασίας. Όσον αφορά στα δεδομένα επιπέδου L1B, όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, υποδεικνύονται τέσσερα στάδια προεπεξεργασίας. Τα σχετικά βήματα φαίνονται παρακάτω.

ΛΕΔΟΜΕΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ L1B

- **SWIR & TIR resampling at 15 pixel (αναδειγματοληψία δεδομένων στα 15 πίξελ)**

Όσον αφορά σε αυτή τη διαδικασία, στην παρούσα περίπτωση, δε χρειάζεται και δε γίνεται πρακτικά να εφαρμοστεί μιας και η λήψη των εικόνων αφορά σε ημερομηνίες ύστερες του Μαΐου του 2007 όπου και πρωτοεμφανίστηκε το πρόβλημα σχετικά με τον ανιχνευτή SWIR που σαρώνει στο μέσο υπέρυθρο και ως εκ τούτου μη έχοντας πληροφορία στα δεδομένα μας εντός των σχετικών μηκών κύματος, δεν είναι υλοποιήσιμη η παραπάνω διαδικασία προεπεξεργασίας.

- **Orthorectification (ορθοαναγωγή)**

Πρώτα απ' όλα να σημειωθεί πως απαιτούμενο για την εφαρμογή ορθοαναγωγής (μέσω αμφοτέρων των λογισμικών ENVI & ERDAS) στις εικόνες είναι η ύπαρξη ενός συγκεκριμένου τύπου αρχείου που περιέχει RPC's δεδομένα τα οποία αφορούν σε λόγους πολωνύμων που σχετίζουν τοποθεσίες (γεωγραφικό μήκος, πλάτος, ύψος) με τοποθεσίες στην εικόνα (γραμμή, στήλη). Αυτό το γεωγραφικό μοντέλο αναφέρεται συχνά ως RPC's (Bertoldi L., 2011). Εκφράζει τη σχέση μεταξύ των συντεταγμένων της εικόνας και τις πραγματικές. Δυστυχώς τέτοιου τύπου αρχεία δεν παρέχονταν από τη NASA (τουλάχιστον στο επίπεδο δεδομένων και πληροφορίας που παρήχθησαν για τη συγκεκριμένη περίπτωση) στο πακέτο δεδομένων που απέστειλε, ενώ, επίσης, δεν ήταν εφικτό να δημιουργηθεί ο συγκεκριμένος τύπος αρχείου χειρονακτικά (αν και έγιναν σχετικές προσπάθειες) μιας και σε κανένα αρχείο από αυτά που είχαν αποσταλεί δεν περιέχονταν τα δεδομένα εκείνα που είναι απαραίτητα για τη σύσταση των αρχείων RPC's. Επομένως, η παρούσα τεχνική δεν εφαρμόστηκε.

- **Atmospheric correction from radiance at sensor to ground reflectance (%) (ατμοσφαιρική διόρθωση από την ακτινοβολία του αισθητήρα στην ανακλαστικότητα του εδάφους)**

Σχετικά με την τεχνική της ατμοσφαιρικής διόρθωσης, αν και αρχικά θεωρήθηκε φρόνιμο να εφαρμοστεί μέσω της λειτουργίας FLAASH (ENVI) που αποτελεί μία διαδικασία χρονοβόρα που περιέχει πλήθος πεδίων δήλωσης στοιχείων όπως γεωδαιτικό σύστημα, γεωγραφικό μήκος και πλάτος αλλά και άλλες, στη συνέχεια

αποφασίστηκε να εφαρμοστεί μια πιο σύντομη τεχνική από εκείνες που περιλαμβάνονται στις διαδικασίες του Preprocessing. Γενικά, πάντως, αποτελεί μοντέλο που μετατρέπει την ακτινοβολία του αισθητήρα ανάκλασης διορθώνοντας τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας. Περαιτέρω λεπτομέρειες σχετικά με την εφαρμογή της τεχνικής θα αναλυθούν παρακάτω.

Σχετικά, λοιπόν, με την ατμοσφαιρική διόρθωση, εφαρμόστηκε, συγκεκριμένα η τεχνική “IAR Reflectance” οποία ως κύριο στόχο έχει την ομαλοποίηση της εικόνας σε μια μέση φασματική σκηνή. Αυτή η τεχνική επιδρά στη μείωση των φασματικών δεδομένων όσον αφορά στη σχετική ανακλαστικότητα όταν υπάρχει μικρή πληροφορία σχετικά με την εικόνα. Λειτουργεί κάλλιστα σε περιοχές άγονες όπου δεν παρατηρείται βλάστηση. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα σε περίπτωση που έχει επιλεγεί αρχικά ένα υποσύνολο του χώρου στο αρχείο εισόδου, της επιλογής σχετικά με την εφαρμογή της τεχνικής και τον υπολογισμό, κατ’ επέκταση, της μέσης έκτασης στο χωρικό υποσύνολο που έχει αρχικά οριστεί είτε ακόμη και στο σύνολό της εικόνας.

Πιο συγκεκριμένα και αναφορικά με τις περιπτώσεις των αρχείων που προέβησαν σε περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό τον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης και για τις δύο περιοχές μελέτης να σημειωθεί πως η τεχνική αυτή για να εφαρμοστεί απαιτεί τα αρχικά αρχεία να περιέχουν τιμές μηκών κυμάτων για τα επιμέρους κανάλια της εικόνας. Δηλαδή για το πράσινο, το ορατό καθώς και το κοντινό υπέρυθρο. Έτσι, μέσω της λειτουργίας του μενού “Edit HEADER” εισήχθησαν οι κατάλληλες τιμές για τα πεδία των μηκών κυμάτων. Πιο αναλυτικά, εισήχθησαν τα μέσα του εύρους μήκους κύματος των καναλιών στα οποία σαρώνει κάθε όργανο. Οι τιμές αυτές υπολογίστηκαν προσθέτοντας τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη τιμή και διαιρώντας με το πλήθος τους. Τα σχετικά αποτελέσματα διακρίνονται στον παρακάτω πίνακα.

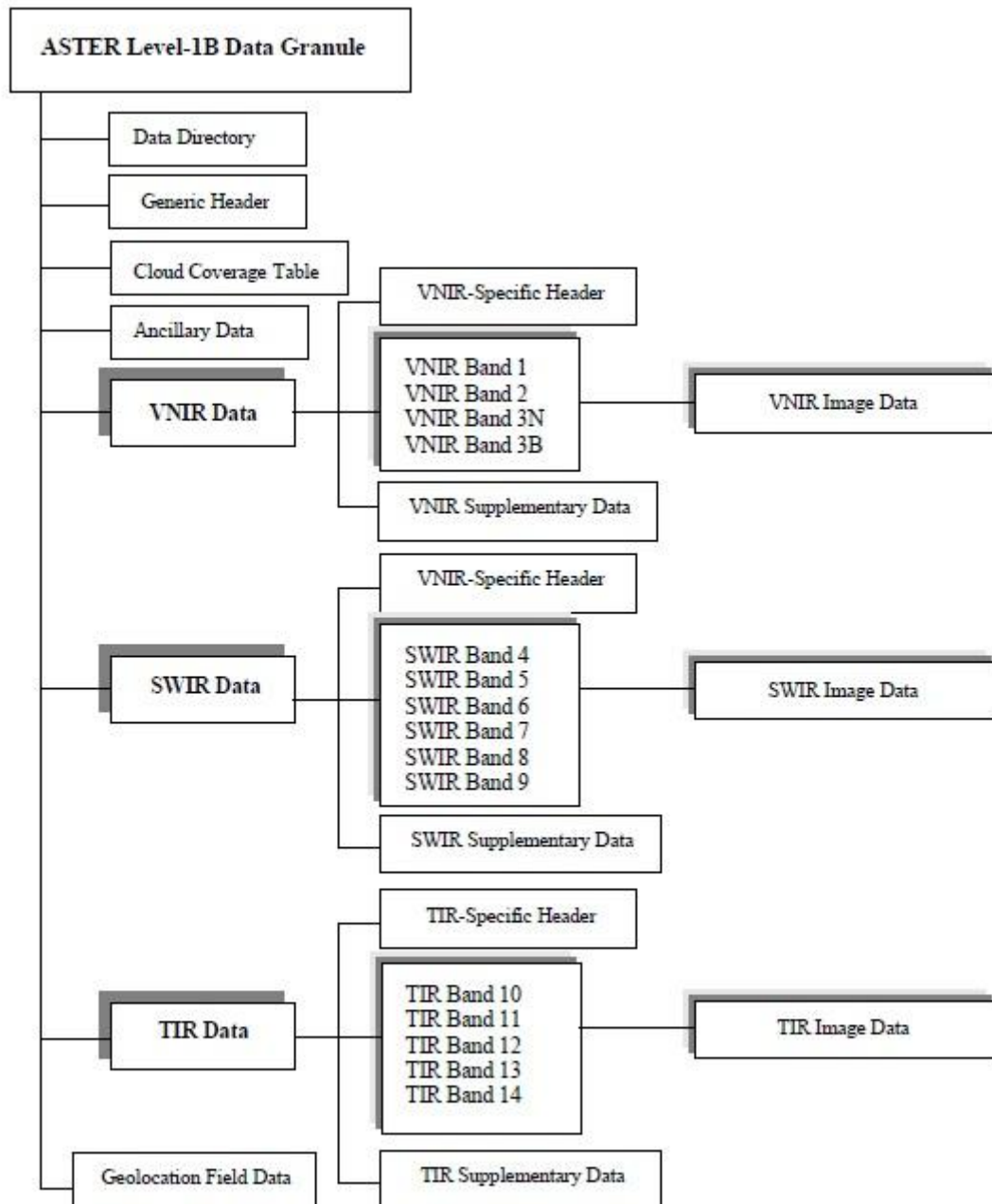
Πίνακας 8.12- μέσες τιμές καναλιών

Bands	Min value	Max value	Mean value
Band green	0.52 m.	0.60 m.	0.56 m.
Band red	0.76 m.	0.86 m.	0.81 m.
Band N-infr (N)	0.76 m.	0.86 m.	0.81 m.

- **Topographic correction (τοπογραφική διόρθωση)**

Τέλος, αναφορικά με την τεχνική της τοπογραφικής διόρθωσης να σημειωθεί πως αρχικά, είχε αποφασιστεί να μην εφαρμοστεί η παρούσα τεχνική, τουλάχιστον, για την περιοχή της πρωτεύουσας. Πρόκειται για επίπεδη περιοχή και η τοπογραφική διόρθωση έχει ως αποτέλεσμα να διορθώνει την τοπογραφία. Έτσι, αν εφαρμοζόταν μια τέτοια τεχνική στην περιοχή του Port-au-Prince θα αφαιρούσε την παραμόρφωση λόγω ανάγλυφου που στην προκειμένη περίπτωση δεν υπάρχει. Έπειτα, κρίθηκε φρονιμότερο να μην εφαρμοστεί η τεχνική καθόλου σε καμία από τις δύο περιοχές μελέτης (Port-au-Prince, Enriquillo-Plantain-Garden fault zone) μιας και δεν εντοπίστηκε σχετική ανάγκη.

Πίνακας 8.13-Διάγραμμα κατασκευής αρχείου δεδομένων ASTER επιπέδου L1-B (ASTER user Handbook)



8.2 ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Με τον όρο γεωαναφορά περιγράφεται η διαδικασία όπου πραγματοποιείται αντιστοίχιση των συντεταγμένων μιας εικόνας με τις συντεταγμένες ενός χάρτη στον οποίο ανήκει ώστε να μπορεί στη συνέχεια να αξιοποιηθεί μαζί με διανυσματικά

δεδομένα. Στην ουσία, πραγματοποιείται αντιστοίχιση των συντεταγμένων της εικόνας (η γραμμή και η στήλη της ψηφίδας δηλαδή) με τις διανυσματικές συντεταγμένες X & Y. Έτσι, λοιπόν, η εικόνα μετασχηματίζεται σε χαρτογραφικό χώρο. Ως αποτέλεσμα είναι, η εικόνα να λαμβάνει συντεταγμένες οι οποίες αντιστοιχούν σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή του κόσμου στην πραγματικότητα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, συνήθως, για τη διαδικασία της γεωαναφοράς είναι δορυφορικές εικόνες ή αεροφωτογραφίες, που στην περίπτωση αυτή θα περιλαμβάνουν και κάποιες πληροφορίες τοποθεσίας χωρίς, όμως ιδιαίτερη ακρίβεια, είτε σαρωμένοι χάρτες.

Γενικότερα, τώρα για να πραγματοποιηθεί γεωαναφορά, απαιτούμενο είναι να αναγνωριστούν ορισμένα σημεία γνωστών συντεταγμένων όπως μπορεί να είναι κάποια κτίρια ή δρόμοι ή κάποιες οντότητες που μπορούν παράλληλα να εντοπιστούν και σε ένα άλλο αρχείο στο οποίο ήδη περιλαμβάνουν συντεταγμένες. Αυτά τα σημεία ονομάζονται Επίγεια Σημεία Ελέγχου – Control Ground Points (GCP's) και αντιστοιχούν σημεία του ενός αρχείου με σημεία γνωστών συντεταγμένων.

Στη συγκεκριμένη μελέτη για τη γεωαναφορά των εικόνων (πριν και μετά το σεισμό) η εικόνα του 2009 (όσον αφορά τόσο στο Port-au-Prince όσο και το Enriquillo-Plantain-Garden) χρησιμοποιήθηκε ως βάση και με γνώμονα αυτή γεωαναφέρθηκε η εικόνα του 2010 (Port-au-Prince) και του 2011 (Enriquillo-Plantain-Garden) με τη βοήθεια της σχετικής λειτουργίας του προγράμματος ENVI →Registration: Image to Image. Ως Base image, λοιπόν επιλέχθηκε η εικόνα του 2009 ενώ ως Warp image η εικόνα μετά το σεισμό (2010 ή 2011 ανάλογα την περίπτωση περιοχής μελέτης). Τα σημεία ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ως επί το πλείστον φυσικά χαρακτηριστικά των εικόνων που, όπως παρατηρήθηκε περιείχαν το μικρότερο βαθμό αλλαγής ή αλλοίωσης από τη μία ημερομηνία στην άλλη.

Όπως προαναφέρθηκε, οι εικόνες που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρουσιάζουν ελάχιστη απόκλιση με ως αποτέλεσμα είχαν να μην υπάρξουν σοβαρά προβλήματα κατά τη διαδικασία της γεωαναφοράς.

Όσον αφορά στις εικόνες στην περίπτωση του Port-au-Prince επιλέχθηκαν 15 σημεία σε σύνολο και το σφάλμα RMS μικρότερο του 1 ($=0,003313$), ενώ για την περίπτωση του Enriquillo-Plantain-Garden χρησιμοποιήθηκαν 11 σημεία και το σφάλμα όπως αυτό προέκυψε ήταν και σε αυτή την περίπτωση μικρότερο της μονάδας ($=0,589423$).

Τέλος, να σημειωθεί πως στα εξαγόμενα αρχεία που πραγματοποιήθηκε coregistration, παρουσιάζεται, και στις δύο περιοχές, μια απόκλιση μικρή όσον αφορά στις ζώνες με μεγάλο υψόμετρο, κυρίως, λοιπόν, την περιοχή του ρήγματος αλλά και τους λοιπούς ορεινούς όγκους. Αυτό, όμως, συνηθίζεται σε υψομετρικά έντονες περιοχές οπότε δεν προκάλεσε σοβαρό πρόβλημα ή εμπόδιο στην περεταίρω επεξεργασία των δεδομένων.

8.3 ΠΑΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΟΡΓΑΝΟΥ SWIR

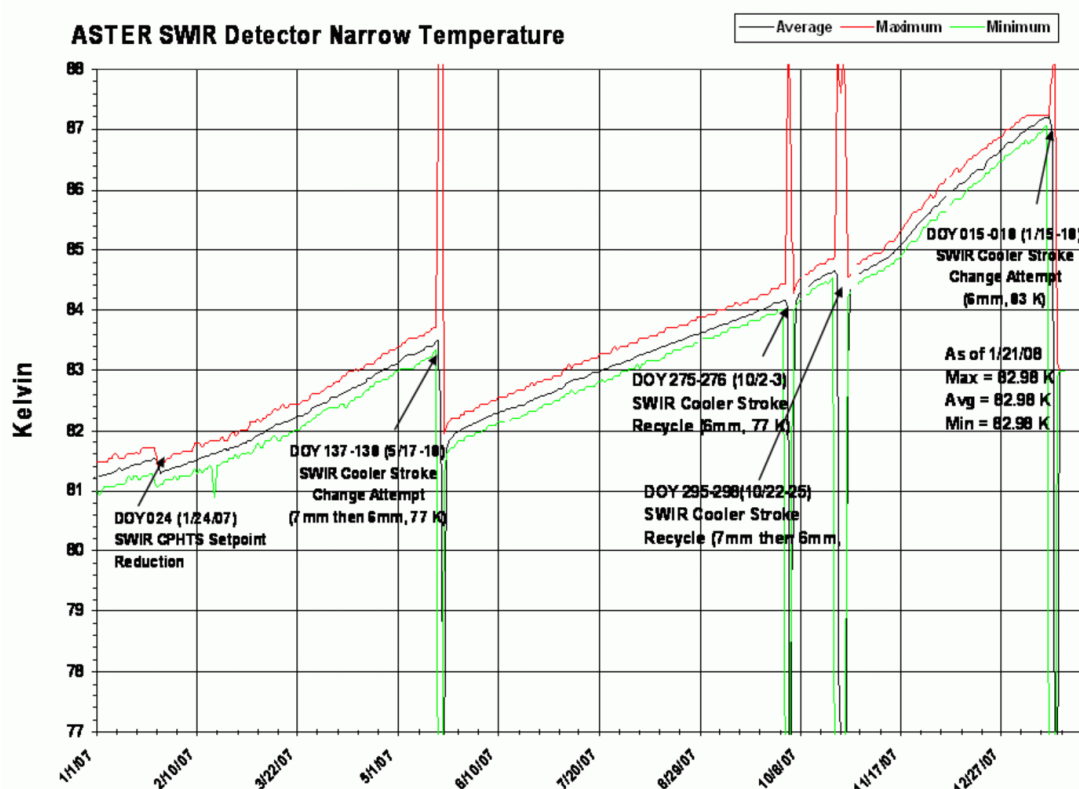
Σύμφωνα με το ημερολόγιο του ASTER του δορυφόρου TERRA από τη NASA οι ανιχνευτές που σάρωναν στο μέσο υπέρυθρο δεν βρίσκονται πια σε κατάσταση λειτουργίας εξαιτίας ασυνήθιστα υψηλών θερμοκρασιών που εντοπίστηκαν στο υποόργανο SWIR. Τα δεδομένα, λοιπόν, του υποοργάνου αυτού που αποκτήθηκαν από τον Απρίλιο του 2008 και έπειτα δε χρησιμοποιούνται πια, ενώ παρουσιάζουν κορεσμό των τιμών και σοβαρή διαγράμμιση. Όλες οι προσπάθειες που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό να επανέλθει ο σαρωτής ξανά σε κατάσταση σωστής και πλήρους λειτουργίας έχουν αποτύχει, ενώ δεν προβλέπεται περεταίρω σχετική δράση ανάκαμψης του συστήματος. Αντίθετα τα υποόργανα VNIR και TIR εξακολουθούν να εμφανίζουν εξαιρετική ποιότητα, εκπληρώνοντας όλες τις απαιτήσεις και υποδείξεις της αποστολής.

Το πρόβλημα αυτό προέκυψε από μια σάρωση που έγινε σε περιοχή της Αφρικανικής ηπείρου. Όπως προαναφέρθηκε το σχετικό πρόβλημα του οργάνου αποδίδεται σε αύξηση της θερμοκρασίας του ανιχνευτή όπως αυτή παρατηρήθηκε στα κανάλια 5 έως 9 σε μια αποστολή που έλαβε μέρος τον Μάιο του 2007. Η ρίζα του προβλήματος αυτού θεωρείται πως είναι η αυξανόμενη αντίσταση θερμότητας του ψύκτη του οργάνου (NASA, ASTER SWIR User Advisory Document).

Η μικρή άνοδος της θερμοκρασίας στο υποόργανο SWIR δεν αποτελούσε πρόβλημα μέχρι πριν το Μάιο του 2007, και δεν επιδρούσε, στην πραγματικότητα, στην ποιότητα των δεδομένων μέχρις ότου ο δορυφόρος ξεπέρασε τη θερμοκρασία αυτή των 83 K. Το παρακάτω διάγραμμα (*) απεικονίζει τις θερμοκρασιακές τάσεις του σαρωτή για το έτος 2007 (όπου παρουσιάστηκε το παρών πρόβλημα). Να σημειωθεί πως ο ανιχνευτής ξεπέρασε για πρώτη φορά τότε τη θερμοκρασία των 83 K. Ύστερα από αυτή την ημερομηνία έχουν ακολουθήσει τέσσερις απόπειρες που

έχουν γίνει με σκοπό να επιτευχθεί μείωση της θερμοκρασίας του οργάνου ανακυκλώνοντας τον ψύκτη του συστήματος, περιλαμβάνοντας αύξηση του μήκους της πίεσης που προκαλείται από το κατάλληλο έμβολο του ψύκτη. Η πρώτη απόπειρα που πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2007 πέτυχε στο να μειώσει τη θερμοκρασία του οργάνου στους 82 K, μα η θερμοκρασία σύντομα ξεκίνησε να αυξάνεται εκ νέου ξεπερνώντας τους 83 K στα τέλη Ιουλίου. Η δεύτερη και τρίτη προσπάθεια για μείωση της θερμοκρασίας απλώς απέτυχαν τον ακόλουθο Οκτώβριο. Παρόλα αυτά, μια τέταρτη προσπάθεια στα μέσα Ιανουαρίου του 2008, κατάφερε να μειώσει τη θερμοκρασία του ανιχνευτή SWIR στους 83 K. Από εκείνη την ημερομηνία και στο εξής η θερμοκρασία του ανιχνευτή έχει παραμείνει σταθερή στους 83 K.

Πίνακας 8.14 - Οι θερμοκρασιακές τάσεις του ανιχνευτή. Μέγιστο (ερυθρό), μέσο (μαύρο), και ελάχιστο (πράσινο).



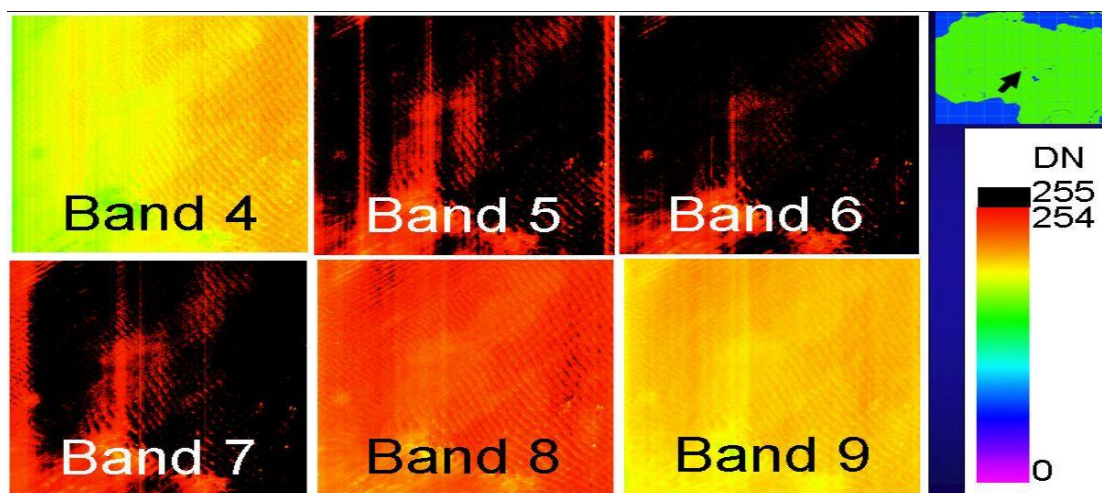
Γενικά μεταξύ των τελών Μαΐου του 2007 και τελών Ιανουαρίου 2008 έως που εντοπίστηκε η βλάβη στο συγκεκριμένο όργανο, πλην έξι εβδομάδων την περίοδο Ιουνίου και Ιουλίου, η θερμοκρασία του ανιχνευτή ξεπερνούσε μονίμως τους 83 K.

Έτσι, λοιπόν, τα δεδομένα του ανιχνευτή SWIR που συλλέχθηκαν μεταξύ των ημερομηνιών που προαναφέρθηκαν, μπορεί να παρουσιάζουν τιμές μη ομαλού

κορεσμού, ειδικά σε υψηλές ηλιακές γωνίες και για υλικά που αντανακλούν έντονα στα κανάλια του μέσου υπερύθρου.

Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα κορεσμού του οργάνου SWIR σε τμήμα μιας εξαιρετικά φωτεινής περιοχής της ερήμου πάνω από τη βόρεια Αφρική τον Αύγουστο του 2007, όταν η θερμοκρασία του ανιχνευτή κυμαινόταν περίπου στους 83.5 K. Ο κορεσμός επικρατεί ιδιαίτερα στα κανάλια 5,6 και 7. Κορεσμένα εικονοστοιχεία με τιμές DN= 255 απεικονίζονται με μαύρο χρώμα. Όλα τα υπόλοιπα χρώματα αποτελούν μη κορεσμένα εικονοστοιχεία (NASA, ASTER SWIR User Advisory Document).

Πίνακας 8.15 – Παράδειγμα κορεσμού του οργάνου SWIR. 24 Αυγούστου 2007. Παρατήρηση στην περιοχή της Αφρικής. Τα εικονοστοιχεία με τιμή DN= 255 απεικονίζονται με μαύρο χρώμα.



Τέλος να σημειωθεί πως η βλάβη που υπήρξε στο όργανο SWIR για μια περίοδο είχε επηρεάσει και το όργανο TIR που σαρώνει στο θερμικό. Συγκεκριμένα, τόσο η εκτίμηση της νεφοκάλυψης όσο και η ακρίβεια τοποθεσίας του TIR είχαν επηρεαστεί από την τότε παρούσα κατάσταση. Φυσικά τα προβλήματα αυτά, όσον αφορά στο όργανο που σαρώνει στο θερμικό, αποκαταστάθηκαν. Όλα αυτά σημειώθηκαν στο ημερολόγιο του ASTER.

9. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

9.1 ΑΪΤΗ – ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Στη διαχείριση καταστροφών οι οποίες απαιτούν τη συμβολή της διεθνούς κοινότητας, ο συντονισμός των ενεργειών είναι αρμοδιότητα της κυβέρνησης της

χώρας που πλήγηκε σε συνεργασία με τους εκπροσώπους του ΟΗΕ. Στην περίπτωση της Αϊτής, μετά το σεισμό, αποτελεί τη μοναδική φυσική καταστροφή όπου το συντονισμό των όλων ενεργειών διαχείρισης ανέλαβαν στρατιωτικές δυνάμεις άλλης χώρας ενώ προϋπήρχε ειρηνευτική και ανθρωπιστική δραστηριοποίηση καθώς και παρουσία του ΟΗΕ.

9.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ

Έτσι με την εκδήλωση του σεισμού οι προϋπάρχουσες συνθήκες διαμόρφωσαν μία σύνθετη κατάσταση έκτακτης ανάγκης όπου τα βασικά στοιχεία ήταν:

Το διοικητικό σύστημα κατέρρευσε τόσο λειτουργικά όσο και αναφορικά με τις σχετικές υποδομές. Η καταστροφή των δημόσιων κτιρίων, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την κατάρρευση του Προεδρικού μεγάρου, οι απώλειες κυβερνητικών στελεχών και η γενικότερη καταστροφή των υποδομών και του εξοπλισμού του μηχανισμού ανταπόκρισης κατέστησαν αναποτελεσματική τη διαδικασία άμεσης αντιμετώπισης.

Όσον αφορά στην κατάρρευση του κτιρίου του Ο.Η.Ε. το οποίο είχε και ως συνέπεια την απώλεια μεγάλου αριθμού στελεχών που εργάζονταν εκεί αλλά και την καταστροφή του υπάρχοντος εξοπλισμού. Έτσι, ήταν αδύνατη η άμεση συμμετοχή και δραστηριοποίηση των διεθνών φορέων, οι οποίοι πριν το σεισμό είχαν τόσο παρουσία όσο και ενεργή συμμετοχή στην ομαλή λειτουργία του κράτους και σε ανθρωπιστικές και αναπτυξιακές αποστολές.

Στη συνέχεια, να αναφερθεί πως καταστράφηκε μεγάλο μέρος των υποδομών μεταφοράς και των γραμμών εισόδου στη χώρα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η πρόσβαση τις πρώτες κρίσιμες ώρες και ημέρες. Μάλιστα, το διεθνές αεροδρόμιο τέθηκε εκτός λειτουργίας εξαιτίας σημαντικών βλαβών στο κεντρικό κτίριο και τον πύργο ελέγχου. Γι' αυτό το μείζον πρόβλημα ανέλαβαν δράση οι στρατιωτικές δυνάμεις των ΗΠΑ από τις 15 Ιανουαρίου και επέτρεπαν τη χρήση του μόνο στα αμερικάνικα αεροπλάνα.

Το λιμάνι του Port-au-Prince επηρεάστηκε και αυτό σημαντικά από το σεισμό καθώς υπέστη σημαντικές βλάβες από φαινόμενα ρευστοποιήσεων και πλευρικών παραμορφώσεων, καθιστώντας ιδιαίτερα επικίνδυνη την προσέγγιση πλωτών μέσων για τον ανεφοδιασμό της χώρας και την παροχή της διεθνούς ιατρικής και ανθρωπιστικής βοήθειας. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε από βατραχανθρώπους που διερεύνησαν την προκυμαία του λιμανιού, το ωφέλιμο βάθος από την αποβάθρα

ήταν μόλις 1,60m, ενώ κάτω απ' αυτό υπήρχε θεμέλιο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μετά τις 22, λοιπόν (10 ημέρες δηλαδή μετά το σεισμικό γεγονός), έγινε περιορισμένη χρήση του λιμανιού. Επίσης η οδική σύνδεση της χώρας με τον Άγιο Δομίνικο (γειτονική χώρα) ο οποίος διέθετε λειτουργικά αεροδρόμια και λιμάνια, διακόπηκε τις δύο πρώτες ημέρες εξαιτίας των σοβαρών ζημιών στα κτίρια των συνοριακών φυλακίων δύο χωρών από τη διέλευση της ρηξιγενούς ζώνης Enriquillo-Plantain Garden. Ο οδικός άξονας στη συνοριακή περιοχή καταστράφηκε για μια απόσταση περίπου 2 χλμ. εξαιτίας της υπερχειλίσης των παρακείμενων λιμνών και επαναλειτούργησε μετά από πρόχειρη αποκατάσταση με επιχωμάτωση από αποσπασμένα υλικά ανθρακικών σχηματισμών (χονδρόκοκκο αμμοχάλικο) τα οποία δομούν τα πρανή της περιοχής.

Παρουσιάστηκε μεγάλος αριθμός θέσεων για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, ενώ αυξημένες ήταν οι ανάγκες για ιατροφαρμακευτικό υλικό με πολύ μεγάλο αριθμό τραυματιών δημιουργώντας, έτσι, συνθήκες υπερφόρτωσης των ελάχιστων λειτουργικών μονάδων υγείας.

Ακόμη παρουσιάστηκαν αυξημένες ανάγκες πόσιμου νερού, τροφίμων και καταυλισμών για τη στέγαση του πληθυσμού. Σε πολλά μάλιστα σημεία, που κρίθηκαν κατάλληλα, της πρωτεύουσας (κυρίως), στήθηκαν πρόχειροι καταυλισμοί για να εξυπηρετήσουν τόσο τον άστεγο πληθυσμό όσο και λοιπές υπηρεσίες μιας και πολλά από τα δημόσια κτίρια καταστράφηκαν. Όλες αυτές, όμως οι συνθήκες σε συνδυασμό με τις βασικές ελλείψεις ύδρευσης και υγιεινής ήταν αρκετές για να προκαλέσουν συνθήκες λιμού λίγο καιρό μετά το σεισμό επιβαρύνοντας ακόμη περισσότερο το σύστημα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης της χώρας.

Ένα άλλο πρόβλημα, που προκλήθηκε και μετέτρεψε κυρίως την πρωτεύουσα σε τριτοκοσμικό σκηνικό απόλυτης εξαθλίωσης ήταν η ανεπάρκεια της διαχείρισης των πτωμάτων, η συλλογή των οποίων όχι μόνο καθυστέρουσε υπερβολικά αλλά δεν υπήρχε καν διαδικασία αναγνώρισης με αποτέλεσμα να παραμένουν οι σωροί αρκετές ημέρες εκτεθειμένες στην πληγείσα περιοχή μέχρι να ενταφιαστούν ομαδικά.

Η έλλειψη, λοιπόν, γενικότερου συντονισμού των ενεργειών είχε ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση της ανθρωπιστικής βοήθειας στο αεροδρόμιο του Port-au-Prince και φυσικά την επικείμενη καθυστέρηση των διεθνών αποστολών να ανταποκριθούν και να αναπτύξουν δράσεις.

Όλη αυτή η έλλειψη συντονισμού είχε, συνεπώς, ως αποτέλεσμα τις κοινωνικές αναταραχές με αύξηση της εγκληματικότητας, η οποία εκδηλώθηκε με τη μορφή λεηλασιών, κλοπών, πυροβολισμών, δολοφονικών επιθέσεων, εμπρησμών, απαγωγών ανηλίκων και επιθέσεων στις ομάδες έρευνας και διάσωσης αλλά και στις ανθρωπιστικές αποστολές (Καρύδης, Λέκκας, 2010).

Οι συνθήκες αυτές κατέστησαν δύσκολη έως αδύνατη την άμεση πρόσβαση και συμμετοχή των φορέων της διεθνούς κοινότητας στη διαχείριση της καταστροφής, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό να είναι ιδιαίτερα δυσμενείς. Σχετική ομαλοποίηση της κατάστασης και συντονισμός των απαιτούμενων ενεργειών επιτεύχθηκε μετά τις 27 Ιανουαρίου όταν τα μέλη του ΟΗΕ και οι στρατιωτικές δυνάμεις των Η.Π.Α. κατέστησαν ικανή τη διανομή της ανθρωπιστικής βοήθειας σε μεγάλο τμήμα του πληθυσμού. Φυσικά, βέβαια, οι ανάγκες των πολιτών αυξάνονται συνεχώς, περισσότερο από την προσφερόμενη στο πεδίο βοήθεια.

9.3 ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΪΤΗΣ

Οι περισσότερες εκκλησίες, το Προεδρικό μέγαρο, το κτίριο του υπουργείου δικαιοσύνης και λοιπά δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, έχουν δομικά και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά επηρεασμένα από δυτικοευρωπαϊκά πρότυπα λόγω της ισπανογαλλικής κατοχής.

Παρατηρήθηκαν αρκετές θολοδομικές (κτίρια που περιέχουν θολωτές οροφές) κατασκευές. Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων αυτών υπέστη ολική καταστροφή μετά το σεισμό. Η γενική κατάρρευση εντοπίζεται μέσα στην κάτοψη, ενώ πολλοί από τους περιμετρικούς τοίχους παρέμειναν κατακόρυφοι.

9.4 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Αυτά διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

Τα απλά μονώροφα έως και διώροφα κτίρια από ευτελή υλικά χαμηλής ποιότητας και τρόπου δόμησης. Ως υλικό δόμησης κυριαρχεί ο τσιμεντόλιθος, το ξύλο και ο τσίγκος, κυρίως είναι παλαιά, χρησιμοποιημένα δομικά υλικά. Η κατασκευή γίνεται με πρόχειρο και άτεχνο τρόπο από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη. Πολλά απ' αυτά τα κτίρια παρατηρήθηκε να σοβαντίζονται εξωτερικά το οποίο λόγω της υγρασίας καταστρέφεται σύντομα με την πάροδο του χρόνου. Συγκεντρώνονται σε μεγάλο

αριθμό και πυκνότητα και είναι ανεξάρτητα το ένα με το γειτονικό του, δημιουργώντας κατ' αυτόν τον τρόπο κάποιους εσωτερικούς διαδρόμους προσπέλασης. Στα κτίρια αυτά κατοικεί ο φτωχότερος πληθυσμός. Η ύδρευση γίνεται από πηγάδια μικρού βάθους που αφθονούν στην περιοχή και δεν υπάρχει σύστημα ύδρευσης, αποχέτευσης, ή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα κτίρια αυτά μετά το σεισμό δεν έπαθαν σημαντικές βλάβες σε βαθμό κατάρρευσης, αλλά τα περισσότερα παρέκλιναν από την κατακόρυφη ή κατέρρευσαν μικρότερα ή μεγαλύτερα τμήματα των τσιμεντοπλινθοδομών όπου υπήρχαν. Τα καταστήματα της περιοχής αυτής είναι φτιαγμένα με τον ίδιο τρόπο. Επίσης, παρόμοιο τρόπο δόμησης (αλλά αρκετά βελτιωμένο) παρατηρεί κανείς και σε αγροτικούς οικισμούς.

- Τα κτίρια από τοιχοποιία (συνήθως τσιμεντοπλινθοδομές) και πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διακρίνονται σε αγροτικά και αστικά κτίρια μέχρι δύο ή το πολύ τρεις ορόφους. Τέτοια κτίρια αποτελούν και την πλειονότητα των κτιρίων της περιοχής. Αυτά έπαθαν σημαντικές βλάβες με χαρακτηριστικό την κατάρρευση των πατωμάτων στους υποκείμενους ορόφους. Το σαθρό ή επικλινές έδαφος, στις υψηλότερες περιοχές της πόλης, αντιστηριζόμενο σε τοιχοποιίες μεγάλου ύψους επέτεινε τις παρατηρηθείσες καταστροφές. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και αρκετές πολυτελείς κατασκευές. Υπήρξαν και κτίρια τα οποία φαινομενικώς τουλάχιστον, δεν έπαθαν ουσιαστικές βλάβες.

- Τα κτίρια με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τέτοια κτίρια παρατηρούνται με οποιουδήποτε αριθμό ορόφων μέχρι και 6 ή 7-ώροφα. Τα κτίρια αυτά κατασκευάζονται με ένα πιο “σύγχρονο” τρόπο δόμησης αλλά άτεχνα με άστοχες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και τα υποστυλώματα να εντοπίζονται σε μεγάλες. Οι διαστάσεις των φερόντων στοιχείων, ιδιαιτέρως δε των υποστυλωμάτων, φαίνονται ανεπαρκέστατες. Επίσης, απουσιάζει η οποιαδήποτε χρήση τοιχωμάτων. Οι πολυώροφες κατασκευές (από τριώροφες και άνω) της κατηγορίας αυτής υπέστησαν σχεδόν καθολικές καταρρεύσεις, με τις πλάκες να σωρεύονται η μία επάνω στην άλλη μέσα στην κάτοψη του κτιρίου. Πολλά κατακόρυφα στοιχεία συνεθλίβησαν ή εκτοξεύτηκαν προς τα έξω. Η κατάρρευση λόγω και της έντονης κατακόρυφης σεισμικής συνιστώσας υπήρξε ακαριαία κατά την πρώτη φάση του σεισμικού κραδασμού. Φυσικά τα κτίσματα αυτά δεν πληρούσαν προϋποθέσεις αντισεισμικού σχεδιασμού ή προστασίας (Καρύδης, Λέκκας, 2010).

Τέλος, οι μεταλλικές κατασκευές, οι πύργοι και τα υπόστεγα. Πολλά υπόστεγα μεγάλου ανοιγμάτων (πρατηρίων βενζίνης και αποθηκών) κατέρρευσαν ενώ πυργοειδείς κατασκευές παρέμειναν σχεδόν χωρίς βλάβη είτε στο κύριο σώμα της ανωδομής τους είτε στη θεμελίωσή τους. Το παλαιό γαλλικό μεταλλικό υπόστεγο μεγάλων διαστάσεων στην προκυμαία δεν έπαθε το ίδιο δομικές βλάβες, αλλά υπέστη καθίζηση των θεμελίων του λόγω παραμόρφωσης του εδάφους με αποτέλεσμα να υποστεί κλίση από την κατακόρυφη.

10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

10.1 ΚΥΡΙΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών χρησιμοποιείται συχνά ως μια μέθοδος για τη συμπίεση δεδομένων μετασχηματίζοντας ένα σύνολο από συσχετισμένες μεταβλητές σε ένα νέο σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών. Είναι, λοιπόν, μια μαθηματική διαδικασία που ως στόχο έχει τον εντοπισμό δεδομένων που δεν έχουν σχέση μεταξύ τους μέσα από ένα σύνολο συσχετισμένων δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η περιττή πληροφορία των καναλιών της εικόνας και συμπιέζεται η χρήσιμη πληροφορία σε ένα μικρότερο αριθμό καναλιών. Έτσι προκύπτουν οι μη συσχετισμένες μεταβλητές (κύριες συνιστώσες). Τα νέα κανάλια που δημιουργούνται είναι ασυσχέτιστα και ανεξάρτητα μεταξύ τους με αποτέλεσμα η ερμηνεία τους να είναι πολλές φορές πιο εύκολη από αυτή των αρχικών δεδομένων. Ο αριθμός των κύριων συνιστωσών είναι μικρότερος ή το πολύ ίσος με τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών. Ο μετασχηματισμός γίνεται ώστε η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) να εμφανίζει τη μέγιστη διακύμανση (δηλαδή να αντιστοιχεί στη μέγιστη ποικιλία δεδομένων) και η κάθε επόμενη να εμφανίζει συνεχώς χαμηλότερη διακύμανση και ταυτόχρονα να μην εμφανίζει συσχέτιση με τις προηγούμενές της. Έτσι, στο τέλος δημιουργούνται νέες εικόνες από τις μη συσχετιζόμενες τιμές φωτεινότητας εικονοστοιχείων των συσχετισμένων εικόνων.

Πρακτικά σε ότι αφορά την επεξεργασία πολυφασματικών δεδομένων (εικόνων) ισχύει το εξής: τα πολυφασματικά δεδομένα διαφόρων φασματικών διαύλων εμφανίζουν κατά κανόνα μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους. Η τιμή της φωτεινότητας ενός εικονοστοιχείου σε μία ζώνη μπορεί να εκτιμηθεί από την τιμή του σε μια άλλη εξαιτίας του συσχετισμού αυτού.

Η διαδικασία μπορεί να εξηγηθεί εύκολα και παραστατικά σε ένα δισδιάστατο φασματικό χώρο δυο καναλιών A και B μιας δορυφορικής εικόνας στον οποίο παρουσιάζεται η σχέση των ψηφιακών των δύο καναλιών. Συγκεκριμένα, αποδίδεται η κατανομή των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων της εικόνας σε ένα δισδιάστατο διάγραμμα διασποράς του οποίου οι άξονες αντιπροσωπεύουν τις ψηφιακές τιμές του κάθε καναλιού. Η διαδικασία, λοιπόν, πραγματοποιείται με γραμμικό μετασχηματισμό των μεταβλητών (τιμές φωτεινότητας). Η διαδικασία PCA εφαρμόζεται σε όλες τις φασματικές ζώνες μαζί. Με τον τρόπο αυτόν, στις νέες

εικόνες συγκεντρώνεται το μέγιστο πλήθος δεδομένων αφού λαμβάνονται υπόψη μη συσχετιζόμενα δεδομένα από όλες τις εικόνες. Εάν η κατανομή των ψηφιακών τιμών στο κάθε κανάλι είναι κανονική ή περίπου κανονική τότε το νέφος των σημείων στο δισδιάστατο φασματικό χώρο θα έχει τη μορφή μιας έλλειψης ενώ στον τρισδιάστατο χώρο (τρία κανάλια) θα έχει τη μορφή ελλειψοειδούς (Εικ.2.62.β/σελ.185).

Με τη διαδικασία της PCA οι άξονες του φασματικού χώρου περιστρέφονται έτσι ώστε να γίνουν παράλληλοι στους κύριους άξονες της έλλειψης. Με τον τρόπο αυτό αλλάζουν οι συντεταγμένες του κάθε εικονοστοιχείου στον φασματικό χώρο και κατά συνέπεια μεταβάλλονται και οι ψηφιακές τιμές στο αρχείο της εικόνας. Οι νέοι άξονες είναι παράλληλοι στους άξονες της έλλειψης.

Σε μια εικόνα n διαστάσεων θα υπάρχουν n κύριες συνιστώσες. Κάθε διαδοχική κύρια συνιστώσα θα αποτελεί άξονα της έλλειψης ο οποίος θα είναι κάθετος στις προηγούμενες κύριες συνιστώσες στο διάγραμμα διασποράς του n - διάστατου φασματικού χώρου. Αν και θεωρητικά μπορούν να υπάρχουν άπειρες κύριες συνιστώσες, μόνο οι πρώτες λίγες κύριες συνιστώσες έχουν σημασία καθώς εξηγούν το μεγαλύτερο ποσό μεταβλητότητας των δεδομένων (έως και 100%). Κατά συνέπεια, η ανάλυση κυρίων συνιστωσών χρησιμεύει για τη συμπίεση των δεδομένων μιας εικόνας σε μικρότερο αριθμό καναλιών. Σε ορισμένες εφαρμογές, πολύτιμες πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν και από τα κανάλια των κυρίων συνιστωσών με τη μικρότερη μεταβλητότητα. Αυτά τα κανάλια μπορούν να αναδείξουν λεπτομέρειες της εικόνας οι οποίες επισκιάζονταν από την υψηλή αντίθεση της αρχικής εικόνας ή ακόμη και να εντοπίσουν θόρυβο στα αρχικά δεδομένα.

Σε μια πολυφασματική εικόνα n φασματικών καναλιών κάθε εικονοστοιχείο έχει n φασματικές τιμές οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως συντεταγμένες ενός διανύσματος V . Έτσι, το εικονοστοιχείο της γραμμής i και της στήλης j μπορεί να παρασταθεί με ένα διάνυσμα V_{ij} , με συντεταγμένες:

$$x(i, j, 1), x(i, j, 2), x(i, j, 3), \dots, x(i, j, n)$$

όπου $x(i, j, 1)$ είναι η ψηφιακή τιμή του εικονοστοιχείου στο κανάλι 1 στη γραμμή i , στήλη j , $x(i, j, 2)$ είναι η ψηφιακή τιμή του στο κανάλι 2 στη γραμμή i , στήλη j , κ.ο.κ.

Η ψηφιακή τιμή $z(i, j, 1)$ του εικονοστοιχείου στην πρώτη κύρια συνιστώσα PC1 θα υπολογιστεί ως ένας γραμμικός συνδυασμός των συντεταγμένων του διανύσματος V_{ij} :

$$z(i, j, 1) = a(1,1) \times (i, j, 1) + a(1,2) \times (i, j, 2) + \dots + a(1,n) \times (i, j, n)$$

Η διαδικασία της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών αποσκοπεί στην εύρεση των συντελεστών $a(1,1)$, $a(1,2)$, ..., $a(1,n)$ για την PC1, $a(2,1)$, $a(2,2)$, ..., $a(2,n)$ για την PC2 κ.ο.κ.

Εικόνα- συνιστώσα 1

Με την αλλαγή των συντεταγμένων προκύπτουν και οι νέοι άξονες στο χώρο. Ο νέος άξονας του διαγράμματος που αντιστοιχεί στον κύριο (μεγαλύτερο) άξονα της έλλειψης ονομάζεται *πρώτη κύρια συνιστώσα* (PC1). Το μήκος και η διεύθυνση του νέου άξονα PC1 καθορίζεται από το μήκος και τη διεύθυνση του κύριου άξονα της έλλειψης και καλούνται πρώτη τιμή eigen (eigenvalue) και πρώτο διάνυσμα eigen (eigenvector), αντίστοιχα. Τα σημεία στο διάγραμμα διασποράς αποκτούν νέες συντεταγμένες που αντιστοιχούν στο νέο αυτό άξονα PC1. Εφόσον, οι συντεταγμένες των σημείων σε ένα φασματικό χώρο αποτελούν ουσιαστικά τις ψηφιακές τιμές των εικονοστοιχείων, μετά την εφαρμογή της μεθόδου PCA για κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας αποκτά νέα ψηφιακή τιμή. Οι νέες ψηφιακές τιμές αποθηκεύονται σε ένα καινούργιο αρχείο, το οποίο αποτελεί το κανάλι της πρώτης κύριας συνιστώσας. Η πρώτη κύρια συνιστώσα έχει τη διεύθυνση και το μήκος του μεγάλου άξονα της έλλειψης. Συνεπώς, ο νέος αυτός άξονας στο φασματικό χώρο μετρά τη μέγιστη μεταβλητότητα των δεδομένων καθώς, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.63 α, το εύρος τιμών της πρώτης κύριας συνιστώσας είναι πάντοτε μεγαλύτερο του εύρους τιμών των δυο καναλιών Α και Β. Γενικά να σημειωθεί πως η πρώτη κύρια συνιστώσα μπορεί να συγκεντρώσει και το 98% της διαθέσιμης πληροφορίας στο σύνολο των φασματικών ζωνών.

Εικόνα- συνιστώσα 2

Ο δευτερεύων και μικρότερος άξονας της έλλειψης αποτελεί τη δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC2) η οποία είναι κάθετη στην PC1 (Εικόνα 2.63 β) και είναι και η πιο πλατιά τομή της έλλειψης. Κατά συνέπεια, η δεύτερη κύρια συνιστώσα περιγράφει το μέγιστο ποσό της μεταβλητότητας των δεδομένων το οποίο δεν έχει ήδη περιγραφεί από την πρώτη κύρια συνιστώσα.

10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Χρειάζεται προσοχή κατά την ερμηνεία των μετασχηματισμένων εικόνων. Κάθε συνιστώσα είναι γραμμικός συνδυασμός των αρχικών καναλιών με αποτέλεσμα να

είναι προβληματική η ερμηνεία μιας ψευδέχρωμης με τις τρεις πρώτες κύριες συνιστώσες. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, παρόλο που η πληροφορία συγκεντρώνεται στις 3 πρώτες συνιστώσες, οι υπόλοιπες δεν πρέπει να αγνοούνται επειδή μπορεί να περιλαμβάνουν κρίσιμες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Γενικά, η πρώτη κύρια συνιστώσα αντιστοιχεί στις μέσες τιμές φωτεινότητας όλων των καναλιών και απεικονίζει διαφορές που οφείλονται στην επίδραση του αναγλύφου (σκιές) και στην ανακλαστική ικανότητα (albedo).

11. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ

11.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ PORT-AU-PRINCE

Όσον αφορά στις εικόνες συνιστώσες που προέκυψαν ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων των εικόνων της περιοχής της πρωτεύουσας (Port-au-Prince) τα στατιστικά αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω στον πίνακα των ιδιοδιανυσμάτων (Πιν.11.15). Ο πίνακας αυτός αποτελείται από δεκαδικά δεδομένα (αρνητικών και θετικών πρόσημων), τα οποία εκφράζουν το βαθμό συσχετισμού μεταξύ κάθε συνιστώσας που έχει προκύψει και των αρχικών εικόνων.

Πίνακας 11.15 ιδιοδιανυσμάτων

Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
PC 1	0,573412	0,573386	0,462421	0,174310	0,180133	0,256442
PC 2	0,270710	0,261725	0,042179	-0,588985	-0,219653	-0,531559
PC 3	0,316244	0,202614	-0,635569	0,408046	0,256726	-0,471783
PC 4	0,315606	0,018229	-0,558507	-0,131607	-0,407395	0,636270
PC 5	0,589545	-0,726792	0,223090	0,194446	-0,143049	-0,127154
PC 6	0,225243	-0,181981	-0,136894	-0,633310	0,698766	0,089739

Συγκεκριμένα, να αναφερθεί πως τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν από την επεξεργασία των δύο εικόνων του 2009 της πρωτεύουσας που εξάχθηκαν σε μωσαϊκό αρχείο και στη συνέχεια ενώθηκαν με την εικόνα του 2010 της ίδιας περιοχής. Τα κανάλια, λοιπόν, που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι τα: πράσινο, ερυθρό και κοντινό υπέρυθρο στο ναδίρ του 2009 και πράσινο και ακολουθούν τα: πράσινο, ερυθρό και κοντινό υπέρυθρο του 2010.

Να σημειωθεί πως ο πίνακας αυτός, μιας και έχει προκύψει από το λογισμικό ENVI, απεικονίζει τις συνιστώσες οριζοντίως και όχι καθέτως όπως συμβαίνει στο λογισμικό του ERDAS. Η πρώτη κύρια συνιστώσα μπορεί να ερμηνευθεί ως ένας σταθμισμένος μέσος όρος των μεταβλητών, αφού όλοι οι συντελεστές τους έχουν το ίδιο πρόσημο. Στην πρώτη συνιστώσα ,λοιπόν, φαίνεται πως όλες οι μπάντες συνεισφέρουν θετικά, όπως συνηθίζεται ενώ τα κανάλια της πρώτης εικόνας είναι αυτά που συνεισφέρουν με μεγαλύτερη τιμή. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως η εικόνα του 2009 και συνεπώς το εκάστοτε κανάλι της παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό

συσχετισμού με την πρώτη συνιστώσα απ' ότι τα κανάλια της δεύτερης εικόνας του 2010.

Στη δεύτερη συνιστώσα, παρατηρείται πως υπάρχει αντίθετη εναλλαγή πρόσημων όσον αφορά τις έξι μπάντες. Στην πρώτη εικόνα τα ιδιοδιανύσματα είναι θετικά ενώ στη δεύτερη αρνητικά. Αυτό, στην ουσία δίνει και την συνιστώσα που παρουσιάζει και τη διαφοροποίηση και θα δώσει και μεγάλο μέρος της πληροφορίας, αργότερα. Μάλιστα, οι μπάντες 4 και 6 περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέγεθος της πληροφορίας.

Στην τρίτη συνιστώσα, τα κανάλια 1,2,4 και 5 είναι θετικά ενώ τα κανάλια 3 και 6 αρνητικά. Επιπλέον, τα αρνητικά κανάλια είναι και αυτά που παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές, όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι τα κοντινά υπέρυθρα της μιας και της άλλης εικόνας. Συντριπτικά, το μεγαλύτερο ποσό συσχετισμού έχει η τρίτη μπάντα.

Όσον αφορά στην τέταρτη συνιστώσα, το πράσινο και ερυθρό της πρώτης εικόνας μαζί με το κοντινό υπέρυθρο της δεύτερης εικόνας αποτελούν θετικά ιδιοδιανύσματα ενώ τα υπόλοιπα κανάλια τα αρνητικά με την υψηλότερη τιμή να συγκεντρώνεται στο κοντινό υπέρυθρο της εικόνας του 2010.

Αναφορικά με την πέμπτη συνιστώσα, οι αρνητικές τιμές συγκεντρώνονται στα: δεύτερο κανάλι της εικόνας του 2009 και στο δεύτερο και τρίτο της εικόνας του 2010. Το δεύτερο κανάλι της πρώτης εικόνας που είναι και αρνητικό περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσό πληροφορίας.

Τέλος, στην έκτη κύρια συνιστώσα, το πράσινο της πρώτης εικόνας καθώς και το ερυθρό και κοντινό υπέρυθρο της δεύτερης αποτελούν τα θετικά ιδιοδιανύσματα με τη μεγαλύτερη θετική (και γενικότερα) τιμή να συγκεντρώνεται στο ερυθρό του 2010.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας των ιδιοτιμών όπου προσδιορίζει το ποσό της πληροφορίας για κάθε συνιστώσα, δηλαδή το ποσοστό της πληροφορίας που περιλαμβάνεται σε κάθε εικόνα (συνιστώσα). Στην ουσία, πρόκειται για μεγάλους δεκαδικούς που σταδιακά μειώνονται. Επεξεργάζοντας, λοιπόν, τα δεκαδικά και εκφράζοντάς τα σε μορφή ποσοστών προέκυψε ο παρακάτω πίνακας.

	Eigenvalue	%
Band 1	4213,718119	67,241122
Band 2	1538,494916	24,550794

Band 3	375,811543	5,9970765
Band 4	92,072017	1,4692548
Band 5	29,623554	0,4727229
Band 6	16,858951	0,2690296
Total	6266,5791	100

Πίνακας 11.16 ιδιοτιμών

	Eigenvalue	%
Band 1	4213,718119	67,241122
Band 2	1538,494916	24,550794
Band 3	375,811543	5,9970765
Band 4	92,072017	1,4692548
Band 5	29,623554	0,4727229
Band 6	16,858951	0,2690296
Total	6266,5791	100

Φαίνεται πως η πρώτη κύρια συνιστώσα συγκεντρώνει το 67,24% της γενικής πληροφορίας, δηλαδή το μεγαλύτερο ποσοστό ενώ η δεύτερη το 24,55% και η τρίτη το 5,99%. Επομένως, τα τρία πρώτα κανάλια κατέχουν ποσοστό υψηλότερο από το 90% της πληροφορίας, δηλαδή αυτά τα τρία συγκεντρώνουν την πλειοψηφία της πληροφορίας των εικόνων. Στη συνέχεια, η τέταρτη μπάντα έχει ποσοστό 1,5% περίπου, η πέμπτη 0,5% και η έκτη 0,2% και έτσι κατ' επέκταση συγκεντρώνουν το γενικό θόρυβο της εικόνας. Στο σύνολο, φυσικά, αθροιστικά, συγκεντρώνουν το 100% της γενικής πληροφορίας.

ΠΡΩΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince



Χάρτης 11.17 -Η πρώτη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince



Χάρτης 11.17 - Η δεύτερη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΤΡΙΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince



Χάρτης 11.18 - Η τρίτη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΤΕΤΑΡΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince



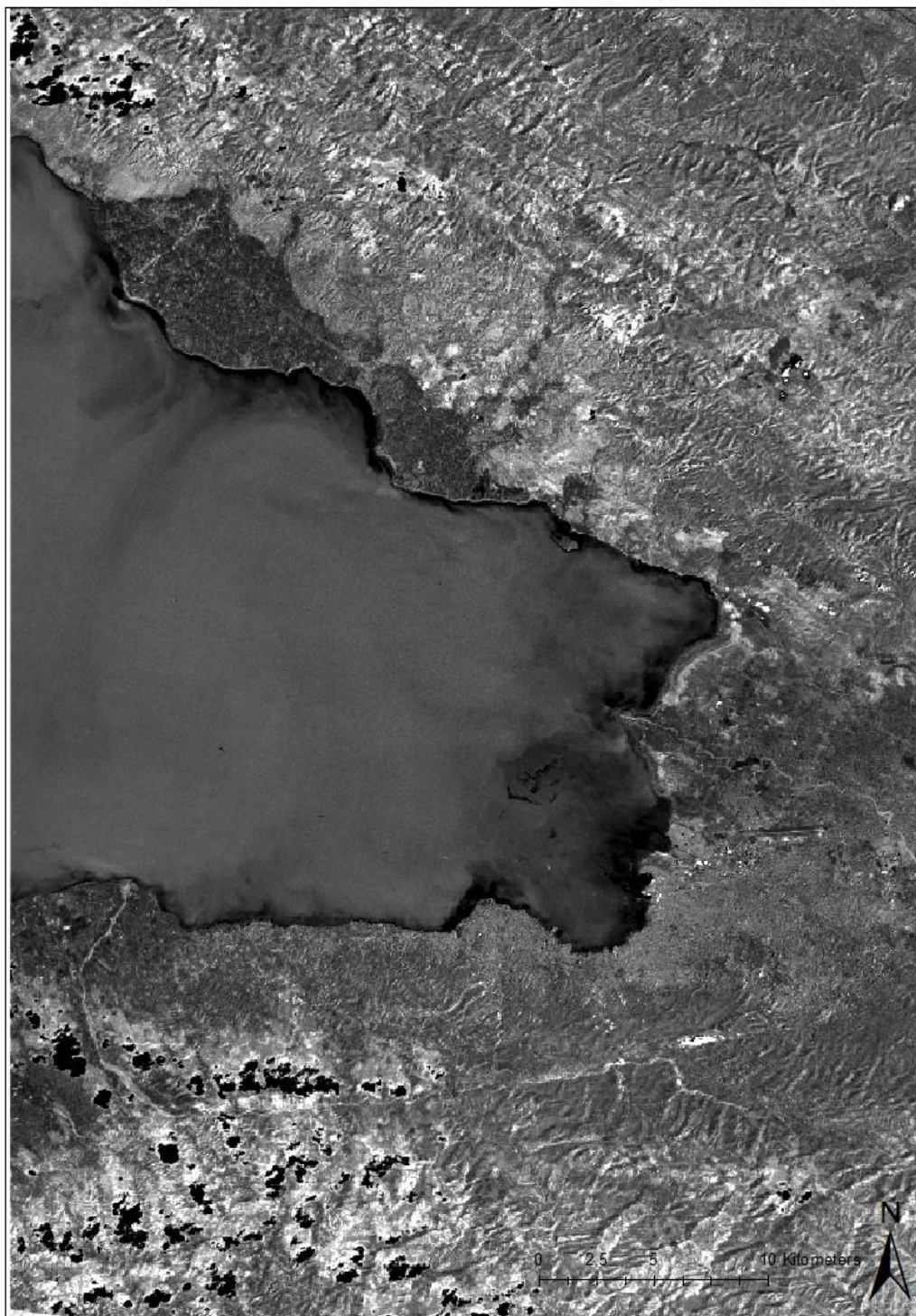
Χάρτης 11.19 - Η τέταρτη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΠΕΜΠΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince



Χάρτης 11.20 - Η πέμπτη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΕΚΤΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ - Port-au-Prince

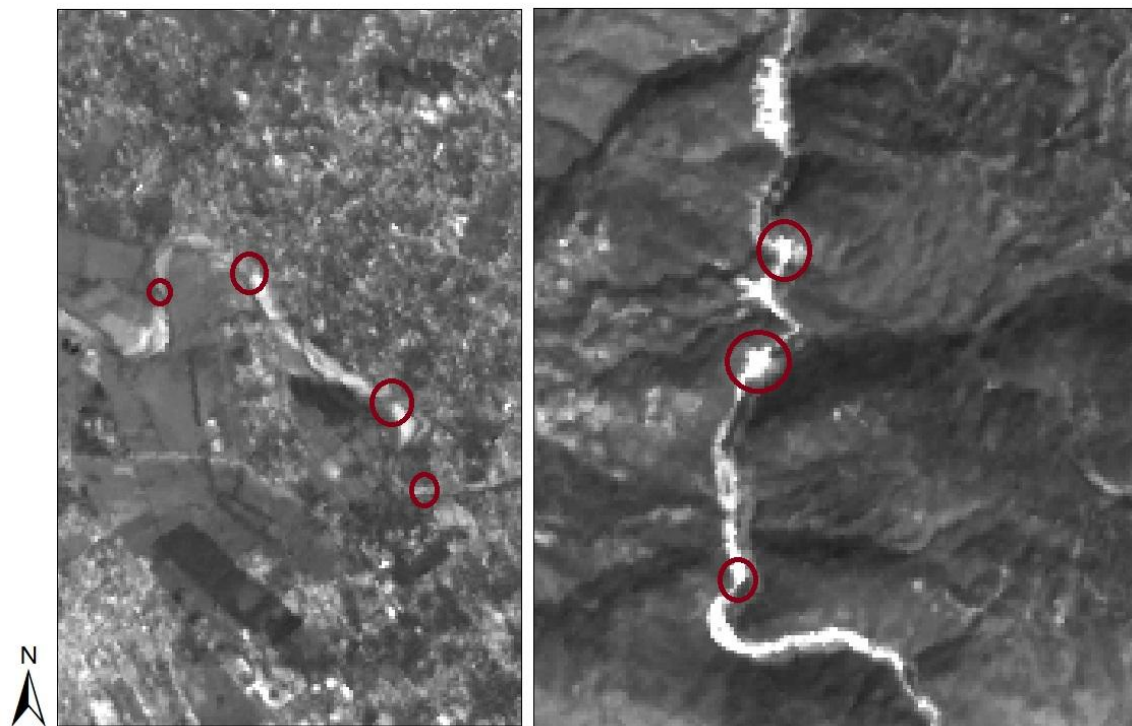


Χάρτης 11.21 - Η έκτη εικόνα-συνιστώσα όπως προέκυψε από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

11.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΕΞΑΓΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ

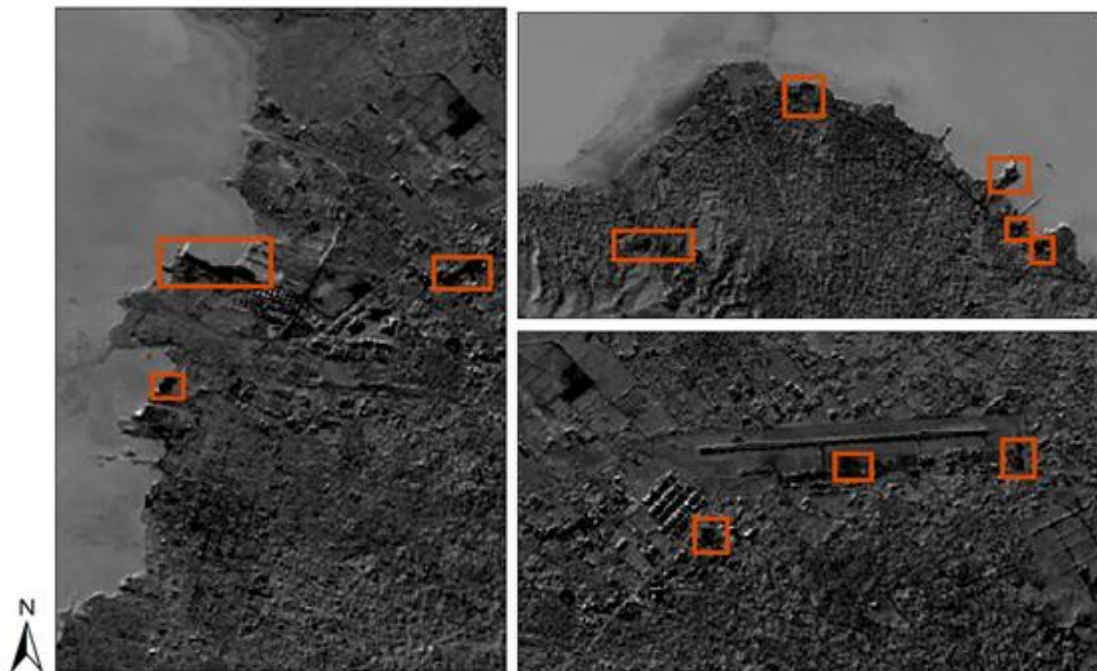
Παρακάτω, παρατίθενται χάρτες εντοπισμού σχετικών παραμορφώσεων, τόσο κατά μήκος της ακτογραμμής της πρωτεύουσας και των γύρω περιοχών, όσο και στο κέντρο της πόλης, στις κατοικήσιμες ζώνες. Στον πρώτο, φαίνονται οι αλλοιώσεις στα ποτάμια συστήματα της περιοχής. Στον δεύτερο χάρτη, όπως, επισημαίνει και ο Doblas Miguel (Doblas, 2010), σημειώνονται αρκετά τμήματα της πόλης όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις κτιρίων, αλλαγές στον δομικό ιστό και στην αντίστοιχη συνοχή αλλά και παραμορφώσεις εδαφικές. Η τελευταία, βέβαια, περίπτωση, συναντάται περισσότερο στο δεύτερο χάρτη όπου παρατηρούνται αρκετές αλλοιώσεις, παραμορφώσεις, ανυψώσεις και κατεδαφίσεις κατά μήκος της ακτογραμμής στο κέντρο της πόλης (αριστερά), στην περιοχή Carrefour (κάτω) αλλά και στην περιοχή Gresslier, η οποία εντοπίζεται στα δυτικά της προηγούμενης. Να σημειωθεί πως τα κόκκινα τμήματα απεικονίζουν ρήγματα, μάλιστα σε κάποια τμήματα αυτών φαίνεται και η κίνησή τους, τα πορτοκαλί ανυψώσεις των παράκτιων δομών και τα πράσινα τμήματα, τέλος, χαοτικές ρηξιγενείς περιοχές.

ΠΟΤΑΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - Grise & Momanche - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ



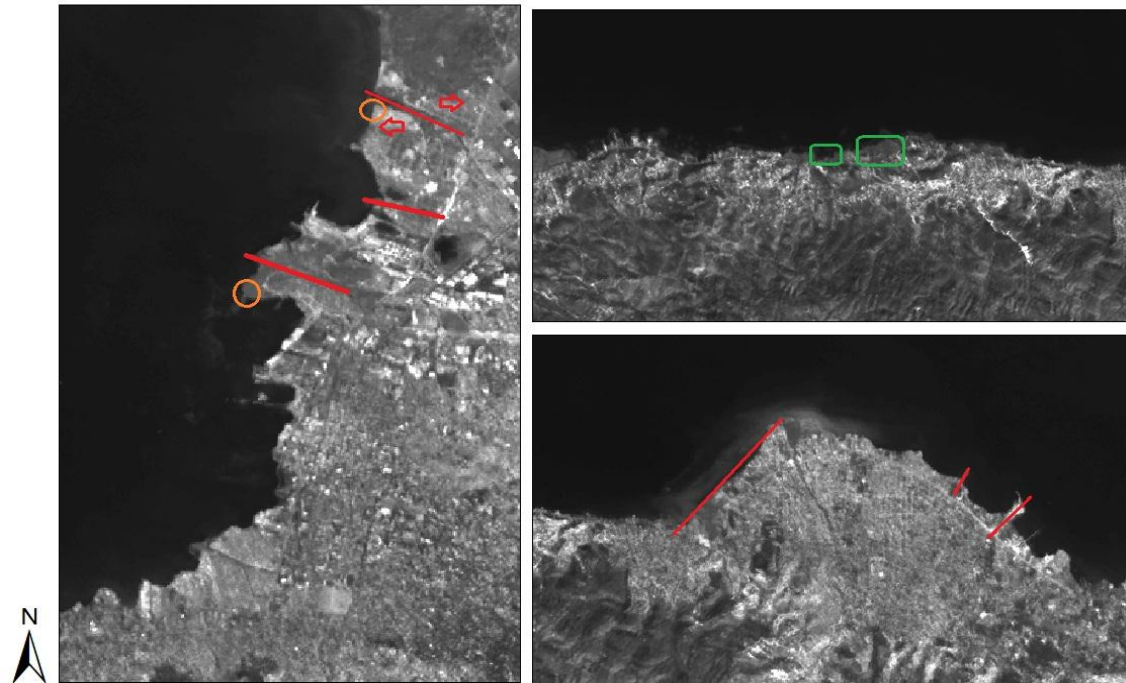
Χάρτης 11.22 που απεικονίζει τις αλλοιώσεις σε δύο από τα κύρια ποτάμια της πρωτεύουσας σύμφωνα με την πρώτη συνιστώσα

ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ 2 - ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΠΟΥ ΥΠΕΣΤΗΣΑΝ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ



Χάρτης 11.23 που απεικονίζει τις αλλοιώσεις στον αστικό ιστό της πρωτεύουσας μέσω της δεύτερης συνιστώσας

ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ Port-au-Prince, Gresslier & Carrefour - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ



Χάρτης 11.24 που απεικονίζει τις αλλοιώσεις στην ακτογραμμή της πρωτεύουσας μέσω της πρώτης συνιστώσας

11.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ENRIQUILLO-PLANTAIN GARDEN

Στη συνέχεια, όσον αφορά στις εικόνες συνιστώσες που προέκυψαν ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων των εικόνων της περιοχής του ρήγματος (Enriquillo-Plantain Garden) τα στατιστικά αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω στον πίνακα των ιδιοδιανυσμάτων (Πιν.11.17).

Πίνακας 11.17 ιδιοδιανυσμάτων

Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10
Band 1	0,267369	0,295586	0,322170	0,373006	0,386388	0,244670	0,264606	0,287798	0,336290	0,350887
Band 2	-0,248960	-0,291916	-0,319484	-0,318678	-0,306526	0,160752	0,310990	0,329355	0,401713	0,403504
Band 3	-0,034523	-0,063299	-0,074041	-0,021645	0,011010	0,949363	-0,158280	-0,132095	-0,190299	-0,093400
Band 4	0,033486	0,306768	0,415296	-0,171780	-0,507535	0,106131	0,351253	0,256073	0,022713	-0,494438
Band 5	-0,033440	-0,227693	-0,300109	0,127396	0,373637	0,020032	0,420475	-0,177651	0,371417	-0,595338
Band 6	-0,089552	-0,149870	-0,126835	0,096669	0,208974	-0,02192	-0,358379	0,819017	-0,118836	-0,294264
Band 7	0,028791	0,093791	0,111530	-0,044682	-0,153547	0,029217	-0,615863	-0,129980	0,732320	-0,137963
Band 8	0,787216	0,232592	-0,516480	-0,201771	-0,104658	0,002271	-0,014800	0,079658	-0,020075	-0,028349
Band 9	0,483944	-0,768268	0,402920	0,028972	-0,111227	-0,000198	0,002021	0,000369	-0,001746	0,000152
Band 10	-0,018514	-0,043176	-0,261717	0,812534	-0,518514	0,000100	0,009640	-0,009293	-0,005841	0,003877

Τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν από την επεξεργασία των δύο εικόνων του 2009 και 2011 της περιοχής του ρήγματος που τοποθετείται δυτικά της πρωτεύουσας. Τα κανάλια, λοιπόν, που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι τα πέντε θερμικά του 2009 και τα πέντε θερμικά του 2010.

Στην πρώτη συνιστώσα όλα τα ιδιοδιανύσματα είναι θετικά, όπως παρατηρείται συνήθως και συμβάλουν κατά ίδιο, περίπου, βαθμό συσχετισμού με την εικόνα συνιστώσα.

Κατόπιν, στη δεύτερη συνιστώσα, παρατηρείται τα πέντε πρώτα κανάλια (δηλαδή, η πρώτη εικόνα του 2009) να έχουν αρνητικές τιμές ενώ τα πέντε επόμενα (της εικόνας του 2011) θετικές τιμές. Έτσι, προκύπτει πως η δεύτερη συνιστώσα είναι αυτή που δίνει τη διαφοροποίηση και την αντίθεση μεταξύ των δύο ημερομηνιών. Παρόλα αυτά και σε αυτή την εικόνα-συνιστώσα φαίνεται να συνεισφέρουν ισόποσα όλες οι με μια μικρή υπέρβαση των δύο τελευταίων θερμικών καναλιών της εικόνας του 2011.

Όσον αφορά στην τρίτη συνιστώσα, όλα τα κανάλια πλην του τελευταίου της πρώτης εικόνας και του πρώτου της δεύτερης εικόνας είναι αρνητικά, ενώ περισσότερο φαίνεται να συσχετίζονται με τη συνιστώσα τα κανάλια 7, 8 και 9.

Όσον αφορά στην τέταρτη συνιστώσα, όλα τα ιδιοδιανύσματα παρουσιάζονται ως θετικά πλην των καναλιών 4, 5 και 10 με τις τελευταίες μπάντες να εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσά συσχετισμού με τη συνιστώσα.

Σχετικά με την πέμπτη εικόνα-συνιστώσα παρατηρείται το εξής: Οι μπάντες 1,2,3,8 και 10 παρουσιάζονται αρνητικές ενώ οι υπόλοιπες αρνητικές με το πέμπτο θερμικό κανάλι της δεύτερης εικόνας να εμφανίζει το μεγαλύτερο βαθμό συσχετισμού με την εικόνα συνιστώσα που αντιστοιχεί.

Έπειτα, αναφορικά με την έκτη συνιστώσα, τα κανάλια 4, 5 και 8 είναι θετικά και τα υπόλοιπα αρνητικά ενώ το τρίτο θερμικό της δεύτερης εικόνας εμφανίζει (συντριπτικά) το μεγαλύτερο βαθμό συσχετισμού σε σχέση με την εικόνα-συνιστώσα.

Όσον αφορά στην εικόνα-συνιστώσα 7, τα κανάλια 1,2, 3 και 9 είναι θετικά ενώ τα κανάλια 4,5,6,7,8 και 10 περιλαμβάνουν αρνητικές τιμές. Επιπλέον, οι μπάντες 7 και 9, αν και αντίθετου πρόσημου, παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσό συσχετισμού.

Στη συνέχεια, στην όγδοη συνιστώσα οι μπάντες 1, 2 και 8 είναι θετικές με τις υπόλοιπες να απαρτίζουν τις αρνητικές τιμές, ενώ το πρώτο κανάλι εκφράζει το μεγαλύτερο ποσό συσχετισμού.

Τελειώνοντας, στην ένατη συνιστώσα, φαίνεται πως τα κανάλια 2, 5, 6 και 9 συγκεντρώνουν τις αρνητικές τιμές ενώ τα υπόλοιπα κανάλια τις θετικές. Μάλιστα, το δεύτερο θερμικό κανάλι της πρώτης εικόνας είναι αυτό που εμφανίζει τον υψηλότερο βαθμό συσχετισμού.

Τέλος, τα κανάλια 4, 6, 7 και 10 αποτελούν τα θετικά κανάλια ενώ τα 1,2,3,5,8 και 9 τα αρνητικά. Το τέταρτο και πέμπτο θερμικό της πρώτης εικόνας είναι και τα κανάλια που παρουσιάζουν τα υψηλότερα ποσά συσχετισμού μεταξύ της συγκεκριμένης συνιστώσας και των αρχικών εικόνων.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας των ιδιοτιμών με το ποσό της πληροφορίας για κάθε συνιστώσα. Κατόπιν της επεξεργασίας των αρχικών δεδομένων και μετατρέποντάς τα ποσοστά επί τοις εκατό, προέκυψαν τα παρακάτω στατιστικά στοιχεία.

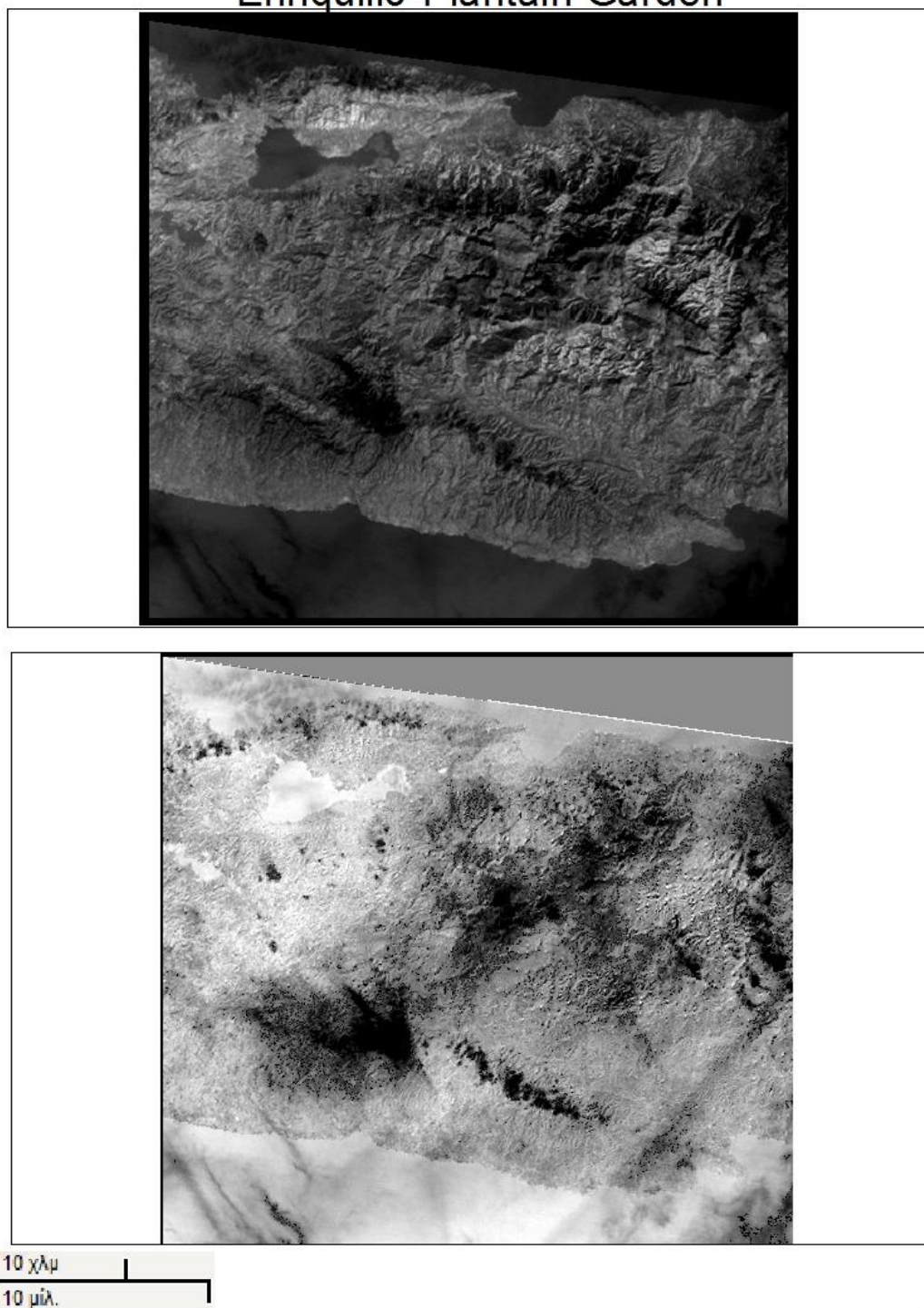
Πίνακας 11.17 ιδιοτιμών

	Eigenvalue	%
Band 1	137570,909076	87,2414388
Band 2	17384,022792	11,02418506
Band 3	1606,600823	1,018835801
Band 4	586,215619	0,371752243
Band 5	264,522277	0,167748430
Band 6	112,854332	0,071567269
Band 7	89,075226	0,056487603
Band 8	44,180314	0,028017218
Band 9	18,311624	0,011612429

Band 10	13,175213	0,008355142
Total	157689,867296	100

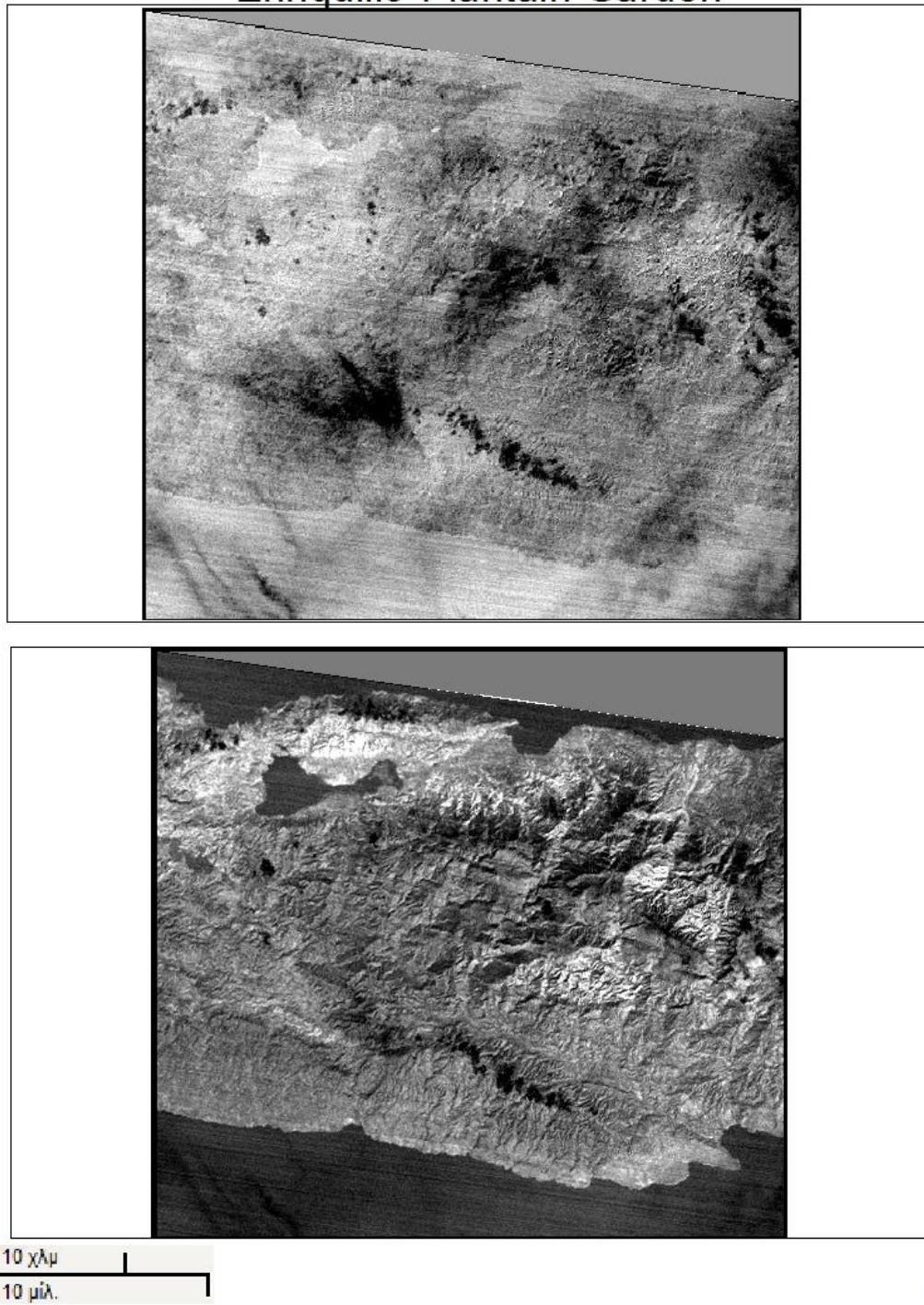
Καθώς παρατηρείται, στον παραπάνω πίνακα, η πρώτη κύρια συνιστώσα του θερμικού περιλαμβάνει το 87,24% της γενικής πληροφορίας. Η δεύτερη συνιστώσα το 11% περίπου και η τρίτη το 1,02%. Επομένως, οι συνιστώσες αυτές συγκεντρώνουν και την πλειοψηφία της γενικής πληροφορίας της εικόνας. Στη συνέχεια, οι συνιστώσες 4, 5, 6, 7, 8, 9 και 10 περιέχουν τα ποσοστά 0,37%, 0,17%, 0,07%, 0,06, 0,03%, 0,02%, 0,008% περίπου, αντίστοιχα. Μάλιστα, είναι και οι συνιστώσες που συγκεντρώνουν το θόρυβο της εικόνας. Σε σύνολο, αθροιστικά, όλες οι συνιστώσες συγκεντρώνουν το 100% της γενικής πληροφορίας.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ 1 & 2 ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ Enriquillo-Plantain Garden



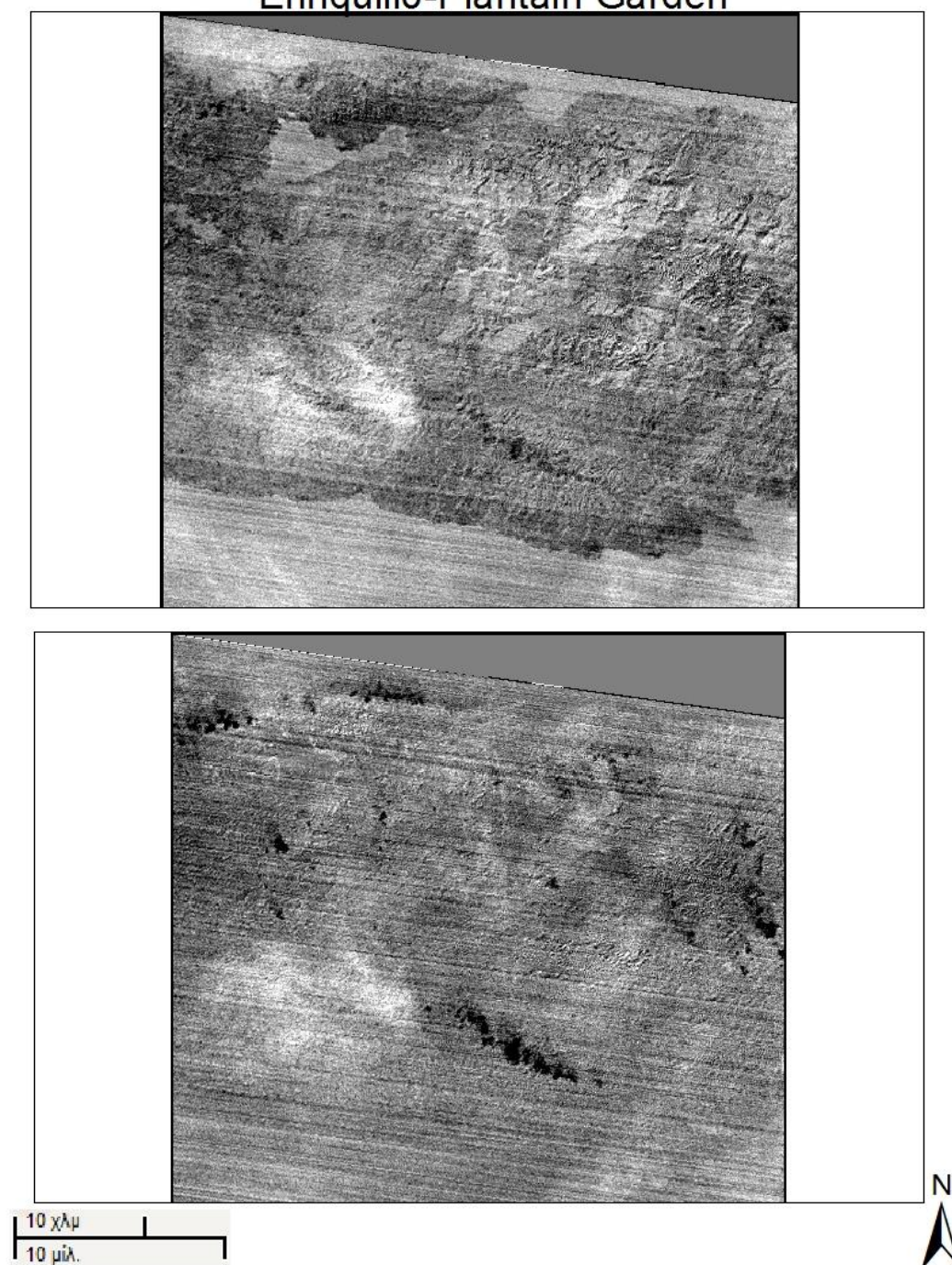
Χάρτης 11.25 -Οι εικόνες-συνιστώσες 1 και 2 όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ 3 & 4 ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ Enriquillo-Plantain Garden



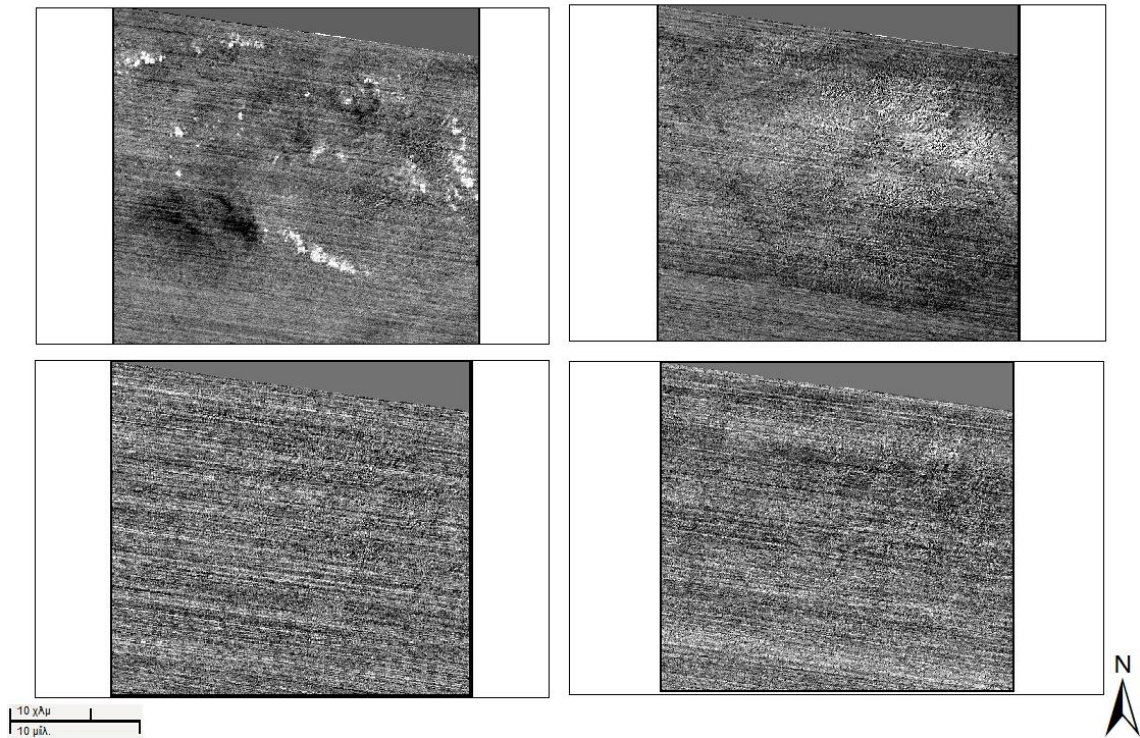
Χάρτης 11.26 - Οι εικόνες-συνιστώσες 3 και 4 όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ 5 & 6 ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ Enriquillo-Plantain Garden



Χάρτης 11.27 - Η εικόνες-συνιστώσες 5 και 6 όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ 7 ΕΩΣ 10 ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ - Enriquillo-Plantain Garden

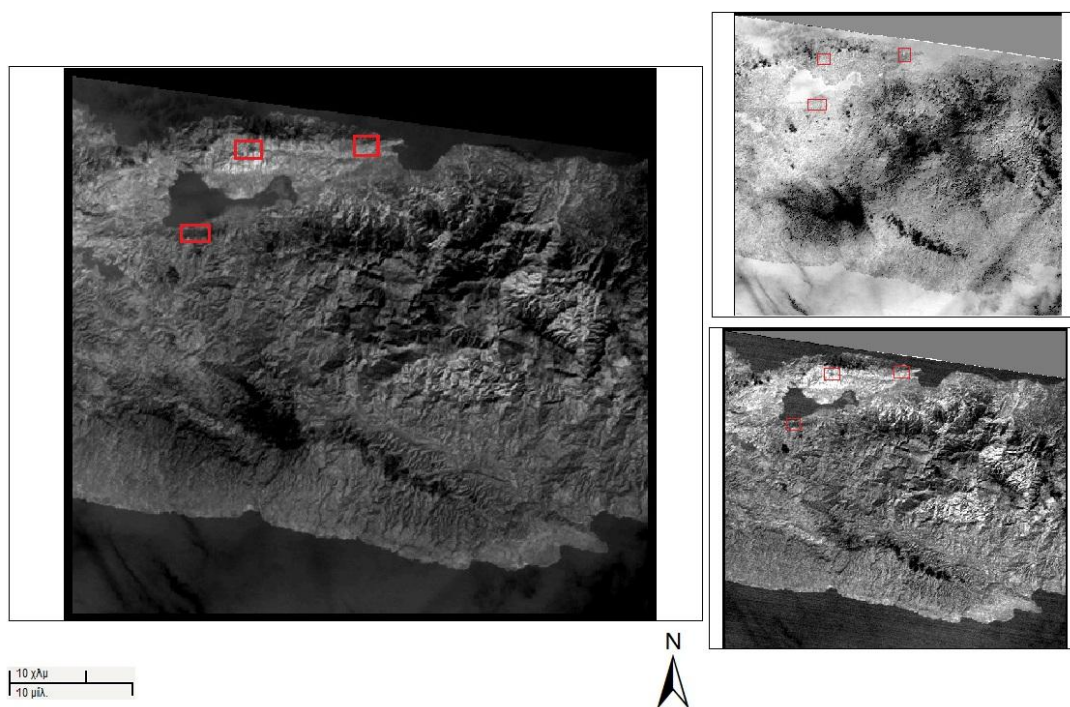


Χάρτης 11.28- Οι εικόνες-συνιστώσες 7 έως 10 όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης κυρίων συνιστωσών στην περιοχή της πρωτεύουσας

Στους παραπάνω χάρτες, λοιπόν, παρουσιάζονται οι δέκα εικόνες-συνιστώσες όπως προέκυψαν κατόπιν της επεξεργασίας των θερμικών καναλιών της περιοχής του ρήγματος. Μάλιστα, στις εικόνες αυτές φαίνεται το ρήγμα, το οποίο εντοπίζεται στα βορειοδυτικά της εικόνας. Εντοπίζεται στα βόρεια και νότια της λίμνης Leogane. Το επίκεντρο εντοπίζεται στα ανατολικά της εικόνας, χωρίς, όμως, να εντοπίζεται εντός των ορίων της. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το ρήγμα και γενικότερα η τοπογραφία της περιοχής ειδικά στις συνιστώσες 1 και 4, φαίνεται πολύ καθαρά μιας και τα όργανα που σαρώνουν στα μήκη κύματος του θερμικού, έχουν ως χαρακτηριστικό να εξάγουν αποτελέσματα όπου τονίζεται η τοπογραφία όσον αφορά στα πετρώματα κυρίως. Από την άλλη οι υπόλοιπες συνιστώσες, εξαιτίας και της νεφοκάλυψης δεν προσφέρουν σημαντικού επιπέδου πληροφορία ενώ φανερό είναι

πως οι συνιστώσες 6 έως 10, κυρίως, εμπεριέχουν το σύνολο του θορύβου της εικόνας και έτσι δεν προσφέρονται προς περαιτέρω ανάλυση.

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΣΤΗΚΑΝ ΑΠΟ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ



Χάρτης 11.29 απεικόνισης δομών παραμόρφωσης κατά μήκος του ρήγματος σύμφωνα με την πρώτη κύρια συνιστώσα στο θερμικό

Στο σημείο αυτό, (καλό είναι) να αναφερθεί πως η τεχνική των Κυρίων Συνιστωσών έχει εφαρμοστεί τόσο για τα κανάλια του ορατού και κοντινού υπερύθρου όσον αφορά στην περιοχή του ρήγματος (Enriquillo-Plantain Garden Fault Zone) αλλά και τα θερμικά κανάλια της πρωτεύουσας (Port-au-Prince). Σε καμιά, όμως, των παραπάνω περιπτώσεων δεν προέκυψαν αποτελέσματα, τόσο οπτικά όσο και στατιστικά, ικανοποιητικά ώστε να θεωρηθούν πολύτιμα και πως περιέχουν σημαντική πληροφορία για τη συγκεκριμένη έρευνα. Δεν προέκυψε, επομένως, σε καμιά εκ των δύο περιπτώσεων, συνιστώσα που να παρουσιάζει αντίστροφη εναλλαγή πρόσημων και να εμφανίζει κατ' επέκταση διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο ημερομηνίες (πριν και μετά).

12. ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δείκτες βλάστησης (vegetation indices) αποτελούν μέτρο για την εκτίμηση της βιομάζας ή της υγείας της βλάστησης. Ένας δείκτης βλάστησης δημιουργείται από το συνδυασμό των ψηφιακών τιμών σε διάφορα φασματικά κανάλια, οι οποίες προστίθενται, διαιρούνται ή πολλαπλασιάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγεται μια μοναδική τιμή για κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας η οποία υποδεικνύει την ποσότητα και το επίπεδο της υγιούς βλάστησης που υπάρχει σε αυτό. Τα φασματικά κανάλια που επιλέγονται είναι στις περιοχές του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου, στις οποίες ως γνωστό η βλάστηση παρουσιάζει φασματική απόκριση η οποία είναι αντίστροφη με αυτή των γυμνών από βλάστηση επιφανειών. Η αντίστροφη αυτή μεταβολή ελαττώνεται με τη γήρανση ή τη ξήρανση της βλάστησης, ή την εκδήλωση ασθένειας.

Οι δείκτες βλάστησης, γενικότερα, έχουν αποδειχθεί ως πολύ χρήσιμα εργαλεία για τη μελέτη της βλάστησης, η ερμηνεία τους θα πρέπει, όμως, να γίνεται με περισσότερο ποιοτικό παρά ποσοτικό τρόπο. Οι τιμές τους επηρεάζονται και από παράγοντες που δε σχετίζονται με το φύλλωμα της βλάστησης, όπως η γωνία κατόπτρευσης του δορυφόρου, η επιφάνεια του εδάφους, και ο προσανατολισμός και η πυκνότητα των συστάδων στην περίπτωση μιας καλλιέργειας. Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις η ατμοσφαιρική επίδραση αλλάζει σημαντικά τις τιμές των δεικτών βλάστησης, καθώς η ένταση της απορρόφησης και σκέδασης από την ατμόσφαιρα διαφοροποιείται από κανάλι σε κανάλι. Καθώς το μήκος διαδρομής της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται με τη γωνία κατόπτρευσης, οι τιμές των δεικτών μπορεί να διαφέρουν από σημείο σε σημείο στην εικόνα.

Αν και η διαδικασία της προεπεξεργασίας της εικόνας μπορεί μερικές φορές να διευθετήσει αυτά τα προβλήματα, εξακολουθεί να είναι δύσκολη η σύγκριση των τιμών ενός δείκτη βλάστησης διαχρονικά λόγω της διαφοροποίησης των εξωτερικών αυτών παραγόντων.

Ο Κανονικοποιημένος Διαφορικός Δείκτης Βλάστησης NDVI (Normalized Differential Vegetation Index)

$$NDVI = NIR - Red / NIR + Red$$

Ο δείκτης αυτός παρέχει την ίδια πληροφορία με του SR αλλά το εύρος των τιμών που περιορίζεται σημαντικά έτσι ώστε οι στατιστικές παράμετροι των τιμών του να είναι πιο αξιόπιστες. Η χρήση του είναι ευρεία σε εφαρμογές εκτίμησης της βιομάζας, των μεταβολών της βλάστησης στο χώρο και το χρόνο, στην εκτίμηση της διάρκειας της περιόδου ανάπτυξης και των περιόδων ξηρασίας και στον εντοπισμό περιοχών οικολογικού ενδιαφέροντος.

Ο NDVI, λοιπόν, έχει αποδειχθεί να έχει ένα εξαιρετικά μεγάλο (και αυξανόμενο) φάσμα εφαρμογών. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση συνθηκών βλάστησης και ως εκ τούτου παρέχει έγκαιρη προειδοποίηση σχετικά με την ξηρασία και την έλλειψη βρώσιμων καρπών.

Με την εφαρμογή, λοιπόν, του υπολογισμού του δείκτη βλάστησης, δημιουργείται μία νέα ασπρόμαυρη εικόνα, κάθε εικονοστοιχείο της οποίας παριστάνει τη διαίρεση της φωτεινότητας των εικονοστοιχείων των δύο αρχικών εικόνων. Έτσι, οπτικά φαίνεται πως οι περιοχές που καλύπτονται από βλάστηση αποδίδονται με ανοιχτότερες αποχρώσεις του γκρι έως και λευκές λόγω της υψηλής ανάκλασης που αυτή παρουσιάζει στο κοντινό υπέρυθρο και την αντίστοιχη χαμηλή στο ορατό, ενώ οι υδάτινες μάζες εμφανίζονται με μαύρο χρώμα.

Ο δείκτης NDVI παρουσιάζει ορισμένες αδυναμίες. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα λεπτά σύννεφα μπορούν να επηρεάσουν τον υπολογισμό NDVI με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων. Όταν η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλή, ό,τι είναι κάτω από την κόμη της βλάστησης συμβάλλει στο καταγραφόμενο σήμα ανάκλασης. Αυτό μπορεί να είναι γυμνό έδαφος, κατάλοιπα βλάστησης ή κάποιο άλλο είδος βλάστησης. Καθένα από αυτά έχει διαφορετική και ιδιαίτερη φασματική απόκριση από την βλάστηση που μελετάται (Καρτάλης, Φειδάς, 2006).

12.2 Μηνιαίοι Χάρτες NDVI

Οι μηνιαίοι δείκτες NDVI αποτελούν μια σύνθεση των τιμών NDVI από παρατηρήσεις που έχουν γίνει δίχως την παρουσία νεφών στη διάρκεια του μήνα από το δορυφόρο NOAA. Συνήθως, κατά τη διάρκεια της ημέρας, εν απουσία νεφών, πραγματοποιούνται μία, καμιά φορά και δύο παρατηρήσεις την ημέρα. Τα δορυφορικά δεδομένα υφίστανται αρχικά επεξεργασία σε ένα πλέγμα τιμών 0.01x0.01 και στη συνέχεια εξάγεται ο μέσος όρος τους σε ένα πλέγμα τιμών

0.05x0.05 (USGS). Τα αποτελέσματα είναι σε διαθεσιμότητα λίγες ημέρες ύστερα από το πέρας του μήνα.

Οι τοπικοί χάρτες βασίζονται άμεσα στο πλέγμα τιμών 0.05x0.05, έτσι μπορεί να υπάρχουν κάποιες μικρές διαφορές στις λεπτομέρειες μεταξύ ενός εθνικού χάρτη και ενός περιφερειακού.

12.2 Μηνιαίοι Χάρτες NDVI

Ο δείκτης NDVI δεν αποτελεί απόλυτο μέτρο πρωτογενούς παραγωγής. Επίσης, λόγω της βραχείας περιόδου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό στατιστικών στοιχείων, η τυποποιημένη μέθοδος NDVI ανάλυσης σφαλμάτων μπορεί να είναι λιγότερο αντιπροσωπευτική σε ότι αφορά στη μελέτη των ομαλών συνθηκών απ' ότι στη μελέτη που κάνει αναλύοντας τη μελέτη των βροχοπτώσεων όπου χρησιμοποιούνται πάνω από 100 καταγραφών στοιχείων σε σύγκριση με το 17ετές ρεκόρ του δείκτη (USGS).

12.4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στη συγκεκριμένη εργασία έχει εφαρμοστεί η τεχνική υπολογισμού του δείκτη βλάστησης NDVI τόσο στην εικόνα που απεικονίζει την πρωτεύουσα της Αϊτής (Πορτ-ο-Πρενς) που καλύπτεται κυρίως από δομικό περιβάλλον, περιλαμβάνοντας, ωστόσο κάποια πάρκα και ορισμένες “γυμνές” περιοχές όσο και στην εικόνα που απεικονίζει τμήμα του ρήγματος και τοποθετείται στα δυτικά της περιοχής Carrefour, περιλαμβάνοντας επίσης τις περιοχές Petit και Grand Goave που επηρεάστηκαν έντονα από το σεισμό.

Η εφαρμογή των δεικτών έχει εφαρμοστεί εις αμφοτέρω τα λογισμικά περιβάλλοντα ENVI και ERDAS περισσότερο με σκοπό τη σύγκριση και επαλήθευση των εξαγόμενων.

Καθώς παρήχθησαν τα εξαγόμενα, δημιουργήθηκε ένα αρχείο με τα NDVI των δύο ημερομηνιών (του 2009 και του 2010 για το Πορτ-ο-Πρενς και του 2009 και 2011 για την περιοχή του ρήγματος), δηλαδή ένα αρχείο stack. Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, αυτό το αρχείο δημιουργήθηκαν ψευδαίχρωμες εικόνες για το δείκτη βλάστησης οι οποίες συνεισέφεραν στην ανάλυση της βλάστησης και όχι μόνο των περιοχών μελέτης. Να σημειωθεί πως για την εμφάνιση των ψευδαίχρωμων εικόνων

επιλέχθηκαν με την ακόλουθη σειρά τα αρχεία: R: NDVI 09, G: NDVI 09, B: NDVI 10 για την περιοχή του Πορτ-ο-Πρενς ενώ για την περιοχή του ρήγματος η σειρά ήταν η εξής: R: NDVI 09, G: NDVI 09, B: NDVI 11.

Το αποτέλεσμα είναι μια εικόνα κατά βάση ασπρόμαυρη στην οποία περιέχονται απεικονίσεις οντοτήτων κίτρινες και μπλε. Οι κίτρινες οντότητες αποτελούν χωρία που παρείχαν ανάκλαση το '09 αλλά όχι το '10 (μαύρη απεικόνιση) και αυτό προκύπτει καθώς το πράσινο σε συνδυασμό με το ερυθρό χρώμα μας δίνει το κίτρινο ενώ οι μπλε οντότητες παρείχαν έντονη ανάκλαση το '10 (για το Πορτ-ο-Πρενς) ή το '11 (για το Enriquillo-Plantain-Garden) και όχι το '09.

Παρακάτω φαίνονται οι εικόνες για τις οποίες μόλις έγινε λόγος. Όσον αφορά στην εικόνα της πρωτεύουσας, οι μεγαλύτερες αλλαγές παρατηρούνται, κυρίως, στην ακτογραμμή αλλά και σε κάποια μεμονωμένα χωρία του κέντρου. Μάλιστα παρατηρείται πως ορισμένα σημεία φαίνεται να έχουν «εξαφανιστεί» ενώ κάποια άλλα να έχουν “προκύψει”. Σχετικά, τώρα, με την εικόνα του ρήγματος, εδώ οι μεγαλύτερες αλλαγές εντοπίζονται στις απολήξεις-ακτογραμμής, ή της λίμνης καθώς και στα τμήματα των ποτάμιων συστημάτων που υπάρχουν στην εικόνα.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ '09 (NDVI) - Port-au-Prince



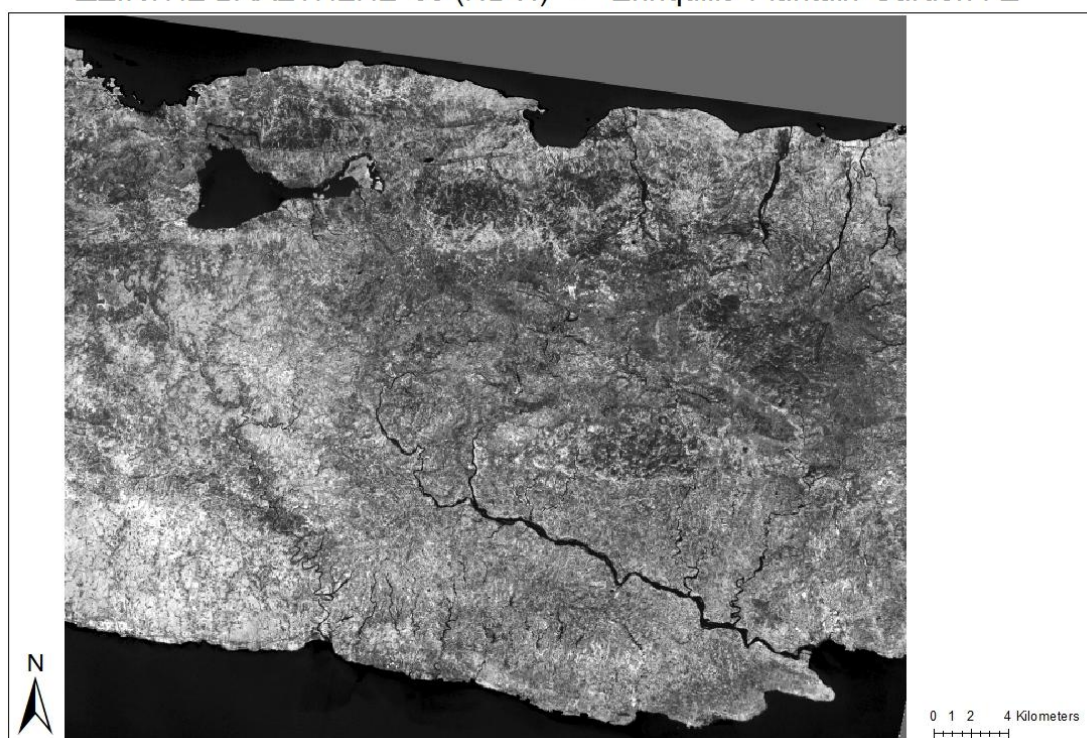
Χάρτης 12.30 -Ο δείκτης βλάστησης όπως προέκυψε για την περιοχή της πρωτεύουσας πριν το σεισμό

ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ '10 (NDVI) - Port-au-Prince



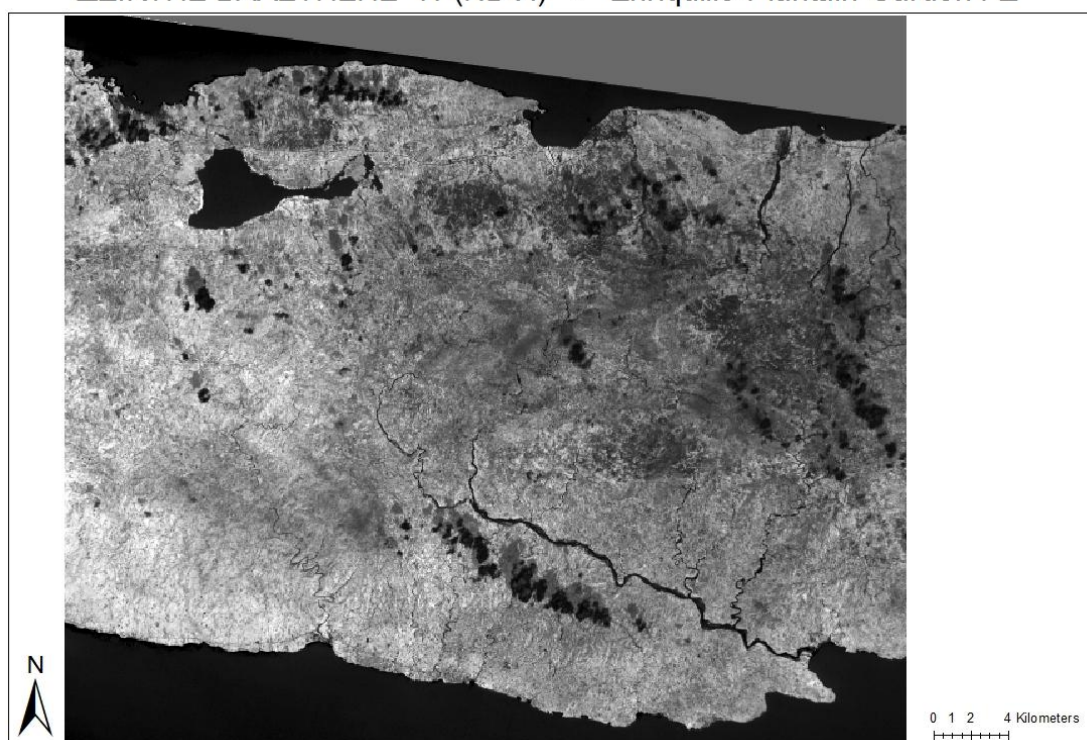
Χάρτης 12.31- Ο δείκτης βλάστησης όπως προέκυψε για την περιοχή της πρωτεύουσας μετά το σεισμό

ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ '09 (NDVI) - Enriquillo-Plantain-Garden FZ



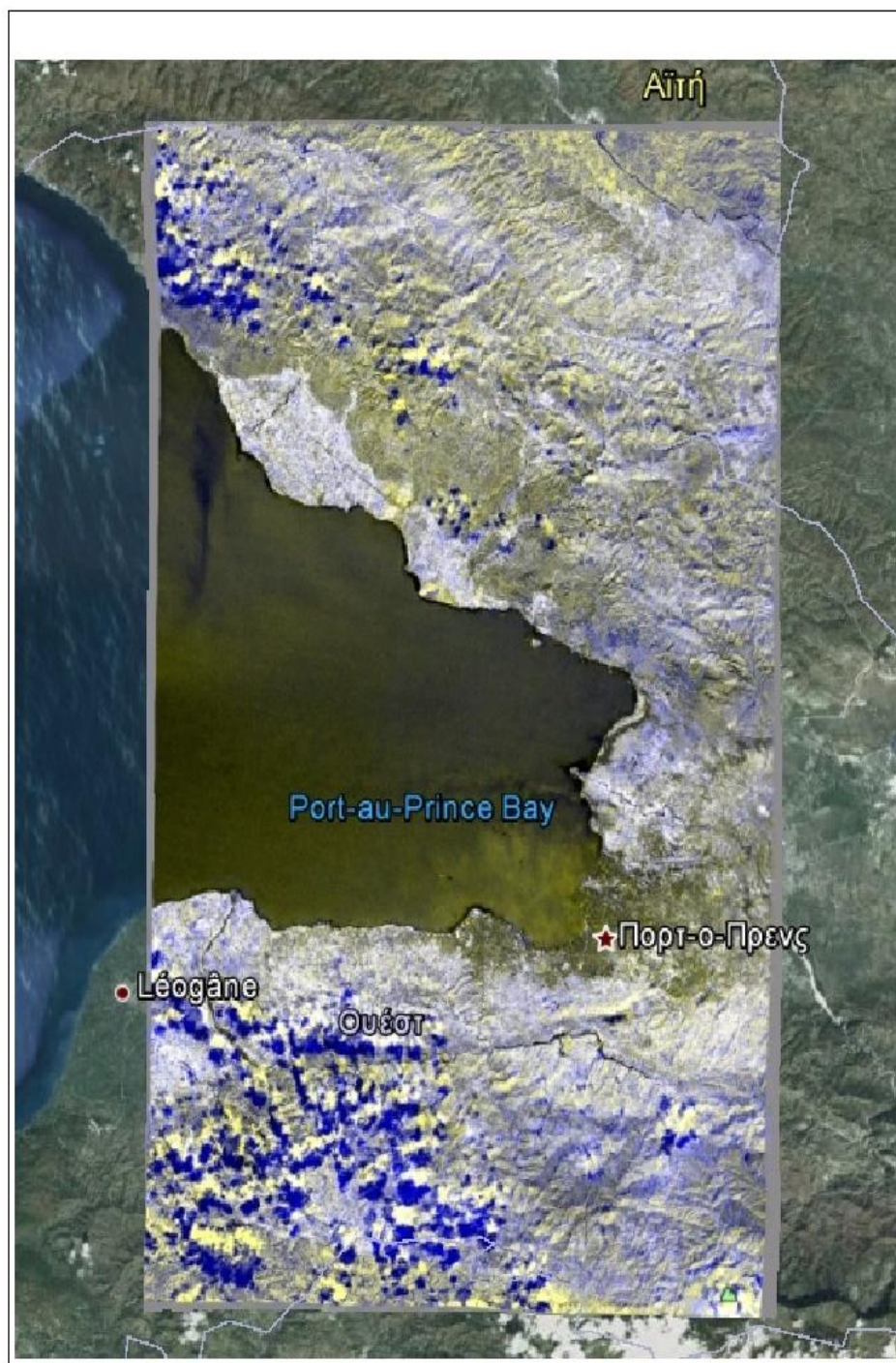
Χάρτης 12.32 - Ο δείκτης βλάστησης όπως προέκυψε για την περιοχή του ρήγματος πριν το σεισμό

ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ '11 (NDVI) - Enriquillo-Plantain-Garden FZ

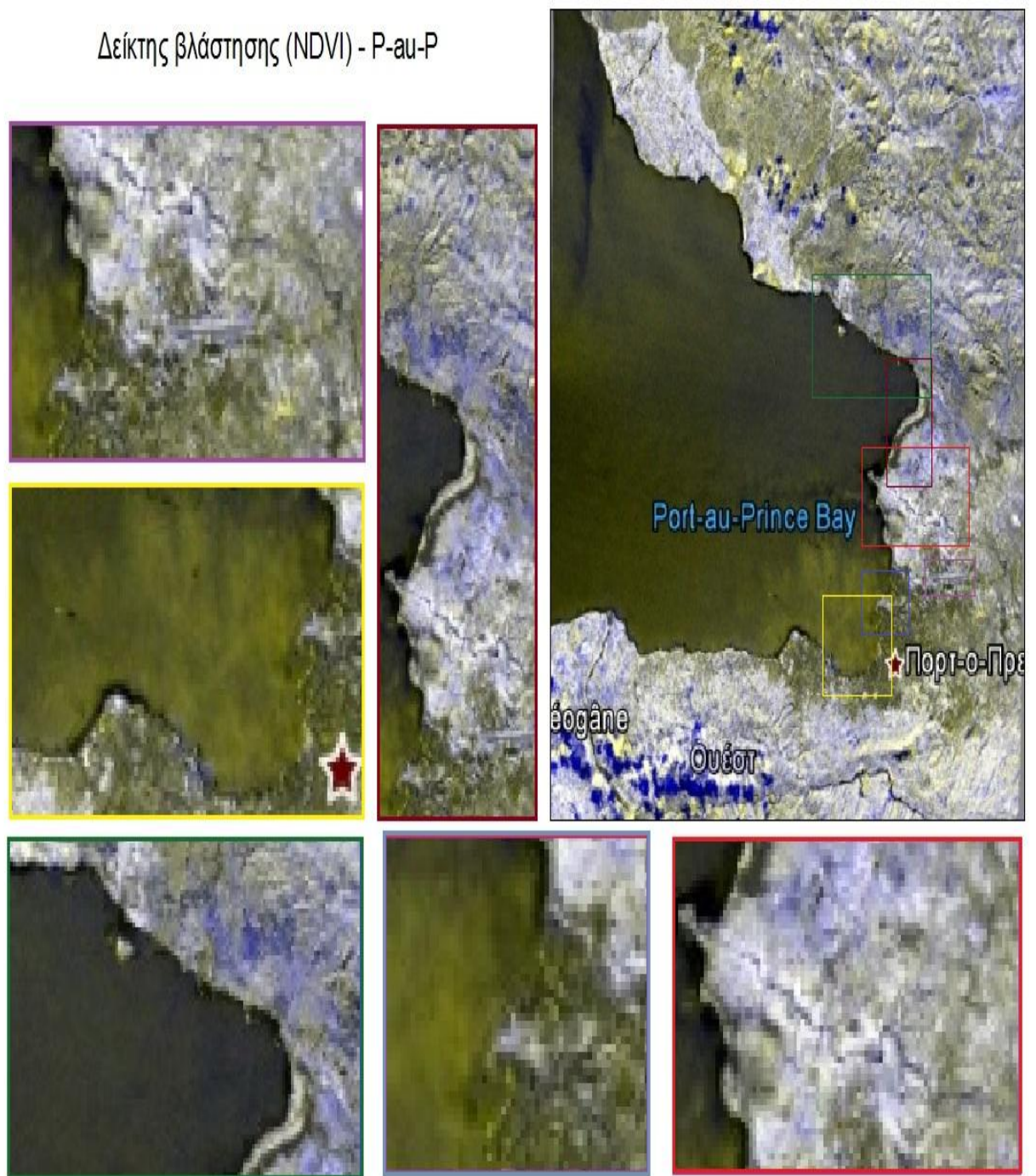


Χάρτης 12.33 - Ο δείκτης βλάστησης όπως προέκυψε για την περιοχή του ρήγματος
μετά το σεισμό

Δείκτης Βλάστησης (NDVI) - Port-au-Prince

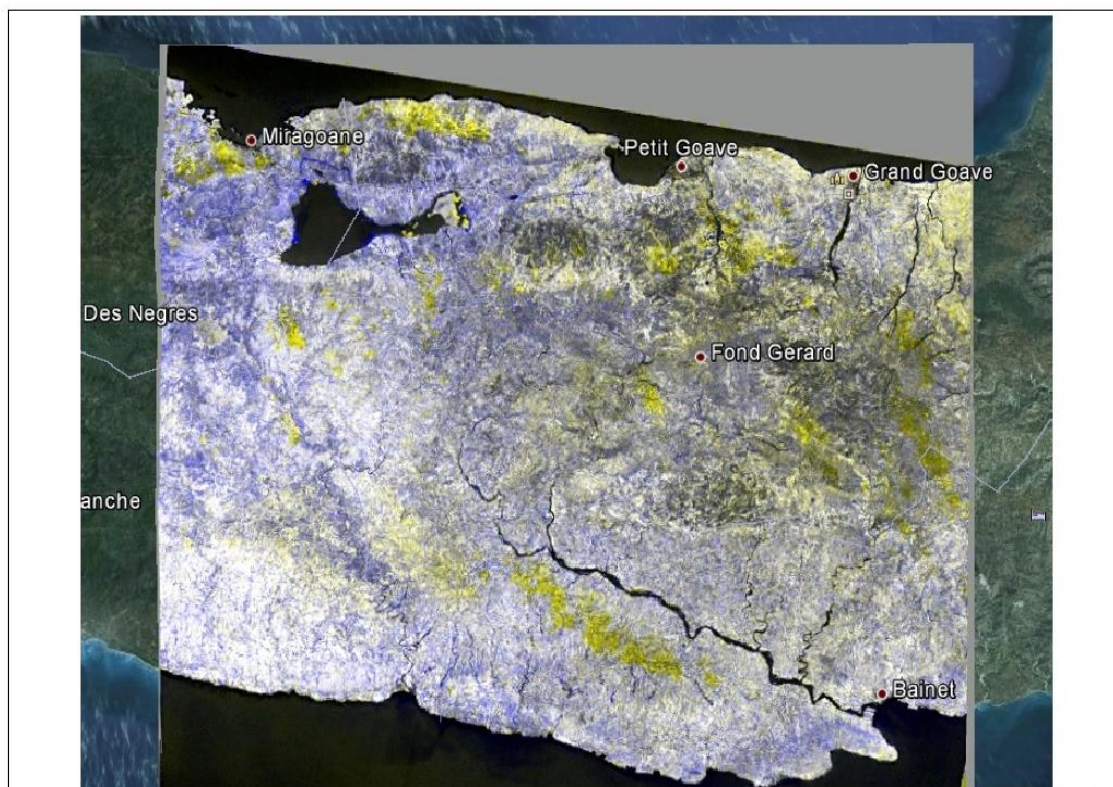


Χάρτης 12.34-Ο δείκτης βλάστησης έχοντας εισαχθεί στο περιβάλλον του Google earth

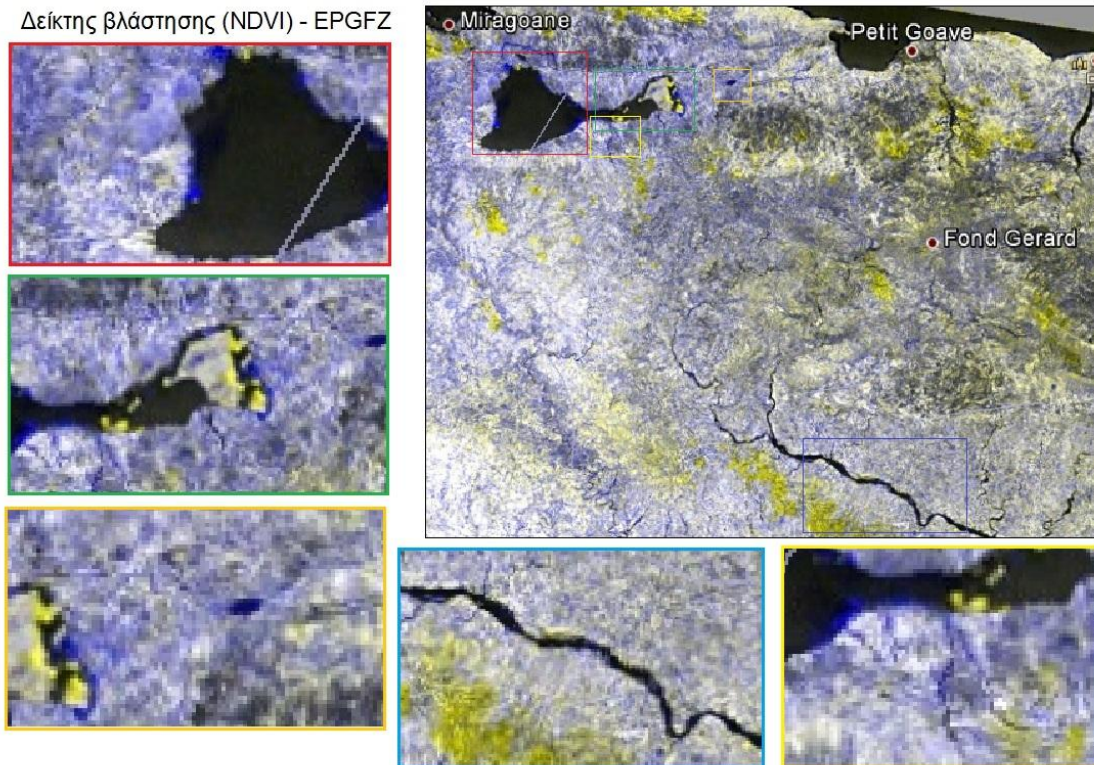


Χάρτης 12.35 - Εντοπισμός περιοχών που υπέστησαν αλλαγές όπως παρατηρήθηκαν από τη μελέτη δυο δείκτη βλάστησης για την περιοχή της πρωτεύουσας

Δείκτης βλάστησης (NDVI) - EPGFZ



12.36-Ο δείκτης βλάστησης της περιοχής του ρήγματος έχοντας εισαχθεί στο περιβάλλον του Google earth



Χάρτης 12.37- Εντοπισμός περιοχών που υπέστησαν αλλαγές όπως παρατηρήθηκαν από τη μελέτη δυο δείκτη βλάστησης για την περιοχή του ρήγματος

Να σημειωθεί επίσης πως με τη λειτουργία που παρέχει τη δυνατότητα να εξαχθεί μια εικόνα ως αρχείο xml και να πραγματοποιηθεί περαιτέρω επεξεργασία με την εφαρμογή του *google earth* και έτσι να γίνει πιο λεπτομερής και αξιόλογη ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Αξίζει να επισημανθεί, στο σημείο αυτό, πως οι οντότητες που εμφανίζονται αρκετά λευκές αποτελούν χώρους πρασίνου-υγιούς βλάστησης. Να ειπωθεί, μάλιστα, πως η εικόνα του ρήγματος που περιέχει περισσότερες “λευκές” περιοχές, περιέχει, συνεπώς και περισσότερες εκτάσεις πρασίνου από την εικόνα της πρωτεύουσας. Πράγμα που είναι φυσικό μιας και πρόκειται για έκταση που δεν είναι τόσο εκτεταμένα δομημένη και δεν έχει επέλθει ο ανθρώπινος παράγοντας τόσο όσο στην άλλη. Από την άλλη οι περιοχές που απεικονίζονται με αποχρώσεις του μαύρου και σκούρου γκρι αποτελούν γυμνά πετρώματα είτε δομικό περιβάλλον κατά κύριο λόγο. Αυτό εξηγείται εύκολα μιας και πρόκειται για περιοχές που δεν περιέχουν βλάστηση ώστε να αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία.

Αναλυτικότερα θα γίνει, παρακάτω, παρουσίαση και ανάλυση των σημαντικότερων “αλλαγών” όπως αυτές παρατηρούνται μέσω των ψευδαίχρωνων εικόνων που δημιουργήθηκαν.

Σχετικά με την εικόνα της ζώνης του ρήγματος Enriquillo Plantain Garden. Κατά κύριο λόγο, πρώτα απ’ όλα θα πρέπει να επισημανθεί πως οι κίτρινες σκιές που φαίνονται διάσπαρτα σε όλη την έκταση της εικόνας αποτελούν νέφη τα οποία υπήρχαν στην τοποθεσία τη στιγμή που έγινε η λήψη της εικόνας το 2011. Τα νέφη αυτά δεν υπήρχαν κατά τη λήψη της αντίστοιχης εικόνας της περιοχής το 2009. Οπότε αποτελούν οντότητες που υφίστανται το 2011 όχι όμως το 2009. Επίσης τα νέφη αποτελούν οντότητες που περιέχουν ύδωρ. Συνεπώς, το 2011 απορροφούσαν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία ως υδάτινες μάζες μη εκπέμποντας καθόλου ακτινοβολία και έτσι απεικονίζονταν ως μαύρα σώματα. Το 2009, όμως, μιας και δεν υπήρχαν νέφη στην περιοχή και μιας και πρόκειται για περιοχές που ως επί το πλείστον αποτελούν βλαστώδεις εκτάσεις, εξέπεμπαν ακτινοβολία. Το αποτέλεσμα είναι τα νέφη να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα, δηλαδή να περιέχουν την απόχρωση που μας δίνουν οι οντότητες που είχαν υψηλά ανάκλαση το 2009.

Άλλη οντότητα που αξίζει να αναλυθεί λόγω των αξιόλογων μεταβολών είναι η λίμνη Etang de Miragoane που βρίσκεται κοντά στην πόλη Miragoane και εκβάλλει στα βόρεια μέσω μιας στενής σχισμής στα βόρεια, στον κόλπο του Gonave, καλύπτοντας έκταση περίπου 15 χλμ². Αποτελεί μια μεγάλη λίμνη που είναι πολύ σημαντική για τη ζωή των Αϊτινών της περιοχής. Ο δρόμος περνάει πολύ κοντά στη λίμνη, γεγονός που προκαλεί πολλαπλά ατυχήματα ροπής των βαρέων οχημάτων στη λίμνη ενώ το νερό της λίμνης βρίσκεται σε ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα με αποτέλεσμα το νερό να “αγγίζει” σχεδόν το οδικό δίκτυο.

Παρατηρούνται, λοιπόν, σε αυτή τη λίμνη διαφοροποιήσεις τόσο στη βλάστηση όσο και στις αποθέσεις της και το σχήμα της. Μάλιστα οι διαφορές, κυρίως, εντοπίζονται στην ακτογραμμή της λίμνης αλλά και στη νησιωτική οντότητα που εμφανίζεται στα ανατολικά της λίμνης η οποία στο πέρασμα των χρόνων άλλαξε αρκετά το σχήμα της χάνοντας ή “αποκτώντας” εδάφη. Αν παρατηρηθεί στο χάρτη, οι μπλε οντότητες που παρατηρούνται στην ακτογραμμή της λίμνης αλλά και στην οντότητα στα δυτικά, αποτελούν περιοχές με βλάστηση που προέκυψαν τα πρόσφατα έτη. Πρόκειται, συνεπώς για “πράσινες περιοχές” που δεν υπήρχαν το 2009. Επομένως, αφού το 2009 στη θέση τους υπήρχε νερό, απορροφούσαν την ηλιακή

ακτινοβολία πλήρως και δεν εξέπεμπαν ακτινοβολία ενώ το 2011 όντας βλάστηση ακτινοβολούσαν ισχυρά την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα πια να απεικονίζονται με μπλε χρώμα, δηλαδή το χρώμα που ακτινοβολεί το 2011. Η λίμνη έχει σχήμα που στα δυτικά παρουσιάζεται αρκετά κυκλική ενώ στα ανατολικά στενεύει δημιουργώντας έναν μικρό ισθμό και στη συνέχεια διευρύνει το σχήμα της παρουσιάζοντας άλλη μια κοιλότητα - μικρότερη από εκείνη στα δυτικά. Λοιπόν, στη δυτική κοιλότητα, κυρίως παρουσιάζονται περιοχές που εμφάνισαν βλάστηση στα νεότερα χρόνια: στα δυτικά ακριβώς όπου παρατηρείται μια μεγάλης έκτασης περιοχή, στα δυτικά-βορειοδυτικά, επίσης, μια κυκλική μικρή περιοχή και κάποιες μεμονωμένες βλαστώδεις περιοχές στα ανατολικά-βορειοανατολικά. Αυτές οι περιοχές, επομένως, αποτελούν παραλίμνια βλάστηση, πιθανόν αποτελούμενη από καλαμιές και πυκνή χορτώδη βλάστηση. Συνεχίζοντας στα ανατολικότερα, στην περιοχή του ισθμού που δημιουργείται, παρατηρούνται περιοχές όπως αυτές που προαναφέραμε κυρίως στα νότια του ισθμού αλλά και κάποιες μικρότερης έκτασης κυρίως στα βόρεια και δυτικά του ισθμού.

Από την άλλη πλευρά στην ακτογραμμή της λίμνης παρατηρούνται και κάποιες οντότητες κίτρινου χρώματος. Οι οντότητες αυτές αποτελούν χωρία τα οποία υπήρχαν το 2009 αλλά για κάποιους λόγους σιγά - σιγά εξαφανίστηκαν με αποτέλεσμα στην εικόνα του 2011 να μην υπάρχουν. Επομένως, προφανώς, πρόκειται για περιοχές όπου λογικά υπήρχε βλάστηση το 2009 με αποτέλεσμα να εξέπεμπαν έντονα την ηλιακή ακτινοβολία το 2009 ενώ το 2011 όντας οντότητες που καλύφθηκαν από υγρό στοιχείο απορροφούσαν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία εκπέμποντας μαύρο χρώμα. Επομένως στην ψευδαίχρωμη εικόνα που έχουμε δημιουργήσει, φαίνονται ως κίτρινες οντότητες, δηλαδή περιέχουν μόνο την ακτινοβολία από την ημερομηνία του 2009. Δηλαδή, ουσιαστικά, οι οντότητες αυτές σήμερα δεν υφίστανται. Τέτοιου επιπέδου οντότητες εντοπίζονται μικρής έκτασης στη δυτική κοιλότητα της λίμνης στα βόρειο-βορειοδυτικά, μία αξιοπρόσεκτη στα δυτικά αλλά κυρίως στην περιοχή του ισθμού δύο κύριες οντότητες στα νότια του ισθμού αυτού οι οποίες και εξαφανίστηκαν με το πέρασμα των χρόνων. Έτσι, λοιπόν, μπορεί να πρόκειται για οντότητες που βυθίστηκαν, ίσως λόγω του σεισμικού γεγονότος, πληροφορία που προφανώς δε γνωρίζουμε λόγω έλλειψης σχετικών στοιχείων.

Τέλος, όσον αφορά στη νησιωτική οντότητα που εντοπίζεται στην ανατολική κοιλότητα της λίμνης παρουσιάζονται αρκετές διαφοροποιήσεις στο πέρασμα των χρόνων. Συγκεκριμένα αυτό που θα έπρεπε να επισημανθεί πρώτα απ' όλα είναι πως ένα αρκετά μεγάλο ορθογώνιο τμήμα στα ανατολικά της νησιωτικής οντότητας αυτής έχει αφανιστεί καθώς και μια πολύ μικρότερη αλλά εξίσου σημαντική οντότητα που εντοπίζεται στα νοτιοανατολικά της μεγαλύτερης στην ανατολική μικρή κοιλότητα της λίμνης. Πρόκειται, λοιπόν, για περιοχές που προφανώς αποτελούσαν βλάστηση και βρίσκονταν πάνω από την επιφάνεια της λίμνης εκπέμποντας ηλιακή ακτινοβολία (κίτρινο χρώμα) το 2009 ενώ αργότερα με τον αφανισμό τους και τη βύθισή τους κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, όντας υδάτινες, πια, μάζες απορροφούν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία μη εκπέμποντας πια πάρα μαύρο χρώμα. Άρα απεικονίζονται στην ψευδαίχρωμη ως κίτρινες οντότητες, εκπέμποντας την ακτινοβολία της ημερομηνίας του 2009. Τελειώνοντας, περιμετρικά της νησιωτικής οντότητας (αλλά και στο εσωτερικό της) που αναλύθηκε προηγουμένως εμφανίζονται αρκετές μπλε περιοχές διάσπαρτα που αποτελούν οντότητες πρόσφατης βλάστησης.

Επιπλέον, στα ανατολικά της λίμνης παρατηρείται μια οντότητα κυκλικού σχήματος περίπου που εντοπίζεται βόρεια του κεντρικού αυτοκινητοδρόμου HT-2 και απεικονίζεται με μπλε χρώμα. Η αλήθεια είναι πως το σχήμα της θυμίζει λίμνη. Πρόκειται, ουσιαστικά για χώρο όπου φιλοξενεί μικρής κλίμακας βλάστηση και ακτινοβολεί το μπλε χρώμα που αναφέρεται στην ημερομηνία του 2011 καθώς σε αυτή την ημερομηνία εκπέμπει ακτινοβολία ενώ το 2009 δεν εξέπεμπε παρά μόνο μαύρο χρώμα που προφανώς σημαίνει πως περιείχε υγρό στοιχείο με αποτέλεσμα σήμερα να εκπέμπει μόνο στην ημερομηνία του 2011. Έτσι, μπορεί να εξαχθεί η υπόθεση πως πιθανόν επρόκειτο για βαλτώδη περιοχή ή λιμνώδη ή γενικά περιοχή που περιείχε νερό, η οποία έπειτα υπέστη ξηρασία για άγνωστους λόγους και έτσι έχουμε την εναπομείνασα βλάστηση της οντότητας αυτής που εκπέμπει στο 2011 μόνο (μπλε χρώμα).

Ακόμη, ανάμεσα στις πόλεις Petit & Grand Goave εντοπίζεται μια μικρή παραθαλάσσια περιοχή όπου απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα. Πρόκειται για ορεινή περιοχή όπου το 2009 περιείχε βλάστηση οπότε εξέπεμπε έντονα ηλιακή ακτινοβολία (κίτρινο χρώμα) ενώ στην εικόνα του 2011 απεικονίζεται με γυμνά πετρώματα και συνεπώς με έλλειψη βλάστησης. Αυτό φαίνεται και στις True Color εικόνες αρκετά καλά.

Τέλος, στα ποτάμια συστήματα της εικόνας (κυρίως σε αυτό στα νότια της εικόνας και σε αυτό που βρίσκεται στα νότια της λίμνης) εντοπίζονται ως επί το πλείστον μπλε οντότητες πράγμα που σημαίνει πως ουσιαστικά πρόκειται για τμήματα των υδάτινων συστημάτων που βλάστησαν όπως και πολύ λιγότερα αλλά και μικρότερα τμήματα κίτρινων οντοτήτων όπου το 2009 εξέπεμπαν έντονα ηλιακή ακτινοβολία ενώ το 2011 εξέπεμπαν μαύρο που σημαίνει πως είχαν καλυφθεί από υδάτινες μάζες. Άρα, μπορεί να γίνεται, εδώ, λόγος, για τμήματα που έχουν υποστεί κατολισθήσεις.

Σχετικά με την εικόνα της πρωτεύουσας – του Port-au-Prince. Στην εικόνα αυτή απεικονίζεται η πρωτεύουσα με κάποιες ευρύτερες περιοχές στα βόρεια και νότια της πόλης. Πρώτα απ' όλα πρέπει να σημειωθεί πως στην εικόνα εμφανίζονται κάποιες μπλε οντότητες στα βόρεια και νότια του κόλπου που αποτελούν τα νέφη της εικόνας. Απεικονίζονται με μπλε χρώμα καθώς τα νέφη υπάρχουν στην εικόνα του 2009 και όχι στο 2010. Έτσι, όντας το 2009 και έχοντας ύδωρ ως νέφη απορροφούν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία και εκπέμπουν μαύρο χρώμα, ενώ στο 2010 όπου δεν υπάρχουν τα νέφη εκπέμπουν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία και το αποτέλεσμα είναι το μπλε χρώμα που αποτελεί την εκπεμπόμενη ακτινοβολία της ημερομηνίας του 2010. Στον κόλπο του Πορτ-ο-Πρενς, φαίνονται τα ύδατα να είναι ως επί το πλείστον, κυρίως στα νοτιοανατολικά, κίτρινου χρώματος. Αυτό συμβαίνει προφανώς λόγω των διαφορετικών κυματισμών που παρουσιάζονται στην περιοχή (διαχρονικά). Στην περιοχή κεντρικά όπου εντοπίζεται και ο ποταμός που διασχίζει το κέντρο Riviere Grise, εμφανίζονται πολλές εκτάσεις λευκού χρώματος απεικόνισης. Πρόκειται στην πραγματικότητα για περιοχές που περιέχουν βλάστηση και γι' αυτό λόγω της υψηλής ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας εκπέμπουν λευκό. Βόρεια του ποταμού, παρατηρείται μια έκταση που καλύπτεται από ιζήματα η οποία παρουσιάζει διαφοροποιήσεις χρωματικές μπλε και κίτρινου χρώματος. Αυτά παρουσιάζουν ιζήματα που υπήρχαν είτε το 2009 (μπλε χρώμα και σήμερα αποτελούν βλάστηση) είτε το 2010 (κίτρινο χρώμα που αποτελεί ιζηματογενείς περιοχές που κατέρρευσαν προφανώς).

Αν παρατηρηθεί, τώρα, η ακτογραμμή του κόλπου του Πορτ-ο-Πρενς, φαίνεται πως στα βόρεια βορειοανατολικά του κόλπου υπάρχει μια ζώνη ακτογραμμής κίτρινου χρώματος. Αυτό σημαίνει πρακτικά πως πρόκειται για περιοχή όπου το 2009 περιείχε προφανώς βλάστηση και εξέπεμπε ηλιακή ακτινοβολία (κίτρινο χρώμα) ενώ το 2010 η περιοχή αυτή προφανώς υπέστη καθίζηση με αποτέλεσμα να καλυφθεί από

θαλάσσια ύδατα άρα απορροφά όλο το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας εκπέμποντας μαύρο χρώμα. Στη ζώνη εκείνη που αναλύεται τώρα, υπάρχουν και κάποιες μπλε οντότητες οι οποίες αποτελούν οντότητες που ανέπτυξαν βλάστηση το 2010.

Στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής που εντοπίζεται πλησίον του κέντρου και αρκετά νοτιότερα του ποταμού Grise παρατηρείται πως υπάρχουν κίτρινα τμήματα τα οποία αναλύονται και ερμηνεύονται και αυτά όπως εκείνες οι περιοχές στα βόρεια του κόλπου που εντοπίστηκαν παρόμοιες οντότητες. Πρόκειται, δηλαδή, πιθανότερα, για τμήματα που κατέρρευσαν με αποτέλεσμα η βύθιση τους να επιφέρει στην επιφάνεια τα ανώτερα στρώματα νερού τα οποία ανακλούν μαύρο το 2010, απορροφώντας πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία.

Περισσότερο, αν γίνει μια περεταίρω ανάλυση για την αποβάθρα-ακρωτήρι της περιοχής La Saline που βρίσκεται στην περιοχή που μόλις αναλύθηκε, θα εντοπιστούν σημαντικές αλλαγές. Το τμήμα αυτό της ακτογραμμής αποτελείται από τα τμήματα που επηρεάστηκαν περισσότερο από τις αλλαγές που προέκυψαν μέσα από την εξέλιξη των τελευταίων χρόνων (από το σεισμό και έπειτα). Κατ' αρχάς το τμήμα που απεικονίζεται ως επί το πλείστον λευκό αποτελεί βλάστηση. Βόρεια της κατοικημένης περιοχής της Saline παρατηρούνται μπλε τμήματα του ακρωτηρίου όπου προφανώς πρόκειται για νεόδμητο βοηθητικό πρόσθετο τμήμα της αποβάθρας το οποίο εκπέμπει στην εικόνα του 2010 (μπλε χρώμα) αλλά όχι σε εκείνη του 2009. Πλησίον του μπλε τμήματος, εντοπίζεται περιοχή κίτρινη η οποία το πιθανότερο είναι να απεικονίζει τμήμα γης που 2009 ακτινοβολούσε ως βλάστηση πιθανόν ή ως ιζηματογενές τμήμα του ακρωτηρίου και στη συνέχεια κατέρρευσε και (ίσως) ανακατασκευάστηκε επιπλέον όπως φαίνεται στο Google earth. Παρόμοιες, κίτρινες κυρίως, οντότητες εντοπίζονται και στα νοτιότερα-νοτιοανατολικότερα στο ακρωτήρι.

Αντίστροφα, στα νότια του κόλπου του Πορτ-ο-Πρενς, στην ακτογραμμή, φαίνονται να υπάρχουν οντότητες μπλε. Πράγμα που, πιθανόν, σημαίνει πως πρόκειται κυρίως για τμήματα που το 2009 δρούσαν ως υδάτινα σώματα που απορροφούσαν το πλήθος της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ το 2010 αντανακλούσαν ακτινοβολία. Αυτό μπορεί να σημαίνει πως πρόκειται για κατεδαφίσεις παράκτιων περιοχών που ανακλούν το 2010 ενώ πριν (2009) όχι μιας και η περιοχή εκείνη καλυπτόταν από θαλάσσια ύδατα.

Αν μελετηθεί ο ποταμός Riviere Grise, φαίνεται πως το μεγαλύτερο τμήμα του καταλαμβάνεται από μπλε οντότητες. Δηλαδή τμήματα γης που το 2009 ήταν καλυμμένα με γλυκό νερό οπότε και εξέπεμπαν μαύρο χρώμα είτε τμήματα γης που προηγουμένως δεν υπήρχαν οπότε υπήρχαν τα ύδατα του ποταμού εκεί και ύστερα από κατολισθήσεις, πιθανόν λόγω του σεισμού, τμήματα των παραποτάμιων τοιχωμάτων κατέρρευσαν με αποτέλεσμα να αντανakλούν την ηλιακή ακτινοβολία σήμερα (μπλε χρώμα) ως τμήματα γης ξηράς/ιζημάτων ή βλάστησης. Αν προσέξουμε τις ψευδαίχρωμες εικόνες, το πιθανότερο είναι να πρόκειται για ιζηματογενή τμήματα του Riviere Grise που ανακλούν έντονα την ηλιακή ακτινοβολία.

Όσον αφορά στην περιοχή του αεροδρομίου που τοποθετείται στα κεντρικά της εικόνας και νότια του ποταμού που αναλύθηκε παραπάνω, μπορούν εύκολα να εντοπιστούν τμήματα που έχουν υποστεί διαφοροποιήσεις. Παραπάνω έχει αναφερθεί πως το αεροδρόμιο ύστερα τον καταστροφικό σεισμό υπέστη σοβαρές ζημιές. Κάποιες κίτρινες περιοχές που φαίνονται αποτελούν τμήματα τα οποία το 2009 εξέπεμπαν ακτινοβολία και ύστερα το 2010 όχι. Δεν είναι δυνατόν, όμως, να λεχθεί με σιγουριά αν επρόκειτο για τμήματα βλάστησης ή για τμήματα κτιρίων που κατέρρευσαν. Ομοίως, κάτι αντίστοιχο μπορεί να ειπωθεί και για τις μπλε περιοχές όπου το 2009 δεν ακτινοβολούσαν ενώ το 2010 ναι. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, πιθανότερα γιατί ήταν κτίρια τα οποία κατέρρευσαν. Τα κτίρια, ως επί το πλείστον εκπέμπουν μαύρο. Γενικά στο δείκτη βλάστησης, οι οντότητες που αποτελούν το δομικό-αστικό περιβάλλον απεικονίζονται με σκούρους τόνους του γκρι. Πέρα από αυτό, όμως, βέβαια, για ένα σώμα που απεικονίζεται μαύρο και στις δύο ημερομηνίες στο δείκτη βλάστησης σημαίνει πως πρόκειται για κάποιο σώμα το οποίο, πριν και μετά το σεισμό δεν εξέπεμπε ακτινοβολία, οπότε δεν επήλθε κάποια αλλαγή σε αυτό.

Γενικότερα ισχύει το εξής: οι λευκές περιοχές που εντοπίζονται ως επί το πλείστον πλησίον των παρυφές του ποταμού αλλά και στα ανατολικότερα (κεντρικά) αλλά και βόρεια της εικόνας αποτελούν βλαστώδεις περιοχές.

Ακόμη στα βόρεια της εικόνας και του κόλπου της πρωτεύουσας υπάρχει ένα μικρό νησάκι. Βόρεια της νησίδας αυτής στα ηπειρωτικά εδάφη, παρατηρείται στην περιοχή Aubry μία έκταση που απεικονίζεται αρκετά λευκή. Πρόκειται για περιοχή με υγρή βλάστηση. Τα θαμπά λευκά τμήματα της έκτασης αυτής αποτελούν ασθενή βλάστηση.

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως στο μεγαλύτερο μέρος του αστικού-δομικού ιστού επικρατούν κίτρινοι τόνοι. Αυτό, κατά προσέγγιση, σημαίνει πως πρόκειται για περιοχές που το 2009 ανακλούσαν ακτινοβολία ενώ το 2010 δεν εξέπεμπαν ακτινοβολία. Καθώς πρόκειται για δομημένη περιοχή, μέσω του δείκτη βλάστησης είναι αρκετά δύσκολο έως και άτοπο να αναλύσουμε τον ακριβή λόγο ή τα πιθανά σενάρια που έχουν προκαλέσει αυτή τη διαφοροποίηση στην εκπεμπόμενη ακτινοβολία και κατ' επέκταση στη φωτεινότητα της περιοχής.

Επιπλέον σε διάφορες “πράσινες περιοχές” (-πάρκα) του κέντρου παρατηρούνται αρκετές νεόκτιστες περιοχές ή οποίες μπορεί να προέκυψαν αποτελώντας βοηθητικούς χώρους κατοικίας ύστερα το σεισμό. Οι περιοχές αυτές απεικονίζονται με μπλε, ως επί το πλείστον, αποχρώσεις και βρίσκονται εντός λευκών οντοτήτων (περιοχές με πλούσια, υγιή βλάστηση).

12.5 CHANGE DETECTION – NDVI

Στα παρακάτω αρχεία του δείκτη βλάστησης, εφαρμόστηκε η λειτουργία του change detection. Στην ουσία με τον όρο αυτό μπορεί να γίνεται αναφορά στην αφαίρεση ή στο λόγο δύο εικόνων είτε στη σύγκριση ταξινομημένων εικόνων.

Αρχικά, εφόσον επιλεγεί ο αριθμός των κλάσεων που θα χρησιμοποιηθεί, στη συνέχεια, κάθε τάξη καθορίζεται από ένα όριο διαφοράς που αναπαριστά μια πλειάδα τιμών αλλαγών ανάμεσα στις δύο εικόνες. Τα όρια, αυτά, ταξινόμησης συνήθως κυμαίνονται μεταξύ των τιμών -1 και 1. Οι προεπιλεγμένες κατηγορίες που έχουν οριστεί προσπαθούν να παράγουν συμμετρικές τάξεις με έναν ίσο αριθμό ανάμεσα στις κλάσεις αρνητικών και θετικών αλλαγών που περικυκλώνουν εκείνη που εκφράζει τις μηδενικές αλλαγές (ENVI Help). Συνεπώς, ισχύουν τα παρακάτω:

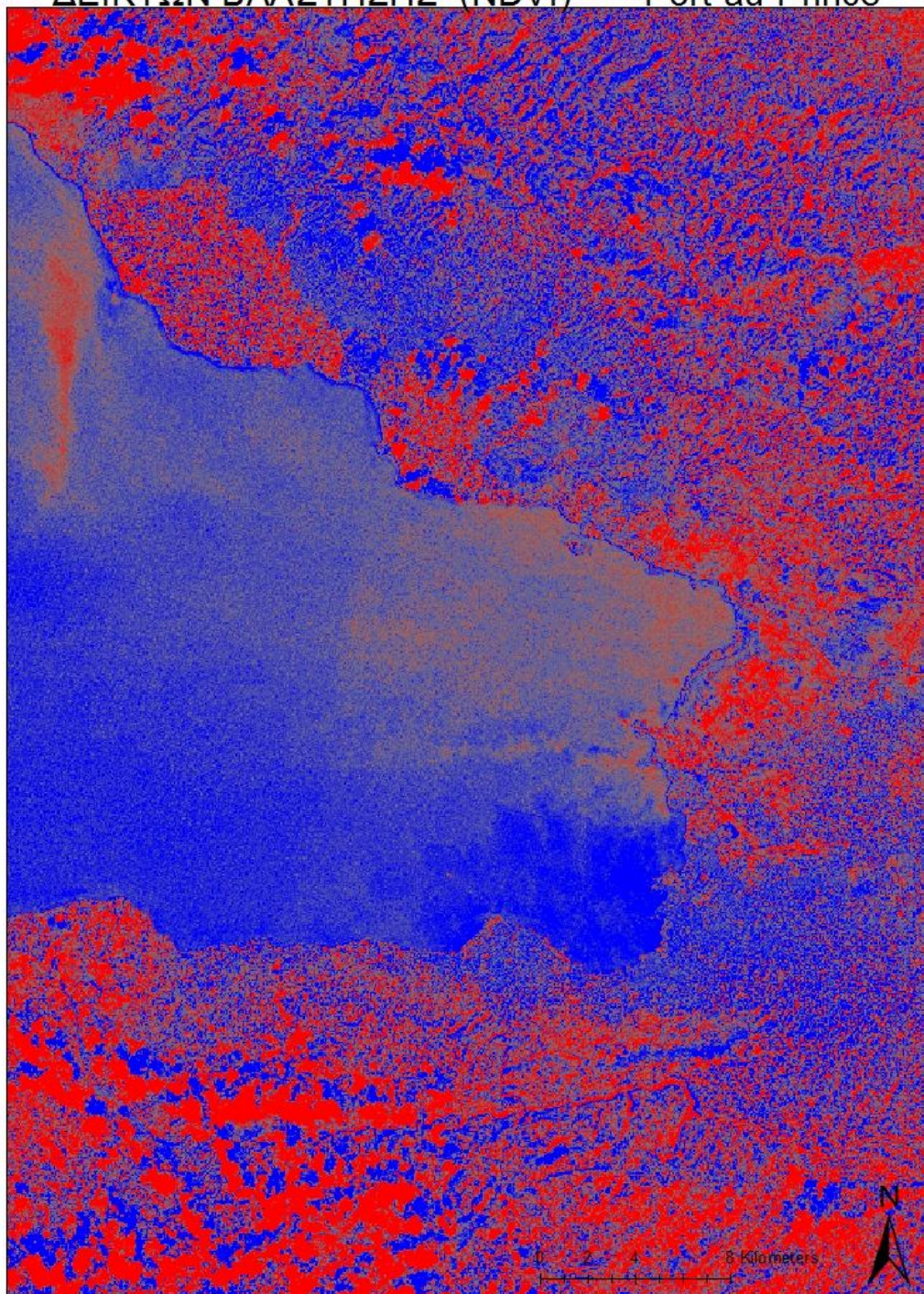
- Για τις κλάσεις, όπου ο n είναι περιττός, οι πρώτες κλάσεις ($n/2$) αναπαριστούν θετικές αλλαγές, ξεκινώντας με τις μεγαλύτερες θετικές αλλαγές και τελειώνοντας με τις μικρότερες.
- Η μεσαία τάξη, $(n/2) + 1$, αναπαριστά μηδενικές αλλαγές.
- Οι τελευταίες τάξεις ($n/2$) αναπαριστούν αρνητικές αλλαγές, ξεκινώντας με τις μικρότερες αρνητικές αλλαγές και λήγοντας με τις μεγαλύτερες.

Επίσης, όπως θα αναφερθεί και παρακάτω, η κάθε εξαγόμενη εικόνα χρωματίζεται απεικονίζοντας τις διαφορές ανάμεσα στις δύο εικόνες. Οι θετικές αλλαγές απεικονίζονται με τόνους του κόκκινου, γκρι οι περιοχές με μηδενικές αλλαγές και έντονα κόκκινες εκείνες με μεγάλες θετικές διαφορές. Από την άλλη, οι αρνητικές διαφορές απεικονίζονται με τόνους του μπλε, έως πολύ έντονα μπλε για εκείνες που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές.

Γίνεται ποιοτική ή ποιοτική ή ποσοτική σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν τα δορυφορικά δεδομένα δεν είναι βαθμονομημένα και συνεπώς δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα, οπότε η σύγκριση γίνεται μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων εντοπίζοντας τις μεταβολές των ορίων των αντίστοιχων τάξεων.

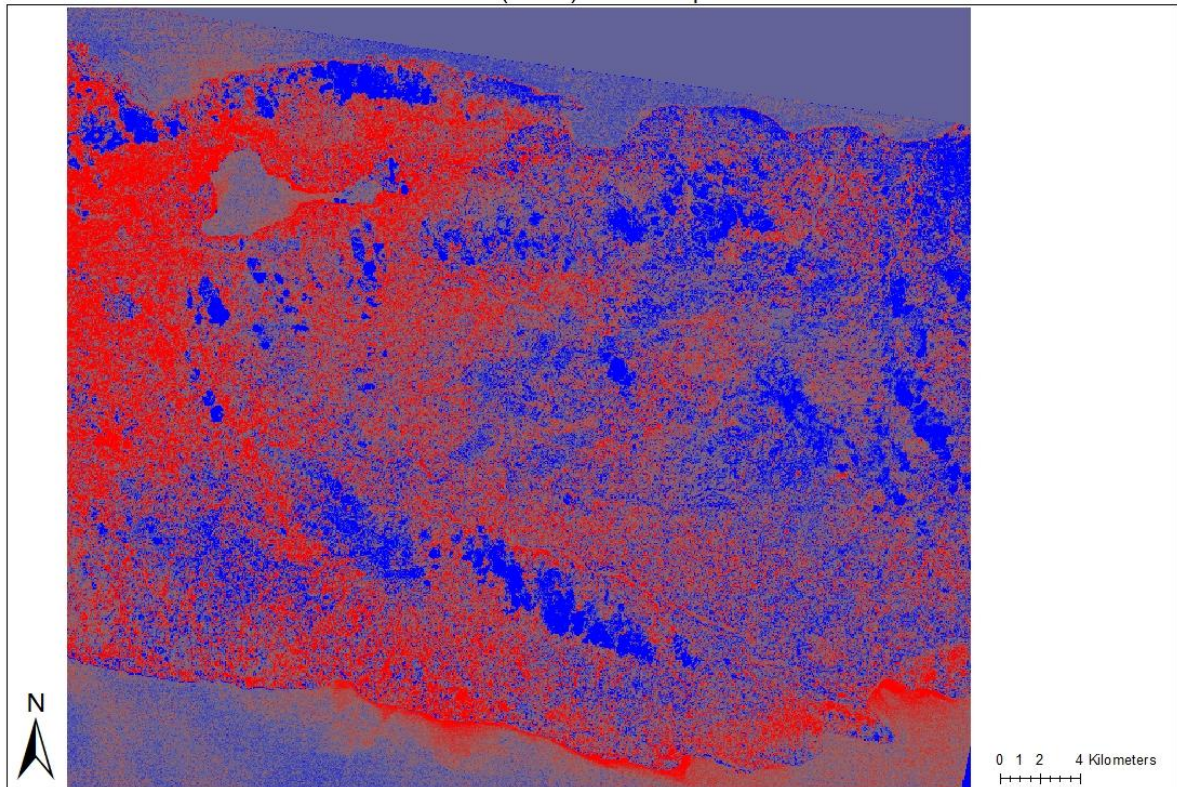
Η επιτυχία της μεθόδου αυτής εξαρτάται από την ακρίβεια της ταξινόμησης και τα αποτελέσματα πλεονεκτούν σε σχέση με την αφαίρεση των εικόνων καθώς περιέχουν και την πληροφορία για το είδος των τάξεων που ανήκουν τα εικονοστοιχεία τα οποία παρουσιάζουν μεταβολές.

CHANGE DETECTION
ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) - Port-au-Prince



Χάρτης 12.38-Εικόνα που προέκυψε ύστερα από τον αυτόματο υπολογισμό της διαφοράς των δύο δεικτών βλάστησης για την πρωτεύουσα

CHANGE DETECTION
ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) - Enriquillo-Plantain-Garden FZ



Χάρτης 12.39-Εικόνα που προέκυψε ύστερα από τον αυτόματο υπολογισμό της διαφοράς των δύο δεικτών βλάστησης για την περιοχή του ρήγματος

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια υπολογισμού του change detection επιλέχθηκε ως αρχική εικόνα, η εικόνα πριν το σεισμό (2009) και για τις δύο περιοχές που μελετώνται και ως τελική εικόνα, η εικόνα μετά το σεισμό (2010 ή 2011 ανάλογα την περιοχή μελέτης κάθε φορά). Η οπτικοποίηση, αυτόματα, χρησιμοποιεί τα χρώματα κόκκινο και μπλε. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε κάθε μία ημερομηνία. Έτσι, αν διακριθεί κάποια οντότητα κόκκινου χρώματος, αυτό πρακτικά σημαίνει πως πρόκειται για τμήμα το οποίο υφίστατο το 2009 αλλά κατέρρευσε, καλύφθηκε η για οποιοδήποτε λόγο δεν υπήρχε στην εικόνα του 2010. Ενώ οι οντότητες μπλε χρώματος προέκυψαν το 2010 αλλά παλαιότερα δεν υπήρχαν.

Πρακτικά, ισχύει η παρακάτω θεωρία. Αποτελέσματα επιπέδου n/2

Εφαρμογή διαδικασίας BandMath (αφαίρεσης & προσθήκης δεικτών)

Επίσης, υπολογίστηκαν μέσω της λειτουργίας του Band Math υπολογίστηκε η διαφορά αλλά και λόγος των δεικτών βλάστησης και για τις δύο ημερομηνίες ώστε να εντοπιστούν επιπλέον διαφορές στο πέρασμα των ετών. Στην ουσία, πρόκειται για

ένα “παρακλάδι” της διαδικασίας του change detection όπου χειρονακτικά δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού των διαφορών μιας εικόνας. Πρόκειται, βασικά, για τις παραστάσεις της απλής διαφοράς και εκείνης επί τοις εκατό. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ο υπολογισμός αμφοτέρων των παραστάσεων μιας και κάθε μία δίνει ξεχωριστά αποτελέσματα που αποδίδουν και διαφορετική πληροφορία. Όταν γίνεται λόγος για αφαίρεση δεικτών, σημαίνει πως ακολουθήθηκε η πράξη: **float (b2) – float (b1)** που ονομάζεται **Simple Difference** και αφαιρεί τον αρχικό παράγοντα από τον τελικό ενώ όσον αφορά στη διαίρεση των δεικτών πρόκειται για την παράσταση που ονομάζεται **Percent Difference** κατά την οποία υπολογίζεται η διαφορά των παραγόντων όπως προαναφέρθηκε και έπειτα το αποτέλεσμα αυτό διαιρείται με τον αρχικό παράγοντα (ENVI Help). Άρα, στην ουσία εφαρμόστηκε η πράξη: **float (b2) – float (b1) / float (b1)**, όπου : **b1** ο δείκτης του 2009 και **b2** ο δείκτης του 2010 ή 2011 (ανάλογα την περιοχή).

Τα εξαγόμενα που προκύπτουν είναι ασπρόμαυρες εικόνες που εκφράζουν τις επιμέρους διαφορές και αλλαγές με τις διαφοροποιήσεις των τόνων του γκρι. Στο σημείο αυτό καλό είναι να επισημανθεί πως τα αποτελέσματα της αφαίρεσης των δεικτών είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα του change detection των δεικτών βλάστησης. Από την άλλη, τα εξαγόμενα της διαίρεσης των δεικτών διαφοροποιούνται από τα προηγούμενα αποτελέσματα, μιας και στην ουσία πρόκειται για την διαφοροποίηση επί τοις εκατό.

" NDVI ('10) - NDVI ('09) " - Port-au-Prince



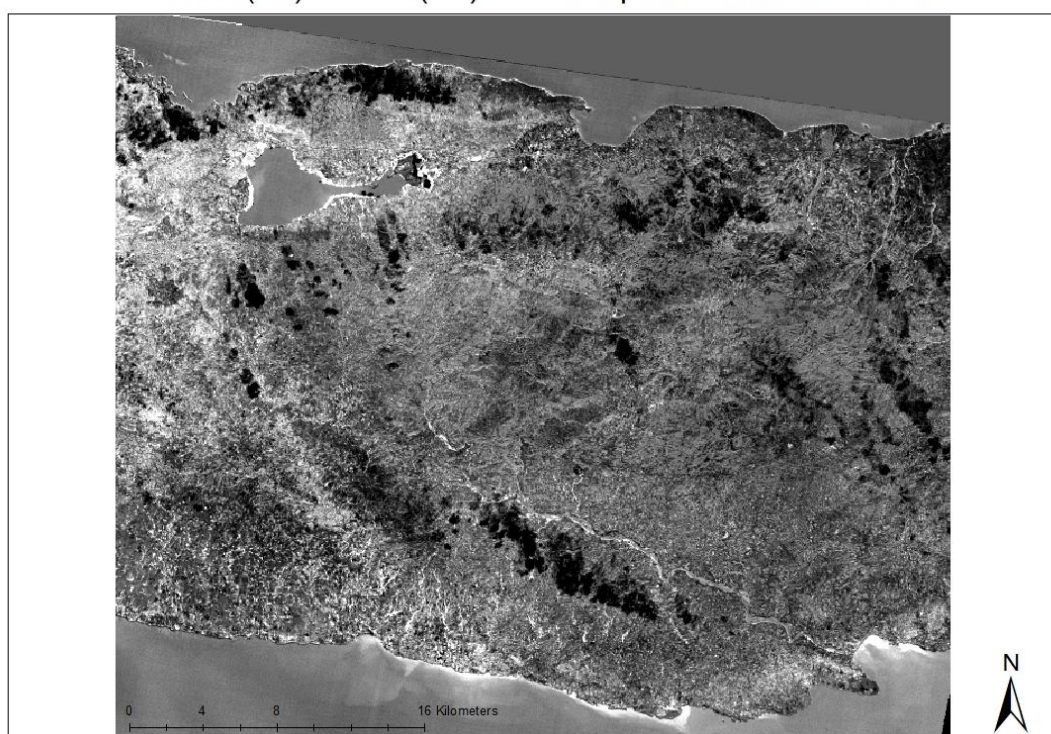
Χάρτης 12.40- Η διαφορά των δεικτών όπως προέκυψε από το μαθηματικό υπολογισμό τους (Port-au-Prince)

" NDVI ('10) - NDVI ('09) / NDVI ('09) " - Port-au-Prince



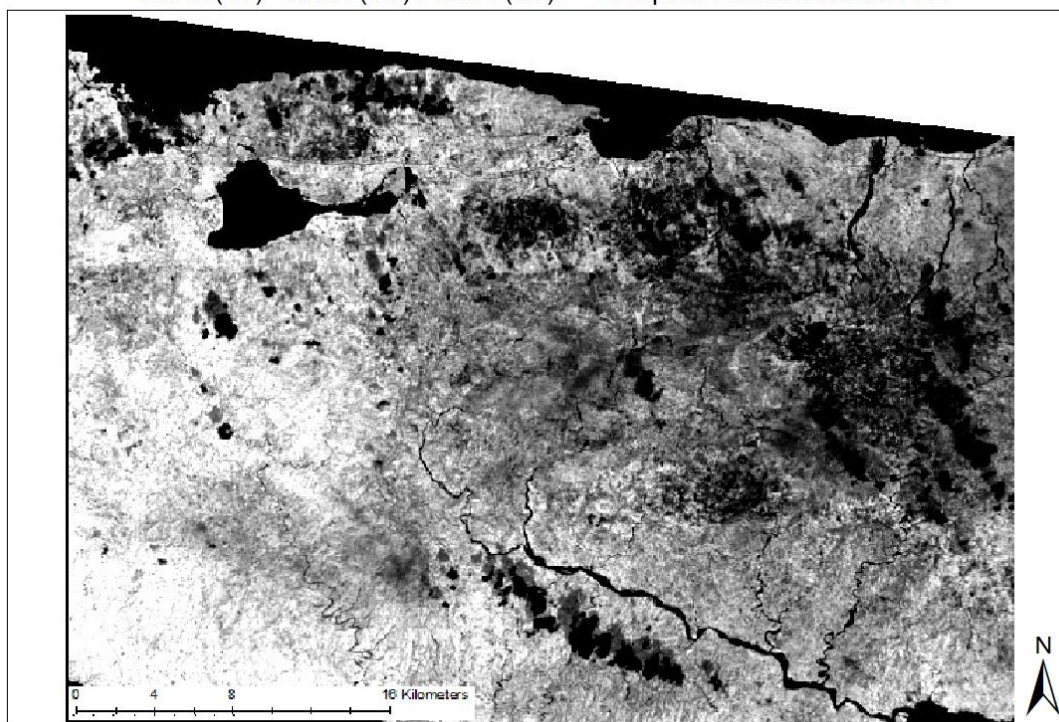
Χάρτης 12.41- Η διαφορά και στη συνέχεια διαίρεση με τον αρχικό δείκτη όπως προέκυψε από το μαθηματικό υπολογισμό τους (Port-au-Prince)

" NDVI ('11) - NDVI ('09) " - Enriquillo-Plantain-Garden



Χάρτης 12.42- Η διαφορά των δεικτών όπως προέκυψε από το μαθηματικό υπολογισμό τους (Enriquillo-Plantain Garden)

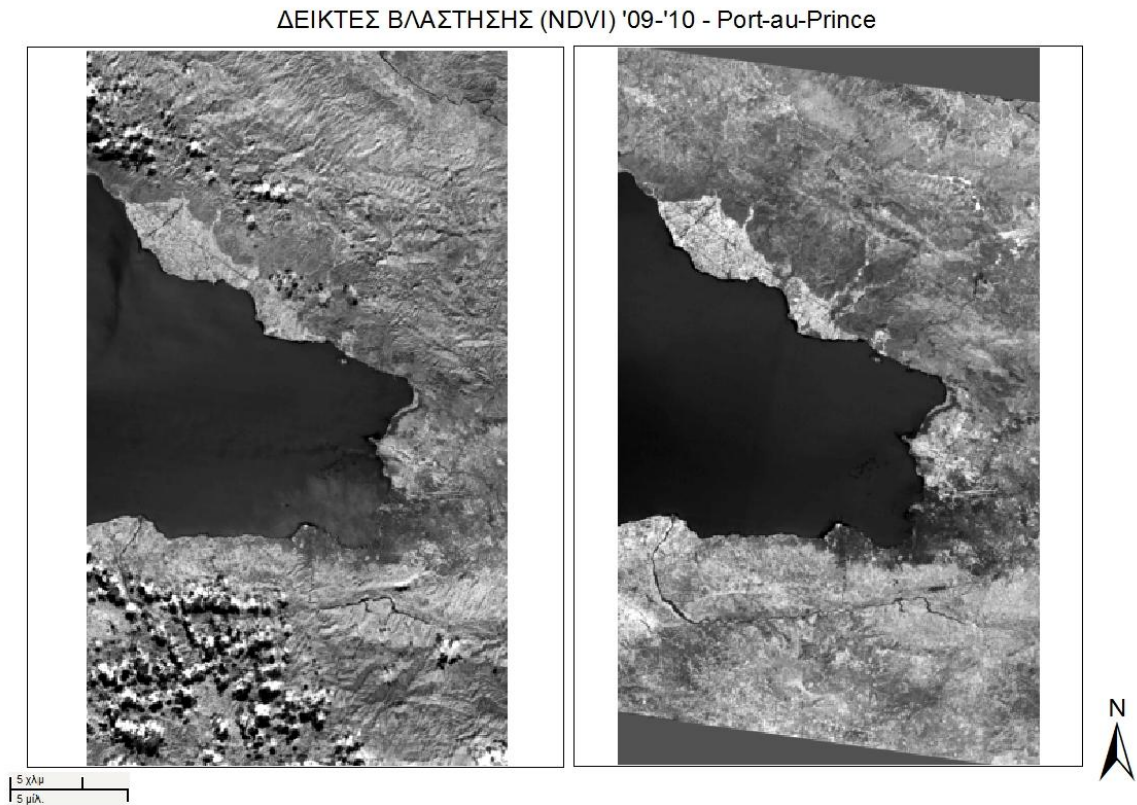
" NDVI ('11) - NDVI ('09) / NDVI ('09) " - Enriquillo-Plantain Garden FZ



Χάρτης 12.43- Η διαφορά και στη συνέχεια διαίρεση με τον αρχικό δείκτη όπως προέκυψε από το μαθηματικό υπολογισμό τους (Enriquillo-Plantain Garden)

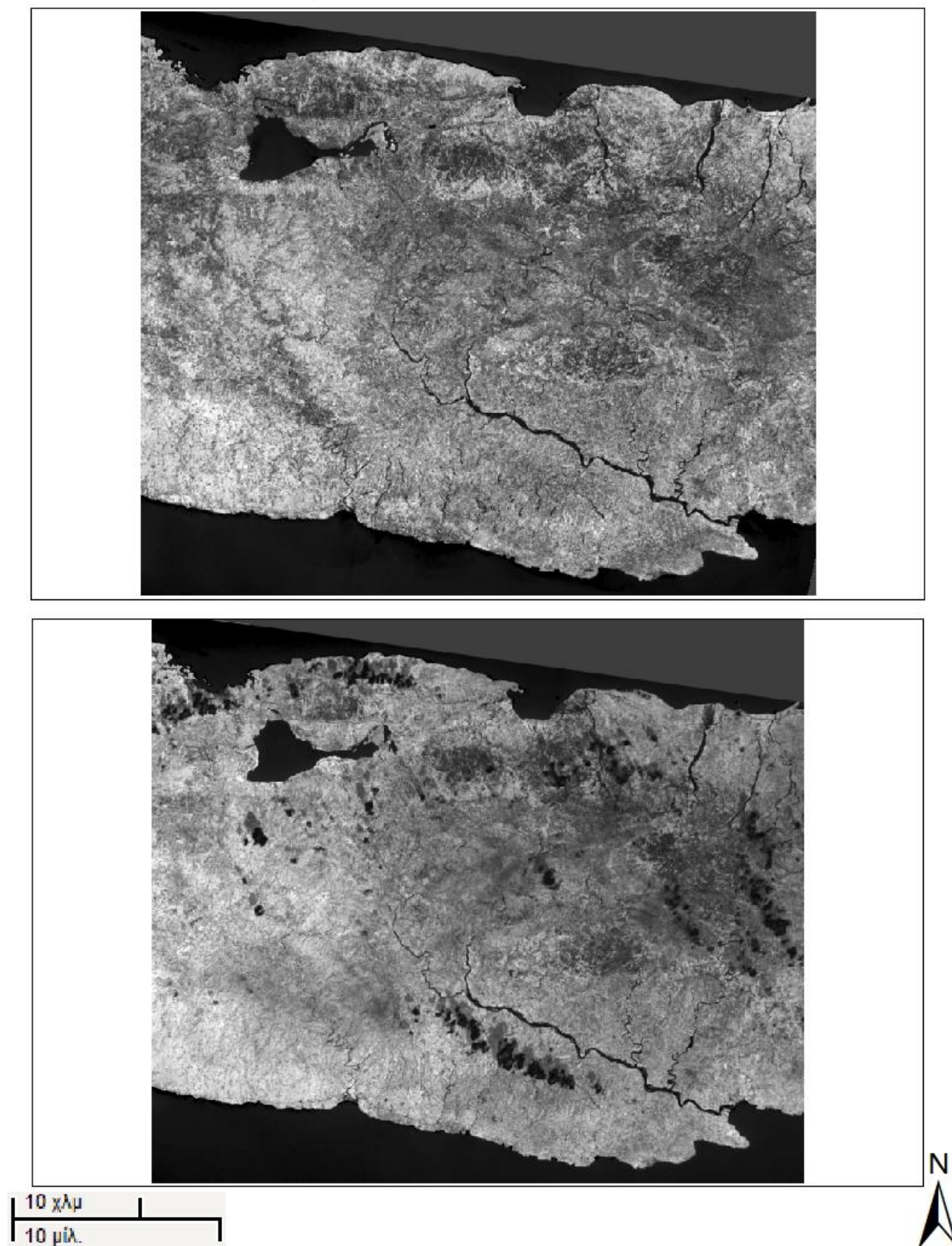
Επεξεργασία από το δεύτερο λογισμικό

Ομοίως, τα ίδια δεδομένα όπως προέκυψαν από το δεύτερο λογισμικό εφαρμογής (ERDAS), οπτικοποιούνται παρακάτω:



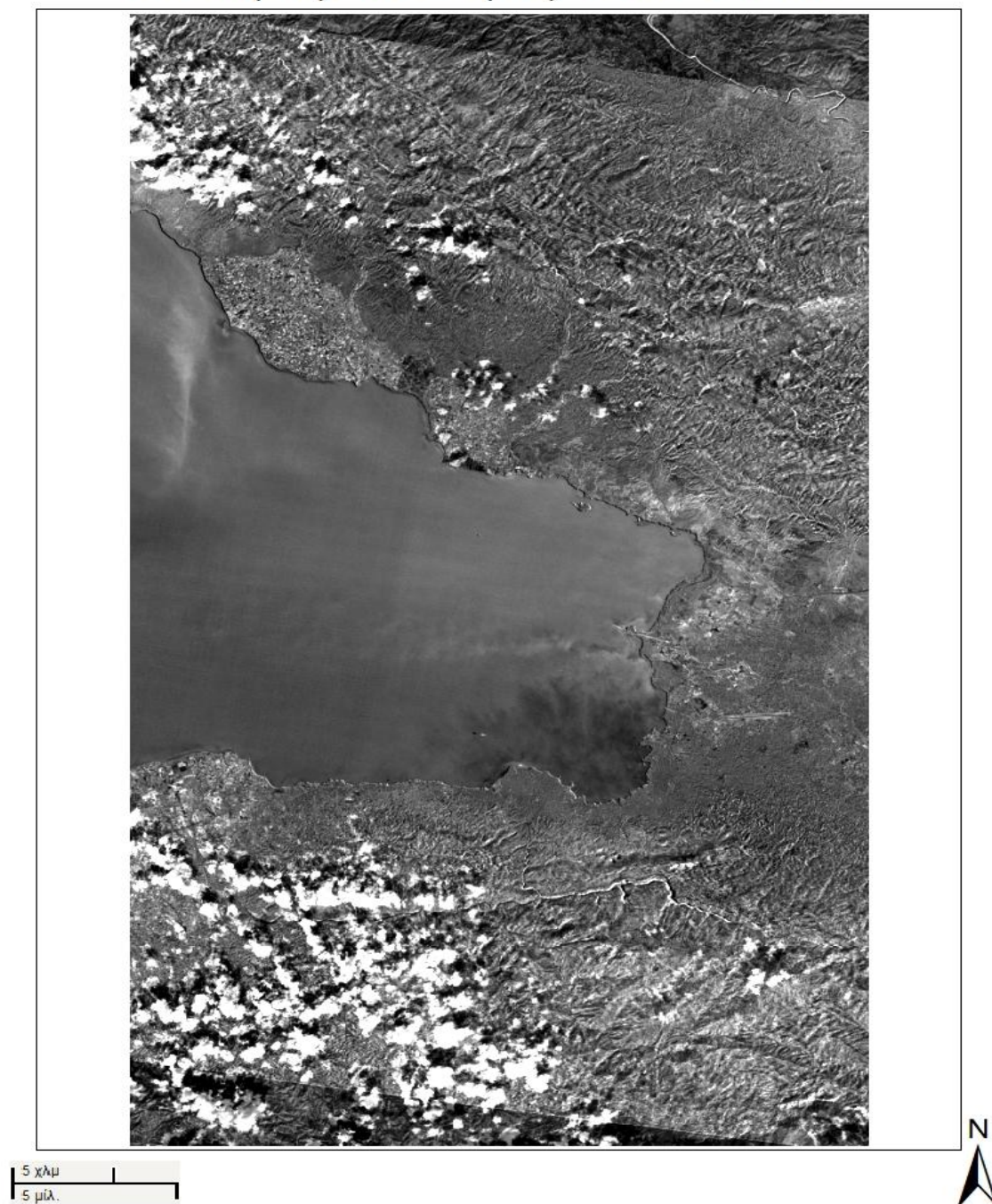
Χάρτης 12.44- Οι εικόνες των δεικτών βλάστησης πριν και μετά το σεισμό για το Port-au-Prince

ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) '09-'11
Enriquillo-Plantain Garden FZ



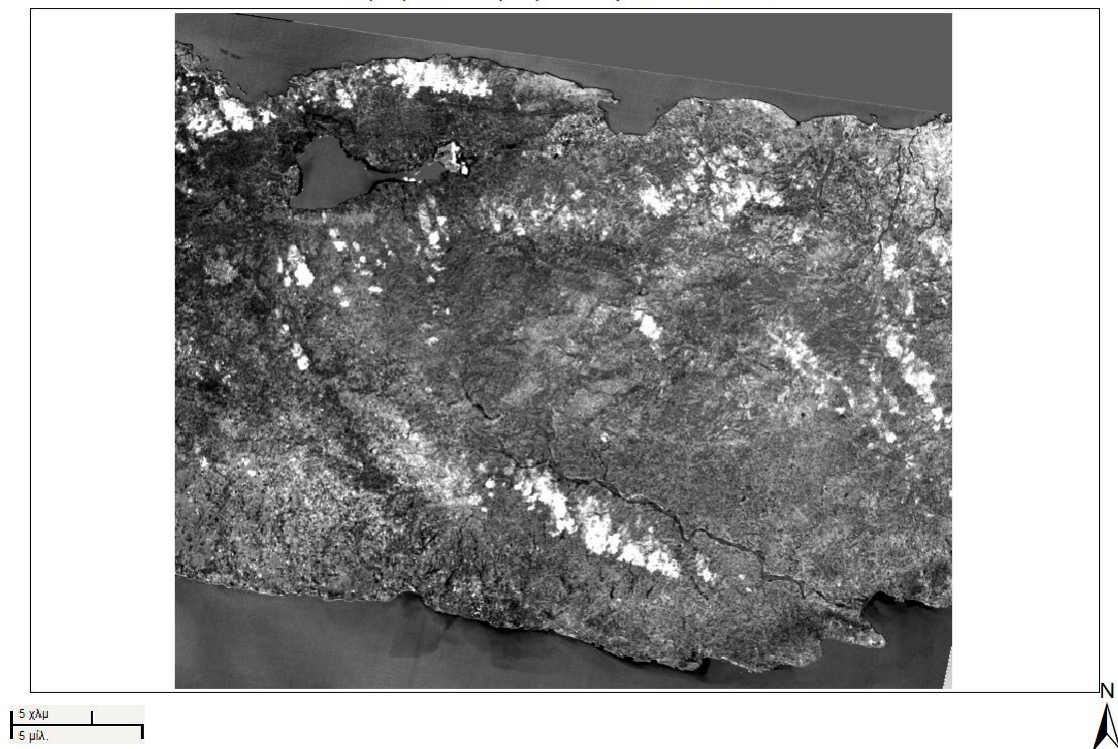
Χάρτης 12.45- Οι εικόνες των δεικτών βλάστησης πριν και μετά το σεισμό για το Enriquillo-Plantain Garden

NDVI ('10) - NDVI ('09) - Port-au-Prince



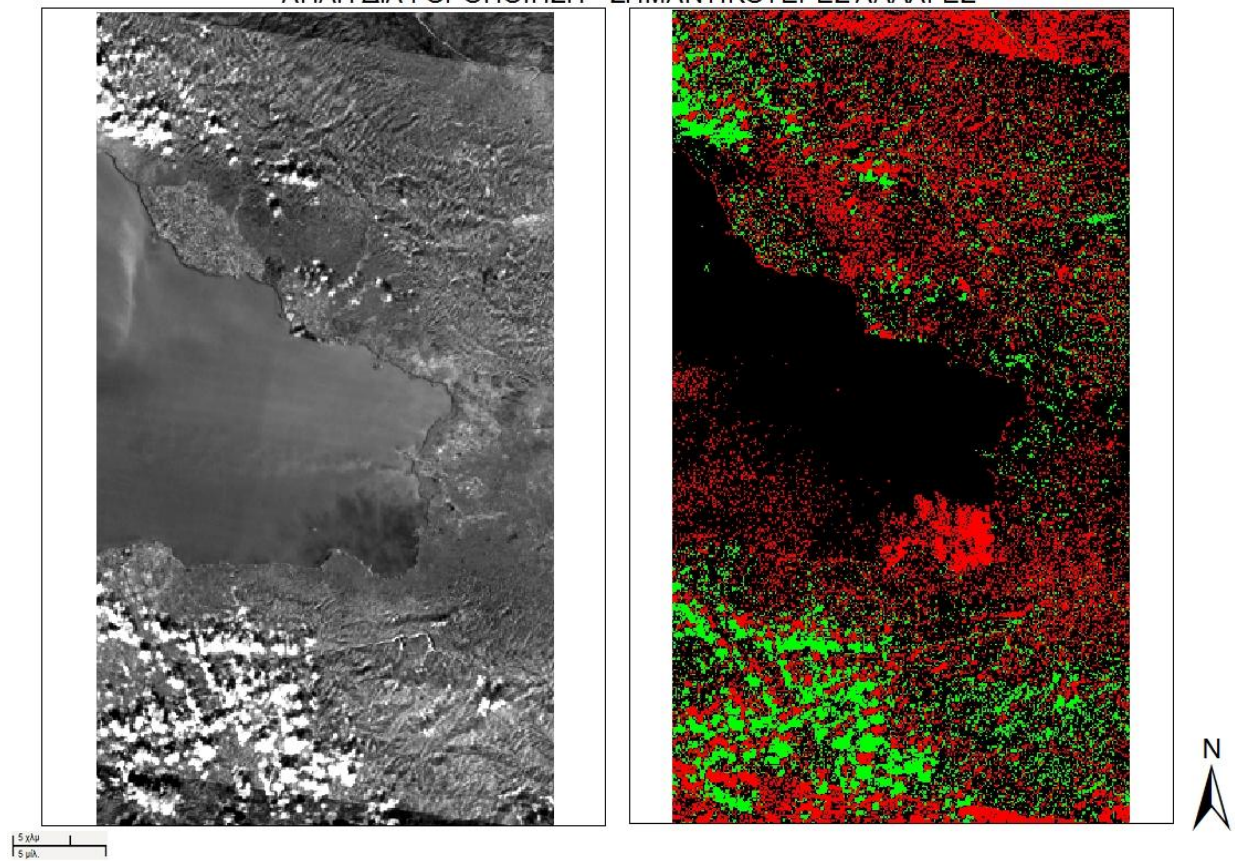
Χάρτης 12.46-Η εικόνα της αφαίρεσης των δεικτών βλάστησης για την περιοχή της πρωτεύουσας

NDVI ('11) - NDVI ('09) - Enriquillo-Plantain Garden



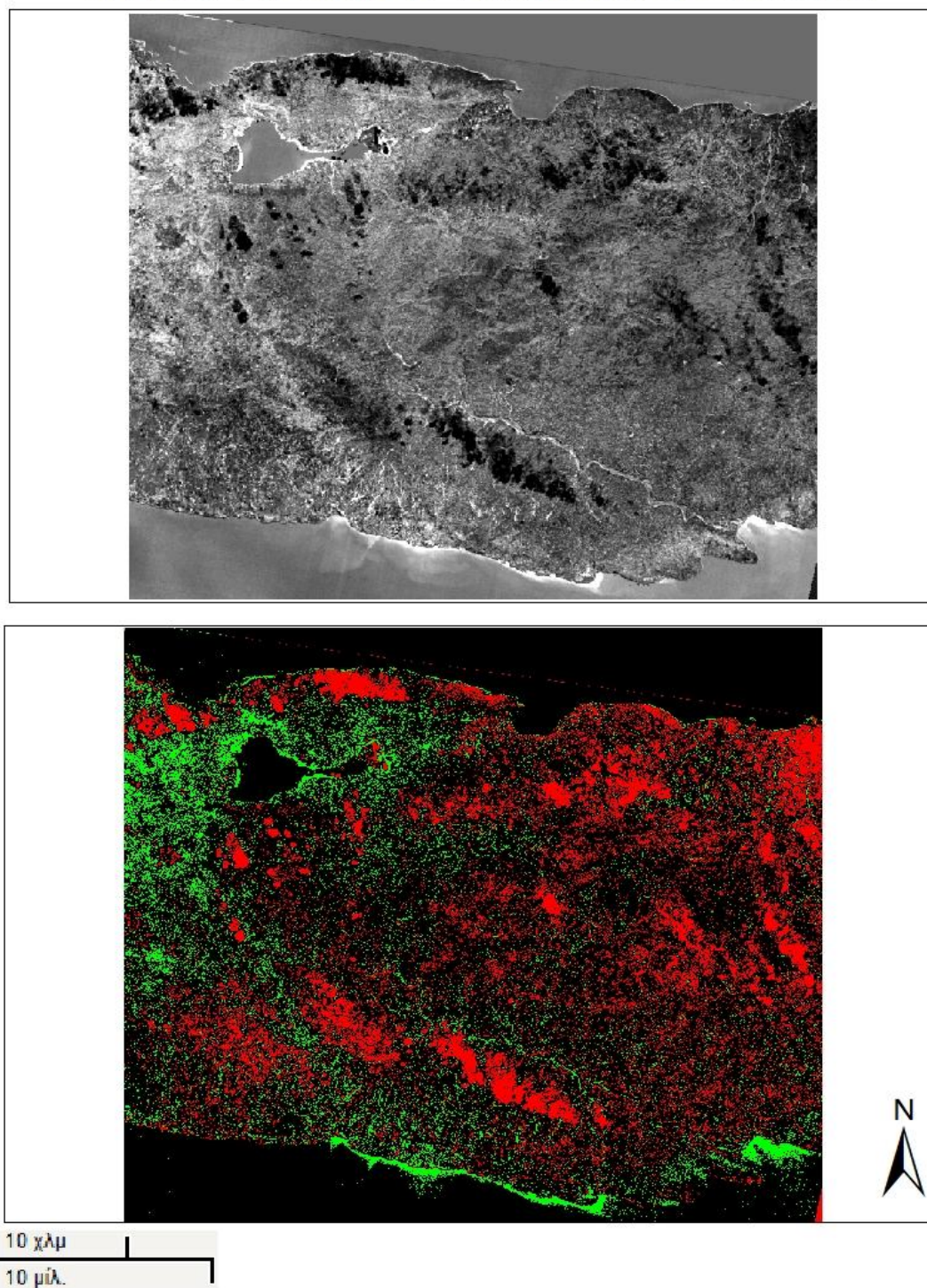
Χάρτης 12.47- Η εικόνα της αφαίρεσης των δεικτών βλάστησης για την περιοχή του ρήγματος

CHANGE DETECTION
ΑΠΛΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ - ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ



Χάρτης 12.48- Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας *Change Detection* για το *Port-au-Prince*

CHANGE DETECTION
ΑΠΛΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ - ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ



Χάρτης 12.49- Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας Change Detection για το και για την περιοχή του ρήγματος στη συνέχεια Enriquillo-Plantain Garden

Στην ουσία, να αναφερθεί, παραπάνω, πως οι εικόνες με τους τόνους κόκκινου και πράσινου χρώματος απεικονίζουν τα ίδια εξαγόμενα με τα όμοια αρχεία που παρατέθηκαν παραπάνω και παρουσιάζουν τις διαφοροποιήσεις με τόνους μπλε και κόκκινου χρώματος. Απλώς, να επισημανθεί πως οι οντότητες πράσινου χρώματος, εδώ, αντιστοιχούν στις αντίστοιχες κόκκινου χρώματος των προηγούμενων αρχείων και οι οντότητες κόκκινου χρώματος, εδώ, αντιστοιχούν στις οντότητες τόνων του μπλε του προηγούμενου εξαγόμενου. Δηλαδή, ουσιαστικά, διαφέρει η χρωματική επιλογή. Όσον αφορά στους πάνω χάρτες, παρουσιάζονται οι διαφοροποιήσεις σε μια κλίμακα τόνων του γκρι (μαύρο έως λευκό), όπου οι λευκές απεικονίζουν οντότητες με έντονη βλάστηση, οι πολύ σκούρες μαύρες, κυρίως, τα νέφη της εικόνας του 2011(για την εικόνα του ρήγματος, και λευκά για την εικόνα της πρωτεύουσας), καθώς περιέχοντας νερό απορροφούσε το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας. Ακολούθως, οι υπόλοιπες χρωματικές διαβαθμίσεις, παρουσιάζουν τις περαιτέρω διαβαθμίσεις της βλάστησης.

- **Αναταξινόμηση των εξαγομένων BandMath μέσω της χρήσης της λειτουργίας “Reclassify”**

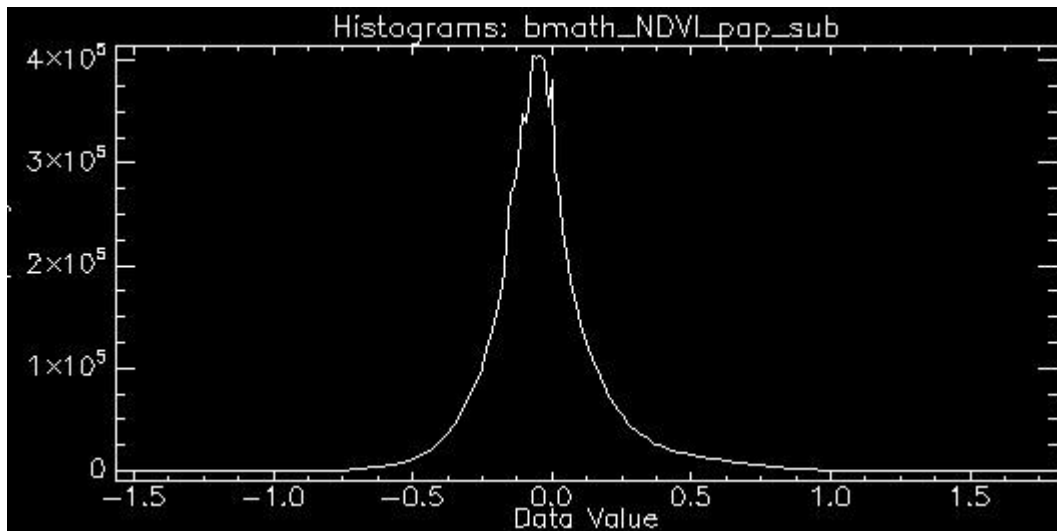
Μάλιστα αυτά, τα εξαγόμενα μπορούν να οπτικοποιηθούν με τη εφαρμογή αυτόματης κλασικοποίησης όπως αυτή εφαρμόζεται αυτόματα από το πρόγραμμα με τη χρήση της εντολή Density Slice να παρασταθούν με τη χρήση συγκεκριμένης μπάρας χρωμάτων, είτε είναι αυτή που προτείνεται είτε κάποια άλλη που επιλέγεται. Στη συνέχεια μάλιστα, ακολουθήθηκε αναταξινόμηση των τιμών, χρησιμοποιώντας ως γνώμονα το αντίστοιχο ιστόγραμμα και αναλύοντας το πώς συγκεντρώνονται οι επιμέρους τιμές σε συγκεκριμένα περιοχές του ιστογράμματος. Όταν, λοιπόν, ολοκληρώθηκε αυτού του είδους η ομαδοποίηση, το αποτέλεσμα ήταν μια νέα ταξινομημένη εικόνα όπου οι επιμέρους οντότητες παρουσιάζονταν με τα χρώματα που είχαν οριστεί χειρωνακτικά για κάθε συγκεκριμένη κλάση.

Η εφαρμογή της αναταξινόμησης αυτής, ύστερα από την διαγραφή των παλιών προτεινομένων και αυτόματα υπολογισμένων κλάσεων ώστε να επιτευχθεί καλύτερη απεικόνιση των διαχρονικών αλλαγών, αποτέλεσε μια ιδιαίτερα χρονοβόρα και επίπονη εργασία καθώς απαιτεί πολύ προσοχή και χρόνο. Να σημειωθεί πως όλες οι λειτουργίες πλην της αναταξινόμησης, έχουν εφαρμοστεί εις αμφοτέρα τα προγράμματα.

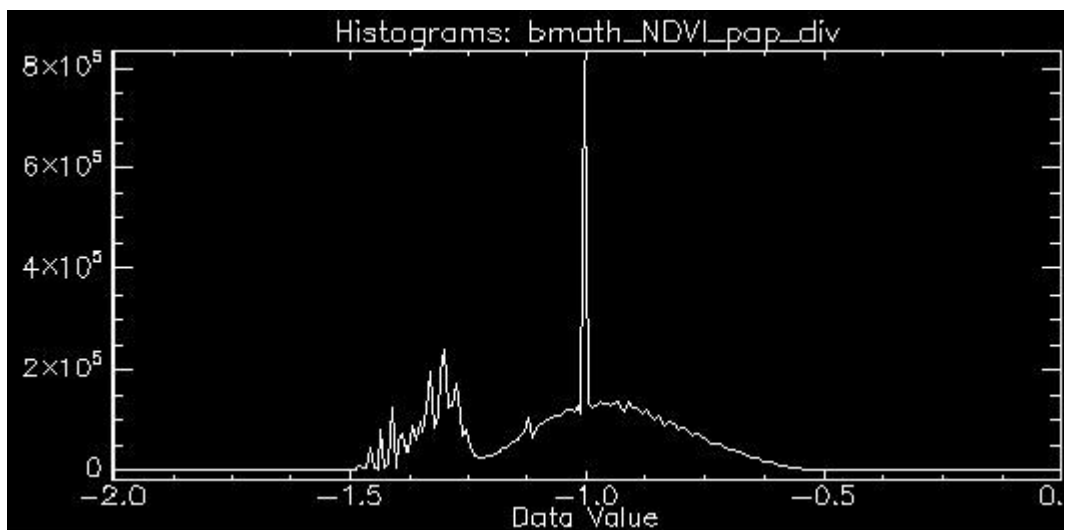
Οπτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

Πρώτα παρατίθενται και τα σχετικά ιστογράμματα (Quick Statistics) των αρχείων που είχαν γίνει οι αρχικές πράξεις αφαίρεσης και διαίρεσης μεταξύ των δεικτών μέσω των οποίων έγινε η νέα, χειροκίνητη αναταξινόμηση των αρχικών δεδομένων.

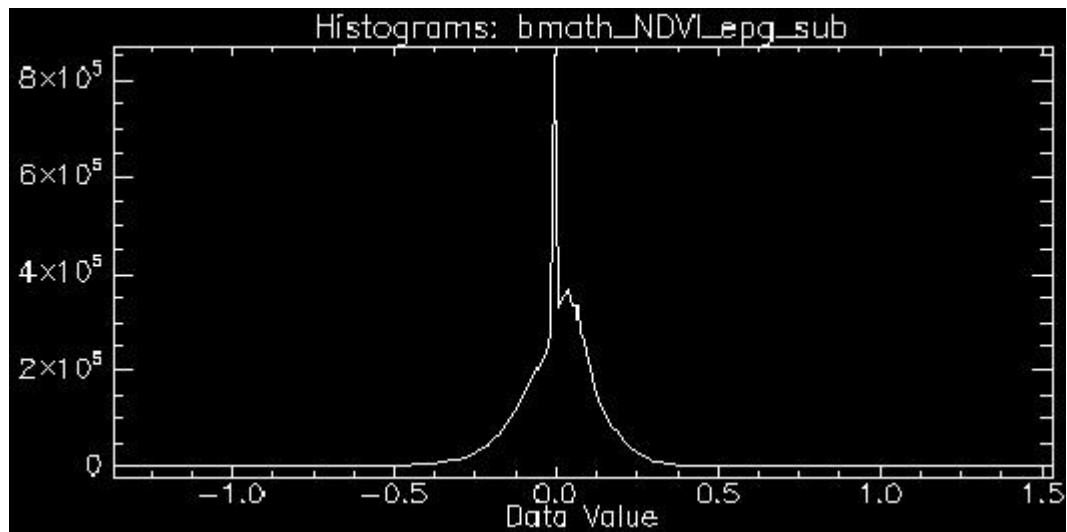
Διάγραμμα 12.16- Ιστόγραμμα αρχείου αφαίρεσης δεικτών βλάστησης (NDVI '10-NDVI '09), P-au-P



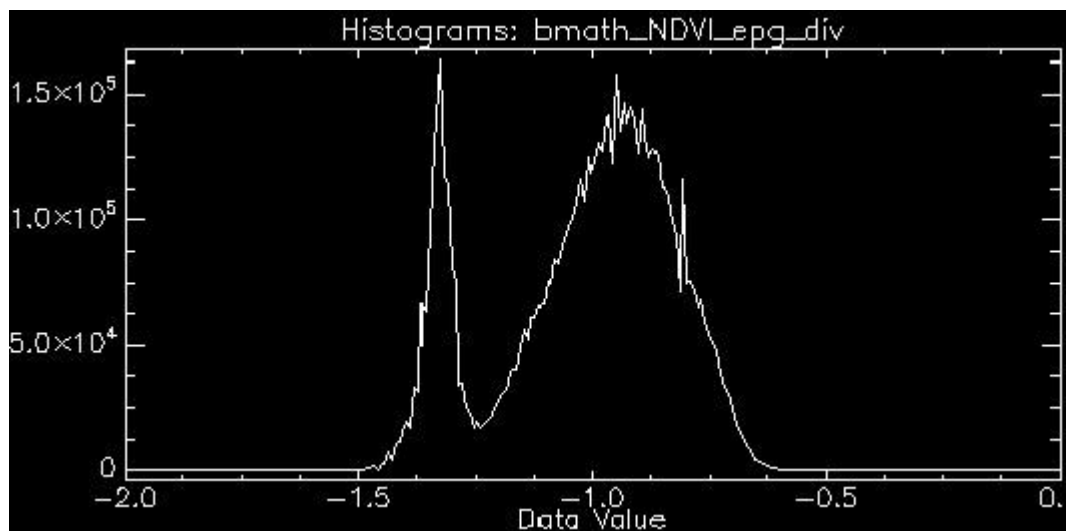
Διάγραμμα 12.17- Ιστόγραμμα αρχείου διαίρεσης δεικτών βλάστησης (NDVI '10-NDVI '09/ NDVI '09), P-au-P



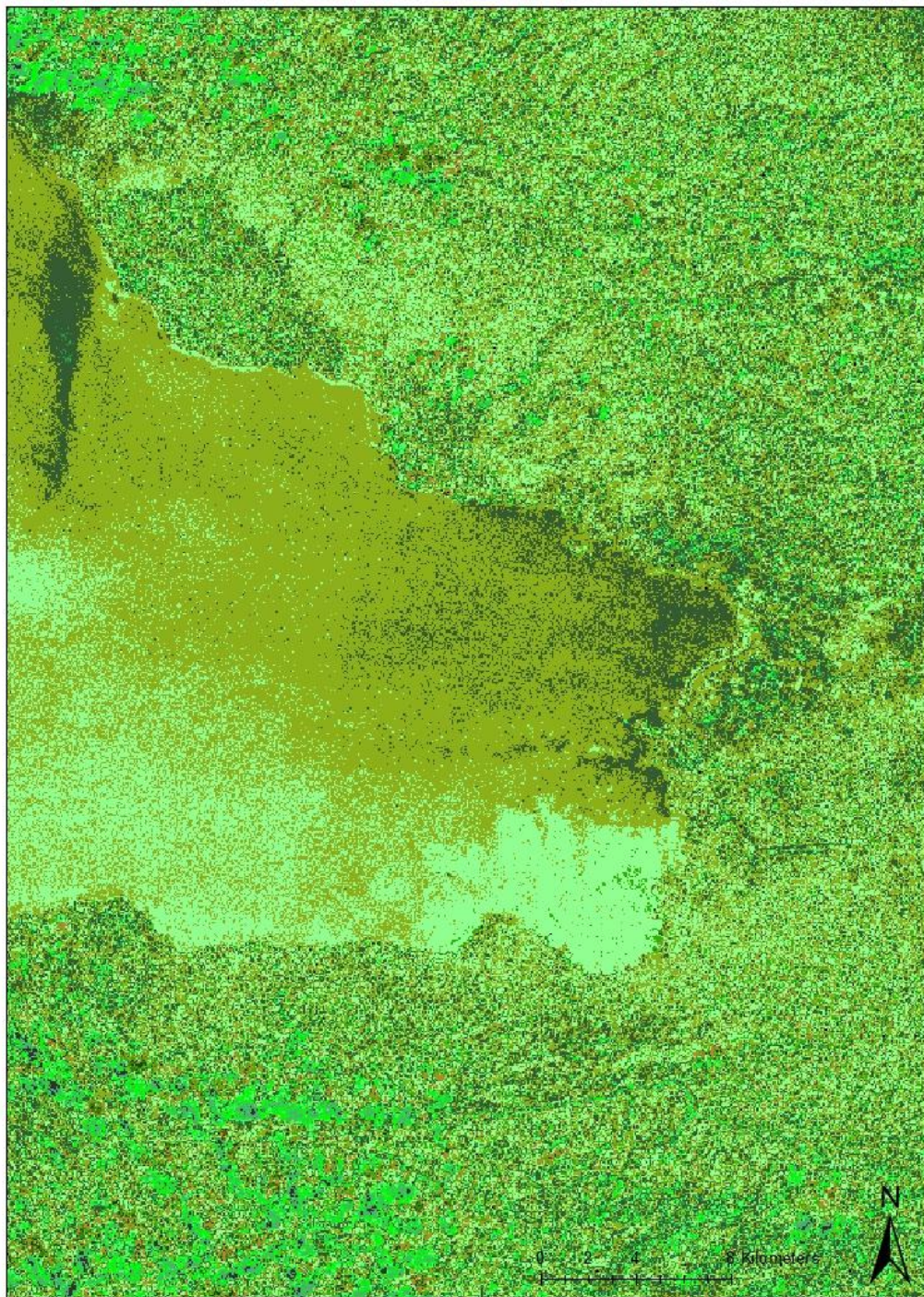
Διάγραμμα 12.18-Ιστόγραμμα αρχείου αφαίρεσης δεικτών βλάστησης (NDVI '11-NDVI '09), EPG FZ



Διάγραμμα 12.19-Ιστόγραμμα αρχείου διαίρεσης δεικτών βλάστησης (NDVI '11-NDVI '09/ NDVI '09), EPG FZ

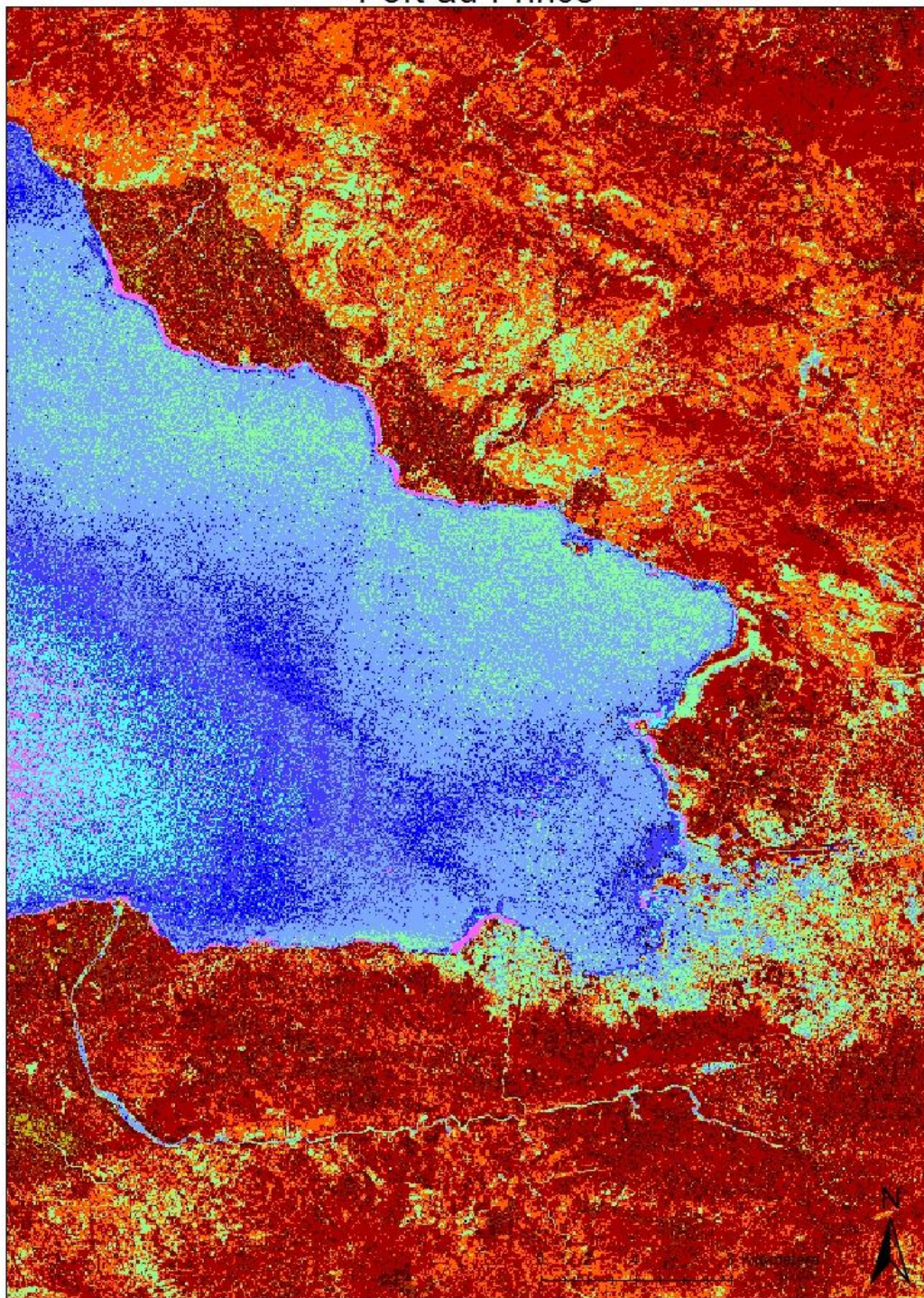


RECLASSIFY - "NDVI('10)-NDVI('09)" - Port-au-Prince



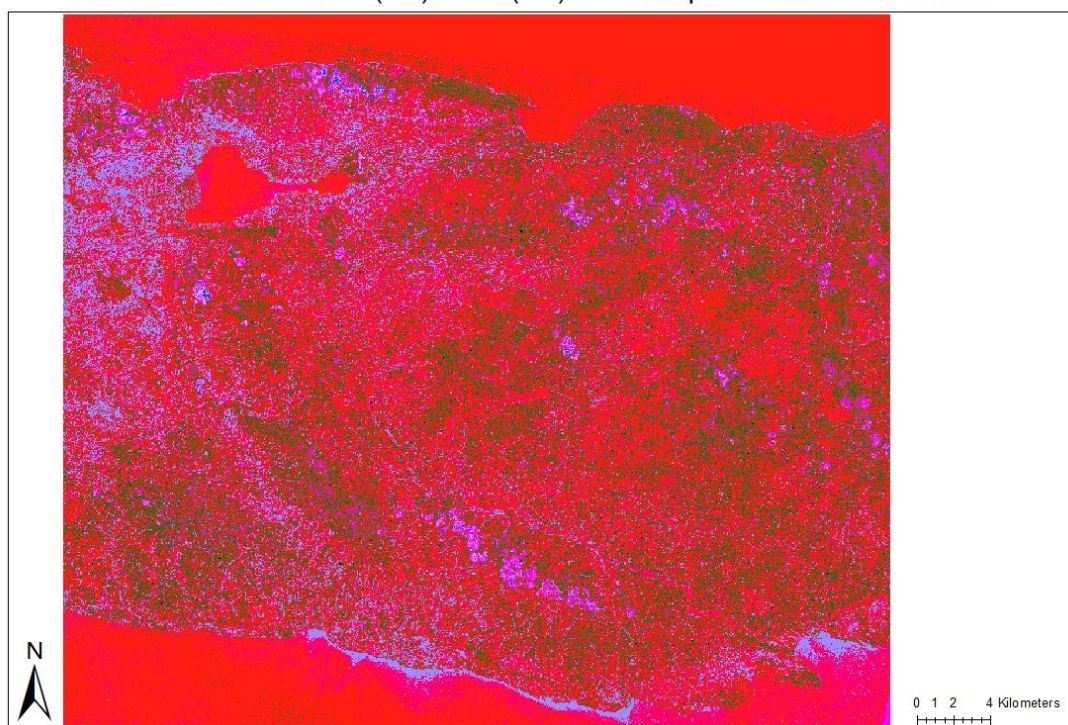
Χάρτης 12.50- Αναταξινόμηση αποτελεσμάτων διαφοράς δεικτών για την πρωτεύουσα

RECLASSIFY - "NDVI('10)-NDVI('09)/NDVI('09)"
Port-au-Prince



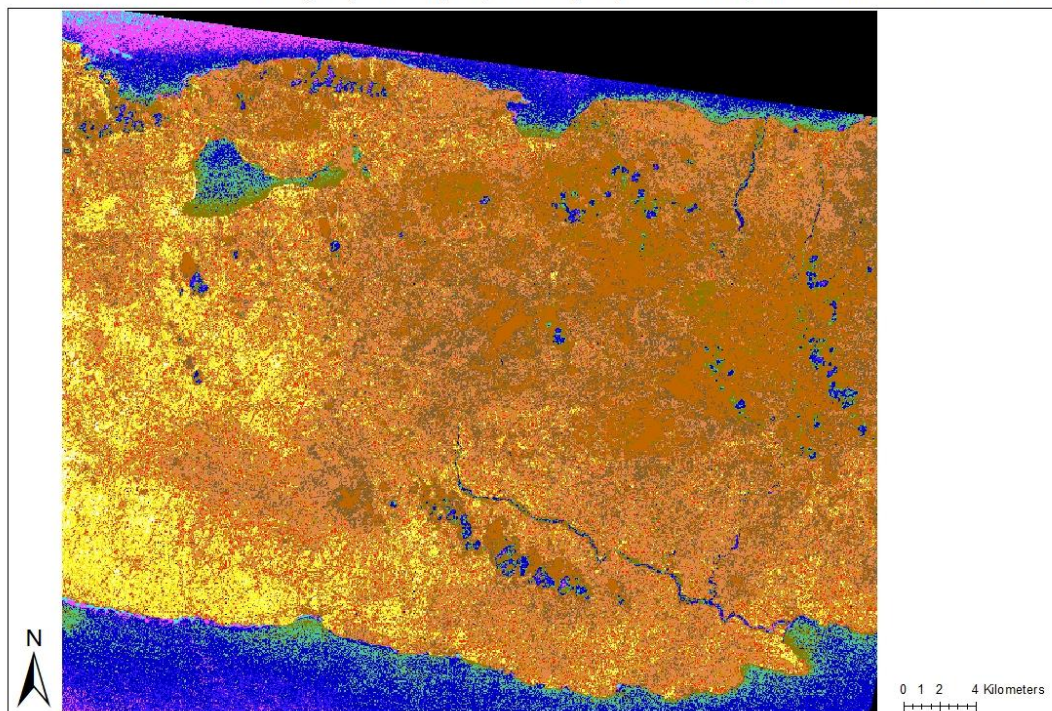
Χάρτης 12.51 - Αναταξινόμηση αποτελεσμάτων διαφοράς δεικτών και διαίρεσης με τον αρχικά για την πρωτεύουσα

RECLASSIFY - "NDVI('10)-NDVI('09)" - Enriquillo-Plantain-Garden FZ



Χάρτης 12.52 - Αναταξινόμηση αποτελεσμάτων διαφοράς δεικτών για την πρωτεύουσα

RECLASSIFY - "NDVI('10)-NDVI('09)/NDVI('09)" - Enriquillo-Plantain-Garden FZ



Χάρτης 12.53 -Αναταξινόμηση αποτελεσμάτων διαφοράς δεικτών και διαίρεσης με τον αρχικά για την πρωτεύουσα

13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εδώ καλό θα ήταν να σημειωθεί πως αρχικά είχε γίνει επεξεργασία άλλων δεδομένων. Δύο εικόνων πολυφασματικών οι οποίες περιείχαν το πράσινο, το ερυθρό και το κοντινό υπέρυθρο. Παρά, λοιπόν, το γεγονός πως τα αρχικά αποτελέσματα ήταν αρκετά ενθαρρυντικά και ικανοποιητικά, επιλέχθηκε, τελικά να ληφθούν εξ αρχής νέες εικόνες που θα περιελάμβαναν και τα θερμικά κανάλια ώστε να γίνει καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη επεξεργασία.

Ακόμη, να τονιστεί πως θα ήταν δυνατό να επεξεργαστούν περαιτέρω τα υπάρχοντα δεδομένα με σκοπό να εφαρμοστούν και άλλες μέθοδοι επεξεργασίας και προβεί η παρούσα μελέτη σε νέα και, ίσως, διαφορετικά συμπεράσματα.

Η Αϊτή μια περιοχή του χάρτη που είναι πολυβασανισμένη τόσο από φυσικά όσο και από κοινωνικά φαινόμενα βρίσκεται τώρα 2 χρόνια ύστερα τον καταστροφικό σεισμό να προσπαθεί να ανασυγκροτηθεί και να ορθοποδήσει ύστερα από τα όσα συνέβησαν. Βρίσκεται, λοιπόν, να προσπαθεί να κτίσει πάλι μια ιστορική πόλη που καταστράφηκε, να βοηθήσει τους πληγωμένους και κατεστραμμένους κατοίκους της, να ανασυγκροτήσει τη δημόσια διοίκηση, να ρυθμίσει νόμους, κανόνες αλλά και να επαναφέρει σε φυσιολογικά επίπεδα τόσο την υγεία όσο και το βιοτικό επίπεδο γενικότερα.

Μα πάνω απ' όλα παλεύει για να αποφύγει λάθη του παρελθόντος. Παλεύει να στήσει μια κοινωνία η οποία στο μέλλον θα μπορεί να ανταποκρίνεται αλλά και να αντιμετωπίζει καλύτερα και αποδοτικότερα τέτοιου είδους καταστάσεις. Τα φυσικά φαινόμενα, λογικό, είναι να μην είναι δυνατό να αποφευχθούν μα όσο καλύτερα οργανωμένο έχει τον κρατικό μηχανισμό ένα κράτος τόσο καλύτερα μπορεί να αντιδρά σε τέτοιου είδους καταστάσεις.

Ειδικά αν πρόκειται για την περίπτωση της Αϊτής που αποτέλεσε και τη μόνη χώρα παγκοσμίως που σε ένα γεγονός φυσικής καταστροφής όπως αυτό δεν επενέβησαν οι εγχώριες δυνάμεις αλλά χρήστηκε η ανάγκη εμπλοκής ξένων φορέων ώστε να γίνει αποτελεσματική η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου συμβάντος.

Ύστερα, λοιπόν, την παρούσα έρευνα κατά την οποία μελετήθηκαν μέσω χρήσης μεθόδων τηλεπισκόπησης οι συνέπειες του καταστροφικού αυτού σεισμού τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον προέκυψαν κάποια συμπεράσματα σε σχέση με το γεγονός αυτό.

Όσον αφορά στις συνέπειες που σχετίζονται με το ανθρωπογενές περιβάλλον, σημαντικές είναι οι “πληγές” που εντοπίστηκαν. Μεγαλύτερη ήταν εκείνη του μεγάλου αριθμού νεκρών αλλά και τραυματιών. Αριθμό που επανειλημμένως απέτυχε να διαχειριστεί ο κρατικός μηχανισμός ακόμη και μετά τη βοήθεια των ξένων δυνάμεων. Επίσης, εξαιρετικά μεγάλος ήταν και ο αριθμός των αστέγων στις πληγείσες περιοχές. Να σημειωθεί, στο σημείο αυτό, πως σε γενικές γραμμές μια μεγάλη μάζα του Αϊτινού πληθυσμού μένει σε αθλίων συνθηκών και κατασκευής κατοικίες οι οποίες αποτελούνται ως επί το πλείστον από ανακυκλώσιμα υλικά και υλικά που εντοπίζονται από τους κατοίκους στα απορρίμματα και στις χωματερές (πρόχειρη ξυλεία τύπου κόντρα πλακέ, φθηνές μονωτικές στέγες τύπου ελενίτ, πλαστικές μεμβράνες τύπου μουσαμάδες).

Φυσικό είναι, λοιπόν, αυτού του τύπου οι κατοικίες να είναι εξαιρετικά ευάλωτες και να ήταν από τις πρώτες που επλήγησαν ύστερα το σεισμό. Επομένως, ήταν μεγάλο μέρος του πληθυσμού που έμεινε άστεγο. Οι επιμέρους φορείς, πάντως, που αναμείχθηκαν φρόντισαν να δημιουργηθούν πρόχειρα καταλύματα, δηλαδή, περιοχές ανοιχτές που χρησιμοποιήθηκαν ως χώροι συγκέντρωσης-προσωρινής κατοικίας όπου στήθηκαν πρόχειροι καταυλισμοί με σκοπό να στεγάσουν προσωρινά τους αστέγους που προέκυψαν εξαιτίας του σεισμού έως ότου να κατασκευαστούν νέες κατοικίες για τους πληγέντες κατοίκους είτε να ανακατασκευαστούν οι ήδη υπάρχουσες αλλά ημικατεστραμμένες-ζημιωμένες κατοικίες. Δυστυχώς, όμως, τα σχέδια ανακατασκευής δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμη, με αποτέλεσμα, δύο χρόνια μετά, η Αϊτή να βρίσκει τους κατοίκους της να φιλοξενούνται ακόμη στους πρόχειρους και κυρίως “προσωρινούς” καταυλισμούς.

Ακόμη, οι ελλείψεις σε τομείς ανθρωπιστικής βασικής βοήθειας, περίθαλψης, ψυχολογικής υποστήριξης αλλά και η παροχή φαρμάκων στους πληγέντες ήταν καθοριστική, μιας και η Αϊτή ζούσε για άλλη μια φορά συνθήκες απόλυτης εξαθλίωσης και τριτοκοσμικές καταστάσεις. Ενώ για άλλη μια φορά, κρίθηκε, δυστυχώς ακατάλληλη να διαχειριστεί τέτοιου είδους καταστάσεις που κανονικά θα έπρεπε να διαχειρίζεται με μεγαλύτερη ευκολία μιας και την χαρακτηρίζει ένα ιστορικό φυσικών καταστροφών μεγάλης έντασης. Φυσικό, ήταν, βέβαια, να παραλύσει τόσο ο κρατικός μηχανισμός αλλά και γενικότερα να νεκρώσουν πολλοί φορείς που θα έπρεπε να λειτουργούν πλήρως ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά η κατάσταση αυτή.

Όσον αφορά στις συνέπειες που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον, κατά την παρούσα μελέτη μελετήθηκαν ιδιαίτερα οι περιοχές της πρωτεύουσας του Port-au-Prince, Carrefour καθώς και μια περιοχή του ρήγματος δυτικά της πρωτεύουσας και πολύ κοντά στο επίκεντρο του σεισμού της 12^{ης} Ιανουαρίου 2010.

Εντοπίστηκαν, λοιπόν, όσον αφορά στην πρωτεύουσα, τμήματα κατά μήκος της ακτογραμμής με ανυψώσεις αλλά και ρηξιγενή τμήματα. Ακόμη, παρατηρήθηκαν αλλαγές στα ιζήματα κατά μήκος της ακτογραμμής στον κόλπο Gonave. Επίσης, στις περιοχές Carrefour αλλά και στο κέντρο της πρωτεύουσας εντοπίστηκαν πολλές περιοχές με καταστροφές και πτώσεις κτηρίων αλλά και αξιοποίηση περιοχών πρασίνου με σκοπό την κατασκευή κτηρίων. Επίσης εντοπίστηκαν ανακατασκευές όσον αφορά σε τμήματα αποβάθρας του λιμένα της πρωτεύουσας και καταστροφή άλλων τμημάτων αυτής. Να σημειωθεί, πως οι αλλαγές αυτές υπήρξαν και στις κατοικημένες περιοχές του Petit και Grand Goave.

Όσον αφορά στην περιοχή του ρήγματος, οι σημαντικότερες αλλαγές εντοπίστηκαν σε τμήματα της λίμνης της περιοχής όπου σημειώθηκαν τόσο καθιζήσεις όσο και ανυψώσεις των γεωμορφών της λίμνης. Επίσης, εντοπίστηκαν και κάποιες αλλαγές κατά μήκος περιοχών και των δύο τμημάτων του ρήγματος που φαίνονται και στις αντίστοιχες εικόνες.

14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Καρτάλης Κ., Φειδάς Χ. (2006): «Αρχές & Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης», Εκδόσεις: Γκιούρδας, Αθήνα 2006.

Μέρτικας Στέλιος Π. (2006): «Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας», Εκδόσεις: Ίων, Αθήνα, 2006.

Καρύδης Π., Λέκκας Ευθ. (2010): «Ο σεισμός της Αϊτής Ms 7.2 R 12 Ιανουαρίου 2010», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Καποδιστριακό, Παν. Αθηνών, Φεβρουάριος 2010, Αθήνα.

Παυλόπουλος Α., Παρχαρίδης Ι., Γατσής Ι., Ψωμιάδης Ε. (2003): «ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ – Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες», σημειώσεις εργαστηρίου Ορυκτολογίας-Γεωλογίας Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα 2003.

Ξένη βιβλιογραφία

A.J. Clark, P. Holliday, R. Chau, H. Eisenberg, and M. Chau (2010): “Collaborative Geospatial Data as Applied to Disaster - Relief: Haiti 2010”, SecTech/DRBC 2010, CCIS122, pp. 250-258.

Arvidsson, R. & Ekström, G., (1998): “Global CMT analysis of moderate earthquakes, $MW \geq 4.5$, using intermediate-period surface waves”, Bull.seism. Soc. Am., 88, 1003–1013.

Bertoldi Luca (2010): “Telerilevamento di rocce granitoidi in ambiente desertico (anti -atlante orientale – Marocco) ed Alpino (Himalaya – Nepal occidentale): Elaborazione Immagini Aster e Spettroscopia”, Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Geoscienze, 27 Gennaio 2011.

Calais, E. (2001): Vers un projet "Aléa sismique en Haïti". CNRS: Géosciences Azur. Sophia Antipolis, France. Unpublished report, 11pp.

Calais, E., Mazabraud, Y., de Lapinay, B.M., Mann, P., Mattioli, G. & Jansma, P., (2002): “Strain partitioning and fault slip rates in the north-eastern Caribbean from GPS measurements”, *Geophys. Res. Lett.*, 29.

C.S. Prentice, P. Mann, A.J. Crone, R.D. Gold, K.W. Hudnut, R.W. Briggs, R.D. Koehler & P. Jean (2010): “Seismic hazard of the Enriquillo–Plantain Garden fault in Haiti inferred from palaeoseismology”, October 2010, *Nature Geoscience* 3, 789–793.

Dave Yates and Scott Paquette (2010): “Emergency knowledge management and social media technologies: A case study of the 2010 Haitian earthquake”, *International Journal of Information Management*, February 2011, Volume 31, Issue 1, Pages 6-13.

Deng, J. & Sykes, L.R., (1995): “Determination of Euler pole for contemporary relative motion of Caribbean and North American plates using slip vectors of interplate earthquakes”, *Tectonics*, 14, pp 39–53.

DeMets, C., Jansma, P., Mattioli, G., Dixon, T., Farina, F., Bilham, R., Calais, E. & Mann, P.,(2000): “GPS geodetic constraints on Caribbean–North America plate motion”, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 437–440.

Dennis Rosen, MD (2010): Dispatch from the medical front, “Haiti, four months after the earthquake”, *CMAJ (Canadian Medical Association Journal)*, June 2010, vol.182, no.10, E 447-448, Boston, Massachusetts.

Dixon, T.H., Farina, F., DeMets, C., Jansma, P., Mann, P. & Calais, E., (1998): “Relative motion between the Caribbean and North American plates and related plate boundary deformation based on a decade of GPS observations”, *J. geophys. Res.*, 103, 15 157–15 182.

Dziewonski, A.M., Chou, T.-A. & Woodhouse, J.H., (1981): “Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity”, *J. geophys. Res.*, 86, 2825–2852.

E. Calais, A. Freed, G. Mattioli, F. Amelung, S. Jónsson, P. Jansma, S-H. Hong, T. Dixon, C. Prépetit, R. Momplaisir (2010): “Transpressional rupture of an

unmapped fault during the 2010 Haiti earthquake”, *Nature Geoscience*, November 2010, Volume 3, Issue 11, Pages 794-799.

Ekström, G., Dziewonski, A.M., Maternovskaya, N.N. & Nettles, M., (2005): “Global seismicity of 2003: centroid-moment-tensor solutions for 1087 earthquakes”, *Phys. Earth planet. Inter.*, 148, 327–351.

Ekström, G., Morelli, A., Boschi, E. & Dziewonski, A.M., (1998): “Moment tensor analysis of the central Italy earthquake sequence of September–October 1997”, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 1971–1974.

Gianinetto M. & Villa P. (2011): “Mapping Hurricane Katrina's widespread destruction in New Orleans using multisensor data and the normalized difference change detection (NDCD) technique”, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 32, Number 7, pages 1961-1982 (22).

Hayes, G.P., Briggs, R.W., Sladen, A., Fielding, E.J., Prentice, C., Hudnut, K., Mann, P., Taylor, F.W., Crone, A.J., Gold, R., Ito, T., Simons, M. (2010): “Complex rupture during the 12 January 2010 Haiti earthquake”, *Nature Geoscience*, November 2010, Volume 3, Issue 11, Pages 800-805.

Hoque R., Nakayama D., Matsuyama M., Matsumoto J. (2010): “Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh”, May 2011, Volume 57, Issue 2, pages 525-548.

K. Armagan Korkmaz & M. Emin Kutay (2010): “Automated Hazard Assessment Techniques Using Satellite Images Following the 2008 Sichuan China Earthquake”, June 2010, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, Volume 16, Issue 3, pages 463-477

Kerle N. (2010): “Satellite-based damage mapping following the 2006 Indonesia earthquake – How accurate was this?”, July 2010, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 12, Issue 6, pages 466-476.

K. Vinod Kumar, T. R. Martha & P. S. Roy (2007): “Mapping damage in the Jammu and Kashmir caused by 8 October 2005 M w 7.3 earthquake from the

Cartosat–1 and Resourcesat–1 imagery”, February 2007, International Journal of Remote Sensing, Volume 27, Issue 20, 2006, pages 4449-4459.

.

Liu Xianglong, Zhang Yong, Jiang Yulin, Xu Jian, Wu Zhongyi, Hong Zixuan (2010): “Large-scale highway disaster assessment of earthquake using GIS and remote sensing”, August 2010, Geoscience and Remote Sensing (IITA-GRS), 2010 Second IITA International Conference on, pages 174-178.

Manaker, D.M. et al., (2008): “ Interseismic plate coupling and strain partitioning in the Northeastern Caribbean”, Geophys. J. Int., 174, 889–903.

Mann, P., Calais, E., Ruegg, J.-C., DeMets, C., Jansma, P.E. & Mattioli, G.S., (2002): “Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations”, Tectonics, 21, doi:10.1029/2001TC001304.

Mann, P., Prentice, C.S., Burr, G.S., Peña, L.R. & Taylor, F.W., (1998): “Tectonic geomorphology of the Septentrional Fault System, Dominican Republic”, Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 326, 63–123.

Mann, P., Taylor, F.W., Edwards, R.L. and Ku, T.-L., (1995): “Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the northeastern Caribbean plate margin”, British Geological Survey, Tectonophysics, January 2010, vol 246, pp 1-69.

Meredith Nettles and Vala Hjörleifsdóttir (2010): “Earthquake source parameters for the 2010 January Haiti main shock and aftershock sequence”, July 2010, Geophys. J. Int. (2010) 183, 375–380.

Miguel de las Doblas Lavigne (2010): “Geological Deformations & Potential Hazards triggered by the 01-12-2010 Haiti Earthquake (Google Earth Imagery), GEO Haiti Event Supersite Website, 03-11-2010.

Mora, S. (1986a): Étude de reconnaissance des menaces naturelles dans le bassin du Haut Artibonite, Haïti. Projet Frontalier OEA/DDR/GH-INGEOSA.

Mora, S. (1986b): Estudio de reconocimiento de las amenazas naturales, región fronteriza (occidental), República Dominicana. Proyecto de desarrollo fronterizo. OEA/GobRD; Fase III, ONAPLAN, 90pp.

Panayotis Carydis, Efthymis Lekkas (2011): “The Haiti Earthquake Mw = 7.0 of January 12th 2010: structural and geotechnical engineering field observations, near-field ground motion estimation and interpretation of the damage to buildings and infrastructure in the Port-au-Prince area”, *Ingegneria Sismica*, Luglio-Settembre 2011, anno XXVIII, N.3.

Parcharidis Is., Foumelis M., Lekkas E. (2007): “Vertical tectonic motion in Andaman Islands detected by multi-temporal satellite radar images”, May 2007, *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας* τομ. XXXVII 2007, Πρακτικά 11^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα.

P. Chen, S. C. Liew and L. K. Kwoh (2005): “Tsunami Damage Assessment Using High Resolution Satellite Imagery: A Case Study of Aceh, Indonesia”, July 2005, *Proceedings 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2005*, Volume: 2, Publisher: Ieee, Pages: 1405-1408.

P. Chen, S. C. Liew and L. K. Kwoh (2006): “Tsunami Damage Mapping and Assessment in Sumatra Using Remote Sensing and GIS Techniques”, July 2006, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2006, pages: 297-300.

P. Gamba, F. Dell’ Acqua and G. Trianni (2007): “Rapid damage detection in Bam area using multi-temporal SAR and exploiting ancillary data”, *IEEE Trans. Geosc. And Rem. Sens.*, Vol. 45, n. 6, pp. 1582-1589.

Prentice, C.S., Mann, P., Crone, A.J., Gold, R.D., Hudnut, K.W., Briggs, R.W., Koehler, R.D., Jean, P. (2010): “Seismic hazard of the Enriquillo-Plantain Garden fault in Haiti inferred from palaeoseismology”, *Nature Geoscience*, November 2010, Volume 3, Issue 11, Pages 789-793.

Prentice, C.S., Mann, P., Taylor, F.W., Burr, G. & Valastro, S., (1993): “Paleoseismology of the North America-Caribbean plate boundary (Septentrional fault)”, *Dominican Republic, Geology*, 21, 49–52.

Sergio (Dr) Mora-Castro (2010): “Brief introductory note on earthquake hazards in Haiti”, counsel on the World Bank, March 2010, pages 1-7, Port-au-Prince, Haiti.

Scherer, J., (1912): “Great earthquakes in the island of Haiti”, Bull. seism. Soc. Am., 2, 161–180.

S. Stramondo , C. Bignami , M. Chini , N. Pierdicca & A.Tertulliani (2007): “Satellite radar and optical remote sensing for earthquake damage detection: results from different case studies”, February 2011, Urban Remote Sensing Joint Event, 2007 , pages:1-6.

Sykes, L.R., McCann, W.R. & Kafka, A.L., (1982): “Motion of Caribbean Plate during last 7 million years and implications for earlier Cenozoic Movements”, J. geophys. Res., 87, 10 656–10 676.

Timo B. & Liao M. (2010): “Building-damage detection using post-seismic high-resolution SAR satellite data”, April 2010, International Journal of Remote Sensing, Volume 31, Issue 13, pages 3369-3391.

Διαδίκτυο

<http://earthquake.usgs.gov/>

<http://www.nasa.gov/>

<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>

<http://www.eoearth.org/article/Haiti>

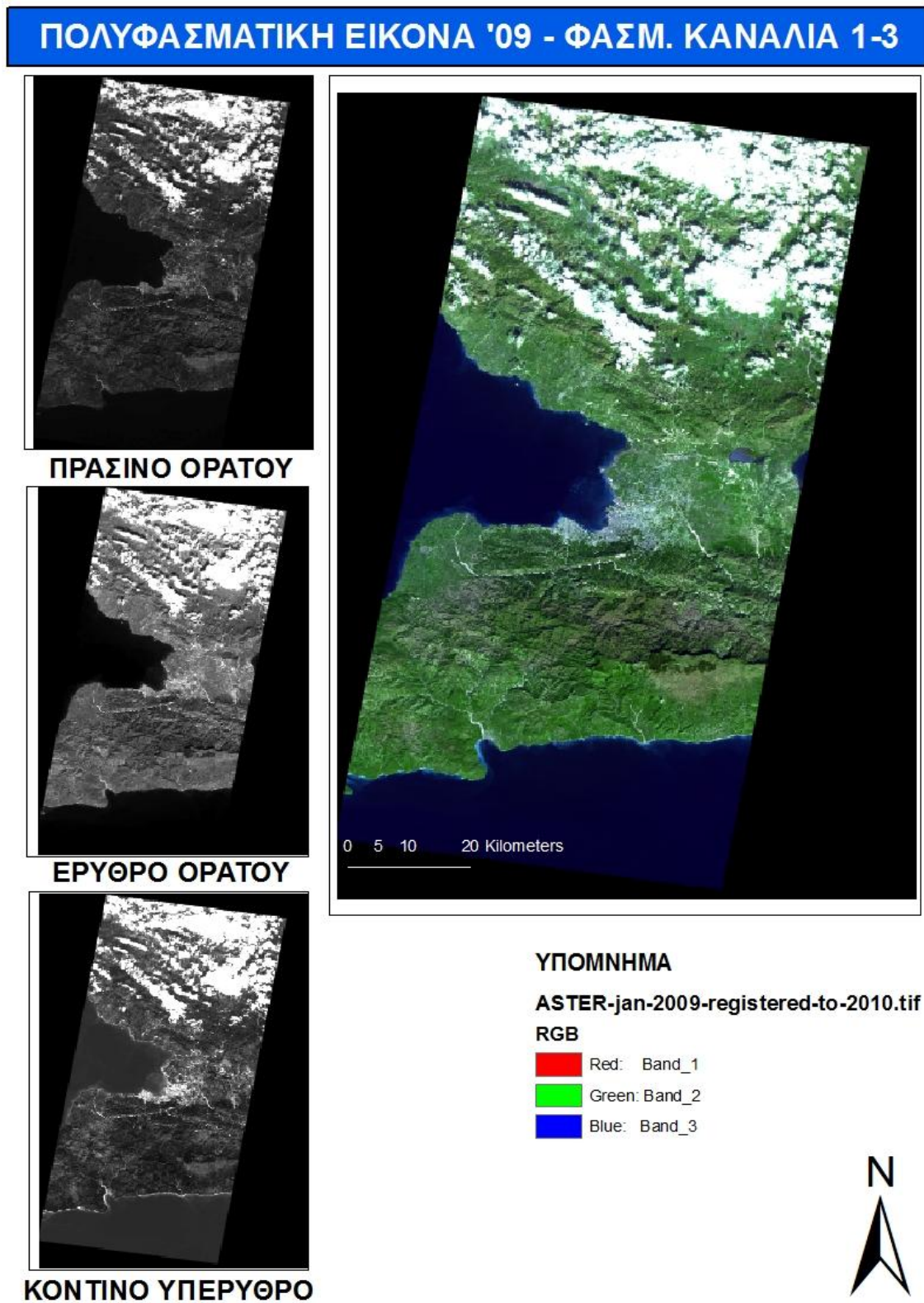
15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κατά το πρώτο διάστημα της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης είχαν αξιοποιηθεί διαφορετικά αρχικά δεδομένα. Επρόκειτο για δύο εικόνες πριν και κατόπιν του σεισμού που απεικόνιζαν την περιοχή της πρωτεύουσας Port-au-Prince. Οι εικόνες ήταν γαιωαναφερμένες η μία ως προς την άλλη. Η πρώτη εικόνα είχε ληφθεί το 2009 και η δεύτερη το 2010 ύστερα το σεισμό της 12ης Ιανουαρίου.

Οι εικόνες αυτές περιελάμβαναν τα κανάλια του ορατού και το κοντινό υπέρυθρο. Δηλαδή, περιείχαν συνολικά 3 κανάλια: το πράσινο και το ερυθρό του ορατού καθώς και το κοντινό υπέρυθρο.

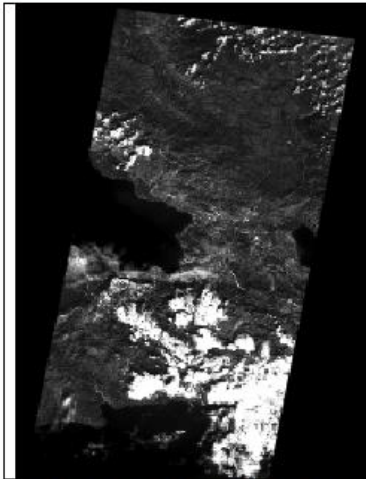
Παρακάτω παρατίθενται οι σχετικοί χάρτες που απεικονίζουν τις πολυφασματικές εικόνες καθώς και απεικονίσεις των επιμέρους καναλιών από τα οποία έχουν προκύψει.

Χάρτης 15.52 - Εικόνα απεικόνισης πρωτεύουσας 2009 (πριν το σεισμό) - επιμέρους κανάλια

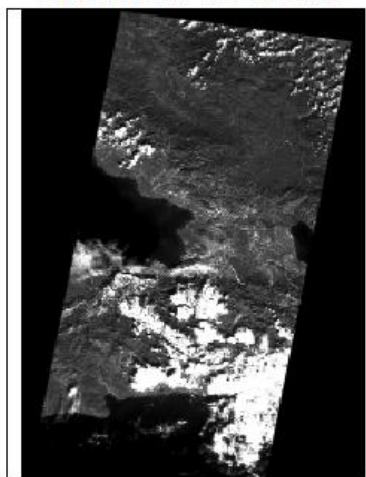


Χάρτης 15.53 - Εικόνα απεικόνισης πρωτεύουσας 2010 (μετά το σεισμό) - επιμέρους κανάλια

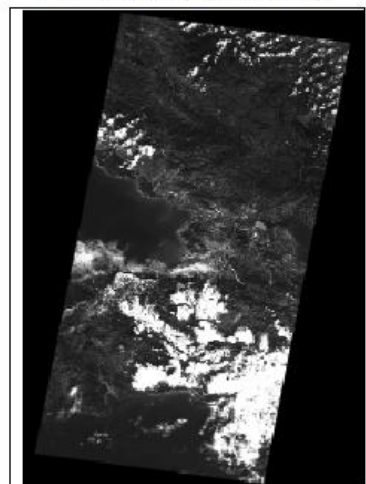
ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ '10 - ΦΑΣΜ. ΚΑΝΑΛΙΑ 1-3



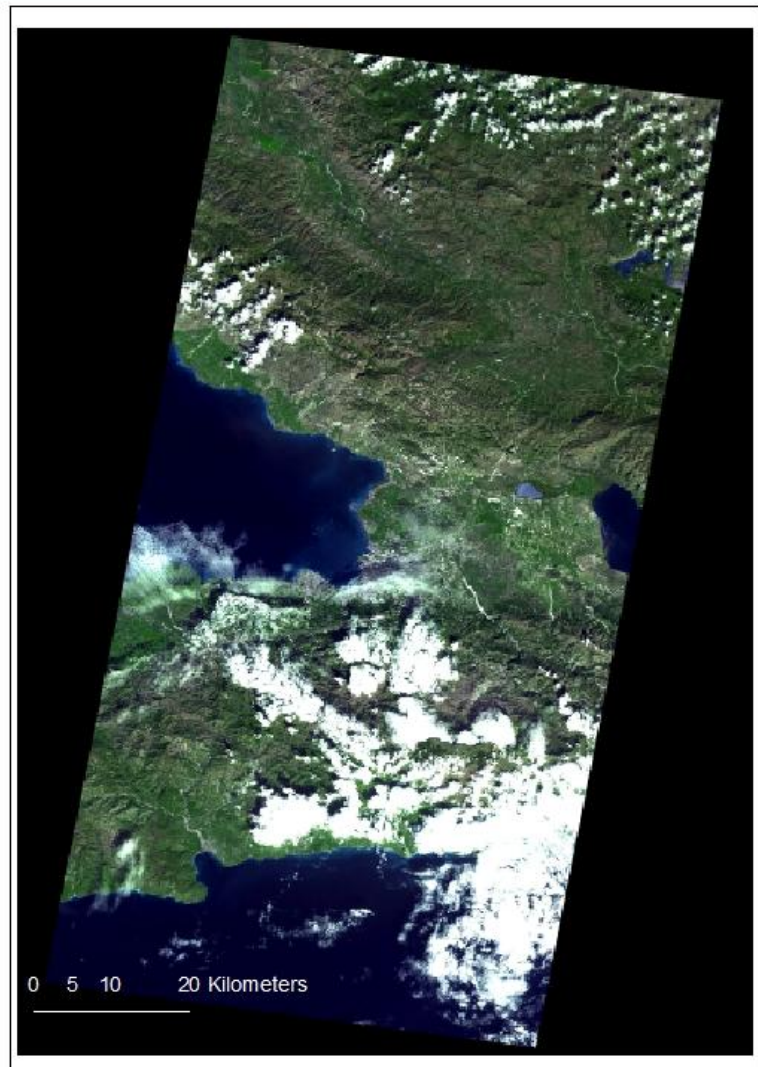
ΠΡΑΣΙΝΟ ΟΡΑΤΟΥ



ΕΡΥΘΡΟ ΟΡΑΤΟΥ



ΚΟΝΤΙΝΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ASTER-jan-2010.tif

RGB

Red: Band_1

Green: Band_2

Blue: Band_3



Όπως φαίνεται και στους χάρτες που παρατέθηκαν και οι δύο εικόνες χαρακτηρίζονται από μεγάλης έκτασης νεφοκάλυψη πυκνής σύστασης που καλύπτουν σημαντικές περιοχές της πρωτεύουσας. Βέβαια, όσον αφορά στην εικόνα του 2009, η νεφοκάλυψη εντοπίζεται στα βόρεια της περιοχής που απεικονίζεται και ορεινά. Περιοχές, όμως που δεν απασχολούν ιδιαίτερα το ενδιαφέρον μιας και βρίσκονται αρκετά μακριά τόσο από την πρωτεύουσα όσο και από το επίκεντρο του σεισμού. Επομένως, δεν προβληματίζει ιδιαίτερα η παρουσία νεφοκάλυψης στη συγκεκριμένη εικόνα. Αντίθετα, η εκτεταμένη νεφοκάλυψη που παρουσιαζόταν στη δεύτερη εικόνα ύστερα το σεισμό προβλημάτισε ιδιαίτερα και προξένησε προβλήματα μιας και ήταν συγκεντρωμένη στα νοτιοανατολικά της εικόνας και ένα τμήμα αυτής κάλυπτε μεγάλο τμήμα της πρωτεύουσας και κατοικημένο τμήμα του αστικού κέντρου με αποτέλεσμα να δυσχεραίνει ιδιαίτερα την εκτενή μελέτη αλλά και τον εντοπισμό σχετικών καταστροφών στις υψίστης σημασίας και σημαντικότητας για ανάλυση περιοχές.

Ένας λόγος, λοιπόν, που αποφασίστηκε η επεξεργασία νέων εικόνων ήταν αυτός. Καθώς η έλλειψη αυτή σημαντικής πληροφορίας θα προκαλούσε ελλιπή συμπεράσματα και πρόχειρη μελέτη περίπτωσης.

Παρά, πάντως, την κακή απεικόνιση των αρχικών εικόνων της συγκεκριμένης εργασίας, προτού παρθούν οι νέες εικόνες είχε σχεδόν ολοκληρωθεί η επεξεργασία των πρώτων. Φυσικά δεν είχε εφαρμοστεί το πλήθος των μεθόδων και τεχνικών που εφαρμόστηκαν στις εικόνες που ακολούθησαν μα είχαν προκύψει (μικρότερης έκτασης και ακρίβειας, βέβαια) αλλά παρόμοια αποτελέσματα και συμπεράσματα.

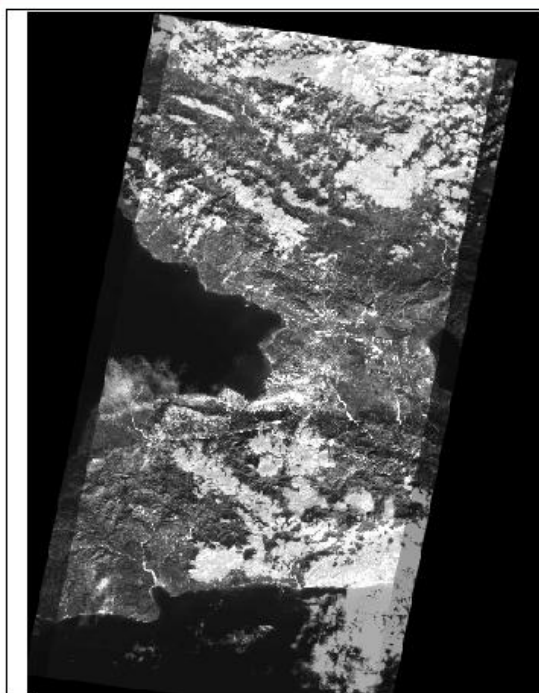
Και σε αυτή την περίπτωση είχαν προκύψει παρόμοια στατιστικά στοιχεία με αυτά των δεύτερων εικόνων. Όσον αφορά στον πίνακα των ιδιοδιανυσμάτων φαίνεται πως η συνιστώσα που φέρει αντίθετα πρόσημα στα κανάλια της πρώτης και δεύτερης εικόνας είναι και αυτή που φέρει τη διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο εικόνες. Μάλιστα, οι τελευταίες τρεις, κυρίως, συνιστώσες είναι και εκείνες που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος του θορύβου.

Στη συνέχεια, όσον αφορά στις ιδιοτιμές, στον πίνακα φαίνεται πως οι πρώτες δύο συνιστώσες είναι και εκείνες που περιλαμβάνουν το πλήθος της συνολικής πληροφορίας με τις τρεις πρώτες να συγκεντρώνουν, όπως είναι σχεδόν πάντα αναμενόμενο, ποσοστό πάνω από 90%. Παρακάτω παρατίθενται οι σχετικοί πίνακες.

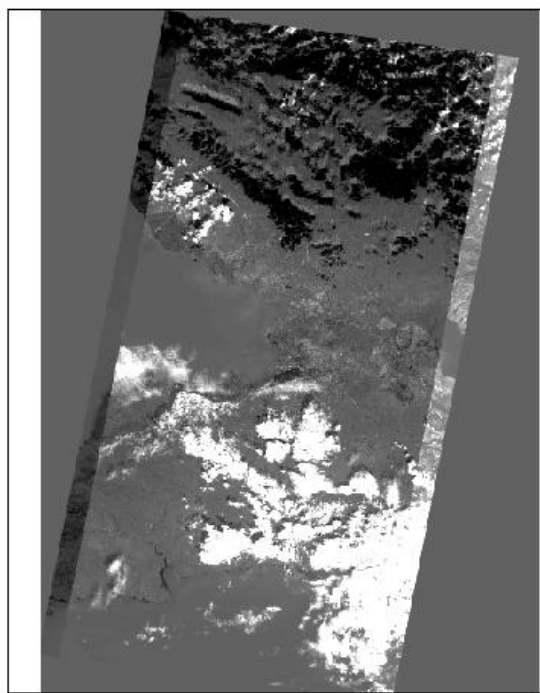
Πίνακες 15.18-19 - Πίνακες ιδιοδιανυσμάτων (και πίνακας προσίμων) και ιδιοτιμών αντίστοιχα

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
PC1	0,396717	0,480537	0,391559	0,382749	0,425983	0,361141
PC2	0,390018	0,390326	0,392475	-0,418460	-0,413729	-0,441831
PC3	0,022563	-0,578153	0,661097	-0,080043	-0,245352	0,401965
PC4	0,657341	-0,477397	-0,150248	0,412744	0,018351	-0,383049
PC5	0,240793	0,188822	-0,380126	0,193201	-0,687235	0,502246
PC6	-0,447117	0,137504	0,297531	0,681398	-0,338439	-0,337356
	ΠΡΙΝ	ΠΡΙΝ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΜΕΤΑ	ΜΕΤΑ
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
PC1	+	+	+	+	+	+
PC2	+	+	+	-	-	-
PC3	+	-	+	-	-	+
PC4	+	-	-	+	+	-
PC5	+	+	-	+	-	+
PC6	-	+	+	+	-	-

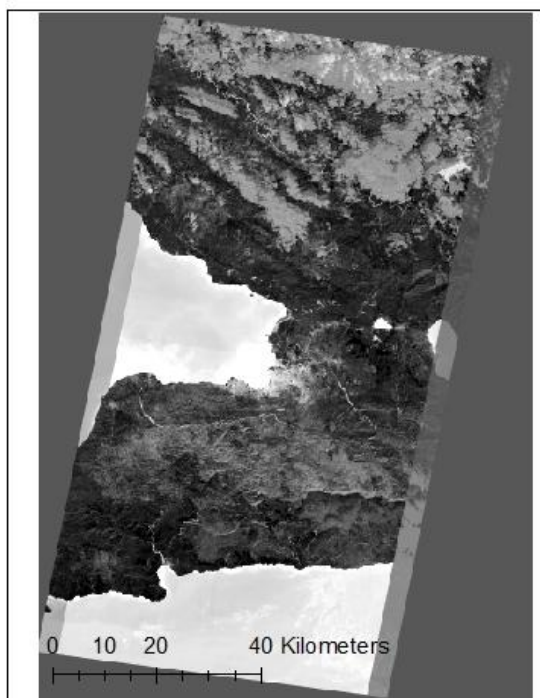
ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ - PC 1 - 4



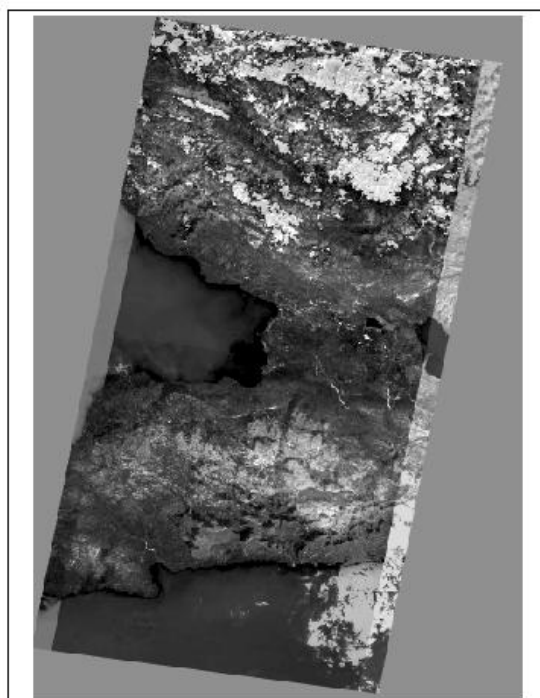
PC_1



PC_2



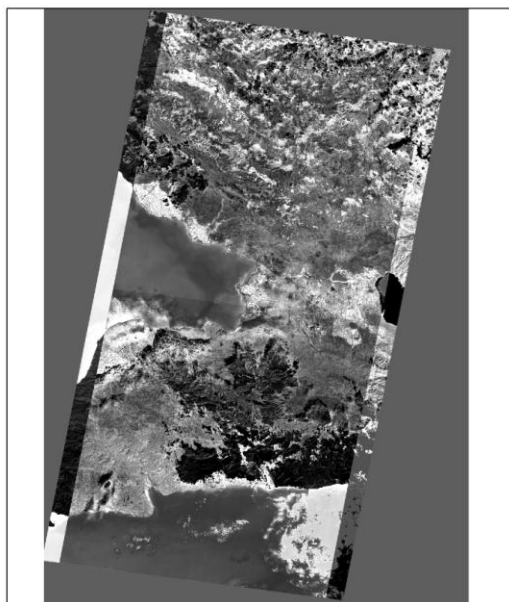
PC_3



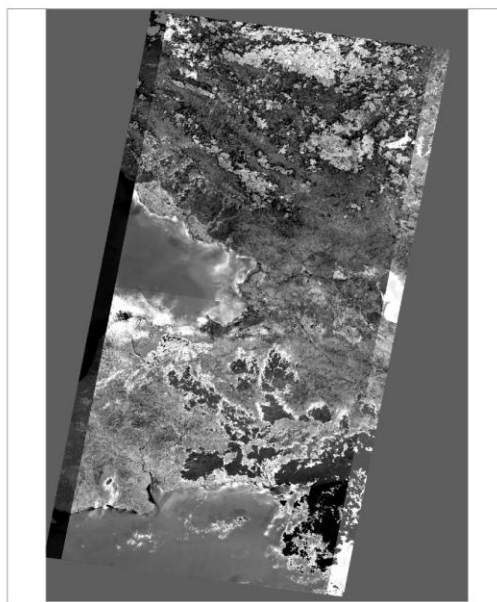
PC_4



ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ - PC5, PC6



PC_5



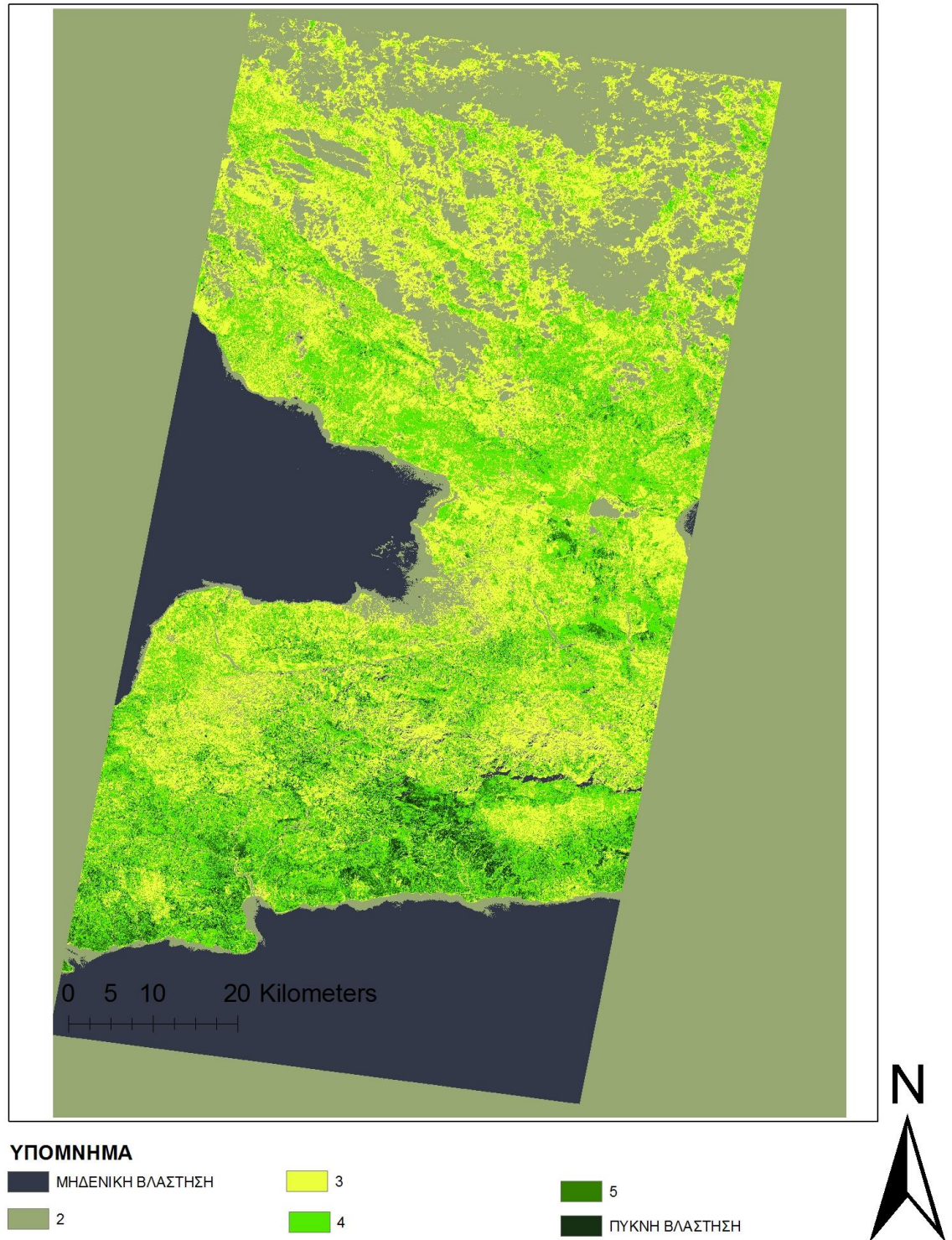
PC_6



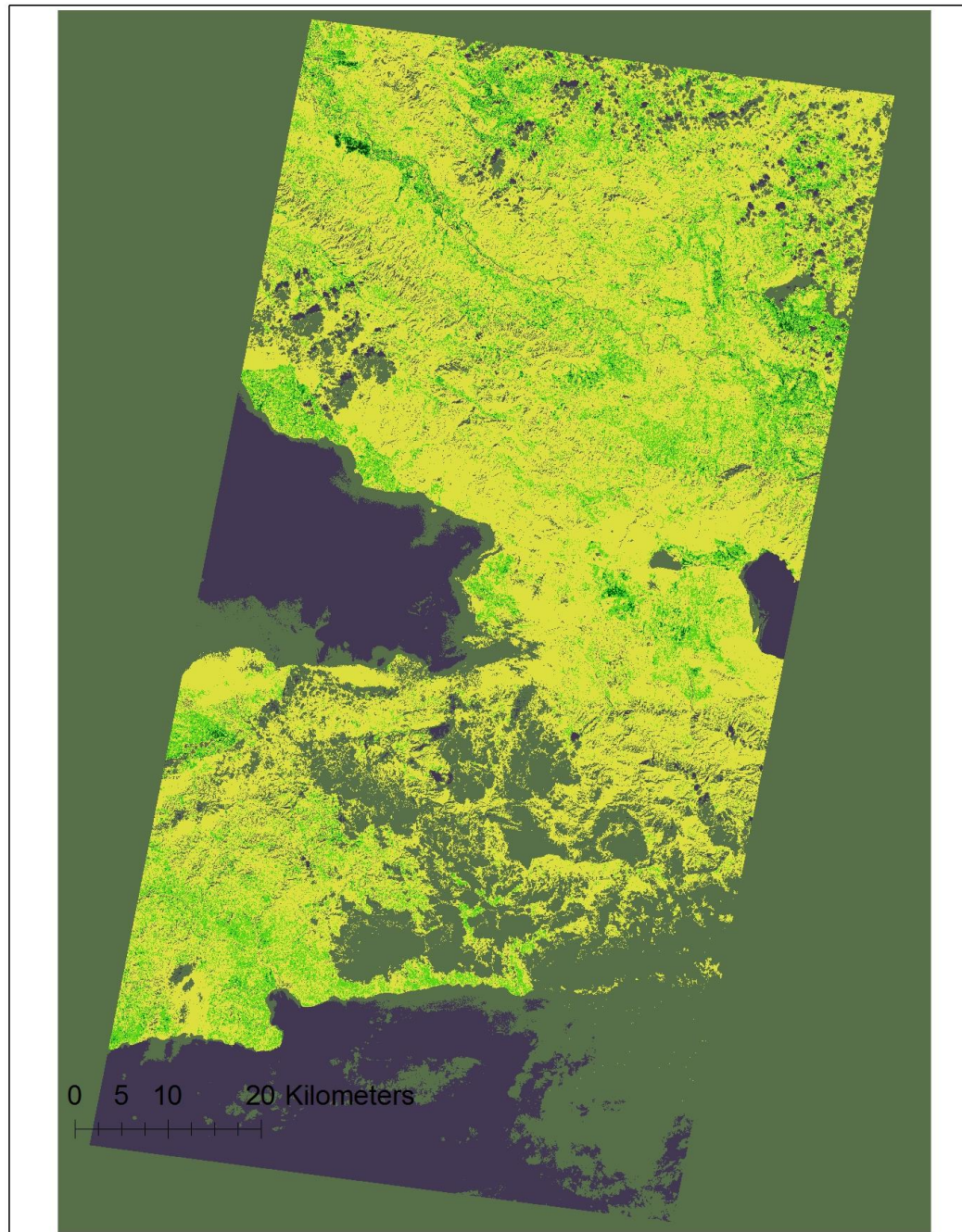
Επίσης μέσα από επεξεργασία των καναλιών του ερυθρού και κοντινού υπερύθρου υπολογίστηκε ο δείκτης της βλάστησης NDVI όπου στη συνέχεια έγινε αναταξινόμηση των αποτελεσμάτων και προέκυψαν οπτικά τα παρακάτω αποτελέσματα.

Χάρτες 15.56-58 - Χάρτης απεικόνισης δείκτη βλάστησης (NDVI) 2009, 2010 και δεικτών των δύο ετών μαζί

ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) - 6 ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ - ΙΑΝ. 2009



ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) - 6 ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ - ΙΑΝ. 2010



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

2

3

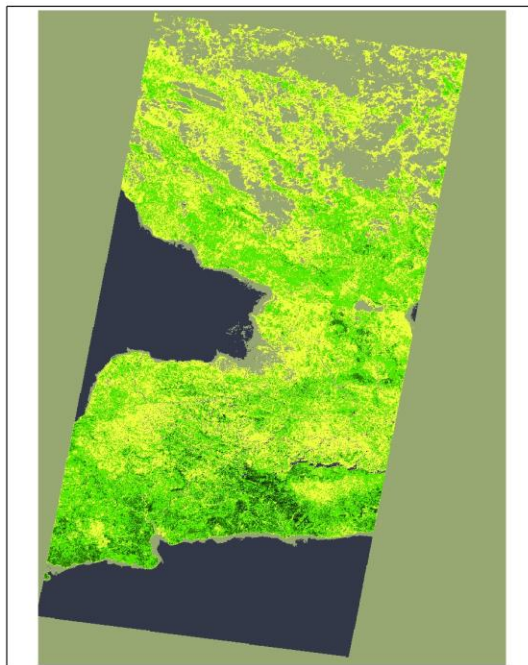
4

5

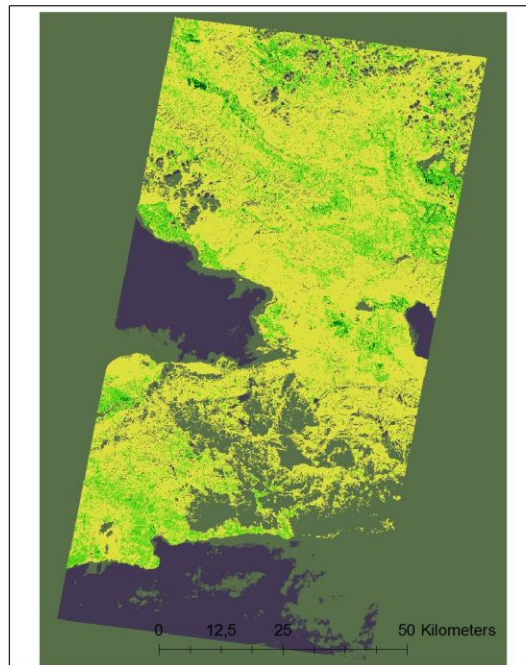
6 ΠΥΚΝΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ



ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI) - ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2009-2010



NDVI_'09



NDVI_'10

