



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ



ΕΥΔΟΞΙΑ Ι. ΣΥΜΕΩΝΙΔΟΥ

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΧΙΟΝΟΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΟΛΥΜΠΟΥ ΜΕΣΩ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2019





ΕΥΔΟΞΙΑ Ι. ΣΥΜΕΩΝΙΔΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5301

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΧΙΟΝΟΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΟΛΥΜΠΟΥ ΜΕΣΩ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας,
Εργαστήριο Εφαρμογών της Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων
Πληροφοριών

Επιβλέπων

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΟΥΡΑΤΙΔΗΣ



© Ευδοξία Ι. Συμεωνίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Χαρτογράφηση της χιονοκάλυψης του Ολύμπου μέσω δορυφορικών εικόνων σε περιβάλλον GIS – *Διπλωματική Εργασία*

© Evdoxia I. Symeonidou, School of Geology, Dept. of Physical and Environmental Geography, 2019
All rights reserved.
Mapping the snow cover on Olympus using satellite imagery and GIS – *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Χαρτογράφηση της χιονοκάλυψης του Ολύμπου μέσω δορυφορικών εικόνων σε περιβάλλον GIS

Περίληψη

Οι δορυφορικές εικόνες ραντάρ (Synthetic Aperture Radar/SAR) και οι δορυφορικές εικόνες του οπτικού φάσματος είναι, μεταξύ άλλων, ιδιαίτερα χρήσιμες για τη χαρτογράφηση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, καθώς και της μεταβολής τους στην επιφάνεια της Γης. Η παρούσα εργασία επιχειρεί την χαρτογράφηση της χιονοκάλυψης στην περιοχή του Ολύμπου για ένα έτος, από τον Ιούνιο του 2017 έως τον Μάιο του 2018, με τη χρήση δορυφορικών εικόνων της σειράς Sentinel-1 και Sentinel-2 από το πρόγραμμα Copernicus. Το Copernicus αποτελεί ένα πρόγραμμα παρατήρησης της Γης και παρέχει ακριβείς, έγκαιρες και εύκολα προσβάσιμες πληροφορίες και δεδομένα. Η επεξεργασία των εικόνων έλαβε χώρα στα λογισμικά SNAP και QGIS, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή χαρτών, οι οποίοι κατασκευάστηκαν στο λογισμικό QGIS.

Εισαγωγή – Σκοπός

Στη Γεωμορφολογία το χιόνι είναι ένα σημαντικό συστατικό της κρυόσφαιρας, αλλά και ένα από τα πιο ενεργά φυσικά στοιχεία της επιφάνειας της Γης. Το χιόνι είναι ένα είδος νετού. Σχηματίζεται μεταξύ των στρωμάτων των νεφών και αυτό εξαρτάται από το πλάτος και τη θερμοκρασία των νεφών, καθώς και από τη συμπύκνωση των υδρατμών σε θερμοκρασία κατώτερη του σημείου πήξεως. Το χιόνι στην πραγματικότητα είναι άχρωμο. Κάτω από το φως του ήλιου έχει λευκό χρώμα. Τα περισσότερα φυσικά υλικά απορροφούν ορισμένη ποσότητα φωτός του ήλιου στην οποία αποδίδεται το χρώμα τους(URL1).

Ο όρος τηλεπισκόπηση συνιστά την επιστήμη και την μέθοδο λήψης πληροφοριών για ορισμένο αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο, μέσω της ανάλυσης δεδομένων, τα οποία συλλέγονται από απόσταση με την εφαρμογή μίας ή περισσότερων συσκευών καταγραφής, χωρίς την άμεση επαφή με το υπό εξέταση στοιχείο (Lintz & Simonett 1976, Colwell 1984, Holz 1985, Αστάρας 1993, Lillesand & Kiefer 1994, Μουρατίδης 2010 – URL3).

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της χιονοκάλυψης και της μεταβολής αυτής σε μεγάλη κλίμακα και με υψηλή ακρίβεια. Ειδικά, σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες σε ορεινές περιοχές, η τηλεπισκόπηση είναι πολλές φορές ο μοναδικός αποτελεσματικός τρόπος για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με το χιόνι.

Η οπτική τηλεπισκόπηση προσφέρει έναν αποτελεσματικό τρόπο για την παρατήρηση του χιονιού σε κανονικές καταστάσεις, ωστόσο παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως:

- 1) επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες (το σήμα δε διαπερνά τα σύννεφα)
- 2) δε λειτουργεί τη νύχτα, καθώς χρησιμοποιεί παθητικά συστήματα
- 3) χρειάζεται προσοχή στη διάκριση του χιονιού από τα σύννεφα.

Αντίθετα, οι εικόνες ραντάρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση του χιονιού από άλλα είδη κάλυψης γης, σχεδόν ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και το χρόνο.

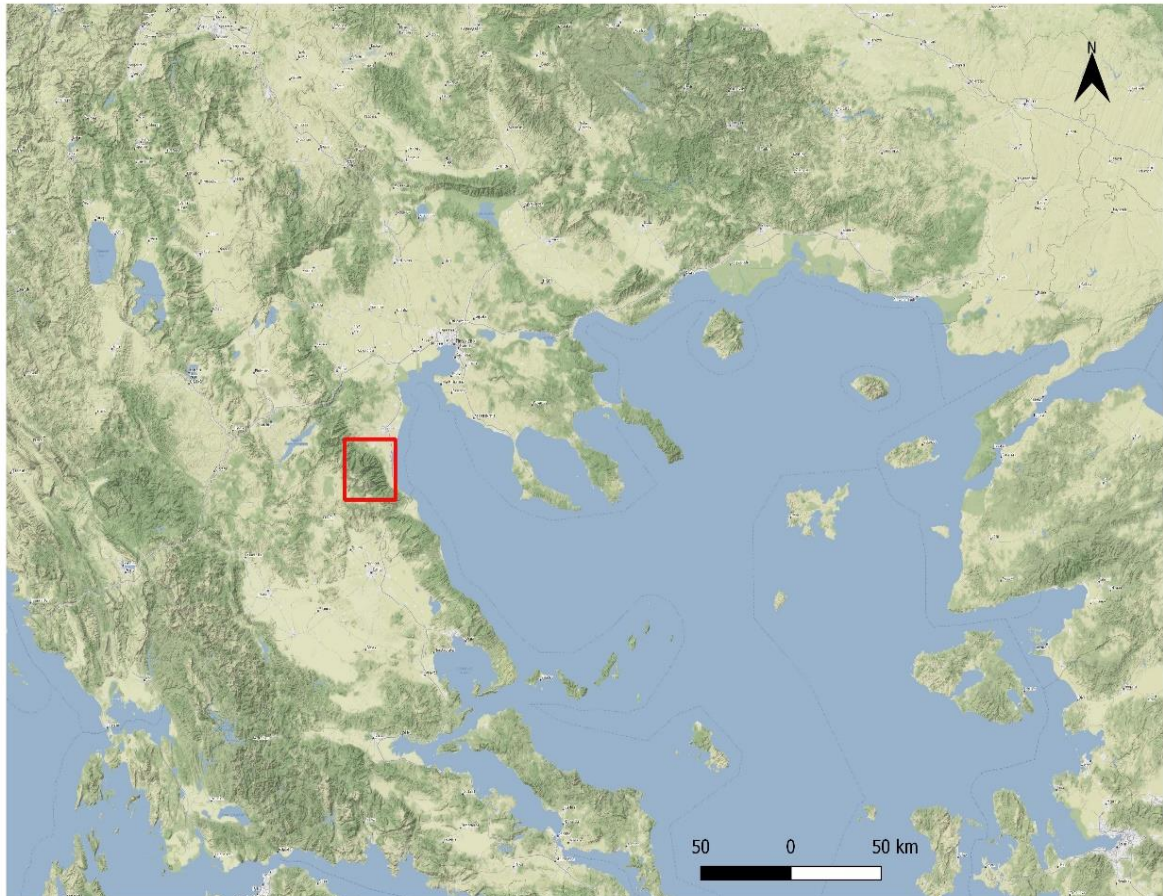
Ως εκ τούτου, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να συμπληρώσουν την οπτική τηλεπισκόπηση για την αναγνώριση του χιονιού σε τραχιές ορεινές περιοχές. Παλαιότερες μελέτες που έχουν χρησιμοποιήσει SAR για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με το χιόνι έχουν πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας το διαστημικό λεωφορείο SIRC / X-SAR. Η τακτική παρακολούθηση της κάλυψης του χιονιού απέκτησε νόημα μετά από μερικά επαναλαμβανόμενα διαστημικά συστήματα SAR, όπως τα ERS-1, JERS-1 και RADARSAT-1. (IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, VOL. 10, NO. 6, JUNE 2017).

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ/G.I.S.), είναι οργανωμένα σύνολα μηχανήματων, λογισμικών, γεωγραφικών και προσωπικών δεδομένων, με σκοπό τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση γεωγραφικών πληροφοριών, σχετικών με φαινόμενα που εξελίσσονται στο γεωγραφικό χώρο. Τα ΣΓΠ αφορούν τη χρήση αυτόματων εργαλείων για την συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση της πληροφορίας, καθώς και την απόδοσή της (Αστάρης κ.α. 2011).

Η παρούσα εργασία επιχειρεί την χαρτογράφηση της χιονοκάλυψης στην περιοχή του Ολύμπου με τη χρήση εικόνων ραντάρ των δορυφόρων της σειράς Sentinel-1 και Sentinel-2 καθώς και των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).

Περιοχή Μελέτης

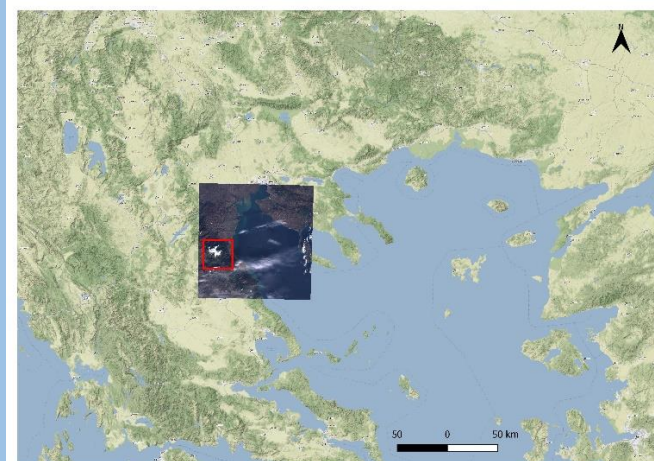
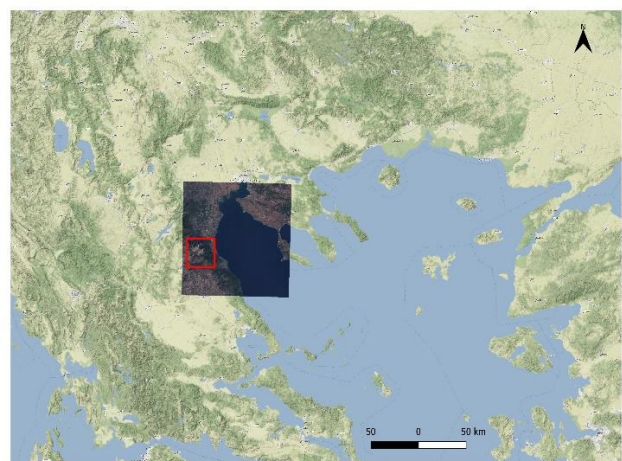
Ως αντικείμενο μελέτης επιλέχθηκε η κορυφή του Ολύμπου. Ο Όλυμπος είναι το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας. Ο ορεινός όγκος του Ολύμπου συναντάται στα σύνορα Θεσσαλίας και Μακεδονίας, περίπου 80 χλμ. Νοτιοδυτικά από τη Θεσσαλονίκη (Σχήμα 1). Ο Όλυμπος έχει υψηλές κορυφές και βαθιά φαράγγια. Η υψηλότερη κορυφή, είναι ο Μύτικας και ανέρχεται σε 2.918 μέτρα. Το σχήμα του Ολύμπου έδωσαν η βροχή και ο άνεμος. Το βουνό έχει περιφέρεια 150 χλμ. με μέση διάμετρο 26 χλμ. Ο Όλυμπος σχηματίστηκε από σχετικά νέα πετρώματα, ηλικίας 200 εκατομμύρια χρόνια. Συγκεκριμένα, στην περιοχή των κορυφών του Ολύμπου εμφανίζεται μια ανθρακική ιζηματογενή σειρά και γύρω της βρίσκεται το κρυσταλλοσχιστώδες και τα Τριαδικά μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης. Διαπιστώνεται πως η Πελαγονική ζώνη έχει επωθηθεί πάνω στις Εξωτερικές ζώνες, ένα τμήμα των οποίων - η σειρά του Ολύμπου - αποκαλύπτεται με τη μορφή τεκτονικού παραθύρου (Μουντράκης 2010). Περίπου ένα 1 εκατομμύριο χρόνια πριν, οι παγετώνες κάλυπταν τον Όλυμπο και δημιούργησαν τα οροπέδια. Στη συνέχεια με την αύξηση της θερμοκρασίας, ο πάγος έλιωσε και τα ρεύματα που δημιουργήθηκαν μετέφεραν ποσότητες κατακερματισμένων τεμαχίων στα χαμηλότερα σημεία, σχηματίζοντας τα αλλουβιακά ριπίδια, που βρίσκονταν από τους πρόποδες του βουνού έως και τη θάλασσα.



Σχήμα 1 Περίγραμμα της περιοχής μελέτης.

Γενικά, το κλίμα του Ολύμπου μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα μεσογειακό τύπο με ηπειρωτική επιρροή. Στα χαμηλότερα σημεία το κλίμα είναι μεσογειακό, με συνθήκες ζεστού-ξηρού καλοκαιριού και υγρού-ψυχρού χειμώνα. Υψηλότερα είναι πιο υγρό με πιο έντονα φαινόμενα. Σε αυτές τις περιοχές χιονίζει συχνά όλο το χειμώνα, ενώ τα κατακρημνίσματα δεν είναι ασυνήθιστα και το καλοκαίρι. Η θερμοκρασία το χειμώνα είναι από -10°C έως 10°C και το καλοκαίρι από 0°C έως 20°C , ενώ οι άνεμοι είναι συχνό φαινόμενο. Γενικά, η θερμοκρασία μειώνεται κατά 1°C ανά 200 μέτρα υψομέτρου. Καθώς αυξάνεται το υψόμετρο, τα φαινόμενα είναι πιο έντονα και οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι ξαφνικές.

Η υψηλότερη ζώνη του βουνού, με υψόμετρο μεγαλύτερο από 2.000 μέτρα, κατακλύζεται από χιόνι για περίπου εννέα μήνες (Σεπτέμβριος-Μάιος). Σε μερικές περιοχές οι άνεμοι συγκεντρώνουν χιόνι, πάχους 8-10 μέτρων, ενώ σε μερικές βαθιές ρεματιές το χιόνι διατηρείται όλο το χρόνο. Οι παράκτιες βορειοανατολικές πλαγιές του Ολύμπου λαμβάνουν περισσότερη βροχή από την βορειοδυτική ηπειρωτική χώρα, οπότε υπάρχει μια σαφής διαφορά στη βλάστηση, η οποία είναι πιο άφθονη στην πρώτη από αυτές. Ο θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος, ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Φεβρουάριος (URL2)(Σχήμα 2).



Σχήμα 2 Αριστερά: το περίγραμμα της περιοχής μελέτης ένα μήνα χωρίς χιόνι.
Δεξιά: το περίγραμμα της περιοχής ένα μήνα με χιόνι

Δεδομένα - Μεθοδολογία

Η εργασία ξεκίνησε με την αναζήτηση οπτικών εικόνων και εικόνων ραντάρ , μέσω του Copernicus Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα Sentinel-2 επιπέδου επεξεργασίας L1C από τα οποία, εντοπίστηκαν οι συντεταγμένες τις περιοχής ενδιαφέροντος.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα Sentinel-1, τύπου IW επιπέδου επεξεργασίας GRD και κατακόρυφης πόλωσης (VV), μία για κάθε μήνα από τον Ιούνιο του 2017 έως τον Μάιο του 2018. Η επεξεργασία τους έγινε μέσω της πλατφόρμας SNAP. Για πιο ολοκληρωμένη παρατήρηση της περιοχής, έγινε λήψη εικόνων SAR τόσο ανερχόμενης (ascending) όσο και κατερχόμενης (descending) τροχιάς.

Το τελικό προϊόν ήταν ένα αρχείο που συμπεριέλαβε όλες τις φασματικές ζώνες (μπάντες/bands) 12 μηνών. Για τους μήνες που αυτό ήταν δυνατό, οι οπτικές εικόνες, βοήθησαν στην δειγματοληπτική εξακρίβωση/επιβεβαίωση της χιονοκάλυψης που εντοπίστηκε από τις εικόνες radar.

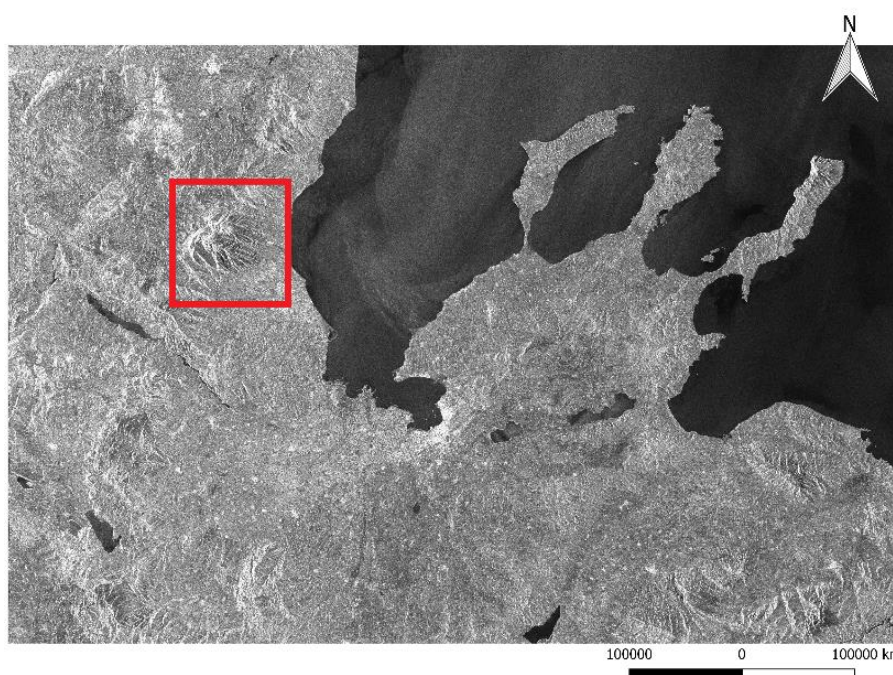
Μέσω του προγράμματος QGIS δημιουργήθηκε ένα επίπεδο πληροφοριών για την έκταση της χιονοκάλυψης στην περιοχή του Ολύμπου. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) SRTM, με διακριτική ικανότητα ενός έως τριών δευτερολέπτων (1-3 arcsec). Με δεδομένα τα υψόμετρα από τη μέση στάθμη της θάλασσας (ΜΣΘ), εξάχθηκαν δευτερογενή προϊόντα, όπως οι κλίσεις και ο προσανατολισμός των κλιτύων.

SENTINEL 1	SENTINEL 2	ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (m)
16 / 06 / 2017	16 / 10 / 2017	20
22 / 07 / 2017	21 / 10 / 2017	20
15 / 08 / 2017	31 / 10 / 2017	20
20 / 09 / 2017	20 / 11 / 2017	20
14 / 10 / 2017	05 / 12 / 2017	20
19 / 11 / 2017	25 / 12 / 2017	20
01 / 12 / 2017	-	20
18 / 01 / 2018	-	20
11 / 02 / 2018	-	20
19 / 03 / 2018	-	20
24 / 04 / 2018	-	20
18 / 05 / 2018	-	20

Σχήμα 3 Συνοπτική περιγραφή των δορυφορικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

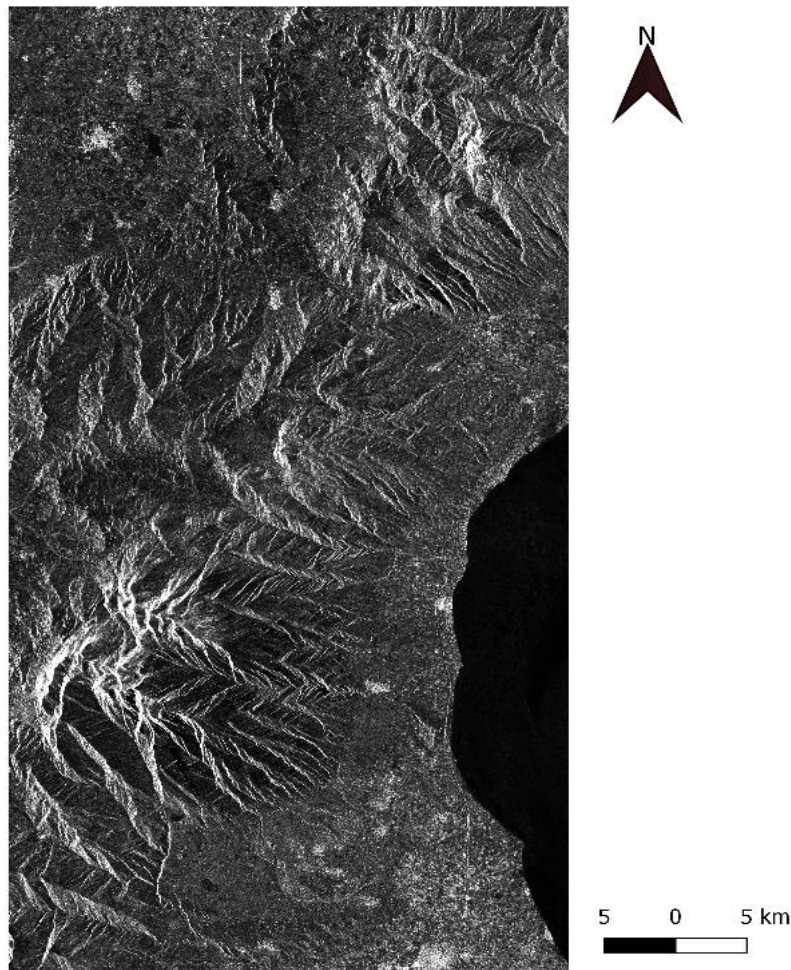
Χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα SNAP, η οποία προσφέρει μεγάλο εύρος εργαλείων για την επεξεργασία εικόνων radar. Ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

Το πρώτο βήμα για την επεξεργασία της εικόνας Sentinel-1, ήταν να μειωθεί το μέγεθος της στην έκταση της περιοχής μελέτης, ώστε να ελαττωθεί ο χρόνος επεξεργασίας. Οι εικόνες οριοθετήθηκαν με κριτήριο τις συντεταγμένες της περιοχής (40.256N, 22.176W, 39.717S και 22.746E) (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 Στο κόκκινο πλαίσιο βρίσκεται η περιοχή μελέτης.

Δεύτερο βήμα ήταν η αυτόματη βαθμονόμηση (calibration) των κομμένων εικόνων για να εξασφαλιστεί η ορθότητα των τιμών των εικονοστοιχείων (pixel) στα επόμενα βήματα (Σχήμα 4.2).



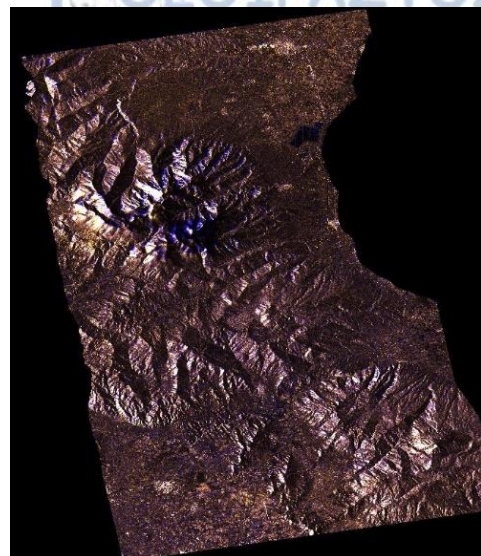
Σχήμα 4.2 Βαθμονομημένη εικόνα στην περιοχή ενδιαφέροντος

Τρίτο βήμα ήταν η εγγραφή των εικόνων όλων των μηνών με βάση μία εικόνα (corregistration), έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα μοναδικό αρχείο που θα διευκολύνει τα επόμενα βήματα.

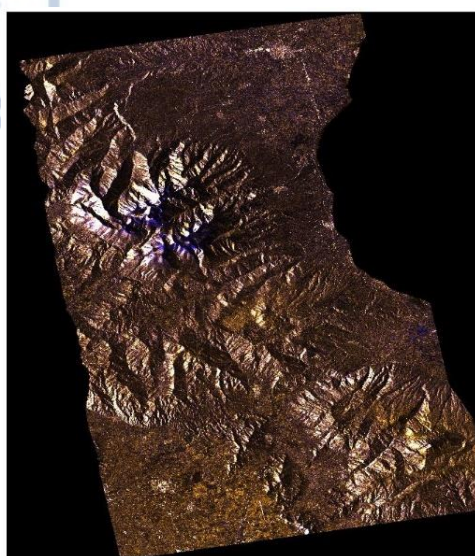
Στο τέταρτο βήμα έγινε η ορθοαναγωγή (orthorectification) των εικόνων.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων η τελική εικόνα εξάχθηκε σε προβολικό σύστημα UTM Zone 34 του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς WGS84, ενώ ταυτόχρονα προστέθηκε και μία μπάντα που περιείχε την υψομετρική πληροφορία (SRTM DEM).

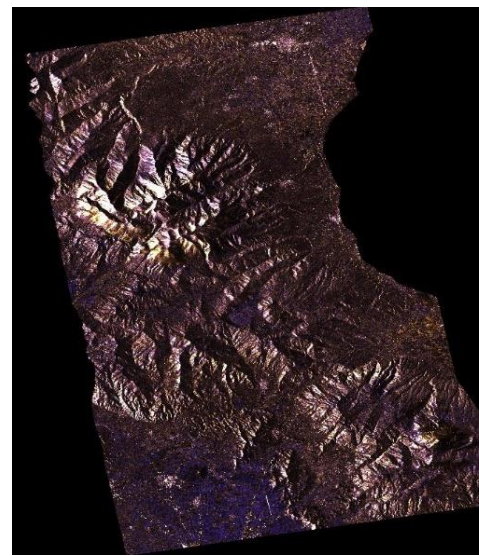
Σε αυτό το σημείο, έγιναν πειραματισμοί με διάφορους ψευδοχρωματικούς συνδυασμούς RGB, με σκοπό την καλύτερη παρουσίαση της έκτασης του χιονιού στην κορυφή του Ολύμπου. Ο συνδυασμός που ορίστηκε ως ο καταλληλότερος είναι αυτός στον οποίο οι τιμές των R και G αφορούν τον μήνα που προηγείται και του B τον μήνα που έπεται. Η παρουσία ή όχι χιονιού καθορίστηκε από τις εικόνες που εμφανίζεται χρώμα εκτός της κλίμακας του γκρι (μαύρο – λευκό), καθώς με αυτόν τον τρόπο παρατηρείται η οποιαδήποτε αλλαγή (Σχήμα 4.3).



Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2017



Δεκέμβριος – Ιανουάριος 2018



Ιανουάριος – Φεβρουάριος 2018

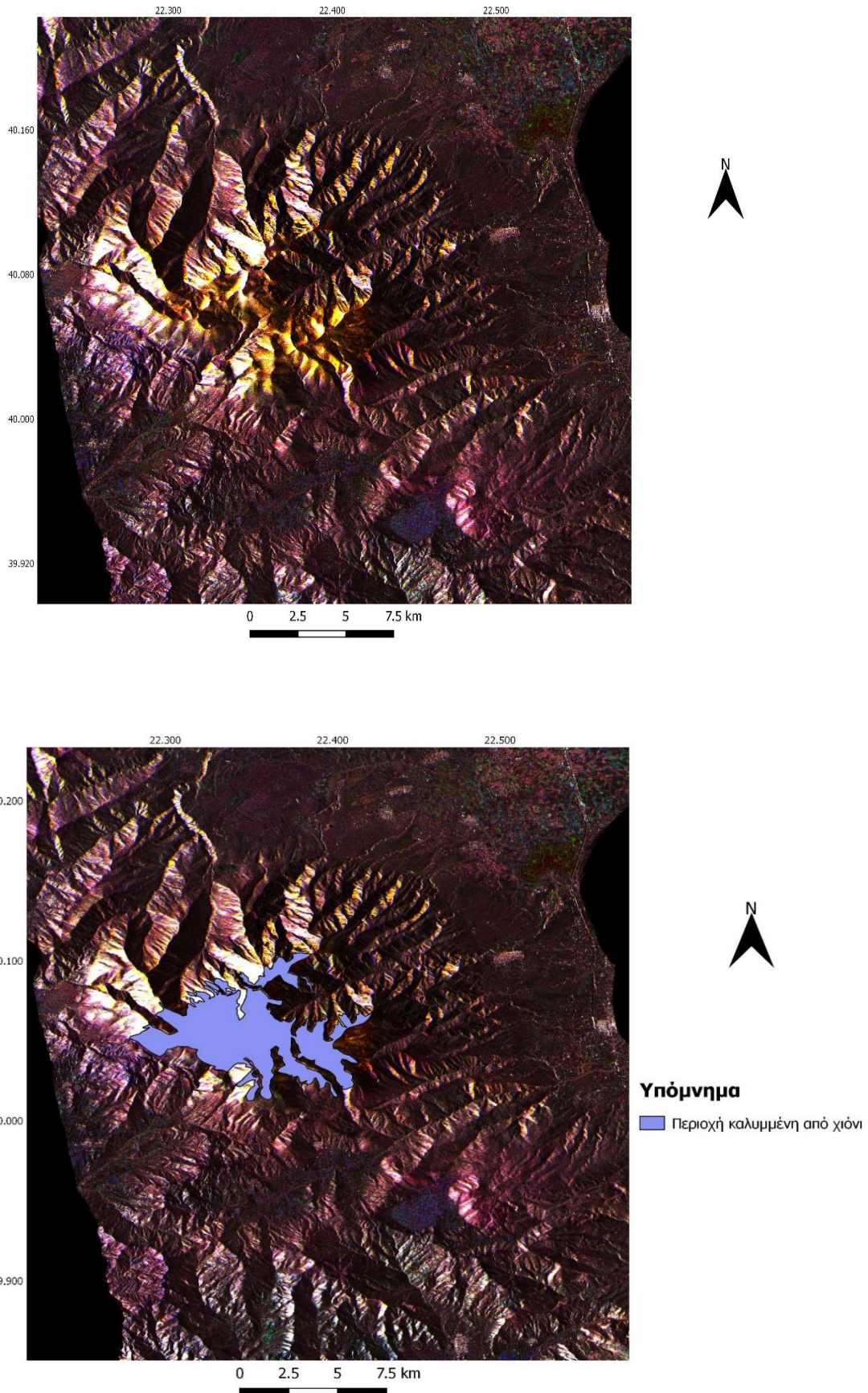
Σχήμα 4.3 Πειραματισμοί RGB για την περίοδο ενός μήνα.

Στην συνέχεια, μέσω του QGIS 2.18 έγινε η ψηφιοποίηση της χιονοκάλυψης στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το πολύγωνο που προέκυψε μελετήθηκε ως προς την έκταση του και την περίμετρό του. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους SRTM DEM που περιγράφηκε παραπάνω και η επεξεργασία του έγινε στο QGIS. Οι παράγωγοι χάρτες που εξήχθησαν αφορούν το υψόμετρο, την κλίση και τον προσανατολισμό των κλίσεων.

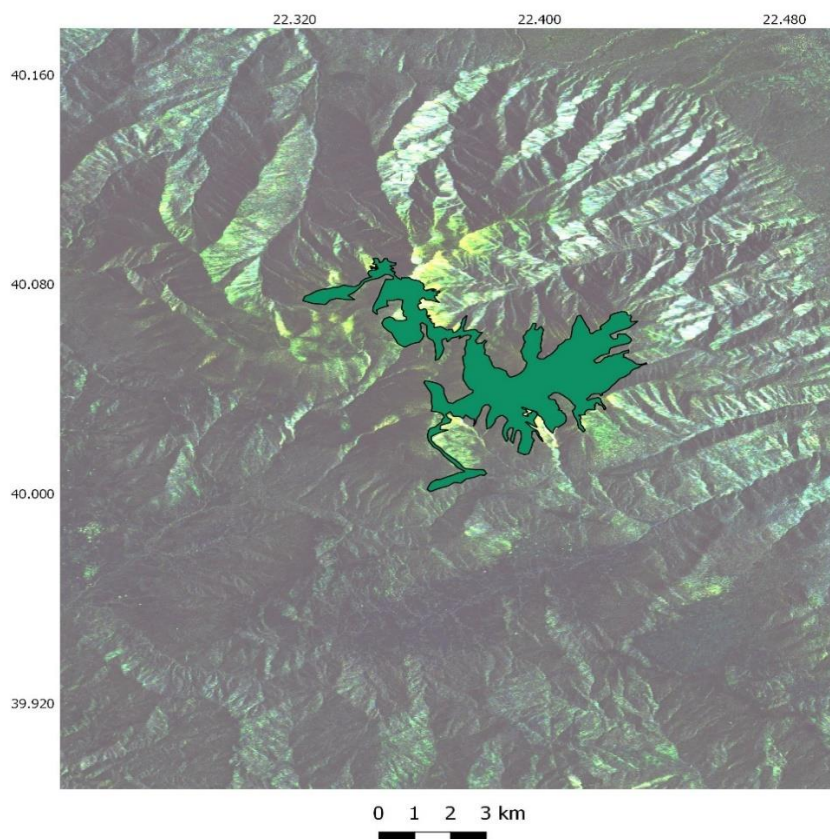
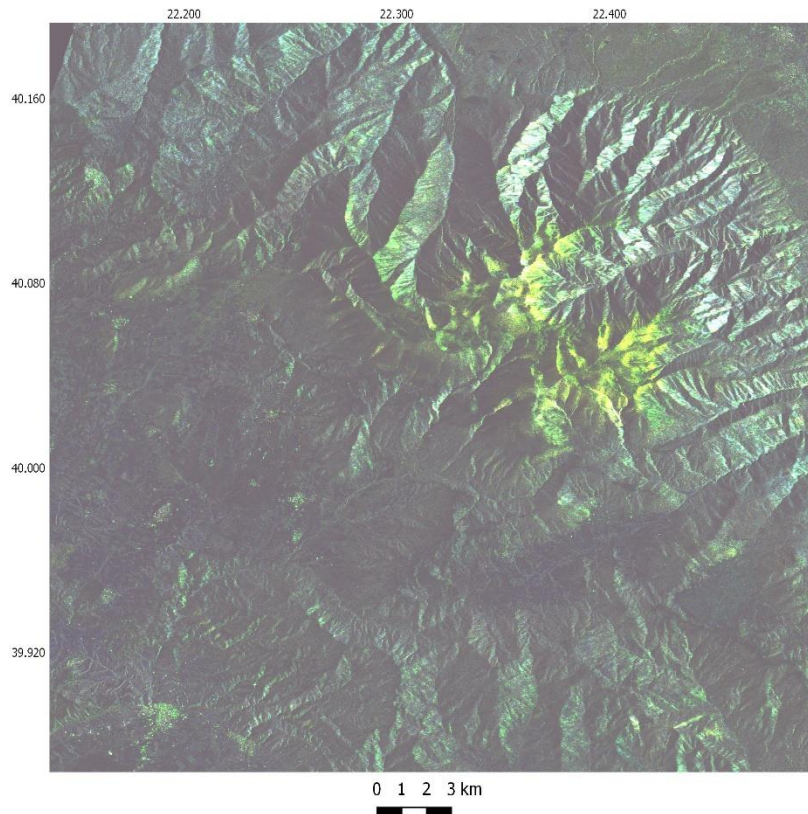
Αποτελέσματα

Τα πρώτα ενδιαφέροντα αποτελέσματα ήρθαν κατά τον πειραματισμό RGB του τελικού αρχείου στο SNAP. Οι τιμές οπισθοσκέδασης των pixels στην εικόνα του Οκτωβρίου των R και G ήταν πολύ υψηλότερες από αυτές στην εικόνα του Νοεμβρίου του B. Οι πρώτες κυμαίνονται κατά μέσο όρο στο 1,5 και οι δεύτερες στο 0,05. Κάτι τέτοιο δηλώνει την παρουσία ξηρού χιονιού στην περιοχή. Σε αυτόν το συνδυασμό RGB, το χιόνι παρουσιάζεται με κίτρινο χρώμα.

Η χρήση δεδομένων τόσο ascending όσο και descending αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη. Όπως είναι γνωστό, η μικροκυματική δέσμη μεταδίδεται υπό γωνία και προς τα δεξιά της δορυφορικής πλατφόρμας είτε αυτή εκτελεί ανερχόμενη τροχιά κινούμενη από το Νότο προς το Βορρά (Ascending orbit), είτε κατερχόμενη τροχιά με κίνηση από το Βορρά προς το Νότο (Descending orbit). Έτσι, οι δύο εικόνες - για τους ίδιους μήνες - θα δώσουν δύο πολύγωνα για την έκταση του χιονιού από διαφορετική οπτική γωνία (Σχήμα 5, Σχήμα 6).



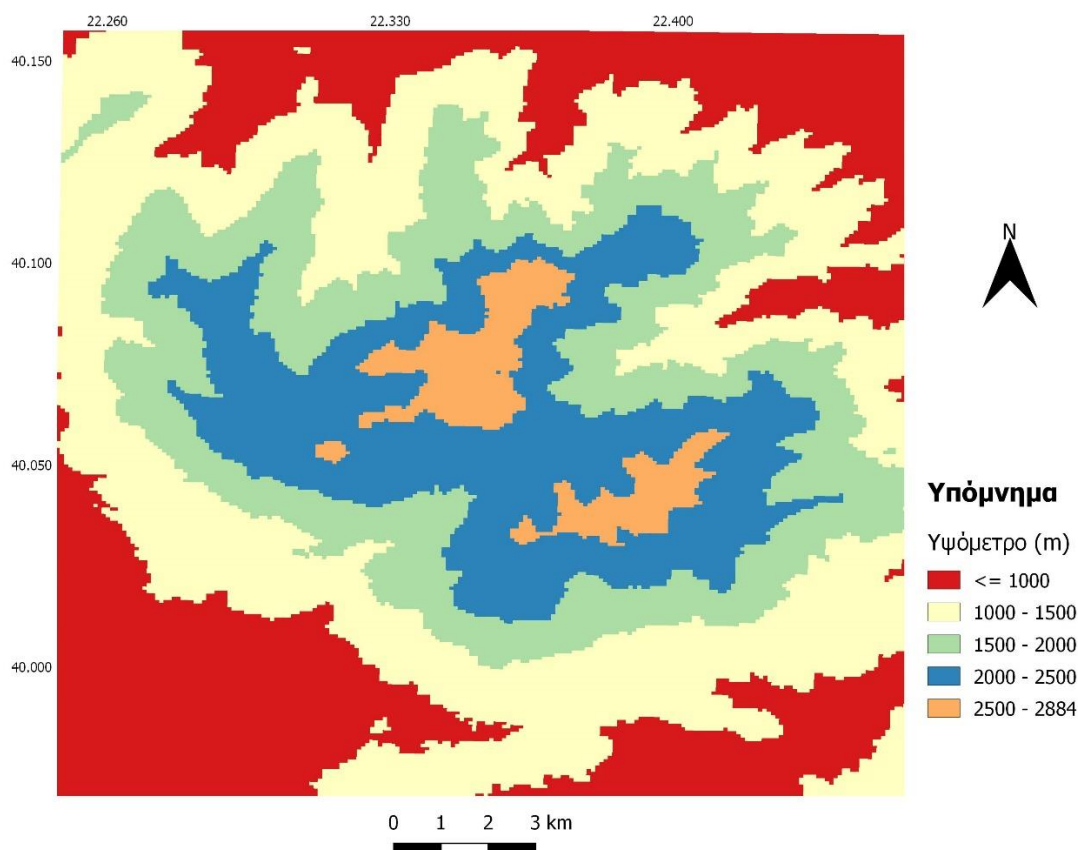
Σχήμα 5 Χαρτογράφηση της περιοχής που είναι καλυμμένη από χιόνι, με τη βοήθεια δορυφορικής εικόνας ραντάρ (SAR) με τροχιά παρατήρησης ascending.

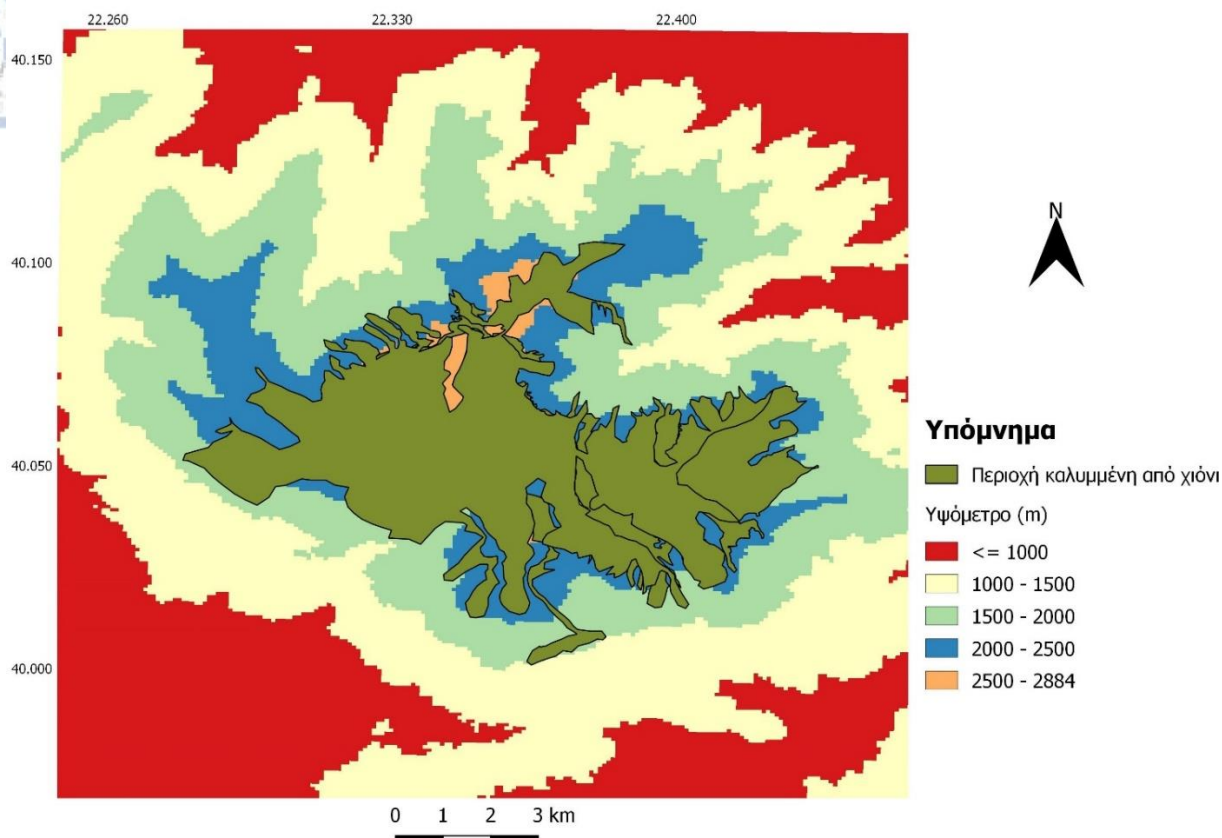


Σχήμα 6. Χαρτογράφηση της περιοχής που είναι καλυμμένη από χιόνι, με τη βοήθεια δορυφορικής εικόνας ρανταρ (SAR) με τροχιά παρατήρησης descending.

Στη συνέχεια, μέσω του GIS από τα δύο πολύγωνα με την λογική πράξη A OR B (Αστάρης 2011) παράχθηκε ένα νέο σύνολο το οποίο περιέχει όλα τα στοιχεία των δύο πολυγώνων. Αυτό έγινε για να μελετηθεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια η συνολική έκταση και η περίμετρος της χιονοκάλυψης. Προσεγγιστικά η έκταση είναι 85,47 km² και η περίμετρος 247,57 km, ενώ η έκταση για τις ascending είναι 58,55 km² και για τις descending 26,92 km². Αντίστοιχα, η περίμετρος είναι 144,59km και 102,97 km.

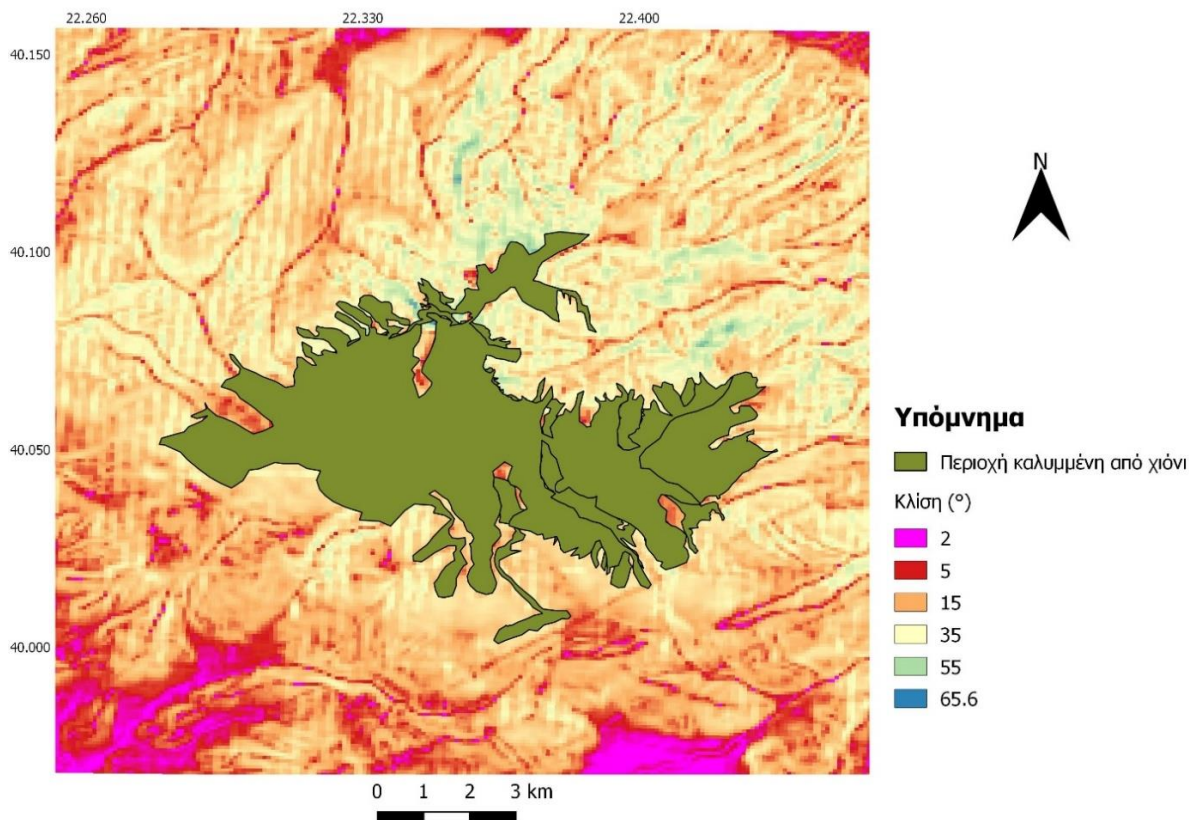
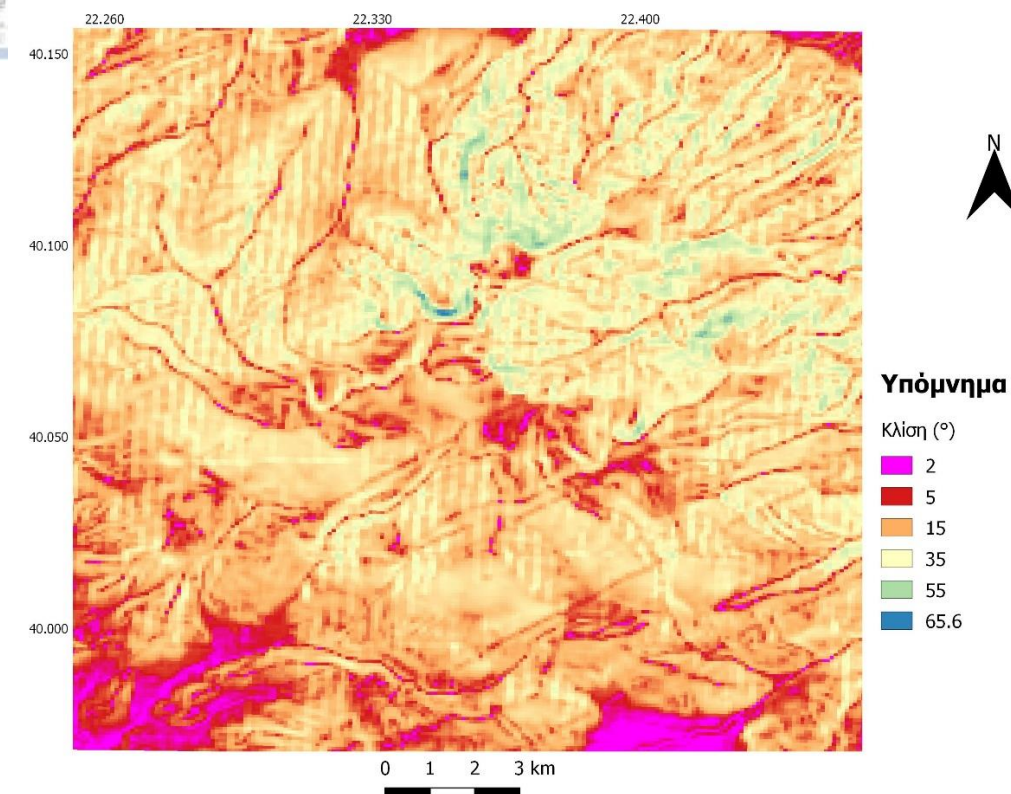
Το τελικό προϊόν χρησιμοποιήθηκε πάνω στο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) με τα υψόμετρα της περιοχής. Από αυτό παρατηρήθηκε, ότι το χιόνι καλύπτει τα μεγαλύτερα υψόμετρα και εκτείνεται μέχρι τα 1400 m για τους μήνες Οκτώβριο με Νοέμβριο (Σχήμα 7).





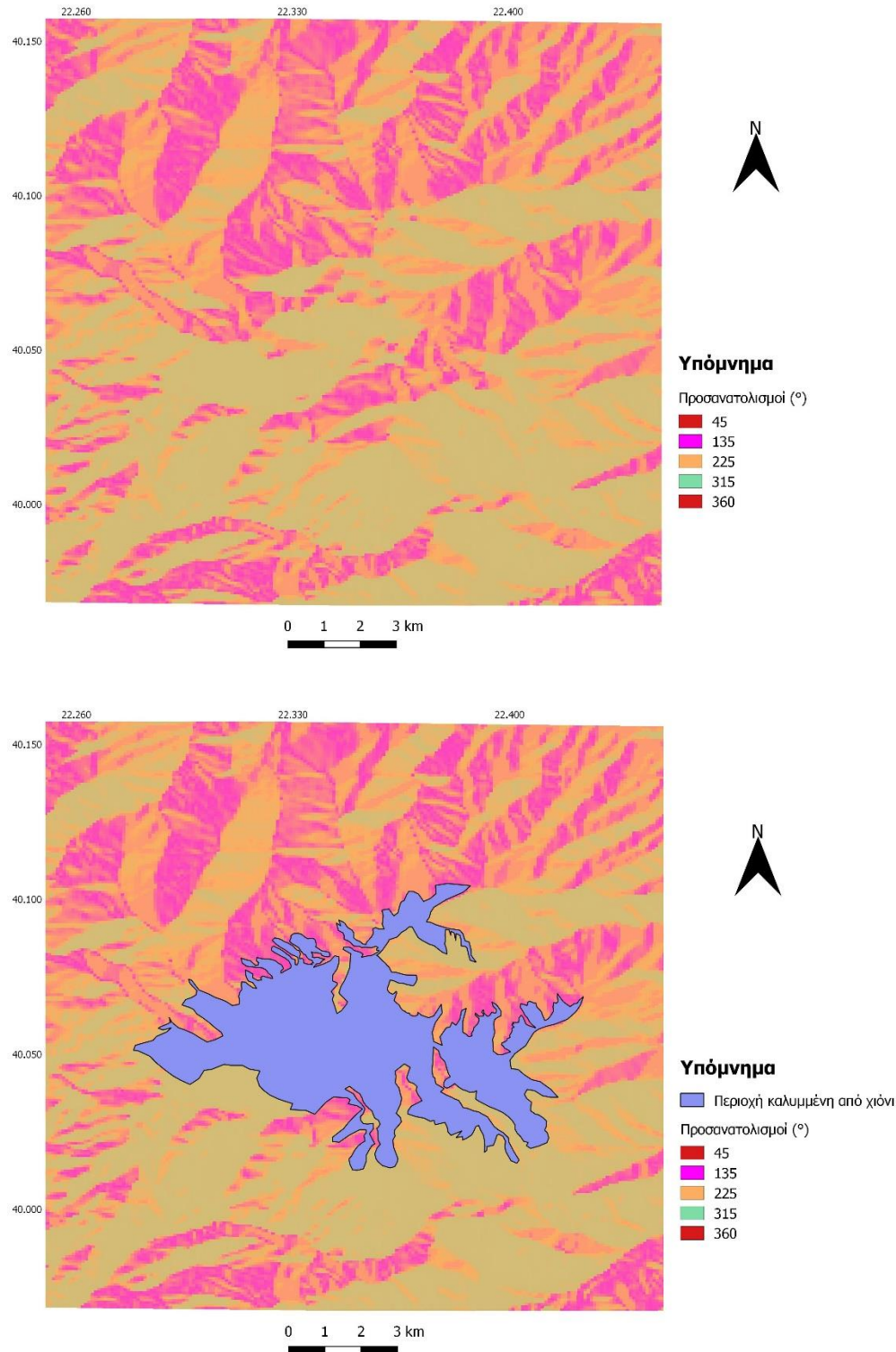
Σχήμα 7. Χάρτης υψομέτρων και χιονοκάλυψη.

Επιπλέον, από το DEM, σε συνδυασμό με το επίπεδο της συνολικής κάλυψης, προέκυψε ότι το χιόνι καλύπτει τις περιοχές με μέτρια έως και απότομη κλίση. Στην έκταση του χάρτη, όπου οι κλίσεις είναι εξαιρετικά μεγάλες, δεν παρατηρείται χιόνι. Οι κλίσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν υποτιμημένες (λόγω της ομαλοποίησης που επιφέρει η χρήση του SRTM DEM) σε σχέση με την πραγματικότητα, καθώς είναι γνωστό πως στην κορυφή του Ολύμπου οι τιμές είναι πολύ μεγαλύτερες από $65,6^\circ$. Παρόλα αυτά, φαίνεται η απουσία χιονιού στις μεγαλύτερες κλίσεις, η οποία μπορεί να εξηγηθεί, καθώς λόγω του πολύ απότομου αναγλύφου και του βάρους του χιονιού αυτό γλιστράει στα κατώτερα τμήματα (Σχήμα 8).

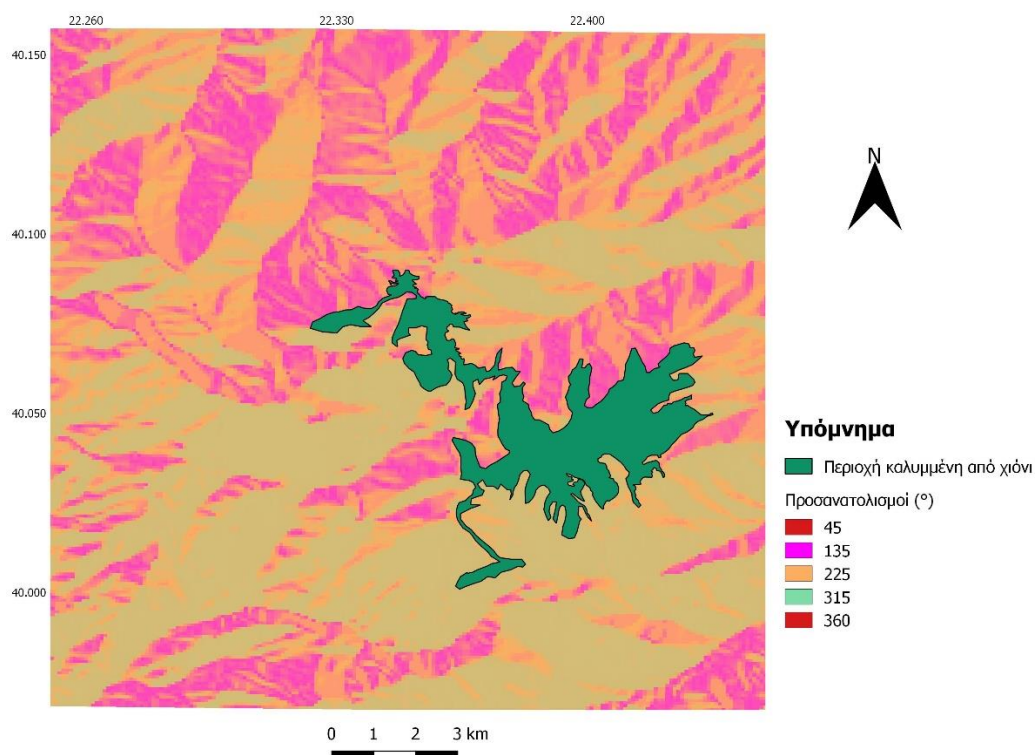
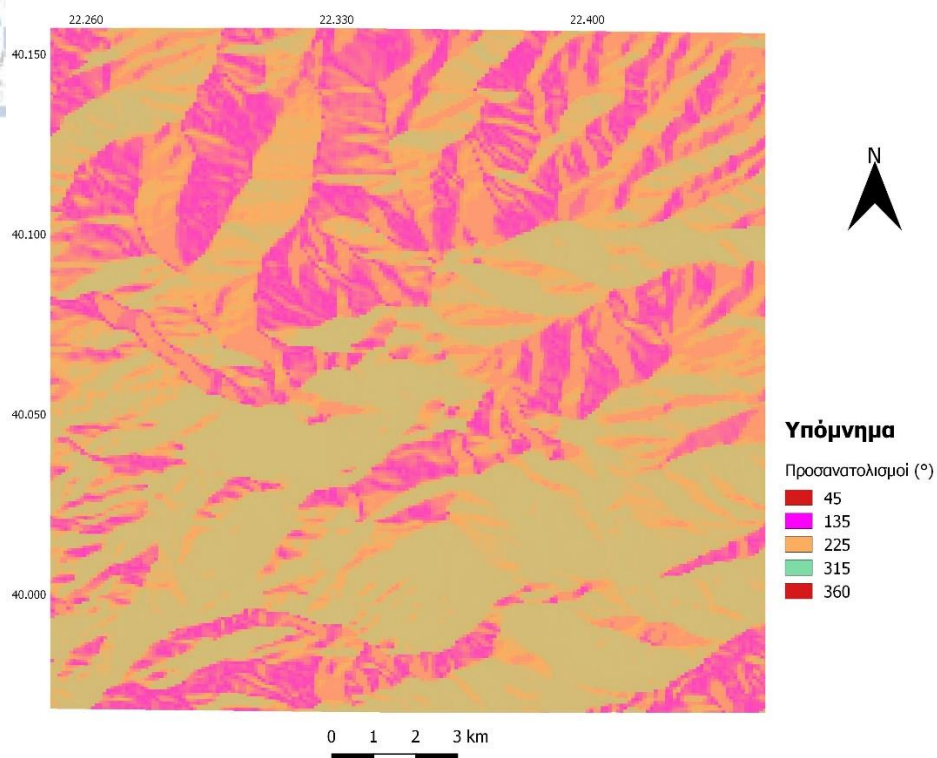


Σχήμα 8. Χάρτης κλίσεων και χιονοκάλυψη.

Τέλος, η επεξεργασία του DEM έδωσε ένα δευτερογενές προϊόν με τους προσανατολισμούς της περιοχής. Παρακάτω φαίνεται πως στις ascending εικόνες η περιοχή που έχει καλυφθεί με χιόνι είναι στα Δυτικά (Σχήμα 9) ενώ στις descending το χιόνι καλύπτει την περιοχή στα Ανατολικά (Σχήμα 10).

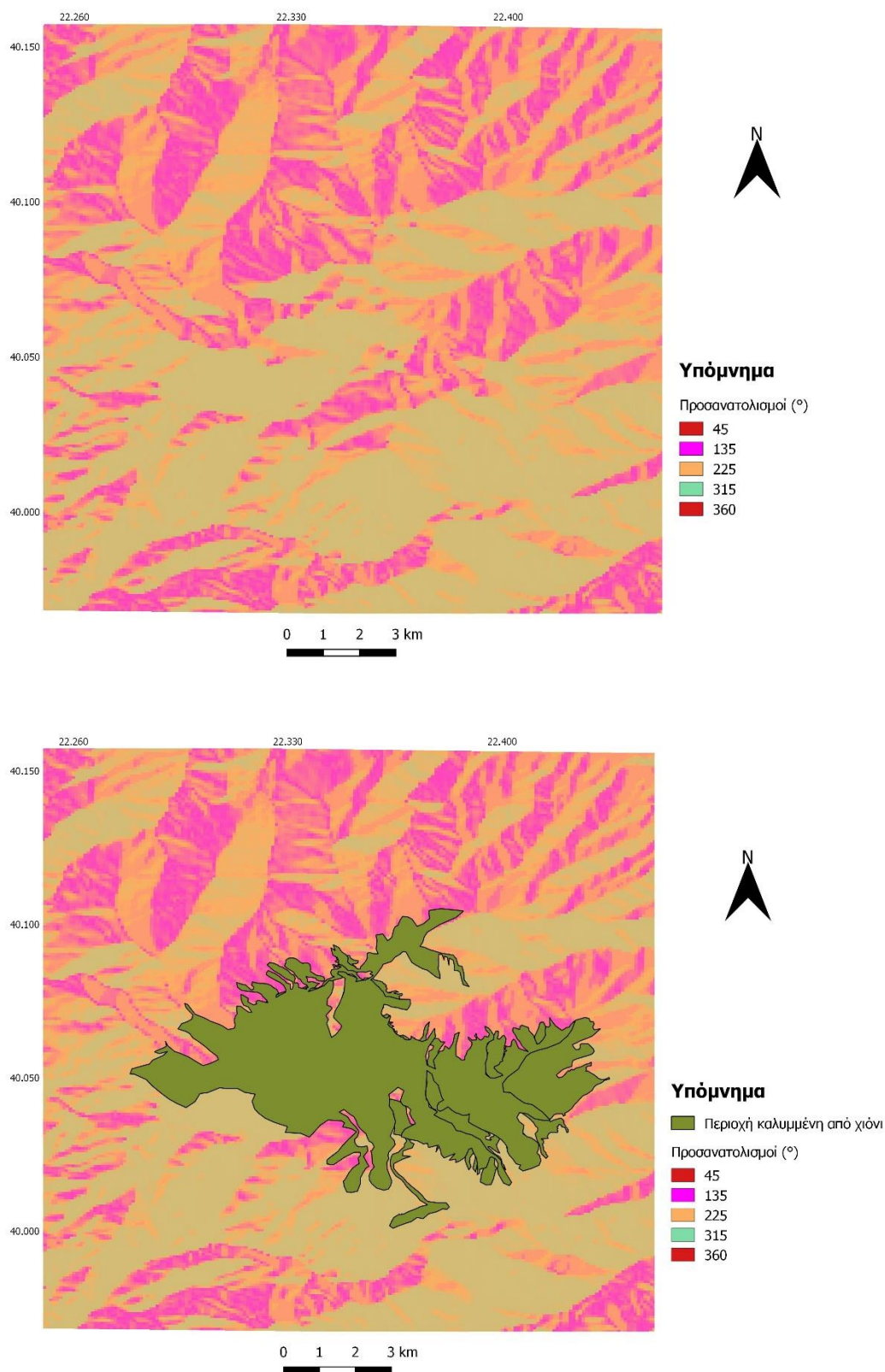


Σχήμα 9. Χάρτης προσανατολισμών για την χιονοκάλυψη από τις ascending.



Σχήμα 10. Χάρτης προσανατολισμών για την χιονοκάλυψη από τις descending.

Η συνολική έκταση της χιονοκάλυψης σε συνάρτηση με τους προσανατολισμούς της περιοχής ενδιαφέροντος προκύπτει από τους παρακάτω χάρτες και φαίνεται να μην διαφέρει πολύ από την εικόνα που έδωσαν οι εικόνες ascending.



Σχήμα 11. Χάρτης προσανατολισμών για την ολική χιονοκάλυψη.

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία μελετά τις εφαρμογές των SAR στην χαρτογράφηση της χιονοκάλυψης στην κορυφή του Ολύμπου σε διάρκεια ενός έτους, από τον Ιούνιο του 2017 έως τον Μάιο του 2018. Επειδή πρόκειται για μία εξαιρετικά ορεινή περιοχή, απαιτείται ιδιαίτερη διαχείριση των δορυφορικών δεδομένων, λόγω αφενός των έντονων καιρικών φαινομένων και αφετέρου του έντονου αναγλύφου.

Οι οπτικές εικόνες αποδείχθηκαν ιδιαίτερα χρήσιμες καθώς δίνουν ένα καθαρό και περισσότερο αντιληπτό αποτέλεσμα στο ανθρώπινο μάτι. Παρόλα ταύτα, όπως ειπώθηκε παραπάνω, λόγω των καιρικών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα τους χειμερινούς μήνες οι οπτικές εμφανίζουν νεφοκάλυψη στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το γεγονός αυτό δεν επέτρεπε την παρατήρηση χιονιού στην κορυφή ωστόσο γινόταν γνωστό τότε συνέβαινε η χιονόπτωση.

Οι εικόνες radar αν και “ξένες” στο ανθρώπινο μάτι, εξασφαλίζουν μία δεδομένη χρονοσειρά της κατάστασης του χιονιού στην περιοχή. Εξαιτίας της τοπογραφίας/γεωμορφολογίας του Ολύμπου, καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν οι εικόνες ανερχόμενης τροχιάς (Ascending orbit) ενώ οι εικόνες κατερχόμενης τροχιάς (Descending orbit) λειτούργησαν, στην παρούσα εργασία, κυρίως συμπληρωματικά.

Ύστερα από την αξιοποίηση οπτικών και radar εικόνων, προτείνεται ο συνδυασμός αυτών σε μία μελέτη, τόσο για τα μεμονωμένα δεδομένα όσο και για την επιβεβαίωση που μπορεί να παρέχει η μία ομάδα στην άλλη.

Το πρόγραμμα QGIS χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων από τις παραπάνω εικόνες, η οποία αφορά: την εκτίμηση της έκτασης της χιονοκάλυψης, τα υψόμετρα, τις κλίσεις και τους προσανατολισμούς στην περιοχή ενδιαφέροντος. Όλα αυτά, αποδόθηκαν στην εργασία με τη μορφή χαρτών πράγμα που βοηθά τόσο στην εκτίμηση των αποτελεσμάτων όσο και στην ανάγνωση αυτής της εργασίας αφού «μία εικόνα αξίζει όσο χίλιες λέξεις».

Σε αυτές τις περιοχές τα κατακρημνίσματα είναι ένα σύνηθες φαινόμενο. Παρόλα τα αποτελέσματα που έδωσε αυτή η εργασία, απαιτείται η συλλογή ενός μεγάλου όγκου αξιόπιστων in-situ δεδομένων, αναφορικά με την έκταση της χιονοκάλυψης, καθώς επίσης και με την υγρασία και την τραχύτητα του εδάφους. Τα συμπεράσματα αυτά αναμένεται να συνεισφέρουν στην συμβολή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία και στα τελικά αποτελέσματα.



Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Guangjun He, Xuezhi Feng, Pengfeng Xiao, *Member, IEEE*, Zhenghuan Xia, Zuo Wang, Hao Chen, Hui Li and Jinjin Guo. Dry and Wet Snow Cover Mapping in Mountain Areas Using SAR and Optical Remote Sensing Data. IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, VOL. 10, NO. 6, JUNE 2017

(file:///C:/Users/user/Desktop/Desktop/Geology/ptyx2/References/07879286_IEEE2017_SAR_n_Snow.pdf)

Ελληνική βιβλιογραφία

Μουντράκης Δ., 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Εκδόσεις Univercity studio press, Θεσσαλονίκη.

Αστάρας Θ., Οικονομίδης Δ., Μουρατίδης Α., 2011. Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Εκδόσεις Δίσιγμα, Θεσσαλονίκη.

Διαδικτυακές αναφορές (URL)

URL1: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%B9%CF%8C%CE%BD%CE%B9>

URL2: https://en.wikipedia.org/wiki/Mount_Olympus

URL3: <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/19736#page/16/mode/2up>