



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τηλεανίχνευση - Φωτογεωλογία και Μαθηματική Γεωγραφία

Ενότητα 1: Τηλεανίχνευση - Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

Γιώργος Σκιάνης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Περιεχόμενα ενότητας

Πλατφόρμες, σαρωτές και αισθητήρες. Το ΗΜ φάσμα και οι ιδιότητές του. Εικόνες στο ορατό φάσμα και στο υπέρυθρο ανάκλασης. Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο. Εικόνες ραντάρ. Η έννοια της ψηφιακής εικόνας, τεχνικές ψηφιακής ανάλυσης εικόνας. Τηλεανίχνευση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εφαρμογές της Τηλεανίχνευσης στις γεωεπιστήμες.



Τηλεανίχνευση – Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

Εικόνες ραντάρ

Εικόνες Ραντάρ

α/α	Ονομασία ζώνης	Συχνότητα	Μήκος κύματος
1	Ka	26.5 - 40 GHz	0.75 - 1.1cm
2	K	18 - 25.5 GHz	1.1 - 1.67cm
3	Ku	12.5 - 18 GHz	1.7 - 2.4cm
4	X	8 - 12.5 GHz	2.4 - 3.8cm
5	C	4 - 8 GHz	3.8 - 7.5cm
6	S	2 - 4 GHz	7.5 - 15.0cm
7	L	1 - 2 GHz	15.0 - 30.0cm
8	P	300 MHz - 1 GHz	30.0 - 100.0cm



Μέρη συστήματος ραντάρ (1 από 2)

Ένα σύστημα ραντάρ αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικών παλμών, η ενέργεια των οποίων βρίσκεται στην περιοχή τιμών μικροκυματικής ακτινοβολίας/ραδιοκυμάτων
- Έναν εκπομπό ηλεκτρικών παλμών
- Ένα διακόπτη δυο κατευθύνσεων, που εξυπηρετεί στο να μη συμβάλλουν οι εκπεμπόμενοι και οι επιστρέφοντες ηλεκτρικοί παλμοί (σήματα)

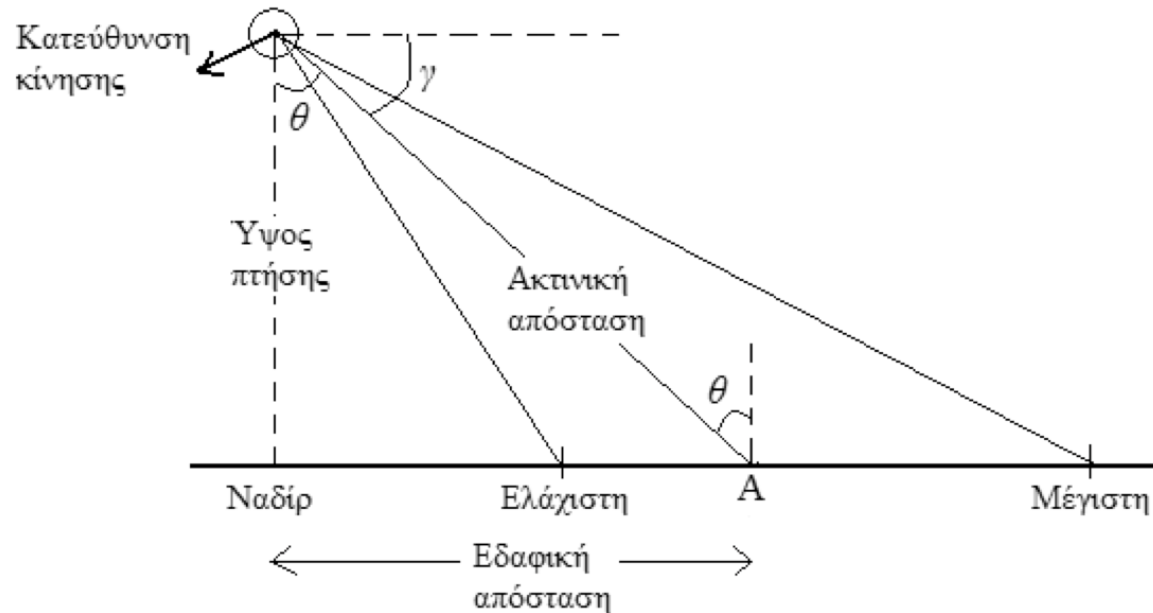


Μέρη συστήματος ραντάρ (2 από 2)

- Μια κεραία, μέσω της οποίας οι ηλεκτρικοί παλμοί μετατρέπονται σε ΗΜ κύματα και εκπέμπονται στο χώρο, προς ορισμένη κατεύθυνση. Η κεραία επίσης συλλαμβάνει και ΗΜ κύματα που εκπέμπουν, εξ ανακλάσεως, διάφορα αντικείμενα στο χώρο.
- Ένα δέκτη που συλλαμβάνει τους επιστρέφοντες ηλεκτρικούς παλμούς και μια συσκευή καταγραφής και ψηφιακής αποθήκευσης των σημάτων αυτών.



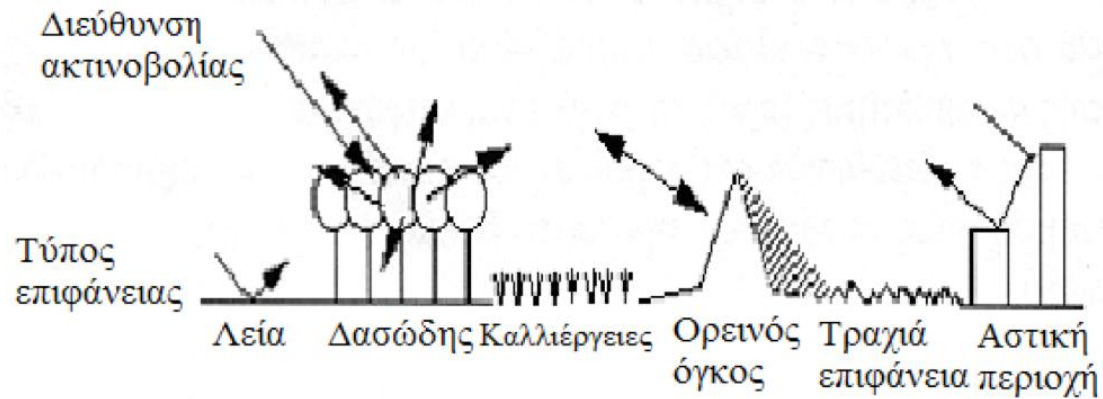
Γεωμετρία συστήματος ραντάρ πλευρικής σάρωσης



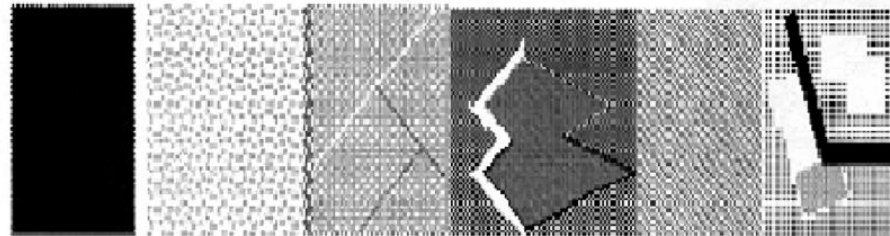
Γεωμετρία συστήματος ραντάρ πλευρικής σάρωσης, με κατεύθυνση πτήσης κάθετη προς το επίπεδο του χαρτιού και προς τον αναγνώστη.



Υφή και τονικότητα εικόνας ραντάρ από επιφάνειες διαφορετικού τύπου



Εικόνα ραντάρ



Παραδείγματα εικόνων ραντάρ (1 από 3)

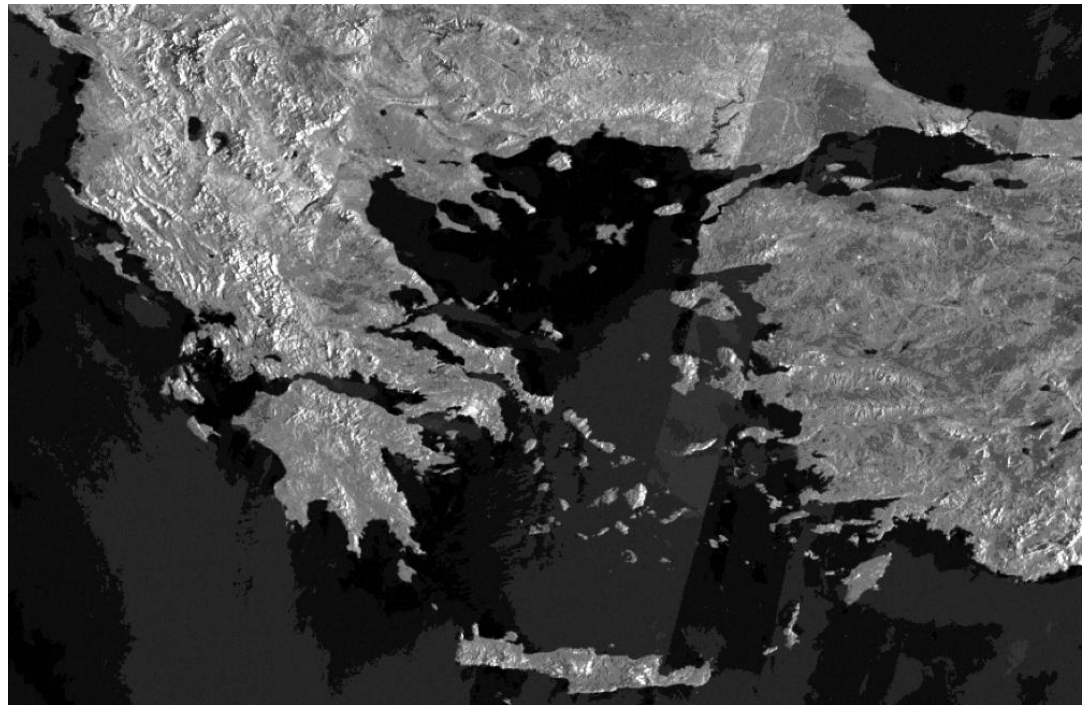


Εικόνα ραντάρ από περιοχή καλυμμένη με
παγετώνες

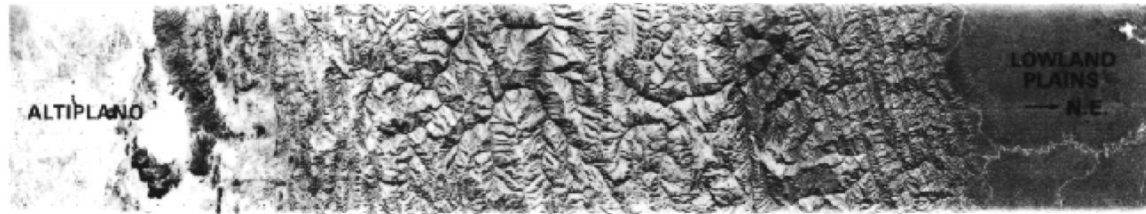


Παραδείγματα εικόνων ραντάρ (2 από 3)

Μωσαϊκό εικόνων ραντάρ από την περιοχή Αιγαίου-Νότιας Βαλκανικής, οι οποίες ελήφθησαν από το σύστημα ASAR του δορυφόρου ENVISAT, κατά την περίοδο Ιανουαρίου-Μαΐου 2006.



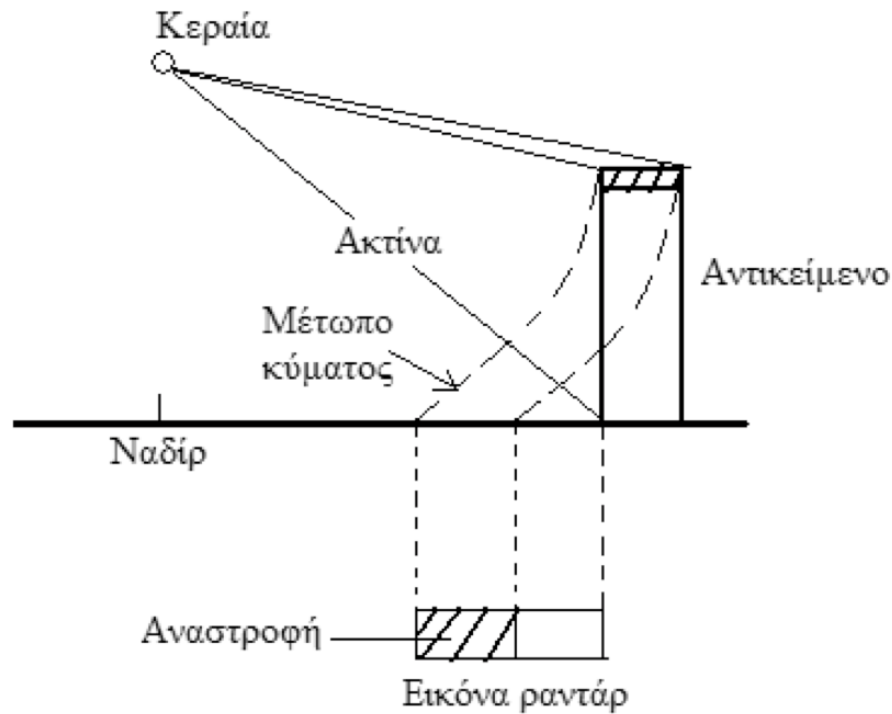
Παραδείγματα εικόνων ραντάρ (3 από 3)



Εικόνα ραντάρ του συστήματος SIR-A,
δορυφόρος Space Shuttle, από περιοχή των
Άνδεων.



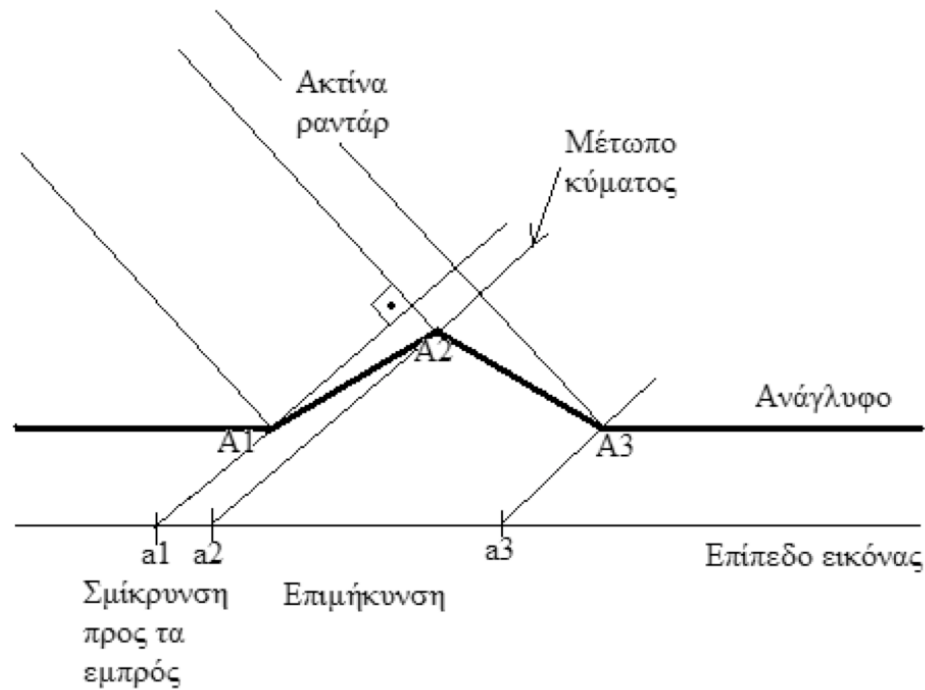
Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (1 από 6)



Αναστροφή σε εικόνα ραντάρ



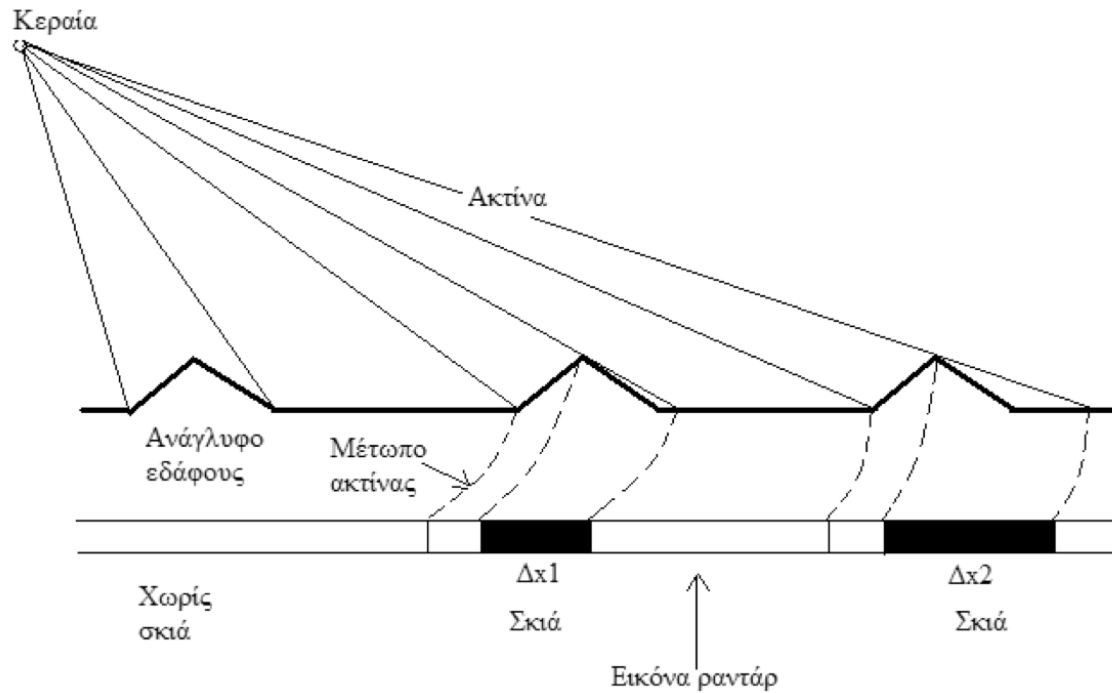
Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (2 από 6)



Σμίκρυνση και επιμήκυνση



Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (3 από 6)



Σκίαση



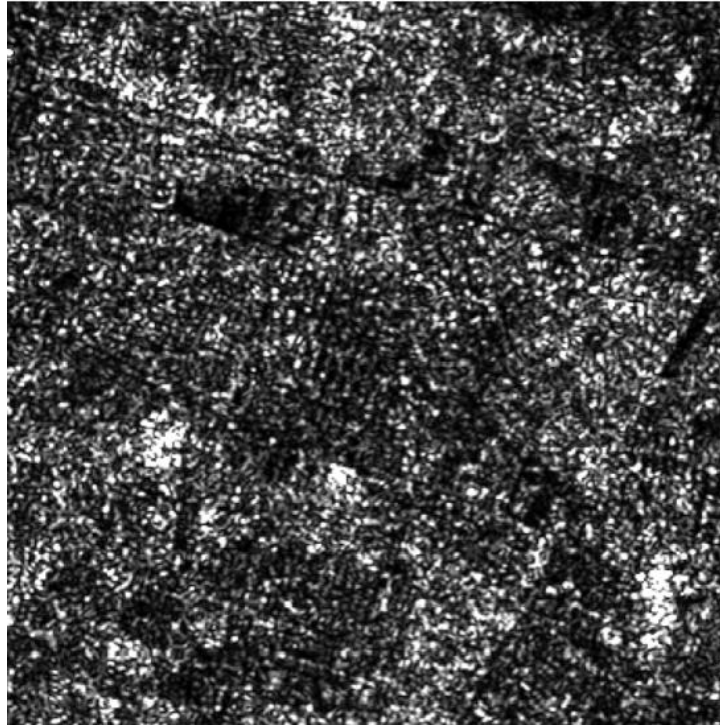
Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (4 από 6)



Φαινόμενα αναστροφής, σμίκρυνσης και σκίασης σε εικόνα ραντάρ, με σάρωση από τα αριστερά προς τα δεξιά.



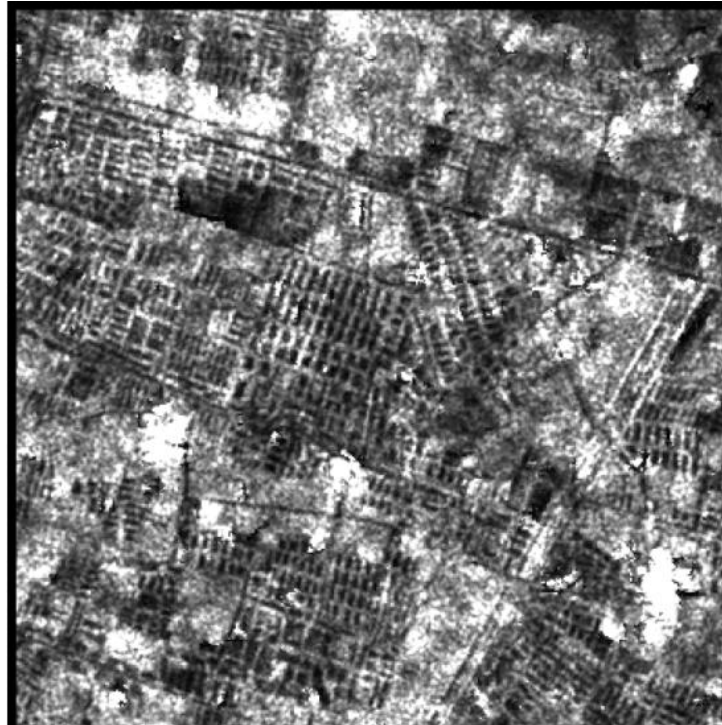
Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (5 από 6)



Εικόνα ραντάρ με θόρυβο στιγμάτων.



Παραμορφώσεις λόγω αναγλύφου και θόρυβος (6 από 6)



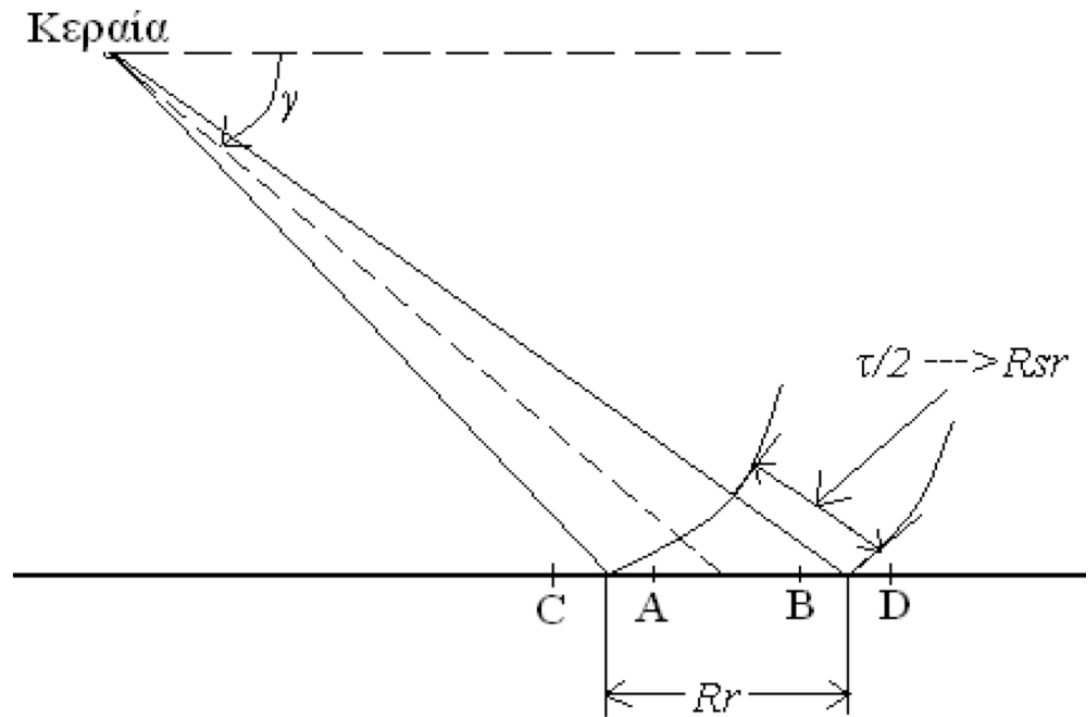
Απομάκρυνση του θορύβου στιγμάτων με φίλτρο εξομάλυνσης.



Χωρική διακριτική ικανότητα ραντάρ πλευρικής σάρωσης

$$R_r = \frac{R_{sr}}{\cos g}$$

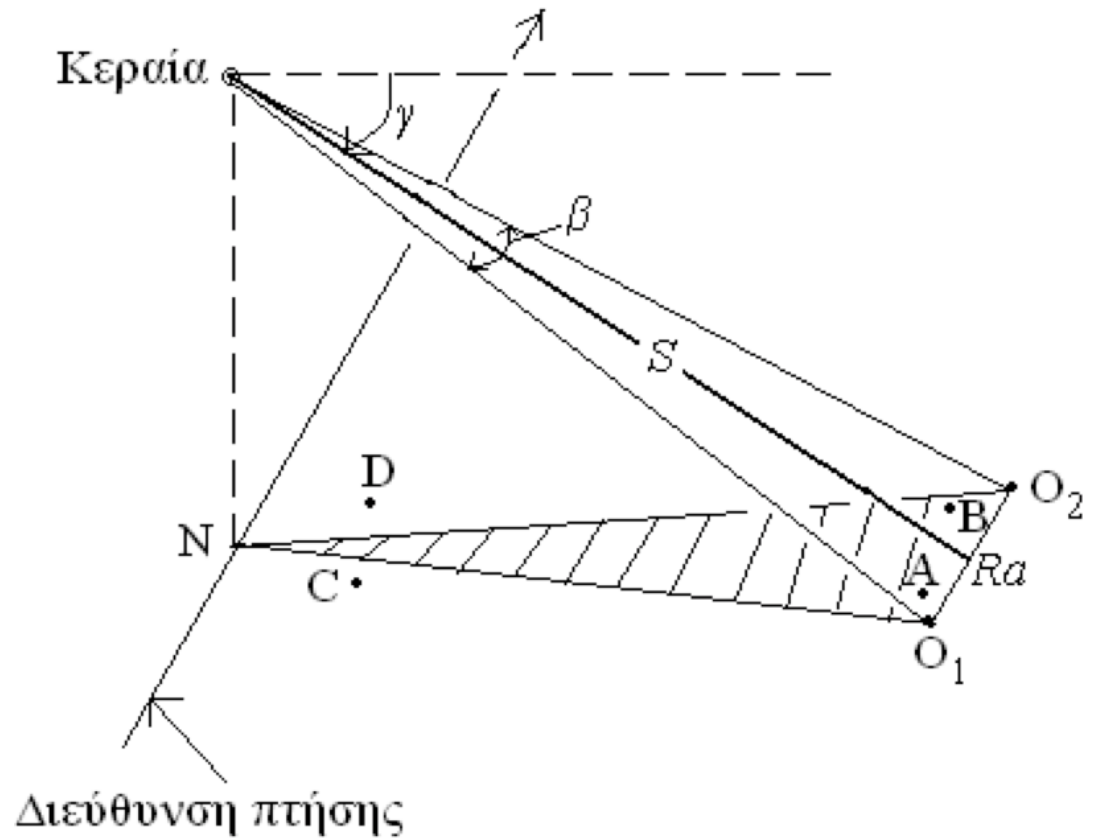
Χωρική διακριτική ικανότητα κατά την εδαφική απόσταση R_r .



Χωρική διακριτική ικανότητα κατά το αζιμούθιο

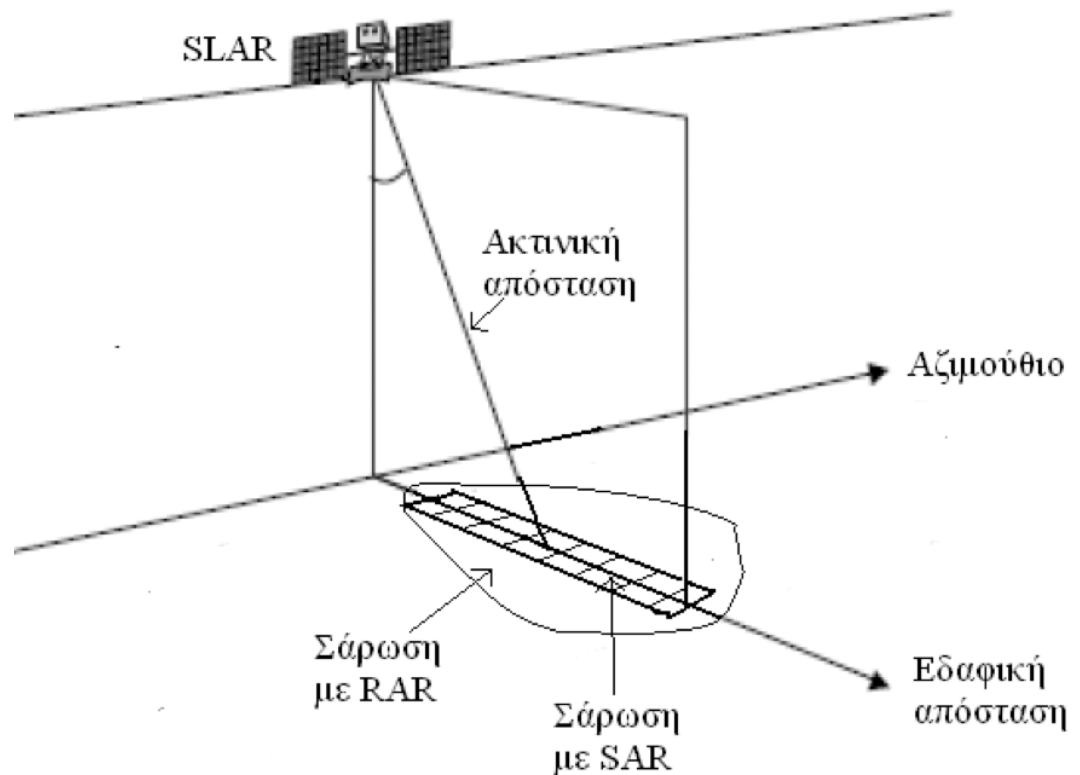
$$R_a = \frac{I_S}{D}$$

Χωρική διακριτική ικανότητα κατά το αζιμούθιο R_a .



RAR και SAR

Πλευρική σάρωση με ραντάρ πραγματικού ανοίγματος κεραίας (RAR) και με ραντάρ συνθετικού ανοίγματος κεραίας (SAR). Η λεπτή ζώνη προβολής του σήματος SAR στο έδαφος υποδηλώνει καλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα στο αζιμούθιο, από αυτήν που αντιστοιχεί στο λοβό ΗΜ ακτινοβολίας που εκπέμπεται από σύστημα RAR.



Πόλωση της ακτινοβολίας ραντάρ (1 από 2)

Εικόνα ραντάρ
ζώνης L και πόλωσης
HH της ευρύτερης
περιοχής του
Λεκανοπεδίου
Αττικής, από το
σύστημα SIR-CX-SAR
του διαστημικού
λεωφορείου
Endeavour.

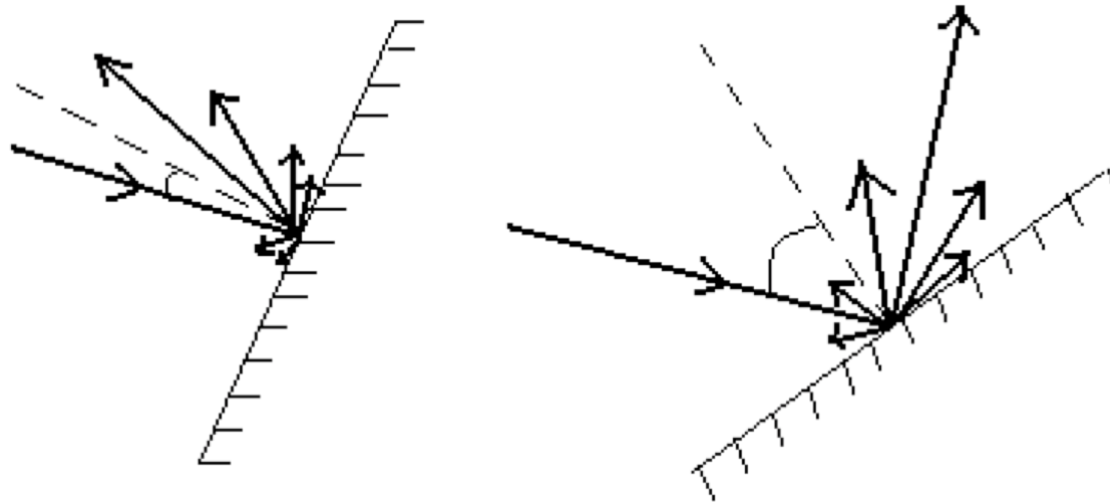


Πόλωση της ακτινοβολίας ραντάρ (2 από 2)

Εικόνα ραντάρ
ζώνης L και πόλωσης
HV της ευρύτερης
περιοχής του
Λεκανοπεδίου
Αττικής, από το
σύστημα SIR-CX-SAR
του διαστημικού
λεωφορείου
Endeavour.



Η διαμόρφωση του σήματος επιστροφής από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (1 από 4)



Σχέση τοπογραφίας αναγλύφου, γωνίας πρόσπτωσης και ισχύος σήματος επιστροφής.



Η διαμόρφωση του σήματος επιστροφής από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (2 από 4)

Η διηλεκτρική σταθερά (dielectric constant) ενός υλικού αυξάνεται με την περιεκτικότητά του σε νερό. Αύξηση της διηλεκτρικής σταθεράς σημαίνει περιορισμένη διείσδυση της ακτινοβολίας στο υπέδαφος και αύξηση του συντελεστή οπισθοσκέδασης, επομένως και της ισχύος του σήματος επιστροφής.

Γι' αυτό το λόγο οι εικόνες ραντάρ μπορούν να αξιοποιηθούν στο να εκτιμηθεί η υγρασία του εδάφους, η οποία παρέχει πολύτιμες υδρολογικές και εδαφολογικές πληροφορίες.



Η διαμόρφωση του σήματος επιστροφής από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (3 από 4)

Επί πλέον, σε ξηρά εδάφη, όπου η διηλεκτρική σταθερά είναι μικρή, η ακτινοβολία ραντάρ μπορεί να διεισδύσει σε βάθος μερικών μέτρων και να δώσει πληροφορίες για τη δομή του υπεδάφους.

Σε υδάτινες μάζες η διηλεκτρική σταθερά είναι μεγάλη και η διείσδυση της ΗΜ ακτινοβολίας είναι πολύ μικρή.



Η διαμόρφωση του σήματος επιστροφής από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (4 από 4)

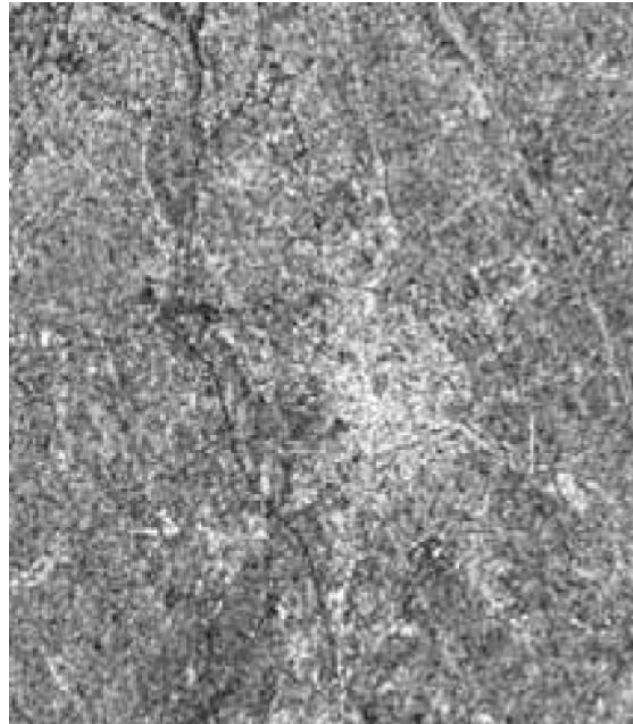
Η τραχύτητα (roughness) της επιφάνειας είναι σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης του επιστρέφοντος σήματος. Σε μια τραχειά επιφάνεια η προσπίπτουσα ακτινοβολία σκεδάζεται σε όλες τις διευθύνσεις και επιστρέφει ως ένα ισχυρό σήμα. Μια λεία επιφάνεια ανακλά κατοπτρικά την ακτινοβολία σε μια μόνο διεύθυνση, οπότε δίνει ασθενές σήμα στις άλλες διευθύνσεις.

Η τραχύτητα μιας επιφάνειας εξαρτάται τόσο από το τοπογραφικό ανάγλυφο, όσο και από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας του ραντάρ.

$$h > \frac{l}{4.4 \sin g}$$



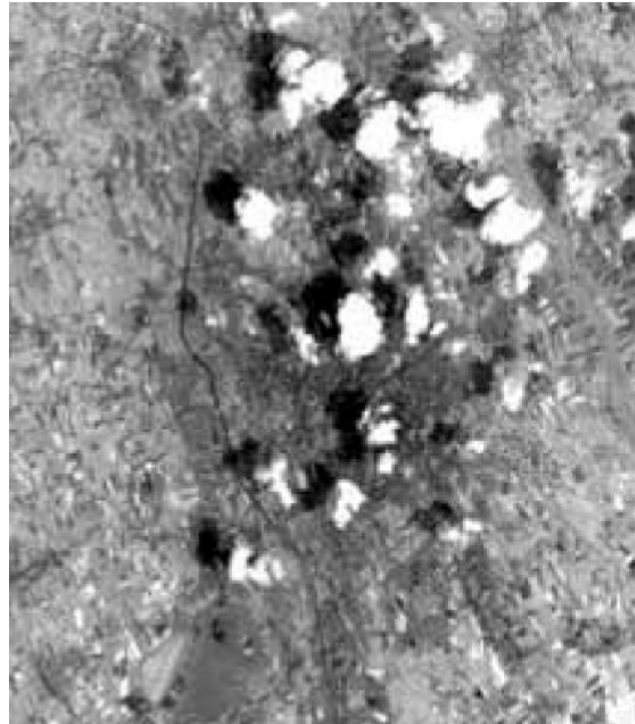
Μελέτη εικόνων ραντάρ (1 από 11)



Εικόνα ραντάρ δορυφόρου ERS-1 από την πόλη Ούντινε, Ιταλία.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (2 από 11)



Εικόνα Landsat 5 από την ίδια πόλη, την ίδια μέρα και με χρονική διαφορά λήψης λιγότερη από μια ώρα από αυτήν της εικόνας ραντάρ.



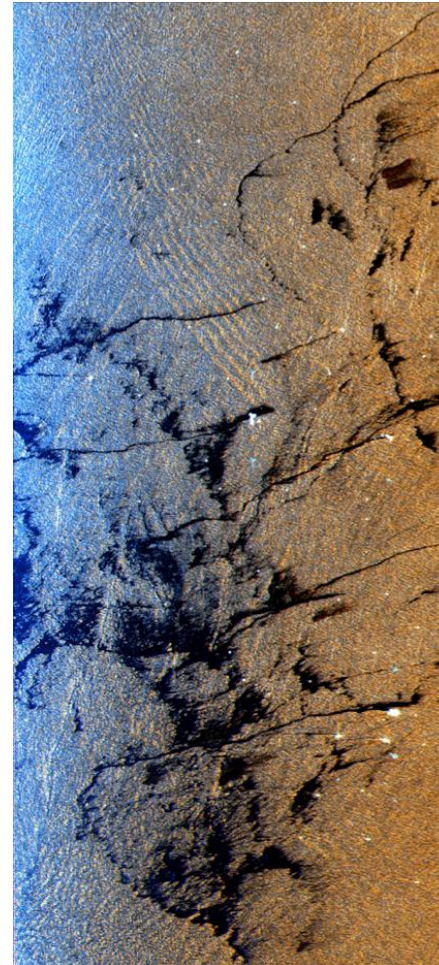
Μελέτη εικόνων ραντάρ (3 από 11)

RGB έγχρωμο σύνθετο του Λεκανοπεδίου Αττικής, αποτελούμενο από εικόνες L-HH (ερυθρό), L-HV (πράσινο) και C-HH (μπλε). Οι εικόνες ελήφθησαν από το σύστημα SIR-CX-SAR του διαστημικού λεωφορείου Endeavour, τον Οκτώβριο του 1994.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (4 από 11)

RGB έγχρωμο σύνθετο από τη θαλάσσια περιοχή δυτικά της Βομβάης (Ινδία), που παρήχθηκε από το συνδυασμό L-VV (ερυθρό), μέση τιμή εικόνων L-VV και C-VV (πράσινο) και C-VV (μπλε). Οι εικόνες ελήφθησαν από το σύστημα SIR-CX-SAR του διαστημικού λεωφορείου Endeavour, τον Οκτώβριο του 1995. Διακρίνονται πετρελαιοκηλίδες, με σκοτεινούς τόνους.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (5 από 11)

Έγχρωμο σύνθετο εικόνων ραντάρ από το ανατολικό τμήμα της οροσειράς του Άτλαντα (Μαρόκο), που προέκυψε από συνδυασμό εικόνων L-HH (ερυθρό), C-HH (πράσινο) και C-HV (μπλε), του συστήματος SIR-CX-SAR (διαστημικό λεωφορείο Endeavour), Οκτώβριος 1995.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (6 από 11)

Εικόνα ραντάρ L-HH, από το σύστημα SIR-A, πάνω από την έρημο της Σαχάρα, στο Σουδάν, Νοέμβριος 1981. Η εικόνα ραντάρ είναι η διαγώνια ασπρόμαυρη λωρίδα που υπερτίθεται σε εικόνα Landsat (κίτρινο-πορτοκαλί υπόβαθρο).



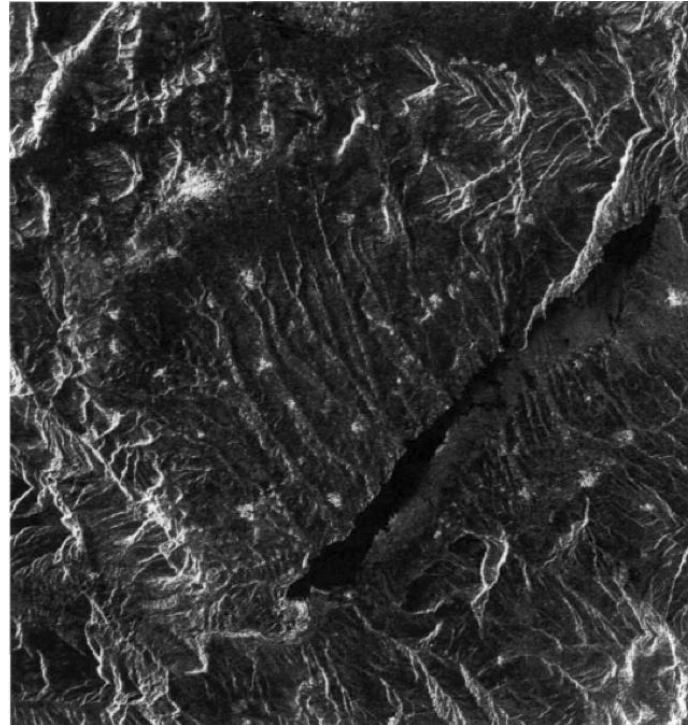
Μελέτη εικόνων ραντάρ (7 από 11)



Εικόνα Landsat TM 5, RGB 741, από τη λεκάνη της Κοζάνης.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (8 από 11)



Εικόνα ραντάρ ERS-1 από την ίδια περιοχή.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (9 από 11)

Έγχρωμο σύνθετο που παρήχθηκε από το συνδυασμό των εικόνων Landsat και ERS-1, μέσω του μετασχηματισμού IHS. Το ερυθρό αντιστοιχεί στη συνιστώσα I, το πράσινο στην H και το μπλε στην S.

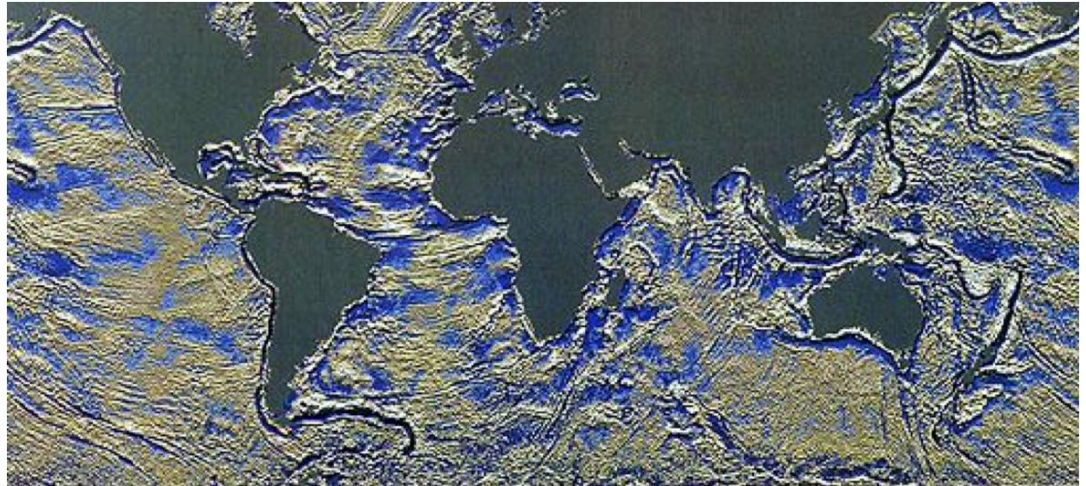
Η κυανή απόχρωση στις παρυφές της λίμνης εκφράζει την κάθοδο της στάθμης του νερού το έτος 1992 (όταν ελήφθη η εικόνα ραντάρ) σε σχέση με το 1989 (όταν ελήφθη η εικόνα Landsat).



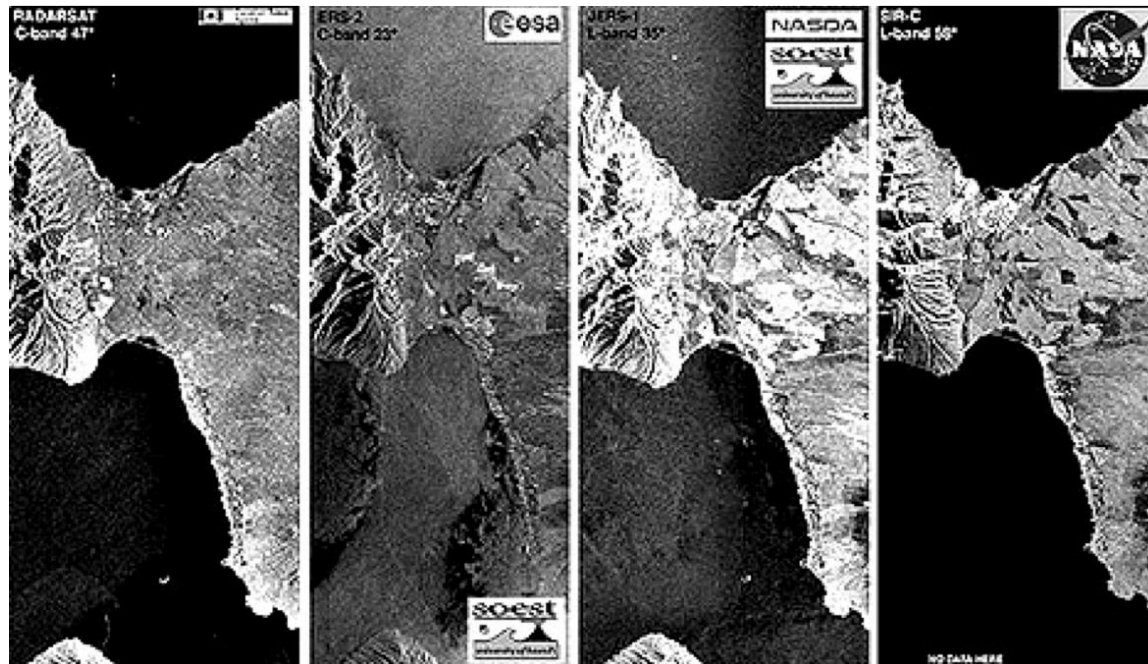
Μελέτη εικόνων ραντάρ (10 από 11)

Εικόνα υψομετρικού ραντάρ του δορυφόρου Seasat για καταγραφή της στάθμης της θαλάσσιας επιφάνειας.

Εκεί όπου υπάρχουν μεσο-ωκεάνιες ράχες η τονικότητα είναι σχετικά φωτεινή και εκεί όπου υπάρχουν τάφροι οι τόνοι είναι σκοτεινοί.



Μελέτη εικόνων ραντάρ (11 από 11)



Εικόνες ραντάρ τεσσάρων διαφορετικών δορυφορικών συστημάτων, από μέρος της Ν. Μαυι, του νησιωτικού συμπλέγματος Χαβάης.

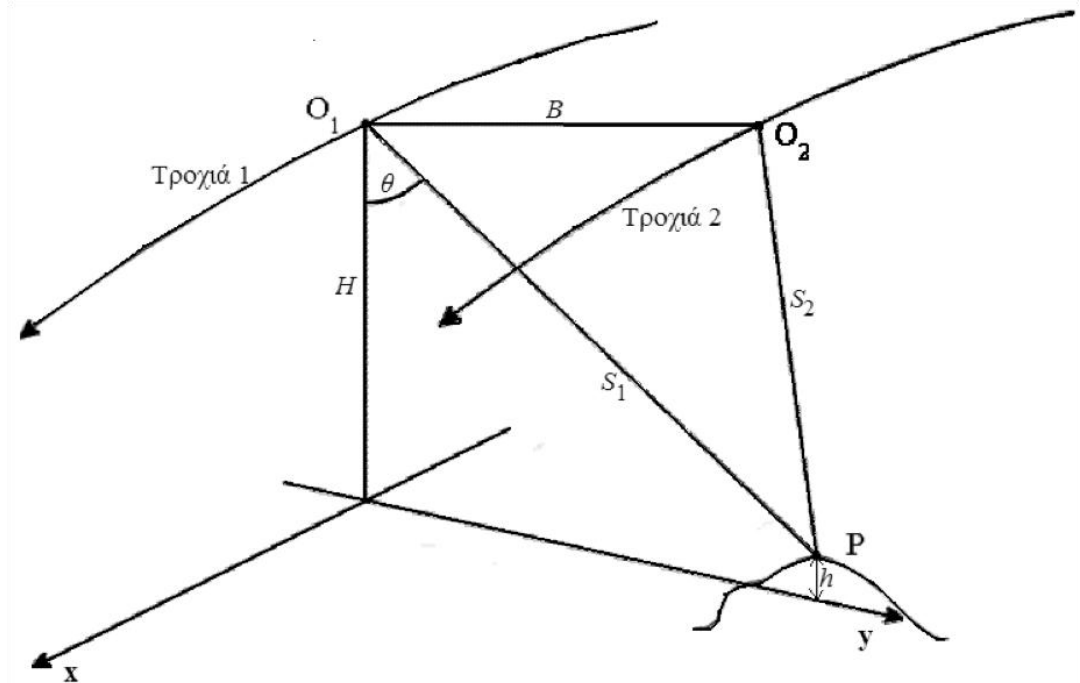


Συμβολομετρία με εικόνες SAR (1 από 8)

$$J_d = J_{s1} - J_{s2}$$

$$J_d = \frac{4\rho}{l} (S_1 - S_2)$$

Γεωμετρία λήψης
ζεύγους εικόνων
κατά τη
συμβολομετρία με
SAR .

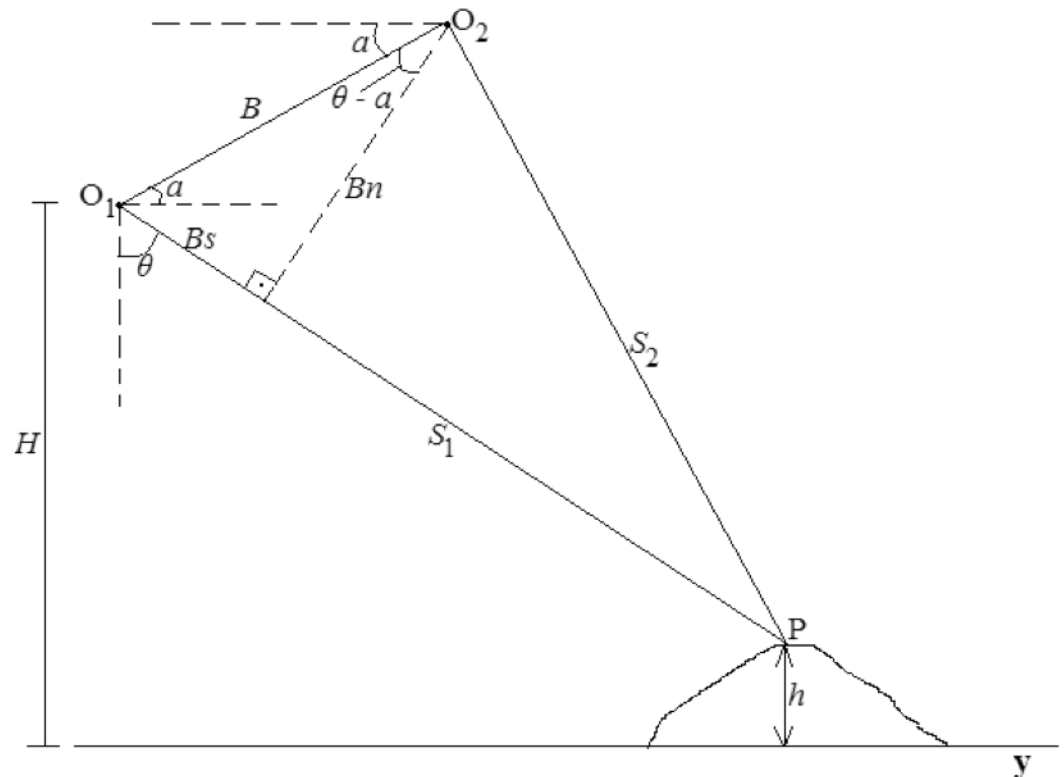


Συμβολομετρία με εικόνες SAR (2 από 8)

$$h = H - S_1 \left(\cos a \sqrt{1 - \sin^2(\theta - a)} - \sin a \sin(\theta - a) \right)$$

$$\theta - a = \arcsin \left(\frac{S_1 - S_2 \cos \theta}{B} \right)$$

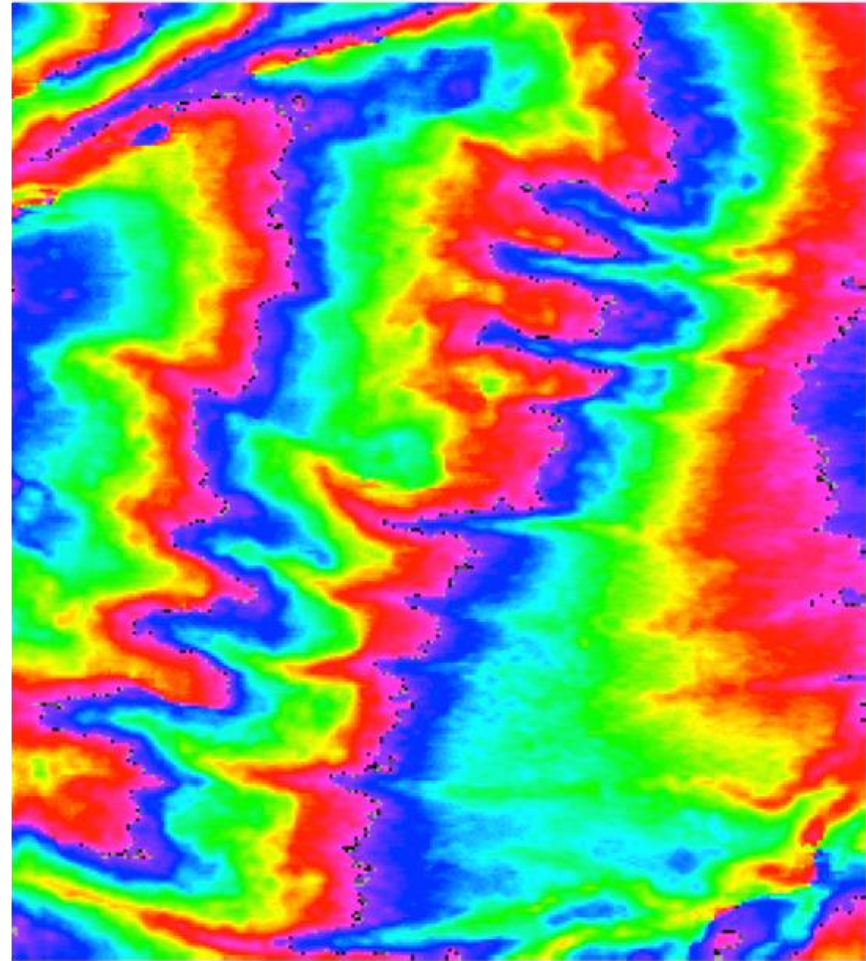
Η γεωμετρία λήψης εικόνων κατά τη συμβολομετρία SAR, στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι τροχιές της πλατφόρμας είναι κάθετες προς το επίπεδο της εικόνας.



Συμβολομετρία με εικόνες SAR (3 από 8)

Συμβολόγραμμα.

Ένας πλήρης
κύκλος χρωμάτων
αντιστοιχεί σε
διάστημα
πρωτευουσών
τιμών φάσης 2π .

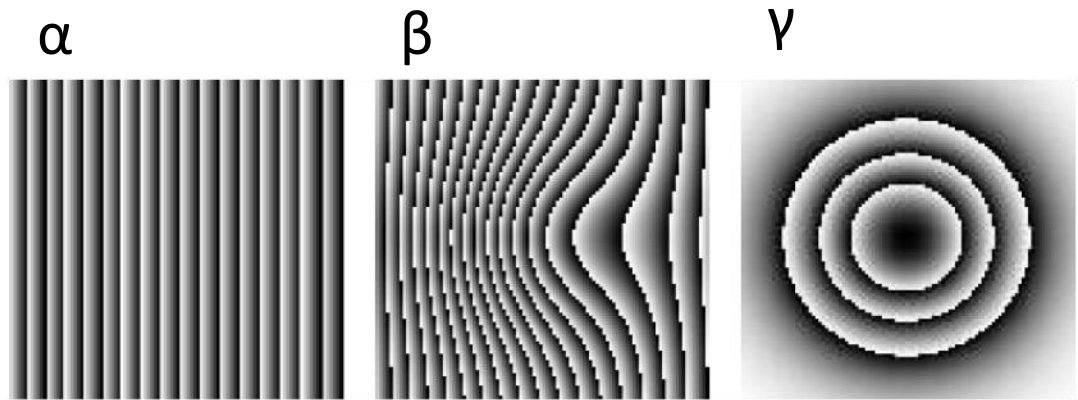


Συμβολομετρία με εικόνες SAR (4 από 8)

(α) Συμβολόγραμμα
πάνω από επίπεδη
περιοχή.

(β) Πρωτογενές
συμβολόγραμμα
πάνω από ορεινό όγκο
κωδωνοειδούς
σχήματος.

(γ) Το αποτέλεσμα της
απομάκρυνσης της
επίδρασης επίπεδου
αναγλύφου από το
συμβολόγραμμα της
εικόνας (β).



Συμβολομετρία με εικόνες SAR (5 από 8)

Η διαδικασία για την παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους με την τεχνική της συμβολομετρίας, συνίσταται στα παρακάτω βήματα:

- Επιλογή του κατάλληλου ζεύγους εικόνων SAR, που να είναι από την ίδια περιοχή, να έχουν ληφθεί στο ίδιο μήκος κύματος και, αν δεν ελήφθησαν ταυτόχρονα, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ πρώτης και δεύτερης λήψης να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Στο εικονοστοιχείο της κάθε εικόνας θα πρέπει να είναι εγγεγραμμένη η μιγαδική τιμή της έντασης της ακτινοβολίας που έλαβε ο δέκτης (πλάτος και φάση).



Συμβολομετρία με εικόνες SAR (6 από 8)

- Ακριβής απόδοση συντεταγμένων στη μια εικόνα, με βάση το σύστημα αναφοράς της άλλης (εικόνα αναφοράς), προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμφωνία μεταξύ των δυο εικόνων. Ο βαθμός συμφωνίας αποτιμάται ποσοτικά με στατιστικά κριτήρια (Franceschetti & Lanari 1997) και, όσο καλύτερη είναι η συμφωνία, τόσο ακριβέστερο είναι το DEM που θα παραχθεί.
- Παραγωγή του συμβολογράμματος πολλαπλασιάζοντας τις μιγαδικές τιμές έντασης της εικόνας αναφοράς επί τις συζυγείς μιγαδικές της άλλης εικόνας. Απομάκρυνση της επίδρασης επίπεδης επιφάνειας από το συμβολόγραμμα.

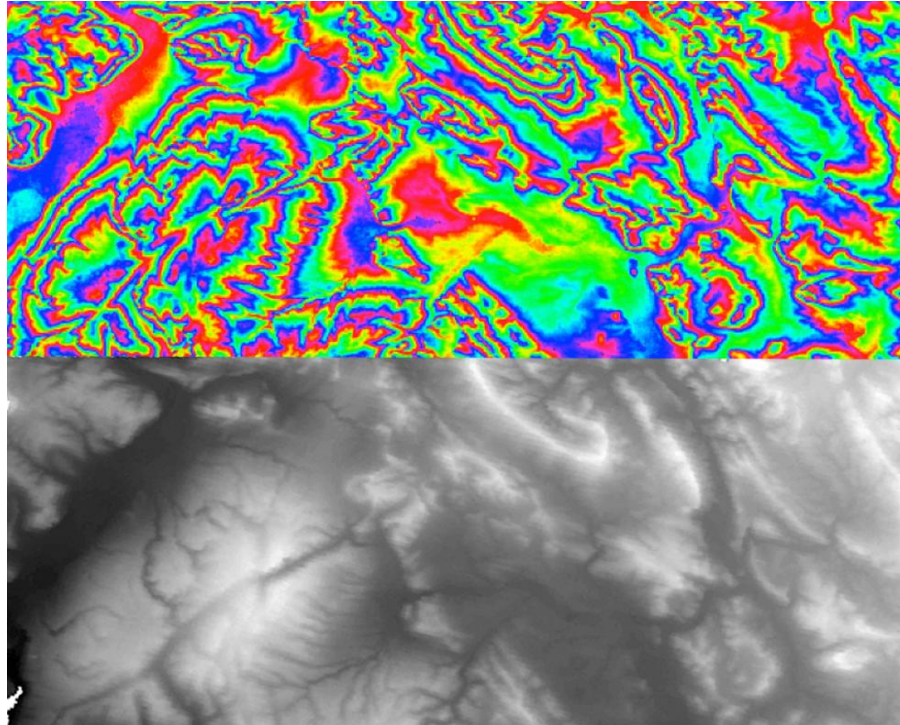


Συμβολομετρία με εικόνες SAR (7 από 8)

- Αποδίπλωση φάσης στο συμβολόγραμμα, ώστε να υπολογιστούν οι τιμές φάσης φ_d .
- Υπολογισμός του υψομέτρου του κάθε εικονοστοιχείου με βάση τη σχέση Σε αυτή τη φάση έχει δημιουργηθεί το DEM, στο οποίο όμως το κάθε εικονοστοιχείο δεν έχει συντεταγμένες στο γεωγραφικό χώρο, αλλά στο σύστημα αναφοράς της εικόνας
- Γεωαναφορά του DEM με βάση κάποιο προβολικό σύστημα, ώστε να αποδοθούν σε κάθε εικονοστοιχείο συντεταγμένες στο γεωγραφικό χώρο.



Συμβολομετρία με εικόνες SAR (8 από 8)



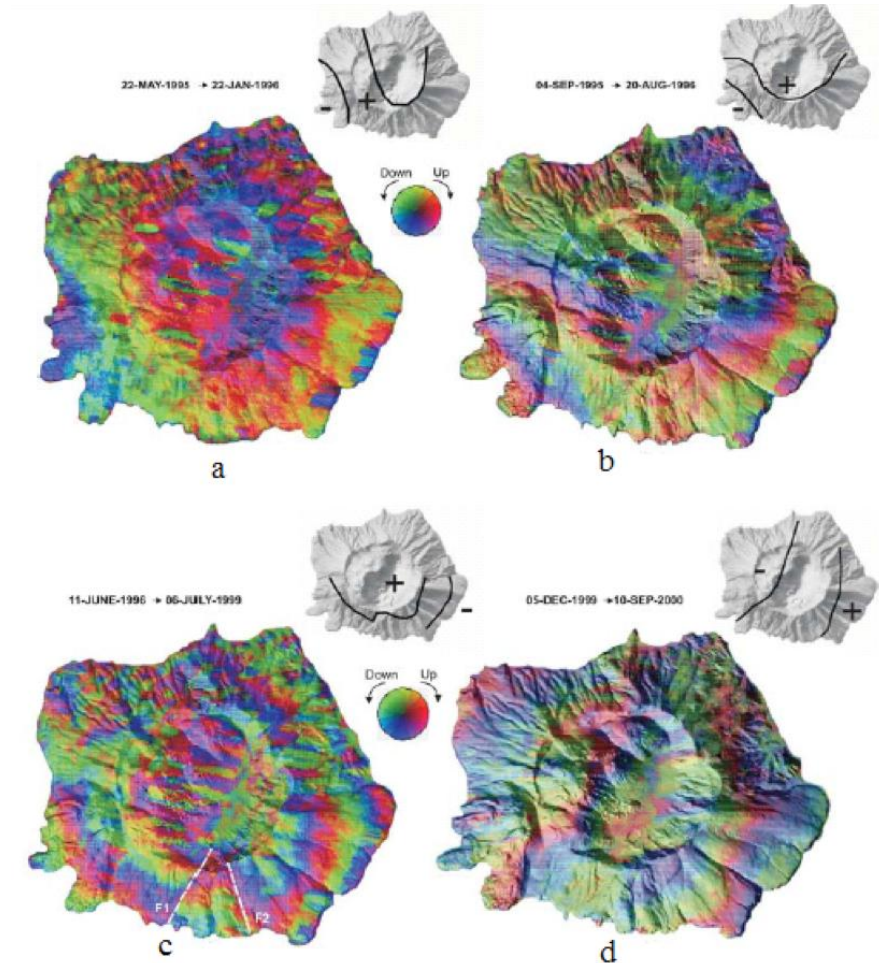
Από το συμβολόγραμμα στο γεωαναφερμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους.



Διαφορική συμβολομετρία με SAR (1 από 2)

$$f_{d13} - \frac{B_{sl3}}{B_{sl2}} \square f_{d12} = \frac{4\rho}{l} \square Dh$$

Εικόνες
διαφορικής
συμβολομετρίας
SAR από την
ηφαιστειακή Νήσο
Νίσυρο.



Διαφορική συμβολομετρία με SAR

(2 από 2)

Η εικόνα (a) αντιστοιχεί στην περίοδο 22 Μαΐου 1995 ως 22 Ιανουαρίου 1996.

Η εικόνα (b) από 4 Σεπτεμβρίου 1995 ως 20 Αυγούστου 1996.

Η εικόνα (c) από 11 Ιουνίου 1996 ως 6 Ιουλίου 1999.

Η εικόνα (d) από 5 Δεκεμβρίου 1999 ως 10 Σεπτεμβρίου 2000.

Υπόβαθρο όλων των εικόνων είναι ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους του νησιού. Ένας κροσσός αντιστοιχεί σε μια σειρά τριών χρωμάτων (ερυθρό, πράσινο, μπλε) και αντιστοιχεί σε εδαφική ανύψωση 28mm (σειρά χρωμάτων ερυθρό, πράσινο, μπλε) ή σε εδαφική ταπείνωση – 28mm (σειρά χρωμάτων μπλε, ερυθρό, πράσινο). Πάνω δεξιά σε κάθε διαφορικό συμβολόγραμμα οριοθετούνται οι περιοχές εδαφικής ανύψωσης (+) και ταπείνωσης (-). (Lagios et. al. 2005)



Τέλος Ενότητας

Εικόνες ραντάρ

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Γιώργος Σκιάνης 2014. Γιώργος Σκιάνης. «Τηλεανίχνευση - Φωτογεωλογία και Μαθηματική Γεωγραφία. Τηλεανίχνευση - Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL7>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Σχήμα 1, Σελίδα 7: Γεωμετρία συστήματος ραντάρ πλευρικής σάρωσης / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 1, Σελίδα 8: Imaging different types of surface with radar / Copyright / Σύνδεσμος: <http://airsar.jpl.nasa.gov/documents/genairsar/radar.html> / Πηγή: Courtesy NASA/JPL-Caltech

Εικόνα 2, Σελίδα 9: Εικόνα ραντάρ από περιοχή καλυμμένη με παγετώνες / Εικόνα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 3, Σελίδα 10: Μωσαϊκό εικόνων ραντάρ από την περιοχή Αιγαίου-Νότιας Βαλκανικής, οι οποίες ελήφθησαν από το σύστημα ASAR του δορυφόρου ENVISAT, κατά την περίοδο Ιανουαρίου-Μαΐου 2006 / Copyright ESA (European Space Agency) / Πηγή: <http://www.esa.int/ESA>

Εικόνα 4, Σελίδα 11: Εικόνα ραντάρ του συστήματος SIR-A, δορυφόρος Space Shuttle, από περιοχή των Άνδεων / Public Domain / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect8/Sect8_1.html / Πηγή: Nicholas M. Short “Remote Sensing Tutorial” (NASA)

Σχήμα 2, Σελίδα 12: Αναστροφή σε εικόνα ραντάρ / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 3, Σελίδα 13: Σμίκρυνση και επιμήκυνση / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 4, Σελίδα 14: Σκίαση / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 5, Σελίδα 15: Φαινόμενα αναστροφής, σμίκρυνσης και σκίασης σε εικόνα ραντάρ, με σάρωση από τα αριστερά προς τα δεξιά / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 6, Σελίδα 16: Εικόνα ραντάρ με θόρυβο στιγμάτων / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 7, Σελίδα 17: Απομάκρυνση του θορύβου στιγμάτων με φίλτρο εξομάλυνσης / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 5, Σελίδα 18: Χωρική διακριτική ικανότητα ραντάρ πλευρικής σάρωσης / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 6, Σελίδα 19: Χωρική διακριτική ικανότητα κατά το αζιμούθιο / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Σχήμα 7, Σελίδα 20: Πλευρική σάρωση με ραντάρ πραγματικού ανοίγματος κεραίας (RAR) και με ραντάρ συνθετικού ανοίγματος κεραίας (SAR) / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνες 8-9, Σελίδα 21-22: Space Radar Image of Athens, Greece (15/4/1999) / Copyright / Σύνδεσμος: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01824> / Πηγή: Courtesy NASA/JPL-Caltech

Σχήμα 8, Σελίδα 23: Σχέση τοπογραφίας αναγλύφου, γωνίας πρόσπτωσης και ισχύος σήματος επιστροφής / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 10, Σελίδα 27: This image was acquired over the city of Udine by ERS-1 on the 4th of July 1993 at 9.59 a.m. / Copyright ESA (European Space Agency) / Σύνδεσμος: <http://geoawesomeness.com/sar-we-love-it-we-hate-it-take-a-general-look/> / Πηγή: ESA/Envisat via SAR Summer School

Εικόνα 11, Σελίδα 28: This image was acquired over the city of Udine, by Landsat-5 on the 4th of July 1993 at 9.14 a.m. / Copyright ESA (European Space Agency) / Σύνδεσμος: <http://geoawesomeness.com/sar-we-love-it-we-hate-it-take-a-general-look/> / Πηγή: ESA/Envisat via SAR Summer School

Εικόνα 12, Σελίδα 29: Space Radar Image of Athens, Greece (15/4/1999) / Copyright / Σύνδεσμος: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01824> / Πηγή: Courtesy NASA/JPL-Caltech



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 13, Σελίδα 30: This is a radar image of an offshore drilling field about 150 km (93 miles) west of Bombay, India, in the Arabian Sea / Copyright / Σύνδεσμος: <http://southport.jpl.nasa.gov/pio/srl2/sirc/oilsk.html> / Πηγή: Courtesy NASA/JPL-Caltech

Εικόνα 14, Σελίδα 31: Space Radar Image of Eastern Morocco (15/4/1999) / Copyright / Σύνδεσμος: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01863> / Πηγή: Courtesy NASA/JPL-Caltech

Εικόνα 15, Σελίδα 32: Landsat subimage of the Selma Sand Sheet in the Sahara Desert within northwestern Sudan / Public Domain / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect8/Sect8_7.html / Πηγή: U.S. Geological Survey Flagstaff/JPL



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 16, Σελίδα 33: Εικόνα Landsat TM 5, RGB 741, από τη λεκάνη της Κοζάνης / Copyright / Σύνδεσμος:

https://mpsomiadis.files.wordpress.com/2012/03/messologi-kozani_finalpaper.pdf
/ Πηγή: Ισ. Παρχαρίδης, Εμ. Ψωμιάδης «Συγχώνευση οπτικών και radar δεδομένων και χωρική βελτιστοποίηση για την χαρτογράφηση του υδρογραφικού δικτύου»

Εικόνα 17, Σελίδα 34: Εικόνα ραντάρ ERS-1 από τη λεκάνη της Κοζάνης / Copyright / Σύνδεσμος: https://mpsomiadis.files.wordpress.com/2012/03/messologi-kozani_finalpaper.pdf / Πηγή: Ισ. Παρχαρίδης, Εμ. Ψωμιάδης «Συγχώνευση οπτικών και radar δεδομένων και χωρική βελτιστοποίηση για την χαρτογράφηση του υδρογραφικού δικτύου»



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 18, Σελίδα 35: Έγχρωμο σύνθετο που παρήχθηκε από το συνδυασμό των εικόνων Landsat και ERS-1, μέσω του μετασχηματισμού HIS / Copyright / Σύνδεσμος: https://mpsomiadis.files.wordpress.com/2012/03/messologi-kozani_finalpaper.pdf / Πηγή: Ισ. Παρχαρίδης, Εμ. Ψωμιάδης «Συγχώνευση οπτικών και radar δεδομένων και χωρική βελτιστοποίηση για την χαρτογράφηση του υδρογραφικού δικτύου»

Εικόνα 19, Σελίδα 36: The map shows the morphological features of the ocean floor at a gross scale, produced at the Lamont-Doherty Geological Observatory of Columbia University, New York / Copyright / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect8/Sect8_6.html / Πηγή: Nicholas M. Short “Remote Sensing Tutorial” (NASA)



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 20, Σελίδα 37: Εικόνες ραντάρ τεσσάρων διαφορετικών δορυφορικών συστημάτων (Radarsat, ERS-2, JERS-1, and SIR-C) από μέρος της N. Maui, του νησιωτικού συμπλέγματος Χαβάης / Copyright / Σύνδεσμος:

http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect8/Sect8_7.html / Πηγή (για κάθε φωτογραφία από αριστερά προς τα δεξιά): 1) Canadian Space Agency (CSA), 2) European Space Agency (ESA), 3) Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 4) National Aeronautics and Space Administration (NASA) / Πηγή (για το σύνολο της εικόνας): Nicholas M. Short “Remote Sensing Tutorial” (NASA)

Σχήμα 9, Σελίδα 38: Γεωμετρία λήψης ζεύγους εικόνων κατά τη συμβολομετρία με SAR / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 10, Σελίδα 39: Η γεωμετρία λήψης εικόνων κατά τη συμβολομετρία SAR, στο κατακόρυφο επίπεδο / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 21, Σελίδα 40: Συμβολόγραμμα / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 22, Σελίδα 41: (α) Συμβολόγραμμα πάνω από επίπεδη περιοχή, (β) πρωτογενές συμβολόγραμμα πάνω από ορεινό όγκο κωδωνοειδούς σχήματος, (γ) το αποτέλεσμα της απομάκρυνσης της επίδρασης επίπεδου αναγλύφου από το συμβολόγραμμα της εικόνας (β) / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 23, Σελίδα 45: Από το συμβολόγραμμα στο γεωαναφερμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους / Εικόνα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 24, Σελίδα 46: Εικόνες διαφορικής συμβολομετρίας SAR από την ηφαιστειακή νήσο Νίσυρο / Copyright / Σύνδεσμος:

<http://www.remsenslab.geol.uoa.gr/dnisyros.html> / Πηγή: Lagios E., Sakkas V., Parcharidis Is., Dietrich V. “Ground Deformation of Nisyros Volcano (Greece) for the period 1995-2002: Results from DInSAR and DGPS observations” (2005)



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (12/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1, Σελίδα 4: Τιμές συχνότητας και μήκους κύματος για διαφορετικές ζώνες / Άγνωστης προέλευσης πίνακας

