



www.aegean.gr

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Σχολή Περιβάλλοντος
Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας



Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση και οργάνωση πληροφορίας

Διάλεξη 10. Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Κωνσταντίνος Ν. Τοπουζέλης, PhD

Περιεχόμενα μαθήματος

Το μάθημα αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες:

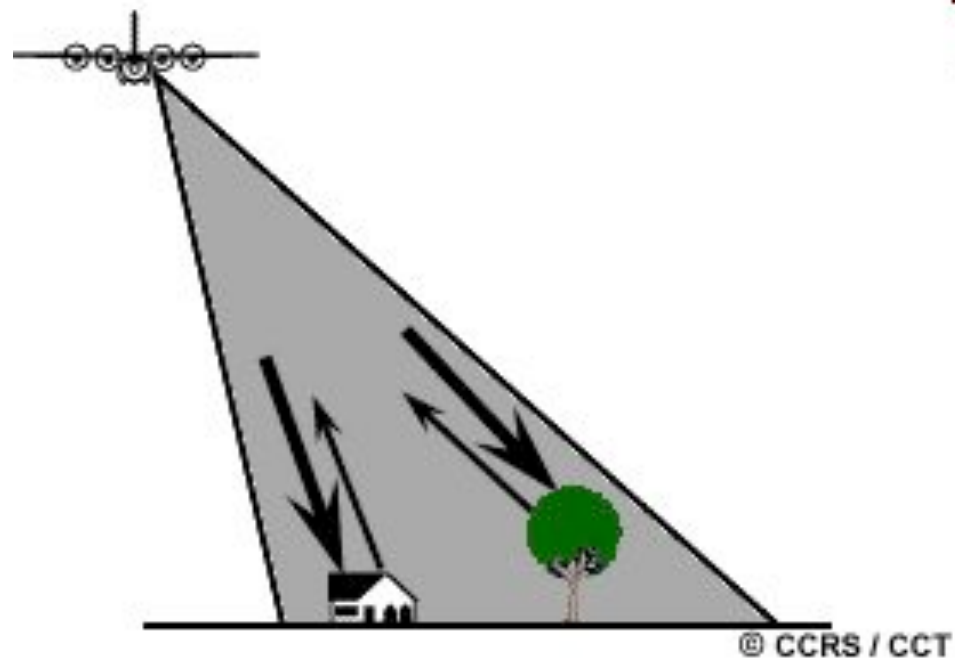
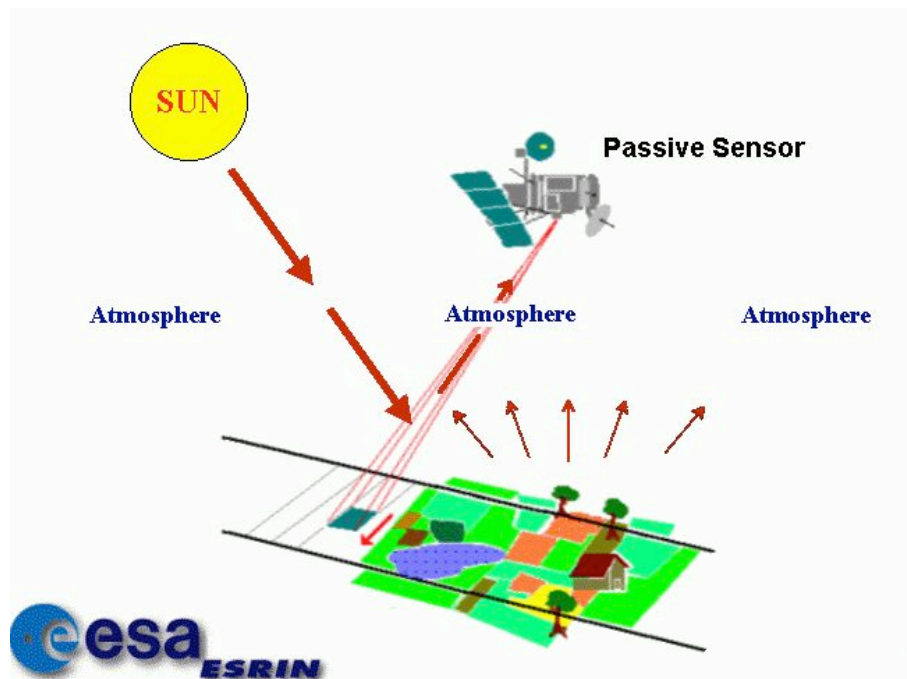
- (1) Εισαγωγή στην Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση
- (2) Τροχιές, δέκτες και δορυφόροι
- (3) Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τηλεπισκόπηση
- (4) Ψηφιακή δορυφορική τηλεπισκοπική απεικόνιση
- (5) Ψηφιακή επεξεργασία απεικόνισης
- (6) Γεωμετρική διόρθωση – ταξινόμηση απεικόνισης
- (7) Θαλάσσια τηλεπισκόπηση: από τα δεδομένα στις εφαρμογές
- (8) Εισαγωγή στις μετρήσεις επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας
- (9) Εισαγωγή στις δορυφορικές μετρήσεις ωκεάνιου χρώματος
- (10) Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση
- (11) Φωτοερμηνεία θαλάσσιων και ατμοσφαιρικών φαινομένων
- (12) Ολοκληρωμένες εφαρμογές θαλάσσιας τηλεπισκόπησης

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

- Ιδιότητες μικροκυματικής ακτινοβολίας
- Βασικές αρχές απεικονίσεων ραντάρ συνθετικού ανοίγματος
- Γεωμετρία απεικονίσεων SAR
- Οπισθοσκέδαση Bragg
- Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων
- Σκεδασίμετρα ανέμου (wind scatterometers)
- Αλτίμετρα (Altimeters)
- Ωκεανογραφικές εφαρμογές στις απεικονίσεις ραντάρ συνθετικού ανοίγματος

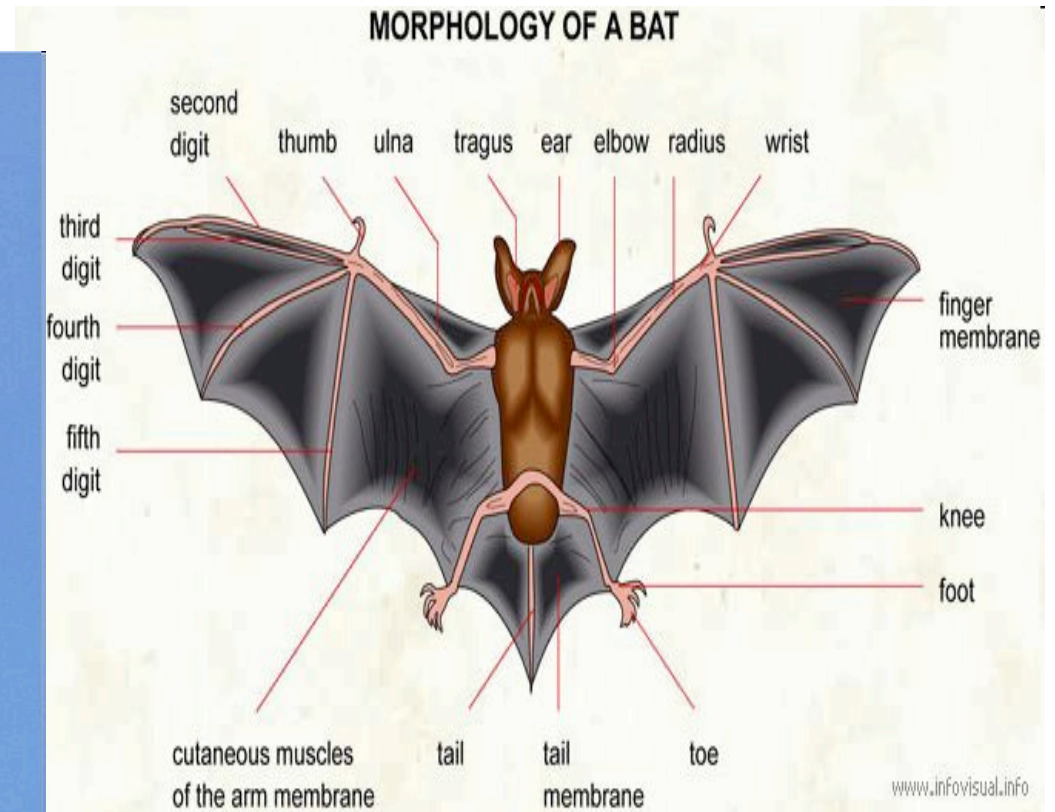
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



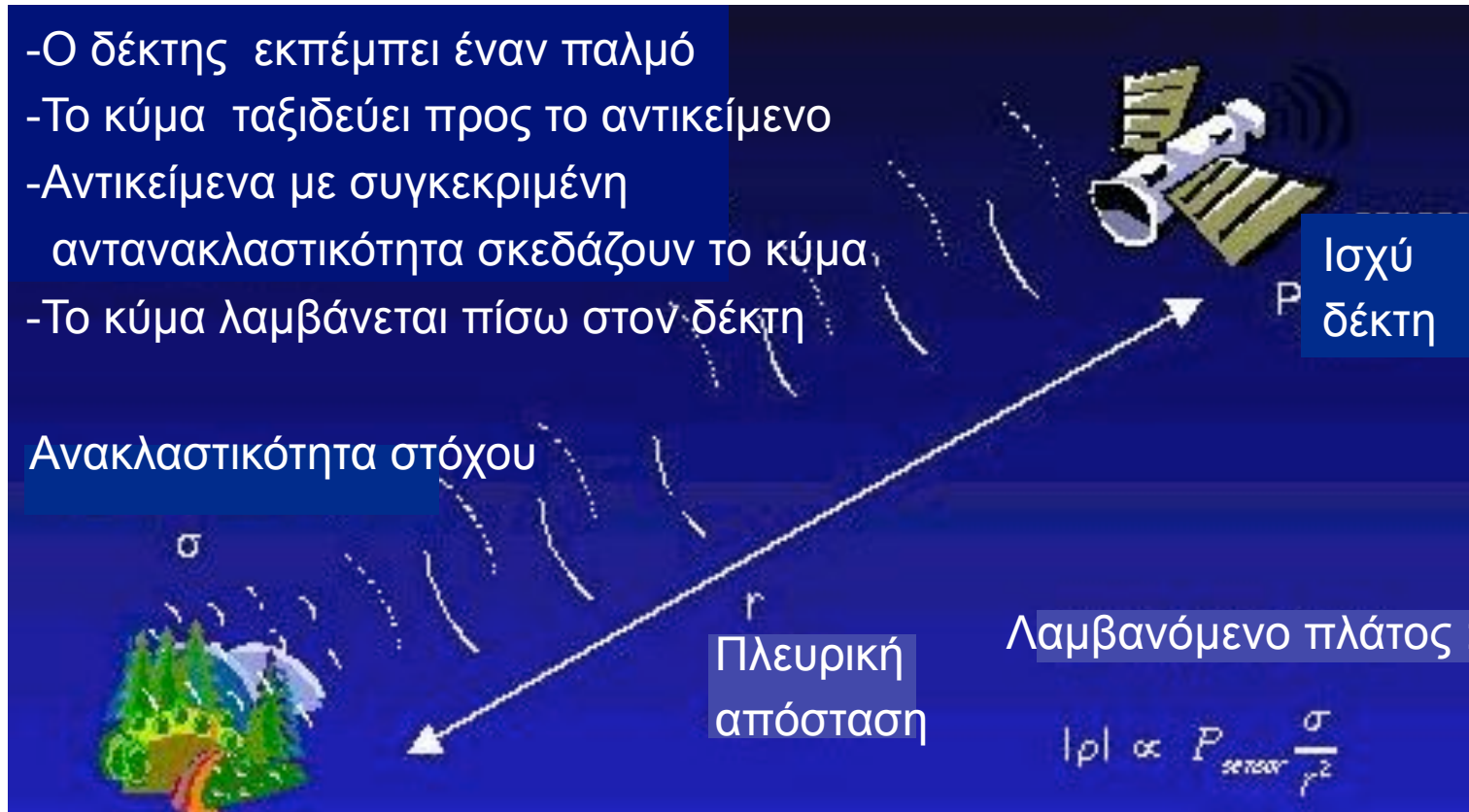
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές λειτουργίας μικροκυματικών δεκτών

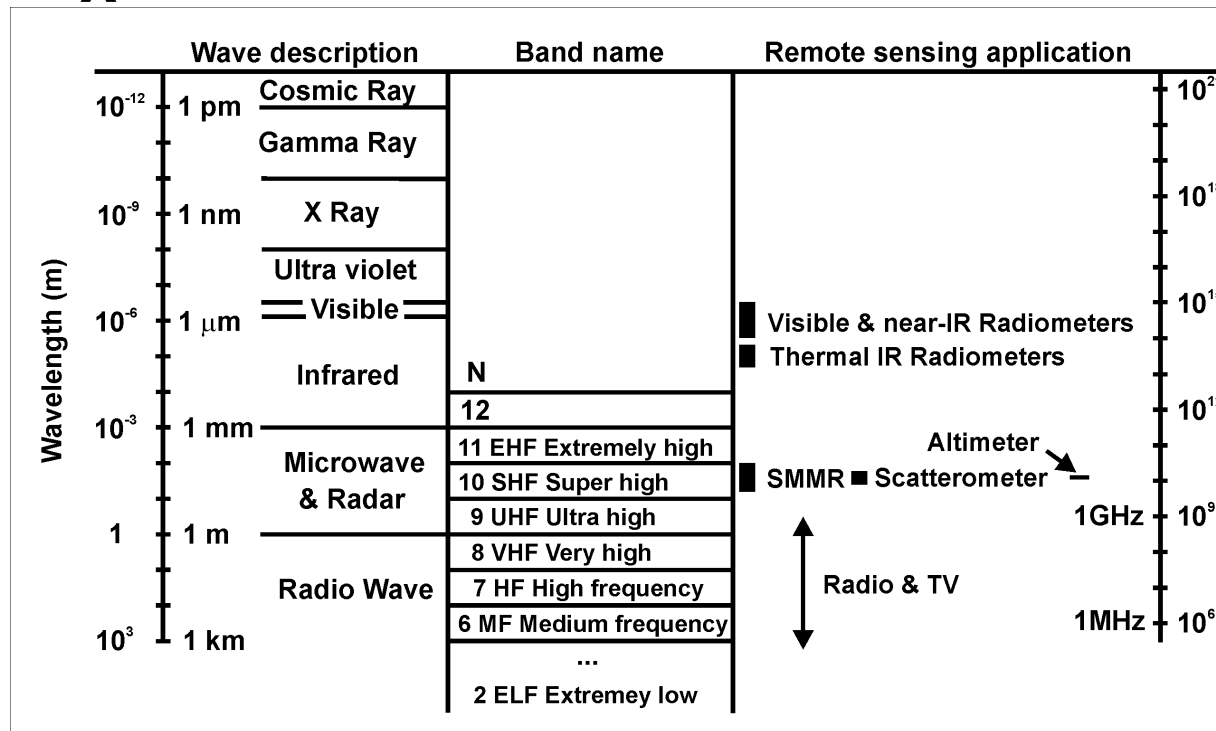


Το λαμβανόμενο πλάτος εξαρτάται από την ισχύ του δέκτη και από την απόσταση των αντικειμένων. Αλλά η πιο ενδιαφέρουσα παράμετρος η οποία μελετάται είναι η οπισθοσκέδαση.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

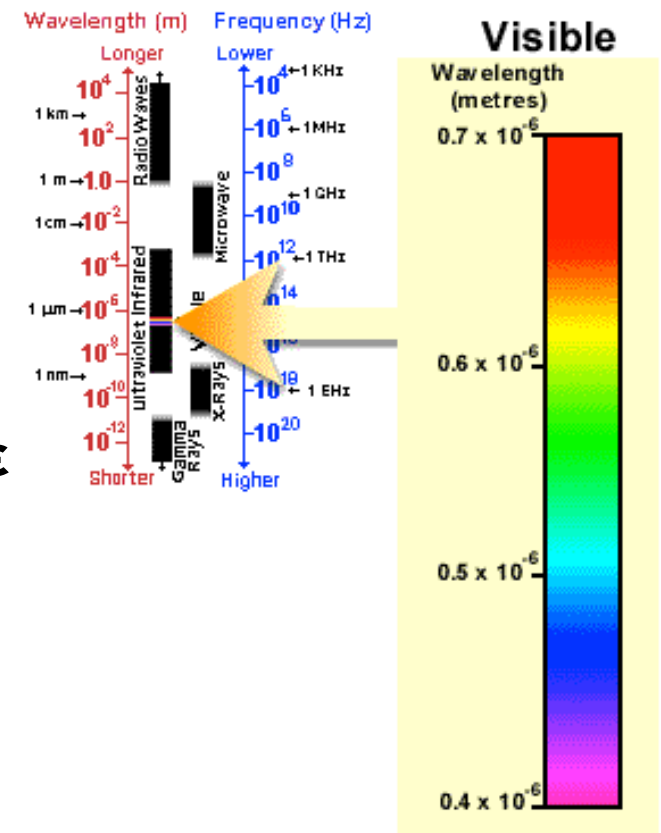
Διαιρείται σε περιοχές με βάση το μήκος κύματος λ . Το σύνολο των περιοχών συνιστά το **ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ**.



Εισαγωγή στην Θαλάσσια Τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

- Η ορατή (visible) ζώνη υποδιαιρείται στα τρία πρωτεύοντα αθροιστικά χρώματα: το μπλε (0.4 - 0.5 μm) το πράσινο (0.5 - 0.6 μm) και το κόκκινο (0.6 - 0.7 μm).
- Κόκκινο χρώμα -> ανάκλαση ή διάχυση του κόκκινου φωτός (απορρόφηση του μπλε και του πράσινου).
- Κίτρινο χρώμα -> απορρόφηση μπλε , ανάκλαση πράσινου και κόκκινου φωτός.
- Λευκό χρώμα

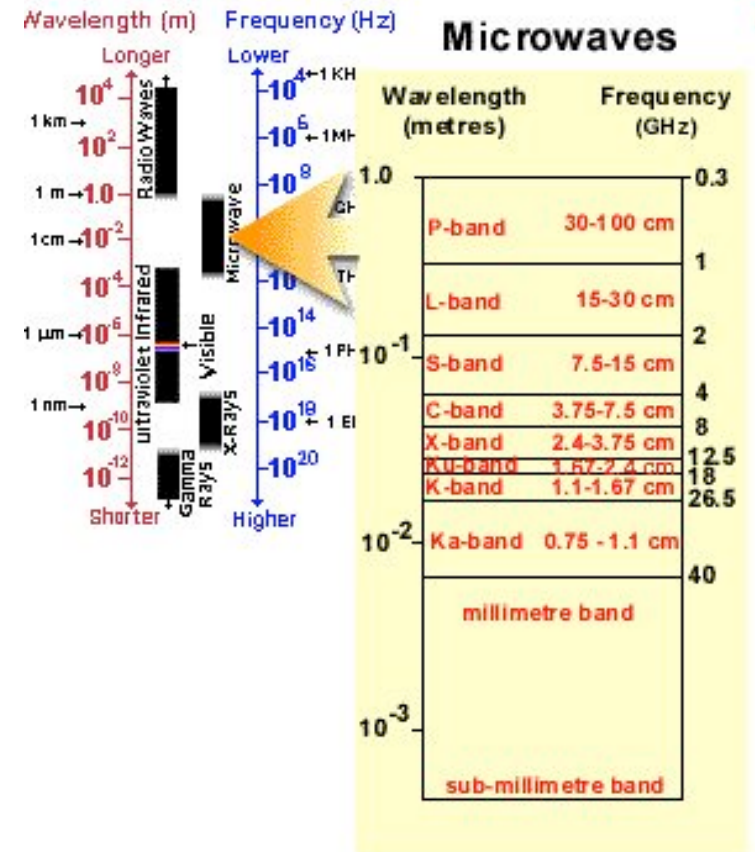


Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

- Η μικροκυματική ακτινοβολία ή απλά μικροκύματα (microwaves) περιλαμβάνει μεγάλα μήκη κύματος (1 mm – 1 m).

- Τα μικροκύματα είναι ανεξάρτητα από την ηλιακή ακτινοβολία και έχουν την ιδιότητα να διαπερνάν τα σύννεφα και να εισχωρούν βαθιά στην γήινη επιφάνεια.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Φάσμα λειτουργίας των συστημάτων SAR και σκεδασιομέτρων:

Λειτουργούνε στα μήκη κύματος:

$$\lambda = c T = 2 - 30 \text{ cm}$$

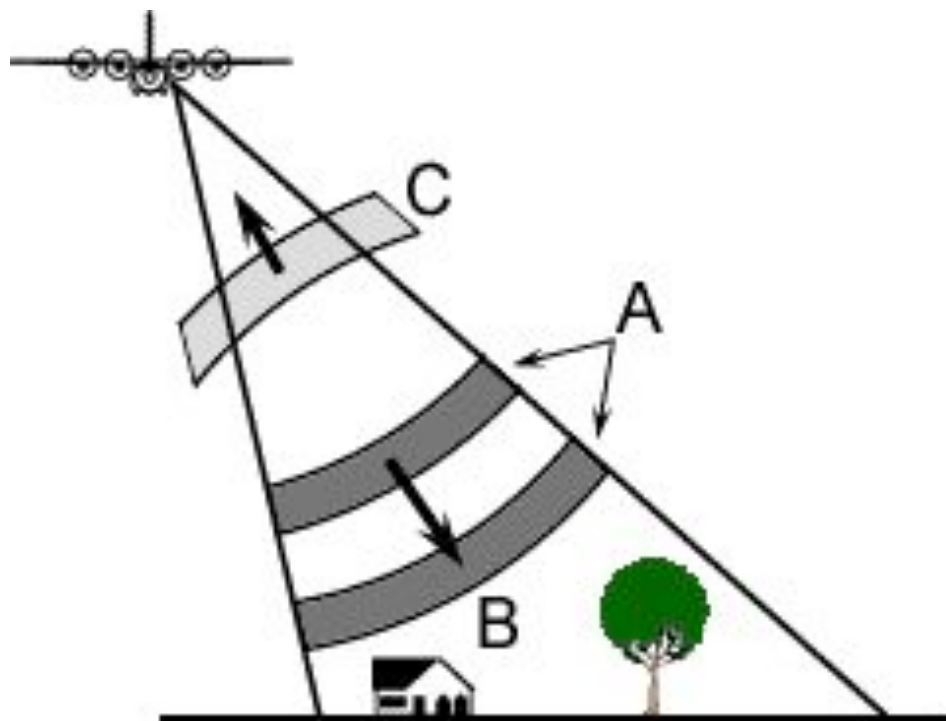
Τα οποία ανταποκρίνονται σε συχνότητες :

$$f = c/\lambda = f = 1/T = 1 - 15 \text{ GHz}$$

H/M φάσμα	Αισθητήρας	Συχνότητα	Μήκος Κύματος
L	ALOS	1 - 2 GHz	15-30cm
S		2 - 4 GHz	75-150mm
C	ASAR, RADARSAT	4 -8 GHz	37,5 -75mm
X	TERRA SAT	8 – 12,5 GHz	24-37,5mm

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

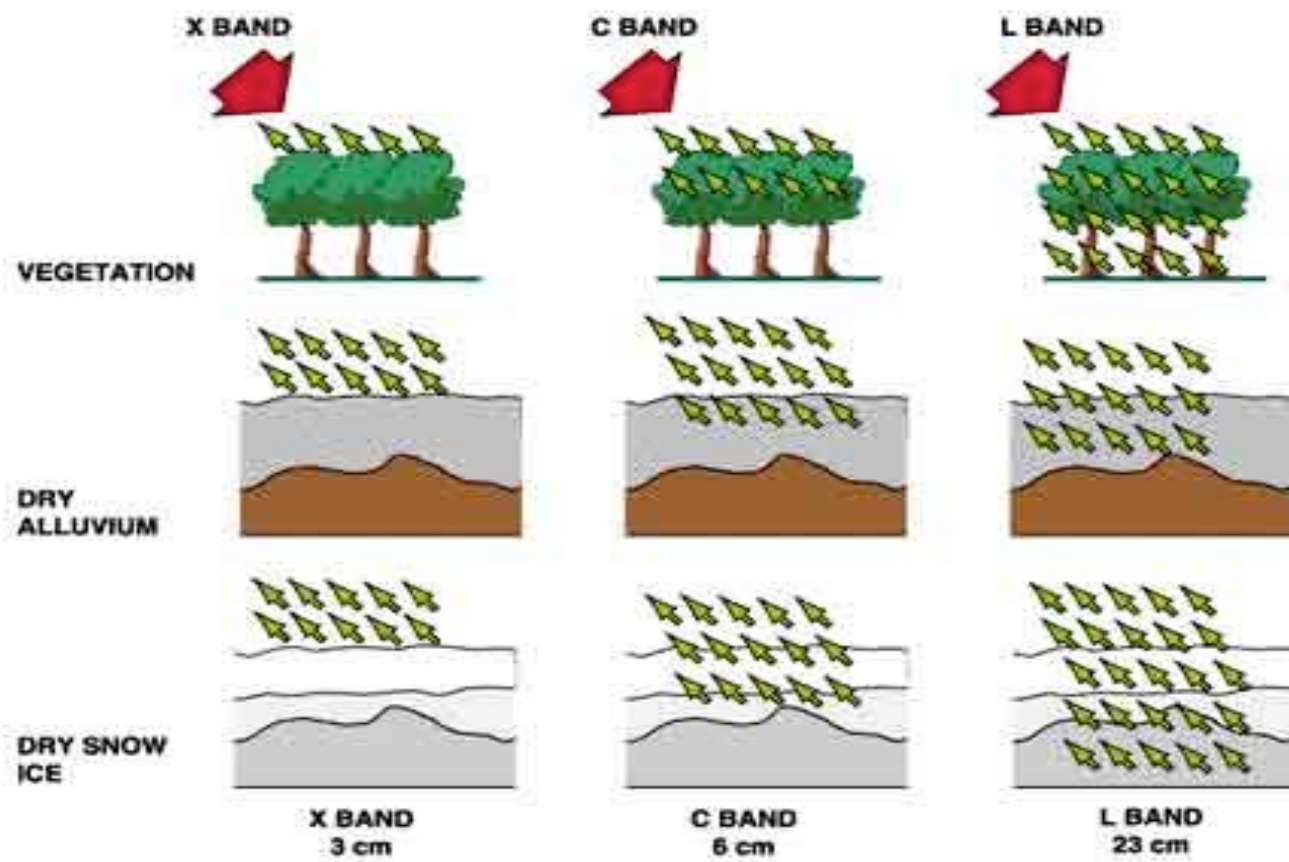
Ιδιότητες της μικροκυματικής ακτινοβολίας



© CCRS / CCT

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

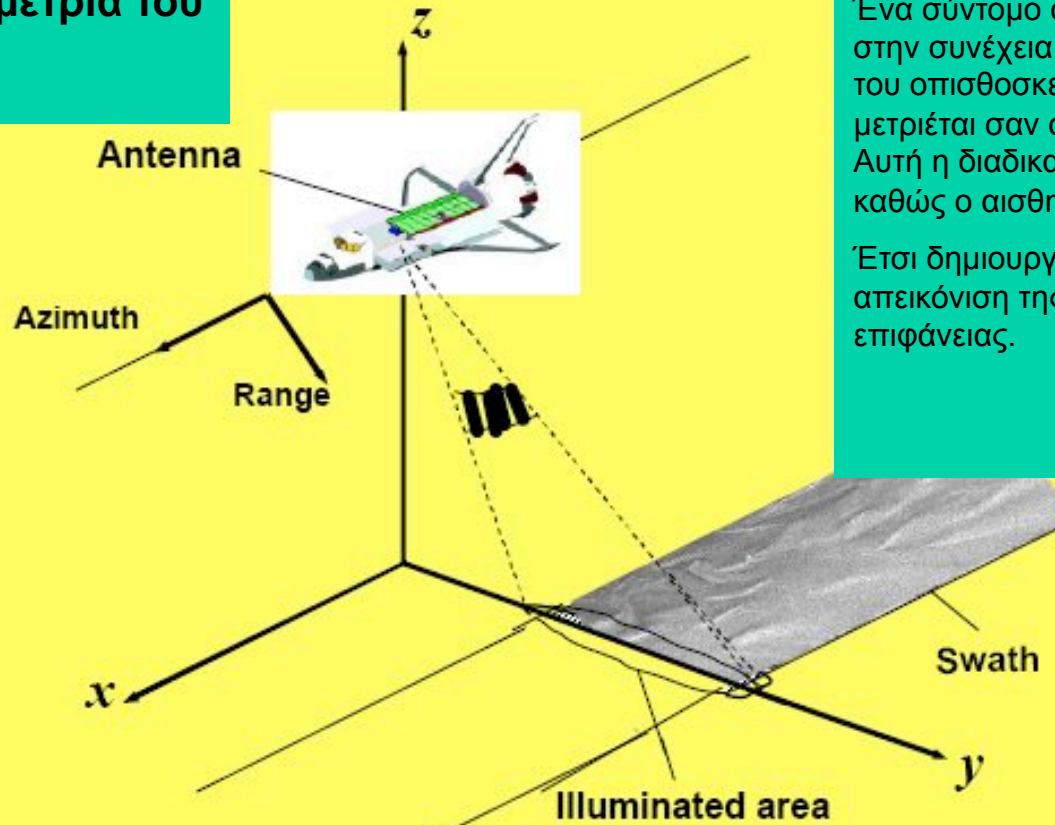
Ιδιότητες της μικροκυματικής ακτινοβολίας



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Γεωμετρία λήψης SAR

Η γεωμετρία του
SAR

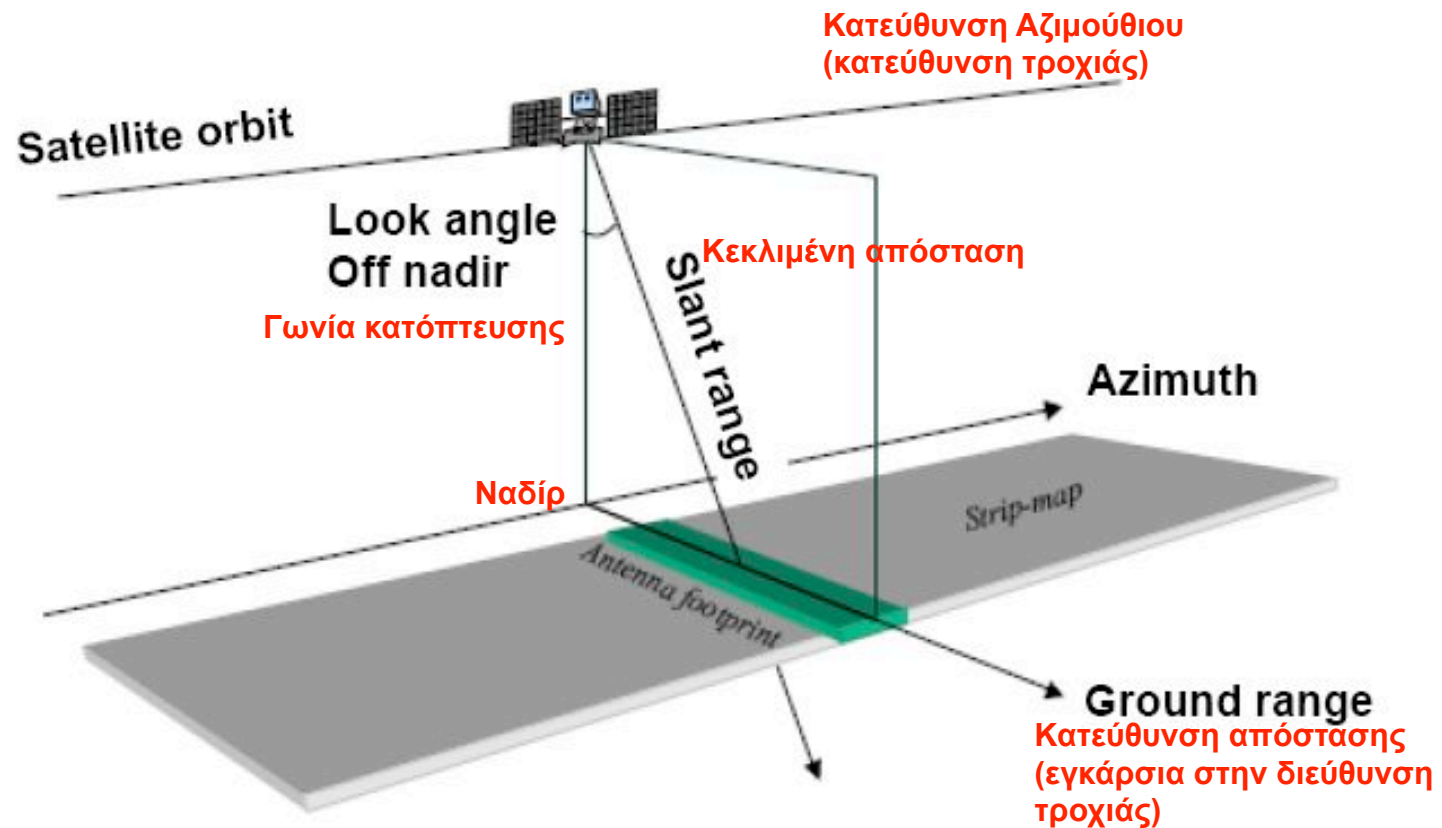


Ένα σύντομο σήμα εκπέμπεται και στην συνέχεια το πλάτος και η φάση του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος μετρείται σαν συνάρτηση του χρόνου. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται καθώς ο αισθητήρας μετακινείται.

Έτσι δημιουργείται μια δισδιάστατη απεικόνιση της υπό εξέταση επιφάνειας.

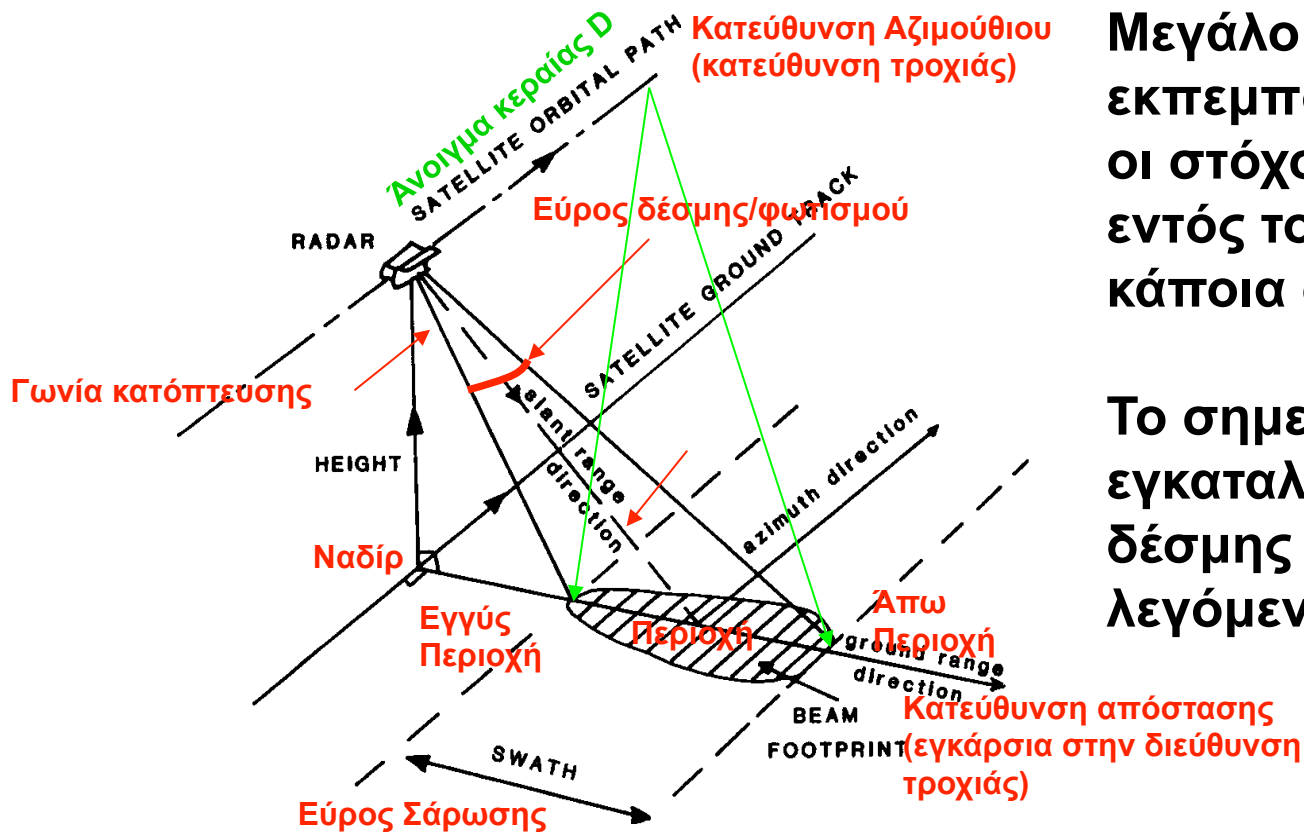
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

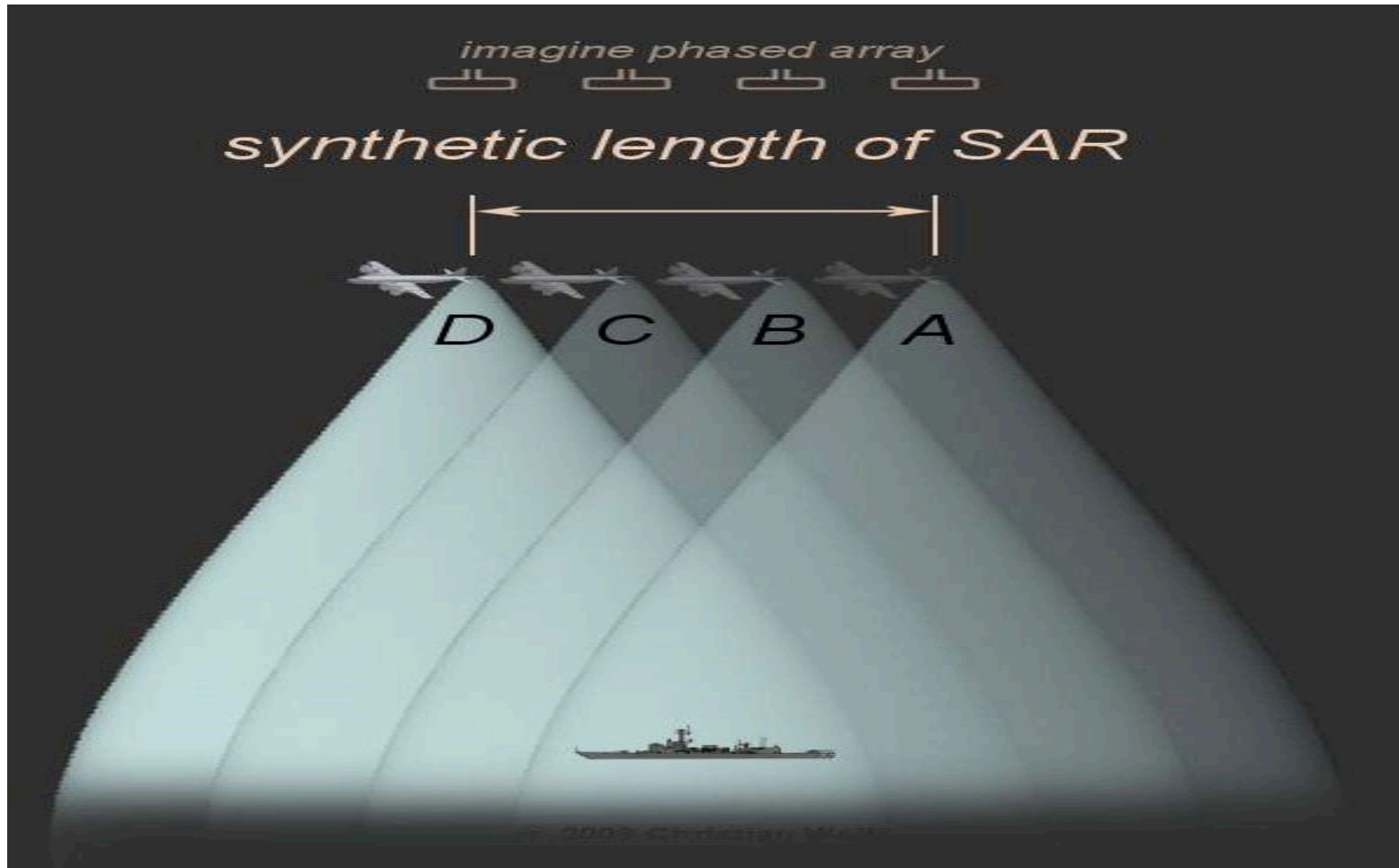


Μεγάλο γωνιακό εύρος της εκπεμπόμενης δέσμης ακτινοβολίας → οι στόχοι στο έδαφος μετακινούνται εντός του πεδίου φωτισμού → κάποια στιγμή εξέρχονται από αυτό.

Το σημείο που ένας στόχος εγκαταλείπει το εύρος φωτισμού της δέσμης καθορίζει το μήκος της λεγόμενης σύνθετης κεραίας.

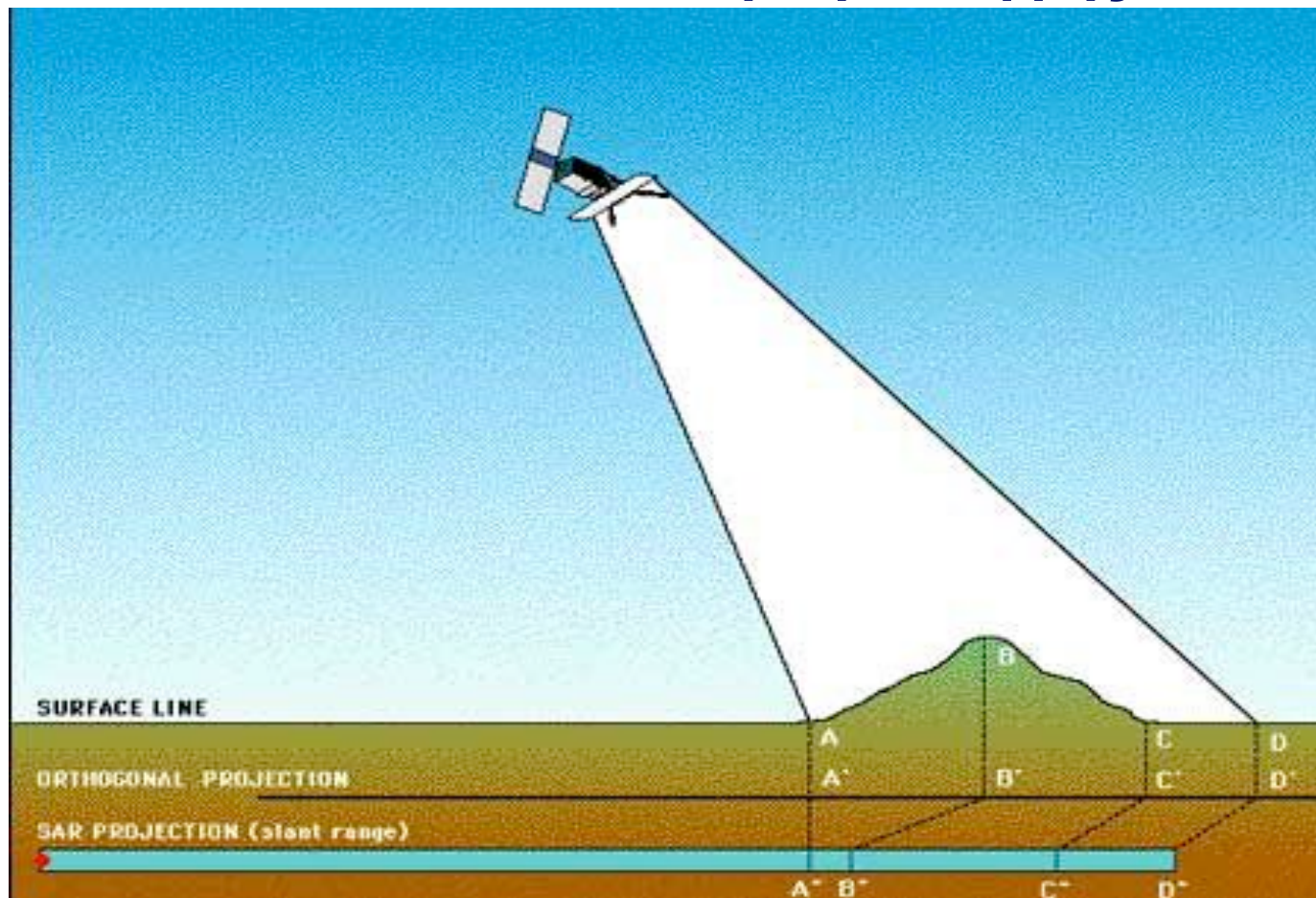
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Γεωμετρία λήψης SAR



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Γεωμετρία λήψης SAR



$A'B' = B'C' = C'D'$
(ορθή προβολή)
αλλά
 $A''B'' < B''C''$

Η κορυφή του βουνού
είναι πλησιέστερα στο
ραντάρ.

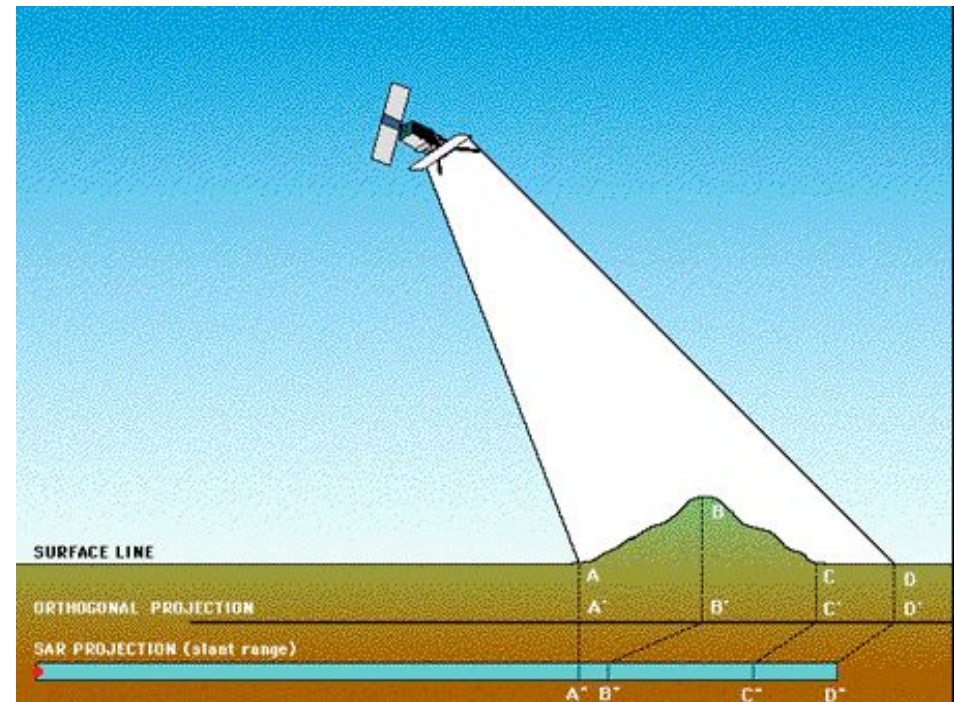
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR

Σχήμα και μέγεθος

- Παραμόρφωση κεκλιμένης απόστασης
Το ραντάρ μετράει την απόσταση δύο σημείων κατά την διεύθυνση της κεκλιμένης απόστασης και όχι κατά την οριζόντια διεύθυνση πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η εικόνα διορθώνεται εύκολα με τριγωνομετρία.

- Σμίκρυνση (foreshortening)
Εμφανίζεται σε πλαγιές ή θαλάσσια κύματα με προσανατολισμό προς το ραντάρ όταν το σήμα φτάνει πρώτα στην βάση το θαλάσσιου κύματος πριν φτάσει στην κορυφή του.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR

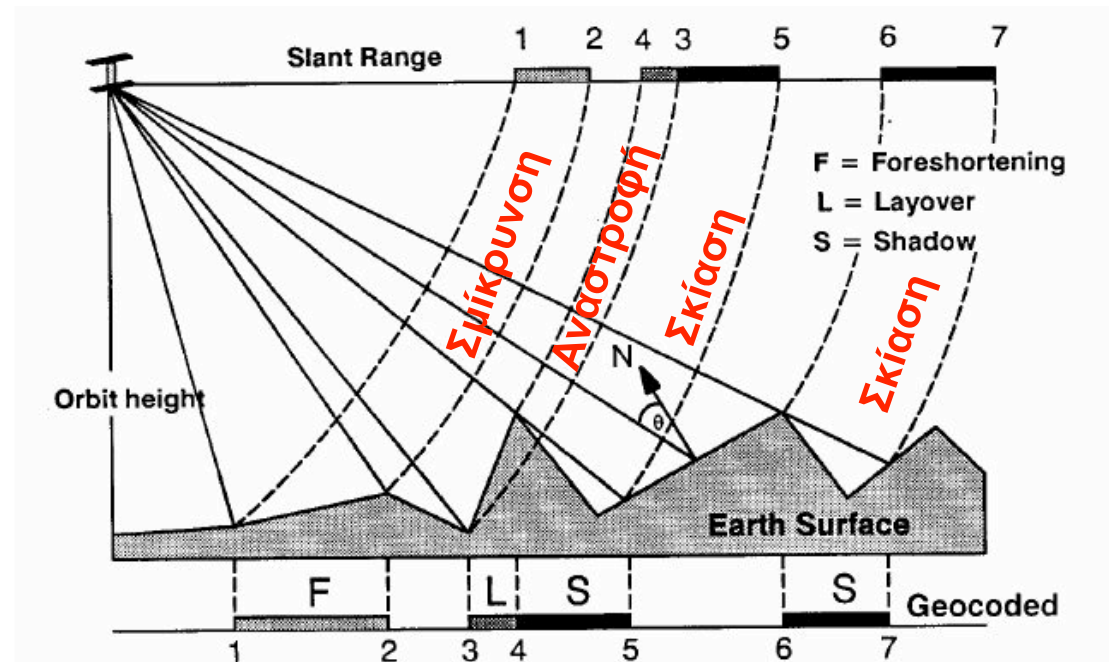
Σχήμα και μέγεθος

- Αναστροφή (layover)

Εμφανίζεται σε πλαγιές ή θαλάσσια κύματα με προσανατολισμό προς το ραντάρ όταν το σήμα φτάνει πρώτα στην βάση του θαλάσσιου κύματος πριν φτάσει στην κορυφή του.

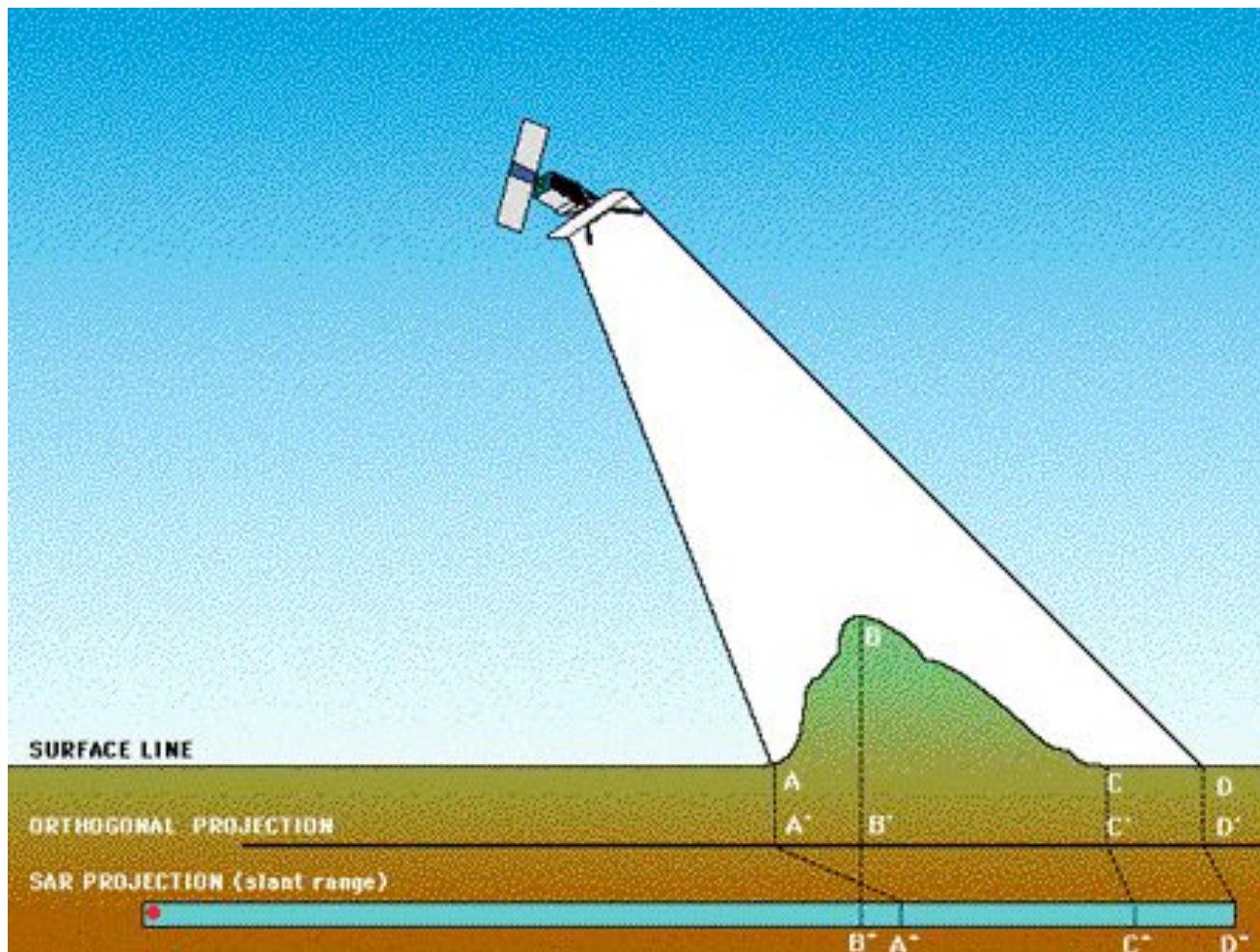
- Σκίαση (shadows)

Εμφανίζεται σε πλαγιές με μεγάλες κλίσεις οι οποίες δεν είναι ορατές από τον αισθητήρα και έχουν προσανατολισμό αντίθετο από το ραντάρ.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Γεωμετρία λήψης SAR



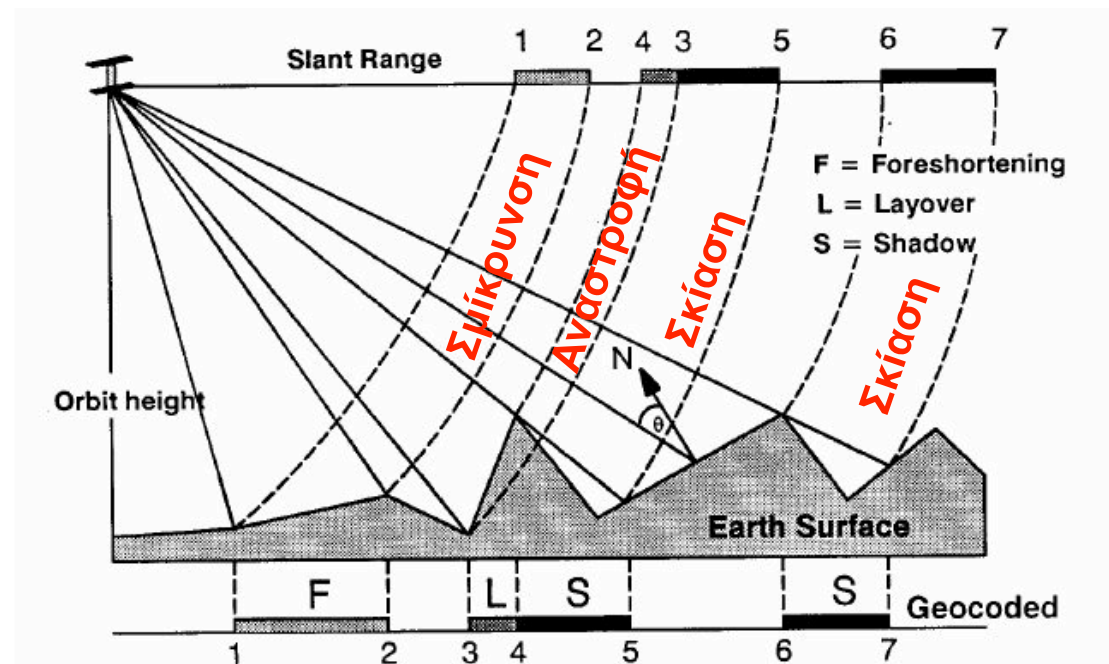
Αναστροφή
Layover

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR

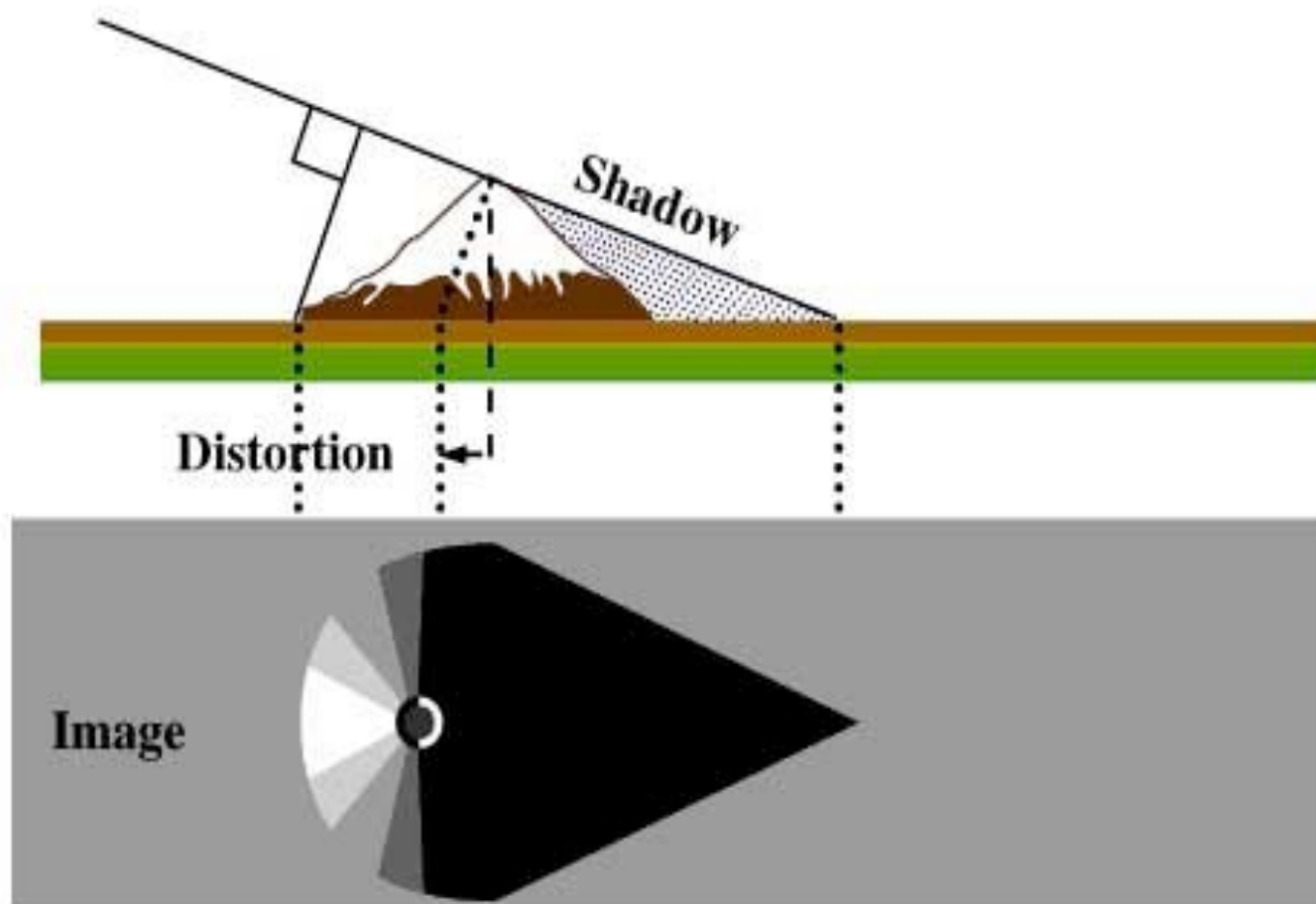
Σχήμα και μέγεθος

Οι παραμορφώσεις του ανάγλυφου όπως η σμίκρυνση είναι δυνατόν να διορθωθούν σε μεγάλο βαθμό με χρήση ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων εδάφους. Αντίθετα, η σκίαση είναι δύσκολο να αποκατασταθεί.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Γεωμετρία λήψης SAR



Σκιά
Shadow

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Προ-επεξεργασία απεικονίσεων SAR



Κηλίδωση
(speckle)

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Δέκτες - εφαρμογές

Παθητικοί	Μήκος κύματος	Πληροφορία
Ραδιόμετρα στο ορατό Visible wavelength radiometers	400 nm - 1 μm	Παράκτιες εφαρμογές
Υπέρυθρα ραδιόμετρα Infrared (IR) radiometers	10 μm	Θερμοκρασία
Ραδιόμετρα Μικροκυμάτων Microwave radiometers	1.5 - 300 mm	Αλατότητα, πάγοι
Ενεργοί	Μήκος κύματος	Πληροφορία
Αλτίμετρα (Altimeters)	3 - 30 GHz	Τοπογραφία / Ύψος κύματος
Scatterometers	3 - 30 GHz	Θαλάσσιοι Άνεμοι
SAR (Synthetic aperture radar)	3 - 30 GHz	Κύματα - Κηλίδες πετρελαίου

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

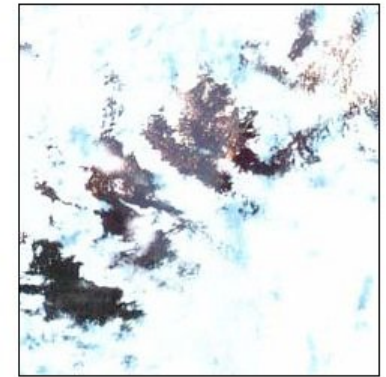
Συστήματα μικροκυμάτων / ραντάρ SAR και σκεδασιόμετρα

Πλεονεκτήματα

- Ανεξάρτητα καιρικών συνθηκών (μικρή ευαισθησία σε βροχή),
- Λειτουργία ημέρα και νύχτα,
- Πολυχρονική ανάλυση,
- Ευαισθησία στο περιεχόμενο νερού, βιομάζα κλπ.,
- Ευαισθησία στην επιφανειακή τραχύτητα,
- Ακριβείς μετρήσεις αποστάσεων,
- Ευαισθησία σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον,
- Ευαισθησία στην δομή του στόχου που κατοπτεύουν.



ERS-1 SAR, 11.25 a.m.



LANDSAT TM, 9.45 a.m.

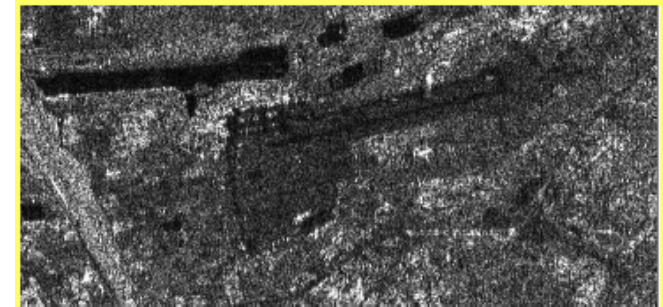
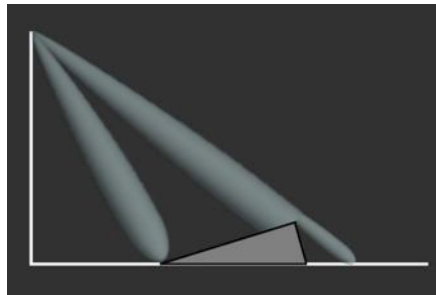
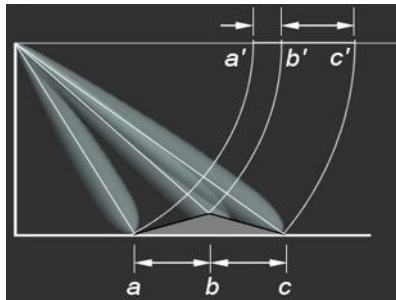
Ireland, 09/08/1991

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Συστήματα μικροκυμάτων / ραντάρ SAR και σκεδασιόμετρα

Μειονεκτήματα

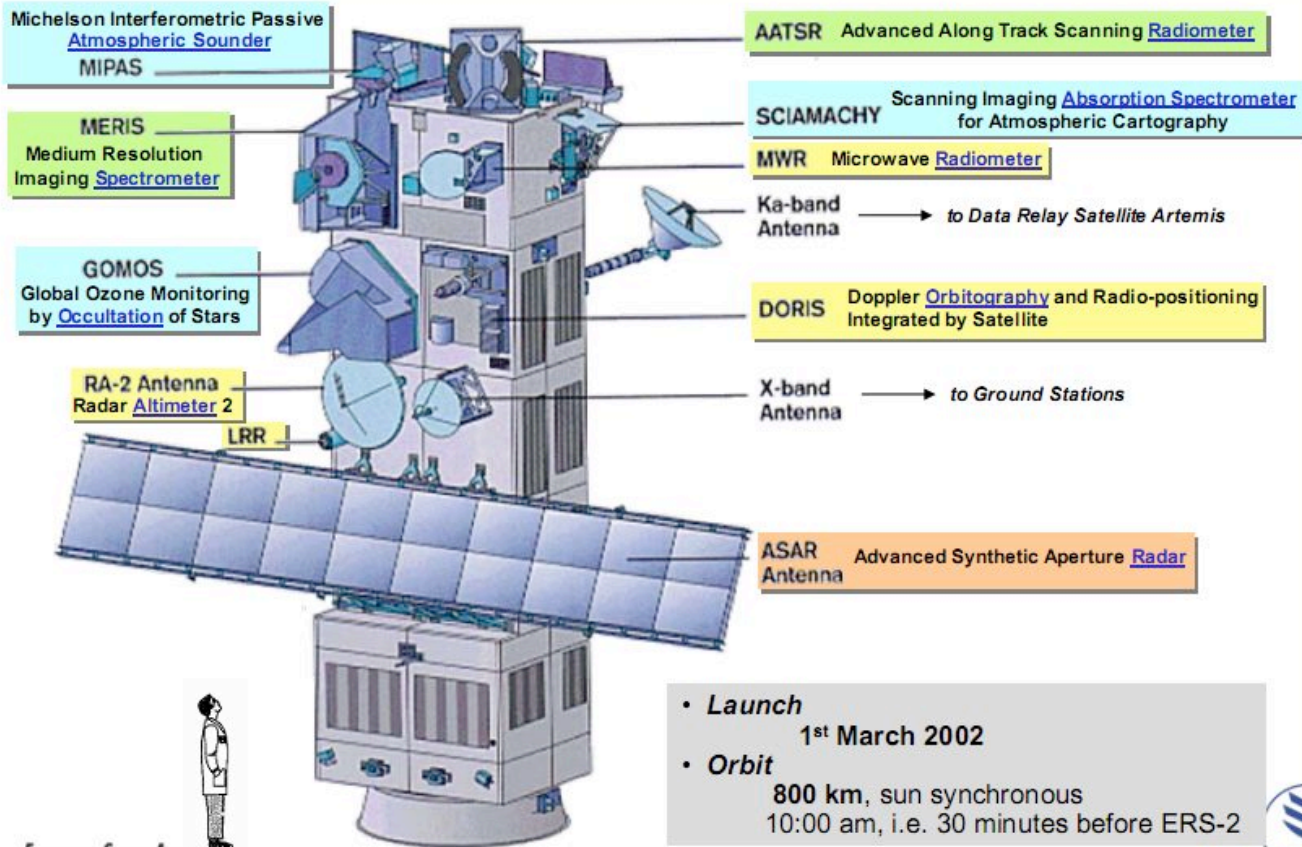
- Πολύπλοκες αλληλοεπιδράσεις δύσκολες να ερμηνευθούν και επεξεργασθούν,
- Πρόβλημα στιγμάτων,
- Επίδραση της τοπογραφίας,
- Επίδραση της επιφανειακής τραχύτητας.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση



ENVISAT: 10 ways to monitor the Earth



- **Launch**
1st March 2002
- **Orbit**
800 km, sun synchronous
10:00 am, i.e. 30 minutes before ERS-2

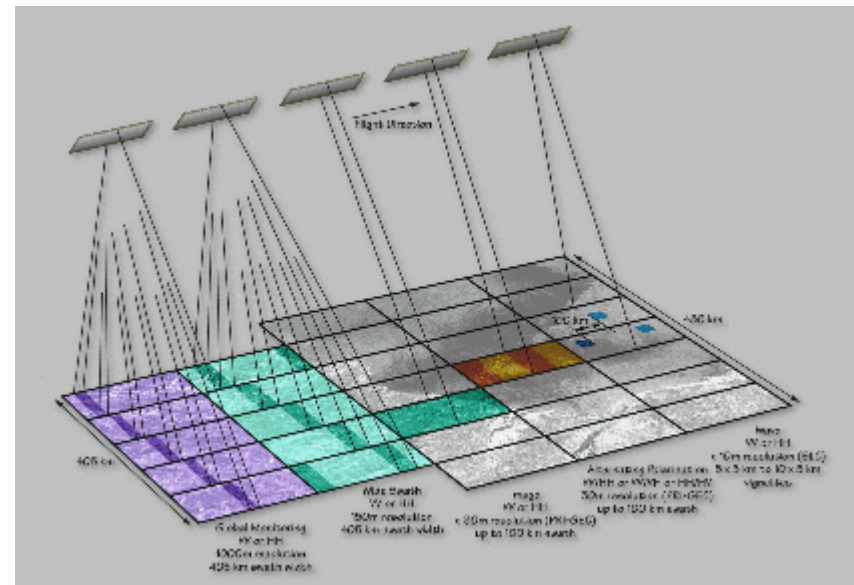
European Space Agency,
Agence spatiale européenne



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Το μεγάλο πλεονέκτημα του ASAR ENVISAT είναι ότι λειτουργεί σε πολλαπλές ρυθμίσεις:

- Image Mode (IM)
- Alternating Polarisation Mode (AP)
- Wide Swath Mode (WS)
- Global Monitoring Mode (GM)
- Wave Mode (WV)



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR: ASAR ENVISAT

Image Mode (IM)

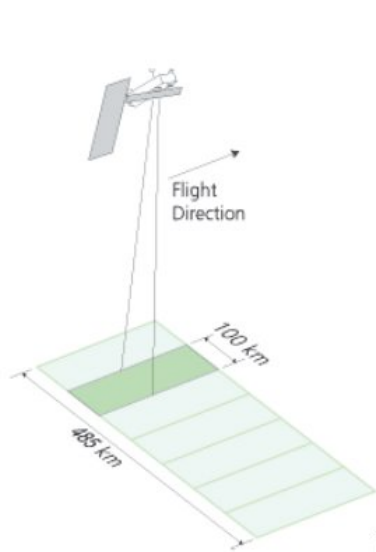
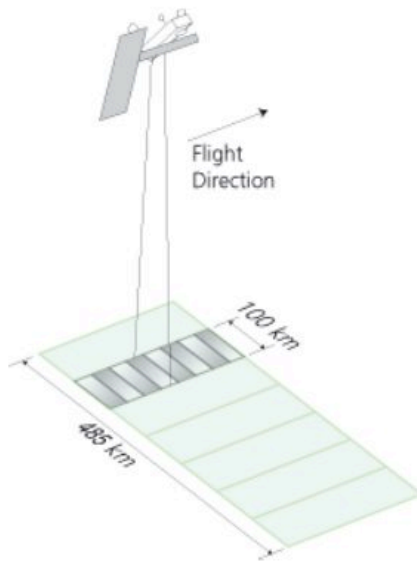


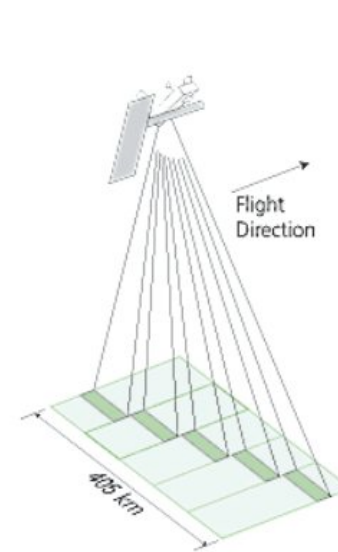
Image Mode

Alternating Polarisation Mode (AP)



Alternating Polar

Wide Swath Mode (WS)



ScanSAR Mode

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR: ASAR ENVISAT

Wide Swath Mode (WS)

Εικόνες 400 x 400 km με χωρική διακριτική ικανότητα 150 x 150 m για VV ή HH.

Global Monitoring Mode (GM)

Χωρική διακριτική ικανότητα 1 x 1 km. Κάλυψη μέχρι μία πλήρη τροχιά. HH ή VV εικόνες.

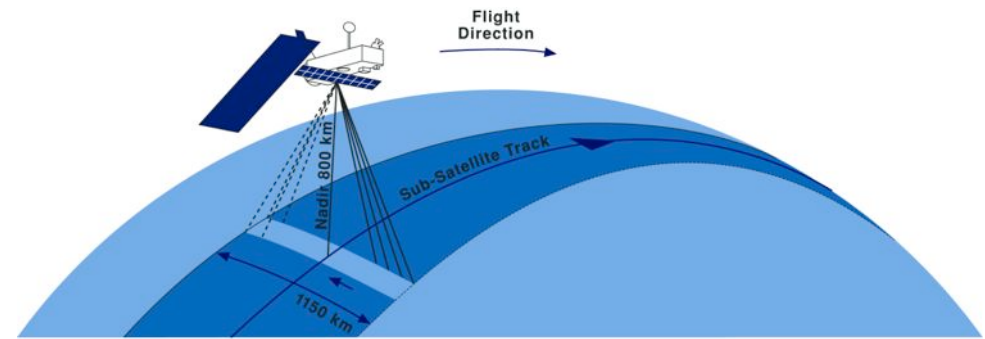
Wave Mode (WV)

Μικρές εικόνες 10 x 5 km λαμβάνεται κάθε 100 km κατά την διεύθυνση της τροχιάς. Η εικόνα μπορεί να είναι τμήμα του Image Mode swath. Χρησιμοποιούνται εικόνες HH ή VV.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR: ASAR ENVISAT

Το ASAR στον ENVISAT βασίζεται στην εμπειρία της ESA από τους δύο προηγούμενους αισθητήρες SAR που υπήρχαν στους δορυφόρους ERS-1 και ERS-2

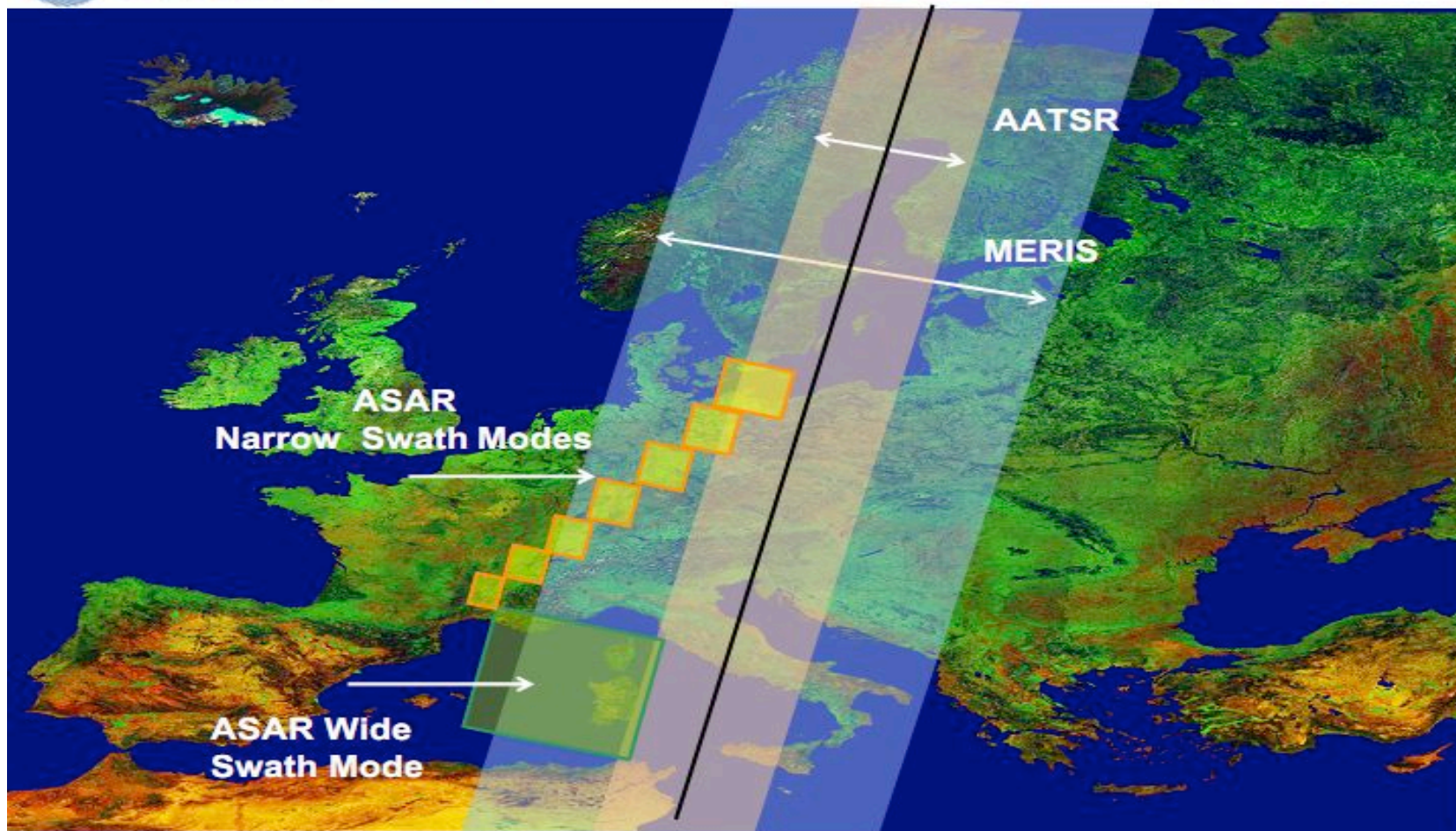


Εύρος εικόνας	Εύρος Κατόπτρευσης (km)	Θέση από το Ναδίρ (km)	Γωνία Κατόπτρευσης
IS1	105	187 - 292	15.0 - 22.9
IS2	105	242 - 347	19.2 - 26.7
IS3	82	337 - 419	26.0 - 31.4
IS4	88	412 - 500	31.0 - 36.3
IS5	64	490 - 555	35.8 - 39.4
IS6	70	550 - 620	39.1 - 42.8
IS7	56	615 - 671	42.5 - 45.2

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση



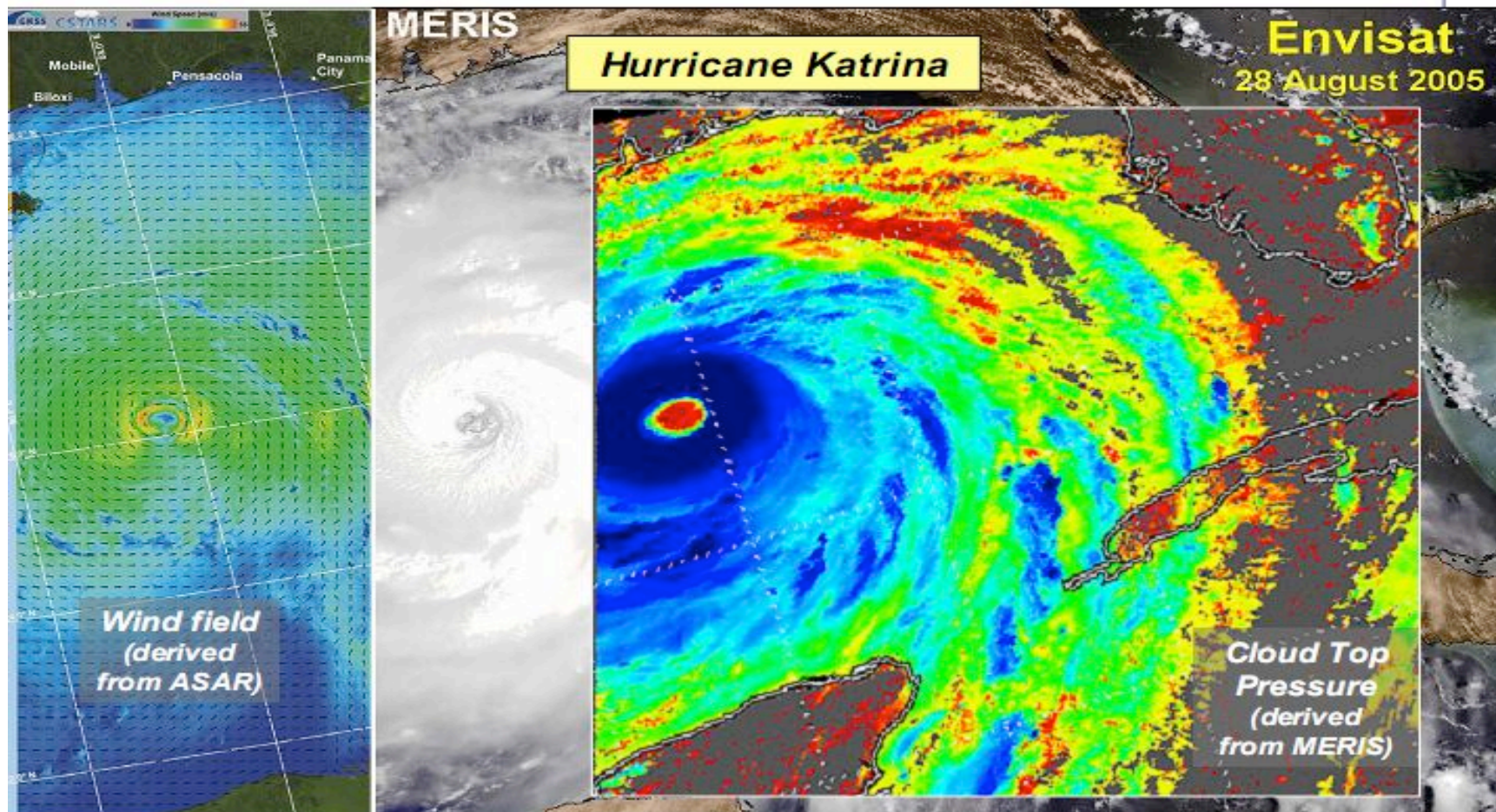
Synergy between ENVISAT imaging instruments



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

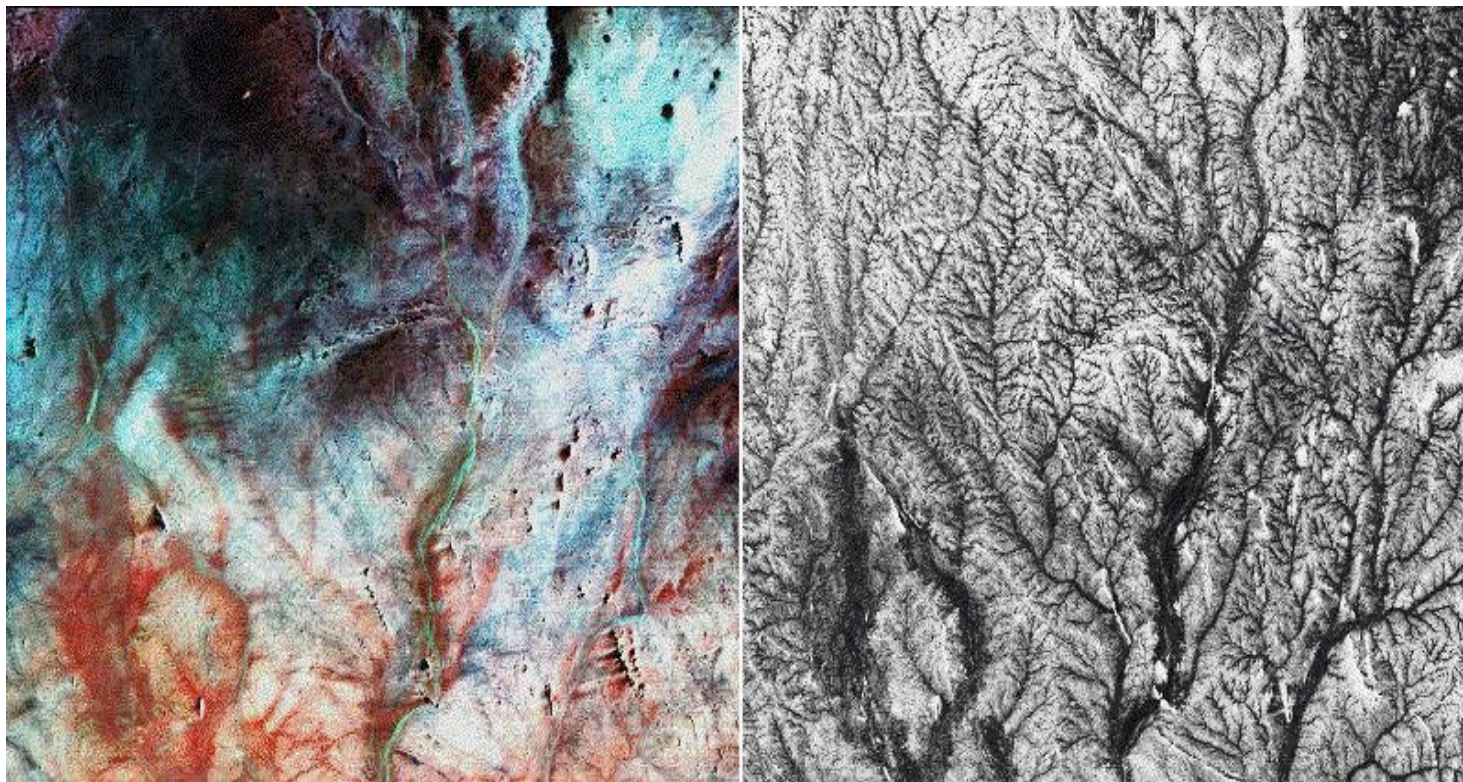


Synergy between ENVISAT imaging instruments



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



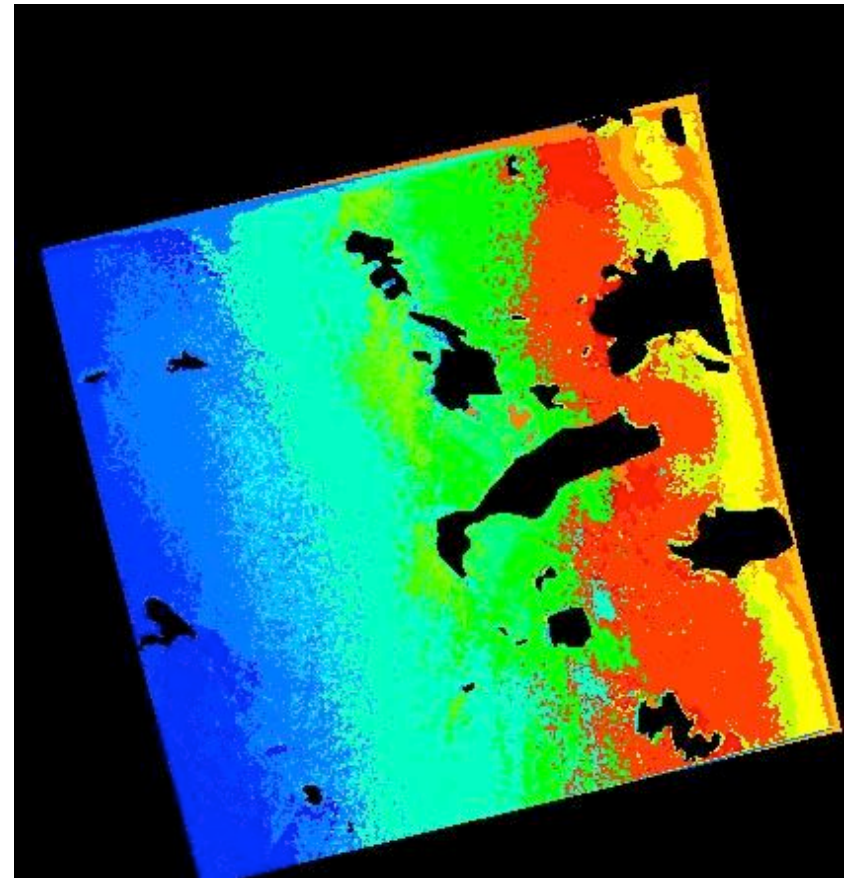
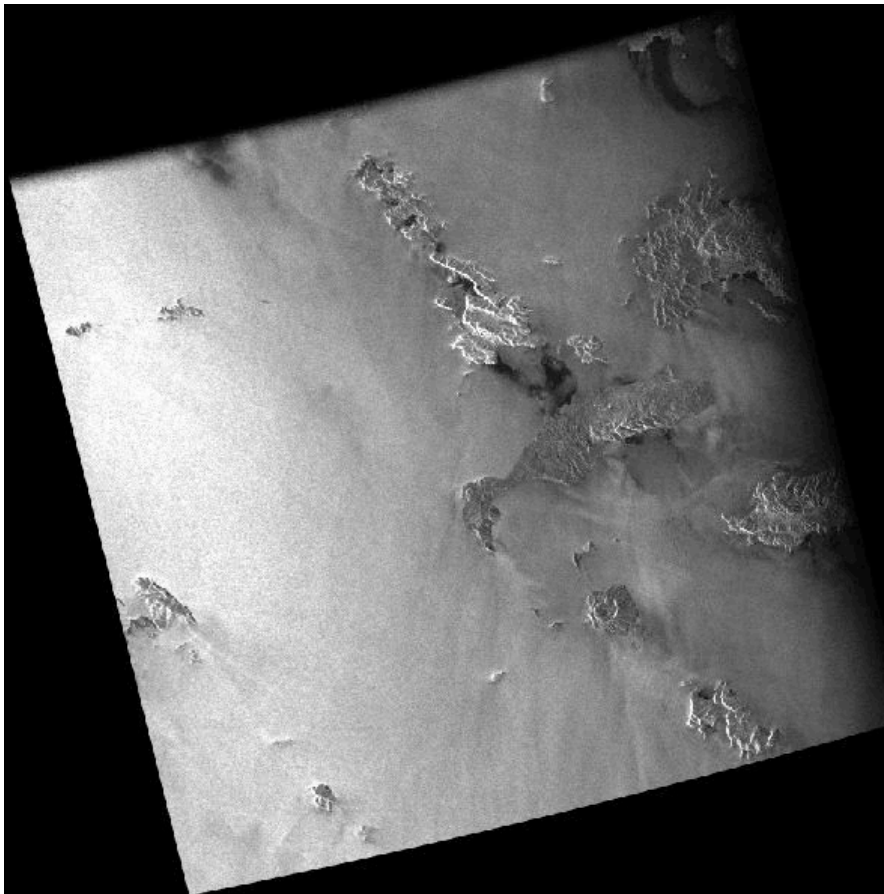
Landsat TM 754

ERS-1 SAR C-Band

Υδρογραφικό δίκτυο με κόκκινο (συνδεδεμένο με αραιή βλάστηση), ιζήματα (άμμος) με ανοικτά χρώματα, διαφορετικοί τύποι βράχων και πετρωμάτων με σκούρα χρώματα.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

Πόλωση

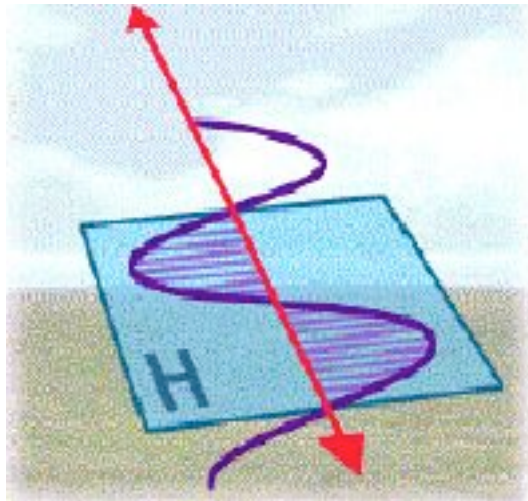
- Η πόλωση στη διεύθυνση του ηλεκτρικού διανύσματος E σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, αναφέρεται στη διεύθυνση του επιπέδου του ηλεκτρικού πεδίου E .
- Τα ραντάρ συστήματα εκπέμπουν σήματα πολωμένα κατακόρυφα ή οριζόντια. Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος βρίσκεται σε κατακόρυφο ή οριζόντιο επίπεδο.
- Ένα ραντάρ μπορεί να λάβει κατακόρυφο ή οριζόντιο πολωμένο σήμα, και μερικές φορές μπορεί να λάβει και τα δύο.
- Ένα κύμα εκπεμπόμενο ή λαμβανόμενο συμβολίζεται με το γράμμα H αν είναι οριζόντια πολωμένο, και με το γράμμα V αν είναι κατακόρυφα πολωμένο.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

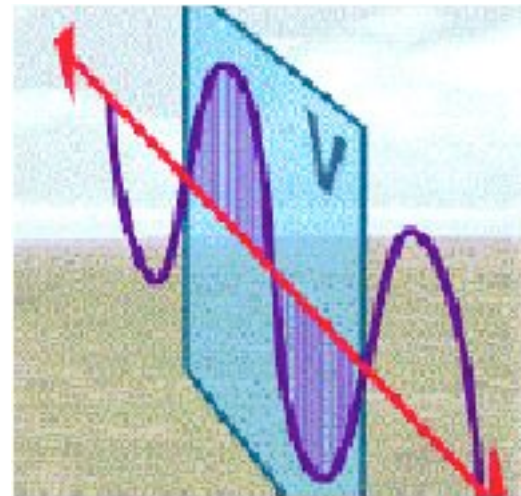
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

Πόλωση

1- HH, εάν το εκπεμπόμενο και το λαμβανόμενο σήμα είναι πολωμένο οριζόντια.



2- VV, εάν το εκπεμπόμενο και το λαμβανόμενο σήμα είναι πολωμένο κατακόρυφα.

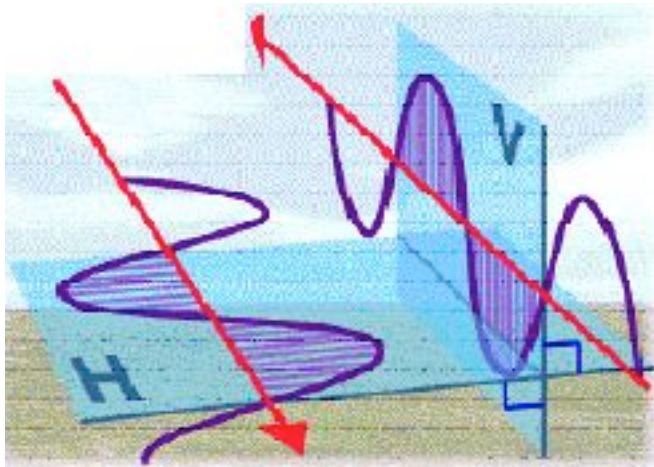


Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

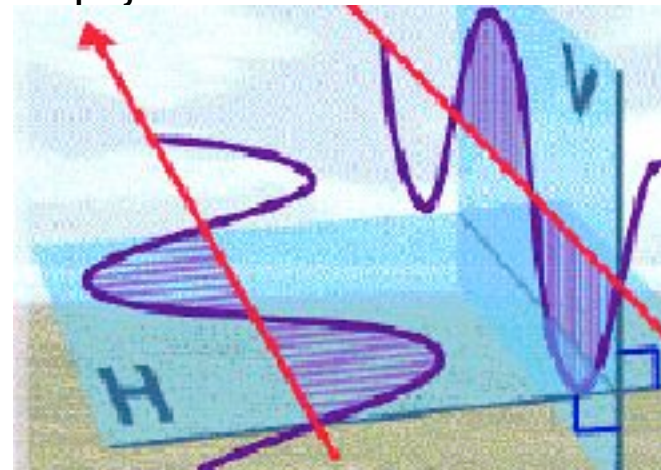
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

Πόλωση

3- HV, εάν το εκπεμπόμενο σήμα είναι πολωμένο οριζόντια και το λαμβανόμενο είναι πολωμένο κατακόρυφα.



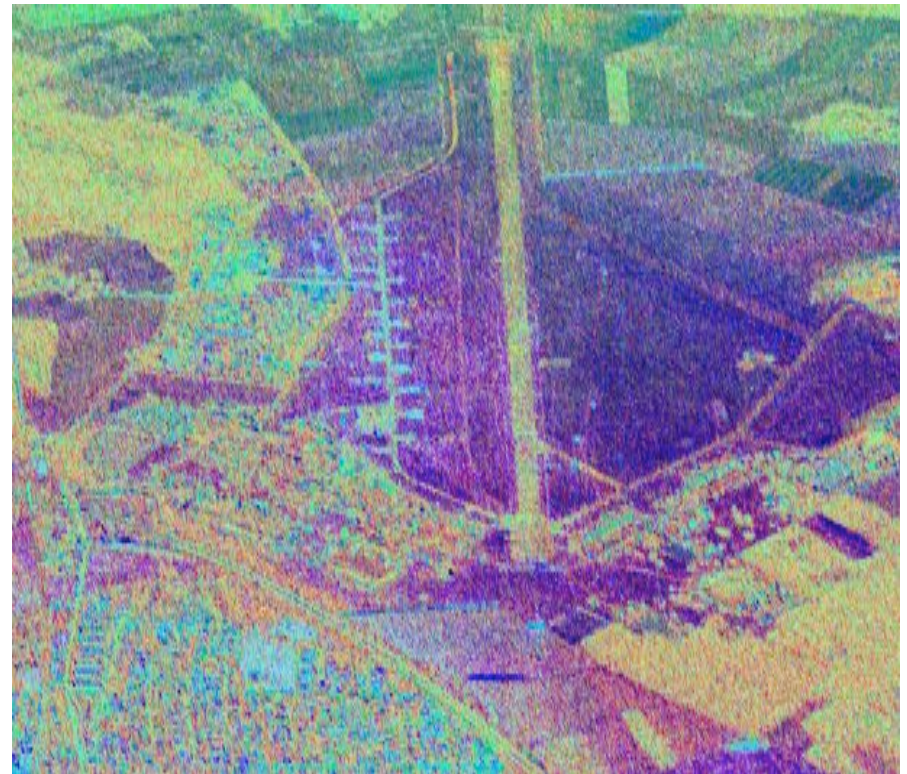
4- VH, εάν το εκπεμπόμενο σήμα είναι πολωμένο κατακόρυφα και το λαμβανόμενο είναι πολωμένο οριζόντια.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

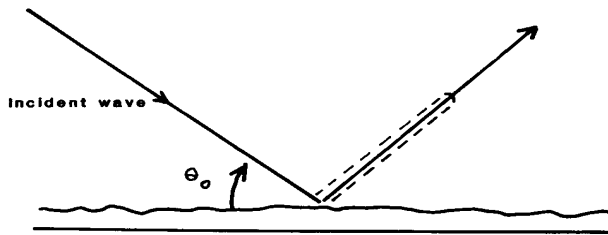
Πόλωση



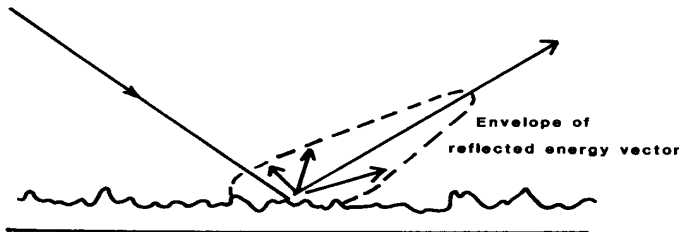
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

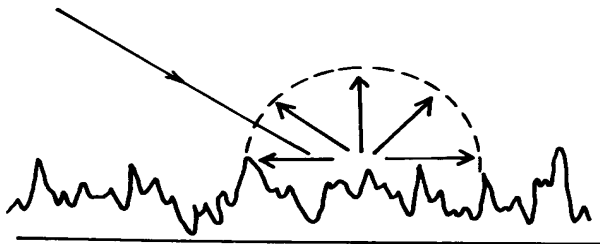
Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).



Για μία λεία επιφάνεια, η πλάγια θέαση της επιφάνειας αυτής από ενεργά ραντάρ έχει περιορισμένη οπισθοσκέδαση.



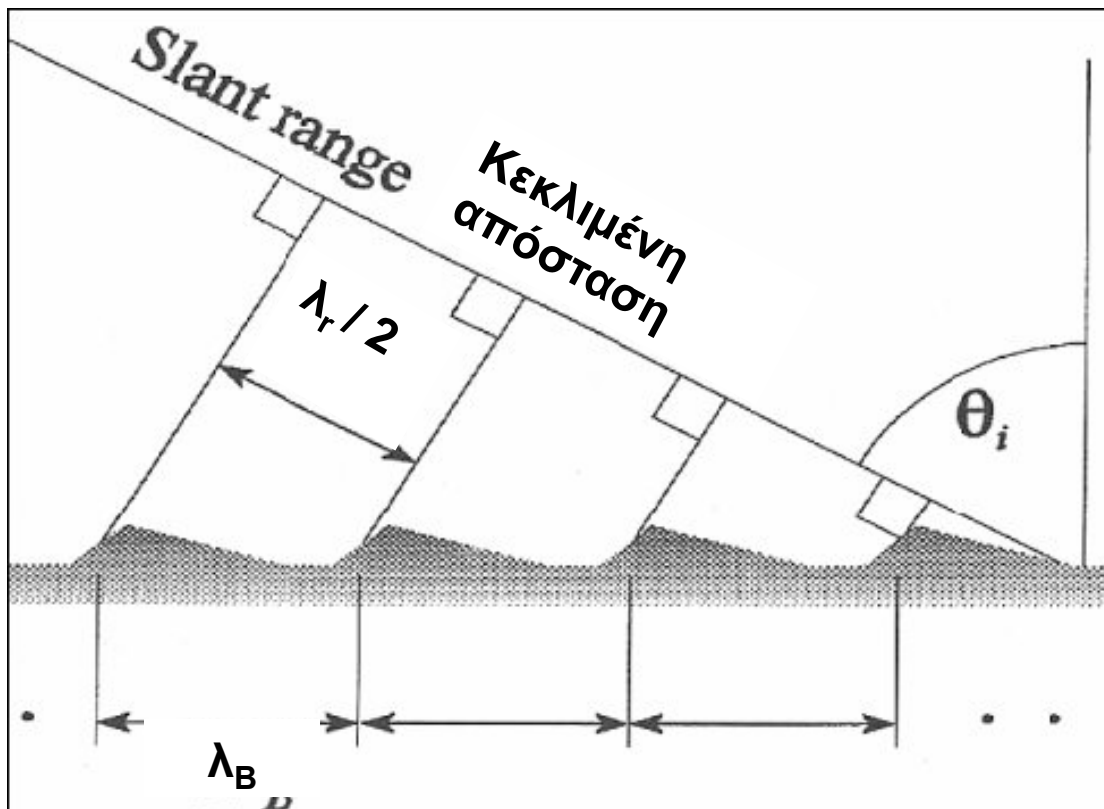
Αν όμως η επιφάνεια είναι τραχιά, όπως συνήθως είναι η θαλάσσια επιφάνεια, τότε έχουμε σημαντική οπισθοσκέδαση.



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).



$$\lambda_r = 2 \lambda_B \sin \theta$$

λ_B = μήκος κύματος Bragg

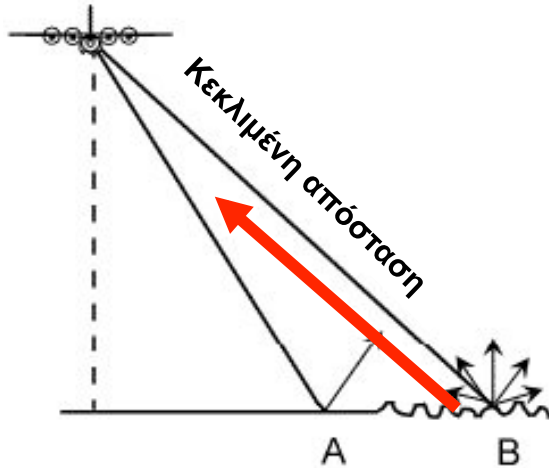
λ_r = μήκος κύματος
ραντάρ

θ = γωνία κατόπτρευσης

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).



Το SAR μετράει την ένταση του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος από τα διάφορα αντικείμενα της γήινης επιφάνειας.

Η ένταση αυτή καλείται συντελεστής οπισθοσκέδασης (backscattering coefficient) σ^0 και μετριέται σε decibel (dB) με τιμές που κυμαίνονται από +5dB για πολύ φωτεινές επιφάνειες έως -40dB για πολύ σκοτεινές επιφάνειες.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).

Το Ντεσιμπέλ (decibel, συντομογραφία dB) είναι μονάδα, η οποία ακολουθεί λογαριθμική κλίμακα και στην οποία εκφράζεται η διαφορά στάθμης μίας φυσικής ποσότητας. Συνήθως χρησιμοποιείται για να εκφράσει λόγο ισχύων ή εντάσεων.

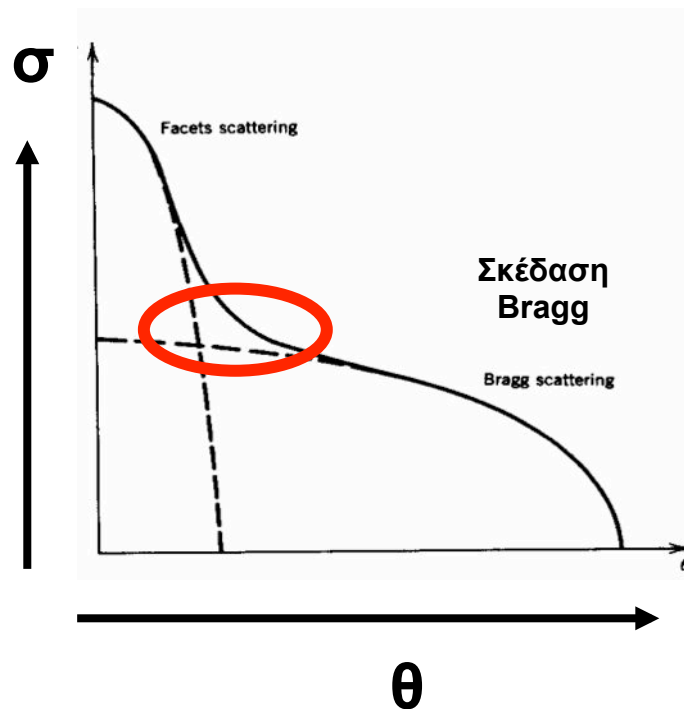
Γενικά η στάθμη της ισχύος ή της έντασης σε ντεσιμπέλ, ισούται με το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογάριθμου του λόγου ισχύος ή του λόγου των εντάσεων. Δηλαδή:

$$L_{(dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right) \quad L_{(dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).



Ο συντελεστής οπισθοσκέδασης σ^0 (backscattering coefficient) μεταβάλλεται με την γωνία κατόπτρευσης θ . Πειράματα δείξαν ότι η σχέση

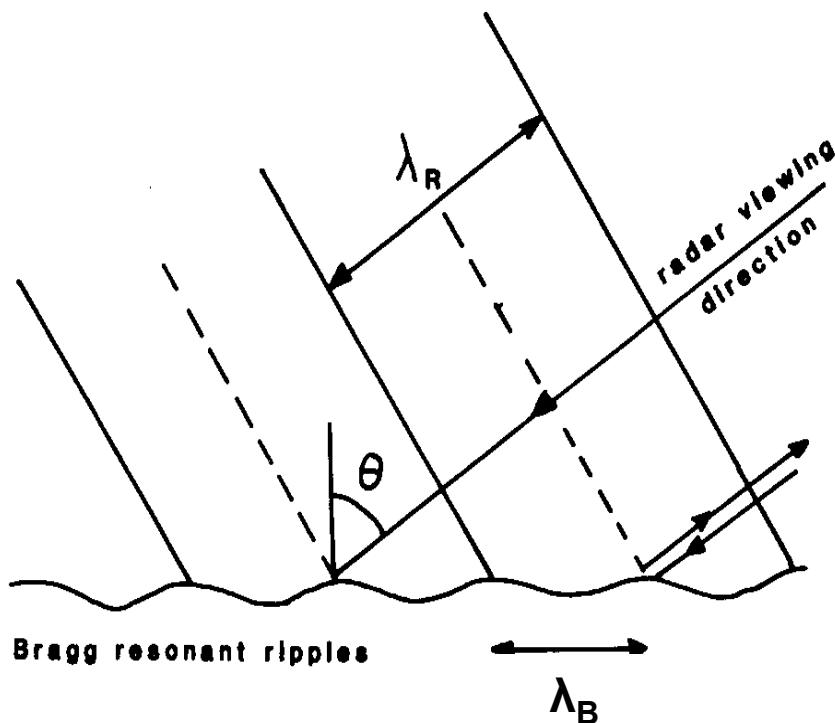
$$\lambda_r = 2 \lambda_B \sin \theta$$

ισχύει για γωνία κατόπτρευσης μεταξύ 20° και 50°

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Βασικές αρχές SAR

Το SAR και το σκεδασίμετρο μικροκυμάτων βασίζεται στην αρχή της οπισθοσκέδασης Bragg (resonant Bragg scattering).



Η παρέμβαση της σκέδασης από πολλά διαφορετικά μέρη της επιφάνειας οδηγεί:

- στην ενίσχυση της σκέδασης από περιοδικές δομές της θαλάσσιας επιφάνειας που έχουν τα κατάλληλα μήκη κύματος και
- στην αποδυνάμωση της σκέδασης όλων των άλλων αντανάκλασεων.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

Εφαρμογές οπισθοσκέδασης Bragg σε σχέση με την τραχύτητα της θαλάσσιας επιφάνειας

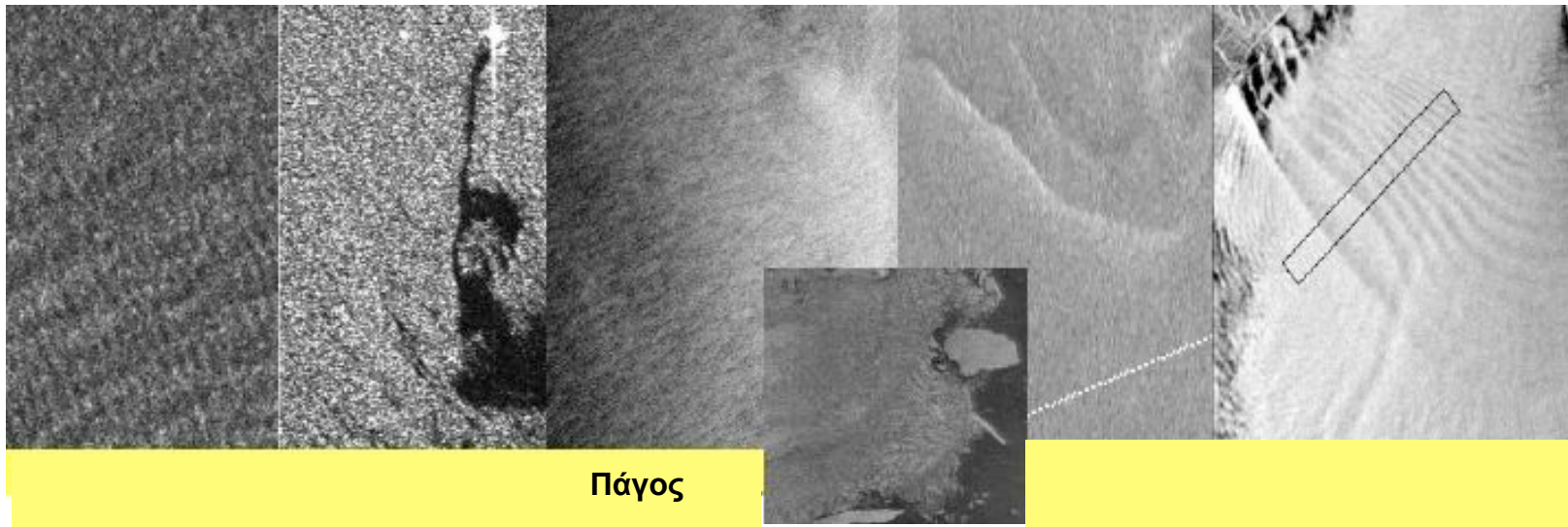
Κύματα

Πετρελαιοκηλίδες

Πεδίο ανέμου

Μέτωπα ρευμάτων

Εσωτερικοί κυματισμοί



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Αρχές επεξεργασίας δεδομένων SAR

Ο τόνος καθορίζεται από τον συντελεστή οπισθοσκέδασης.

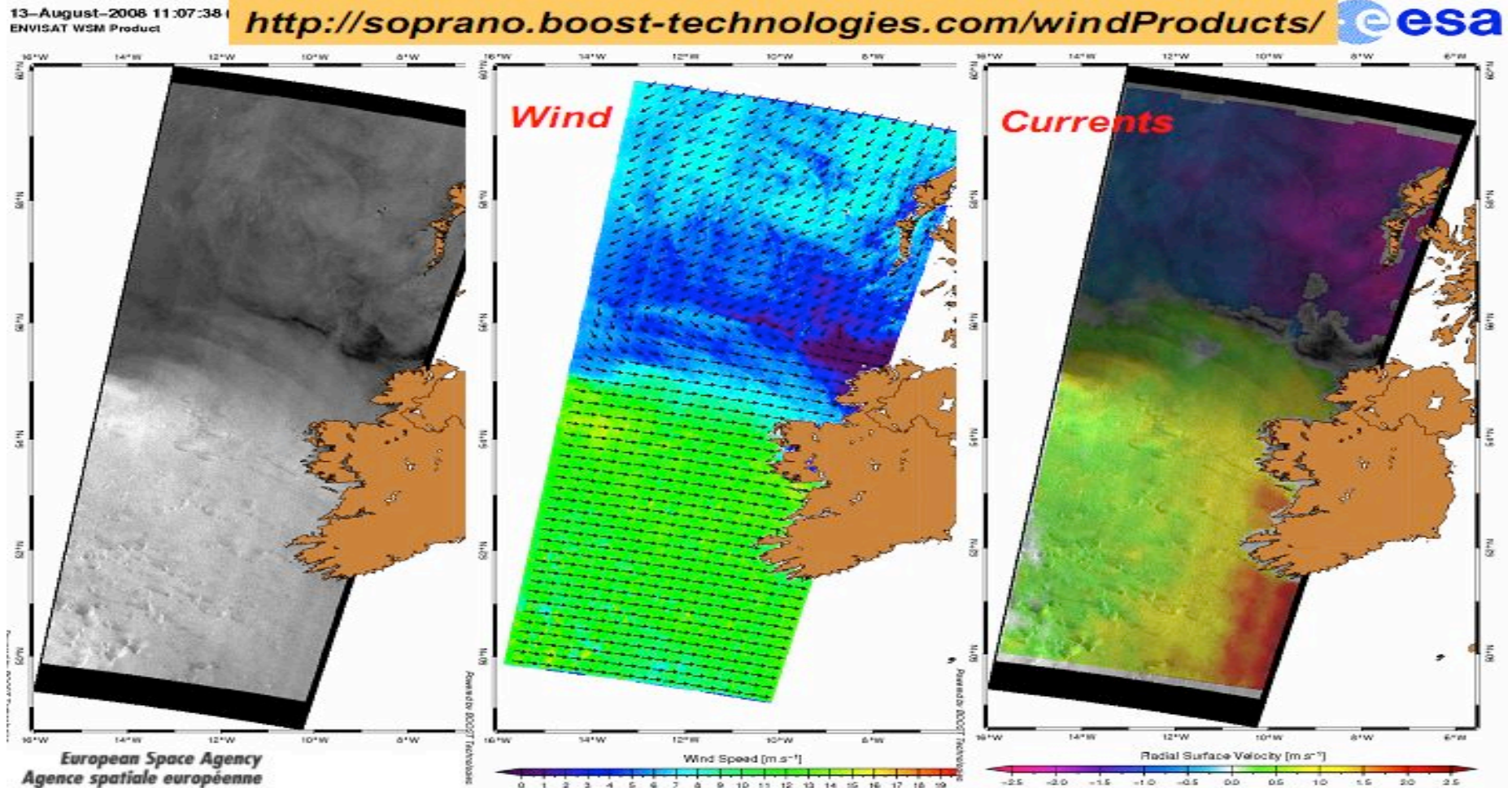
Ραδιομετρική ικανότητα των ενεργητικών συστημάτων $16 \text{ bit} = 2^{16} = 65.536$ τόνους γκρι. Πρόβλημα υπολογιστικής ισχύς και χρόνου επεξεργασίας. Υποβιβασμός σε 8 bit.

Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής οπισθοσκέδασης τόσο μεγαλύτερη η τραχύτητα της θαλάσσιας επιφάνειας. Κατά συνέπεια, ήρεμες επιφάνειες εμφανίζονται σκοτεινές. Η παραγμένη θάλασσα εμφανίζεται με ανοικτούς τόνους γκρι, ιδιαίτερα όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρή.

Πολύ φωτεινοί στόχοι παρουσιάζονται τα πλοία και τα ψηλά κτήρια. Φωτεινοί στόχοι παρουσιάζονται οι αστικοποιημένες περιοχές και οποιαδήποτε ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

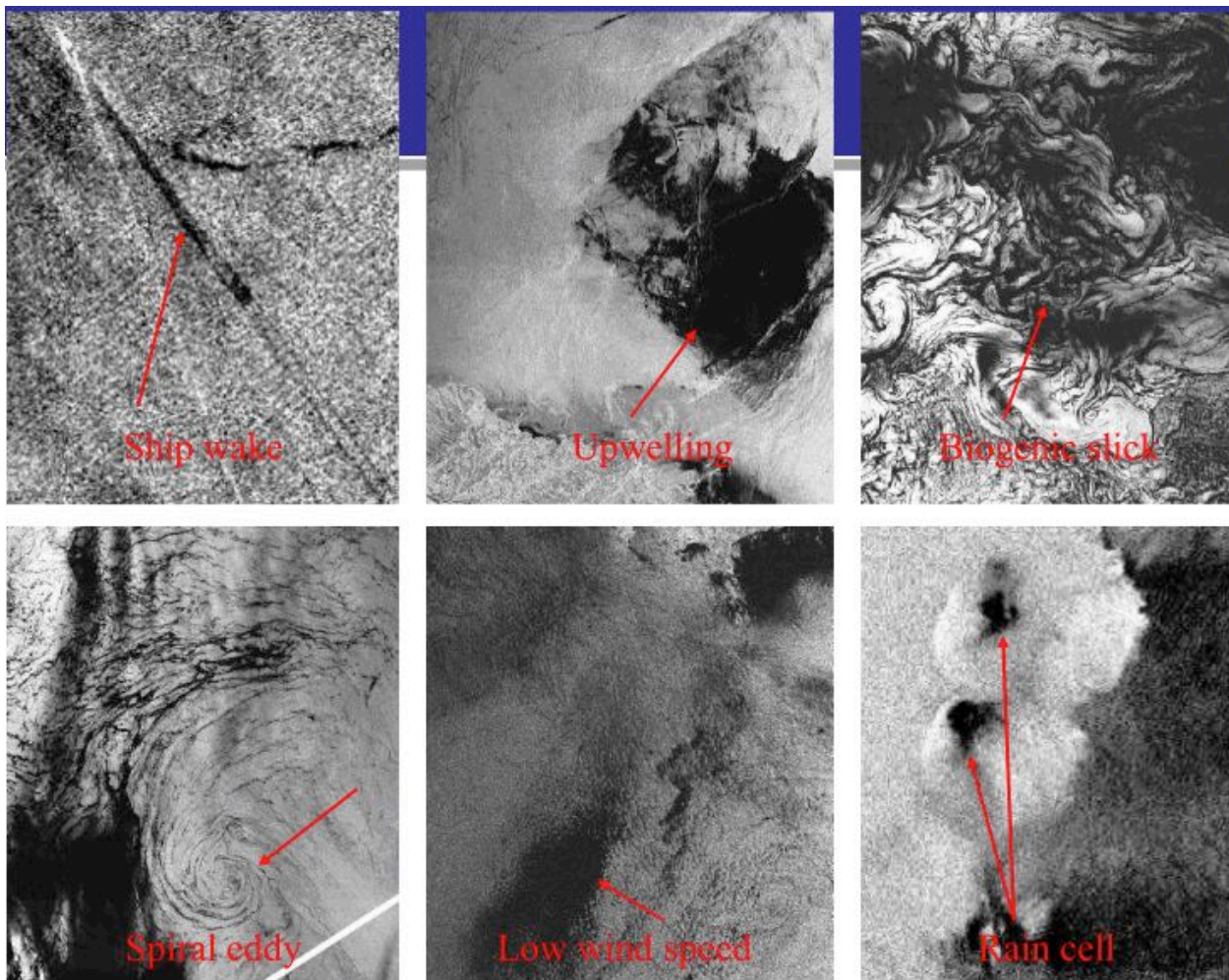
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



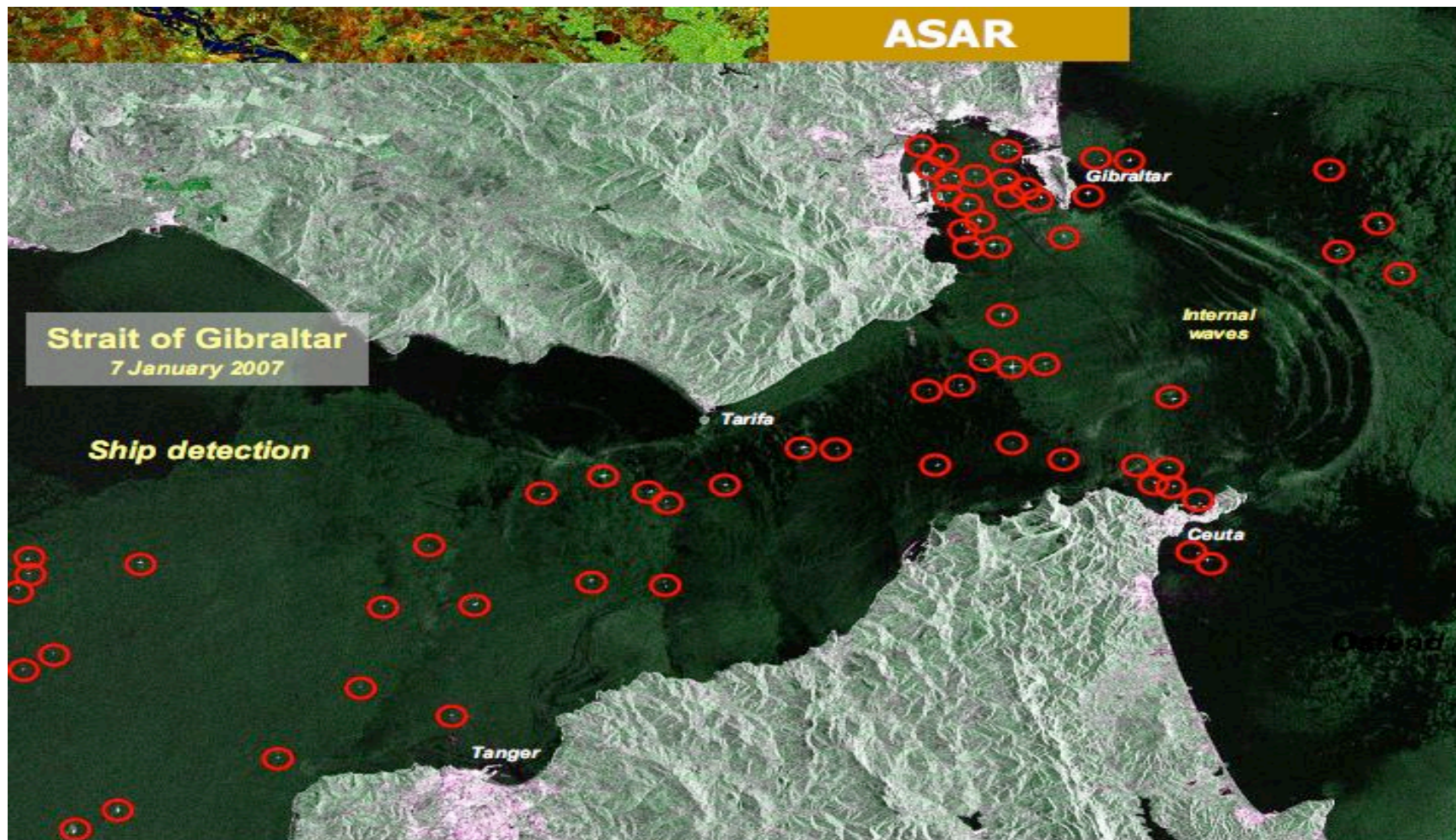
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



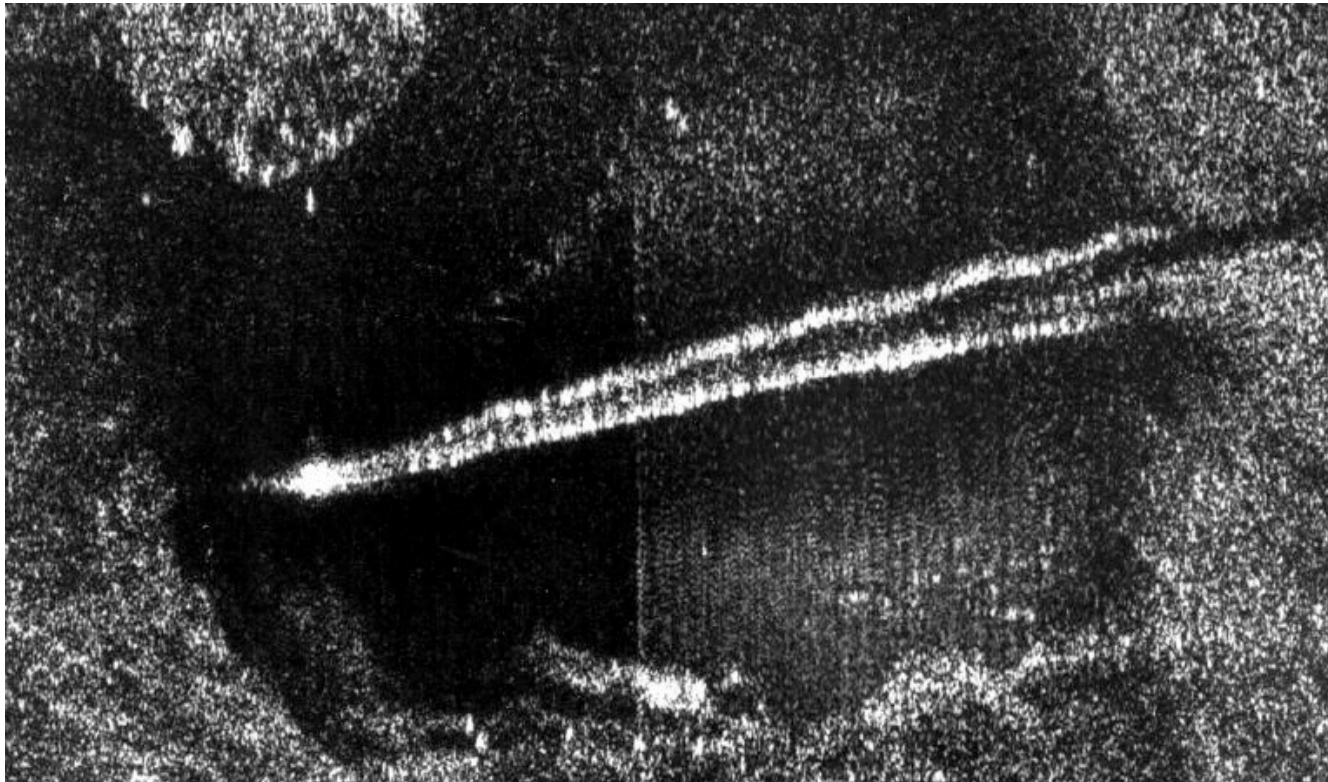
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

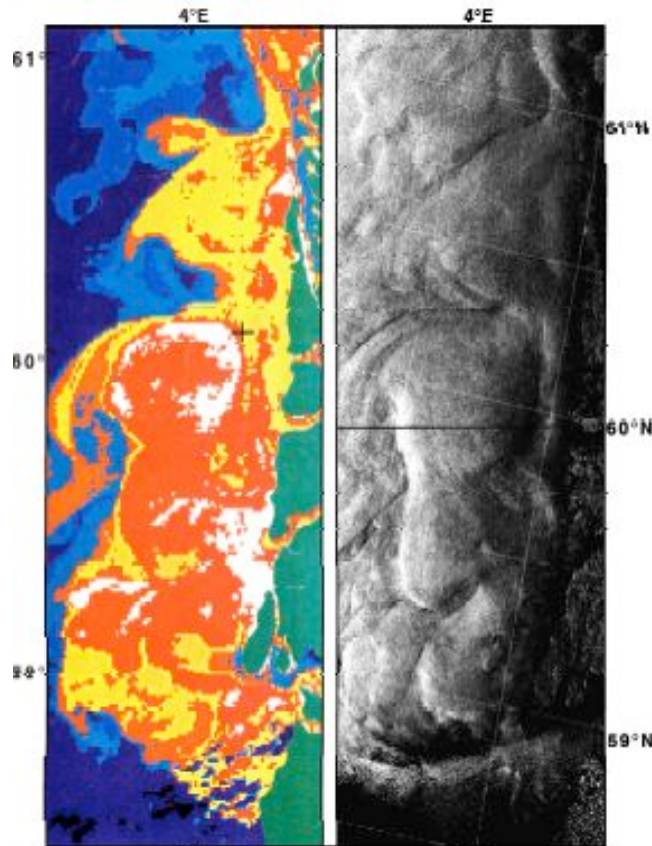
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



Εντοπισμός απόνερων (wakes) - στενό σχήμα V. Εμφανίζονται μόνο σε συνθήκες ασθενών ανέμων < 3 m/s. Μπορούν να παρουσιαστούν σε ρηχά και βαθιά ύδατα ανεξάρτητα από την στρωματοποίηση.

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



AVHRR
14:20UTC
03/10/1992

ERS-1 SAR
21:35 UTC

Επιφανειακά ρεύματα και μέτωπα – Νορβηγικό παράκτιο ρεύμα

Παρατηρούμε τον συσχετισμό (συνεργία) μεταξύ ΕΘΘ (AVHRR) και επιφανειακής τραχύτητας (SAR).
Υπαρξη ορίων επιφανειακών ρευμάτων και
μαιάνδρων, φαινόμενα μεσαίας κλίμακας 10-50km.

Το AVHRR δείχνει μέγιστη θερμική κλίση στα όρια των ρευμάτων της τάξης του $0,6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$. Το SAR δείχνει σκοτεινές και φωτεινές περιοχές (όρια ρευμάτων).

Δελτίου καιρού: βόρειοι άνεμοι 5m/s, θερμοκρασία αέρα 12-14 $^\circ\text{C}$.

Σημαδούρα στα 20km από την ακτή έδωσε βόρειο επιφανειακό ρεύμα 0,3m/s και μέση επιφανειακή θερμοκρασία νερού 13,5 $^\circ\text{C}$.

Ανάλυση του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος έδειξε ότι αυτό θα αντιπροσώπευε μία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας της τάξης -6 και -12 $^\circ\text{C}$.

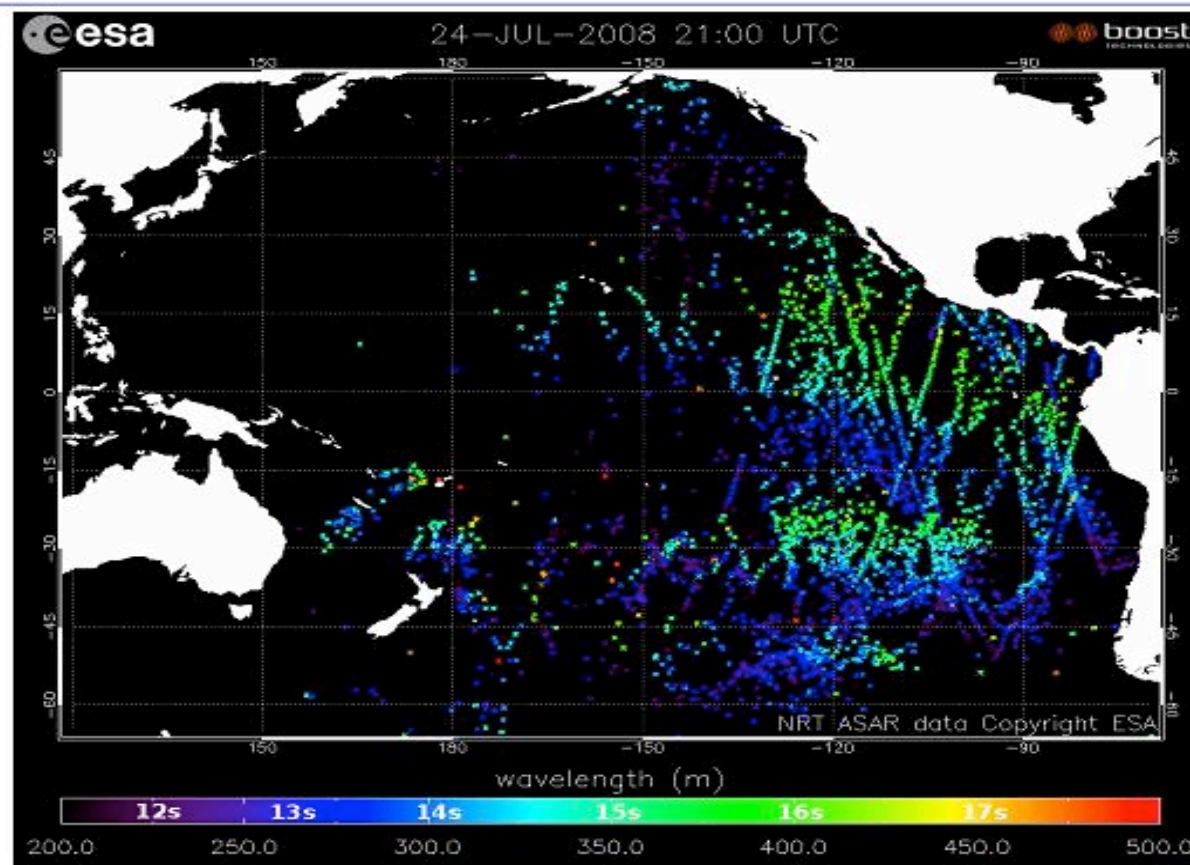
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



ASAR

ASAR Wave
Mode tracks
long swell
propagating
across the
Pacific during
6 days



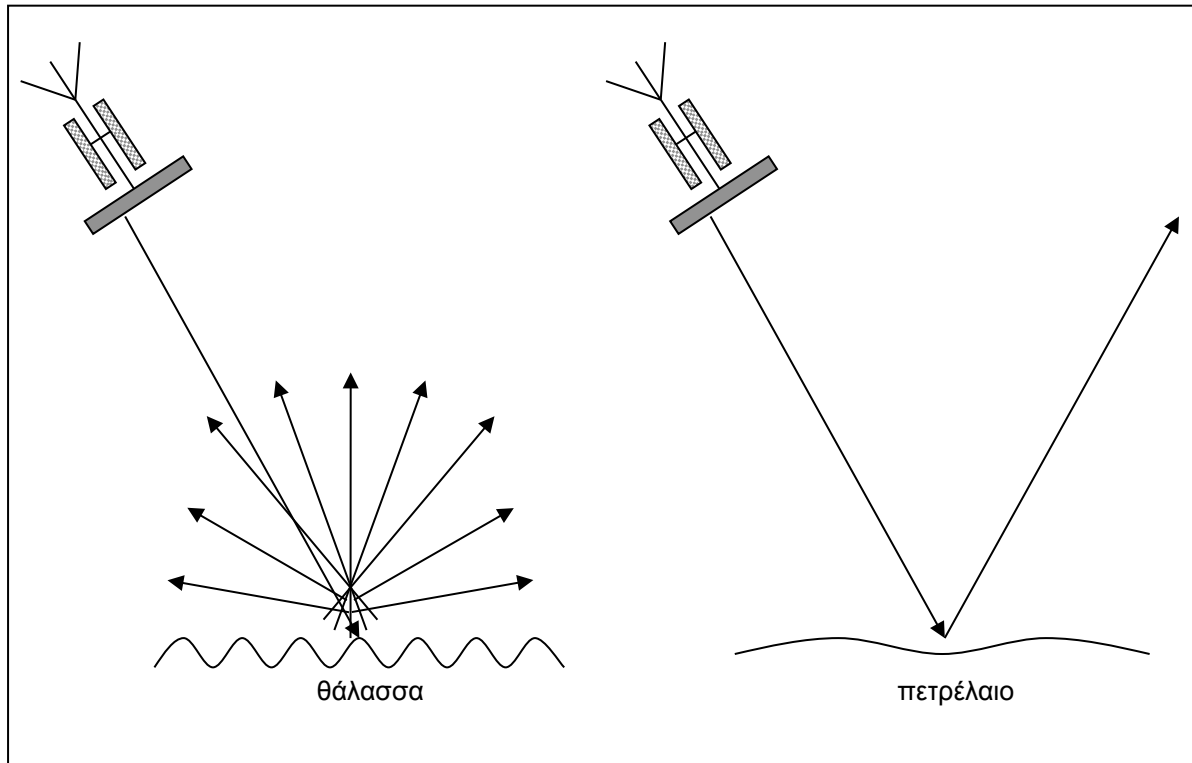
European Space Agency
Agence spatiale européenne

Courtesy of B. Chapron (IFREMER) & F. Collard (BOOST Technologies), Brest, France



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

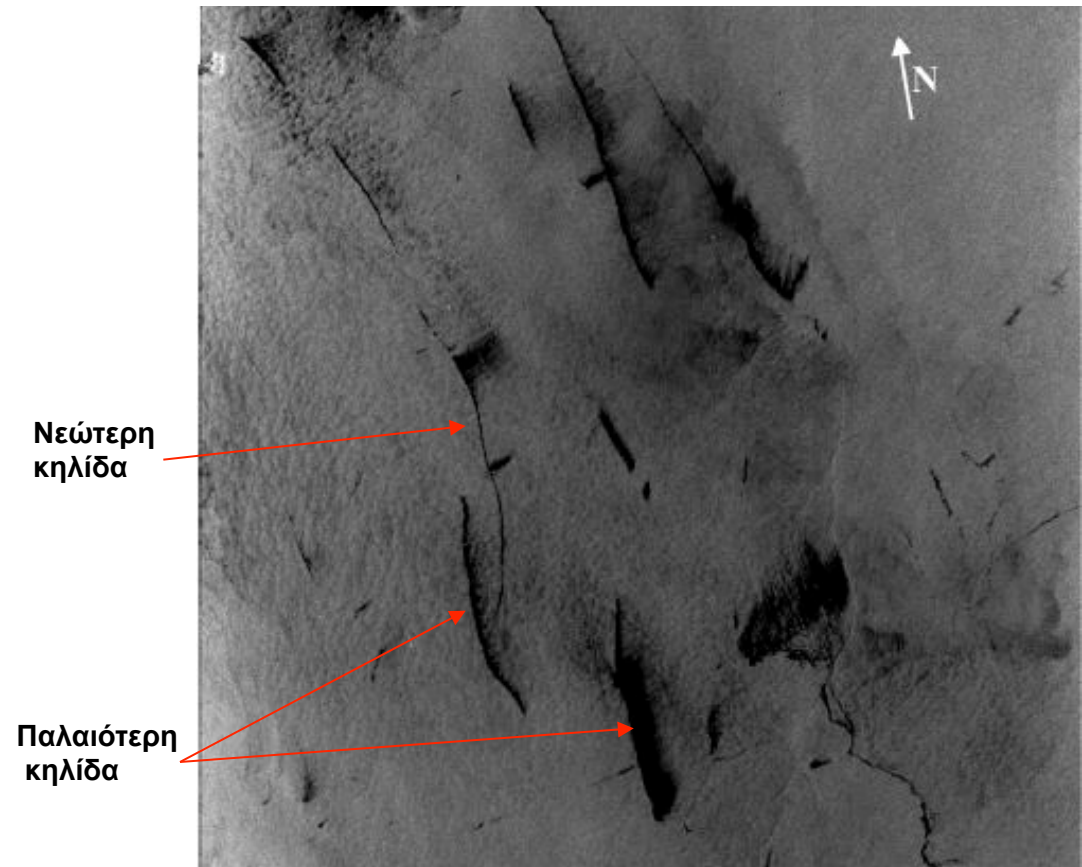
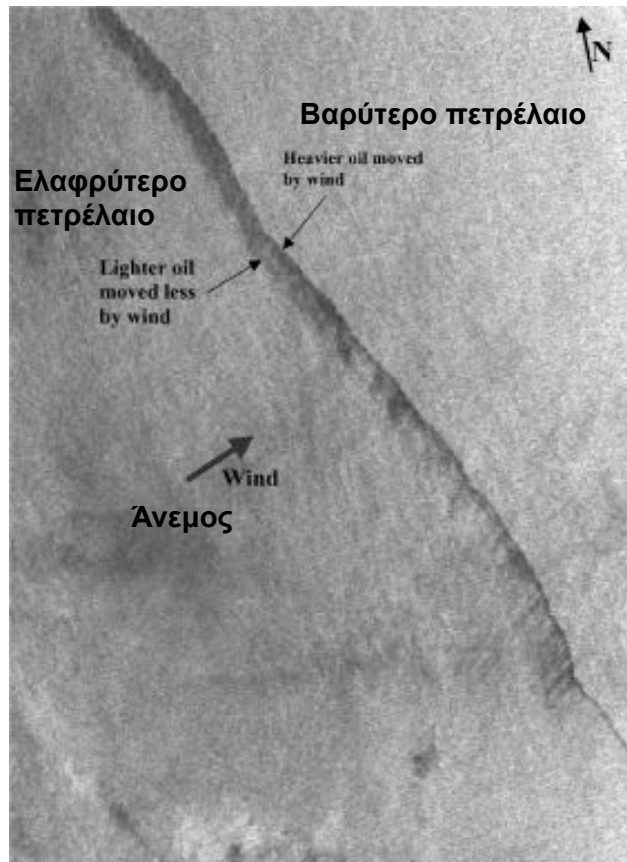
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



Τριχοειδή κύματα επιφανείας (short gravity – capillary waves)

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

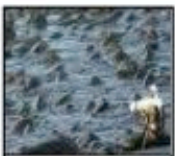
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



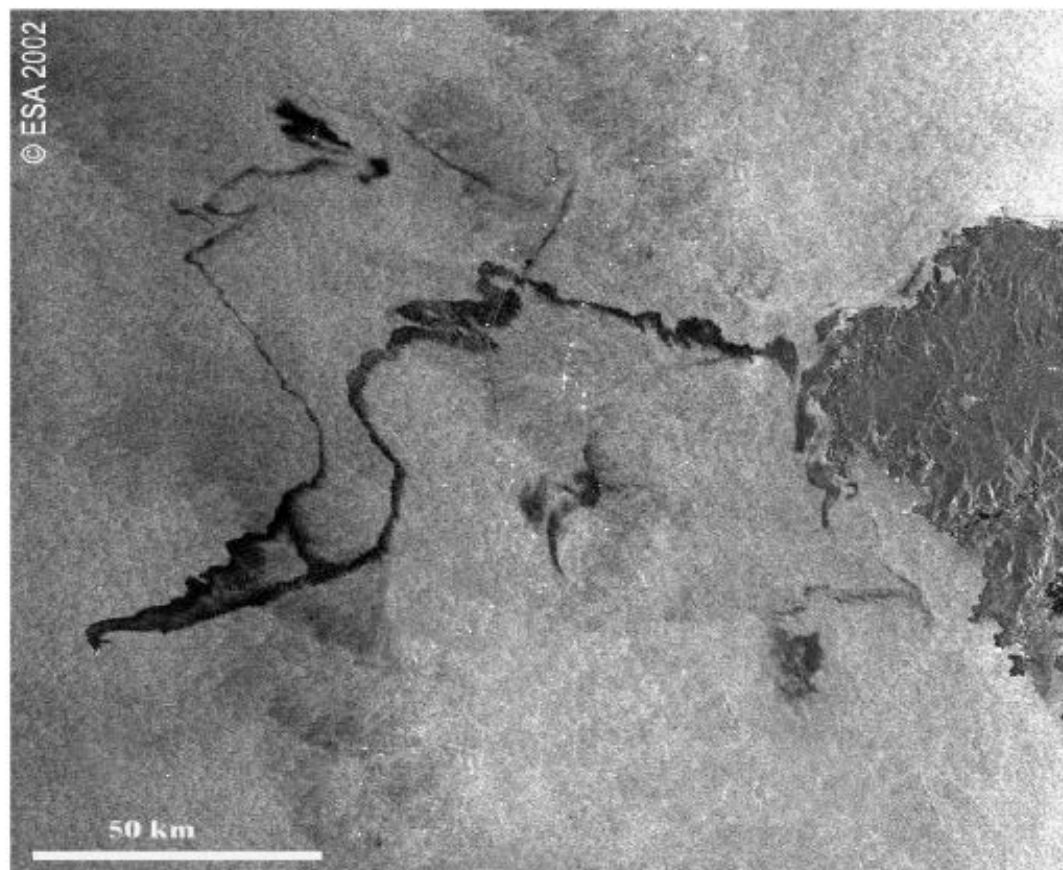
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων

- The “Prestige” case



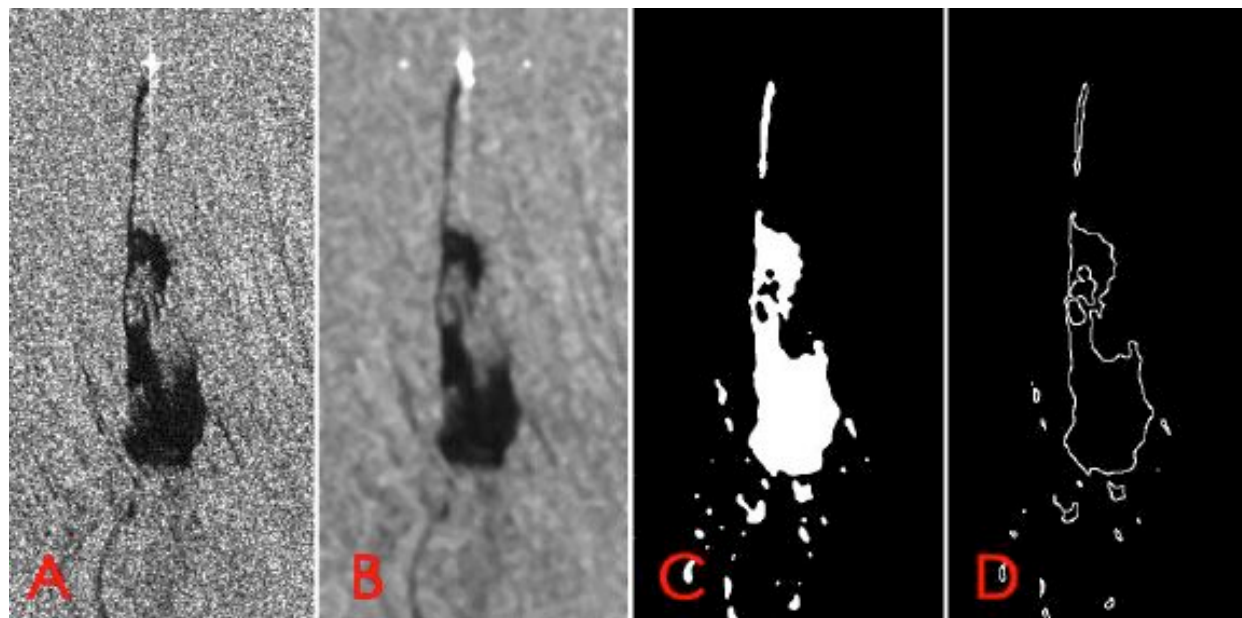
Cargo: 77.000 of heavy fuel



ERS-2 SAR 17 November 2002

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

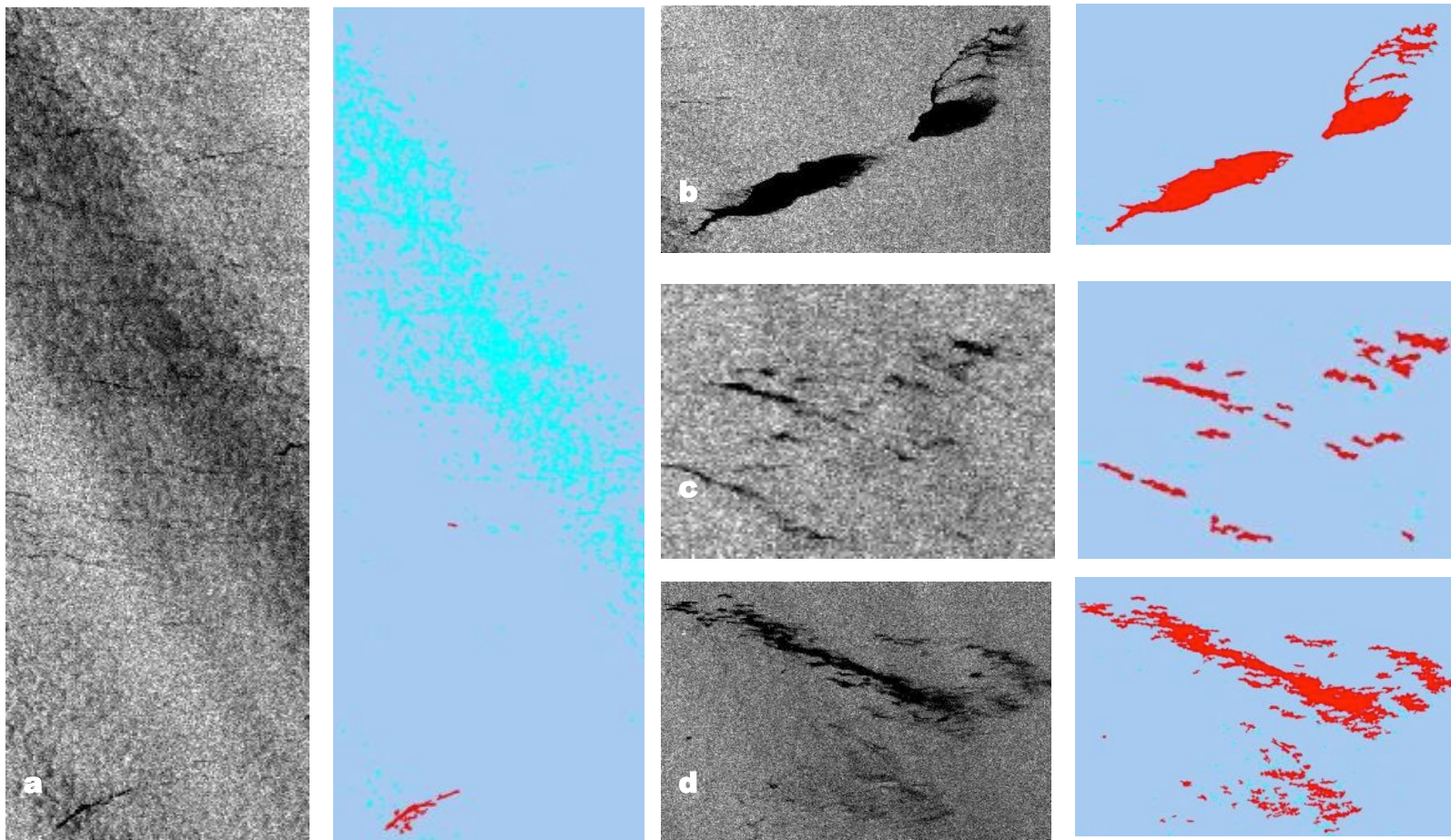
Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



Αυτόματος εντοπισμός, σχήμα, τύπο, ηλικία
πιθανή σύσταση, περιοχή εξάπλωσης κλπ.

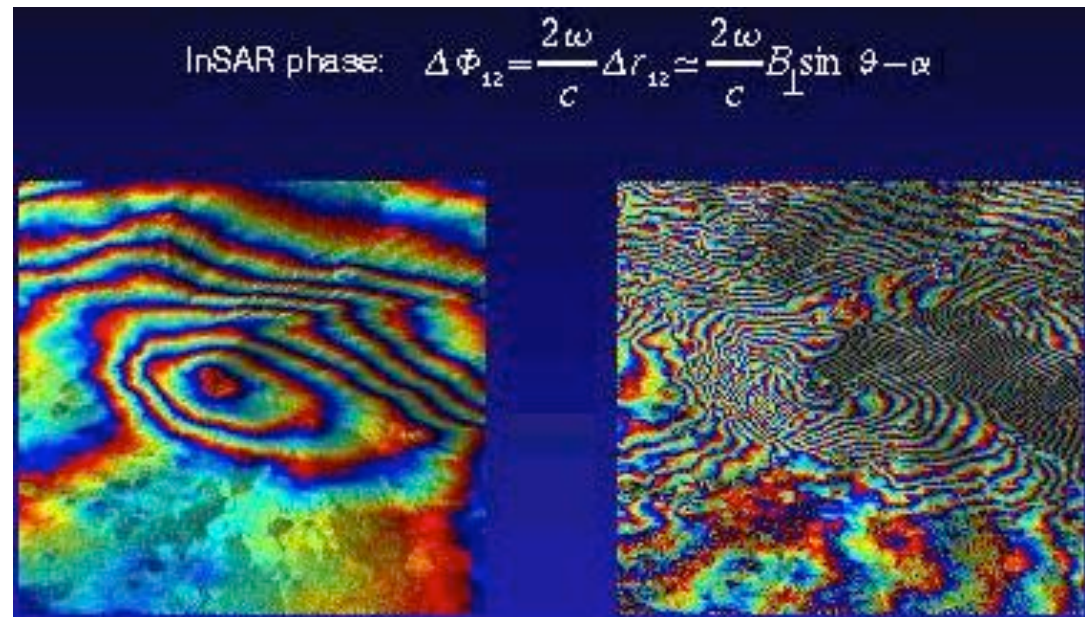
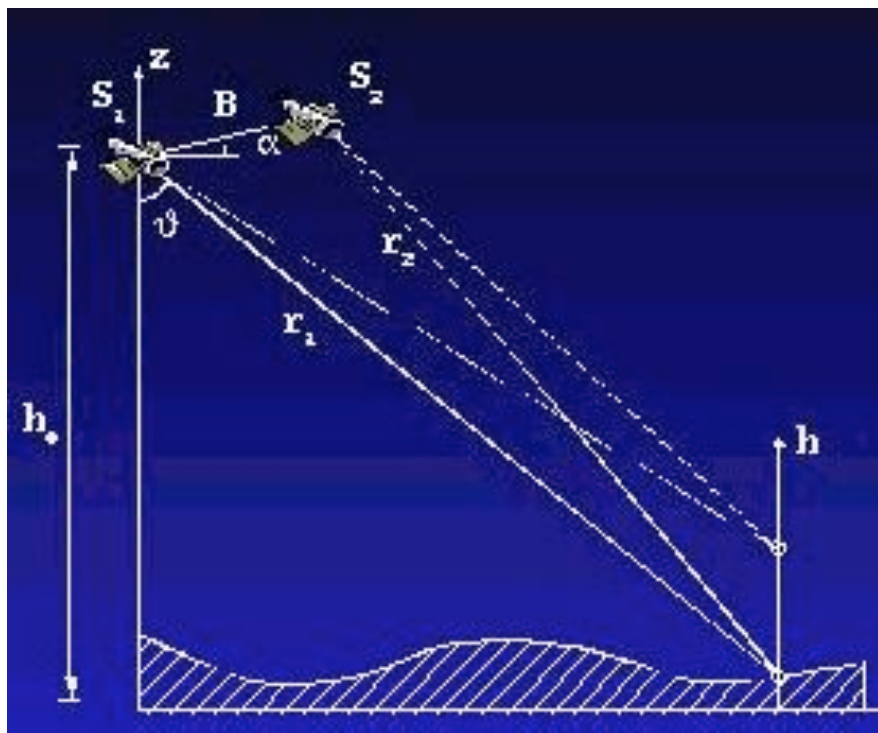
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων



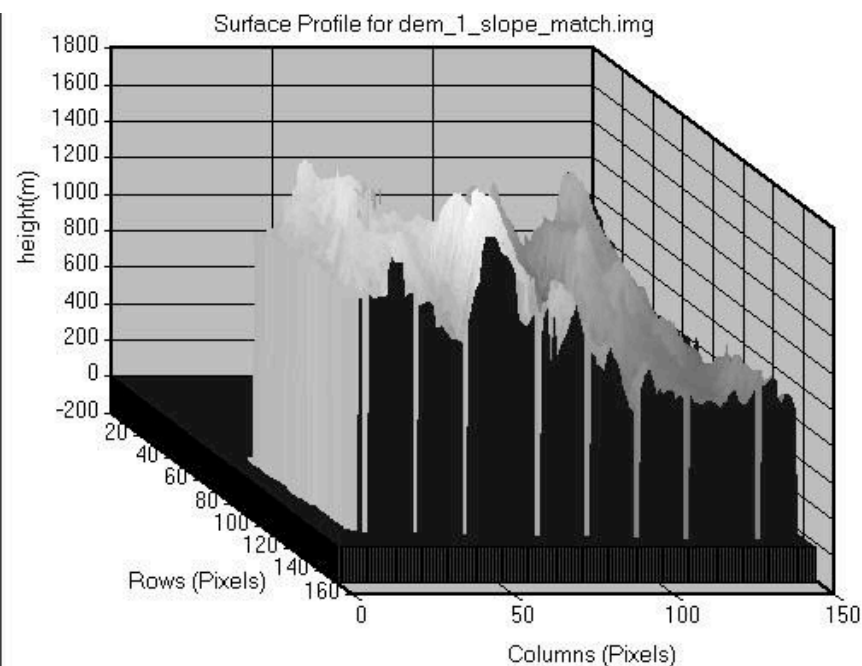
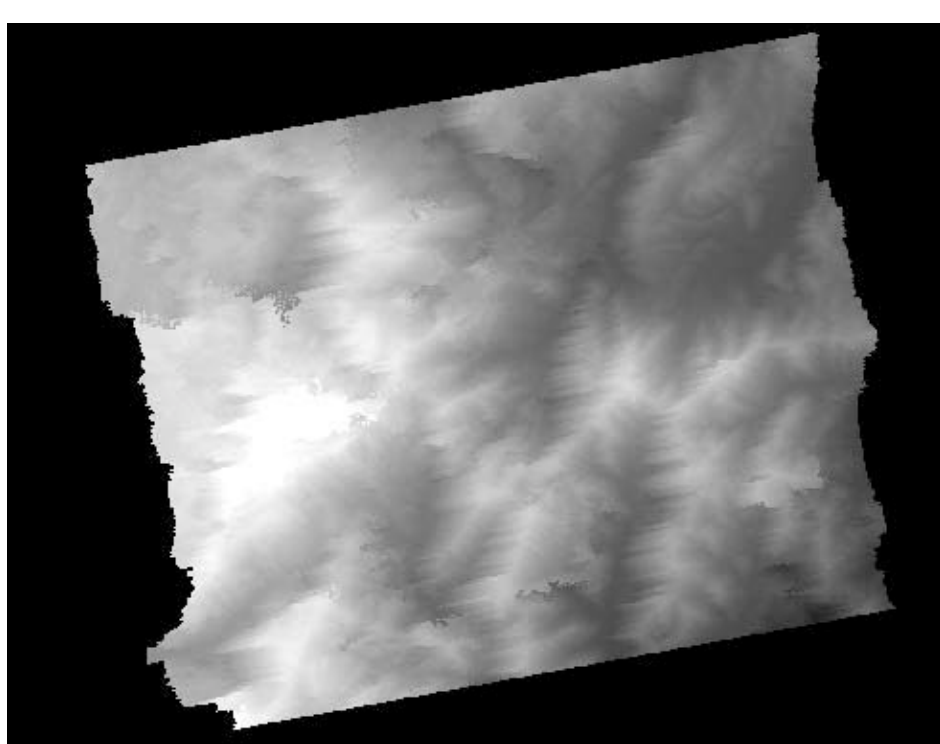
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων
Συμβολομετρία (interferometry)



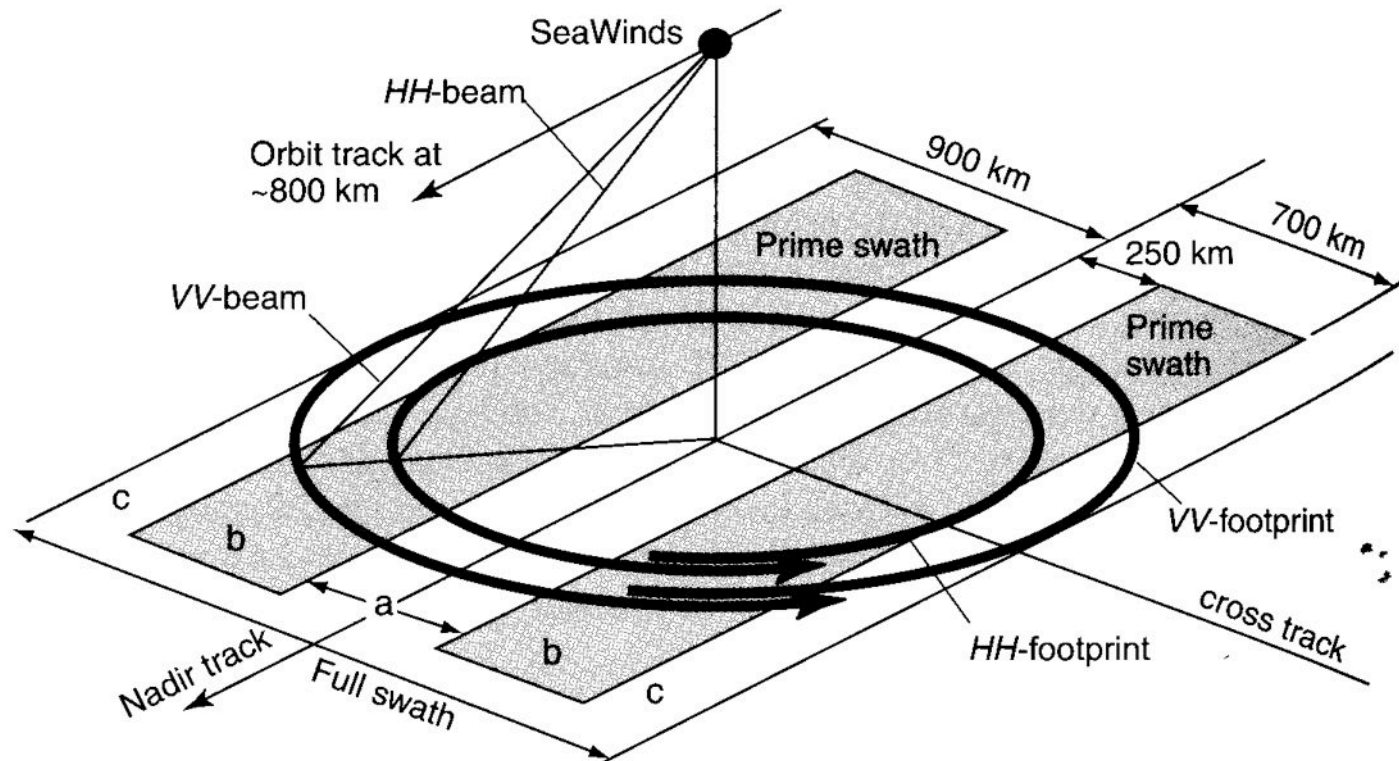
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Ερμηνεία – εφαρμογές των SAR απεικονίσεων
Συμβολομετρία (interferometry)



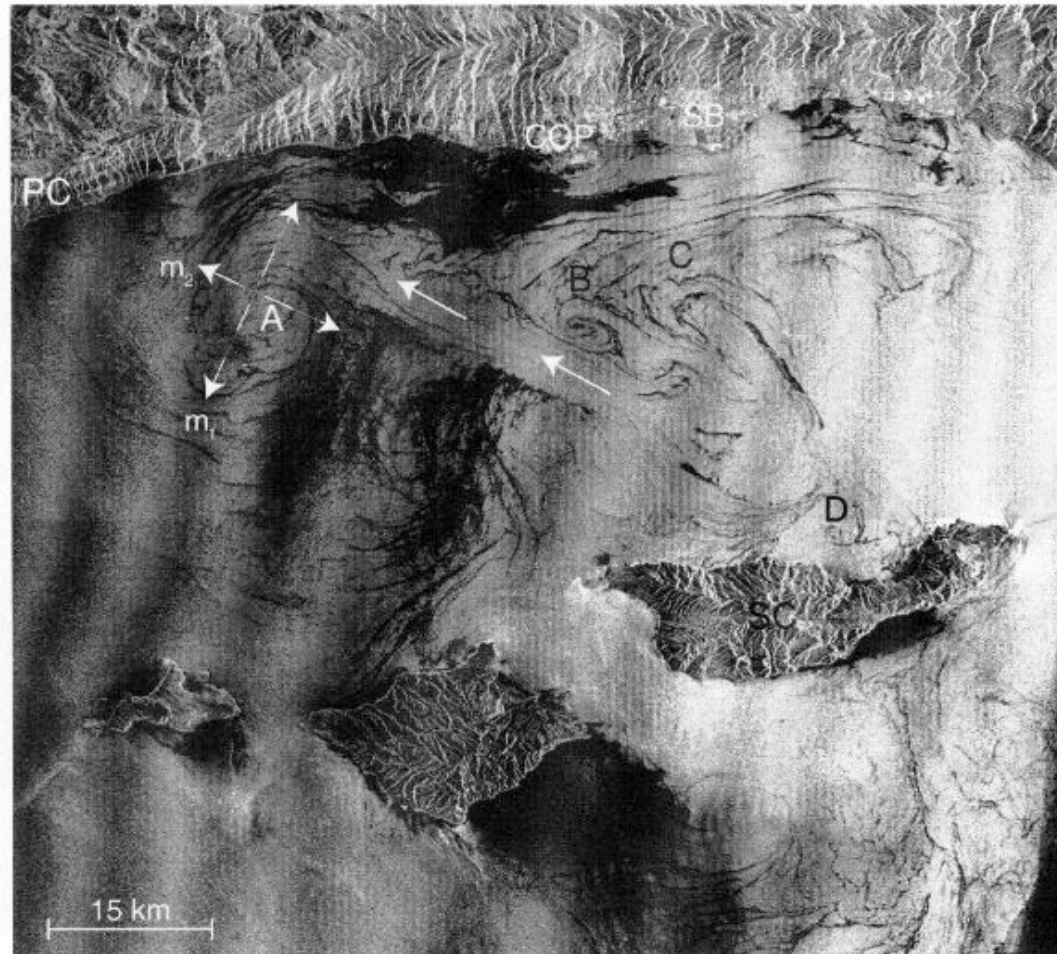
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Σκεδασίμετρα ανέμου (wind scatterometers)



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Δύνες μεσαίας κλίμακας



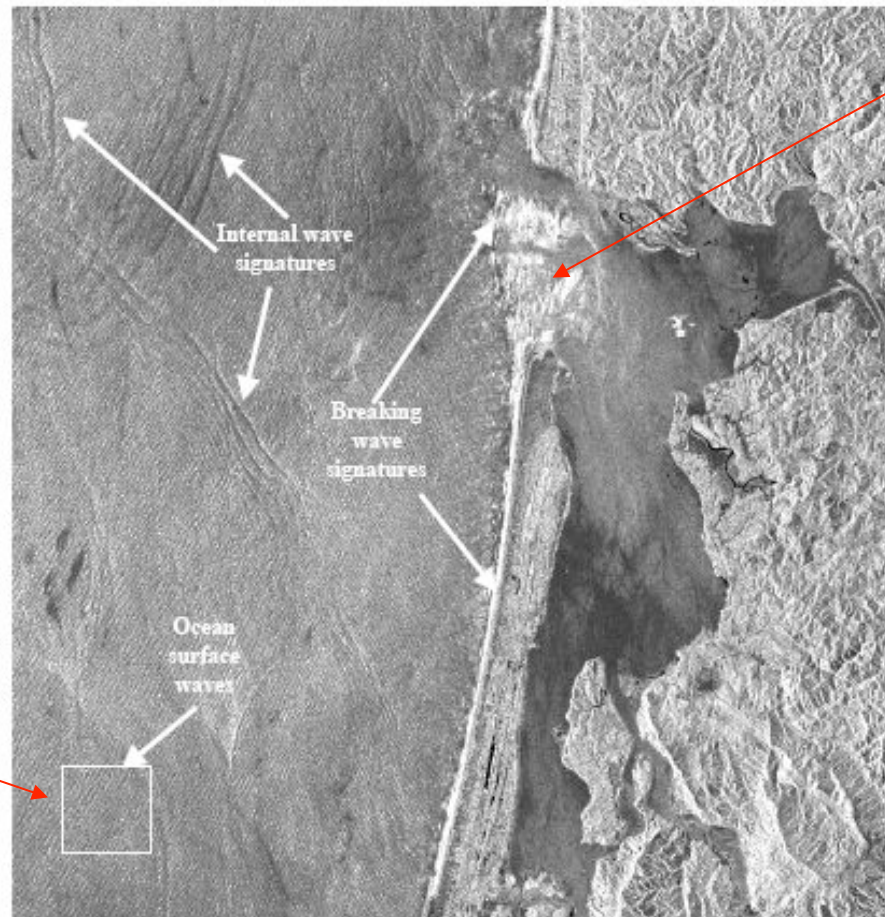
**Santa Barbara
Channel.**

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Θαλάσσια Κύματα

→ SAR Look Direction

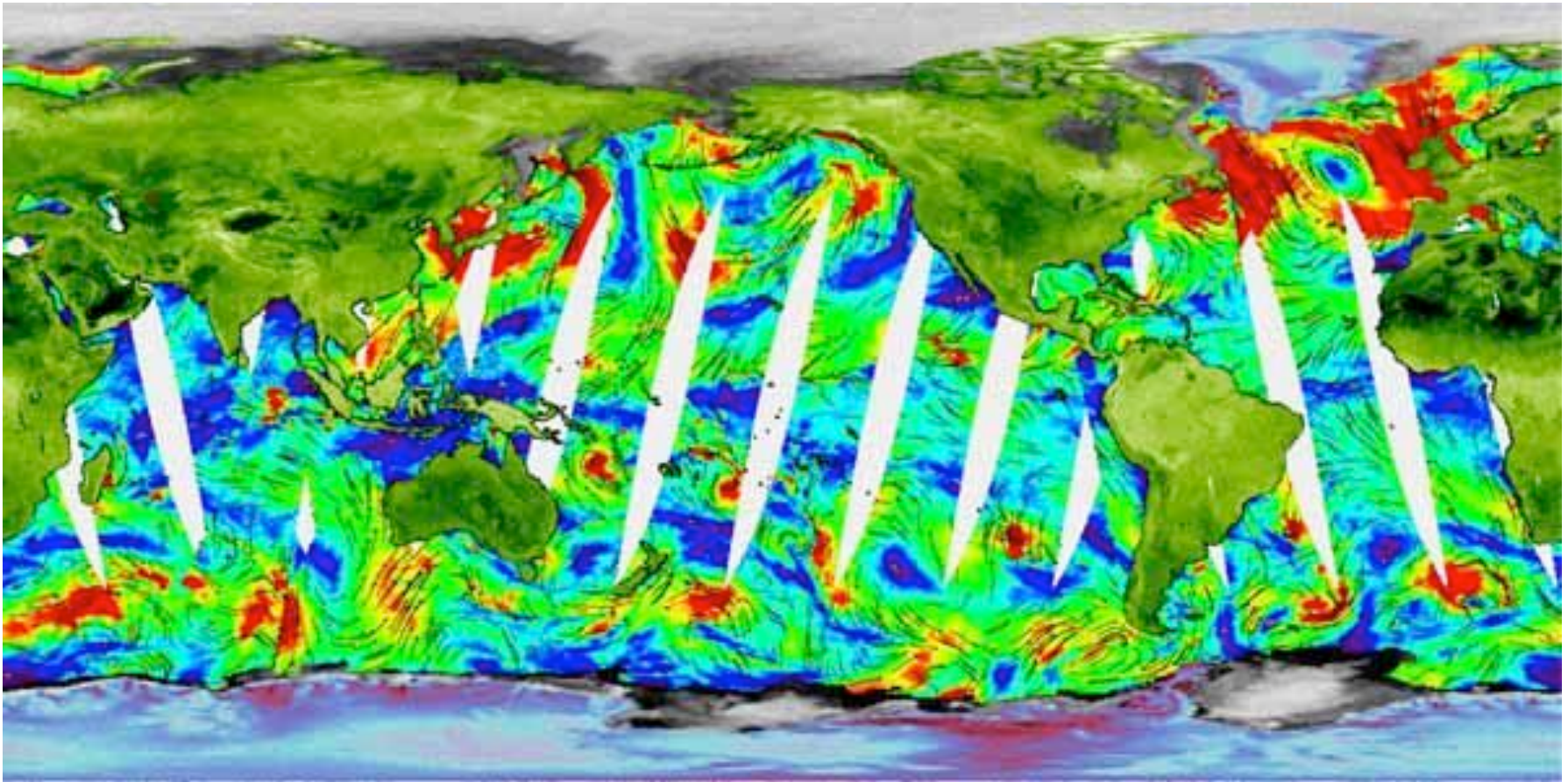
Θραύση κυμάτων



Επιφανειακά κύματα

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

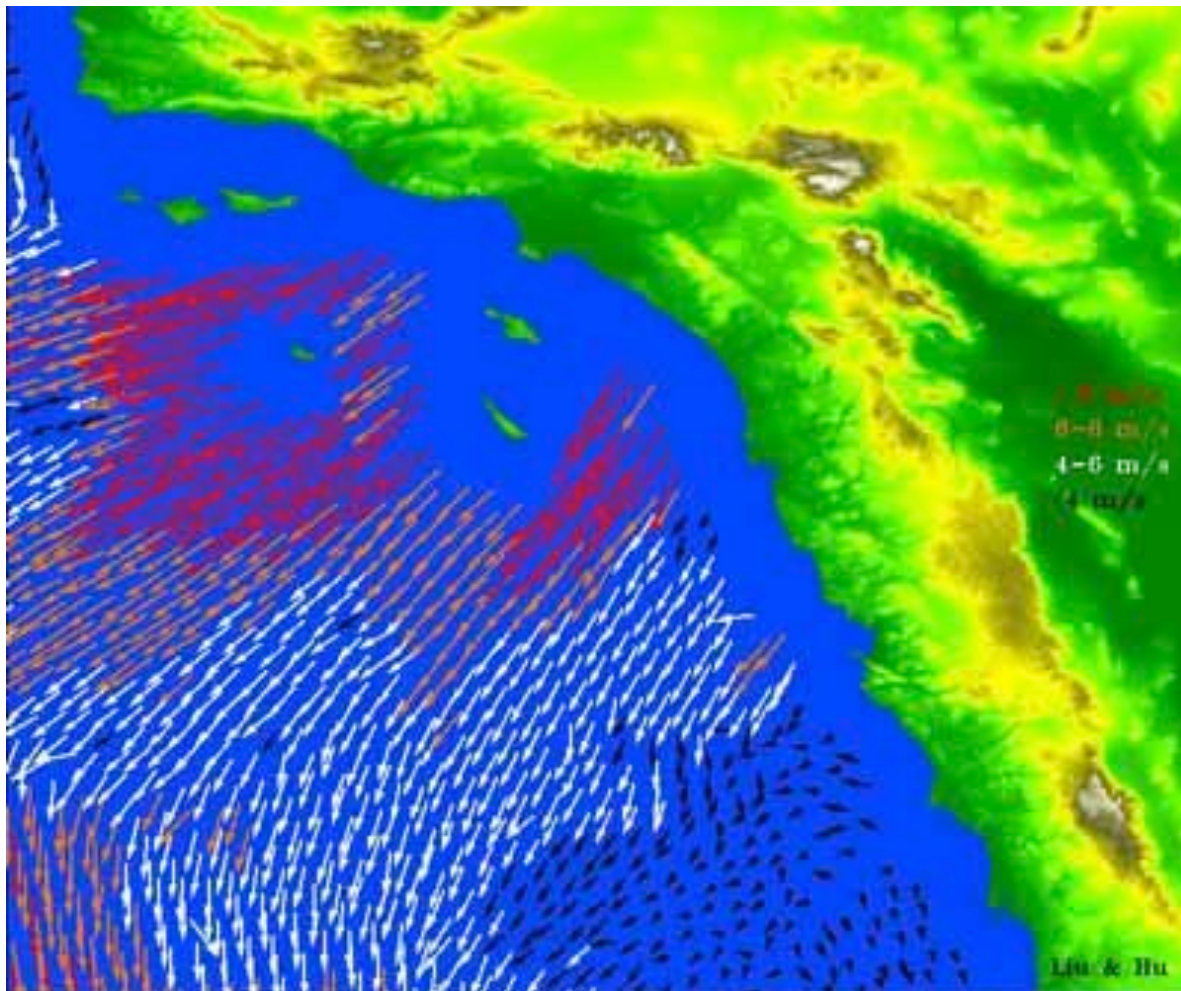
Σκεδασίμετρα ανέμου (wind scatterometers)



QuikSCAT

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

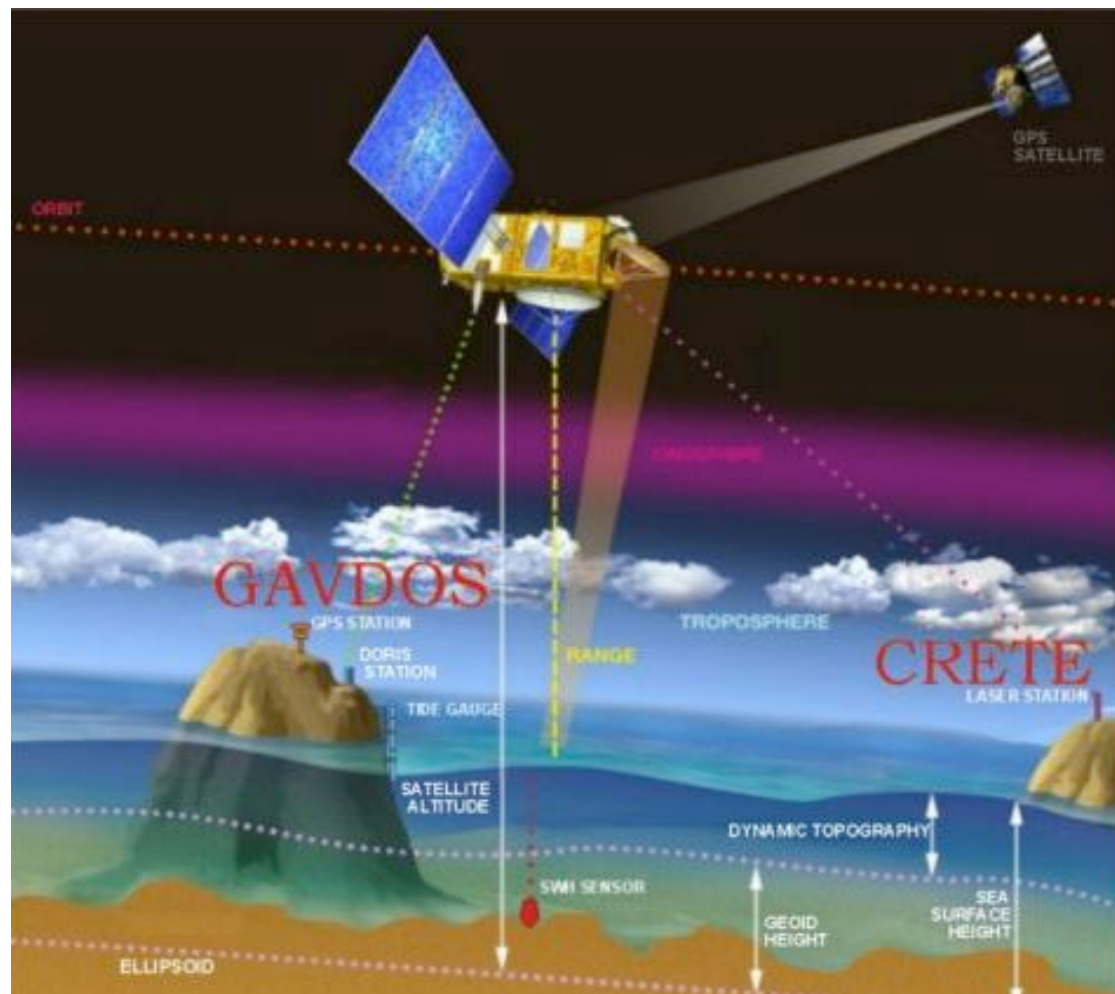
Σκεδασίμετρα ανέμου (wind scatterometers)



**Southern
California Bight
QuikSCAT**

Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

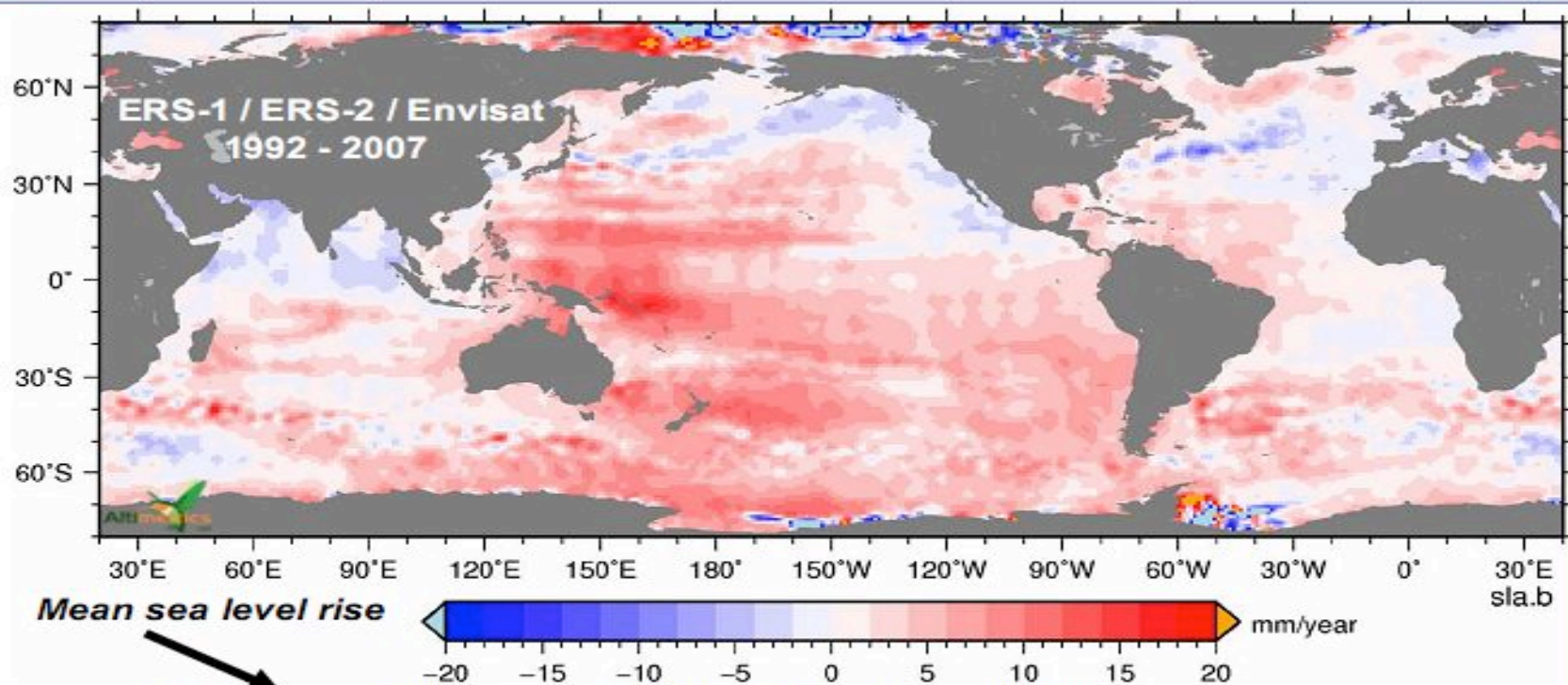
Αλτίμετρα (Altimeters)



Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση



Altimetry



This is one of the Essential Climate Variables (ECV)

ESA initiative on Climate Change

→ C-MIN-08

European Space Agency
Agence spatiale européenne



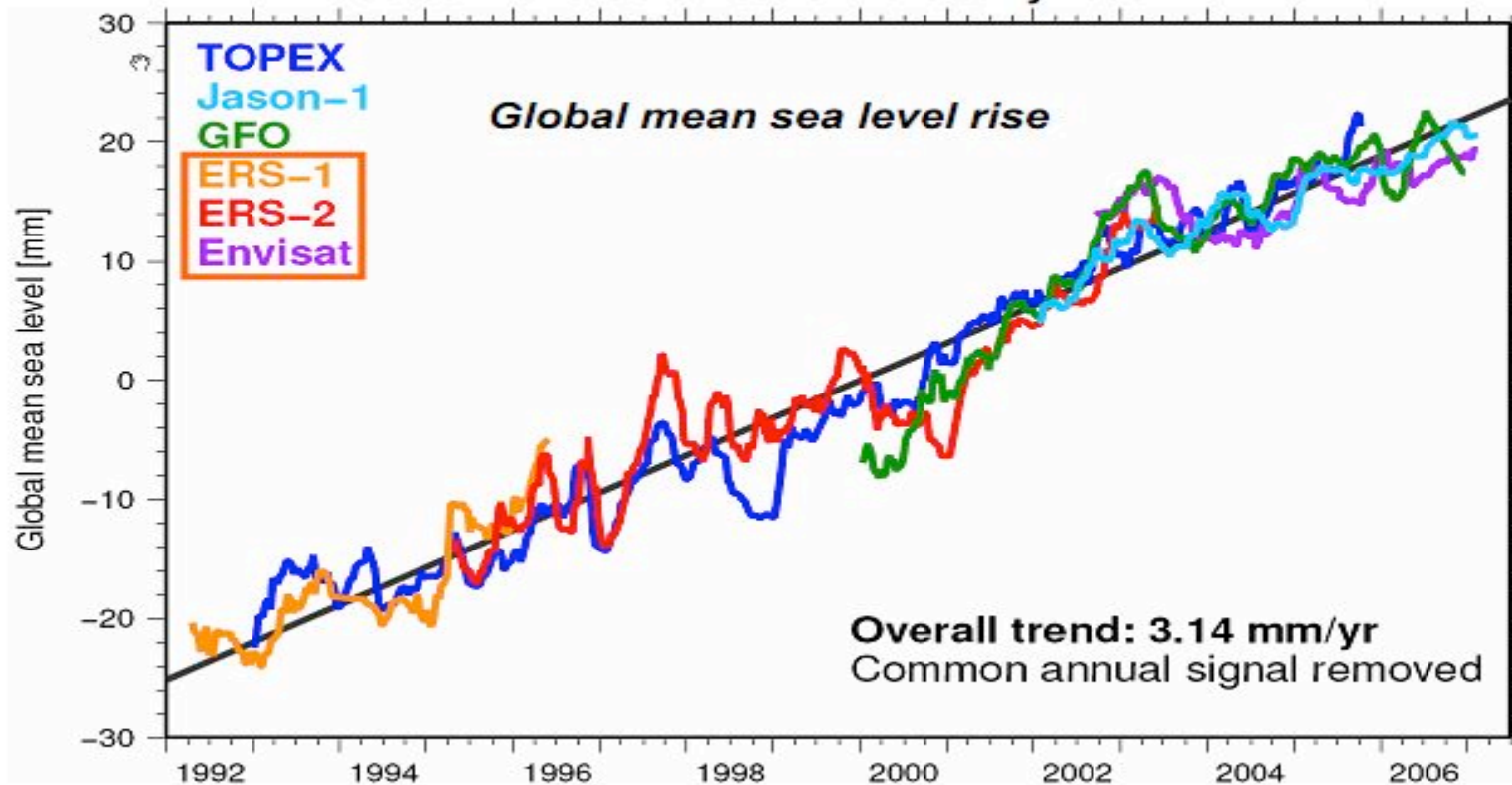
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση



Altimetry



The ENVISAT altimeter provides continuity to the measurements initiated with the altimeters in the early 1990



European Space Agency
Agence spatiale européenne

Courtesy of Remko Scharroo, Altimetrics LLC



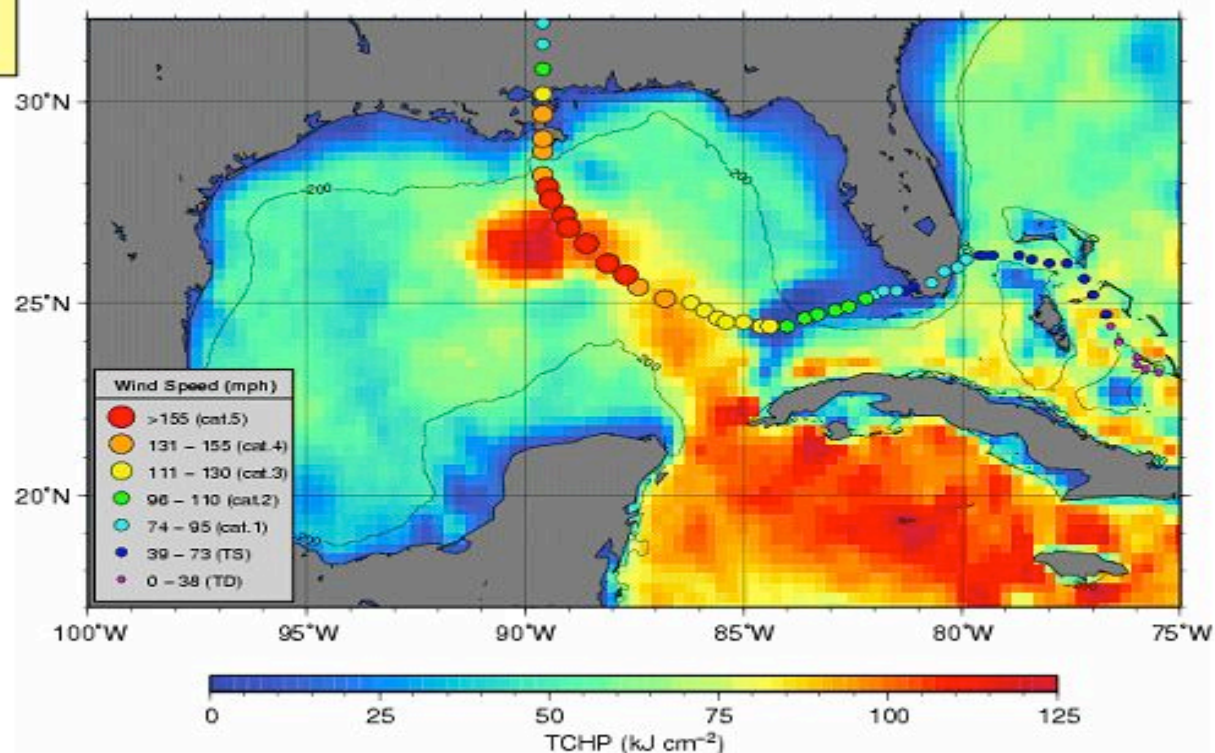
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση



Altimetry

**Hurricane
Katrina**

Gulf of Mexico – Tropical cyclone heat potential (TCHP) 08/28/2005



Altimetry data from ESA Envisat, NASA/CNES Topex/Poseidon & Jason-1, US Navy GFO

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Figures courtesy of Gustavo Goni, NOAA/OAR/AOML



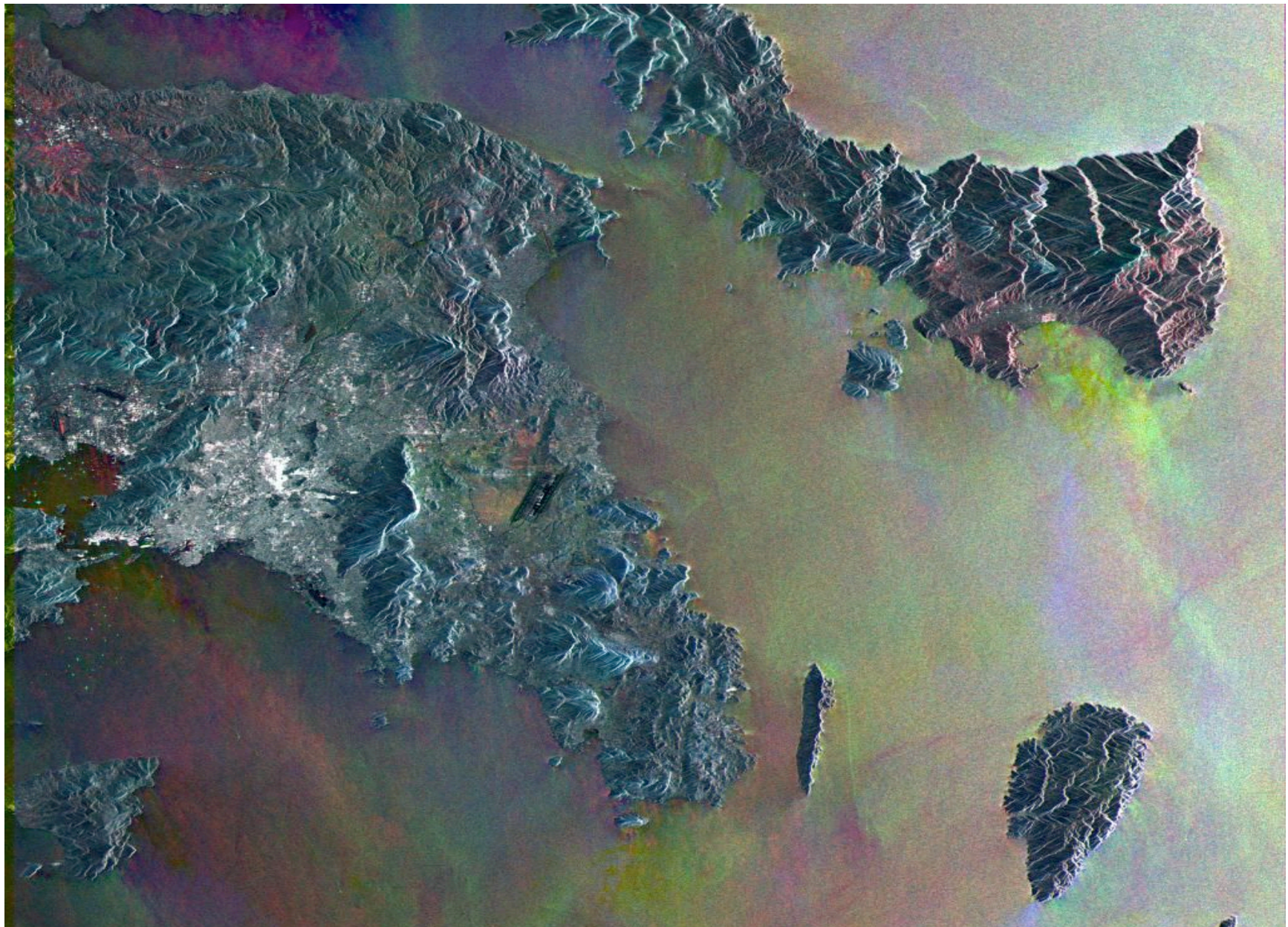
Εισαγωγή στη μικροκυματική τηλεπισκόπηση

Επιφανειακά ρεύματα και μέτωπα



Μεγάλη απορροή ποταμού την άνοιξη ($3.000 \text{ m}^3/\text{s}$) δημιουργεί μέτωπο.

- (1) Μέτωπο κύριας στήλης απορροής λόγω διαφοράς αλατότητας και θερμοκρασίας.
- (2) Μέτωπο παράλληλο με την ακτή που προφανώς οφείλεται στην αλληλεπίδραση με παράκτιο ρεύμα.
- (3) Ψυχρότερα ύδατα (χαμηλό οπισθοσκεδαζόμενο σήμα).
- (4)-(5) Ανταποκρίνονται σε εναλλαγή μεταξύ περιοχών σύγκλισης-απόκλισης κατά μήκος καναλιών πορείας πλοίων που εισέρχονται/εξέρχονται στο δέλτα του ποταμού.



The image is made of three ERS-2 SAR PRI (Precision Radar Image) images acquired on different dates and assigning a colour (RGB) to each date of acquisition.

- Instrument: Synthetic Aperture Radar (SAR)
- Dates of Acquisition: Red: 31 January 2004, Green: 31 May 2003, Blue: 31 September 2003
- Orbit number: 45910 - 42403 - 43906
- Frame: 2842
- Instrument features: 25 meter resolution