



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

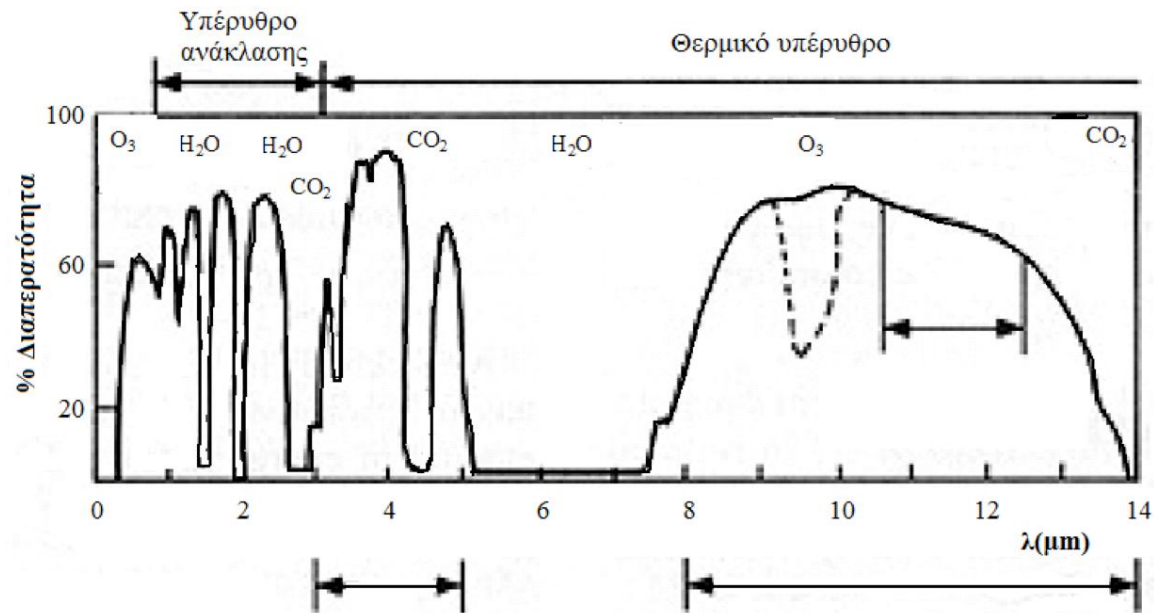
Πλατφόρμες, σαρωτές και αισθητήρες. Το ΗΜ φάσμα και οι ιδιότητές του. Εικόνες στο ορατό φάσμα και στο υπέρυθρο ανάκλασης. Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο. Εικόνες ραντάρ. Η έννοια της ψηφιακής εικόνας, τεχνικές ψηφιακής ανάλυσης εικόνας. Τηλεανίχνευση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εφαρμογές της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



Τηλεανίχνευση – Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο

Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο



Συντελεστής εκπομπής, κινητική θερμοκρασία και ραδιομετρική θερμοκρασία

$$e(\lambda) = \frac{M_{\lambda}}{M_{b,\lambda}}$$

συντελεστής εκπομπής (emmissivity) $\varepsilon(\lambda)$

$$T_{rad} = e^{1/4} \times T_{kin}$$



Η έννοια της θερμικής αδράνειας (1 από 5)

$$P = \sqrt{K\rho c}$$

K είναι η θερμική αγωγιμότητα, που ορίζεται ως το ποσό της μεταδιδόμενη θερμότητας δια αγωγής στη μονάδα του χρόνου, μέσω υλικού με μοναδιαίο πάχος και διαφορά θερμοκρασίας 1°C μεταξύ των επιφανειών εισόδου και εξόδου της ρέουσας θερμότητας.

ρ είναι η πυκνότητα μάζας του υλικού.

c είναι η ειδική θερμότητα του υλικού, που ορίζεται ως το πηλίκο της θερμότητας που πρέπει να προσφερθεί σε ένα υλικό μοναδιαίου όγκου στη μονάδα του χρόνου, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1°C , δια της πυκνότητας του υλικού.



Η έννοια της θερμικής αδράνειας (2 από 5)

α/α	Υλικό	<i>P</i> Θερμική αδράνεια
1	Νερό	0.0014
2	Αμμώδες έδαφος	0.0014
3	Βασάλτης	0.0050
4	Χάλυβας	0.030

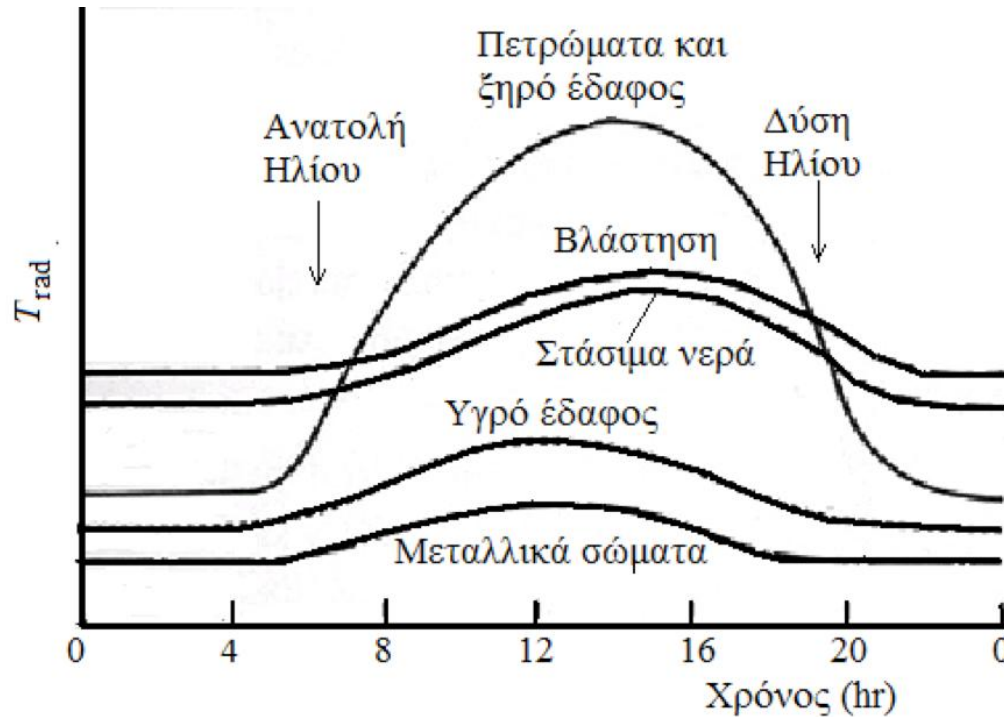


Η έννοια της θερμικής αδράνειας (3 από 5)

Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική αδράνεια, τόσο μικρότερες είναι οι μεταβολές θερμοκρασίας του υλικού στη διάρκεια ενός 24ωρου. Επομένως, με βάση τον προηγούμενο πίνακα, οι μικρότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις αναμένεται να εκδηλωθούν στο μεταλλικό αντικείμενο (χάλυβα) και οι μεγαλύτερες στο αμμώδες έδαφος και στο νερό. Θα πρέπει ωστόσο να ληφθεί υπόψη ότι στους μεγάλους υδάτινους όγκους (θάλασσα, λίμνες, ποταμοί) εκδηλώνεται διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς, μέσω ανατάραξης του υλικού λόγω των κυματισμών. Ως εκ τούτου, η θερμοκρασία της επιφάνειας του υδάτινου όγκου παρουσιάζει μικρότερες διακυμάνσεις από αυτές του ξηρού εδάφους.



Η έννοια της θερμικής αδράνειας (4 από 5)



Η έννοια της θερμικής αδράνειας (5 από 5)

Η θερμική αδράνεια P δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί με τηλεανιχνευτικές μεθόδους, γιατί οι παράμετροι που την καθορίζουν μπορούν να μετρηθούν μόνο με άμεση επαφή με το υλικό. Για το λόγο αυτόν, στην τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται η φαινόμενη θερμική αδράνεια ATI , που ορίζεται ως:

$$ATI = \frac{1 - A}{DT}$$

DT είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας μιας στοιχειώδους κυψελίδας του εδάφους, μεταξύ ημέρας και νύχτας, όπως αυτή προσδιορίζεται από ένα σύστημα τηλεπισκόπησης.

A είναι το albedo.



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (1 από 9)

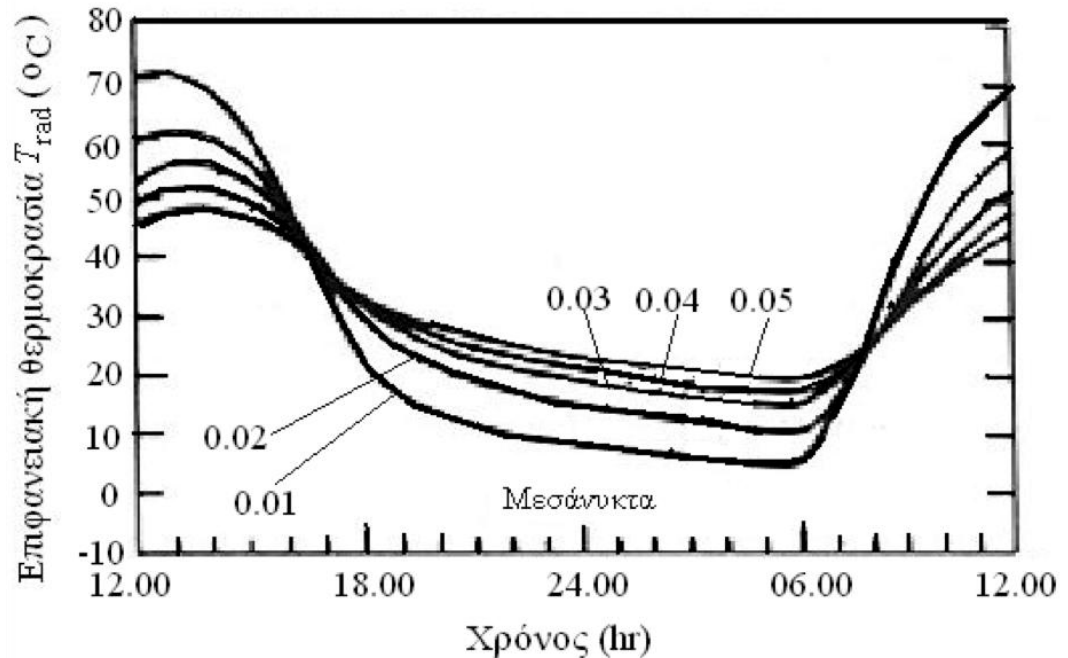
Ημέρα:

$$M_l = E_0(1 - A) \times \cos z - S T_{rad}^4$$

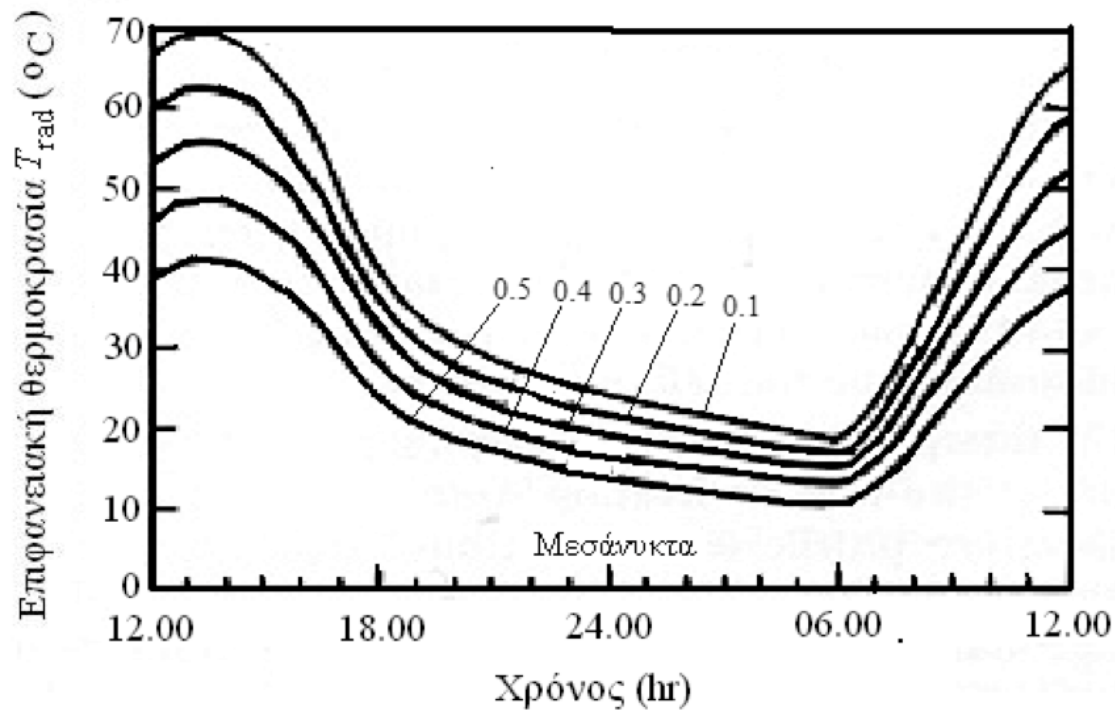
Νύκτα:

$$M_l = -eS T_{rad}^4$$

Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας για διάφορες τιμές θερμικής αδράνειας P .



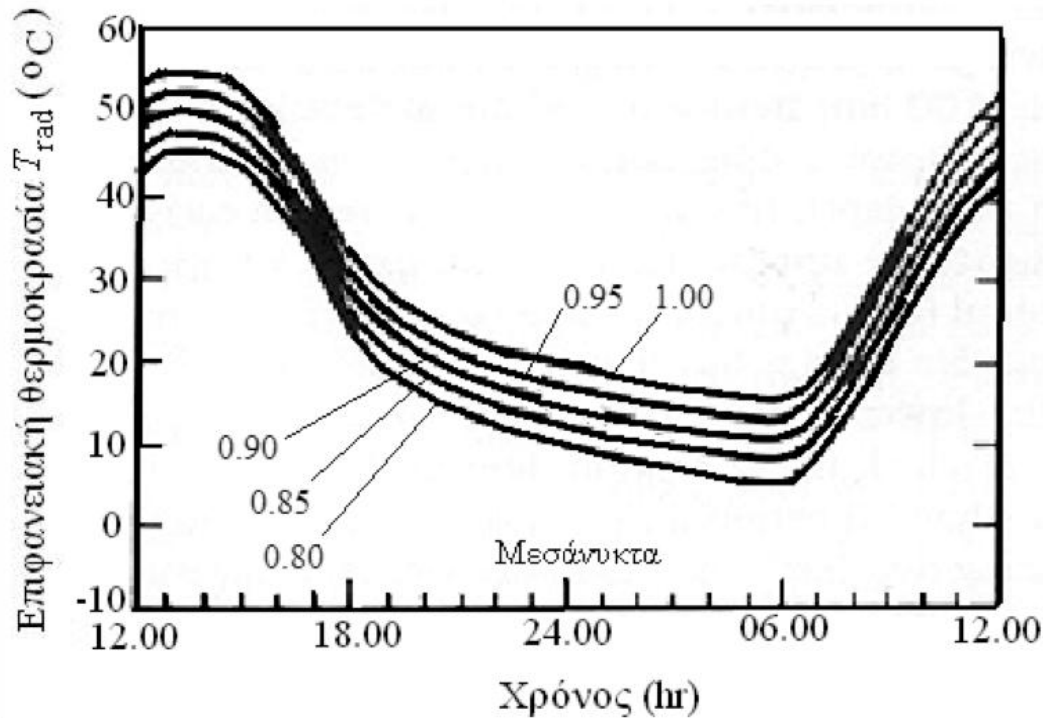
Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (2 από 9)



Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας για διάφορες τιμές albedo A .



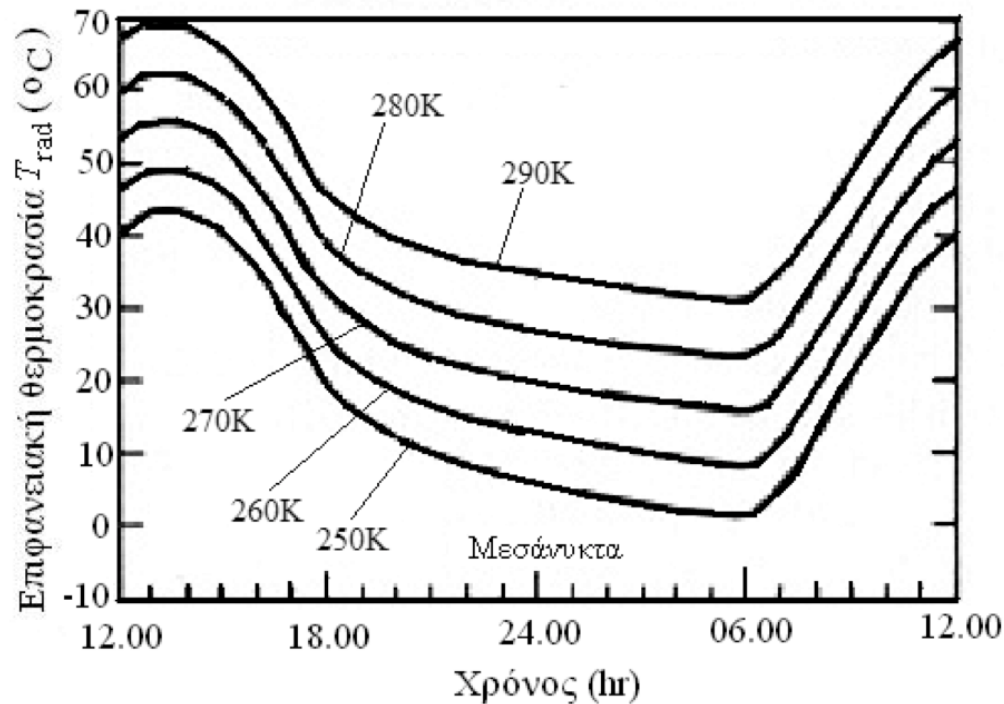
Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (3 από 9)



Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας για διάφορες τιμές συντελεστή εκπομπής ϵ .



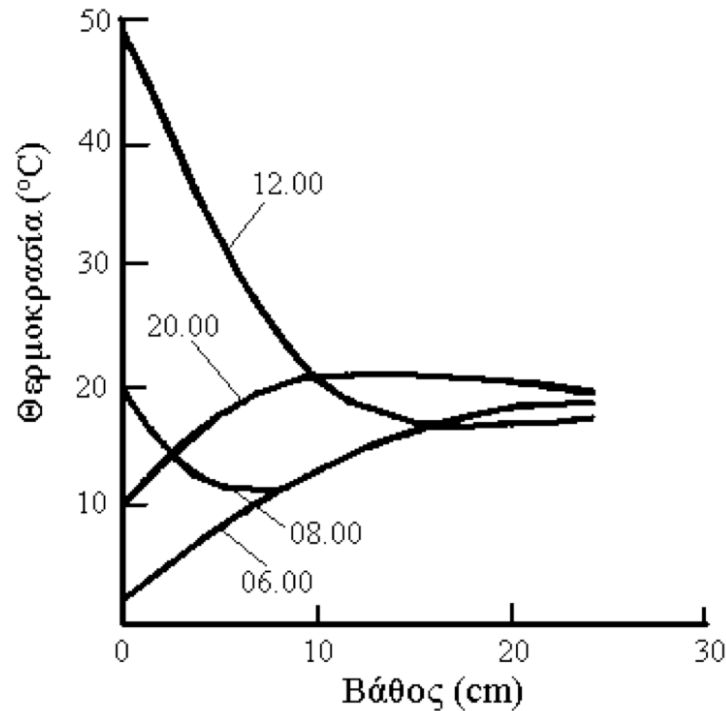
Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (4 από 9)



Ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας για διάφορες τιμές ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (5 από 9)



Καμπύλες μεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους ως προς το βάθος, για διάφορες ώρες της ημέρας.



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (6 από 9)

Γενικά, οι μετρήσεις θερμικής ακτινοβολίας και ο τρόπος που αποτυπώνονται οι διάφοροι εδαφικοί σχηματισμοί σε μια εικόνα θερμικού υπερύθρου, επηρεάζεται από **μια σειρά παραγόντων**, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- Η ζενιθιακή απόσταση του Ηλίου
- Η σύσταση, η πυκνότητα και η υφή των επιφανειακών υλικών
- Το ανάγλυφο της περιοχής έρευνας



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (7 από 9)

- Η βροχόπτωση και η υγρασία του εδάφους, εξ αιτίας των οποίων εκδηλώνεται εξάτμιση του νερού και μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας.
- Η υγρασία της ατμόσφαιρας και οι άνεμοι, οι οποίοι μπορούν να εκδηλωθούν στην εικόνα ως ραβδώσεις (παράλληλες καμπύλες γραμμές) ή ως επιχρίσματα (smears) με φωτεινούς τόνους.



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (8 από 9)

- Η νεφοκάλυψη. Τα νέφη εκφράζονται συνήθως ως περιοχές χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας, με σκοτεινούς ή φωτεινούς τόνους, αντίστοιχα. Η πυκνή νεφοκάλυψη τείνει να μειώσει τις διαφορές θερμικής ακτινοβολίας μεταξύ των διαφόρων αντικειμένων της επιφάνειας του εδάφους, καθώς τα νέφη επανεκπέμπουν προς το έδαφος θερμική ακτινοβολία.



Μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς υλικών στη γήινη επιφάνεια (9 από 9)

- Η φυτοκάλυψη. Τα πράσινα φυλλοβόλα δέντρα αποτυπώνονται με σχετικά ψυχρούς τόνους σε ημερήσιες εικόνες (λόγω της εξάτμισης του νερού που περιέχουν) και με σχετικά θερμούς τόνους στις νυκτερινές εικόνες. Από την άλλη πλευρά, η ξηρή βλάστηση σε αγροτικές περιοχές εμφανίζεται με σχετικά θερμούς τόνους σε νυκτερινές εικόνες, διότι μονώνει θερμικά το έδαφος και το διατηρεί σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία, κατά τη διάρκεια της νύκτας.



Λήψη και απεικόνιση δεδομένων θερμικού υπερύθρου (1 από 2)

- **Ο Πολυφασματικός Σαρωτής Θερμικού Υπερύθρου TIMS** (Thermal Infrared Multispectral Scanner) είναι ένα όργανο καταγραφής της θερμικής ακτινοβολίας υπερύθρου στις ζώνες 8,2-8,6 μm , 8,6-9,0 μm , 9,0-9,4 μm , 9,4-10,2 μm , 10,2-11,2 μm και 11,2-12,2 μm . Η οπτική γωνία (IFOV) είναι 2,5 mrad και το συνολικό οπτικό πεδίο σάρωσης (FOV) είναι 80°. Η χωρική διακριτική ικανότητα του συστήματος εξαρτάται από το ύψος πτήσης του αεροσκάφους.

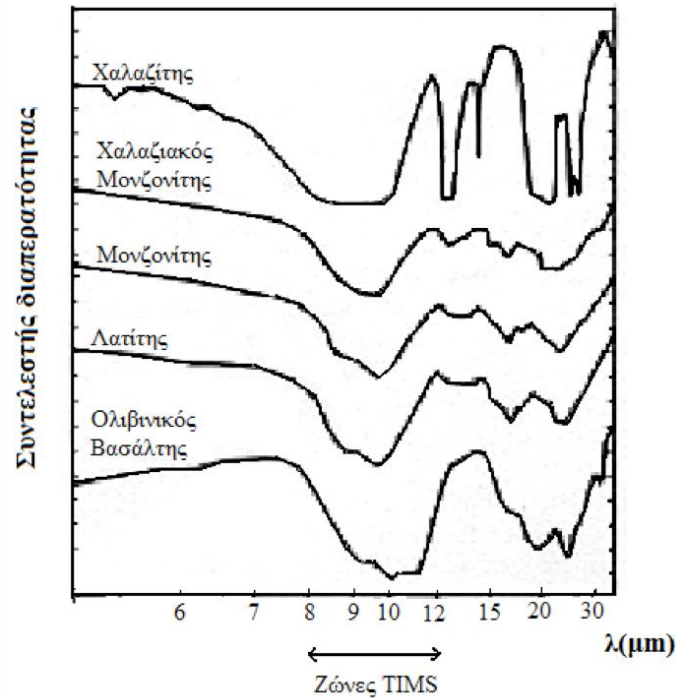


Λήψη και απεικόνιση δεδομένων θερμικού υπερύθρου (2 από 2)

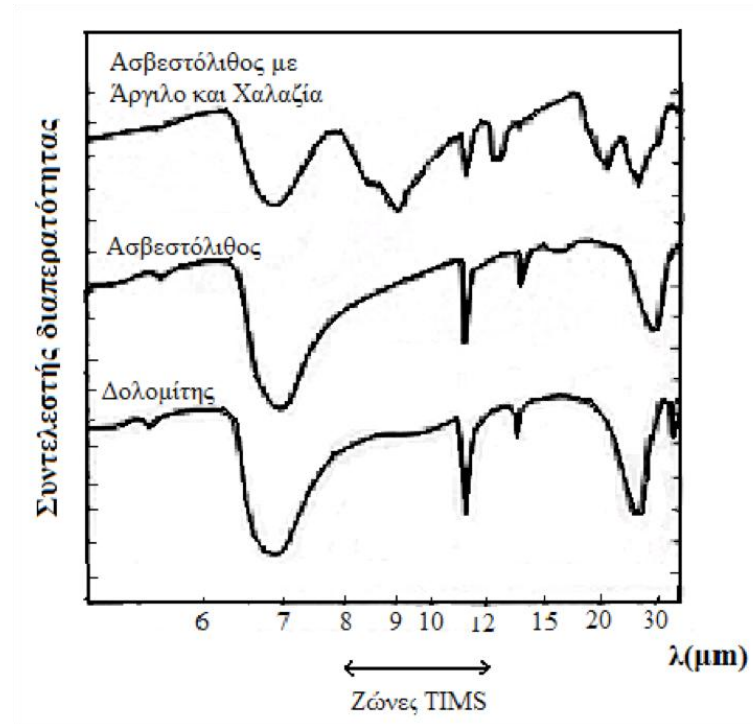
- **Οι δορυφόροι Landsat**, από τον Landsat 3 και μετά, έχουν δέκτη ευαίσθητο σε μία φασματική ζώνη υπερύθρου, μεταξύ 10,5 και 12,5 μm.
- **Ο δορυφόρος TERRA** έχει ενσωματωμένο το **ραδιόμετρο ASTER**, που καταγράφει τη θερμική ακτινοβολία υπερύθρου σε πέντε φασματικές ζώνες, στο διάστημα μεταξύ 8,12 και 11,65 μm.



Θερμικές υπογραφές πυριτικών πετρωμάτων



Θερμικές υπογραφές ανθρακικών πετρωμάτων



Εφαρμογές (1 από 7)



Εικόνα Landsat 5 RGB 321 από την περιοχή Μεσολογίου - ποταμού Ευήνου.



Εφαρμογές (2 από 7)



Ζώνη 6 (θερμικό υπέρυθρο) της εικόνας Landsat.



Εφαρμογές (3 από 7)



Νυκτερινή θερμική εικόνα Landsat 5 από την περιοχή των λιμνών Οντάριο και Έριε, ΗΠΑ, Αύγουστος 1982.



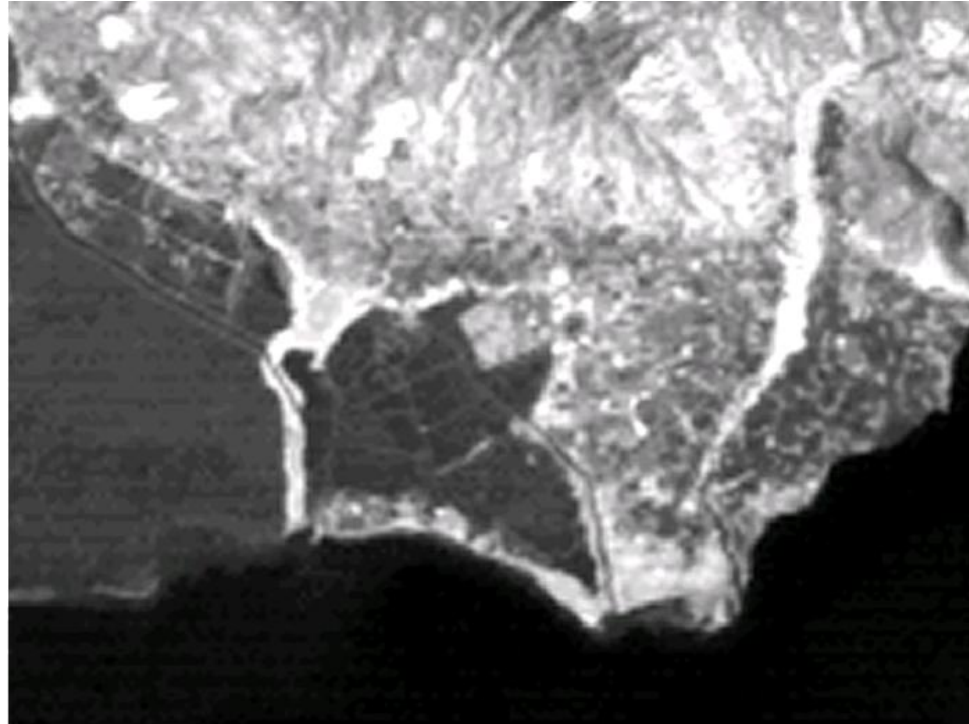
Εφαρμογές (4 από 7)



Τμήμα της RGB 321 εικόνας Landsat, από την παράκτια περιοχή Μεσολογγίου - Ευήνου.



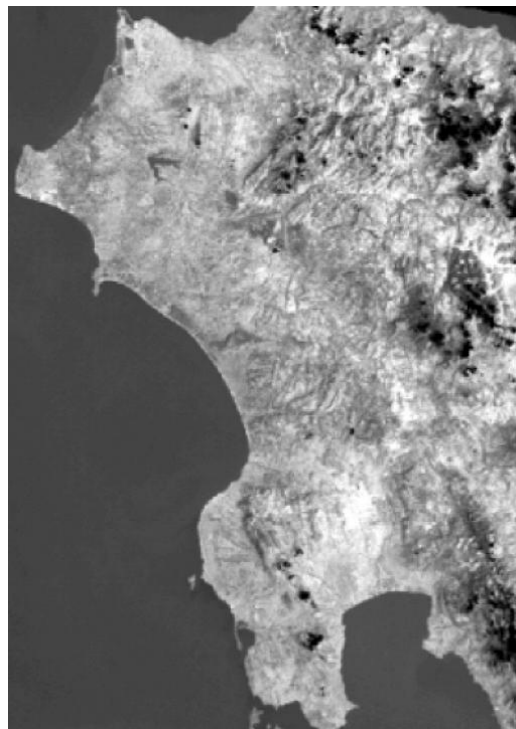
Εφαρμογές (5 από 7)



Τμήμα της θερμικής ζώνης 6 της εικόνας Landsat, από την παράκτια περιοχή Μεσολογίου - Ευήνου.



Εφαρμογές (6 από 7)



Εικόνα Landsat 7 ETM, ζώνη 6, από τη δυτική Πελοπόννησο.

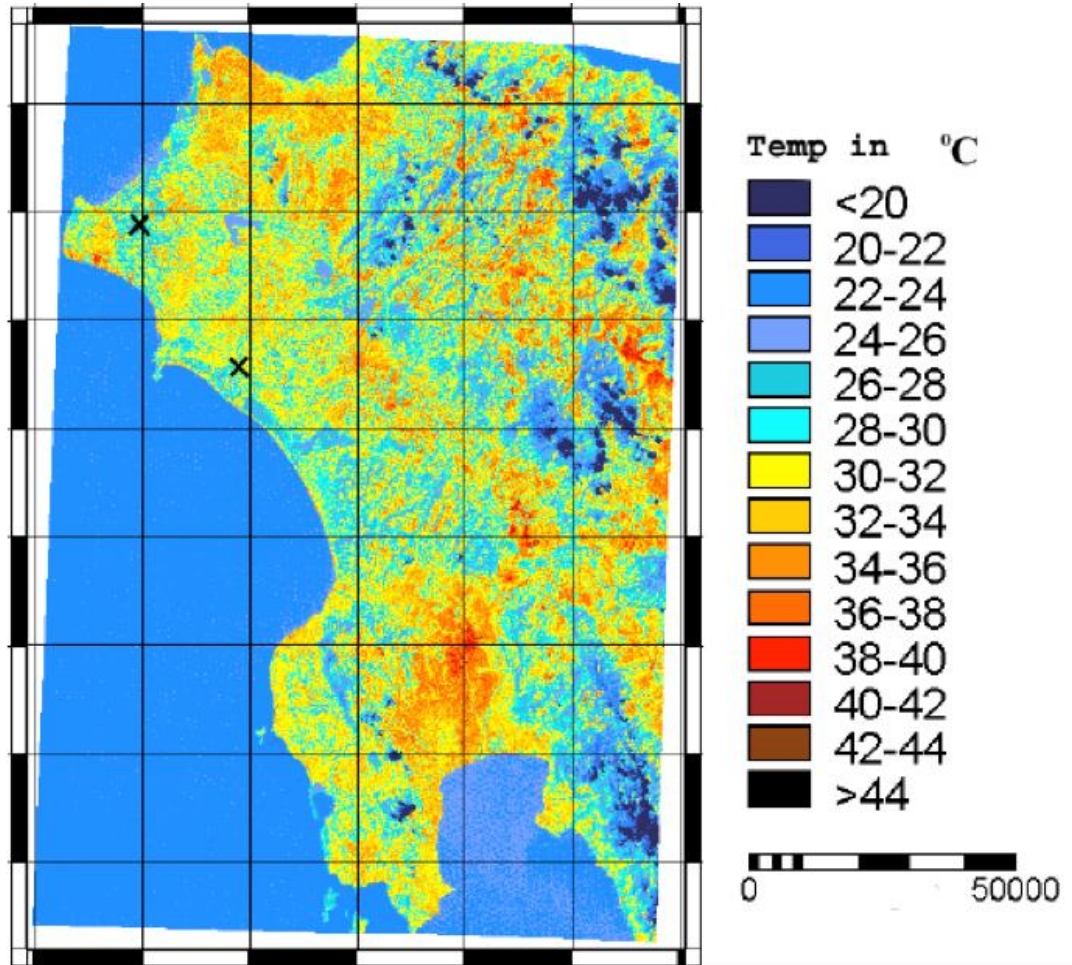


Εφαρμογές (7 από 7)

$$L = c \times DN$$

$$T = \frac{K_2}{\ln(K_1 / L) + 1} - 273$$

Ψηφιακός χάρτης
θερμοκρασιών της
δυτικής
Πελοποννήσου, που
υπολογίστηκαν με
βάση τα δεδομένα
της εικόνας Landsat.



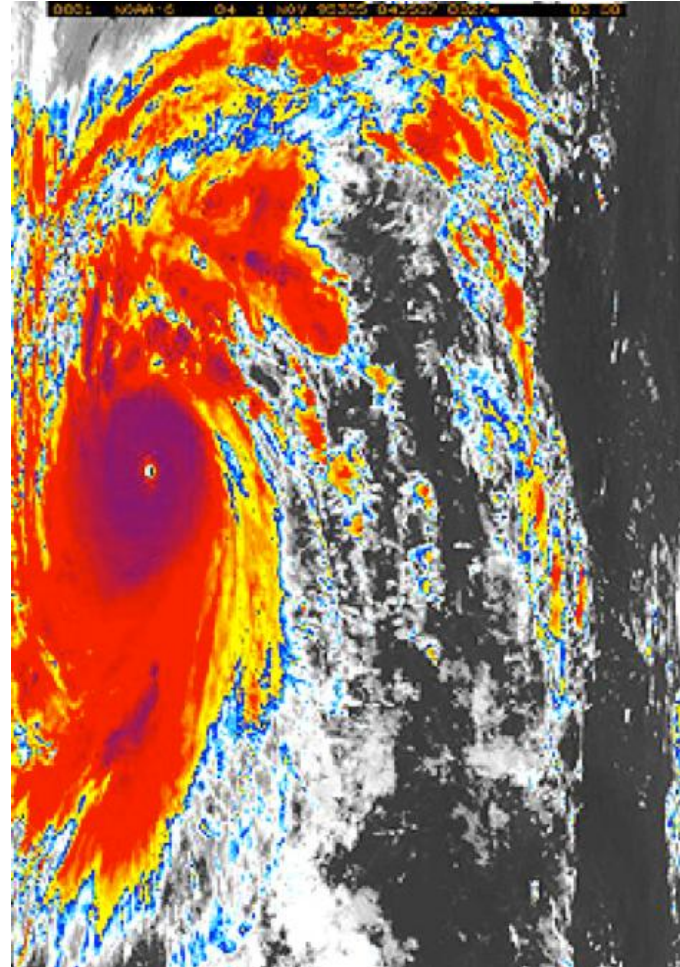
Συνοπτική αναφορά των εφαρμογών της τηλεπισκόπησης στο θερμικό υπέρυθρο

- Διάκριση πετρωμάτων
- Χαρτογράφηση επιφανειακής υγρασίας
- Χαρτογράφηση τεκτονικών ζωνών
- Εντοπισμός ζωνών πυρός σε δασική περιοχή
- Χαρτογράφηση περιοχών γεωθερμικής δραστηριότητας, παγόβουνων, πετρελαιοκηλίδων και υδάτινων ροών
- Παρακολούθηση ηφαιστειακής δραστηριότητας – εκτίμηση ηφαιστειακού κινδύνου



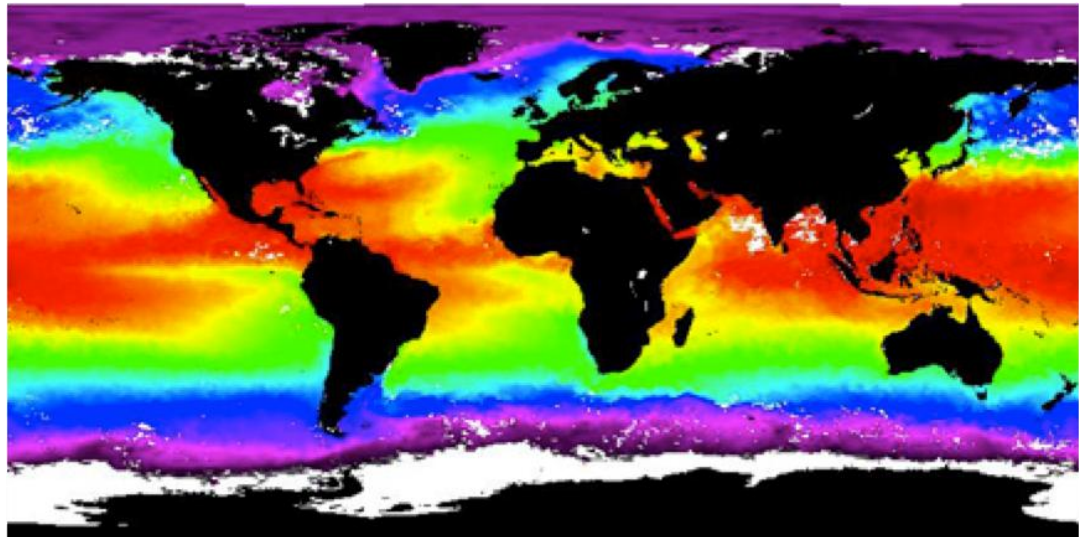
Ακτινοβολία θερμικού υπερύθρου και μετεωρολογικοί δορυφόροι (1 από 2)

Ψευδέγχρωμη απόδοση εικόνας θερμικού υπερύθρου του μετεωρολογικού δορυφόρου NOAA-6, πάνω από την περιοχή του δυτικού Ειρηνικού που πλήττεται από τον τυφώνα «Άντζελα», 11/11/1995



Ακτινοβολία θερμικού υπερύθρου και μετεωρολογικοί δορυφόροι (2 από 2)

Κατανομή των θερμοκρασιών των ωκεάνιων υδάτων, τον Ιούλιο του 1993, από δορυφορικά δεδομένα NOAA AVHRR



Τέλος Ενότητας

Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο

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 (1/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Διάγραμμα 1, Σελίδα 4: Transmission of energy through the atmosphere as a function of wavelength. Wavelength regions of high transmittance are atmospheric window. Gases responsible for absorption are noted / Copyright / Σύνδεσμος: <http://www.fao.org/docrep/003/t0355e/T0355E02.htm> / Πηγή: F. F. Sabins Jr "Remote Sensing: Principles and Interpretation" (1978)

Διάγραμμα 2, Σελίδα 9: Changes in radiant temperatures of five surface-cover types during a 24-hour thermal cycle / Copyright W.H. Freeman & Co., New York City / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect9/Sect9_4.html / Πηγή: F. F. Sabins Jr "Remote Sensing: Principles and Interpretation, 2nd Ed." (1987)



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαγράμματα 3-6, Σελίδες 11-14: Four sets of curves which show that differences in thermal inertia, reflectances, and emissivity of various materials and variable atmospheric radiance are important factors that modify the measured surface temperatures/ Public Domain / Σύνδεσμος:

http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect9/Sect9_4.html / Πηγή: Nicholas M. Short “Remote Sensing Tutorial” (NASA)

Διάγραμμα 7, Σελίδα 15: Different temperature vs depth profiles characterize different times of the day and night, as summarized in this diagram / Public Domain / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect9/Sect9_4.html / Πηγή: Nicholas M. Short “Remote Sensing Tutorial” (NASA)

Διάγραμμα 8, Σελίδα 22: Θερμικές υπογραφές πυριτικών πετρωμάτων /
Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διάγραμμα 9, Σελίδα 23: Θερμικές υπογραφές ανθρακικών πετρωμάτων /
Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 1, Σελίδα 24: Εικόνα Landsat 5 RGB 321 από την περιοχή Μεσολογίου -
ποταμού Ευήνου / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 2, Σελίδα 25: Ζώνη 6 (θερμικό υπέρυθρο) της εικόνας Landsat / Εικόνα
άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 3, Σελίδα 26: A full scene acquired at 9:32 P.M. on August 22, 1982 which
shows the familiar east half of Lake Erie, PA, and the western part of Lake Ontario,
NY / Public Domain / Σύνδεσμος:

http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect9/Sect9_6.html / Πηγή: Nicholas M. Short
“Remote Sensing Tutorial” (NASA)



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 4, Σελίδα 27: Τμήμα της RGB 321 εικόνας Landsat, από την παράκτια περιοχή Μεσολογγίου - Ευήνου / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 5, Σελίδα 28: Τμήμα της θερμικής ζώνης 6 της εικόνας Landsat, από την παράκτια περιοχή Μεσολογγίου - Ευήνου / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 6, Σελίδα 29: Εικόνα Landsat 7 ETM, ζώνη 6, από τη δυτική Πελοπόννησο / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 7, Σελίδα 30: Ψηφιακός χάρτης θερμοκρασιών της δυτικής Πελοποννήσου, που υπολογίστηκαν με βάση τα δεδομένα της εικόνας Landsat / Εικόνα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 8, Σελίδα 32: A NOAA-6 IR image, in which lighter tones are color-enhanced to bring out details, of Super Typhoon Angela in the western Pacific, shows its status on November 11, 1995 / Public Domain / Σύνδεσμος:

http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect14/Sect14_6.html / Πηγή: "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA), "The Department of Commerce"

Εικόνα 9, Σελίδα 33: Κατανομή των θερμοκρασιών των ωκεάνιων υδάτων, τον Ιούλιο του 1993, από δορυφορικά δεδομένα NOAA AVHRR / Public Domain / Σύνδεσμος: http://fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect14/Sect14_11.html / Πηγή: "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA), "The Department of Commerce"



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1, Σελίδα 7: Τιμές θερμικής αδράνειας για διαφορετικά υλικά / Πίνακας άγνωστης προέλευσης

