



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

Η έννοια της ψηφιακής εικόνας, τεχνικές
ψηφιακής ανάλυσης εικόνας

Επεξεργασία εικόνας



I. Προεπεξεργασία εικόνας (αποκατάσταση εικόνας, image restoration) (1 από 2)

- Αποκατάσταση χαμένων ή κατεστραμμένων γραμμών σάρωσης (συνήθως, λόγω κάποιου ελαττωματικού ανιχνευτή στο όργανο)
- Φιλτράρισμα τυχαίου θορύβου
- Απομάκρυνση ζωνωτού θορύβου (destriping)
- Απομάκρυνση της ατμοσφαιρικής επίδρασης.
- Γεωμετρικές διορθώσεις (λόγω κίνησης και καμπυλότητας της Γης, κίνησης του ίδιου του δορυφόρου, διαταραχών τροχιάς και ταχύτητας σάρωσης, κ.λπ.)



Ι. Προεπεξεργασία εικόνας (αποκατάσταση εικόνας, image restoration) (2 από 2)

- Γεωμετρικές διορθώσεις (λόγω κίνησης και καμπυλότητας της Γης, κίνησης του ίδιου του δορυφόρου, διαταραχών τροχιάς και ταχύτητας σάρωσης, κ.λπ.)
- Γεωαναφορά (georeference) της εικόνας, με τη βοήθεια σημείων ελέγχου στο έδαφος με γνωστές συντεταγμένες, για να μετασχηματισθεί όλη η εικόνα και να λάβει σωστές γεωγραφικές συντεταγμένες, σε ένα προβολικό σύστημα.
- Βελτίωση της χωρικής διακριτικής ικανότητας της εικόνας μέσω συγχώνευσης (image fusion)
- Τοπογραφικές διορθώσεις και ορθοαναγωγή



II.Βελτίωση εικόνας (image enhancement) (1 από 2)

- Βελτίωση αντίθεσης φωτεινότητας (contrast stretching) με γραμμική ή μη γραμμική έλκυση του ιστογράμματος, εξισορρόπηση του ιστογράμματος, κ.λπ.
- Ανίχνευση ορίων γραμμικών σχηματισμών και άλλων γραμμικών ορίων με χρήση φίλτρων. Υπάρχουν φίλτρα που επιτρέπουν την ανίχνευση ορίων σε συγκεκριμένες διευθύνσεις ή προς όλες τις διευθύνσεις (directional & non directional filters).
- Βελτίωση εικόνας με χρήση φίλτρων διαύγασης και εξομάλυνσης (sharpening, smoothing filters), καθώς και άλλων φίλτρων



II.Βελτίωση εικόνας (image enhancement) (2 από 2)

- Διαμέριση της πυκνότητας (density slicing), για ευκολότερη αναγνώριση από το φωτοερμηνευτή. Με την τεχνική αυτή το ιστόγραμμα της εικόνας διαμερίζεται σε περιοχές, σε κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχείται και ένα χρώμα.
- Σύνθεση απλών εικόνων για παραγωγή ψηφιακών μωσαϊκών και δημιουργία στερεοσκοπικών εικόνων



III.Εξαγωγή πληροφοριών (information extraction) (1 από 2)

- Σχηματισμός λόγου φασματικών ζωνών και δεικτών βλάστησης
- Ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA: Principal Component Analysis)
- Μετασχηματισμοί χρώματος. Ένας τέτοιος μετασχηματισμός είναι π.χ. από το σύστημα RGB - Red, Green, Blue στο σύστημα IHS (Intensity, Hue, Saturation).

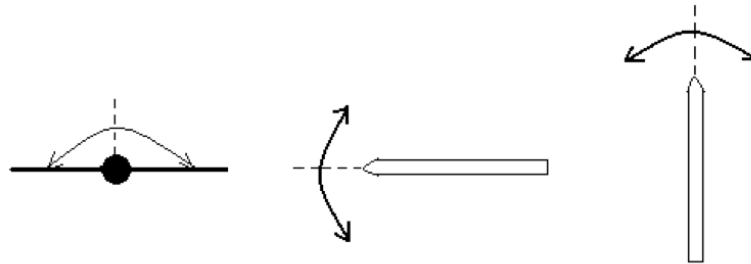


III.Εξαγωγή πληροφοριών (information extraction) (2 από 2)

- Δημιουργία εικόνων μεταβολής χαρακτηριστικών ως προς το χρόνο
- Αναγνώριση υφής
- Ταξινόμηση εικόνας



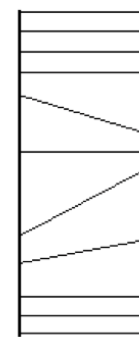
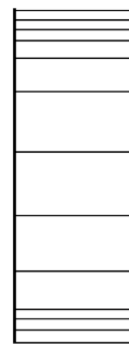
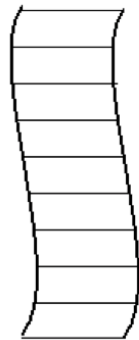
Γεωμετρικές παραμορφώσεις της εικόνας



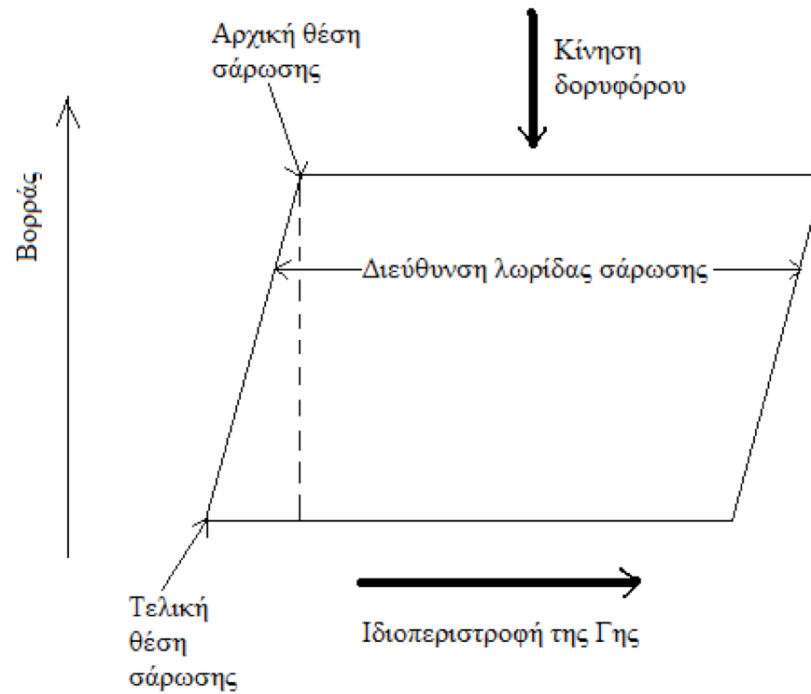
Κύλιση

Μετάπτωση

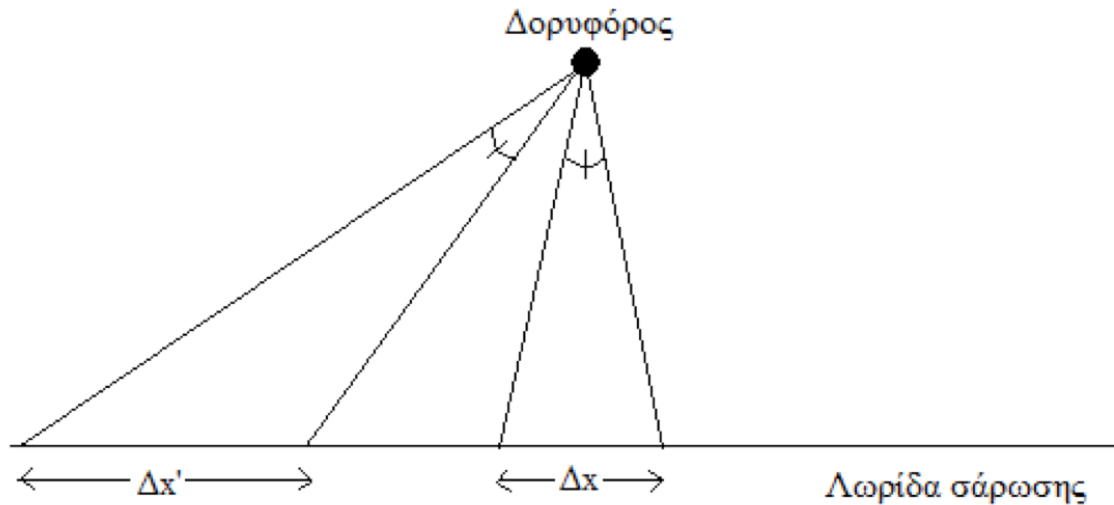
Εκτροπή



Παραμορφώσεις λόγω ιδιοπεριστροφής της Γης

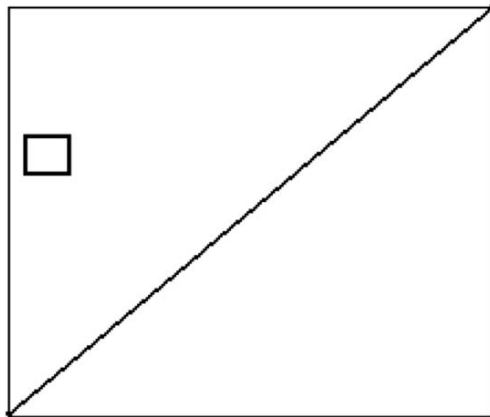


Πανοραμική παραμόρφωση (1 από 2)

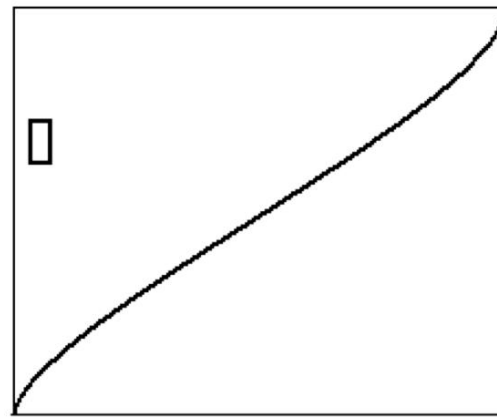


Πανοραμική παραμόρφωση λόγω σταθερού IFOV.

Πανοραμική παραμόρφωση (2 από 2)



Χωρίς πανοραμική παραμόρφωση

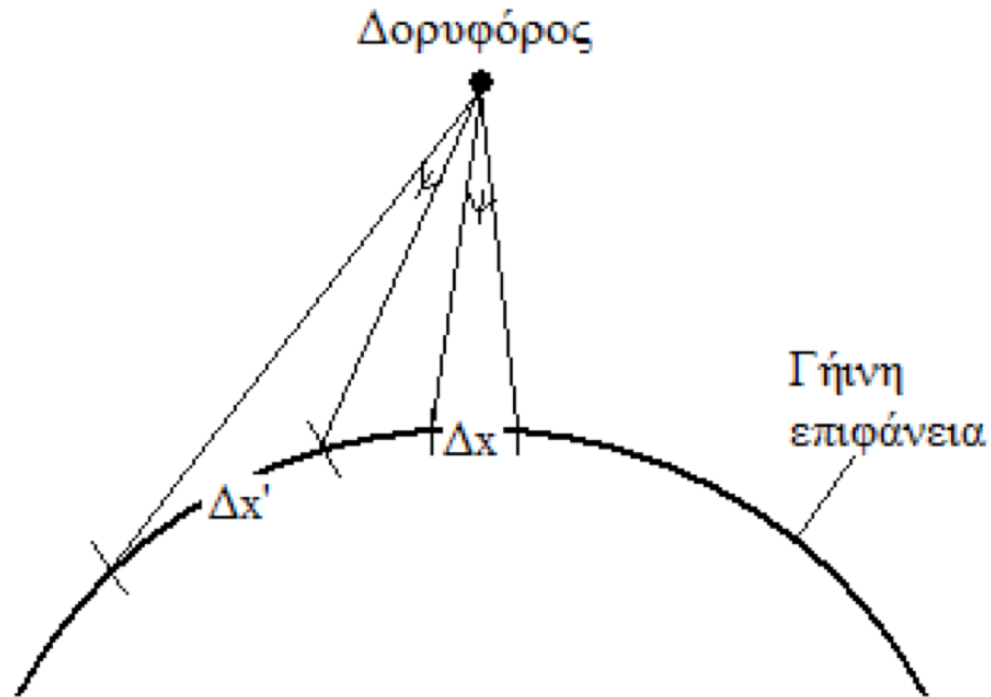


Με πανοραμική παραμόρφωση

Εικόνα της γήινης επιφάνειας, χωρίς και με πανοραμική παραμόρφωση.



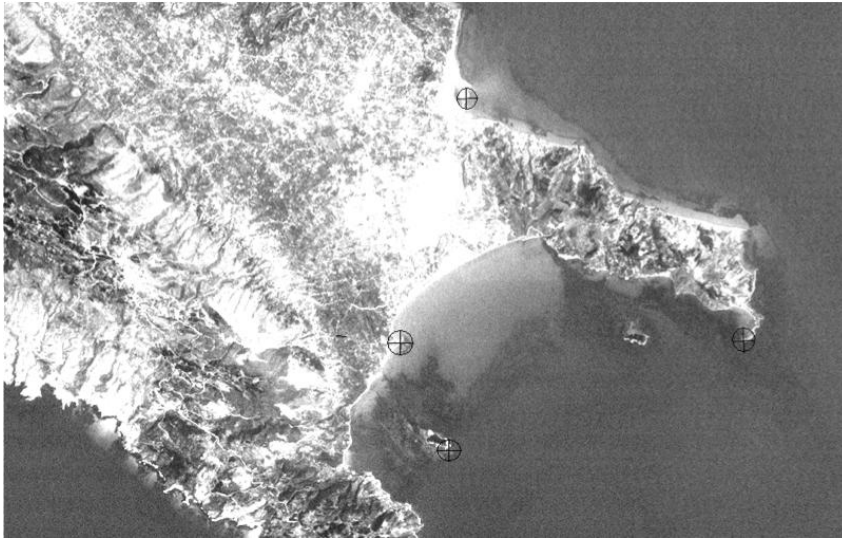
Παραμόρφωση λόγω καμπυλότητας της γήινης επιφάνειας



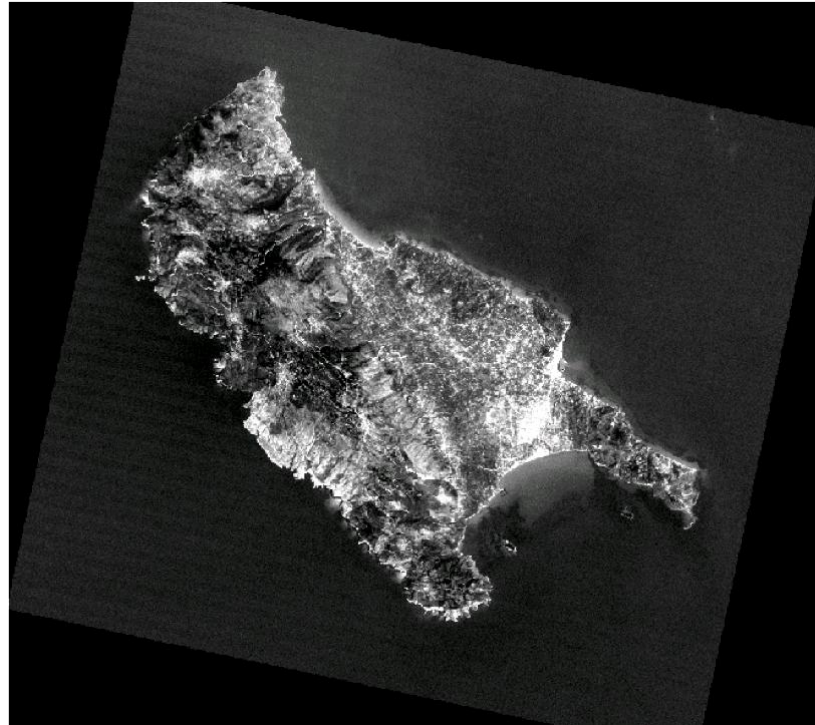
Γεωαναφορά ψηφιακής εικόνας (1 από 4)



Γεωαναφορά ψηφιακής εικόνας (2 από 4)



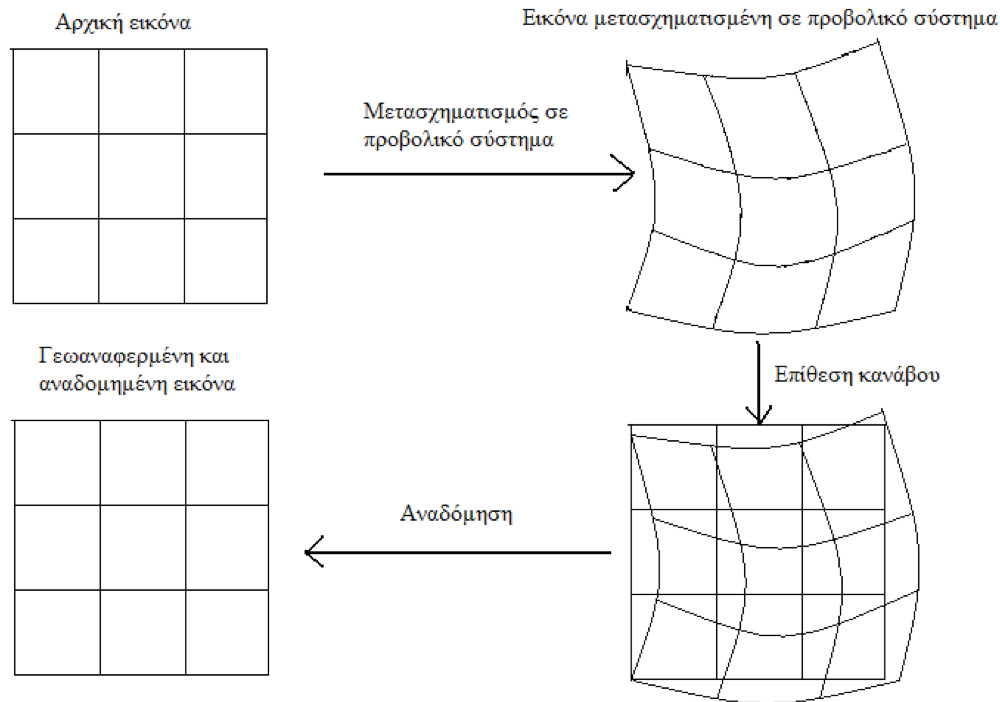
Γεωαναφορά ψηφιακής εικόνας (3 από 4)



Η γεωαναφερμένη στο σύστημα EGSA '87
και αναδομημένη εικόνα Landsat.



Γεωαναφορά ψηφιακής εικόνας (4 από 4)



Αφινικός μετασχηματισμός

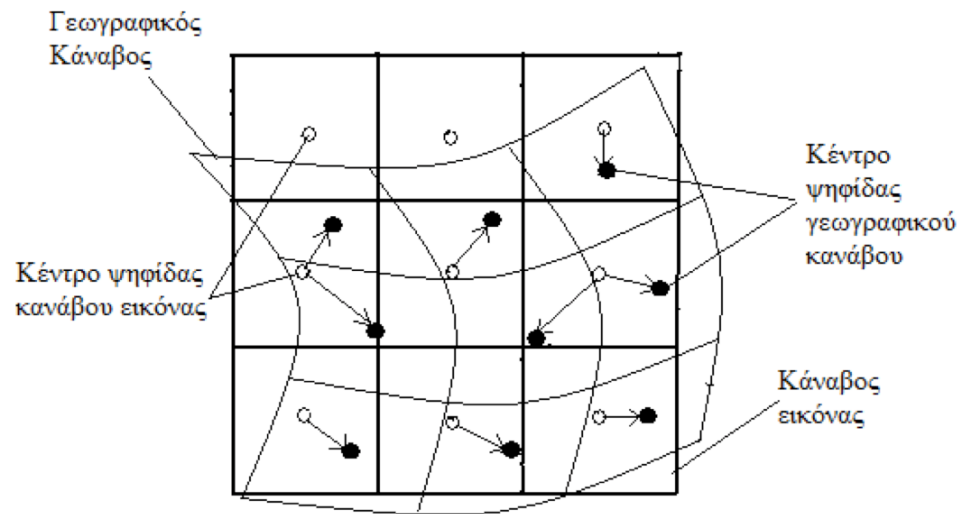
$$x = a_1 x_{im} + b_1 y_{im} + c_1 \quad y = a_2 x_{im} + b_2 y_{im} + c_2 \quad m = (GT \times G) - 1 \times GT \times d$$

$$\mathbf{m} = \begin{pmatrix} \hat{e} a_{1(2)} \hat{u} \\ \hat{e} b_{1(2)} \hat{u} \\ \hat{e} c_{1(2)} \hat{u} \end{pmatrix} \quad \mathbf{G} = \begin{pmatrix} \hat{e} x_{im,1} & y_{im,1} & 1 \hat{u} \\ \hat{e} \dots & \dots & \dots \hat{u} \\ \hat{e} x_{im,i} & y_{im,i} & 1 \hat{u} \\ \hat{e} \dots & \dots & \dots \hat{u} \\ \hat{e} x_{im,N} & y_{im,N} & 1 \hat{u} \end{pmatrix} \quad \mathbf{d} = \begin{pmatrix} \hat{e} x_1(y_1) \hat{u} \\ \hat{e} \dots \hat{u} \\ \hat{e} x_i(y_i) \hat{u} \\ \hat{e} \dots \hat{u} \\ \hat{e} x_N(y_N) \hat{u} \end{pmatrix}$$

$$rms = \sqrt{\sum_{i=1}^N [(x_{i,es} - x_i)^2 + (y_{i,es} - y_i)^2] / N}$$



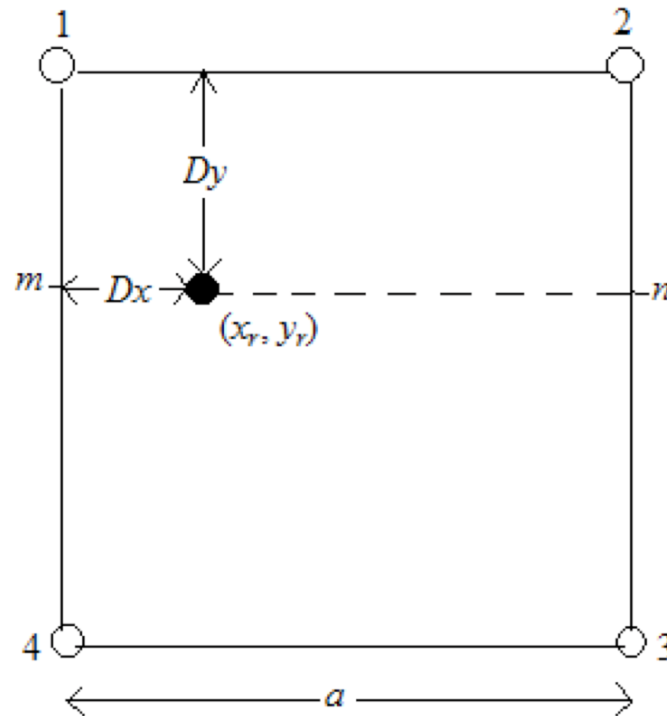
Αναδόμηση εικόνας (1 από 4)



Αναδόμηση εικόνας με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα.



Αναδόμηση εικόνας (2 από 4)



Αναδόμηση με διγραμμικό μετασχηματισμό.



Αναδόμηση εικόνας (3 από 4)

Η αναδόμηση χρειάζεται σε περιπτώσεις όπου:

- συνδυάζονται ψηφιδωτά (raster) αρχεία από διάφορες πηγές, με διαφορετικό μέγεθος εικονοστοιχείου ή/και διαφορετικά προβολικά συστήματα
- συνδυάζονται δορυφορικές εικόνες της ίδιας περιοχής που ελήφθησαν σε διαφορετικό χρόνο
- συνδυάζονται δορυφορικές εικόνες ή ψηφιακές αεροφωτογραφίες με ψηφιδωποιημένα διανυσματικά αρχεία
- συνδυάζονται αεροφωτογραφίες για παραγωγή φωτομωσαϊκού



Ατμοσφαιρική διόρθωση εικόνας (1 από 2)

- Σχετική
- Απόλυτη



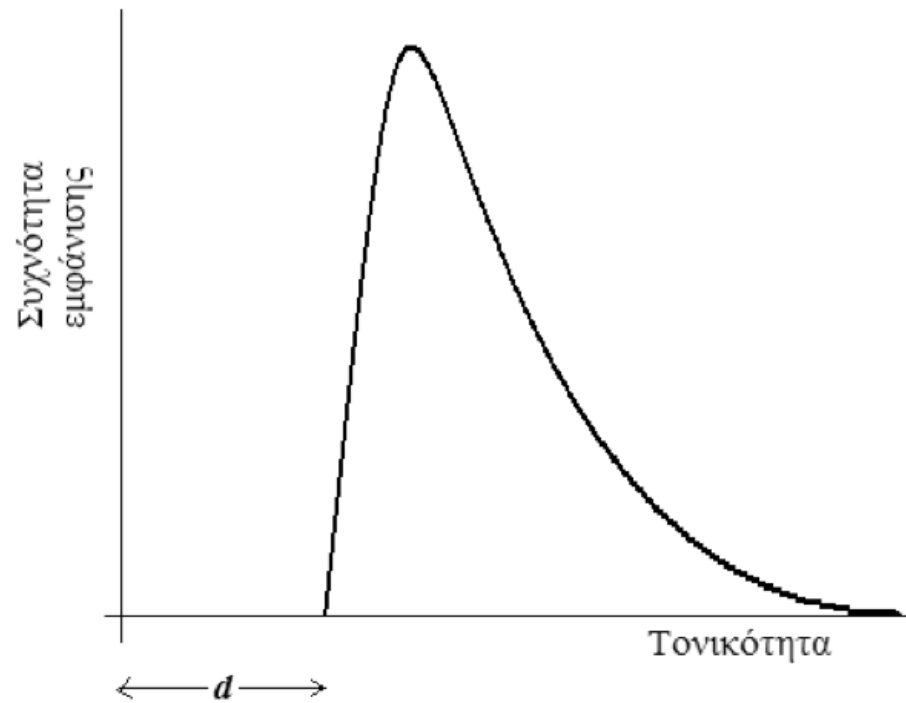
Ατμοσφαιρική διόρθωση εικόνας (2 από 2)

Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις θεωρούνται ένα απαραίτητο και σημαντικό βήμα για τη βελτίωση και την καλύτερη αξιοποίηση των δορυφορικών δεδομένων καθώς:

- είναι δυνατόν να μειωθούν οι επιδράσεις της ατμόσφαιρας
- μπορούν να συγκριθούν διαχρονικά εικόνες διαφορετικών εποχών και να είμαστε σίγουροι, ότι οι αλλαγές που καταγράφονται στις γεωμορφές είναι μόνιμες και όχι εποχιακές
- μπορούν να συγκριθούν δεδομένα από διαφορετικούς δορυφόρους



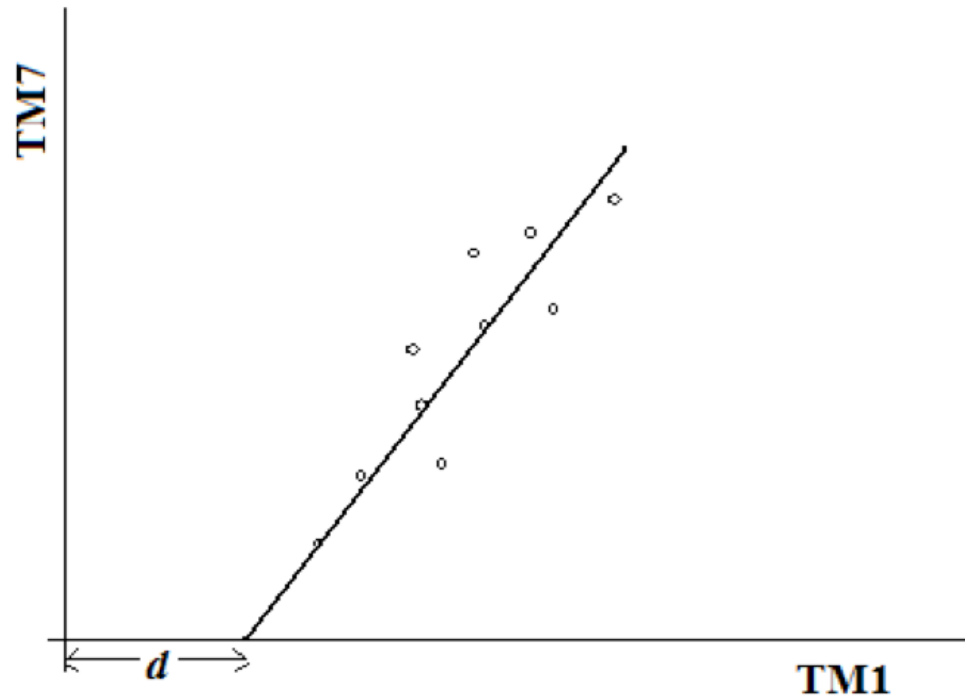
Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση (1 από 4)



$$BV' = BV - d$$



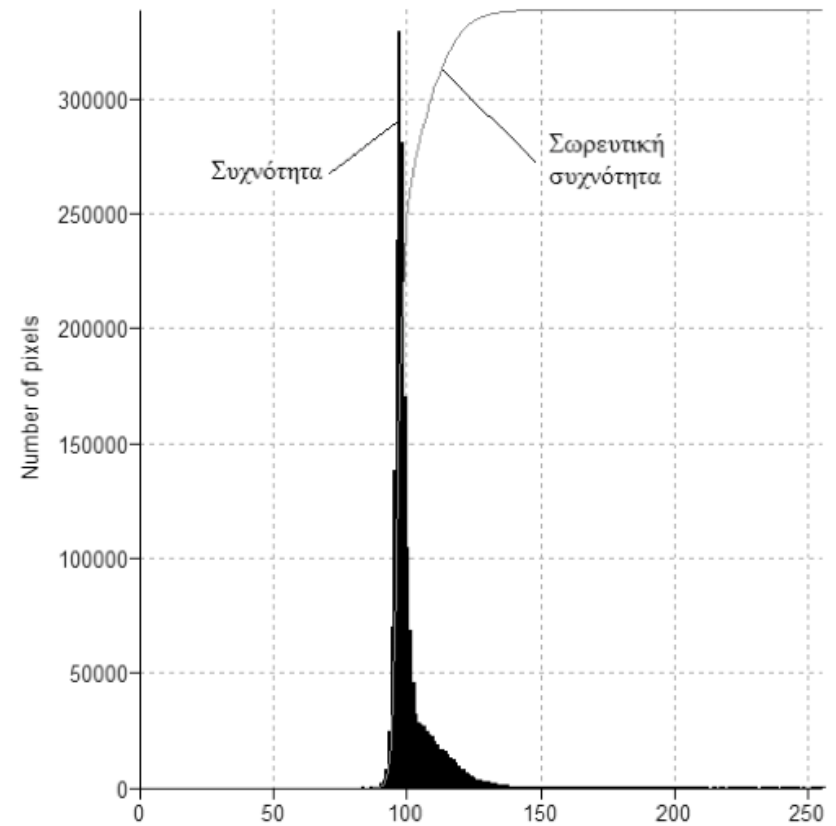
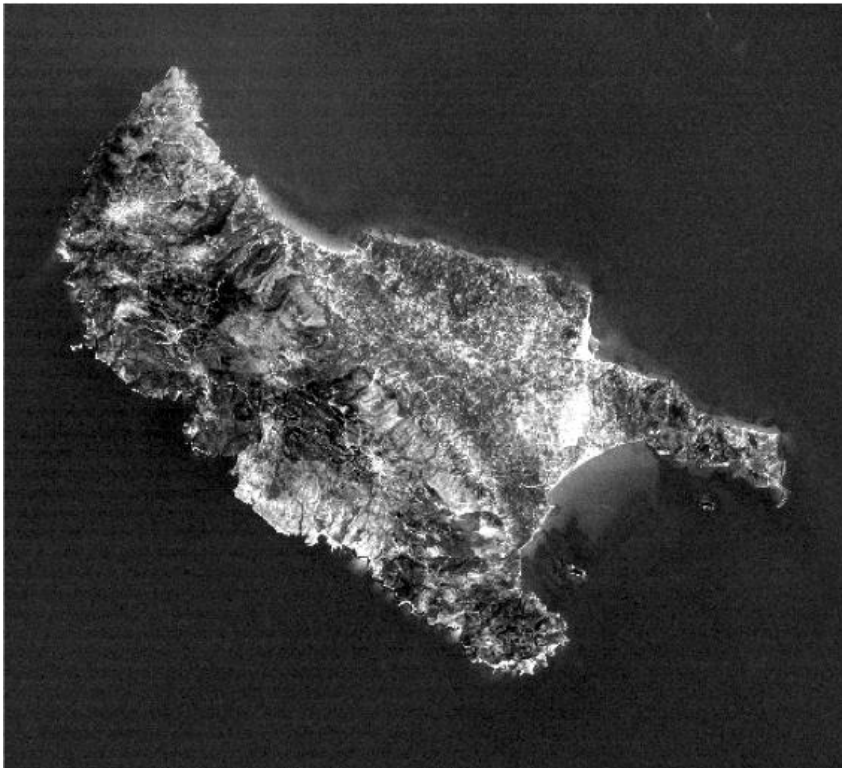
Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση (2 από 4)



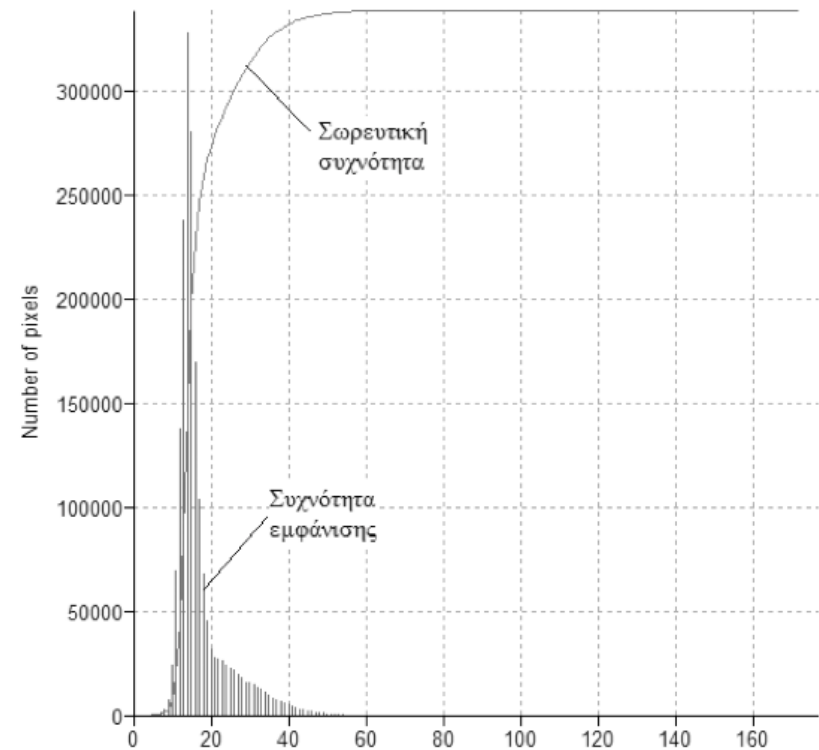
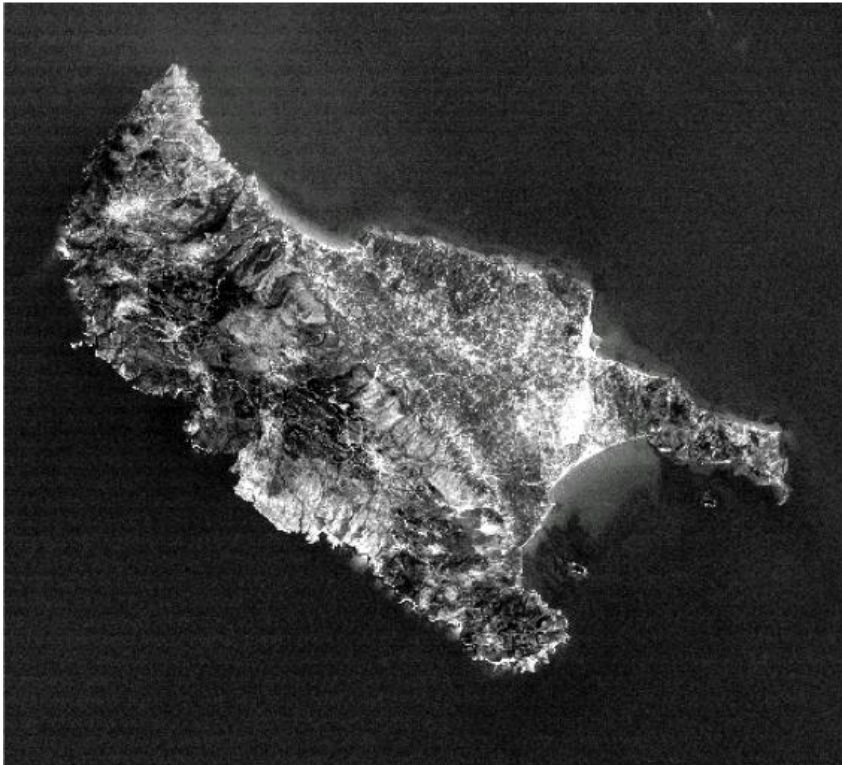
$$BV' = BV - d$$



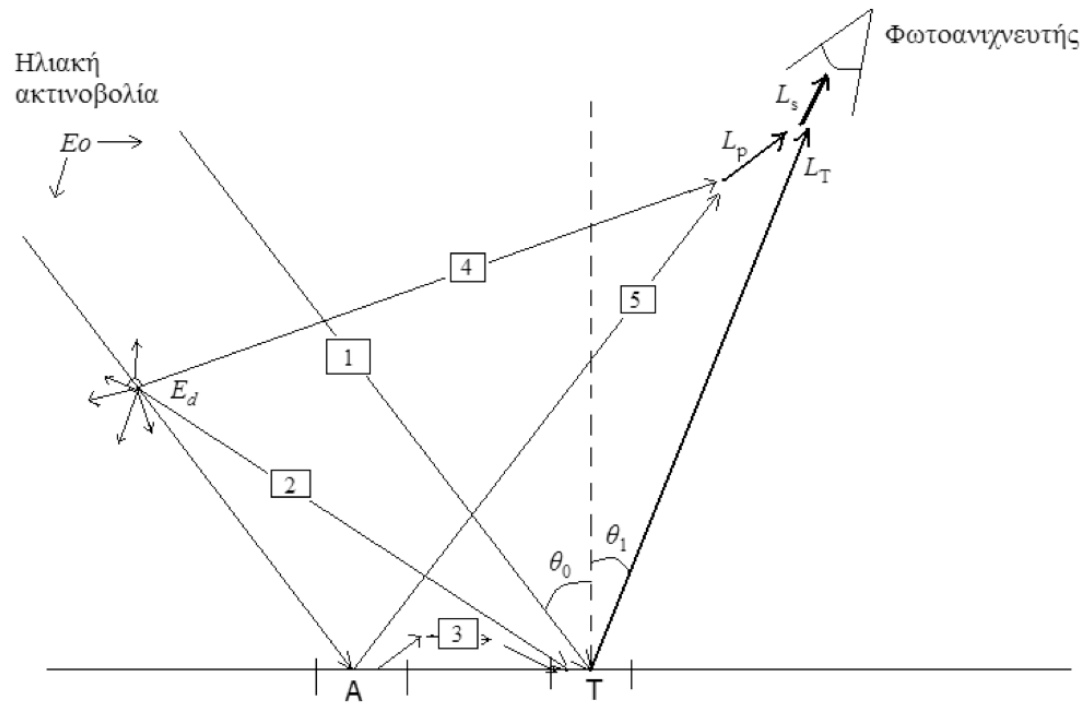
Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση (3 από 4)



Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση (4 από 4)



Απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση (1 από 3)



$$r_l = \frac{\rho \left(K \square BV + L_{\min} - L_p \right)}{t_{q_1} \left(E_{0D/} \square t_{q_0} \cos q_0 \square D/ + E_d \right)}$$



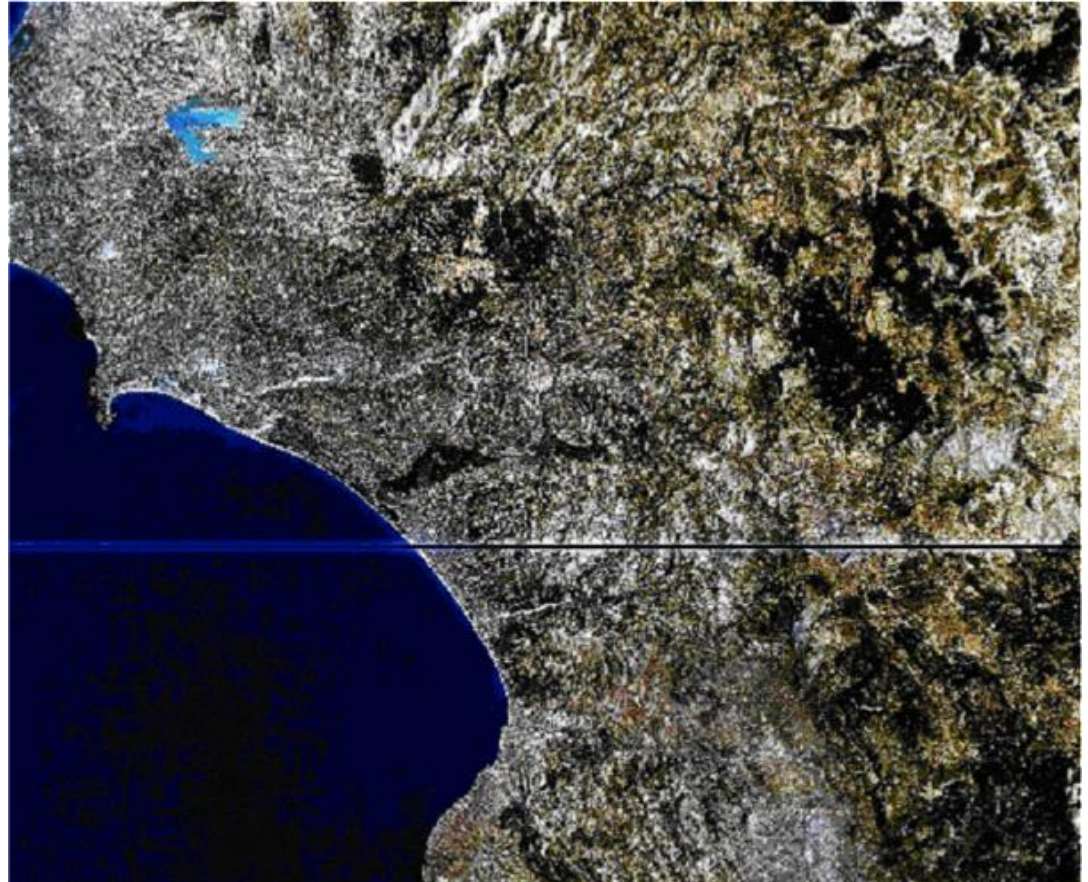
Απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση (2 από 3)

Εικόνα Landsat 7
ETM 321 RGB από
τη δυτική
Πελοπόννησο.

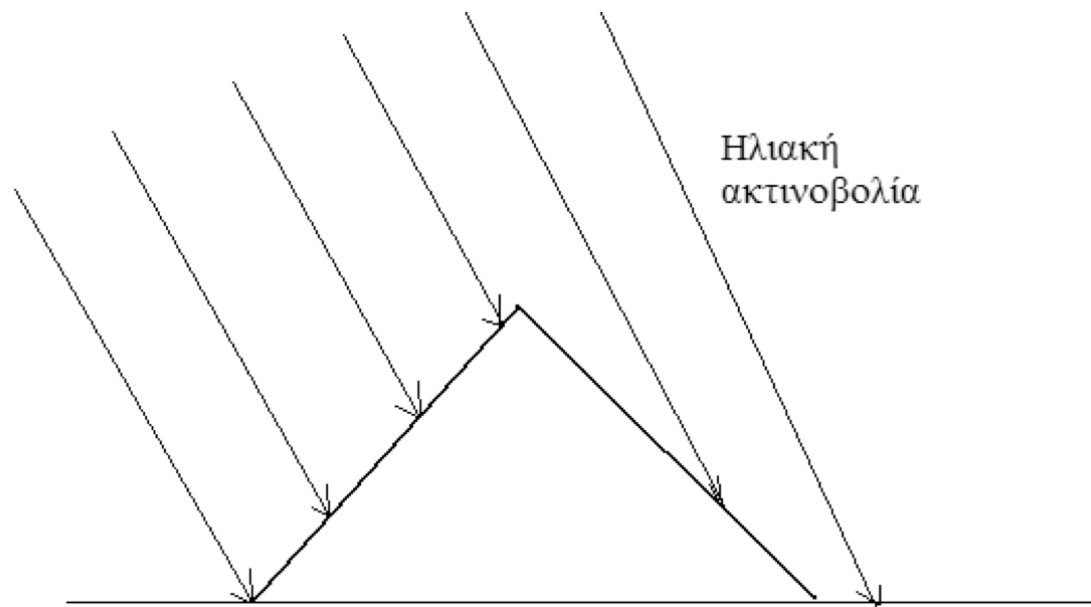


Απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση (3 από 3)

Η ατμοσφαιρικά διορθωμένη εικόνα Landsat της δυτικής Πελοποννήσου, με το εργαλείο ATCOR 2 του λογισμικού ERDAS Imagine, για ατμόσφαιρα σε θαλάσσιο περιβάλλον.



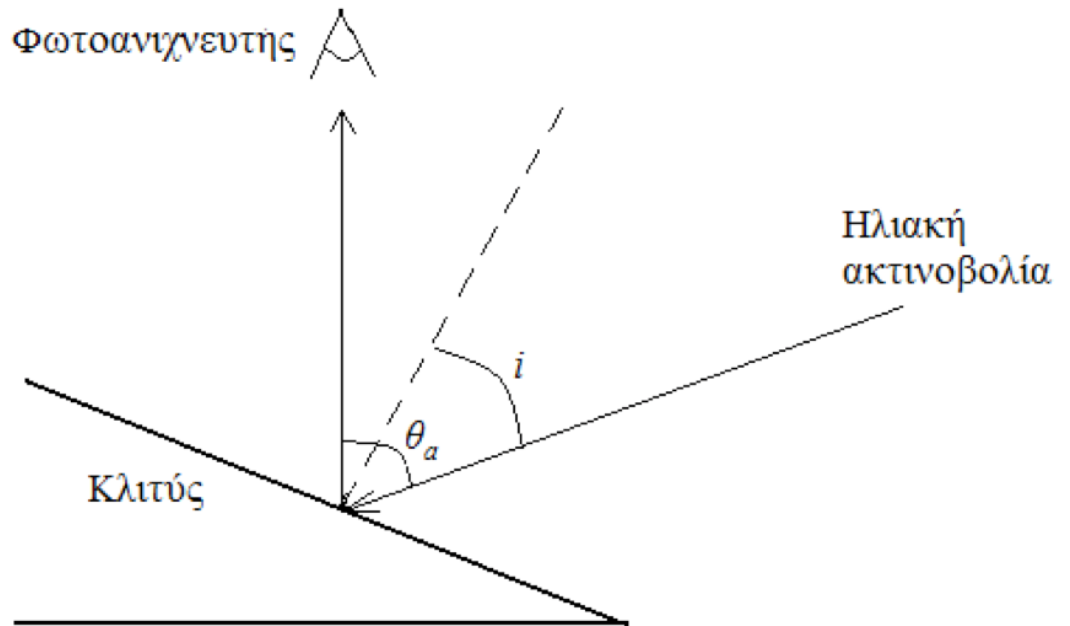
Τοπογραφική διόρθωση τιμών ακτινοβολίας (1 από 2)



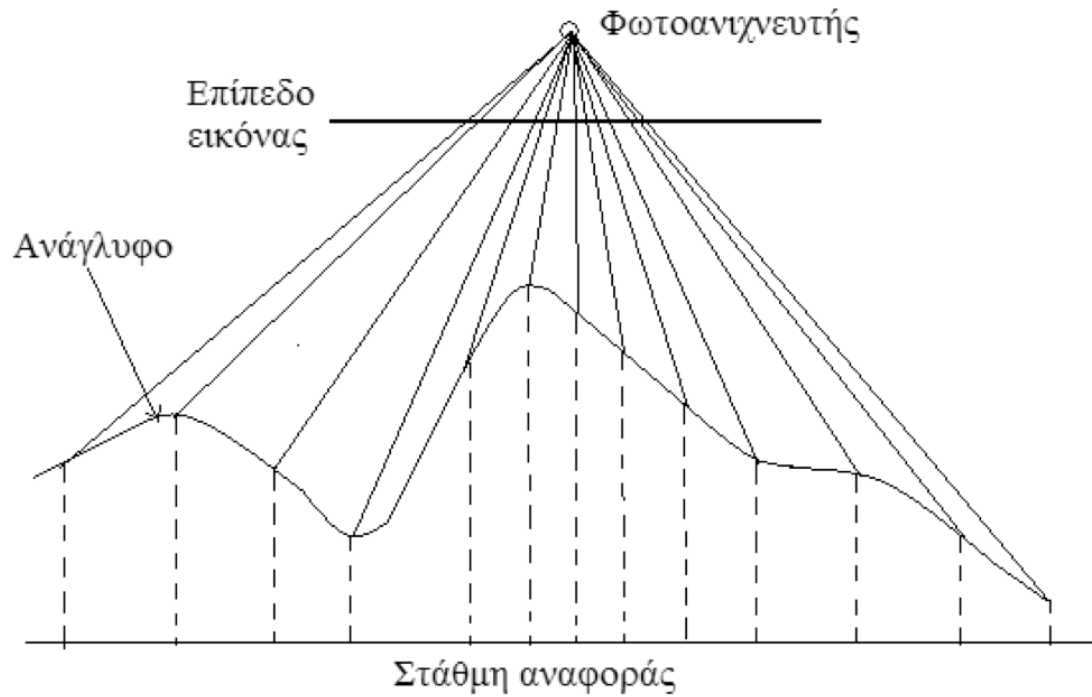
Τοπογραφική διόρθωση τιμών ακτινοβολίας (2 από 2)

Η γεωμετρία της τοπογραφικής διόρθωσης.

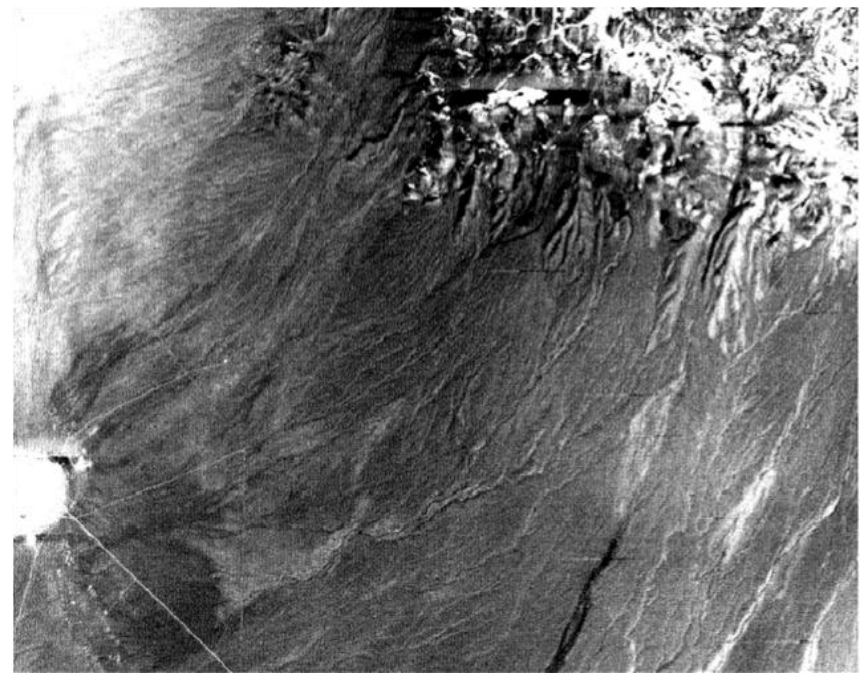
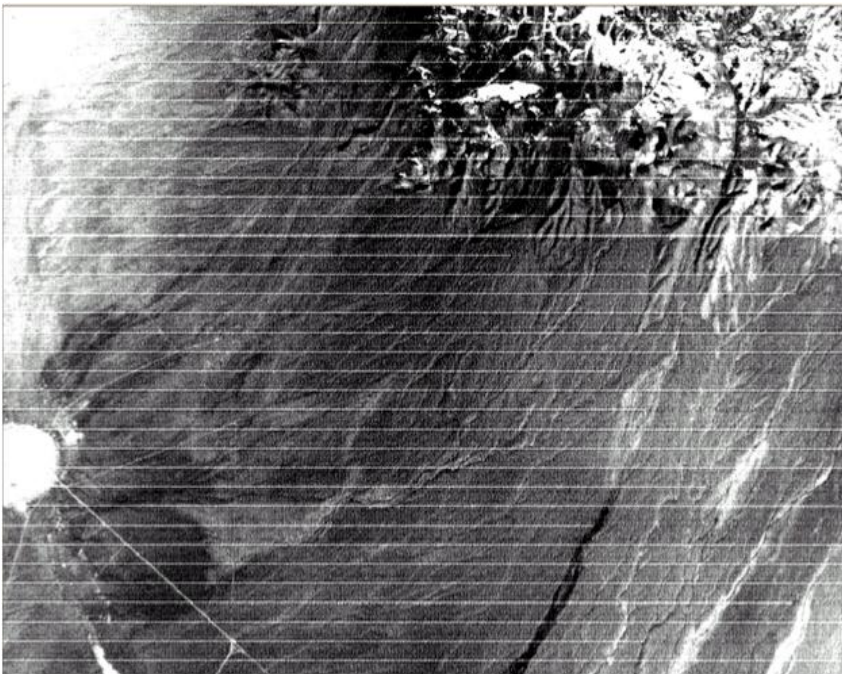
$$L_H = L_T \times \frac{\cos \theta_a}{\cos i} \frac{\ddot{\theta}^k}{\ddot{\theta}}$$



Ορθοαναγωγή



Απομάκρυνση τυχαίου θορύβου - απομάκρυνση ζωνωτού θορύβου



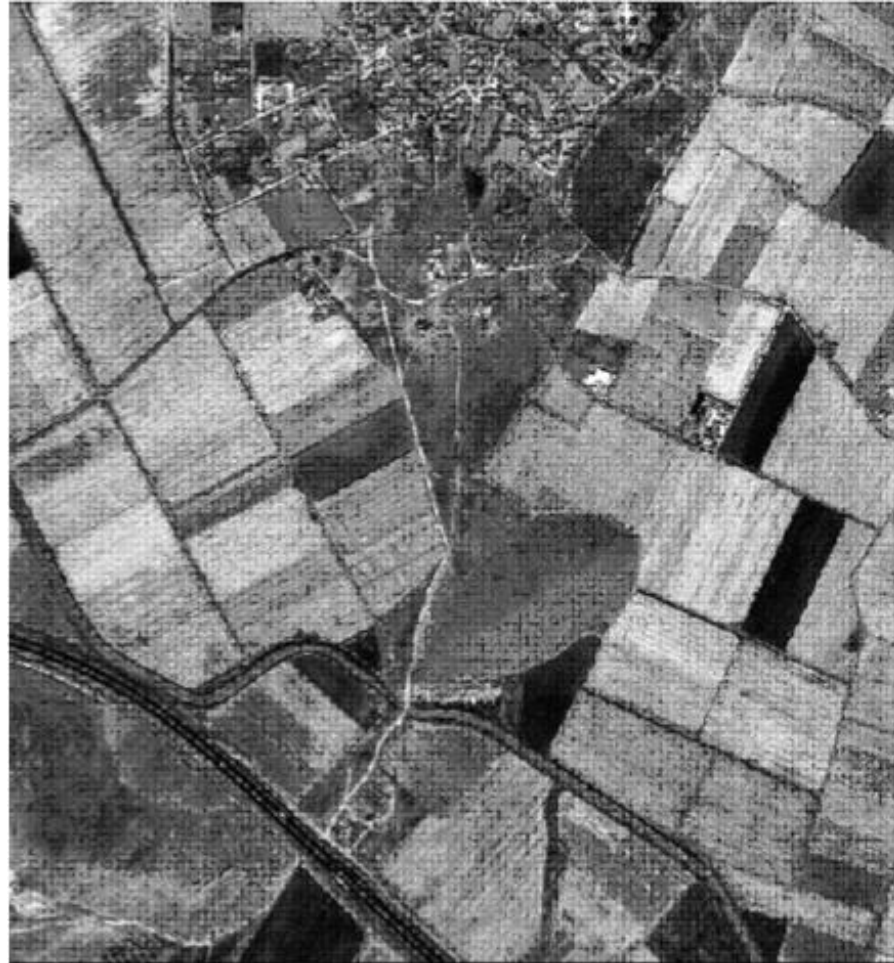
Συγχώνευση (1 από 6)

Η αρχική
πολυφασματική
εικόνα Ikonos με
χωρική διακριτική
ικανότητα
τεσσάρων μέτρων.



Συγχώνευση (2 από 6)

Η αρχική
παγχρωματική
εικόνα Ikonos με
χωρική διακριτική
ικανότητα ενός
μέτρου.



Συγχώνευση (3 από 6)

Η τελική
συγχωνευμένη
εικόνα Ikonos, που
παράχθηκε με το
μετασχηματισμό
Brovey, και που
έχει χωρική
διακριτική
ικανότητα ενός
μέτρου.



Συγχώνευση (4 από 6)

Μετασχηματισμός
Brovey

$$BV_{f,1} = \frac{BV_{lr,1}}{BV_{lr,1} + BV_{lr,2} + BV_{lr,3}} \times BV_{hr}$$

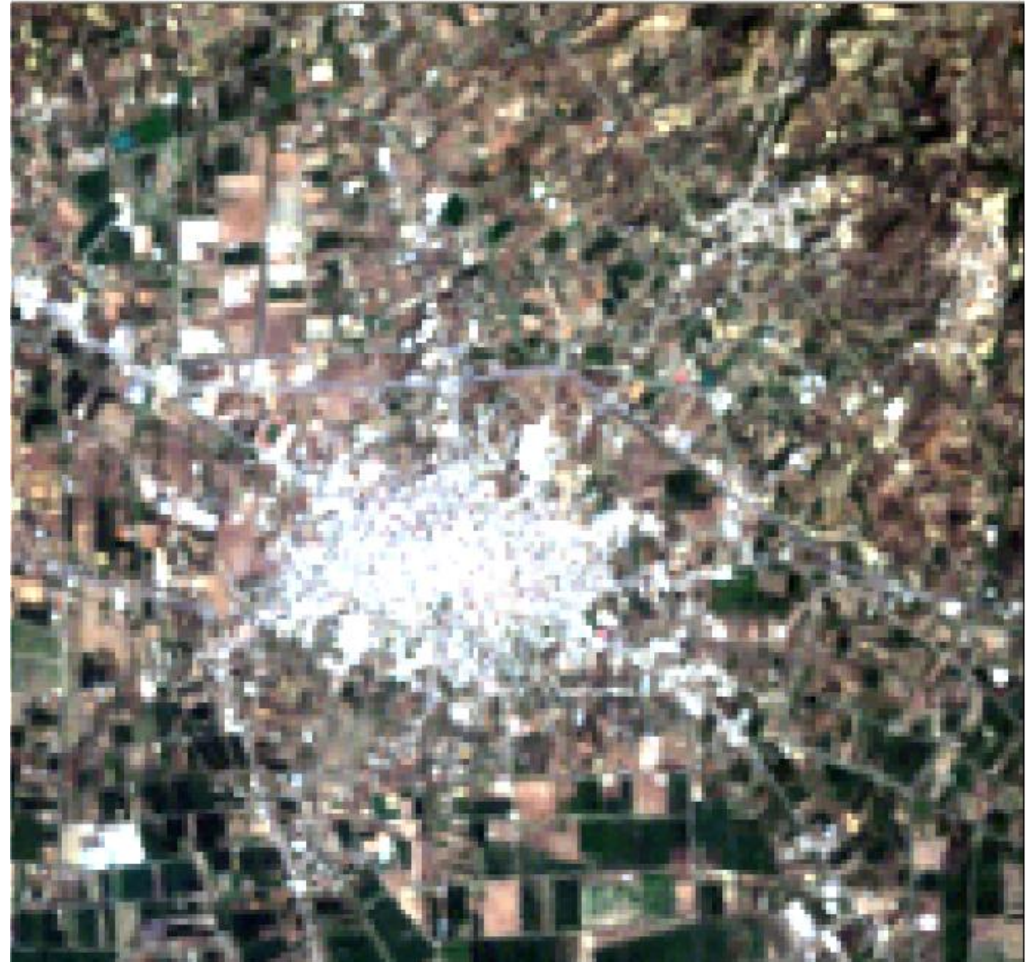
$$BV_{f,2} = \frac{BV_{lr,2}}{BV_{lr,1} + BV_{lr,2} + BV_{lr,3}} \times BV_{hr}$$

$$BV_{f,3} = \frac{BV_{lr,3}}{BV_{lr,1} + BV_{lr,2} + BV_{lr,3}} \times BV_{hr}$$



Συγχώνευση (5 από 6)

Εικόνα Landsat
ETM από την
περιοχή Πύργου
Ηλείας, με χωρική
διακριτική
ικανότητα 30m.



Συγχώνευση (6 από 6)

Το αποτέλεσμα της συγχώνευσης, μέσω ανάλυσης κυρίων συνιστωσών, της εικόνας Landsat ETM με το παγχρωματικό κανάλι της εικόνας Landsat Pan από την ίδια περιοχή.



Τέλος Ενότητας

Η έννοια της ψηφιακής εικόνας, τεχνικές
ψηφιακής ανάλυσης εικόνας

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 (1/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Σχήμα 1, Σελίδα 11: Γεωμετρικές παραμορφώσεις της εικόνας / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 2, Σελίδα 12: Παραμορφώσεις λόγω ιδιοπεριστροφής της Γης / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 3, Σελίδα 13: Πανοραμική παραμόρφωση λόγω σταθερού IFOV / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 4, Σελίδα 14: Εικόνα της γήινης επιφάνειας, χωρίς και με πανοραμική παραμόρφωση / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Σχήμα 5, Σελίδα 15: Παραμόρφωση λόγω καμπυλότητας της γήινης επιφάνειας / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 1, Σελίδα 16: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Εικόνα 2, Σελίδα 17: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Εικόνα 3, Σελίδα 17: Λεπτομέρεια χάρτη Ζακύνθου / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 4, Σελίδα 18: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Σχήμα 6, Σελίδα 19: Γεωαναφορά ψηφιακής εικόνας / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 7, Σελίδα 21: Αναδόμηση εικόνας με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 8, Σελίδα 22: Αναδόμηση με διγραμμικό μετασχηματισμό / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Διάγραμμα 1, Σελίδα 26: Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση / Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Διάγραμμα 2, Σελίδα 27: Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση / Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 5, Σελίδα 28: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Εικόνα 6 (ιστόγραμμα), Σελίδα 28: Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση / Ιστόγραμμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 7, Σελίδα 29: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Εικόνα 8 (ιστόγραμμα), Σελίδα 29: Σχετική ατμοσφαιρική διόρθωση / Ιστόγραμμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 9, Σελίδα 30: Απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 10, Σελίδα 31: Εικόνα Landsat 7 ETM 321 RGB από τη δυτική Πελοπόννησο / Public Domain / Πηγή: NASA World Wind

Εικόνα 11, Σελίδα 32: Η ατμοσφαιρικά διορθωμένη εικόνα Landsat της δυτικής Πελοποννήσου, με το εργαλείο ATCOR 2 του λογισμικού ERDAS Imagine / Public Domain / Πηγή: NASA World Wind

Σχήμα 10, Σελίδα 33: Ηλιακή ακτινοβολία / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 11, Σελίδα 34: Η γεωμετρία της τοπογραφικής διόρθωσης / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

Σχήμα 12, Σελίδα 35: Ορθοαναγωγή / Σχήμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 12-13, Σελίδα 36: Απομάκρυνση τυχαίου θορύβου - απομάκρυνση ζωνωτού θορύβου / Εικόνες άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 14, Σελίδα 37: Η αρχική πολυφασματική εικόνα Ikonos με χωρική διακριτική ικανότητα τεσσάρων μέτρων / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 15, Σελίδα 38: Η αρχική παγχρωματική εικόνα Ikonos με χωρική διακριτική ικανότητα ενός μέτρου / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 16, Σελίδα 39: Η τελική συγχωνευμένη εικόνα Ikonos, που παράχθηκε με το μετασχηματισμό Brovey / Εικόνα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 17, Σελίδα 41: Εικόνα Landsat ETM από την περιοχή Πύργου Ηλείας / Public Domain / Πηγή: NASA World Wind



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 18, Σελίδα 42: Το αποτέλεσμα της συγχώνευσης, μέσω ανάλυσης κυρίων συνιστωσών, της εικόνας Landsat ETM με το παγχρωματικό κανάλι της εικόνας Landsat Pan από την ίδια περιοχή / Public Domain / Πηγή: NASA World Wind

