

Η χρήση των δορυφορικών εικόνων IKONOS για την παραγωγή ορθοφωτογραφιών

Μ. Μπισδάρη, Α.Μ. Ξυνταρλάκη,

Χ. Ιωαννίδης, Α. Γεωργόπουλος

Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας

ΣΑΤΜ, ΕΜΠ

Σκοπός

Διερεύνηση της χρησιμότητας και αποδοτικότητας των δορυφορικών εικόνων IKONOS-2 της SpaceImagine, για την παραγωγή:

- Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους και
- Ορθοφωτογραφιών

Χαρακτηριστικά του IKONOS-2

- Γεωμετρική ανάλυση: 1m στο παγχρωματικό κανάλι
4m στα πολυφασματικά κανάλια
- Ύψος τροχιάς: 681 km (ηλιοσύγχρονη)
- Αισθητήρας: Επιφανειακός 1K x 1K (Kodak)
- Τρόπος δημιουργίας εικόνας: 'whisk-broom'
- Μέγεθος σκηνής: 11km πλάτος σάρωσης σε κατακόρυφη λήψη
13km x 13km εύρος τυπικής σκηνής
- Δέκτες GPS Rockwell C/A κώδικα

Παράγοντες καθορισμού Γεωμετρίας Δορυφορικού Συστήματος

- Είδος αισθητήρα: Γραμμικοί, Επιφανειακοί
- Τρόπος δημιουργίας εικόνας
- Μαθηματικό μοντέλο δεκτών
 - Αυστηροί γεωμετρικοί αλγόριθμοι
 - Προσεγγιστικό μαθηματικό μοντέλο:
Πολυώνυμα $I=f_1(X, Y, Z)$ $J=f_2(X, Y, Z)$
Κλάσματα πολυωνυμικής μορφής -
rational functions

$$I = \frac{f(X,Y,Z)}{g(X,Y,Z)} = \frac{a_0 + a_1X + a_2Y + a_3Z + a_4XY + a_5XZ + a_6YZ + a_7XYZ + a_8X^2 + a_9Y^2 + a_{10}Z^2 + a_{11}X^3 + a_{12}X^2Y + a_{13}X^2Z + a_{14}XY^2 + a_{15}Y^3 + a_{16}Y^2Z + a_{17}XZ^2 + a_{18}YZ^2 + a_{19}Z^3}{1 + c_1X + c_2Y + c_3Z + c_4XY + c_5XZ + c_6YZ + c_7XYZ + c_8X^2 + c_9Y^2 + c_{10}Z^2 + c_{11}X^3 + c_{12}X^2Y + c_{13}X^2Z + c_{14}XY^2 + c_{15}Y^3 + c_{16}Y^2Z + c_{17}XZ^2 + c_{18}YZ^2 + c_{19}Z^3}$$

$$J = \frac{h(X,Y,Z)}{g(X,Y,Z)} = \frac{b_0 + b_1X + b_2Y + b_3Z + b_4XY + b_5XZ + b_6YZ + b_7XYZ + b_8X^2 + b_9Y^2 + b_{10}Z^2 + b_{11}X^3 + b_{12}X^2Y + b_{13}X^2Z + b_{14}XY^2 + b_{15}Y^3 + b_{16}Y^2Z + b_{17}XZ^2 + b_{18}YZ^2 + b_{19}Z^3}{1 + c_1X + c_2Y + c_3Z + c_4XY + c_5XZ + c_6YZ + c_7XYZ + c_8X^2 + c_9Y^2 + c_{10}Z^2 + c_{11}X^3 + c_{12}X^2Y + c_{13}X^2Z + c_{14}XY^2 + c_{15}Y^3 + c_{16}Y^2Z + c_{17}XZ^2 + c_{18}YZ^2 + c_{19}Z^3}$$

όπου:

I, J : συντεταγμένες ενός σημείου σε στήλες και γραμμές

X, Y, Z : καρτεσιανές συντεταγμένες σημείου σε WGS84

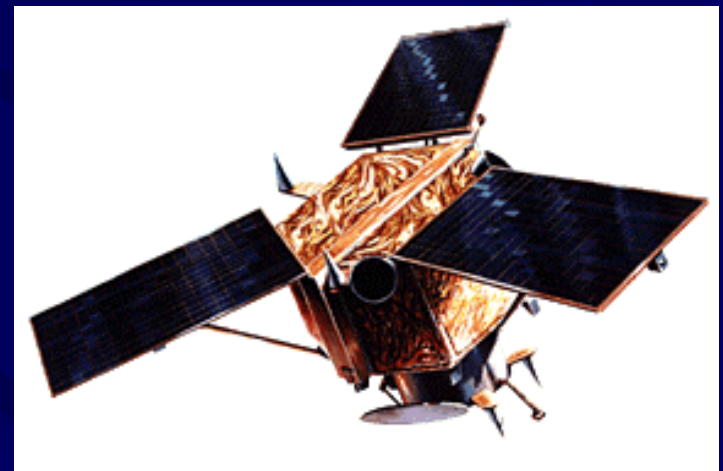
f, h, g : πολωνυμικές συναρτήσεις

a_i, b_i, c_i : συντελεστές πολωνύμου

```

Line OFF: +000000.00 pixels
Column OFF: +000500.00 pixels
Lat OFF: +32.82950000 degrees
Long OFF: +003.79750000 degrees
Height OFF: +0734.0000 meters
Line SCALE: +000125.00 pixels
Column SCALE: +000409.00 pixels
Lat SCALE: +000.00000000 degrees
Long SCALE: +0000.00520000 degrees
Height SCALE: +00270.0000 meters
LINE_HH_COEFF_1: +7.523152086024070E-06
LINE_HH_COEFF_2: +9.809508910081000E-07
LINE_HH_COEFF_3: -1.210801640258960E-07
LINE_HH_COEFF_4: -2.108400193000902E-08
LINE_HH_COEFF_5: +7.100025510011960E-06
LINE_HH_COEFF_6: +2.034728765605040E-08
LINE_HH_COEFF_7: -3.168116204607150E-06
LINE_HH_COEFF_8: -2.155011527045000E-08
LINE_HH_COEFF_9: -1.003000067010050E-06
LINE_HH_COEFF_10: -5.546500566659150E-06
LINE_HH_COEFF_11: -7.523997066701100E-07
LINE_HH_COEFF_12: +4.103000000000000E-05
LINE_HH_COEFF_13: +3.103769706913000E-06
LINE_HH_COEFF_14: -6.987200720001200E-06
LINE_HH_COEFF_15: -7.501292601105720E-06
LINE_HH_COEFF_16: -4.203700902012500E-07
LINE_HH_COEFF_17: +9.403000000000000E-07
LINE_HH_COEFF_18: -3.601200000000000E-06
LINE_HH_COEFF_19: +3.515270201610000E-06
LINE_HH_COEFF_20: +1.710501560527000E-06
LINE_VH_COEFF_1: +1.000000000000000E+00
LINE_VH_COEFF_2: -2.017000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_3: +9.300000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_4: +2.103000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_5: -3.233000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_6: -2.577000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_7: -4.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_8: +6.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_9: +5.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_10: -8.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_11: +7.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_12: -4.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_13: -3.000000000000000E-03
LINE_VH_COEFF_14: +3.000000000000000E-03

```



Δεδομένα

- Ένα ζευγάρι παγχρωματικών Εικόνων IKONOS στην Βόρεια Αττική, περιοχή Αγίου Στεφάνου, έτος λήψης 2000
- Μέτρηση με GPS 30 σημείων γεωδαιτικού ελέγχου (φυσικά φωτοσταθερά ή GCP's), με μέση ακρίβεια 30cm
- Κάλυψη της ίδιας περιοχής με πρόσφατες αεροφωτογραφίες

Περιοχή Εφαρμογής



Στερεοσκοπικό μοντέλο IKONOS



Διαδικασία με εικόνες IKONOS

- Εισαγωγή εικόνων στο σύστημα SSK της Z/I Imaging
- Έλεγχος διαφορετικών προσανατολισμών
- Παραγωγή DTM με αυτόματη μέθοδο, διόρθωση και αξιολόγησή τους
- Παραγωγή ορθοφωτογραφιών
Έλεγχος – Ακρίβεια ορθοφωτογραφιών

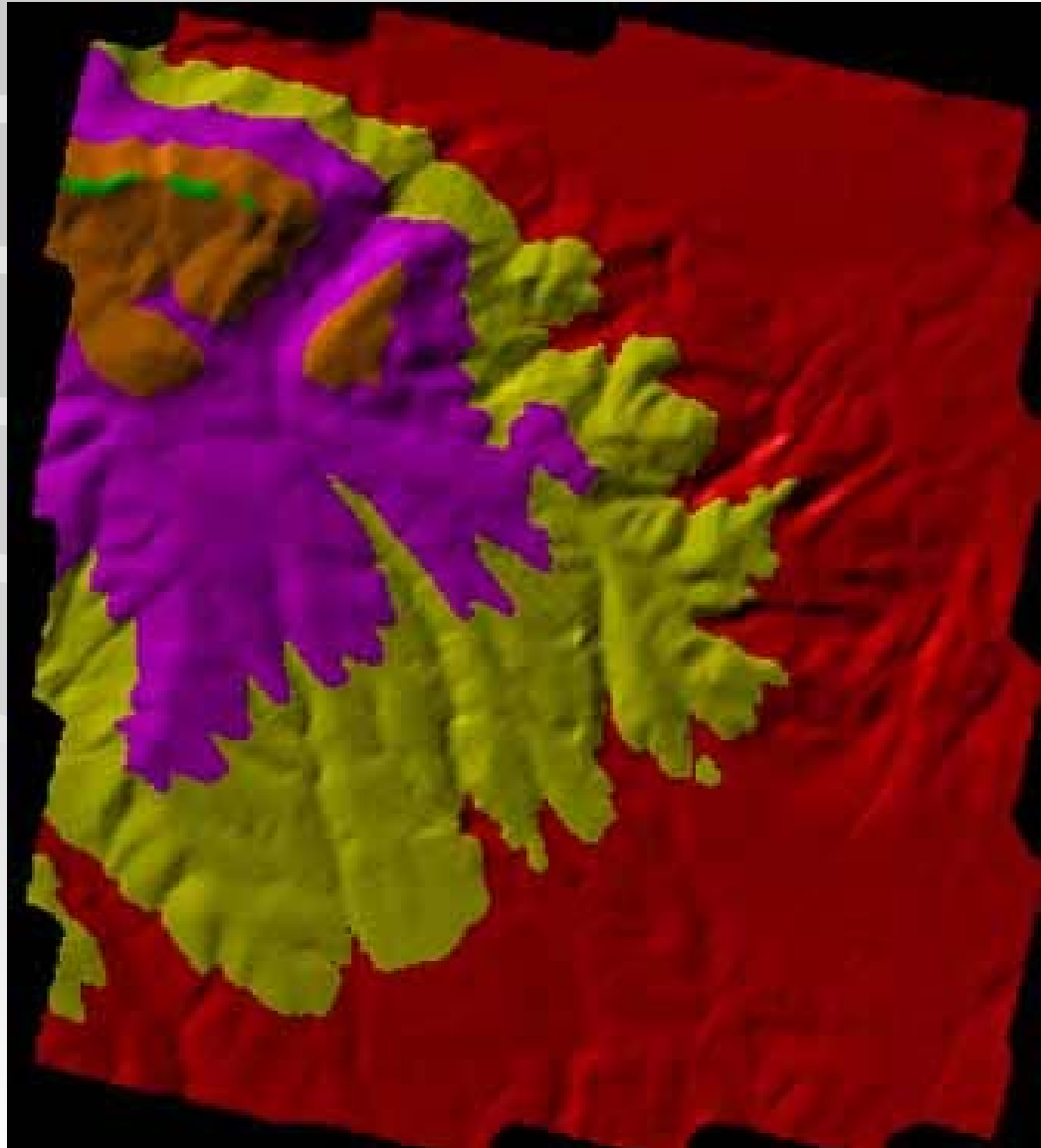
Χαρακτηριστικά Αεροφωτογραφιών

- Κλίμακα: 1:15.000
- Αριθμός: 10 φωτογραφίες
σε 2 λωρίδες των 4 μοντέλων
- Φωτοσταθερά: 15 σημεία στο block
(από τα μετρημένα GCP's)

Διαδικασία με αεροφωτογραφίες

- Εισαγωγή εικόνων στο σύστημα SSK της Z/I Imaging
- Εκτέλεση αεροτριγωνισμού,
με 15 σημεία σύνδεσης ανά φωτογραφία
- Παραγωγή DTM με αυτόματη μέθοδο, διόρθωση DTM
- Παραγωγή 8 ορθοφωτογραφιών
- Σύνταξη ορθοφωτο-μωσαϊκού
- Έλεγχος – Ακρίβεια ορθοφωτομωσαϊκού

DTM Περιοχής Εφαρμογής από Μοντέλο IKONOS χωρίς φωτοσταθερά



Ορθοφωτογραφία εικόνων IKONOS χωρίς χρήση φωτοσταθερών (I)



Ορθοφωτογραφία εικόνων IKONOS με χρήση 5 φωτοσταθερών (II)



Ορθοφωτογραφία εικόνων IKONOS με χρήση 10 φωτοσταθερών (III)



Σχετική σύγκριση ορθοφωτογραφιών IKONOS από συντεταγμένες σημείων ελέγχου 25 σημεία ελέγχου

Ορθοφωτο (I)-(II)		Ορθοφωτο (I)-(III)		Ορθοφωτο (II)-(III)	
ΔX (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔY (m)
5.48	19.04	2.85	17.20	2.62	1.85
± 0.75	± 2.46	± 1.33	± 2.27	± 0.84	± 1.32

Ακρίβεια ορθοφωτογραφιών IKONOS

15 γνωστά σημεία ελέγχου

Ορθοφωτο χωρίς χρήση GCP:	$\Delta X = -1.25\text{m} \pm 1.27\text{m}$ $\Delta Y = -16.75\text{m} \pm 0.92\text{m}$
Ορθοφωτο με 5 GCP's:	$\Delta X = 3.76\text{m} \pm 1.81\text{m}$ $\Delta Y = 0.83\text{m} \pm 1.72\text{m}$
Ορθοφωτο με 10 GCP's:	$\Delta X = -0.83\text{m} \pm 2.22\text{m}$ $\Delta Y = -0.58\text{m} \pm 1.10\text{m}$

Συμπεράσματα (1)

Ποιοτικός Έλεγχος Ορθοφωτογραφιών IKONOS

- Παρόμοιες ορθοφωτογραφίες με ή χωρίς χρήση GCP's
- Ικανοποιητική ανάλυση για κλίμακα 1:5.000
σύγκριση με ορθοφωτο-μωσαϊκό από αεροφωτογραφίες

Ποσοτικός Έλεγχος Ορθοφωτογραφιών IKONOS

- Μεγάλη συστηματική μετατόπιση χωρίς χρήση GCP's
ή με λίγα GCP's
- Πολλά GCP's για πλήρη εξάλειψη της συστηματικής μετατόπισης
- Ακρίβεια κλίμακας 1:5.000 για ορθοφωτο χωρίς GCP's,
μετά την εξάλειψη της συστηματικής μετατόπισης

Συμπεράσματα (2)

- Προσεκτική εφαρμογή των ορθοφωτογραφιών μεγάλων κλιμάκων, από εικόνες IKONOS
- Δυνατότητα σύνταξης ορθοφωτογραφιών κλίμακας 1:5.000, αν είναι γνωστά φωτοσταθερά που ο αριθμός τους θα κάλυπτε τις απαιτήσεις αντίστοιχης εφαρμογής από αεροφωτογραφίες

Ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση και έλεγχο