

## Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΑΣ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δρ Αθανάσιος Γκανάς, Ευάγγελος Αθανασίου\*

Οι δορυφορικές ορθοεικόνες αποτελούν το τελευταίο επίτευγμα της Γεωπληροφορικής επειδή επιτυγχάνουν την αντιπροσωπευτικότερη απεικόνιση των γεωμορφών σε σχέση με το πραγματικό, γήινο ανάγλυφο. Η εργασία αυτή παρουσιάζει αναλυτικά δύο μεθόδους κατασκευής ορθοεικόνων με την χρήση του εμπορικού πακέτου EASI PACE v6.2.2 για Windows NT, οι οποίες διαφέρουν στην εξαγωγή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Αποδεικνύεται ότι η χρήση στερεοζευγών SPOT PAN 1A παράγει ορθοεικόνες με φυσική κλίμακα 1:25,000, κατάλληλες για όλο το φάσμα των γεωλογικών χαρτογραφήσεων. Αντίστοιχα, ορθοεικόνες SPOT XS 1A και LANDSAT 5 TM είναι χρήσιμες στις κλίμακες 1:50,000 και 1:75,000.

### ABSTRACT

In most geological applications of EO data over mountainous regions increasing attention is given to orthorectification because of recent advances in the GeoInformation technology. In this paper two procedures for optical EO data orthorectification are presented which differ on the extraction of the Digital Elevation Model (DEM). The procedures run on a commercial software package (EASI PACE v6.2.2 for Windows NT). The high-resolution DEM can be either supplied by automated stereomatching of SPOT PAN 1A imagery or by in-house digitising of 1:50,000 contour maps. A SPOT DEM has been produced for a mountainous region in central Evia (Greece) and its comparison with the reference DEM yielded satisfactory results. That ensures the fast production of accurate orthoimages for geological mapping.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή δορυφορικών ορθοεικόνων έχει περάσει πλέον σε επιχειρησιακό επίπεδο την τελευταία διετία. Μεγάλης-μεσαίας κλίμακας (1:25 - 1:100 χιλιάδες) ορθοεικόνες χρησιμοποιούνται ευρέως στις εξής εφαρμογές : Γεωλογική Χαρτογράφηση και Παρατήρηση Πεδίου (Terrain Visualisation) με ακριβή επίθεση της θεματικής πληροφορίας σε περιοχές εκτός των σημείων επιγείων ελέγχου (Dymond et al., 1992), Γεωμορφομετρία (η ποσοτική περιγραφή του αναγλύφου), Σεισμική Γεωδεσία (χαρτογράφηση ανηγμένων παραμορφώσεων μετά από μεγάλους σεισμούς, Massonnet et al., 1993) και Εξερεύνηση Ορυκτών πρώτων υλών σε ιζηματογενείς λεκάνες (κυρίως υδρογονανθράκων). Για την Τηλεπισκόπηση η ορθοδιόρθωση είναι επίσης απαραίτητη στις εξής εργασίες :

- Σε διαχρονικές μελέτες ανίχνευσης αλλαγών για την αφαίρεση των ραδιομετρικών ανωμαλιών (τεχνητές αυξομειώσεις DN) οι οποίες προέρχονται από το υψηλό και τραχύ ανάγλυφο
- Στη γεωμετρική διόρθωση εικόνων που αποκτήθηκαν με κεκλιμένη σάρωση (off-nadir) όπως του δορυφόρου SPOT ή των δορυφορικών SAR
- Στην φασματική συγχώνευση εικόνων της ίδιας περιοχής από διαφορετικούς σαρωτές (π.χ Cheng and Toutin, 1995; Toutin, 1998).

Τα απαραίτητα δεδομένα για την παραγωγή ορθοεικόνας είναι :

- Τροχιακά δεδομένα (ephemeris data) για τον καθορισμό του ύψους τροχιάς και των χαρακτηριστικών της κινήσεως του δορυφόρου κατά τη διάρκεια της διελεύσεως.

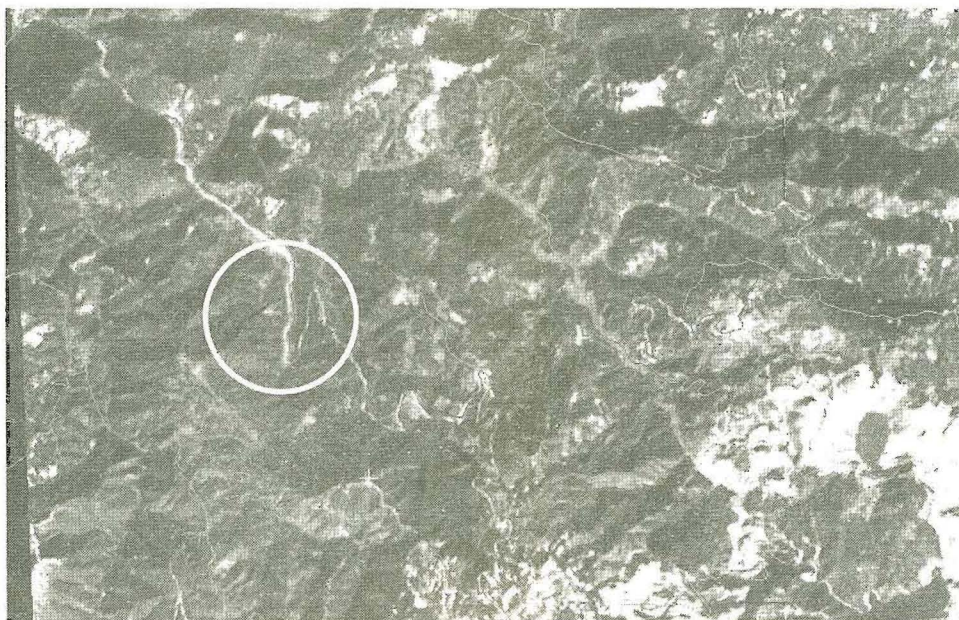
\* Τμήμα ΓεωΠληροφορικής Ολοκληρωμένα Συστήματα Πληροφορικής ΑΕ Σαλαμίνας 72-74, 176 75 Καλλιθέα, Ελλάδα

- Ένα γεωεγγραμμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) με ψηφιδωτή δομή και με μέγεθος εικονοστοιχείου αντίστοιχο της δορυφορικής εικόνας (δηλαδή για να παράγουμε ορθοεικόνα SPOT PAN χρειαζόμαστε μοντέλο 10 μέτρων).
- Πολύ καλό επίγειο έλεγχο για εξωτερικό προσανατολισμό είτε με διαφορικό GPS είτε με ψηφιοποιημένα σημεία XYZ από χάρτες κλίμακας τουλάχιστον 1:50,000.

Οι πανγχρωματικές ορθοεικόνες SPOT (μέγεθος εικονοστοιχείου 10 μέτρα) παράγονται από την εταιρία SPOTImage SA ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Οι δυνατότητες του δορυφόρου είχαν επισημανθεί πολύ νωρίτερα (Gugan και Dowman, 1988) Με τη χρήση ειδικών εμπορικών πακέτων επεξεργασίας εικόνας είναι πλέον δυνατή και στην IIS SA η παραγωγή ομοίων προϊόντων με βάση ψηφιακά μοντέλα εδάφους, ψηφιοποιημένα από εθνικά χαρτογραφικά δεδομένα (π.χ στην Ελλάδα οι χάρτες 1:50,000 της ΓΥΣ). Στην εικόνα 1 παραθέτουμε δύο πανγχρωματικές ορθοεικόνες SPOT της Κεντρικής Ευβοίας οι οποίες αποτελούσαν στην πρωτογενή των μορφή τα συστατικά ενός στερεοζεύγους (βλέπε Πίνακα I). Για τον ποιοτικό έλεγχο της ορθοδιόρθωσης έχουν επιτεθεί δύο γραμμικά διανυσματικά αρχεία (ψηφιοποιημένοι δρόμοι της περιοχής). Και στις δύο εικόνες διακρίνεται η ταύτιση της διαδρομής του διανυσματικού αρχείου με την διαδρομή της λευκής γραμμής με υψηλή ανακλαστικότητα, ενώ οι κύκλοι παρουσιάζουν την μικρή απόκλιση (2-5 pixels) μεταξύ των δύο μορφών σε ένα δύσκολο σημείο (στροφή 180 μοιρών). Η σύγκριση των δύο ορθοεικόνων δείχνει ότι η δεξιά (επάνω) εικόνα έχει διορθωθεί καλύτερα από την αριστερή (κάτω). Στο συγκεκριμένο πείραμα αυτό οφείλεται σε τρεις λόγους : α) στις διαφορετικές κατανομές των σημείων επίγειου ελέγχου, β) στη (μικρή) διαφορά των γωνιών κατακλίσεως του σαρωτή HRV και γ) στις ατέλειες του ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

Η εργασία παρουσιάζει επίσης ένα πείραμα εξαγωγής ψηφιακού μοντέλου εδάφους με ίδιο μέγεθος pixel (10 μέτρα) αλλά με την αυτόματη, επιπολική μέθοδο της στερεοζεύξεως δύο εικόνων ενός άριστου στερεοζεύγους (λόγος Β/Η περίπου 1). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το μοντέλο του SPOT αποδίδει αξιόπιστο ανάγλυφο για ορθοδιορθώσεις σε κλίμακες 1:30,000 έως 1:50,000.

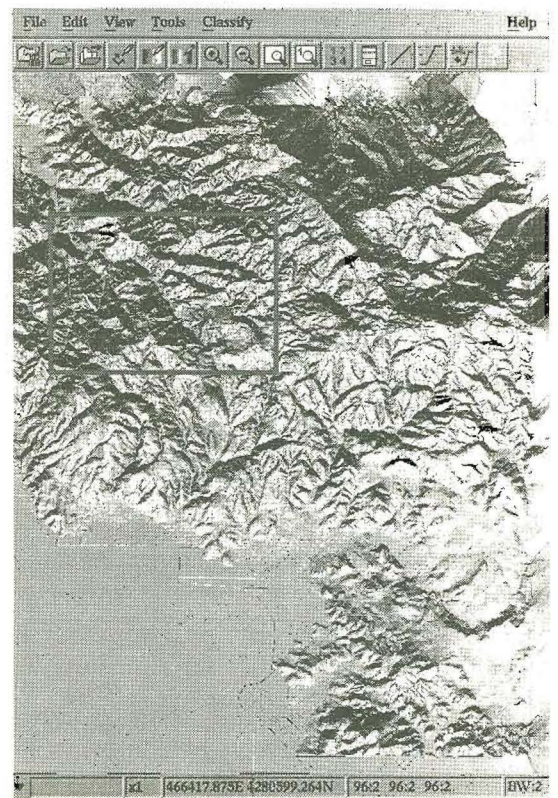
**Εικόνα 1.** Δορυφορικές ορθοεικόνες SPOT PAN του ίδιου στερεοζεύγους της Κεντρικής Ευβοίας με δύο γραμμικά διανυσματικά αρχεία να αποδεικνύουν την πιστότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους. Επάνω) δεξιά ορθοεικόνα - 16/1/1993 Κάτω) αριστερή ορθοεικόνα - 4/2/1993 Ο ήλιος φωτίζει από την κάτω δεξιά γωνία των εικόνων. **Figure 1 (Top).** SPOT PAN orthoimage of the 16 January 1993 of central Evia, Greece (see image characteristics in Table I below). Red and green lines are digitised roads. Notice the good fit of the red line and the bright linear below it. Elevations range between 290 - 687 metres. **(Bottom).** SPOT PAN orthoimage of the 4 February 1993 of central Evia, Greece (see image characteristics in Table I below). Red and green lines are digitised roads. Notice the systematic deviation to the right of the red line with respect to the bright linear below it. Elevations range between 290 - 687 metres.



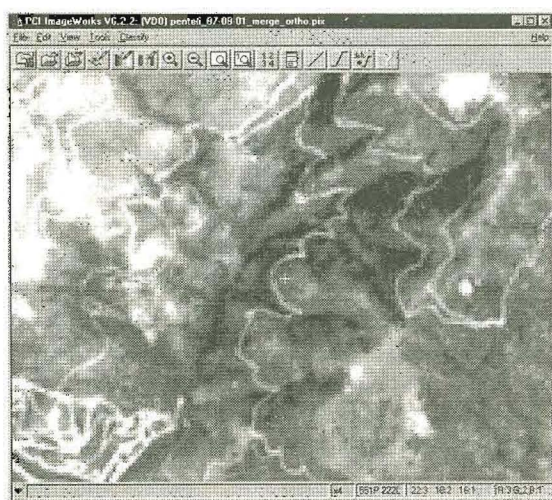
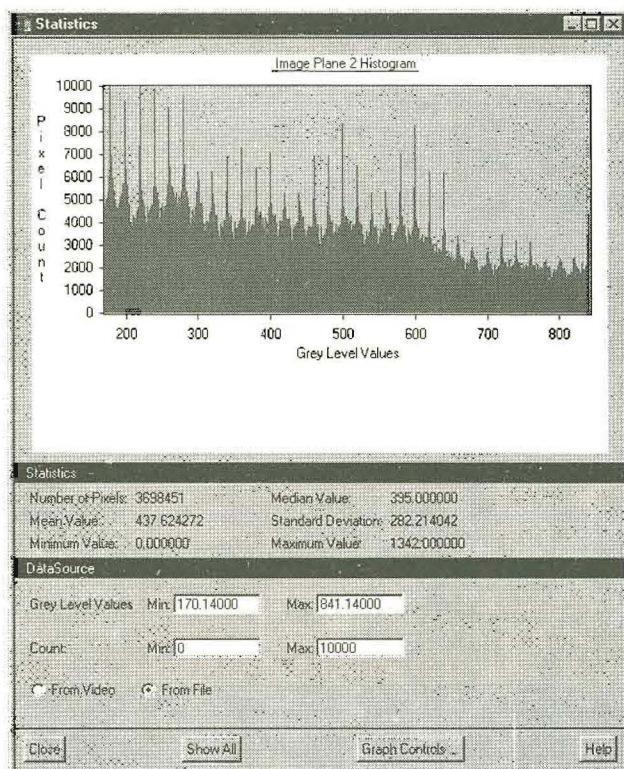
## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε μια ορθοδιόρθωση το πιό δυσεύρετο είδος δεδομένων είναι το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM). Μοντέλα εδάφους παράγονται με δύο κυρίως τρόπους : α) αυτόματη ραδιομετρική συσχέτιση (στερεοζεύξη) στερεοζευγών SPOT PAN 1A (π.χ Devereux *et al.*, 1997; Ganas *et al.*, 1997: δεξ. Εικόνα 3) ή στερεοζευγών IRS-1C (π.χ Rao *et al.*, 1996) και β) ψηφιοποίηση τοπογραφικών διαγραμμάτων-χαρτών με επιλεκτική ή ολική αποτύπωση όλων των υψομετρικών καμπυλών και σημείων (δες εικόνα 2). Η πρώτη μέθοδος περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω. Η δεύτερη μέθοδος είναι ακριβέστερη επειδή τα πρωτογενή δεδομένα (ισουψείς) έχουν εξαχθεί με αναλογική φωτογραμμετρία, και εφόσον ο χειριστής έχει ψηφιοποιήσει κατά την πραγματική ισοδιάσταση του χάρτη το προκύπτον μοντέλο είναι ομοιογενές χωρίς απώλειες και τεχνητές μορφές. Ωστόσο, υπάρχει ένα θέμα με την επιλογή της μεθόδου παρεμβολής (δες συζήτηση στους Carrara *et al.*, 1997). Πολλοί χρήστες τέτοιων μοντέλων αγνοούν ότι η κατανομή του ιστογράμματος δεν είναι ομαλή αλλά χαρακτηρίζεται από μια περιοδικότητα η οποία είναι συνάρτηση της ισοδιάστασης (δες εικόνα 3). Η περιοδικότητα εμφανίζεται όταν το μοντέλο "σπάει" προς υψηλότερες αναλύσεις.

**Εικόνα 2α.** Απεικόνιση υψομετρικών καμπυλών με ισοδιάσταση 20 μέτρων από το φύλλο "Ψαχνά" της ΓΥΣ. Η ψηφιοποίηση γίνεται επί της οθόνης με το πρόγραμμα ImageWorks/Edit vector layer. Κενές περιοχές υποδηλώνουν έλλειψη πρωτογενών δεδομένων ή θάλασσα. Το συγγραφικό δικαίωμα της ΓΥΣ διατηρείται. β) Απεικόνιση σκιασμένου αναγλύφου της Κεντρικής Εύβοιας με φωτισμό από το Νότο (180) και υπό γωνία 45 μοιρών, προϊόν του 2α. Το πλαίσιο περιλαμβάνει την έκταση της Εικόνας 1 (2α). The 1:50,000 contours of central Evia (Greece) digitised on-screen. Contours are at 20-m intervals. Void areas on this layer indicate no data (sea and mining districts). Source : HAGS, 1990. 2β). Shaded Relief image of the central Evia (Greece) demonstrating the rugged relief of the area. Illumination is from the south (180) at 45 degrees elevation. Red box indicates the orthorectified window of the 1993 SPOT stereopair.



**Εικόνα 3.** Ιστόγραμμα υψομέτρων μέρους του ψηφιακού μοντέλου που παρήχθη από τις ψηφιοποιημένες καμπύλες της Εικόνας 2α. Τα περιγραφικά στατιστικά του μοντέλου δίνονται στο κάτω μέρος του πλαισίου (μέγεθος καννάβου 10 μέτρα). Παρατηρείστε ότι όλες οι κορυφές του ιστογράμματος έχουν μία περιοδικότητα 20 μέτρων, όσο και η ισοδιάσταση του χάρτη 1:50,000. **Figure 3.** Histogram of elevations for part of the DEM produced from the contours of Figure 1. Notice the periodic "spiky" pattern of the peaks due to the interpolation.



**Εικόνα 4.** Παράθυρο Ορθοεικόνα SPOT XS (1/8/1987) του Πεντελικού όρους. Συνδυασμός 321 RGB.  
**Figure 4.** SPOT XS orthoimage of Pendeli mountain, Attica. Pixel size 20m.

Ενα παράδειγμα επιτυχούς ορθοδιόρθωσης εικόνας SPOT XS (20 μέτρων) με βάση μοντέλο 20 μέτρων από χάρτη 1:50,000 φαίνεται στην εικόνα 4 (Πεντέλη, Αττική). Η ταύτιση του διανυσματικού αρχείου (πράσινη γραμμή) με την άσπρη λωρίδα του δρόμου είναι καλύτερη των Εικόνων 1α και 1β, με σημαντική συμβολή να έχει η ισότητα των pixel δορυφορικής εικόνας και μοντέλου εδάφους.

Στη συνέχεια δείχνουμε πώς η διαστημική μέθοδος μπορεί να δώσει αξιόπιστα μοντέλα για ορθοδιόρθωση σε μία "δύσκολη", ορεινή περιοχή του Ελλαδικού χώρου, στην Κεντρική Εύβοια.

Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το EASI PACE v6.2.2 για Windows NT, το οποίο έχει βρεθεί ότι αποδίδει καλύτερα από άλλα εμπορικά πακέτα ακόμη και σε επίπεδες περιοχές (δες Al-Rousan and Petrie, 1998). Ο εξοπλισμός αποτελείται από ένα 266 Pentium II computer με 128 Mb RAM και 9Gb HD ενώ η ταχύτητα επεξεργασίας είναι πολύ ικανοποιητική (το αλγόριθμος αυτόματης στερεοζεύξης έτρεξε για 5 ώρες για έκταση περίπου 200 τετραγωνικών χιλιομέτρων).

Το στερεοζεύγος αποκτήθηκε τον χειμώνα του 1993 (τα στοιχεία του περιγράφονται στον Πίνακα 1) με το καλύτερο δυνατό λόγο βάσεως/ύψους και μόλις είκοσι ημερών χρονική διαφορά, αλλά με πολύ χαμηλές ηλιακές γωνίες (μία προσεγγιστική προσωμοίωση φωτισμού παρατίθεται στην εικόνα 2β). Η περιοχή εργασίας (Κεντρική Εύβοια) είναι από τις δυσκολότερες θεωρητικά, επειδή περιλαμβάνει τραχύ ανάγλυφο, ένα υψηλό όρος (Δίρφυ) και θάλασσα εκατέρωθεν της ξηράς. Επιπλέον, η παρουσία χιονιού στα υψηλά υψόμετρα καθιστά δυσχερέστατη την αυτόματη συσχέτιση σε αυτές τις περιοχές.

### **Πίνακας 1. Τα χαρακτηριστικά του στερεοζεύγους SPOT**

**Table 1 – SPOT Data characteristics**

	<b>SPOT 1A 16/1/1993</b>	<b>SPOT 1A 4/2/1993</b>
Ταυτότητα σκηνής	S2H1930116090905	S2H2930204094347
Κέντρο Σκηνής (Γεω Πλάτος)	0.3881528D+02	0.3881528D+02
Κέντρο Σκηνής (Γεω Μήκος)	0.2351472D+02	0.2383889D+02
Γωνία σαρώσεως	R26.9	L28.9
Σαρωτής	HRV PAN mode	HRV PAN mode
Μέγεθος Σκηνής	60 x 60 km	60 x 60 km
Ανάλυση (nadir)	10 m	10 m
Προσανατολισμός Σκηνής	008.3	014.4
Ηλιακό Αζιμούθιο	157.3	164.2
Ηλιακή Γωνία	027.0	033.4
Ημερομηνία - Ωρα	16/01/1993 09h 09' 05"	04/02/1993 09h 43' 46"
Υψος Σαρωτή	0.830297200000000D+06	0.830130800000000D+06
Εσωτ Γωνία Δεξιάς - Αριστερής Σκηνής	55.8	
Λόγος Βάσεως / Υψους	1.05936	

Επιλέχθηκαν 19 σημεία επιγείου ελέγχου (με συντεταγμένες ΕΓΣΑ 87 και απόλυτο υψόμετρο) ανά εικόνα, και στις δύο εικόνες προέκυψαν σφάλματα RMS-x,y κάτω του pixel. Ο προσανατολισμός του σαρωτή HRV επιτυγχάνεται με ένα μαθηματικό μοντέλο που υπολογίζεται από το λογισμικό (βλέπε Al-Rousan *et al.*, 1997 για εκτενή περιγραφή). Ο υπολογισμός της παράλλαξης μεταξύ ομοίων pixels στις δύο εικόνες γίνεται δια της επιπολικής μεθόδου, όπου πρώτα δημιουργείται η επιπολική εικόνα με στροφή και με αλληλεπιδραστικές δυνατότητες επέμβασης του χρήστη. Το παραγόμενο μοντέλο έχει δομή 16bit signed και μέγεθος 10 μέτρων (Εικόνα 5α). Το επιπεδομετρικό σφάλμα του είναι μικρότερο του ενός pixel ενώ η ανάλυση του κατακορύφου σφάλματος παρουσιάζεται παρακάτω. Η ποιοτική, "φυσιογραφική" σύγκριση του με το μοντέλο αναφοράς (εικόνες 5α - 5β) δείχνει ότι η διάταξη όλων των γεωμορφών έχει αναπαραχθεί επιτυχώς. Το μοντέλο πέραν της ορθοεικόνας έχει προφανείς εφαρμογές σε μορφοτεκτονικές, υδρολογικές, υδρογεωλογικές και γεωμορφολογικές μελέτες.

**Εικόνα 5α.** Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους περιοχής της Κεντρικής Εύβοιας . Αυξανόμενη φωτεινότητα υποδηλώνει μεγαλύτερα υψόμετρα. Ο Βορράς είναι προς τα επάνω. **Figure 4.** Intensity image showing the extracted DEM of the winter 1993 SPOT PAN stereopair using the EASI PACE v6.2 software. Increasing brightness indicates arcs of higher elevations. North is towards the top

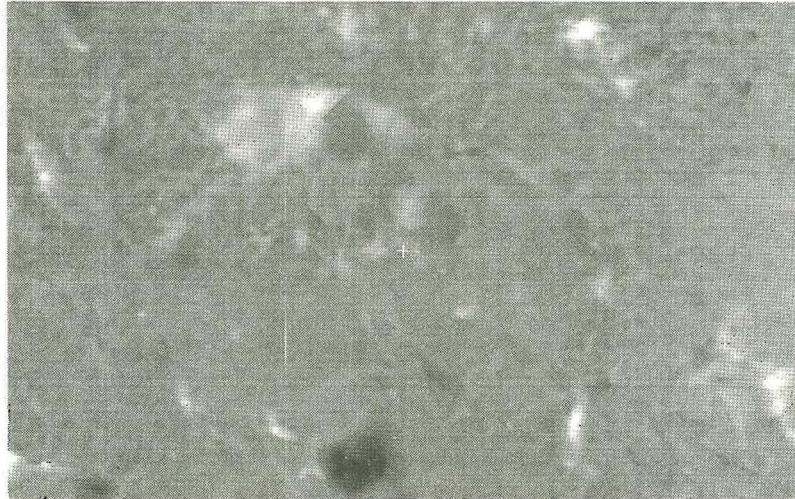


**Εικόνα 5β.** Το μοντέλο αναφοράς της ίδιας περιοχής με το οποίο έγινε η σύγκριση της εικόνας 4. Τα πράσινα στίγματα είναι τυχαία pixels για τον υπολογισμό του σφάλματος RMS. Το κόκκινο περίγραμμα δείχνει περιοχή χωρίς πρωτογενή δεδομένα. **Figure 5b.** The locations of spot heights in the reference DEM used to calculate the RMS Error of elevations against the extracted SPOT DEM.

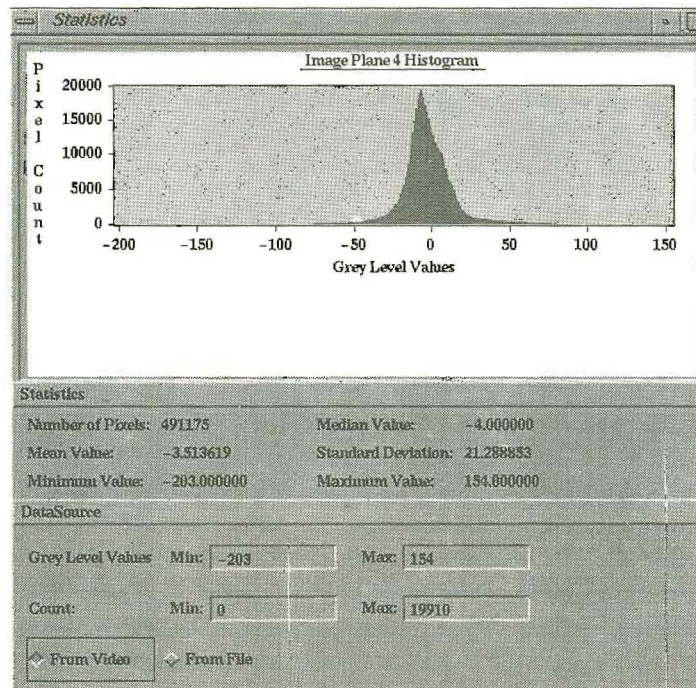


Η αξιοπιστία του μοντέλου απο τον SPOT ελέγχθηκε έναντι του μοντέλου αναφοράς της ίδιας περιοχής (εικόνα 5β) με δύο τρόπους : α) με τον υπολογισμό του μέσου τετραγωνικού σφάλματος σε ένα δείγμα εξήντα (60) υψόμετρων, το οποίο μετρήθηκε σε **RMS Error** ( $\text{SQRT} [\Sigma(\text{ref-SPOT DEM})^2/n]$ ): **15.74 m.** και β) με την αφαίρεση των δύο εικόνων (εικόνα 6) και την αξιολόγηση των στατιστικών (εικόνα 7). Το κατακόρυφο σφάλμα RMS είναι της ίδιας τάξεως μεγέθους με τα όσα αναφέρονται στην βιβλιογραφία για ορεινές περιοχές (π.χ Giles and Franklin, 1996; Devereux *et al.*, 1997). Οι αυστηρότερες σύγκρισεις (Εικόνες 6 και 7) απέδωσαν ένα αρνητικό μέσο σφάλμα -3.5 μέτρων με τυπική απόκλιση 21.2 μέτρα. Το πραγματικό σφάλμα είναι μικρότερο επειδή όπως διακρίνεται στην Εικόνα 5β μια μεγάλη περιοχή του μοντέλου αναφοράς στερείτο υψομετρικής πληροφορίας και το προϊόν εκεί είναι αποτέλεσμα χωρικής παρεμβολής.

**Εικόνα 6.** Απεικόνιση της διαφοράς Εικόνα 5α - Εικόνα 5β. Φωτεινές περιοχές έχουν θετικές τιμές ενώ σκοτεινές περιοχές έχουν αρνητικές τιμές. Παρατηρείστε ότι η πλειονότητα των εικονοστοιχείων φέρει αποχρώσεις του γκρι. Μέγεθος εικονοστοιχείου 10 μέτρα. **Figure 6.** Intensity map of the difference image SPOT DEM (Figure 4) minus Reference DEM (Figure 5).



**Εικόνα 7.** Περιγραφική στατιστική και Ιστόγραμμα της εικόνας διαφοράς : μοντέλο SPOT μείον μοντέλο αναφοράς. Το ιστόγραμμα είναι ελαφρώς μετατοπισμένο προς τα αριστερά του μηδενός υποδεικνύοντας μια συστηματική υποεκτίμηση των υψομέτρων από το μοντέλο του SPOT. **Figure 7.** Descriptive statistics and the histogram of the difference image of the SPOT DEM minus the Reference DEM. Pixel size of all images 10 m.



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα μοντέλα από στερεοζεύγη SPOT μπορούν να γίνουν εξαιρετικά δημοφιλή στους γεωεπιστήμονες επειδή οι προκύπτουσες ορθοεικόνες καλύπτουν τις προδιαγραφές ακριβείας των περισσότερων γεωλογικών έργων σε κλίμακες εργασίας 1:25,000 και μικρότερες.



Τα πλεονεκτήματα αυτών των μοντέλων είναι :

- 1) είναι γρηγορότερα στην κατασκευή των έναντι της πρώτης μεθόδου (χρόνος παραγωγής 3-4 ημέρες από τη στιγμή συλλογής όλων των δεδομένων)
- 2) σε περιοχές που δεν υπάρχουν χάρτες αρκεί μια δωδεκάδα καλών σημείων διαφορικού GPS (διασταυρώσεις δρόμων ή άλλων γραμμικών στοιχείων) για τον καθορισμό του εξωτερικού προσανατολισμού. Όμως σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο (Εικόνα 2) ο αριθμός των σημείων πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος.
- 3) η περιοχή επικάλυψης του στερεοζεύγους αντιστοιχεί σε εμβαδόν 40 επί 40 χιλιομέτρων επί του εδάφους ή περίπου τεσσάρων φύλλων 1:50,000 για μέσα γεωγραφικά πλάτη.
- 4) Ο συνδυασμός των 1) και 3) μειώνει σημαντικά το κόστος.
- 5) Ο ρυθμός αναπαραγωγής των μοντέλων (2-3 φορές το έτος για μέσα γεωγραφικά πλάτη) επιτρέπει την παραγωγή ορθοεικόνων σχεδόν οποτεδήποτε κριθεί απαραίτητο από τον γεωεπιστήμονα.

Τα μειονεκτήματα αυτών των μοντέλων είναι :

- 1) το στερεοζεύγος των εικόνων πρέπει να έχει λόγο βάσεως/ύψους τουλάχιστον 0.6
- 2) τουλάχιστον η μία εικόνα να έχει σαρωθεί υπό μέση - υψηλή ηλιακή γωνία
- 3) το στερεοζεύγος των εικόνων να έχει σχηματιστεί σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 30 ημερών για την εξασφαλισμένη επιτυχία της συσχέτισεως της ραδιομετρίας.
- 4) η ατμόσφαιρα πρέπει να είναι καθαρή και στίς δύο διελεύσεις
- 5) το στερεοζεύγος των εικόνων πρέπει να μὴ φέρει οποιοδήποτε ραδιομετρικό θόρυβο κατά τη φορά της σαρώσεως.

Τα ενθαρυντικά αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης αναδεικνύουν την δυνατότητα χρήσεως διαδοχικών στερεοζευγών για τον υπολογισμό μεταβολών όγκου σε πολλές γεωλογικές εργασίες (π.χ παρακολούθηση μεταλλευτικής παραγωγής).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Rousan, N., Cheng, P., Petrie, G., Toutin, Th., and Zoej, M. L. V., 1997. Automated DEM extraction and Orthoimage generation from SPOT Level 1B imagery. . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol 63, no 8, p. 965 - 974.
- Al-Rousan, N., and Petrie, G., 1998. System Calibration, geometric accuracy testing and validation of DEM & Orthoimage data extracted from SPOT stereopairs using commercially available Image Processing Systems. IARPS, vol 32, Part 4 "GIS-Between Visions and Applications". Stuttgart, p. 8-15.
- Carrara, A., Bitelli, G., and Carla, R., 1997. Comparison of techniques for generating digital terrain models from contour lines. International Journal of Geographical Information Science, vol 11, number 5, p 451-473.
- Cheng, P., and Toutin, T., 1995. High Accuracy Data Fusion of Satellite and Airphoto Images. *ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition technical papers*, volume 2, 453 - 464.
- Devereux, B. J., Costa-Posada, C. R., and Amable, G. S., 1997. Land cover and hydrology of the Messara catchment, Crete. P 23<sup>rd</sup> Annual Conference and Exhibition of the Remote Sensing Society Proceedings, p. 243 - 248.
- Dymond, J. R., DeRose, R. C., and Trotter, C. M., 1992. DTMs for Terrain Evaluation. Geocarto International, 2, 53 - 58.
- Ganas, A., White, K., and Wadge, G., 1997. SPOT DEM Analysis for fault segment mapping in the Lokris region, central Greece. *EARSel Advances in Remote Sensing Yearbook*, volume 5, p. 46-53.
- Giles, P. T., and Franklin, S. E., 1996. Comparison of derivative topographic surfaces of a DEM generated from stereoscopic SPOT images with field measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 62, no 10, p. 1165 - 1171.

- Gugan, D. J., and Dowman, I. J., 1988. Topographic mapping from SPOT imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 54, no 10, pp. 1409 - 1414.
- Massonnet, D., Rossi, M., Carmona, C., Adragna, F., Peltzer, G., Feigl, K., and Rabaute, T., 1993. The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry. *Nature*, vol 364. p. 138-142.
- Rao, T. Ch. M., Rao, . V., Kumar, A. R., Rao, D. P., and Deekshatula, B. L., 1996. Digital Terrain Model (DTM) from Indian Remote Sensing (IRS) Satellite Data from the overlap area of two adjacent paths using digital photogrammetric techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 62, no 6, p. 727-731.
- Toutin, T., 1998. SPOT and Landsat Stereo Fusion for data extraction over mountainous areas. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 64, no 2, pp. 109-113.