

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΜΕ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΙΣΟΨΩΝ ΑΠΟ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΥΠΕΙΣΕΡΧΕΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥΣ¹

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α. ΒΑΙΟΠΟΥΛΟΣ², ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ³, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΙ. ΣΚΙΑΝΗΣ⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή δημιουργήθηκαν ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου από χάρτες κλίμακος 1/50.000 και 1/250.000, με ψηφιοποίηση ισοψών από τοπογραφικούς χάρτες και με διάσταση εικονοστοιχείου 10, 25 και 50 μέτρα. Στη συνέχεια έγινε συγκριτικός έλεγχος της ποιότητας των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου και στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιώντας σταθερά τοπογραφικά σημεία με γνωστό υψόμετρο. Από το στατιστικό έλεγχο, συμπεραίνεται ότι, με διάσταση εικονοστοιχείου ίση με 50m, τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά που προκύπτουν από ψηφιοποίηση με διάσταση 25m ή 10m. Επομένως, είναι προτιμότερη η ψηφιοποίηση με 50m διάσταση εικονοστοιχείου, καθώς έτσι μειώνεται ο όγκος του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που προκύπτει. Επίσης, η ψηφιοποίηση υπό κλίμακα 1:250.000, προκαλεί μεγάλα σφάλματα στον προσδιορισμό του υψομέτρου, που όμως μπορούν να μειωθούν σημαντικά με κατάλληλη διόρθωση, με βάση τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

ABSTRACT

In this study we examined the accuracy of DTM created from topographic maps in different scales and with different pixel size. We digitized the contours of the topographic maps scale 1/50.000, sheets Tropaia and Dimitsana and the contours of the topographic maps scale 1/250.000, sheet Kalamata. We created three DTM from the digitized contours of the topographic map of 1/50.000, with 10, 25 and 50 meters pixel size. Then we created another three DTM from the digitized contours of the topographic map of 1/250.000, with 10, 25 and 50 meters pixel size.

We subtracted from the DTM that we created with the contours of the topographic maps of 1/50.000 those that we created with the contours of the topographic maps of 1/250.000.

We made the verification of the accuracy of the 6 DTM using 115 points with known elevation.

We concluded that a DTM with 50m pixel size gives an equal result with a DTM with 25m or 10m pixel size. Taking into consideration that is created in the 1/3 of the time that the others it can be the best solution.

The DTM from the topographic maps of 1/250.000 has not a very good accuracy but it can be improved with a linear transformation which is delivered by linear regression.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου, Στατιστικός Έλεγχος, Ακρίβεια.

KEY WORDS: DTM, Statistical Verification, Accuracy.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Ένα ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DTM) ή ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) αποτελεί μια ψηφιακή αναπαράσταση του γήινου αναγλύφου, η οποία περιγράφει την γεωμετρία της γήινης επιφάνειας. Οι υψομετρικές μεταβολές της επιφάνειας, π.χ. το εδαφικό ανάγλυφο, μπορούν να περιγραφούν μαθηματικά σαν υψόμετρο σε συνάρτηση με τη θέση του. Η θέση του μπορεί να οριστεί τόσο με γεωγραφικές συντεταγμένες (ϕ , λ) όσο και με ορθογώνιες συντεταγμένες (X , Y) σε μία χαρτογραφική προβολή (π.χ. UTM).

1:DTM CREATION FROM DIGITIZED CONTOURS OF TOPOGRAPHIC MAPS AND STATISTICAL QUANTIFICATION OF THE ERROR IMPLICATED IN THE CONSTRUCTION

2:Αν. Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών, Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεανίχνευσης.

3:Γεωλόγος, Υποψήφιος Διδάκτορας Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών.

4:Λέκτορας Τμήματος Γεωλογίας, Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η χρήση των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου είναι ιδιαίτερα σημαντική και έχει πολλές εφαρμογές όπως:

- Χωροθέτηση τηλεπικοινωνιακών δικτύων (τηλεόραση, ραδιόφωνο, κινητή τηλεφωνία)
- Σχεδιασμός (κατασκευή και συντήρηση) μεγάλων τεχνικών έργων (αεροδρομίων, αυτοκινητοδρόμων, λιμανιών, διωρύγων, σταθμών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαιοαγωγών, κ.α
- Μελέτη διάβρωσης (με μελέτη κλίσεων, περιγραφή γεωμορφολογικών μονάδων κ.λ.π.)
- Μελέτη επιφανειακής απορροής υδάτων, ανάλυση στραγγίσεων, πρόληψη πλημμύρων
- Σχεδιασμό δικτύων στράγγισης και άρδευσης γεωργικών εκτάσεων
- Εξομοίωση πτήσεων, καθοδήγηση πυραύλων

Υπάρχουν τρεις βασικές πηγές δεδομένων για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου:

α) Τα δεδομένα υπαίθρου, με απ' ευθείας εδαφικές μετρήσεις που επιτρέπουν την άμεση καταγραφή των δεδομένων και μεταφορά τους σ' έναν Η/Υ.

β) Οι τοπογραφικοί χάρτες, τα δεδομένα των οποίων ψηφιοποιούνται.

γ) Οι αεροφωτογραφίες ή οι δορυφορικές εικόνες

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μία συγκριτική μελέτη για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1/50.000 και 1/250.000, και εφαρμόζονται διάφοροι στατιστικοί έλεγχοι με σκοπό την ποσοτικοποίηση του λάθους.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

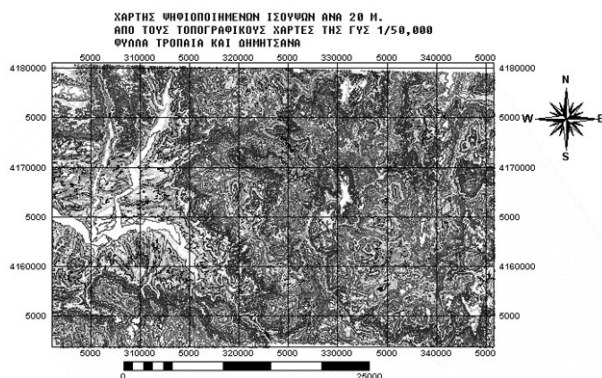
Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

Α) Δύο τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1/50.000 φύλλα Τρόπαια και Δημητσάνα, χρονολογίας έκδοσης 1991. Οι χάρτες ήταν σε προβολή HATT ανά 5000 μέτρα και σε προβολή ΕΓΣΑ 87 ανά 5000 μέτρα

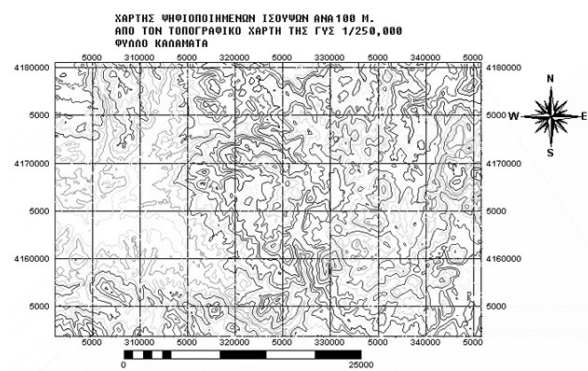
Β) Ένα τοπογραφικό χάρτη της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1/250.000 χρονολογίας έκδοσης 1980 σε προβολή HATT.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι τοπογραφικοί χάρτες σαρώθηκαν και εισήχθησαν στο ΓΣΠ ILWIS 2.2. Στη συνέχεια έγινε γεωμετρική διόρθωση των σαρωμένων χαρτιών με χρήση 12 τουλάχιστον σημείων ελέγχου. Για την αναδόμηση των εικόνων εφαρμόστηκε η μέθοδος της εγγύτερης γειτνίασης. Οι αναδομημένοι χάρτες είχαν διάσταση εικονοστοιχείου 5 μέτρα. Σε κάθε περίπτωση το σφάλμα (RMS) ήταν μικρότερο από μισό εικονοστοιχείο και οι χάρτες γεωαναφέρθηκαν στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87. Στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση επί της οθόνης των ισοϋψών στους μεν χάρτες 1/50.000 ανά 20μ στο δε χάρτη 1/250.000 ανά 100μ (σχήματα 1 και 2 αντίστοιχα).



Σχήμα 1. Οι ψηφιοποιημένες ανά 20 μέτρα ισοϋψείς από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/50.000



Σχήμα 2. Οι ψηφιοποιημένες ανά 100 μέτρα ισοϋψείς από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/250.000

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν έξι διαφορετικά ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου από τις ψηφιοποιημένες ισοϋψείς. Ειδικότερα δημιουργήθηκαν 3 ψηφιακά μοντέλα

αναγλύφου με μέγεθος εικονοστοιχείου 10, 25 και 50 μέτρα από χάρτες κλίμακας 1/50,000 (σχήματα 4,5 και 6 αντίστοιχα) και 3 ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου με μέγεθος εικονοστοιχείου 10, 25 και 50 μέτρα από χάρτες κλίμακας 1/250,000 (σχήματα 7,8 και 9 αντίστοιχα).

Η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου από τις ψηφιοποιημένες ισοϋψείς με το λογισμικό ILWIS γίνεται σε δύο βήματα (ILWIS 1997):

Αρχικά ο διανυσματικός χάρτης των ισοϋψών μετασχηματίζεται σε κানাβο. Η διάσταση του εικονοστοιχείου πρέπει να επιλεγεί με μεγάλη προσοχή λαμβάνοντας υπόψη τη μέση απόσταση μεταξύ διαδοχικών ισοϋψών έτσι ώστε σε κάθε εικονοστοιχείο να αντιστοιχεί ένα μόνο διάνυσμα. Σε διαφορετική περίπτωση, στην περίπτωση δηλαδή που σε ένα εικονοστοιχείο εισέρχονται δύο ή περισσότερα διανύσματα με διαφορετικά υψόμετρα το λογισμικό απορρίπτει κάποια από αυτά και διατηρεί μόνο το ένα. Το αποτέλεσμα της μετατροπής των διανυσματικών δεδομένων σε δεδομένα κανάβου έχει ως αποτέλεσμα κάποια εικονοστοιχεία από τα οποία διέρχεται διάνυσμα να έχουν τιμή υψομέτρου ενώ εκείνα από τα οποία δεν διέρχεται διάνυσμα να μην έχουν τιμή υψομέτρου.

Στη συνέχεια εφαρμόζεται μία γραμμική παρεμβολή έτσι ώστε όλα τα εικονοστοιχεία να αποκτήσουν τιμή υψομέτρου. Η γραμμική παρεμβολή βασίζεται στη μέθοδο Borgfjors (ILWIS 1997, σχ. 3). Έτσι για κάθε εικονοστοιχείο μεταξύ δύο διαδοχικών ισοϋψών προσδιορίζεται το ευθύγραμμο τμήμα ελάχιστου μήκους που συνδέει τις δύο ισοϋψείς και αποδίδεται το υψόμετρο με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$h = H_2 + d_2 \cdot (H_1 - H_2) / (d_1 + d_2) \quad (1)$$

όπου

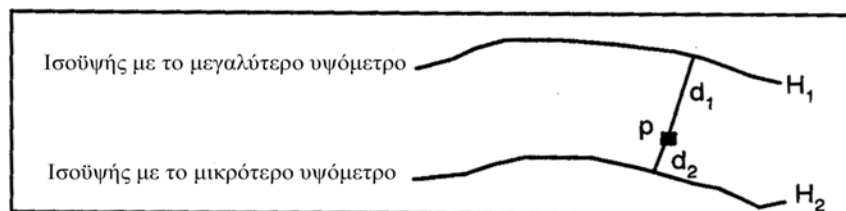
h: το ζητούμενο υψόμετρο ενός σημείου ρ

H₁: το υψόμετρο της μεγαλύτερης ισοϋψούς (μεταξύ των δύο)

H₂: το υψόμετρο της μικρότερης ισοϋψούς (μεταξύ των δύο)

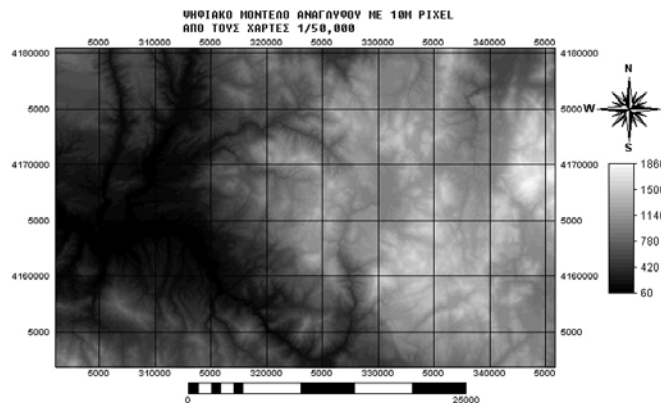
d₁: η απόσταση του σημείου ρ από τη μεγαλύτερη ισοϋψή

d₂: η απόσταση του σημείου ρ από τη μικρότερη ισοϋψή



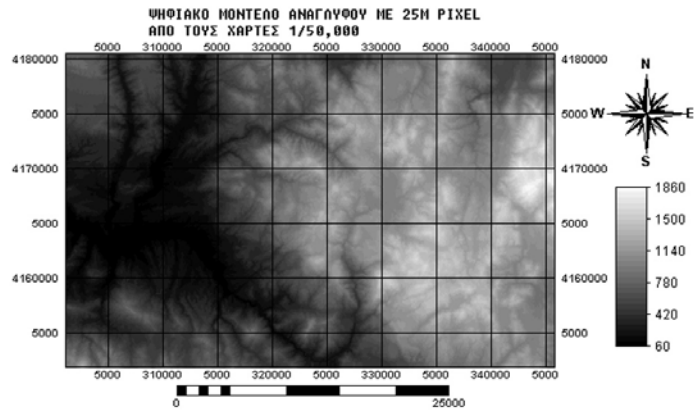
Σχήμα 3. Η μέθοδος γραμμικής παρεμβολής που εφαρμόζεται έτσι ώστε όλα τα εικονοστοιχεία να αποκτήσουν τιμή υψομέτρου.

Fig. 3. The linear interpolation method used to calculate pixel elevations

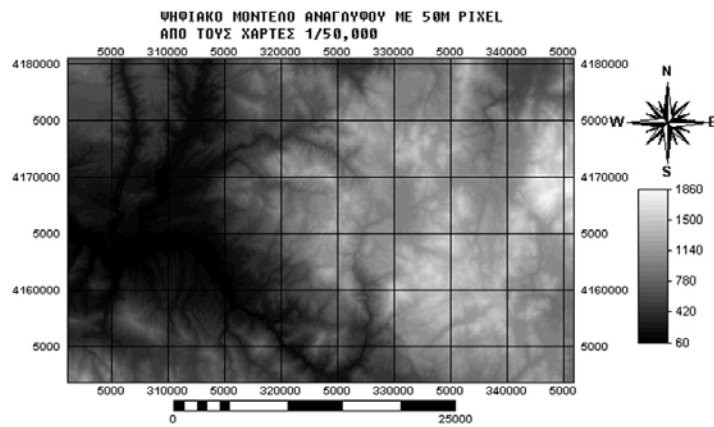


Σχήμα 4. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 10 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/50.000

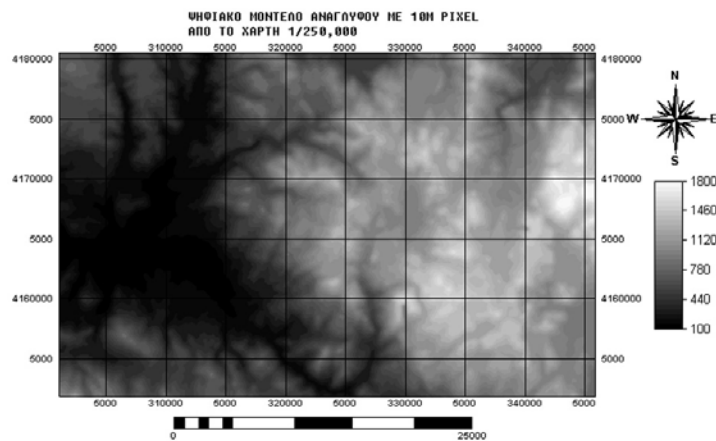
Fig. 4. DTM with 10m pixel size from the topographic maps of scale 1/50.000



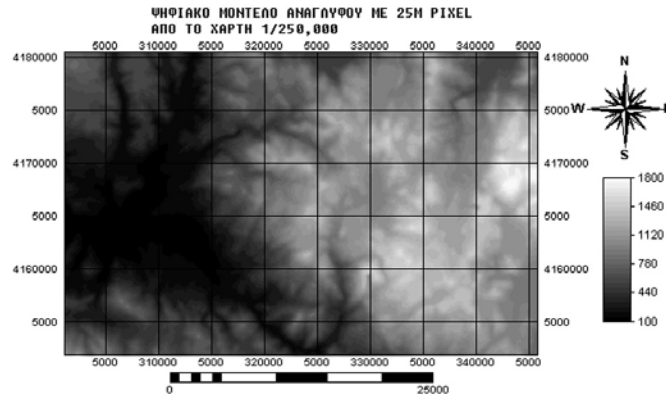
Σχήμα 5. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 25 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/50.000
Fig. 5. DTM with 25m pixel size from the topographic maps of scale 1/50.000



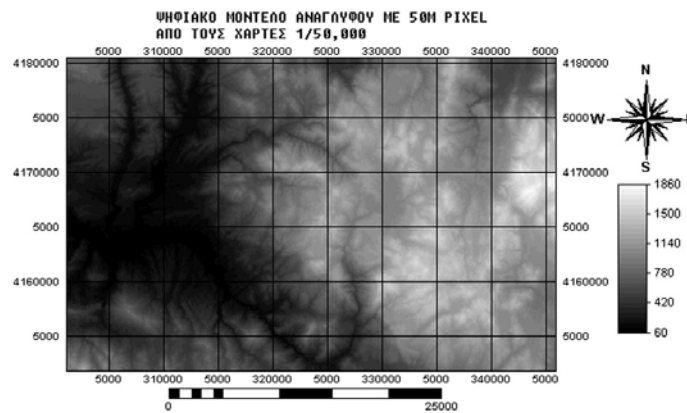
Σχήμα 6. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 50 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/50.000
Fig. 6. DTM with 50m pixel size from the topographic maps of scale 1/50.000



Σχήμα 7. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 10 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/250.000
Fig. 7. DTM with 10m pixel size from the topographic maps of scale 1/250.000



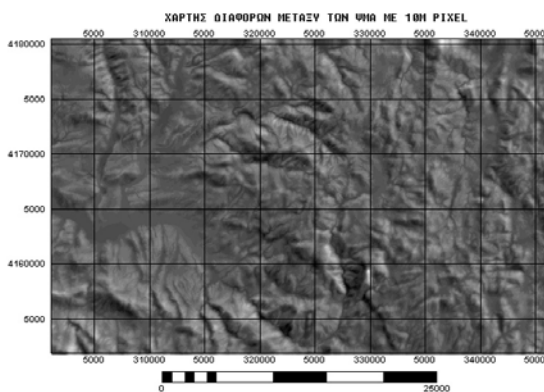
Σχήμα 8. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 25 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/250.000
 Fig. 8. DTM with 25m pixel size from the topographic maps of scale 1/250.000



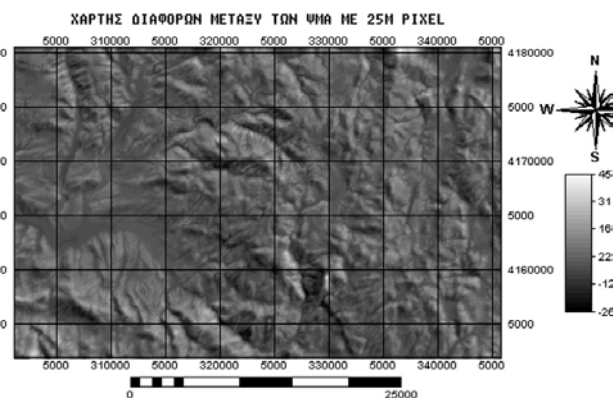
Σχήμα 9. DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 50 μέτρα από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/250.000
 Fig. 9. DTM with 50m pixel size from the topographic maps of scale 1/250.000

ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

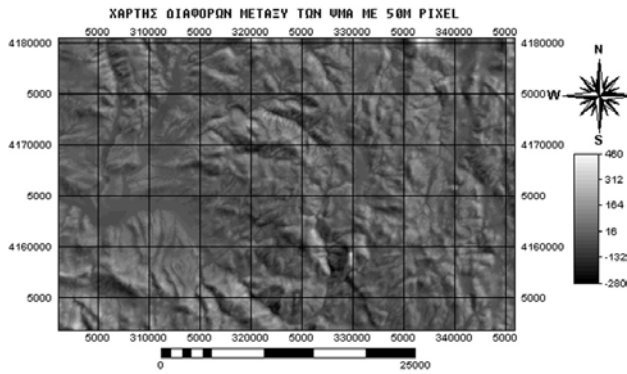
Ένας πρώτος οπτικός έλεγχος των έξι ΨΜΑ μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ανά δύο (με βάση το μέγεθος των εικονοστοιχείων τους) τα ΨΜΑ δεν παρουσιάζουν αισθητές διαφορές. Έτσι προχωρήσαμε στον Στατιστικό Έλεγχο.



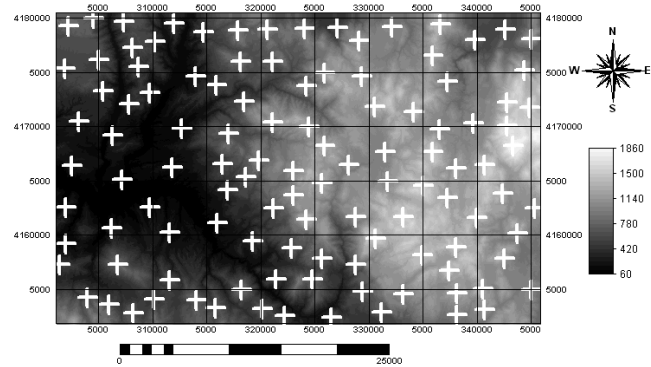
Σχήμα 10. Χάρτης διαφορών μεταξύ των DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 10μ.
 Fig. 10. Difference map of the two DTM with 10m pixel size.



Σχήμα 11. Χάρτης διαφορών μεταξύ των DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 25μ.
 Fig. 11. Difference map of the two DTM with 25m pixel size.



Σχήμα 12. Χάρτης διαφορών μεταξύ των DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 50μ.
Fig. 12. Difference map of the two DTM with 10m pixel size.



Σχήμα 12. Τα τριγωνομετρικά σημεία της ΓΥΣ με τα οποία ελέγξαμε την ακρίβεια των DTM
Fig. 12. Points with known elevation that we use to verify the accuracy of the DTMs.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Για να εξετάσουμε την ακρίβεια των DTM εφαρμόσαμε τους εξής ελέγχους:

A) Από τα DTM με μέγεθος εικονοστοιχείου 10, 25 και 50 μέτρα που δημιουργήσαμε από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/50.000 αφαιρέσαμε τα αντίστοιχα που δημιουργήσαμε από τους τοπογραφικούς χάρτες 1/250.000. Οι χάρτες των διαφορών φαίνονται στα σχήματα 9, 10 και 11.

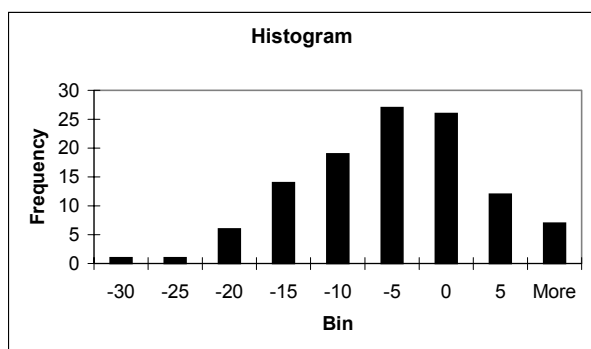
B) Με τη βοήθεια 115 γνωστών τριγωνομετρικών σημείων που πήραμε από τους χάρτες κλίμακας 1/50.000 της ΓΥΣ (σχήμα 12) ελέγξαμε την ακρίβεια όλων των DTM, αξιοποιώντας μεθόδους της περιγραφικής στατιστικής.

Από τα (σχ. 9, 10 και 11), φαίνεται ότι οι περισσότερες διαφορές υψομέτρων μεταξύ χαρτών διαφορετικής κλίμακας κυμαίνονται μεταξύ -30m και +30m.

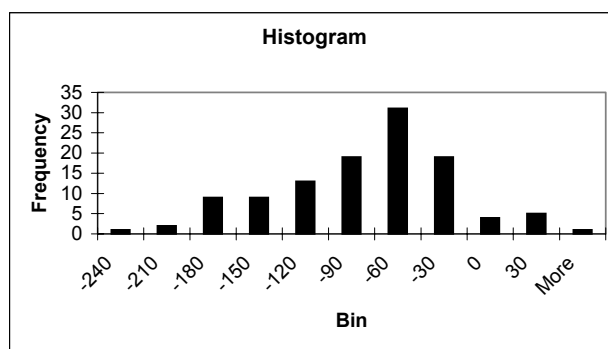
Στο (σχ. 13), παρουσιάζεται το ιστόγραμμα του σφάλματος (υψόμετρο DTM - αληθές υψόμετρο σημείου ελέγχου), για ψηφιοποίηση από χάρτη κλίμακας 1:50.000 και 50m διάσταση εικονοστοιχείου. Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα σφάλματα είναι αρνητικά (υψόμετρο DTM μικρότερο του αληθούς υψομέτρου), κι'αυτό οφείλεται στο ότι, ως συνέπεια της μεθόδου γραμμικής παρεμβολής που εφαρμόστηκε, τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους έχουν εξομαλυμένες τιμές υψομέτρου, ενώ τα υψόμετρα που προσδιορίζονται από τη ΓΥΣ βρίσκονται, συνήθως, σε σχετικά υπερυψωμένες θέσεις ως προς τα γειτονικά σημεία.

Οι αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές δεν ξεπερνούν, ως επί το πλείστον, τα 15m και δε βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ απόλυτης τιμής σφάλματος και υψομέτρου (χαμηλός συντελεστής γραμμικής συσχέτισης). Ένα μέτρο του πόσο αποκλίνουν οι τιμές υψομέτρου του DTM από τις αληθείς τιμές, είναι το rms σφάλμα, που είναι ίσο με 16m. Τα ίδια κατά βάση χαρακτηριστικά έχουν και τα ιστογράμματα των αποκλίσεων που προέκυψαν μεταξύ αληθών τιμών υψομέτρου και υψομέτρων που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση του 1:50.000 χάρτη, με διάσταση εικονοστοιχείου 25m και 10m. Με βάση την ανάλυση διασποράς για τα σφάλματα των υψομέτρων των τριών DTM, διαπιστώσαμε ότι και για τα τρία διαφορετικά μεγέθη κυψελίδας, τα αποτελέσματα δε διαφέρουν ουσιαστικά, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Αυτό σημαίνει, ότι κατά την ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη, είναι προτιμότερο ένα μέγεθος κυψελίδας ίσο με 50m, καθώς έτσι μειώνεται ο όγκος του DTM, χωρίς να μειώνεται η αξιοπιστία του τελικού προϊόντος.

Στο (σχ. 14), αναπαριστάνεται το ιστόγραμμα των αποκλίσεων μεταξύ τιμών DTM και πραγματικών τιμών, για ψηφιοποίηση από χάρτη 1:250.000 και μέγεθος κυψελίδας 50m. Είναι φανερό, ότι στην περίπτωση αυτή τα σφάλματα είναι σημαντικά μεγαλύτερα από όσο στην ψηφιοποίηση από χάρτη 1:50.000. Εδώ, το rms σφάλμα είναι 114m. Σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, οι αποκλίσεις δε διαφέρουν ουσιαστικά για ψηφιοποίηση με μέγεθος κυψελίδας 50m, 25m και 10m.



Σχ. 13. Ιστόγραμμα σφαλμάτων από την ψηφιοποίηση του χάρτη κλίμακας 1:50.000
Fig. 13. Histogram of the errors produced digitizing the 1 :50,000 map



Σχ. 14. Ιστόγραμμα σφαλμάτων από την ψηφιοποίηση του χάρτη 1:250.000
Fig. 14. Histogram of the errors produced digitizing the 1 :250,000 map

Υπάρχει, όπως είναι αναμενόμενο, μια μεγάλη συσχέτιση μεταξύ υψομέτρων των DTM και αληθών υψομέτρων. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιώντας γραμμική παλινδρόμηση, βρέθηκε ότι οι τιμές υψομέτρου $h_{d,50}$, που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση του 1:50.000 χάρτη (μέγεθος κυψελίδας ίσο με 50m), συνδέονται με τις αληθείς τιμές h , μέσω της γραμμικής σχέσης

$$h = 4 + 1,005h_{d,50} \quad (\text{σε μέτρα}) \quad (2)$$

Όμως, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (κριτήριο t που προτείνεται από τον Spiegel 1977), η κλίση της ευθείας μπορεί να θεωρηθεί ως μοναδιαία, οπότε η εξίσωση της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων είναι

$$h = 4 + h_{d,50} \quad (3)$$

Το τυπικό σφάλμα της ευθείας είναι 14m, που πλησιάζει πολύ το rms σφάλμα των 16m.

Για την περίπτωση της ψηφιοποίησης υπό κλίμακα 1:250.000 (50m μέγεθος κυψελίδας), η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων έδωσε την παρακάτω γραμμική σχέση:

$$h = 83 + 1,016h_{d,250} \quad (4)$$

που όμως, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η εξίσωση

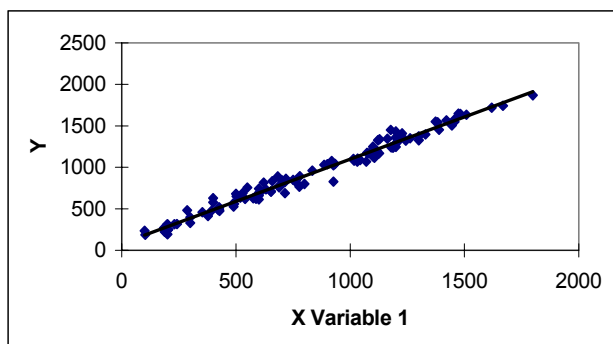
$$h = 83 + h_{d,250} \quad (5)$$

$h_{d,250}$ είναι τα υψόμετρα που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση του χάρτη 1:250.000. Εδώ το τυπικό σφάλμα της ευθείας είναι 61m.

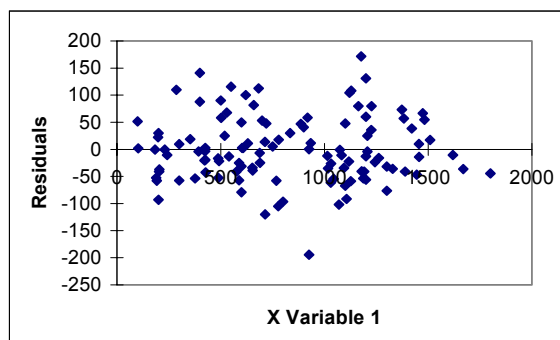
Στο (σχ. 15) παρουσιάζεται η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων που περιγράφεται από τη σχέση (5).

Οι αποκλίσεις μεταξύ θεωρητικών τιμών (με βάση την ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων) και πραγματικών τιμών υψομέτρου είναι αρκετά μεγάλες, όπως φαίνεται στο (σχ. 16). Είναι ωστόσο αρκετά μικρότερες (τυπικό σφάλμα 61m) σε σχέση με το rms σφάλμα που προκύπτει από τις διαφορές μεταξύ υψομέτρων DTM και πραγματικών υψομέτρων (που είναι 114m). Κατά συνέπεια, τα σφάλματα ψηφιοποίησης από χάρτη 1/250.000, μπορούν να μειωθούν σημαντικά, αν διορθωθούν τα υψόμετρα του DTM με βάση την εξίσωση (5).

Οι συντελεστές της σχέσης (5), μπορούν ίσως να διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Ωστόσο, διαπισθανόμαστε ότι οι διαφορές αυτές θα είναι μικρές, στο βαθμό που οι μεθοδολογίες τοπογραφικών μετρήσεων υπαίθρου και ψηφιοποίησης χαρτών δεν αλλάζουν. Μελέτες σε άλλες περιοχές, που σκοπεύουμε να πραγματοποιήσουμε, θα δείξουν πόσο ισχύει αυτή η εκτίμησή μας.



Σχ. 15. Η ευθεία ελαχίστων τετραγώνων, μεταξύ υψομέτρων που προέκυψαν από την ψηφιοποίηση του χάρτη 1:250.000 (άξονας x) και αληθών υψομέτρων (άξονας y).
Fig. 15. The least squares straight line between altitudes determined by digitizing the 1:250,000 map (x axis) and true altitudes (y axis)



Σχ. 16. Διαφορές μεταξύ αληθών υψομέτρων και υψομέτρων που προσδιορίζονται από τη σχέση (5)
Fig. 16. Differences between true altitudes and altitudes calculated by relation (5).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη στατιστική επεξεργασία των υψομετρικών δεδομένων, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Είναι σαφώς πιο αξιόπιστη η ψηφιοποίηση από χάρτη κλίμακας 1:50.000 από όσο υπό κλίμακα 1:250.000, καθώς στη δεύτερη περίπτωση τα σφάλματα είναι μεγαλύτερα. Η μέθοδος γραμμικής παρεμβολής που βασίζεται στη σχέση (1), και που εφαρμόστηκε στις ψηφιοποιήσεις, δεν είναι η πλέον αξιόπιστη, καθώς έχει μικρότερη ακρίβεια από αυτήν της δικτυβικής spline (Παρασχάκης κ.α. 1996). Όμως, σε προγράμματα λογισμικού ΓΕΠ, όπως το ILWIS, η γραμμική παρεμβολή είναι το μόνο διαθέσιμο εργαλείο υπολογισμού υψομέτρου εικονοστοιχείου, οπότε ο χρήστης θα πρέπει να αναμένει σημαντικά σφάλματα κατά την κατασκευή του DTM, κυρίως όταν εργάζεται με κλίμακα 1:250.000.

Με διάσταση εικονοστοιχείου ίση με 50m, μπορεί κανείς να έχει αποτελέσματα παρόμοια με αυτά που προκύπτουν από ψηφιοποίηση με εικονοστοιχείο μικρότερου μεγέθους (25m ή 10m). Και επειδή όσο μεγαλώνει η διάσταση εικονοστοιχείου μειώνεται ο όγκος του DTM, είναι προτιμότερο να πραγματοποιείται η όλη διαδικασία με εικονοστοιχείο διάστασης 50m.

Η ψηφιοποίηση υπό κλίμακα 1:250.000, προκαλεί μεγάλα σφάλματα στον προσδιορισμό του υψομέτρου, που μπορούν να ξεπεράσουν τα 100m. Τα σφάλματα αυτά μπορούν να μειωθούν κατά 50% περίπου, με κατάλληλη διόρθωση με βάση τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]JEHAD HIJAZI 2001: Elevation Extraction From Satellite Data Using Pci Software. *First Symposium on Space Observation Technologies for Defence Applications, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 19 - 20 August 2001.*
- [2]ILWIS 1997: *Ilwis User's Manual*. ITC. The Netherlands.
- [3]ΝΙΚΟΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Κ. & ΑΝΤΩΝΑΚΑΚΗΣ Α., 2002: Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου με τη Βοήθεια Δορυφορικών Δεδομένων ASTER και Στατιστικός Έλεγχος της Ακρίβειας του Μοντέλου. *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου 28/2-1/3/2002.* Πρακτικά σε ψηφιακή μορφή.
- [4]ΠΑΡΑΣΧΑΚΗΣ Ι., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ Μ., ΠΑΤΙΑΣ Π., 1996: *Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία*. Εκδόσεις Ζήτη.
- [5]SPIEGEL, M., 1977: *Πιθανότητες και Στατιστική*. McGraw-Hill, New York, ΕΣΠΙ, Αθήνα.