

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
ΕΔΑΦΟΥΣ (DIGITAL TERRAIN MODEL) ΩΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΘΕΜΑΤΙΚΟΥ
ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΤΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ**

N. X. Χαλκιάς *

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για τη δόμηση ενός όσο το δυνατό πιο ακριβούς συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S) της περιοχής της Λαυρεωτικής δημιουργήθηκαν ψηφιακά μοντέλα εδάφους (Digital Terrain Models), στα οποία αποδίδεται το τοπογραφικό ανάγλυφο.

Στην παρούσα εργασία αρχικά περιγράφονται οι μεθοδολογίες, και τα προβλήματα στην υλοποίηση των ψηφιακών μοντέλων εδάφους για την περιοχή μελέτης. Κατόπιν αναπτύσσονται οι τρόποι αξιοποίησης των δομηθέντων ψηφιακών μοντέλων στην απόδοση του ανάγλυφου και τη δημιουργία παράγωγων ποιοτικών και ποσοτικών πληροφοριών.

Τέλος παρατίθενται κάποιες απόψεις για τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους, γίνεται μια γενική αξιολόγηση και σύγκριση των διαφόρων ψηφιακών τύπων μοντέλων που δομήθηκαν και αποτιμάται η χρησιμότητά τους σε μια τυπική για τον Ελληνικό χώρο περιοχή, όπως αυτή της Λαυρεωτικής, στα πλαίσια ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

ABSTRACT

Digital Terrain Models are computerized three-dimensional descriptions of surface. This study will highlight the procedures used in one approach to construct and utilize such models, as structural elements of Geographic Information System of the study area.

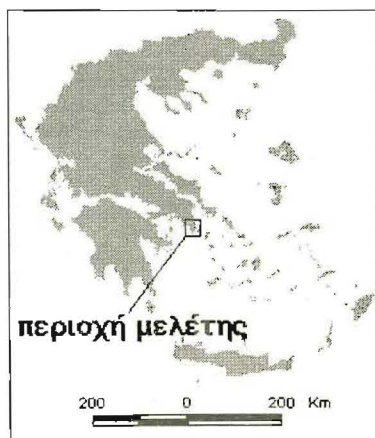
In the beginning, we described the methodologies and problems in DTMs creation. Then we present the utilization of the models for representation and description of topographical relief and for extraction of quantitative and qualitative information about the surface of the earth.

Finally we present a general evaluation of Digital Terrain Models, a comparison of different model types, and a utility assessment in a typical Greek area (Lavreotiki peninsula).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του Εργαστηρίου Γεωγραφίας και Τοπικής Ανάπτυξης του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών, με τίτλο "Σχεδίαση και εκτίμηση οικιστικών προτύπων κατάλληλων για βιώσιμη ανάπτυξη στην περιοχή της Μεσογείου". Σαν χαρακτηριστική περιοχή μελέτης από τον Ελληνικό χώρο επιλέχθηκε η χερσόνησος της Λαυρεωτικής (σχ.1) για την οποία δομήθηκε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Σχήμα 1



* Δρ. Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Γεωλόγος

Βασική παράμετρος αξιολόγησης του Φυσικού Περιβάλλοντος είναι και η τοπογραφία. Έτσι θεωρήθηκε σκόπιμο εκτός από την κλασική απόδοση του ανάγλυφου με τις ισοϋψείς καμπύλες να δομηθεί και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (*Digital Terrain Model*). Γενικά Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους θεωρείται κάθε «ψηφιακή αναπαράσταση μιας συνεχούς μεταβλητής στο χώρο» (Burrough, 1986). Ο όρος *Digital Elevation Model (DEM)* είναι πιο ειδικός και αναφέρεται στην ψηφιακή αναπαράσταση του υψομέτρου, αν και χρησιμοποιείται ευρύτατα και για ένα ειδικό τύπο μοντέλου (μοντέλα κανάβου – *Digital Elevation Matrices*).

Κύρια επιδίωξη ήταν η αξιοποίηση του ψηφιακού μοντέλου της περιοχής τόσο για την καλύτερη απόδοση και ποιοτική εκτίμηση του τοπίου, όσο και τις δυνατότητες ανάλυσης και ποσοτικοποίησης παραμέτρων σχετικών με το ανάγλυφο.

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους προέρχονται από τους χάρτες γενικής χρήσης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού κλίμακας 1: 25.000 (φύλλα Λαύριο, Ανάβυσσος, Κερατέα, Πλάκα, έκδοσης 1991). Από αυτούς τους χάρτες δημιουργήθηκαν τα θεματικά επίπεδα πληροφορίας των ισοϋψών καμπυλών (ισοδιάσταση 10m), των σημείων με καταγραφές του υψομέτρου, και του υδρογραφικού δικτύου με διορθώσεις (Παυλόπουλος, 1994). Η μετατροπή των παραπάνω πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή έγινε με μια μικτή τεχνική *raster to vector* – ψηφιοποίησης, με μέσο τετραγωνικό σφάλμα (*RMS error*) < 5m επί του εδάφους, και ενιαίο προβολικό σύστημα το ΕΓΣΑ '87.

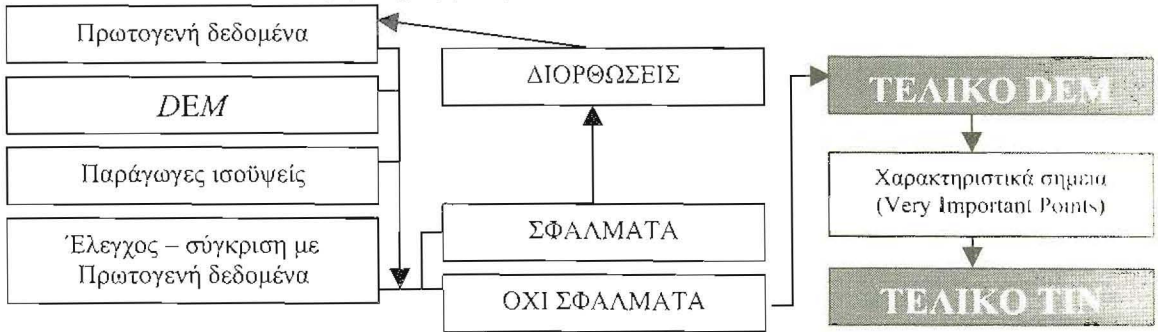
Ως όριο της περιοχής υλοποίησης του ψηφιακού μοντέλου εδάφους καθορίστηκε η περιοχή που περικλείεται μεταξύ της ακτογραμμής και της νοητής γραμμής του υδροκρίτη στο βόρειο τμήμα. Επίσης θεωρήθηκε απαραίτητη η ένταξη των νησιών Μακρόνησος και Πάτροκλος σαν αναπόσπαστα σημαντικά στοιχεία του φυσικού τοπίου.

ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Υπάρχουν δύο διαδεδομένοι τύποι ψηφιακών δομών που αναπαριστούν δεδομένα υψομέτρου, κάθε μια από τις οποίες παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα σε συγκεκριμένα πεδία ανάλυσης και εφαρμογών. Η δομή TIN (*Triangular Irregular Network*) αποτελείται από τριγωνικά δομικά στοιχεία με κορυφές στα σημεία δειγματοληψίας του υψομέτρου. Αυτή η δομή αντανακλά και την κατανομή της πληροφορίας του υψομέτρου καθώς και την τραχύτητα του εδάφους, ενώ απαιτεί σημεία δειγματοληψίας μόνο για χαρακτηριστικά σημεία του ανάγλυφου, σε αντίθεση με το δεύτερο τύπο μοντέλων, τα μοντέλα κανάβου (*Digital Elevation Matrices* ή *grids*). Κάθε τρίγωνο του μοντέλου TIN παριστά ένα τμήμα της επιφάνειας της γης με ομοιόμορφη κλίση και προσανατολισμό.

Ο δεύτερος βασικός τύπος μοντέλου (*DEM* ή *GRID*) βασίζεται σε μια κανονική κατανομή σημείων δειγματοληψίας στην επιφάνεια της Γης. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν αρκετά μεγάλο αριθμό σημείων για να παρασταθεί με ακρίβεια το ανάγλυφο. Στα μειονεκτήματά τους σημειώνεται ότι η κανονική κατανομή των σημείων δεν είναι και ο βέλτιστος τρόπος αναπαράστασης πολύπλοκων πραγματικών συνθηκών του τοπίου (*Weibel & Heller, 1991*). Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι η ευκολία συνδυασμού τους (σε επίπεδο δομικής μονάδας - *cell*) με *Raster* δεδομένα, όπως και με ψηφιακά δεδομένα Τηλεανίχνευσης, η ευκολία επεξεργασίας της δομής τους από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, και η "ομαλή" φυσική μορφή που έχουν τα παράγωγα από αυτά δεδομένα (χάρτες απόδοσης ανάγλυφου, χάρτες κλίσεων και εκθέσεων κλπ) (*Skidmore, 1997*).

Το γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποιος τύπος Ψηφιακού Μοντέλου που να υπερισχύει έναντι του άλλου, αφού αλληλοσυμπληρώνονται όσον αφορά τις εφαρμογές τους (Burrough, 1986), οδήγησε στην υλοποίηση τόσο Τριγωνικού μοντέλου (*Triangular Irregular Network*), όσο και μοντέλου κανάβου (*Grid, elevation matrix* ή *DEM*) (διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1.

Το μοντέλο κανάβου (*DEM*) με μέγεθος εικονοστοιχείου 10X10m που δημιουργήθηκε βασίστηκε σε αλγόριθμο ο οποίος λαμβάνει υπ' όψιν το υδρογραφικό δίκτυο και υπολογίζει αυτόματα χαρακτηριστικές γραμμές στο ανάγλυφο από τη μορφή των ισοΰψων καμπυλών (Hutchinson, 1989). Η πληροφορία που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι ψηφιοποιημένες ισοΰψεις καμπύλες (ισοδιάσταση 10m), το υδρογραφικό δίκτυο και τα υψομετρικά σημεία από τους χάρτες 1:25.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Το αρχικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους που προέκυψε χρησιμοποιήθηκε και σαν μέσο ελέγχου πιθανών σφαλμάτων στην ψηφιοποιημένη πρωτογενή πληροφορία (διάγραμμα 1).

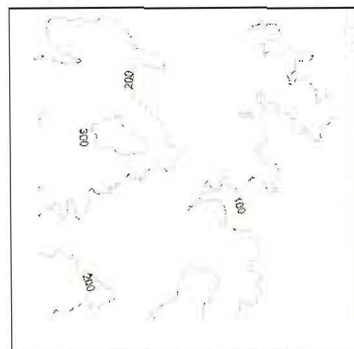
Συγκεκριμένα από το αρχικό αυτό *DEM* παρήχθεισαν οι ισοΰψεις καμπύλες οι οποίες και συγκρίθηκαν με την αρχική χαρτογραφική πληροφορία. Στις περιοχές με σημαντική απόκλιση ελέγχθηκε και διορθώθηκε η ψηφιακή πληροφορία. Εντοπίστηκαν δύο περιπτώσεις αστοχιών στην εισαγωγή περιγραφικής πληροφορίας υψομέτρου στις ισοΰψεις καμπύλες, πέντε παρόμοιες περιπτώσεις σε υψομετρικά σημεία και μια παράλειψη ψηφιοποίησης κλειστής καμπύλης σε λόφο της περιοχής. Αφού συμπληρώθηκαν και διορθώθηκαν τα στοιχεία, το *DEM* επαναδομήθηκε και επανελέγχθηκε με τον ίδιο τρόπο, μέχρι την ταύτιση της παράγωγης με την αρχική πληροφορία.

Το τριγωνικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους δημιουργήθηκε με τριγωνισμό *Delaunay*. Για να είναι το μοντέλο *TIN* ακριβές και αξιόπιστο, χωρίς μεγάλο όγκο πλεονάζουσας πληροφορίας δομήθηκε από σημεία τα οποία προέκυψαν από το *DEM* με την χρήση φίλτρου *high-pass* (Moik, 1980), και τα οποία είναι τα σημεία ιδιαίτερης σημασίας για την περιγραφή του ανάγλυφου (σημεία *VIP: very important points*). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το 5% των σημείων του κανάβου του μοντέλου *DEM*.

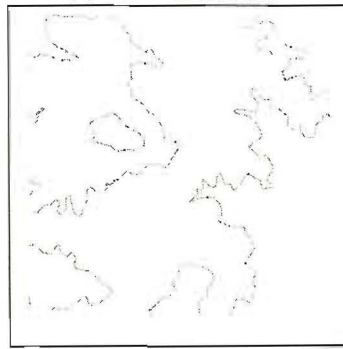
Στο σχήμα 2 φαίνεται μια σύγκριση των αρχικών ισοΰψων καμπυλών σε σύγκριση με τις ισοΰψεις καμπύλες που προέκυψαν από το μοντέλο κανάβου *DEM* και με αυτές που προέκυψαν από το τριγωνικό Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους *TIN*.

Σχήμα 2.

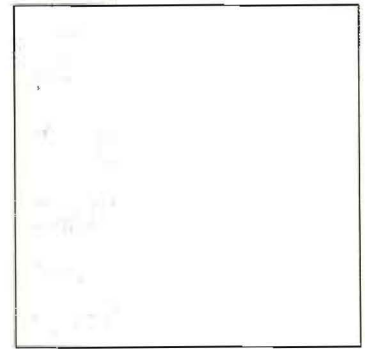
ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΙΣΟΨΥΕΙΣ



ΙΣΟΨΥΕΙΣ ΑΠΟ DEM



ΙΣΟΨΥΕΙΣ ΑΠΟ TIN



Ο έλεγχος του σφάλματος των τελικών ψηφιακών μοντέλων εδάφους έγινε με σύγκριση των εκτιμήσεων του υψομέτρου που παρείχαν για 15 σημεία γνωστού υψομέτρου τα οποία είναι

κατανεμημένα σε όλη την περιοχή μελέτης. Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (*RMS error*), όπως και κάποια στοιχεία για τα τελικά ψηφιακά μοντέλα εδάφους φαίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1.

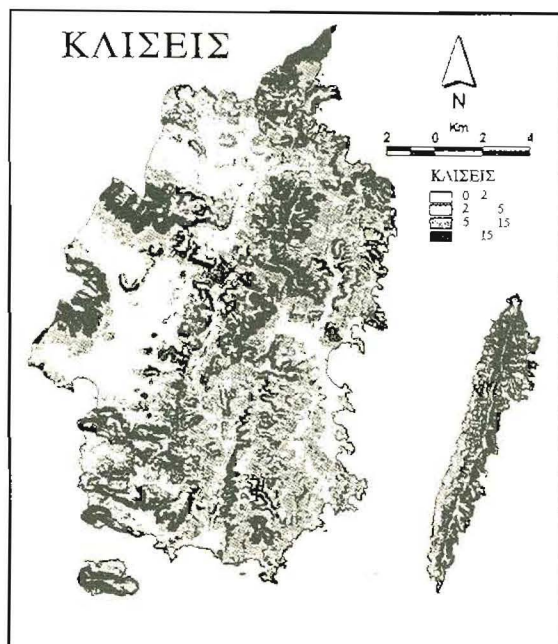
| | DEM | TIN |
|---|-------|-------|
| Μέγεθος αρχείου (MB) | 20,8 | 17,4 |
| Χρόνος υλοποίησης *(sec) | 210 | 326 |
| Μέσο υψόμετρο (m) | 118,4 | 118,5 |
| Σφάλμα (RMS) (m) | 1,5 | 5,6 |
| Χρόνος εμφάνισης** της απεικόνισης σκιασμένου ανάγλυφου στην οθόνη (sec) | 21 | 27 |
| *, **: χρήση λογισμικού GIS ARC / INFO, σε λειτουργικό σύστημα Windows NT, σε προσωπικό υπολογιστή Pentium II 350, 128MB μνήμη RAM, 8MB μνήμη γραφικών. | | |

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.

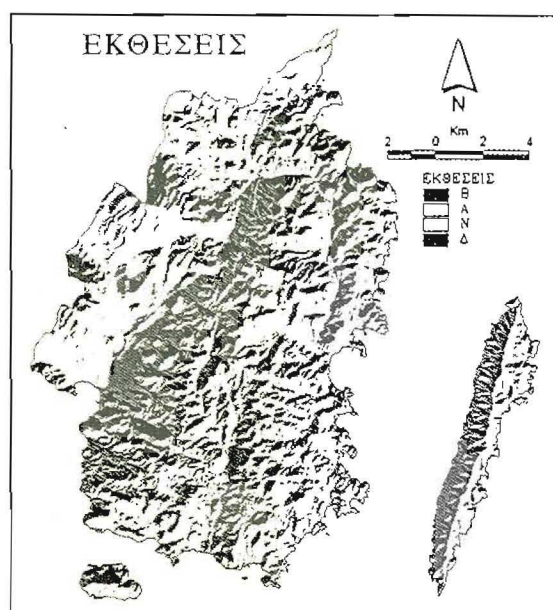
Κύριος λόγος υλοποίησης των Ψηφιακών μοντέλων εδάφους της περιοχής, ήταν η αξιοποίησή τους στην εξαγωγή από αυτά παράγωγης θεματικής πληροφορίας, οι εξελεγχμένες δυνατότητες για χαρτογραφική απόδοση που παρέχουν, καθώς και οι δυνατότητες για ποσοτικές εκτιμήσεις σε συνδυασμό μάλιστα με τις υπόλοιπες πληροφορίες του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Έτσι αρχικά από το μοντέλο DEM παρήχθησαν τα θεματικά επίπεδα κλίσης (*slope*) και έκθεσης (*aspect*) του ανάγλυφου που φαίνονται στα σχ. 3 και σχ. 4 αντίστοιχα. Αυτές οι παράγωγες πληροφορίες ήταν τύπου GRID με μέγεθος εικονοστοιχείου 10X10m.

Σχήμα 3.

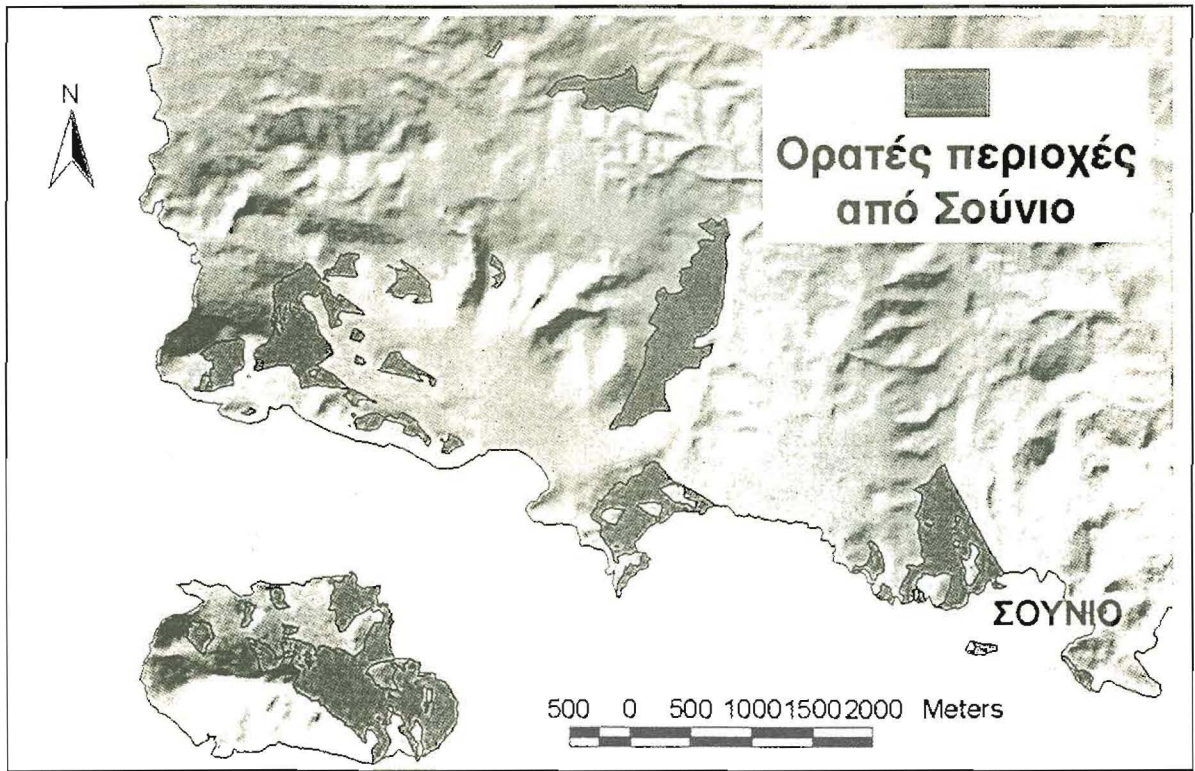


Σχήμα 4.

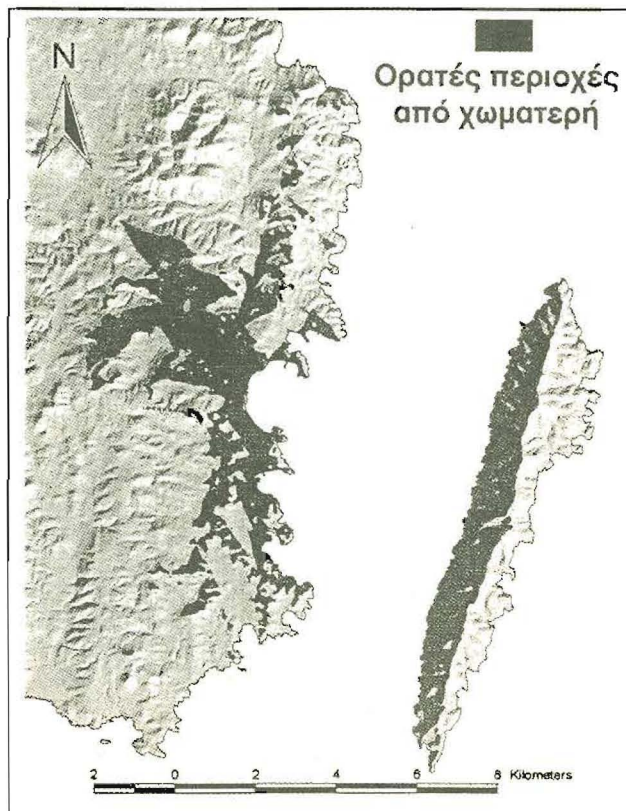


Επιπρόσθετα από το DEM της περιοχής παρήχθησαν και θεματικοί χάρτες στους οποίους φαίνονται οι συνθήκες ορατότητας από σημεία ειδικού ενδιαφέροντος της περιοχής. Συγκεκριμένα στα σχ. 5, 6 και 7, αποδίδονται οι συνθήκες ορατότητας από τον αρχαιολογικό χώρο του Σουνίου, από τη χωματερή της περιοχής, καθώς και από την πόλη του Λαυρίου.

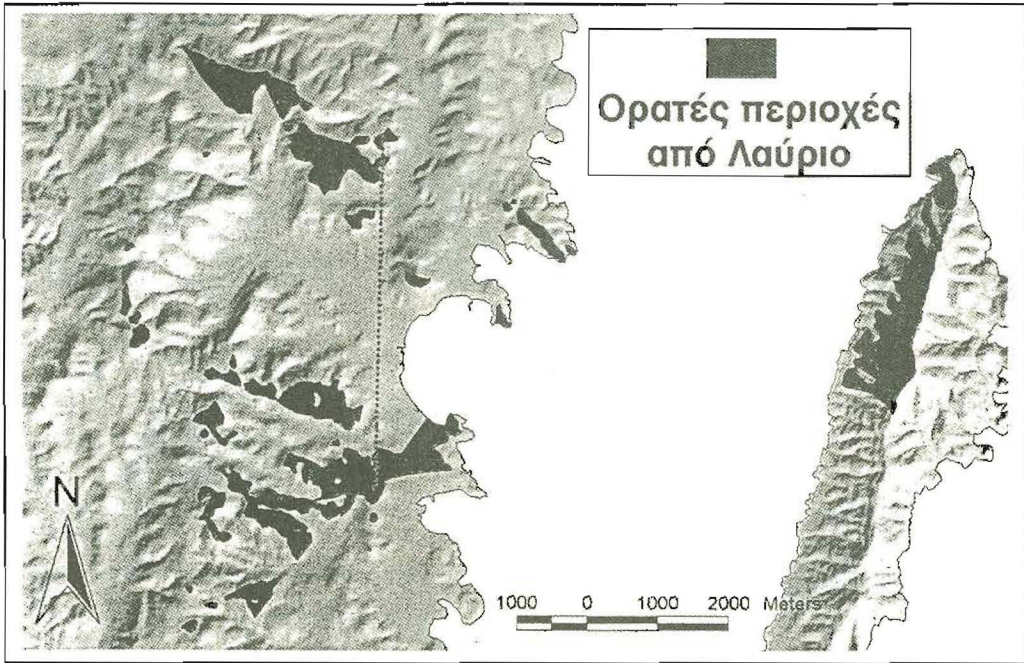
Σχήμα 5



Σχήμα 6



Σχήμα 7



Η εξελιγμένη και παραστατική απόδοση του ανάγλυφου με τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους υλοποιείται με ποικίλους τρόπους (Maguire, 1991).

Με χάρτες φωτοσκίασης (σχ. 8),

με χρωματική διαβάθμιση του υψομέτρου σε συνδυασμό με σκίαση (σχ. 9α),

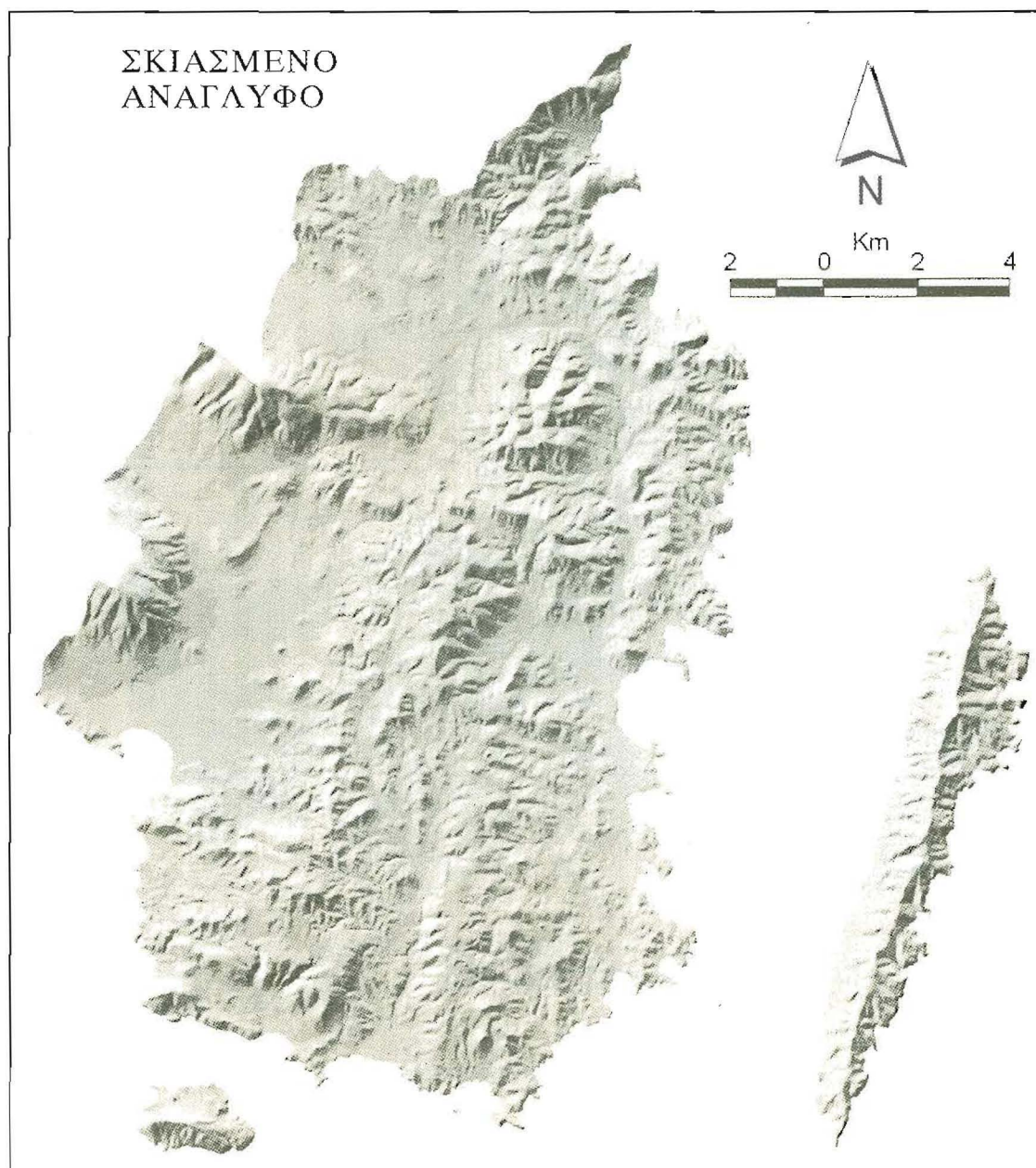
προοπτικά γραφήματα διαφόρων τύπων (σχ. 9β, 10α, 10β).

Πολύ παραστατικά επίσης είναι τα προοπτικά γραφήματα υπέρθεσης ορθοφωτοχάρτη της περιοχής στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (σχ.11) (Fatale, 1992).

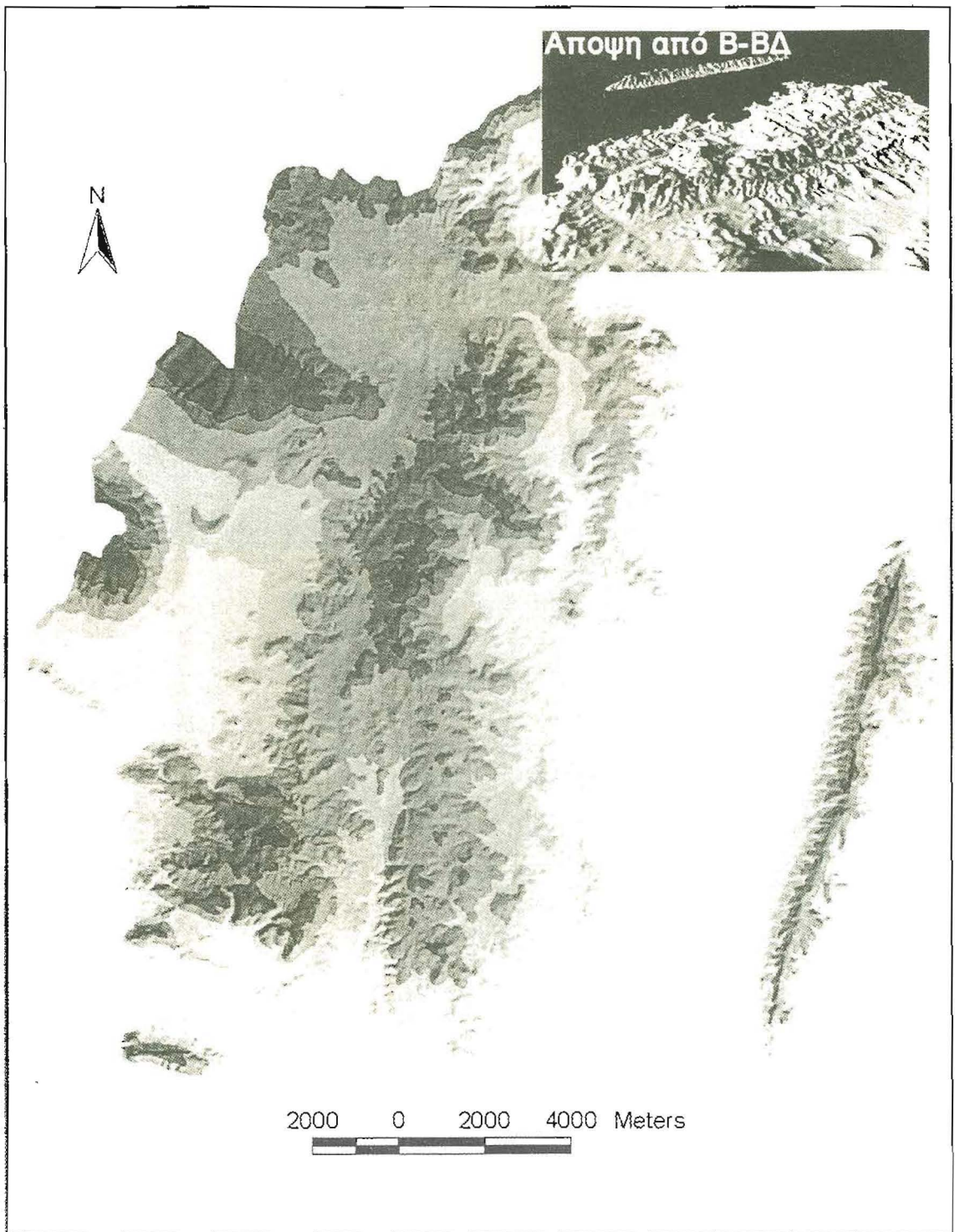
Ακόμη δημιουργήθηκαν αυτοματοποιημένα από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους πλήθος μηκοτομιών (Σχ. 13).

Τέλος παρήχθησαν και ορισμένα γραφήματα προοπτικής απόδοσης του τοπίου από επιλεγμένα σημεία παρατήρησης εντός και εκτός της περιοχής. (Σχ. 12, 14,15)

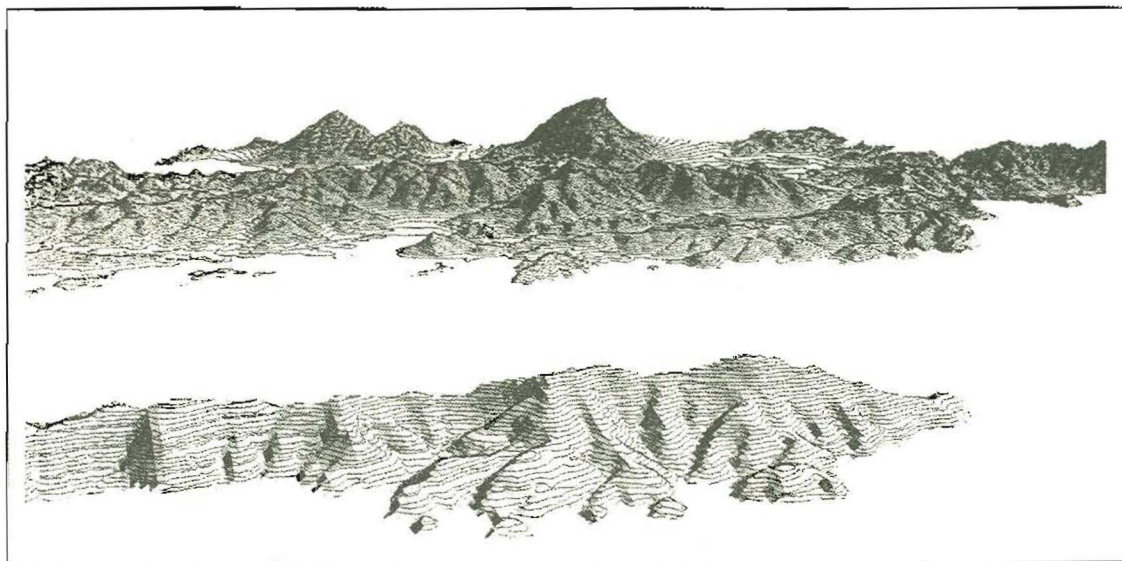
Σχήμα 8



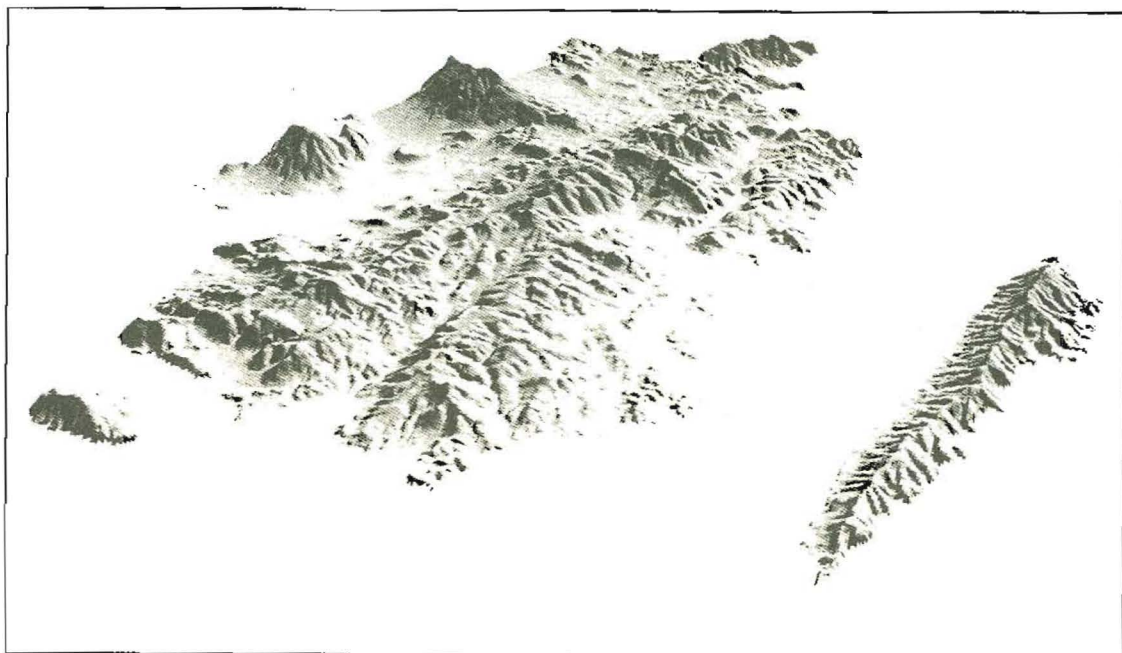
Σχήμα 9.



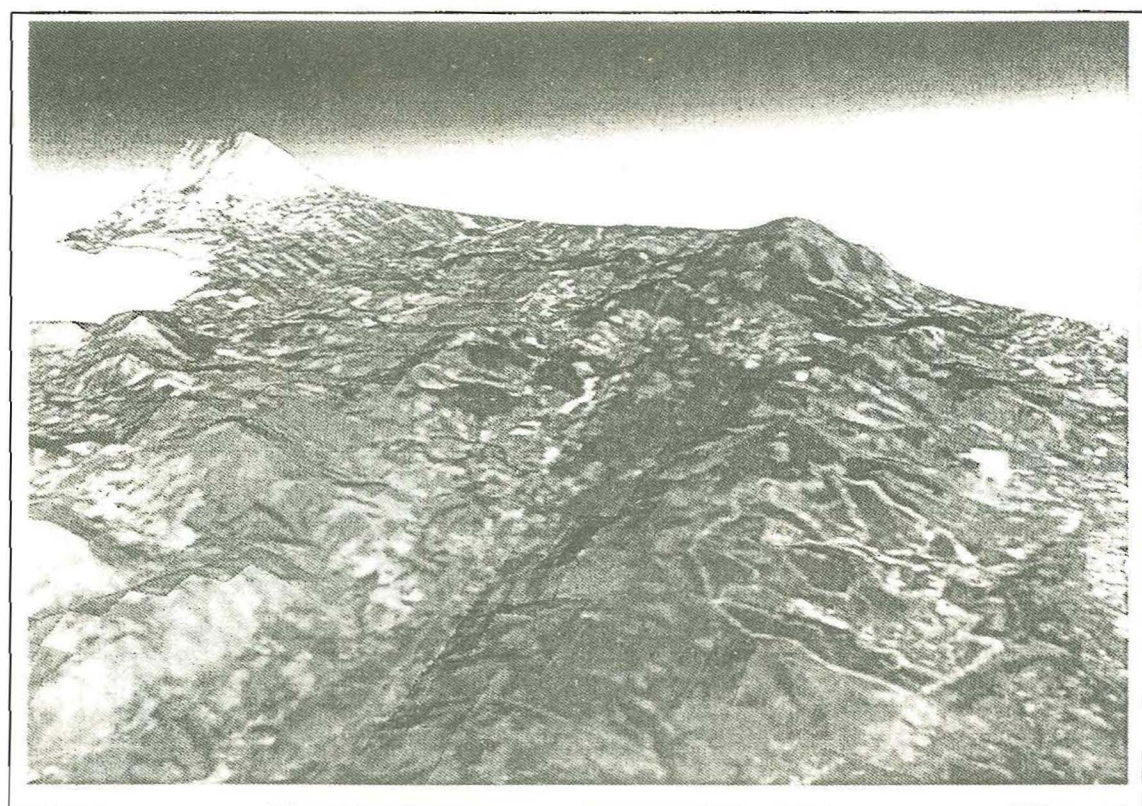
Σχήμα 10α.



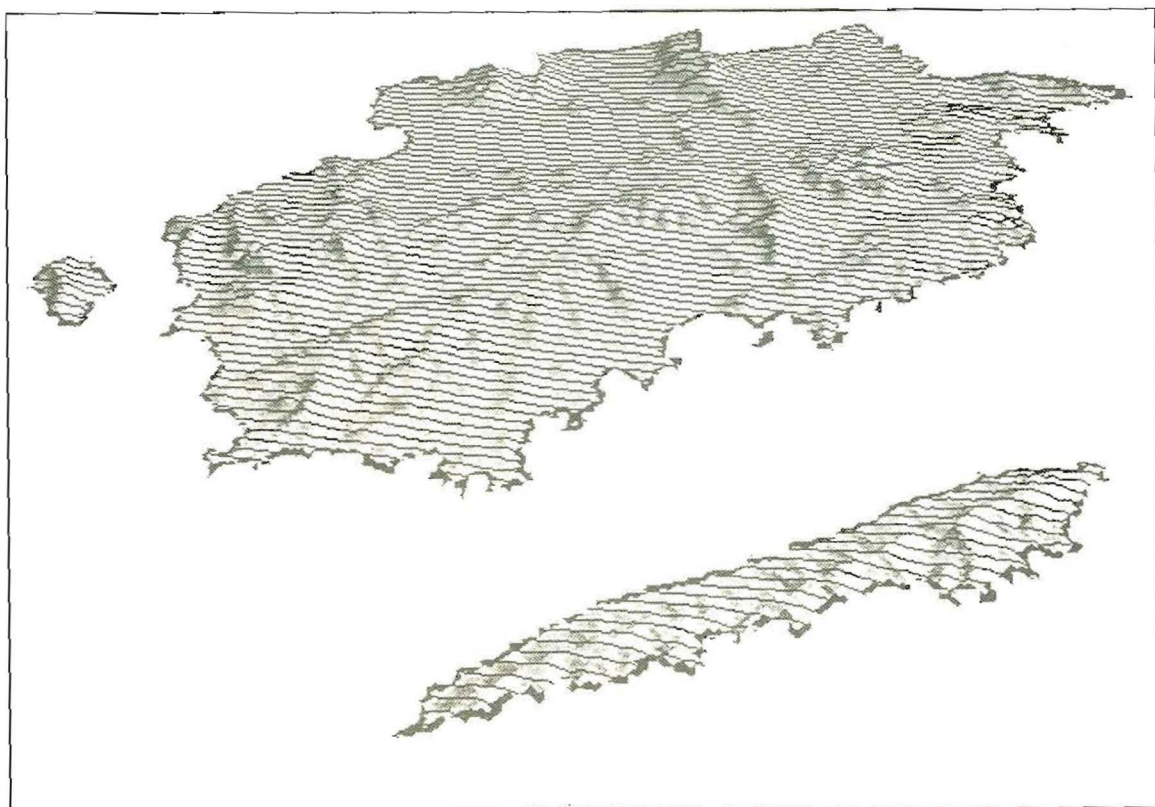
Σχήμα 10β.



Σχήμα 11.

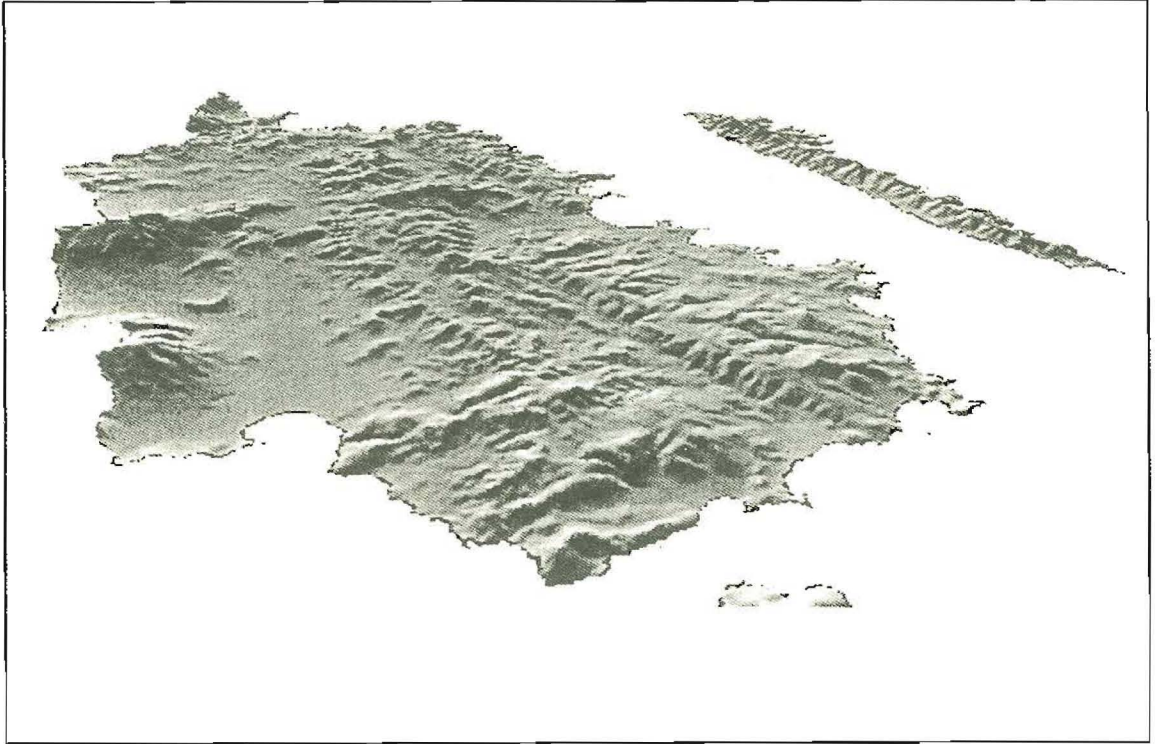


Σχήμα 13

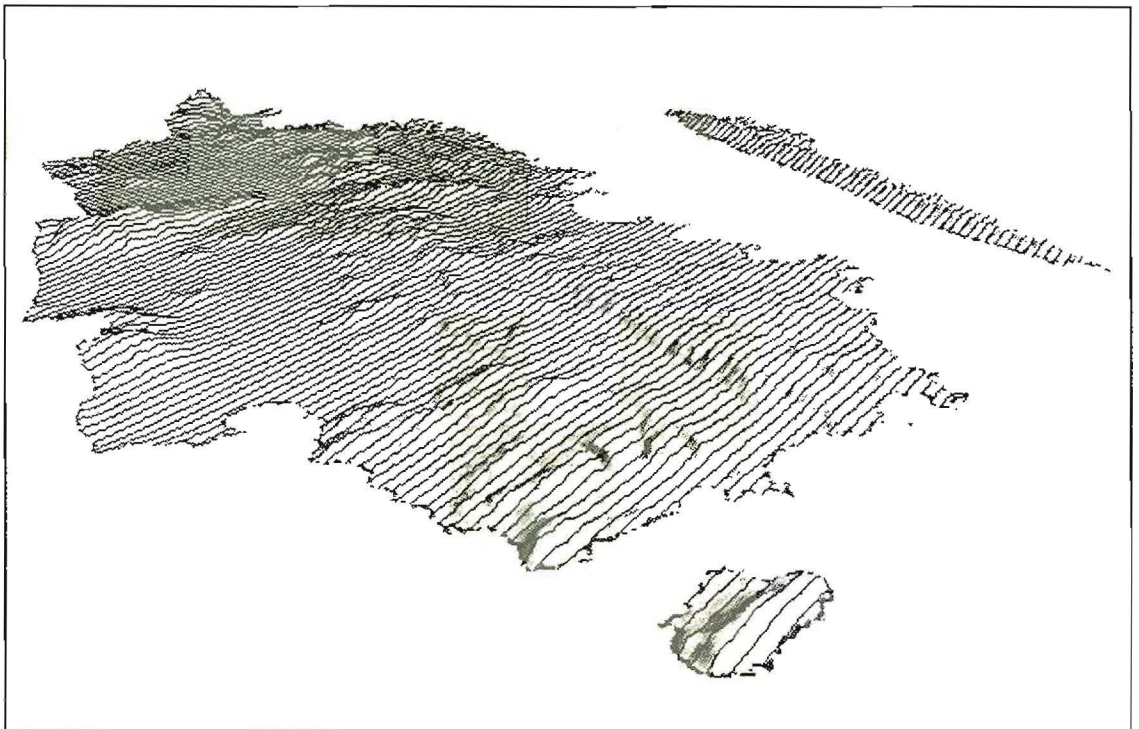




Σχήμα 14.



Σχήμα 15.



Ιδιαίτερα σημαντική αποδείχθηκε η χρήση των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους στην εξαγωγή ποσοτικών στοιχείων σχετικών με το ανάγλυφο, σε συνδυασμό μάλιστα και με άλλες θεματικές πληροφορίες του Γεωγραφικού Συστήματος της Περιοχής.

Στους Πίνακες 2 και 3 φαίνονται αυτά τα ποσοτικά στοιχεία.

Πίνακας 2

| ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ (m) | Μέσες Κλίσεις (°) |
|-----------------------|-------------------|
| 0-100 | 9,1 |
| 100-200 | 11,8 |
| 200-300 | 15,5 |
| 300-400 | 18,3 |
| 400-500 | 21,2 |
| 500-650 | 18,8 |

Πίνακας 3

| | ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m) | Μέσες Κλίσεις (°) | |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|------|
| ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ | ΛΑΥΡΙΟ | 72.7 | 8.8 |
| | ΚΕΡΑΤΕΑ | 145.5 | 11.1 |
| | ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ | 78.2 | 10.6 |
| | ΑΓ. ΚΩΝ/ΝΟΣ | 113.5 | 10.2 |
| | ΜΑΚΡΟΝΗΣΟΣ | 81 | 17.3 |
| ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ | ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ | 68.1 | 4.6 |
| | ΑΡΑΙΗ ΔΟΜΗΣΗ | 57.4 | 7.4 |
| | ΔΙΑΣΠΑΡΤΑ ΚΤΙΣΜΑΤΑ | 116 | 7.8 |
| | ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ-ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ-ΣΤΡΑΤΟΣ | 134.7 | 9.3 |
| | ΜΗ ΔΟΜΗΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ | 113.2 | 14.1 |
| ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ | ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗ | 67 | 4.2 |
| | ΝΕΟΓΕΝΗ | 148 | 9.4 |
| | ΜΑΡΜΑΡΑ | 162 | 14.7 |
| | ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ | 97 | 11.1 |
| | ΦΥΛΛΙΤΕΣ | 126.8 | 11.3 |
| | ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ | 206 | 16 |
| | ΓΡΑΝΟΔΙΟΡΙΤΕΣ | 208 | 12 |

Ακόμη μπορούμε με την αξιοποίηση πληροφοριών από τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ψηφιακές πληροφορίες του ΓΣΠ της περιοχής να λάβουμε χρήσιμα ποσοτικά στοιχεία που βοηθούν σε εκτιμήσεις για τις γενικότερες συνθήκες της περιοχής. Έτσι τέθηκε το ερώτημα : «Τι χρήσεις γης απαντούνται στις ορατές από τον αρχαιολογικό χώρο του Σούνιου περιοχές;» Ο συνδυασμός του θεματικού επιπέδου των χρήσεων γης σε συνδυασμό με το θεματικό χάρτη των ορατών από το Σούνιο περιοχών που δημιουργήθηκε από το DEM, έδωσε τα ποσοτικά στοιχεία του πίνακα 4.

Πίνακας 4

ΟΡΑΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΣΟΥΝΙΟΥ

| ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ | ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΛΥΨΗ |
|-----------------------------------|-------------------|
| ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ | 1.2 % |
| ΑΡΑΙΗ ΔΟΜΗΣΗ - ΔΙΑΣΠΑΡΤΑ ΚΤΙΣΜΑΤΑ | 21.7 % |
| ΜΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ | 77.1 % |

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους αποδείχθηκαν πολύ σημαντικά εργαλεία αποτίμησης και ανάλυσης του τοπογραφικού ανάγλυφου, όσο και αναπαράστασης – χαρτογραφικής του απόδοσης. Τα τυπικά εξαγόμενα δεδομένα όπως οι χάρτες κλίσεων και προσανατολισμού κλίσεων, οι εκτιμήσεις ορατότητας παρέχουν ιδιαίτερα χρήσιμα στοιχεία σε πληθώρα εφαρμογών. Οι χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου και τα ποικίλα προοπτικά γραφήματα (σε συνδυασμό μάλιστα και με δεδομένα Τηλεπισκόπησης), αποδίδουν με πολύ παραστατικό τρόπο την επιφάνεια της γης και αποτελούν σημαντικά επικουρικά στοιχεία στην ποιοτική εκτίμηση του τοπίου. Τέλος ιδιαίτερης αξίας είναι τα ποσοτικά εξαγόμενα από τα μοντέλα για τη συσχέτιση της πληροφορίας του υψομέτρου με άλλες θεματικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης.

Η σπουδαιότητα και ο ρόλος τους στην προσπάθεια αξιολόγησης του φυσικού περιβάλλοντος, αναβαθμίζεται όταν συνδυάζονται με άλλες Γεωγραφικές θεματικές Πληροφορίες. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο πρέπει να θεωρούνται αναπόσπαστο τμήμα ενός ολοκληρωμένου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS), στο οποίο να υποστηρίζονται και οι δύο βασικοί τύποι μοντέλων (DEM και TIN), όπως και οι μετατροπές από τον ένα τύπο στον άλλο.

Η δόμηση DEM από χαρτογραφική πρωτογενή πληροφορία προϋποθέτει την αξιοποίηση τόσο των πληροφοριών που σχετίζονται άμεσα με το τοπογραφικό ανάγλυφο (ισοϋψείς καμπύλες), όσο και των πληροφοριών που σχετίζονται έμμεσα (υδρογραφικό δίκτυο). Γενικά, η πράξη έδειξε ότι για τα μοντέλα κανάβου επιλογή μεγέθους εικονοστοιχείου ίση με $[(1/\text{κλίμακα}) * 0,0004]\text{m}$ είναι αποδοτική παρέχοντας μάλιστα και μοντέλα που διαχειρίζονται εύκολα.

Ιδιαίτερη σημασία επίσης έχει η αξιοποίηση των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους, στον έλεγχο της χωρικής και αλφαριθμητικής πληροφορίας των αρχικών ψηφιακών δεδομένων.

Μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες στην αξιοποίηση των ψηφιακών μοντέλων εδάφους είναι η αξιοποίηση στοιχείων τους και η εύρεση μεθοδολογιών για την εκτίμηση της τρωτότητας στη διάβρωση, η ανάλυση των υδρολογικών παραμέτρων και η σύγκρισή τους με τις παραμέτρους που υπολογίζονται με τις κλασικές μεθόδους, καθώς και η διερεύνηση και αξιολόγηση του συνδυασμού δεδομένων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με άλλες πληροφορίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burrough, P. A., 1986: 'Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment', *New York: Oxford University Press*.
- Delauney B., 1934: "Sur la Sphere Vide". *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*.
- Fatale L., A., Ackeret J., R., 1992, " Impact of Digital Terrain Elevation Data (DTED) Resolution on Terrain Visualization: Simulation Vs Reality", *XVII Congress: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- Hutchinson, M.F., 1988, " Calculation of Hydrologically Sound Digital Elevation Models". in *Marble, D., ed., Proceedings of the 3rd International Symposium on Spatial Data Handling: Sydney, Australia*.
- Hutchinson, M.F., 1989: "A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits", *Journal of Hydrology: 106*.
- Maguire D., Goodchild M.F., Rhind D.W. 1991: 'Geographical Information Systems : Principles And Applications', *Longman Scientific & Technical*.
- Moik J., G., 1980: "Digital Processing of Remotely Sensed Images ", *New York: Academic Press*.

- Peucker T.K., 1978, "Data Structures for Digital Terrain Models: Discussion and Comparison", *Harvard Papers on Geographic Information Systems*.
- Skidmore A. K., 1997, "GIS Applications and use of Digital Terrain Modelling" in *Third European Conference on Geographical Information, Vienna, Austria*.
- U.S Department of the Interior, Digital Elevation Models, *Data Users Guide 5, United States Geological Survey, Reston, Virginia, 1990*.
- Weibel, R. and Heller., 1991, "Digital Terrain Modelling" in *GIS Principles and Applications ed. D. Maguire M. Goodchild and D. Rhind. Essex: Longmans*.
- Zi-TanChen, 1992, "How to Interpolate a surface with Breaklines?", *XVII Congress: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- Παυλόπουλος Κ., 1994, "Γεωμορφολογική Εξέλιξη της Νότιας Αττικής". *Διδακτορική διατριβή, τμήμα Γεωλογίας, Παν/μιο Αθηνών*.
- Χαλκιάς Ν.Χ., 1996 : 'Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών για την περιοχή της Λακωνίας με χρήση στοιχείων Τηλεανίχνευσης' *Διδακτορική διατριβή, τμήμα Γεωλογίας, Παν/μιο Αθηνών*.