



# Η Σκιά του Ανάγλυφου στους χάρτες

των Βύρωνα Νάκου και Νίκου Τζελέπη

## Το τοπογραφικό ανάγλυφο

Το τοπογραφικό ανάγλυφο, ή μορφή της επιφάνειας της γης όπως περιφραστικά συνηθίζεται να αποκαλείται, αποτελεί ένα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος αντικείμενο απεικόνισης στους χάρτες. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που δικαιολογούν την ιδιαιτερότητα αυτή, μεταξύ των οποίων οι κυριότεροι αναφέρονται (Νάκος και Φιλιππακοπούλου, 1993):

- Στον τρισδιάστατο χαρακτήρα του, που παρουσιάζει δυσκολίες αναπαράστασης σε ένα διδιάστατο μέσο σαν το επίπεδο του χάρτη.
- Στην ανάγκη απεικόνισης της συνέχειάς του σε ολόκληρο το γεωγραφικό χώρο.
- Στην απεικόνισή του που συνυπάρχει με ένα μεγάλο πλήθος πληροφοριών του γεωγραφικού χώρου, οι οποίες σε συνδυασμό με τον πεπερασμένο χώρο του χάρτη δυσκολεύουν τη σύνθεσή του, με τρόπο που να ερμηνεύο-

νται με ευκρίνεια και ευκολία.

- Στη μορφή του, που αποτελεί ένα κατ'έξοχήν γνώσιμο στοιχείο του γεωγραφικού χώρου, αποτυπωμένο στη μνήμη κάθε ανθρώπου, γεγονός που απαιτεί αληθοφανείς τρόπους απεικόνισης.

Οι ιδιαιτερότητες αυτές δυσκολεύουν τους χαρτογράφους στην αξιόπιστη αναπαράσταση του ανάγλυφου στους χάρτες. Για τους λόγους αυτούς, ενώ οι πρώτοι χάρτες εμφανίστηκαν εδώ και 5000 χρόνια, κατά κανόνα ή στερούνται της απεικόνισης του ανάγλυφου ή αυτή γίνεται με τρόπο απλοϊκό και περιγραφικό. Η συστηματική απεικόνιση του ανάγλυφου εμφανίζεται στους χάρτες των δύο τελευταίων αιώνων και προφανώς σχετίζεται με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας.

## Βασικές μέθοδοι αναπαράστασης αναγλύφου

Η πιο διαδεδομένη και ακριβής μέθοδος αναπαράστασης του ανάγλυφου είναι η σχεδίαση ισαριθμικών καμπύλων υψομέτρων και βαθμών. Οι ισοϋψείς και ισοβαθείς καμπύλες προκύπτουν ως ορθές προβολές οριζόντιων τομών της

γήινης επιφάνειας ανά κανονικά διαστήματα, κατάλληλα επιλεγμένα ανάλογα με τη μορφολογία της απεικονιζόμενης περιοχής και την ακρίβεια που επιβάλλει η προκαθορισμένη κλίμακα σχεδίασης του χάρτη.

Πολύ πριν όμως η τεχνολογία προχωρήσει αρκετά ώστε να αναπτυχθούν αξιόπιστες μέθοδοι αποτύπωσης της γης, η παραγωγή ενός χάρτη στόχευε σε ένα ρεαλιστικό αλλά και καλλιτεχνικό αποτέλεσμα. Έτσι στους παλαιότερους χάρτες κυριαρχούν οι σκιές του αναγλύφου σχεδιασμένες με τη μέθοδο της γραμμοσκίασης της κλίσης. Η γραμμοσκίαση αυτή υλοποιείται με δέσμες μικρών γραμμών που το πάχος και η πυκνότητά τους αυξάνονται ανάλογα με το μέγεθος της κλίσης του εδάφους, προσανατολίζονται δε παράλληλα με αυτήν.

Η λιθογραφία απετέλεσε την πρώτη τεχνολογική επανάσταση στις χαρτογραφικές μεθόδους παραγωγής. Οι δυνατότητες της σχεδίασης και της μαζικής αναπαραγωγής πολλών χρωμάτων και πολλών διαφορετικών τόνων του ίδιου χρώματος αποτέλεσαν το τεχνολογικό υπόβαθρο για να αναπτυχθούν μεταξυ άλλων ρεαλιστικότερες μέθοδοι αναπαράστασης του τοπογρα-

**Ο Β. Νάκος είναι Λέκτορας Ε.Μ. Πολυτεχνείου στο τμήμα Αγρ. Τοπ. Μηχ.  
Ο Ν. Τζελέπης είναι Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός**



## **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΚΙΑΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ**

(Περιοχή Νομού Αττικής - Ψ.Μ.Υ. 250μ.)

*Διάγραμμα αναπαράστασης αναγλύφου*



*Θεματικός χάρτης*



**Τρισδιάστατη προοπτική απεικόνιση**





φικού αναγλύφου, όπως είναι ο χρωματικός συμβολισμός διακριτών υψομετρικών και βαθυμετρικών ζωνών με κατάλληλες αποχρώσεις που να θυμίζουν στο χρήστη του χάρτη την πραγματική γήινη επιφάνεια. Τέτοιες είναι οι αποχρώσεις του πράσινου, του κίτρινου και του καφέ για τη στεριά και του γαλάζιου και του μπλε για τη θάλασσα.

## Η σκιά του αναγλύφου στους χάρτες

Η εποπτικότητα ενός χάρτη ως μέσου μετάδοσης γεωγραφικών και θεματικών πληροφοριών εξαρτάται άμεσα από τη συνολική αίσθηση και εντύπωση που δημιουργεί στο χρήστη. Γι' αυτό, μία πετυχημένη και ρεαλιστική απόδοση της εικόνας του πραγματικού αναγλύφου της περιοχής που χαρτογραφείται παίζει καθοριστικής σημασίας ρόλο. Το χρώμα είναι μία βασική παράμετρος πιστότητας σε όλες τις εικόνες. Ένα στοιχείο όμως που λειτουργεί πιο άμεσα στην τρισδιάστατη αντίληψή μας είναι η σκίαση ενός αντικείμενου, όταν αυτό φωτίζεται πλάγια από μια φωτεινή πηγή (Imhof, 1982).

Η σκίαση του αναγλύφου είναι μια σύνθετη και αρκετά πολύπλοκη λειτουργικά επεξεργασία που περιγράφει την επίδραση των συνθηκών φωτισμού επάνω στη φυσική γήινη επιφάνεια. Για τις ανάγκες απεικόνισης της σκιάς του ανάγλυφου στη χαρτογραφία, θέλουμε να σχηματίζεται μια εικόνα που βασικός της σκοπός δεν είναι η αντιγραφή της οπτικής πραγματικότητας αλλά η απόδοση της διαμόρφωσης του αναγλύφου. Σκόπιμα λοιπόν, αγνοούμε στοιχεία που βασίζονται στη γνώση της γεωμετρίας μιας ευρύτερης περιοχής, όπως οι σκιές-είδωλα από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία μιας επιφάνειας που "κρύβουν" την πληροφορία, και συγκεντρώνουμε την προσοχή σε μία βασική ιδιότητα τοπικού χαρακτήρα: στην ανακλαστικότητα (R) του εδάφους ως συνάρτηση της γεωμετρίας του εδάφους, δηλαδή ενός διανύσματος καθέτου σε κάθε στοιχειώδη επιφάνεια του ανάγλυφου. Οσον αφορά το δεύτερο βασικό παράγοντα, δη-

λαδή τις συνθήκες φωτισμού, αρκούμαστε στον προσδιορισμό της διεύθυνσης του εκπεμπόμενου φωτός. Το αμελητέο εύρος των υψομετρικών διαφορών του γήινου αναγλύφου σε σχέση με την απόσταση της θέσης της φωτεινής πηγής του ηλίου κάνει περιττή τη διερεύνηση της μεταβολής της ανακλαστικότητας λόγω διαφορετικής έντασης του φωτός.

Τόσο το διάνυσμα της καθέτου της γήινης επιφάνειας όσο και το διάνυσμα θέσης της φωτεινής πηγής προσανατολίζονται με δύο γωνίες, τη ζενίθια γωνία ( $\theta$ ) -γωνία του διανύσματος από το ζενίθ- και τη γωνία αξιμουθίου ( $\varphi$ ) αντίστοιχα -γωνία της οριζώντιας προβολής του διανύσματος ως προς μια κοινά παραδεκτή αφετηρία και φορά. Η δε ανακλαστικότητα μπορεί να εκφραστεί σε ποσοστό (%) και γραφικά αποδίδεται με χρωματικούς τόνους. Η ανακλαστικότητα κάθε στοιχειώδους επιφάνειας του ανάγλυφου στη γενική περίπτωση θα είναι συνάρτηση των δύο αυτών γωνιών της επιφάνειας θέσης ( $\theta, \varphi$ ) και της φωτεινής πηγής ( $\theta_0, \varphi_0$ ):

$$R_{(\%) } = f(\theta, \varphi, \theta_0, \varphi_0).$$

Τον καθοριστικότερο ρόλο στην εικόνα της σκίασης του αναγλύφου παίζει η θέση της φωτεινής πηγής. Για λόγους καθαρά ψυχολογικούς, έχουμε συνηθίσει να αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον μας και όλα τα αντικείμενα μέσα σε αυτό, με φωτισμό που έχει βορειοδυτική κατεύθυνση. Οποιοσδήποτε άλλος προσανατολισμός είναι ικανός να παραπλανήσει, δηλαδή να δώσει εσφαλμένη πληροφορία για το ανάγλυφο μίας περιοχής. Για παράδειγμα, μια κοιλάδα μπορεί να απεικονιστεί με τρόπο που να προσιδιάζει σαν βουνό.

## Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους

Σήμερα, βρισκόμαστε σε μια εποχή ταχείας ανάπτυξης της επιστήμης της ψηφιοποίησης και των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η χαρτογραφία φυσικά δεν έχει μείνει ούτε ανεπηρέαστη αλλά ούτε και αμέτοχη στις εξελίξεις. Έχουν αναπτυχθεί πολλά λογισμικά πακέτα

που αυτοματοποιούν τις εργασίες σύνθεσης χάρτων με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Με κίνητρο τη σφαιρικότερη αντιμετώπιση των προβλημάτων των γεωεπιστημών τα λογισμικά αυτά πακέτα πήραν τη μορφή της τεχνολογίας των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) ως μέσον σύνθεσης τεχνολογικών γεωεπιστημών όπως είναι η γεωγραφία, η ψηφιακή χαρτογραφία, η ψηφιακή φωτογραμμετρία, η τηλεπισκόπηση και η δορυφορική γεωδαισία. Η εξέλιξη των ΣΓΠ σε μεγάλο βαθμό οφείλεται στην επιστήμη της πληροφορικής, ιδιαίτερα στους τομείς των γραφικών Η/Υ, επεξεργασία εικόνας, εμπείρων συστημάτων και της τεχνικής νοημοσύνης.

Τα δεδομένα του τοπογραφικού ανάγλυφου στο περιβάλλον των συστημάτων αυτών αναπαριστάνονται ψηφιακά με τη μορφή μιας αναλυτικής επιφάνειας που ονομάζεται Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ). Το ΨΜΕ ορίζεται από ένα σύνολο υψομετρικών σημείων του εδάφους (οριζοντιογραφικές συντεταγμένες και υψόμετρα) είτε αυτά είναι ακανόνιστα διατεταγμένα, ή διαδοχικές κορυφές υψομετρικών καμπύλων, ή κορυφές γραμμών ασυνέχειας (κορυφογραμμές και ρέματα) και έναν ή περισσότερους αλγόριθμους παρεμβολής ανάμεσα στα σημεία αυτά (Νάκος και Φιλίππακοπούλου, 1993). Με τη βοήθεια ενός ΨΜΕ είναι δυνατός ο προσδιορισμός ενός διδιάστατου πίνακα υψομέτρων ο οποίος αντιστοιχεί στις τομές ενός τετραγωνικού (ή ορθογωνικού) κανάβου που πλαισιώνει την απεικονιζόμενη περιοχή, δηλαδή ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (ΨΜΕ). Εάν η διαδικασία της παρεμβολής έχει ακανόνιστη αντί για κανονική διάταξη, το παραγόμενο μοντέλο ονομάζεται Τριγωνικού Δικτύου Υψομέτρων (ΤΔΥ). Από ένα ΨΜΕ μπορεί να προσδιορίζεται και οποιαδήποτε άλλη ιδιότητα του αναγλύφου (κλίση, αξιμουθίο, καμπυλότητα, κ.ά.) που προκύπτει ως παράγωγη επεξεργασία ενός ΨΜΥ ή απ'ευθείας από τα αρχικά δεδομένα



(Νάκος, 1990). Η ποιότητα του ΨΜΕ εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα του αρχικού συνόλου των υψομετρικών δεδομένων και από την μέθοδο και τις παραμέτρους της παρεμβολής.

Για τις ανάγκες υπολογισμού των ανακλαστικότητας και στη συνέχεια των αντίστοιχων τόνων της σκιάς του ανάγλυφου μιας επιφάνειας, χρησιμοποιείται συνήθως ένα ΨΜΥ από το οποίο προσδιορίζονται τα στοιχεία της καθέτου κάθε εδαφικού στοιχείου (ζενίθια γωνία και αζιμουθίο) με τη βοήθεια ενός παραθύρου γειτονικών στοιχείων, διαστάσεων 3x3, 5x5, κλπ., (Τζελέπη, 1994). Τα δύο αυτά στοιχεία εισάγονται στη σχέση που αντιπροσωπεύει το μοντέλο σκίασης ανάγλυφου που έχει επιλεγεί σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα στοιχεία προσανατολισμού της φωτεινής πηγής. Προκύπτει με αυτόν τον τρόπο ένας αντίστοιχος με το ΨΜΥ πίνακας τιμών ανακλαστικότητας, ουσιαστικά μια ακόμα ιδιότητα ενός ΨΜΕ, που μετατρέπεται με κατάλληλη επεξεργασία σε ένα γραφικό αρχείο ψηφιακής εικόνας και ενσωματώνεται μαζί με τα υπόλοιπα χαρτογραφικά στοιχεία στη σύνθεση του χάρτη.

Ενα βασικό πλεονέκτημα της αυτοματοποιημένης σχεδίασης της σκιάς του ανάγλυφου είναι η αντικειμενική και πιστή απόδοση της σε αντίθεση με την παραδοσιακή μέθοδο όπου το τελικό αποτέλεσμα περιελάμβανε και τις επιδράσεις της υποκειμενικής κρίσης του χαρτογράφου-σχεδιαστή. Ακόμα, υπάρχουν όλα τα πλεονεκτήματα της αυτοματοποιημένης σύνθεσης, όπως η ταχύτητα, η ακρίβεια, η επαναληπτικότητα, η επέμβαση και η ενημέρωση στο αποτέλεσμα καθώς επίσης το μακροπρόθεσμα χαμηλότερο κόστος παραγωγής.

### Αλγόριθμοι σκίασης σε περιβάλλον Η/Υ

Στην ενότητα αυτή δίνεται μία σύντομη περιγραφική αναφορά στα περισσότερα διαδομένα μοντέλα-αλγόριθμους απεικόνισης της σκιάς του ανάγλυφου στους χάρτες.

### Μοντέλα σκίασης με διαγράμμιση

Όταν μια επιφάνεια καλύπτεται από διαγράμμιση, έχει μια ορισμένη τιμή ανακλαστικότητας που εξαρτάται από το πάχος της γραμμής και από την απόσταση μεταξύ των γραμμών. Τέτοιου είδους διαγραμμίσεις έχουμε σε παλιούς χάρτες, όπου εμφανίζεται η τεχνική της γραμμωσκίασης της κλίσης για τη σχεδίαση των τόνων σκιάς του ανάγλυφου. Το ίδιο συμβαίνει ουσιαστικά και στους συνήθεις χάρτες με υψομετρικές καμπύλες, όπου η πυκνότητα διαγράμμισης είναι ανάλογη της κλίμακας και της ισοδιαστάσης του χάρτη. Υπάρχουν επιπλέον αρκετές άλλες, ειδικότερες, γραφικές τεχνικές σχεδίασης υψομετρικών καμπυλών. Για κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να σχηματιστεί μια ανάλογη σχέση έκφρασης της ανακλαστικότητας ώστε να προκύπτει μια εικόνα τόνων αντίστοιχων προς τις πυκνότητες του αρχικού, σχεδιασμένου με διαγράμμιση, χάρτη. Βέβαια, η εικόνα αυτή είναι αποτέλεσμα μιας καθαρά πρακτικής υπόθεσης και δεν υφίσταται στην πραγματικότητα, σε αντίθεση με άλλα μοντέλα που θα δούμε παρακάτω, τα οποία εφαρμόζουν ρεαλιστικούς κανόνες οπτικής αντίληψης.

### Μοντέλα σκίασης με ιδανική ανακλαστικότητα

Η κεντρική αρχή σε αυτήν την κατηγορία μοντέλων είναι η υιοθέτηση μιας απλουστευτικής κατανομής του φωτός, τέτοιας που να έχει σαν αποτέλεσμα την ομοιόμορφη και χωρίς απώλειες αντανάκλασή του από τη φωτιζόμενη επιφάνεια προς όλες τις κατευθύνσεις. Η κατανομή αυτή της "τέλειας διάχυσης" του φωτός στο περιβάλλον αφορά πρακτικά τη συμπεριφορά ορισμένων ιδεατών επιφανειών. Στην πραγματικότητα είναι ελάχιστες οι περιπτώσεις εκείνες των υλικών σωμάτων που το σύνολο των ιδιοτήτων τους είναι ικανό να προσεγγίσει τέτοιου είδους συμπεριφορά (Horn, 1982). Πάντως τα μοντέλα ιδανικής ανακλαστικότητας είναι τα

περισσότερο χρησιμοποιούμενα.

Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, η παράμετρος που καθορίζει την ανακλαστικότητα είναι η προσπίπτουσα γωνία του φωτός ( $i$ ), η γωνία δηλαδή μεταξύ της διεύθυνσης της καθέτου στη στοιχειώδη επιφάνεια του εδάφους και της διεύθυνσης υπό την οποία οι φωτεινές ακτίνες προσπίπτουν σε αυτήν. Πιο συγκεκριμένα ακόμη, η σχέση που συνοδεύει την ιδανική αντανάκλαση είναι της μορφής:

$$R_{(%) } = \cos i = f(\theta, \varphi, \theta_0, \varphi_0).$$

Με βάση αυτή τη σχέση αναπτύσσονται αρκετά μοντέλα που εμβαθύνουν σε ειδικότερα χαρακτηριστικά της σκιάς του ανάγλυφου. Η απλουστευμένη υπόθεση στην οποία βασίζονται τα μοντέλα της κατηγορίας αυτής μπορεί να επεκταθεί και εμπλουτιστεί με πιο ρεαλιστικές παραμέτρους. Αξίζει να αναφερθεί το "έξυπνο" μοντέλο προσαρμογής της θέσης της φωτεινής πηγής ανάλογα με τη γεωμετρία της επιφάνειας, με στόχο τη βελτιστοποίηση της ερμηνείας της παραγόμενης εικόνας τόνων. Επίσης, πολλές θεωρίες προέκυψαν από τη μελέτη της συμπεριφοράς στο φως των αστρικών σωμάτων, της σελήνης ή και των τεχνητών δορυφόρων.

### Μοντέλα κατοπτρικής αντανάκλασης

Στην τεχνολογία των γραφικών Η/Υ είναι έντονα διαδομένες οι (υπερβολικά) ρεαλιστικές, "γυαλιστερές" επιφάνειες αντανάκλασης, αφού άλλωστε κύριο αντικείμενο είναι η δημιουργία εικόνων προσομοίωσης της φυσικής πραγματικότητας τεχνητών σωμάτων (πχ. ενός ανθοδοχείου). Δύο παράμετροι που πολύ συχνά συναντά κανείς στα μοντέλα της κατηγορίας αυτής είναι η στιλπνότητα και η ανταύγεια, δύο έννοιες που ορίζονται και υλοποιούνται γεωμετρικά, σαν διανύσματα στο χώρο. Στα μοντέλα αυτά λαμβάνεται υπόψη και η θέση του παρατηρητή. Η τελική δε τιμή ανακλαστικότητας προκύπτει ως συνισταμένη τόσο κατοπτρικής όσο και ιδανικής αντανάκλασης του φωτός.



## Απλά μαθηματικά μοντέλα

Εκτός από τα παραπάνω μοντέλα που προέκυψαν από σχεδιαστικές τεχνικές ή από θεωρίες φωτισμού, έχουν αναπτυχθεί και αλγόριθμοι με τους οποίους υπολογίζονται οι ανακλαστικότητες και στη συνέχεια οι τόνοι σκιάς του ανάγλυφου με απλό μαθηματικό τρόπο, που έχουν εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα αλλά κυρίως εύκολα ερμηνεύσιμες εικόνες. Ο χρήστης κάποιου τέτοιου αλγορίθμου συνήθως καθορίζει το ρυθμό μεταβολής των τόνων της σκιάς ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας του ανάγλυφου καθώς και τον τόνο που θα χρησιμοποιηθεί για τις οριζόντιες περιοχές.

## Εφαρμογές απεικόνιση της σκιάς του ανάγλυφου

Όπως μπορεί κανείς να διαπιστώσει από τις εικόνες των διαφόρων μοντέλων σκίασης, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία γραφικών αποτελεσμάτων, η οποία μεγαλώνει ακόμα περισσότερο με τη μεταβολή της θέσης της φωτεινής πηγής. Το γεγονός αυτό θέτει και την ανάγκη

επιλογής του μοντέλου που ταιριάζει καλύτερα σε κάθε περίπτωση. Μια πλούσια και "γεμάτη" εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα διάγραμμα αναπαράστασης αποκλειστικά του τοπογραφικού ανάγλυφου μιας περιοχής (Τζελέπης, 1994). Όταν όμως πρόκειται να απεικονισθούν παράλληλα και άλλα, θεματικά στοιχεία, τότε αυτομάτως εισάγονται ορισμένοι περιορισμοί τόσο στην οπτική αντίθεση των γραφικών στοιχείων του χάρτη, όσο και στη συνολικότερη ισορροπία των χρωματικών τόνων. Οι περιορισμοί αυτοί αυξάνονται ακόμα περισσότερο αν γίνεται χρήση και κάποιας άλλης τεχνικής συμβολισμού, με επιφανειακό χαρακτήρα, όπως οι χρωματικές υψομετρικές ζώνες. Αντίθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εντυπωσιακό μοντέλο κατοπτρικής, ρεαλιστικής αντανάκλασης σε μια προοπτική τρισδιάστατη απεικόνιση του ΨΜΥ με χρωματικές ζώνες (Τζελέπης, 1994). Η τελική επιλογή απαιτεί σίγουρα διαδοχικές δοκιμές, αφού ο σημαντικότερος και πιο αστάθμητος παρά-

γοντας είναι ο ιδιαίτερος χαρακτήρας του αναγλύφου κάθε περιοχής.

## Βιβλιογραφία

Horn B.K.P., 1982. "Hill shading and the reflectance map". *Geo-Processing*. Vol. 2, pp. 65-133. Imhof E., 1982. *Cartographic Relief Presentation*. Walter de Gruyter, Berlin, pp. 389.

Νάκος Β., 1990. "Ψηφιακή απεικόνιση χαρτογραφικών δεδομένων βασισμένη στη θεωρία της κλασματικής γεωμετρίας". Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα, σελ. 200.

Νάκος Β. και Β. Φιλιππακοπούλου, 1993. *Γενική Χαρτογραφία*. Τομέας Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα, σελ. 220.

Τζελέπης Ν., 1994. "Διερεύνηση μεθοδολογιών αναπαράστασης της σκίασης του τοπογραφικού ανάγλυφου με ψηφιακές τεχνικές". Διπλωματική εργασία. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο. Αθήνα, σελ. 135.