

Χ. Ι. ΚΑΛΤΣΙΚΗΣ

Α. ΦΩΤΙΟΥ



ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι εμπειρίες που αποκόμισαν οι συγγραφείς από την εκπαιδευτική και ερευνητική τους ενασχόληση σε θέματα τοπογραφικού και γεωδαιτικού περιεχομένου, εδώ και αρκετά χρόνια, τόσο στο Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΑΠΘ όσο και σε άλλα Τμήματά του, αποτέλεσαν τη βάση πάνω στην οποία στηρίχθηκε η συγγραφή του βιβλίου αυτού. Επιπλέον, σημαντική παράμετρο για την ολοκλήρωση του βιβλίου αποτέλεσε και η επαγγελματική εμπειρία, η οποία αποκτήθηκε από την μελέτη και επίλυση προβλημάτων της τοπογραφικής πράξης καθώς και από τη συστηματική συνεργασία με επιστημονικούς συλλόγους και φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα.

Ο τίτλος **ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ** υπονοεί ότι το βιβλίο απευθύνεται σε όσους ενδιαφέρονται να αποκτήσουν τις βασικές γνώσεις Τοπογραφίας για να μπορούν να αντιμετωπίσουν όλα τα βασικά τοπογραφικά προβλήματα. Έτσι, ο μεν φοιτητής που παρακολουθεί μαθήματα Τοπογραφίας, θα βρει στο βιβλίο αυτό όλα εκείνα τα στοιχεία που θα τον βοηθήσουν να εξοικειωθεί με τα τοπογραφικά όργανα και μεθόδους, μέσα από λεπτομερείς περιγραφές για τη λειτουργία και το χειρισμό των οργάνων καθώς και για τις μετρητικές και υπολογιστικές τεχνικές. Από την άλλη μεριά ο διπλωματούχος μηχανικός και κυρίως ο αγρονόμος και τοπογράφος μηχανικός μπορεί να χρησιμοποιήσει το βιβλίο αυτό σαν εγχειρίδιο Τοπογραφίας για την συστηματικότερη οργάνωση της δουλειάς του, μέσα από τις κατάλληλες τεχνικές ελέγχου των οργάνων, την τυποποίηση μετρητικών και υπολογιστικών διαδικασιών και τον προσδιορισμό της ποιότητας μεθόδων και αποτελεσμάτων. Παράλληλα, το βιβλίο αυτό αποτελεί χρήσιμο βοήθημα και για τους γεωεπιστήμονες που ασχολούνται σε κάποιο βαθμό με τοπογραφικά προβλήματα ή που χρειάζονται βασικές γνώσεις για να διευκολύνονται στη συνεργασία τους με τους τοπογράφους.

Για την ευχερέστερη κατανόηση της ύλης καθώς και για την εμπέδωσή της, **δίνονται πάνω από εκατό σχήματα και μερικές δεκάδες αριθμη-**

τικές εφαρμογές. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη θεμελίωση των βασικών τοπογραφικών εννοιών στο γενικότερο γεωδαιτικό υπόβαθρο και στη διερεύνηση των διαφόρων εναλλακτικών υπολογιστικών μεθόδων. Από τη διερεύνηση αυτή και τα σχετικά παραδείγματα φαίνεται ότι και οι πιο απλές τυπικές τοπογραφικές εφαρμογές απαιτούν μεγάλη προσοχή ως προς το είδος του εξοπλισμού και τη μεθοδολογία αντιμετώπισής τους. Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι η εμπέδωση της ύλης προϋποθέτει και την κατάλληλα συνδυασμένη πρακτική εξάσκηση στα όργανα και στις μεθόδους μέτρησης.

Η ύλη του βιβλίου χωρίζεται σε πέντε μέρη. Στο *πρώτο μέρος*, με τίτλο "**ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ**" περιγράφεται το αντικείμενο της Τοπογραφίας, θεμελιώνονται οι βασικές τοπογραφικές έννοιες μέσω της σύνδεσης Τοπογραφίας και Γεωδαισίας και δίνονται οι μονάδες μετρήσεων και στοιχεία από τη θεωρία σφαλμάτων.

Στο *δεύτερο μέρος*, "**ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΩΝ**", περιγράφονται λεπτομερώς τα γωνιομετρικά τοπογραφικά όργανα (θεοδόλιχα, πυξίδες, ορθόγωνα), αναλύονται οι βασικές αρχές λειτουργίας τους και εξετάζονται τα σφάλματα και οι ρυθμίσεις τους. Επίσης, περιγράφονται οι μέθοδοι μέτρησης οριζοντίων και κατακορύφων γωνιών, αναλύονται τα σφάλματα των μετρήσεων και δίνονται μέτρα για την ακρίβειά τους.

Στο *τρίτο μέρος*, με τίτλο "**ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ**", περιγράφονται τα όργανα μέτρησης αποστάσεων (μετροταινία, συνδυασμός θεοδολίχου με δίμετρη βάση ή σταδία, ηλεκτρονικά όργανα - EDM) και αναλύονται οι μέθοδοι μετρήσεων, τα σφάλματα και οι ακρίβειες που επιτυγχάνονται.

Στο *τέταρτο μέρος*, "**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ**", εξετάζονται αρχικά όλες οι βασικές τοπογραφικές μέθοδοι υπολογισμού συντεταγμένων (βασικά προβλήματα, εμπροσθοτομία, οπισθοτομία, απλοί τριγωνισμοί και τομές, καταβιβασμοί απροσίτων σημείων, πολυγωνικές οδεύσεις, κόμβοι, οδεύσεις με μαγνητική πυξίδα) και στη συνέχεια δίνονται η έννοια της τοπογραφικής αποτύπωσης, οι βασικές αρχές κατασκευής ενός τοπογραφικού χάρτη /διαγράμματος καθώς επίσης και οι μέθοδοι υπολογισμού εμβαδών συναρτήσει συντεταγμένων.

Τέλος, στο *πέμπτο μέρος*, με τίτλο "**ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ**", ολοκληρώνεται η ύλη με την περιγραφή των οργάνων και των μεθόδων μέτρησης και υπολογι-

σμού υψομετρικών διαφορών. Έμφαση δίνεται στη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης και στις χωροσταθμικές οδεύσεις με τη χρήση του χωροβάτη καθώς και στη μέθοδο της τριγωνομετρικής χωροστάθμησης με τη χρήση ηλεκτρονικού θεοδολίχου. Αναλύονται τα σφάλματα, οι ρυθμίσεις και οι ακρίβειες τόσο των οργάνων όσο και των μεθόδων που περιγράφονται.

Από την παραπάνω περιγραφή της ύλης, είναι προφανές ότι στο βιβλίο αυτό, δεν αναφερόμαστε λεπτομερώς σε θέματα τοπογραφικών αποτυπώσεων και κατασκευής τοπογραφικών χαρτών καθώς και σε θέματα χαράξεων, προβολικών συστημάτων και άλλων εξειδικευμένων τοπογραφικών εφαρμογών. Για τα θέματα αυτά, οι συγγραφείς σχεδιάζουν να ολοκληρώσουν, στο εγγύς μέλλον, τη συγγραφή ενός άλλου βιβλίου με ιδιαίτερη έμφαση στις πρακτικές εφαρμογές. Επίσης, δεν αναφερόμαστε σε θέματα συνορθώσεων τοπογραφικών δικτύων με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, επειδή το γνωστικό αυτό αντικείμενο προϋποθέτει και γνώσεις από άλλες περιοχές της επιστήμης του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού και συνεπώς ξεφεύγει από τα όρια του παρόντος βιβλίου.

Στο σημείο αυτό, θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσουμε τους συναδέλφους, Κ. Καταάμπαλο, Ι. Παρασχάκη και Δ. Ρωσσικόπουλο για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους σε επιμέρους θέματα.

Θεσσαλονίκη, Μάιος 1990

Χ. Ι. Καλτσίκης

Επίκ. Καθηγητής ΤΑΤΜ-ΑΠΘ

Α. Φωτίου

Επίκ. Καθηγητής ΤΑΤΜ-ΑΠΘ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| 1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ | 11 |
| 1.1 Το αντικείμενο της Τοπογραφίας | 11 |
| 1.2 Οι τοπογραφικές μετρήσεις και το οριζόντιο τοπογραφικό επίπεδο | 16 |
| 1.3 Η σύνδεση των συστημάτων αναφοράς | 22 |
| 1.4 Γεωδαισία και Τοπογραφία. Βασικές γεωδαιτικές έννοιες και ορισμοί | 24 |
| 1.5 Συστήματα αναφοράς | 29 |
| 1.6 Έννοια και ορισμός του γεωδαιτικού Datum. Τα Ελληνικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς | 36 |
| 1.7 Μονάδες μέτρησης στην Τοπογραφία | 40 |
| 1.7.1 Μονάδες γωνιών | 40 |
| 1.7.2 Μονάδες αποστάσεων | 42 |
| 1.7.3 Μονάδες εμβαδών και όγκων | 43 |
| 1.7.4 Σχέσεις μετατροπών με το Αγγλοσαξωνικό σύστημα | 43 |
| 1.7.5 Μονάδες παλαιότερων εποχών | 43 |
| 1.8 Στοιχεία από τη θεωρία σφαλμάτων | 44 |
| 1.8.1 Υπολογισμός μέτρων ακρίβειας | 48 |
| 1.8.2 Ο νόμος μετάδοσης των σφαλμάτων ή των συμμεταβλητοτήτων | 52 |
| 2 ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΩΝ | 59 |
| 2.1 Γενικά περί του θεοδολίχου | 59 |
| 2.2 Περιγραφή των βασικών στοιχείων του θεοδολίχου | 63 |
| 2.2.1 Η αεροστάθμη | 63 |
| 2.2.2 Το τηλεσκόπιο | 65 |
| 2.2.3 Οι κοχλίες | 69 |
| 2.3 Οι αναγνώσεις των κύκλων του θεοδολίχου | 70 |
| 2.4 Κέντρωση και οριζοντίωση θεοδολίχου | 77 |
| 2.4.1 Η κέντρωση | 78 |

| | |
|---|------------|
| 2.4.2 Η οριζοντίωση | 84 |
| 2.5 Σφάλματα θεοδολίχων. Ρυθμίσεις και τεχνικές περιορισμού ή απαλοιφής | 89 |
| 2.6 Οι μετρήσεις διευθύνσεων και γωνιών με το θεοδόλιχο | 100 |
| 2.6.1 Η διαδικασία σκόπευσης ενός στόχου σε πρώτη και δεύτερη θέση τηλεσκοπίου | 101 |
| 2.6.2 Οι αναγνώσεις σε πρώτη και δεύτερη θέση τηλεσκοπίου | 101 |
| 2.6.3 Οι μέθοδοι μέτρησης οριζοντίων γωνιών και διευθύνσεων | 103 |
| 2.6.4 Η μέτρηση των κατακορύφων γωνιών | 118 |
| 2.7 Η ακρίβεια των γωνιομετρήσεων | 119 |
| 2.8 Κατηγορίες θεοδολίχων και τεχνικά χαρακτηριστικά | 122 |
| 2.9 Άλλα είδη γωνιομετρικών οργάνων | 124 |
| 2.9.1 Το γυροσκοπικό θεοδόλιχο | 124 |
| 2.9.2 Η πυξίδα | 127 |
| 2.9.3 Το ορθόγωνο | 129 |
| 3 ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ | 133 |
| 3.1 Η μηχανική μέθοδος μέτρησης αποστάσεων | 133 |
| 3.1.1 Σφάλματα μετρήσεων με μετροταινία | 138 |
| 3.2 Η οπτική μέθοδος μέτρησης αποστάσεων | 143 |
| 3.2.1 Η παραλλακτική μέθοδος | 143 |
| 3.2.2 Η ταχυμετρική μέθοδος | 149 |
| 3.3 Η ηλεκτρονική μέθοδος μέτρησης αποστάσεων | 160 |
| 3.4 Σφάλματα και ακρίβεια της ηλεκτρονικής μεθόδου | 164 |
| 3.4.1 Οι γεωμετρικές αναγωγές μιας κεκλιμένης απόστασης | 168 |
| 4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ | 171 |
| 4.1 Τα δύο βασικά προβλήματα της Τοπογραφίας | 175 |
| 4.1.1 Το ευθύ πρόβλημα ή το πρώτο θεμελιώδες | 175 |
| 4.1.2 Το αντίστροφο πρόβλημα ή το δεύτερο θεμελιώδες | 177 |
| 4.1.3 Μερικές χρήσιμες σχέσεις μεταξύ γωνιών και αξιμοθίων | 180 |
| 4.1.4 Ο μετασχηματισμός ομοιότητας και ο αφινικός μετασχηματισμός | 184 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.2 | Ο προσδιορισμός συντεταγμένων σημείου με γωνιομετρήσεις | 188 |
| 4.2.1 | Το πρόβλημα της εμπροσθοτομίας | 188 |
| 4.2.2 | Το πρόβλημα της οπισθοτομίας | 201 |
| 4.2.3 | Το πρόβλημα HANSEN | 213 |
| 4.2.4 | Επέκταση απλού τριγωνισμού | 215 |
| 4.3 | Προσδιορισμός συντεταγμένων σημείου με μετρήσεις αποστάσεων | 216 |
| 4.3.1 | Η απλή πλευρική εμπροσθοτομία | 217 |
| 4.4 | Προσδιορισμός συντεταγμένων σημείου με μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων | 219 |
| 4.5 | Η πολυγωνική όδευση | 220 |
| 4.5.1 | Γενικά | 220 |
| 4.5.2 | Επίλυση ανοιχτής όδευσης εξαρτημένης μετά προσανατολισμού στα δύο άκρα της | 225 |
| 4.5.3 | Ακρίβειες και σφάλματα στις οδεύσεις | 230 |
| 4.5.4 | Επίλυση ανοιχτής όδευσης εξαρτημένης στα δύο άκρα της με προσανατολισμό στο ένα άκρο | 233 |
| 4.5.5 | Επίλυση ανοιχτής όδευσης εξαρτημένης στα δύο άκρα | 235 |
| 4.5.6 | Επίλυση ανοιχτών οδεύσεων εξαρτημένων στο ένα άκρο ή τελείως ανεξάρτητων | 236 |
| 4.5.7 | Οι κλειστές οδεύσεις | 239 |
| 4.5.8 | Επίλυση κλειστής όδευσης εξαρτημένης με προσανατολισμό | 240 |
| 4.5.9 | Επίλυση κλειστής εξαρτημένης όδευσης | 241 |
| 4.5.10 | Έλεγχοι των σφαλμάτων κλεισίματος και προδιαγραφές οδεύσεων | 244 |
| 4.5.11 | Καταβιβασμοί σημείων-Εξάρτηση όδευσης από πρόσοιτο τριγωνομετρικό σημείο | 247 |
| 4.5.12 | Σημάνσεις και εξασφαλίσεις σημείων | 250 |
| 4.5.13 | Πολυγωνικός κόμβος | 251 |
| 4.5.14 | Οδεύσεις με μαγνητική πυξίδα | 252 |
| 4.6 | Αρχές κατασκευής ενός τοπογραφικού χάρτη | 255 |
| 4.6.1 | Η έννοια της τοπογραφικής αποτύπωσης | 257 |
| 4.6.2 | Βασικές αρχές απόδοσης των σημείων της αποτύπωσης στο χάρτη | 261 |
| 4.7 | Υπολογισμός εμβαδών με τη βοήθεια συντεταγμένων | 263 |
| 4.7.1 | Υπολογισμός εμβαδών συναρτήσει των ορθογωνίων συντεταγμένων | 269 |
| 4.7.2 | Υπολογισμός εμβαδών συναρτήσει των πολικών συντεταγμένων | 272 |
| 4.7.3 | Υπολογισμός εμβαδών καμπύλων τμημάτων | 273 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5 | ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙ- ΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ | 275 |
| 5.1 | Γενικά | 275 |
| 5.2 | Η αρχή της γεωμετρικής χωροστάθμησης | 277 |
| 5.3 | Ο χωροβάτης | 283 |
| 5.4 | Σφάλματα και ρυθμίσεις χωροβάτη | 289 |
| 5.5 | Σφάλματα σταδίας | 294 |
| 5.6 | Χωροσταθμικές οδεύσεις | 295 |
| 5.7 | Μέθοδοι επίλυσης χωροσταθμικών οδεύσεων | 299 |
| 5.8 | Η ακρίβεια της γεωμετρικής χωροστάθμησης και οι έλεγχοι των σφαλμάτων | 308 |
| 5.9 | Η τριγωνομετρική χωροστάθμηση ή τριγωνομετρική υψομετρία | 311 |
| | Βιβλιογραφία | 315 |

1

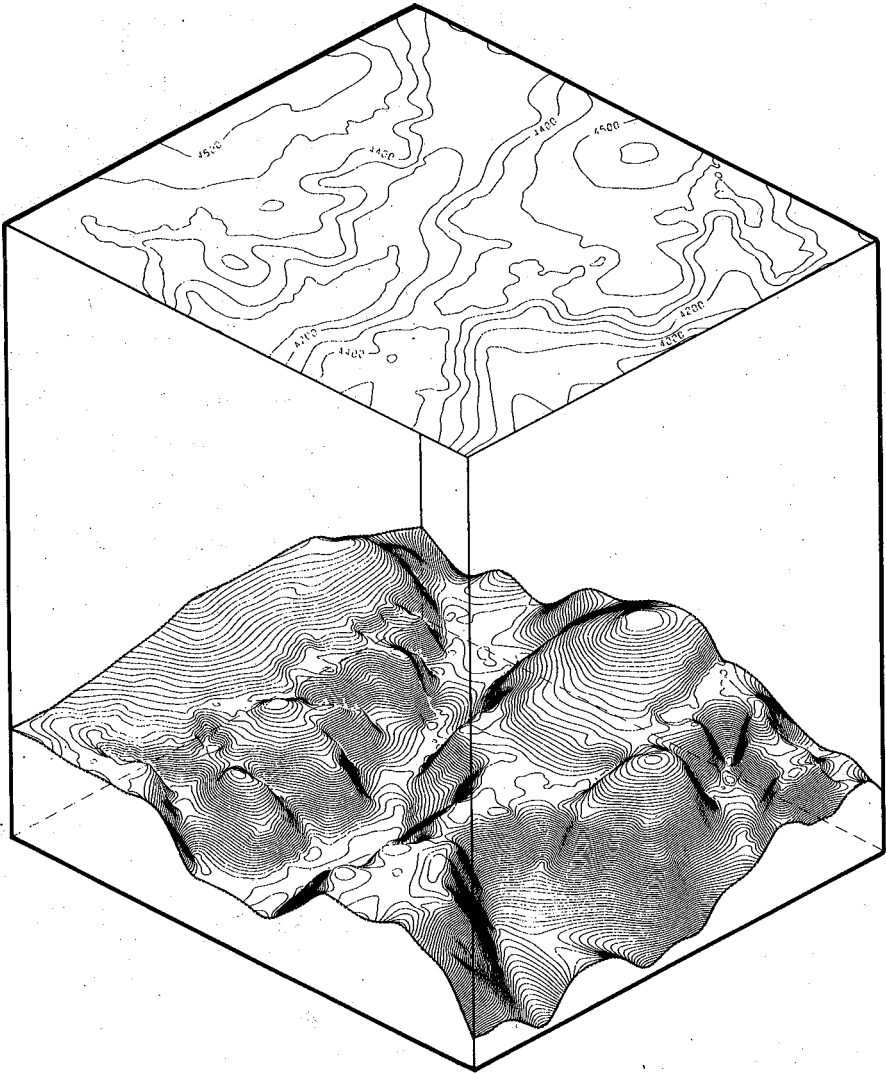
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η **Τοπογραφία** είναι η επιστήμη που ασχολείται με:

- α) τις μεθόδους και τεχνικές μετρήσεων, κυρίως γεωμετρικών μεγεθών π.χ. γωνιών, αποστάσεων και υψομετρικών διαφορών, σε σημεία ή μεταξύ σημείων στη γήινη επιφάνεια, πάνω ή κάτω απ' αυτήν αλλά σε μιά περιορισμένη γήινη έκταση.
- β) τη λειτουργία και τη χρήση των τοπογραφικών οργάνων με τη βοήθεια των οποίων γίνονται οι μετρήσεις ή και μέρος των υπολογισμών.
- γ) την επεξεργασία των μετρήσεων και τους υπολογισμούς για τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων ως προς κάποιο σύστημα αναφοράς ή και της σχετικής θέσης μεταξύ τους. Οι θέσεις αυτές εκφράζονται συνήθως από τις συντεταγμένες των σημείων με αναφορά πάντοτε ένα κατάλληλα ορισμένο σύστημα αναφοράς τους. Παρόμοιοι υπολογισμοί αφορούν γραμμικά και γωνιακά μεγέθη, εμβαδά και όγκους γεωμετρικών μορφών.
- δ) την απεικόνιση της γήινης έκτασης σε σμίκρυνση υπό μορφή χάρτη.
- ε) τις χαράξεις, δηλαδή την υλοποίηση στο έδαφος ευθυγραμμιών, καμπύλων και εν γένει γεωμετρικών στοιχείων που έχουν προηγουμένως προσδιοριστεί από κάποια μελέτη.
- ς) τη μελέτη της διαχρονικής μεταβολής χαρακτηριστικών σημείων ή εκτάσεων ή κατασκευών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, π.χ. μικρομετακινήσεις του φλοιού της γής, φραγμάτων, γεφυρών και μεγάλων οικοδομικών κατασκευών.

Οι διαστάσεις της γήινης έκτασης, όπου εκτελούνται οι μετρήσεις (ή οι



Σχήμα 1.1. Το γήινο ανάγλυφο και οι ισοϋψείς καμπύλες

παρατηρήσεις), δεν ξεπερνούν συνήθως τα μερικά χιλιόμετρα, έτσι ώστε οι επιδράσεις της γήινης καμπυλότητας και του πεδίου βαρύτητας να είναι πρακτικά αμελητέες. Το τελικό αποτέλεσμα μιας τοπογραφικής αποτύπωσης είναι η λεπτομερής **απεικόνιση του γήινου αναγλύφου** (σχήμα 1.1) σε μορφή χάρτη (σχήμα 1.2), η οποία γίνεται με κάποιο συστηματικό τρόπο ώστε να αποδοθεί η οριζοντιογραφική και υψομετρική πληροφορία που σχετίζεται με τα γεωμετρικά φυσικά ή τεχνικά χαρακτηριστικά του. Ο χάρτης αυτός ονομάζεται **τοπογραφικός χάρτης** και σε μεγάλες κλίμακες (1:1000, 1:2000, 1:5000) **τοπογραφικό διάγραμμα**. Εκτός από τη γραφική αναπαράσταση των παραπάνω πληροφοριών (ο χάρτης ως γραφικό αρχείο), είναι δυνατόν να έχουμε και αναλυτική αναπαράσταση (αριθμητική ή ψηφιακή), π.χ. πίνακες αριθμών, βάσεις δεδομένων και ψηφιακά μοντέλα εδάφους με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών (ο χάρτης ως αναλυτικό αρχείο). Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων με μετρήσεις στην ύπαιθρο (ή όπως λέγεται στο "πεδίο"), η επεξεργασία τους και η απόδοσή τους λέγεται **τοπογραφική αποτύπωση ή τοπογραφική χαρτογράφηση**.

Οι θέσεις των σημείων εκφράζονται με τις **συντεταγμένες** τους ως προς ένα κατάλληλα ορισμένο **σύστημα αναφοράς** τους. Μερικές φορές, οι θέσεις των σημείων εκφράζονται με τη βοήθεια της θέσης άλλων σημείων μέσω απλών γεωμετρικών κατασκευών, π.χ., αν οι θέσεις δύο σημείων είναι γνωστές και γνωρίζουμε τις αποστάσεις τους από ένα τρίτο σημείο, το σημείο αυτό ορίζεται από την τομή των δύο αντιστοίχων κύκλων. Η χρήση των συντεταγμένων και κυρίως των ορθογωνίων καρτεσιανών συντεταγμένων απλοποιεί τη μαθηματική διατύπωση των προβλημάτων και την επίλυσή τους. Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες σημείων, εύκολα υπολογίζονται συναρτήσει αυτών οποιαδήποτε μεγέθη που έχουν σχέση με το σχήμα και το μέγεθος των γεωμετρικών μορφών που ορίζουν, π.χ. αποστάσεις, γωνίες, εμβαδά, όγκοι και υψόμετρα. Επιπλέον οι συντεταγμένες ορίζουν και τη θέση της γεωμετρικής μορφής ως προς το σύστημα αναφοράς τους. Από εδώ φαίνεται το πλεονέκτημα με το να έχουμε ένα κοινό σύστημα αναφοράς για μια τοπογραφική εργασία ή για περισσότερες, ώστε να υπάρχει η "κοινή γλώσσα" για εργασίες που σχετίζονται με τη σύνθεση επί μέρους εργασιών. Παρατηρούμε ότι οι συντεταγμένες, που είναι αριθμοί χωρίς φυσική σημασία (εκτός ορισμένων περιπτώσεων), λειτουργούν σαν αποθήκη πληροφοριών για τον υπολογισμό άλλων ποσοτήτων με φυσική σημασία. Ακόμα, η χρήση τους διευκολύνει τη **χάραξη** στο έδαφος σημείων, γραμμών και σχημάτων, π.χ. άξονες δρόμων, άξονες κατασκευής σηράγγων, ρυμοτομικά σχέδια, όρια ιδιοκτησιών και τεχνικών έργων.

Οι **μετρήσεις ή παρατηρήσεις** στις τοπογραφικές εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια τοπογραφικών οργάνων, απλών ή σύνθετων, ανάλογα με το είδος της εργασίας και είναι συνήθως μετρήσεις αποστάσεων, διευθύνσεων, γωνιών και υψομετρικών διαφορών. Μόνο από τις κλασικές αυτές μετρήσεις είναι αδύνατο να προσδιορίσουμε συντεταγμένες αν δεν δώσουμε την πληροφορία για τον ορισμό του συστήματος αναφοράς τους. Η πληροφορία αυτή δίνεται με τη γνώση συντεταγμένων για κάποια σημεία αναφοράς τα οποία συνδέονται με τα νέα σημεία μέσω των μετρήσεων ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός των συντεταγμένων και για τα νέα σημεία. Οι συντεταγμένες των σημείων αναφοράς που είναι γνωστές έχουν προσδιορισθεί προηγούμενα από άλλα σημεία αναφοράς με εργασίες που είναι αντικείμενο της επιστήμης της Γεωδαισίας (βλέπε παρακάτω).

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογική εξέλιξη παρέχει τη δυνατότητα για όργανα -συστήματα που μετρούν άμεσα συντεταγμένες σημείων με τη βοήθεια μετρήσεων προς δορυφόρους (συστήματα Doppler, GPS) ή και διαφορετικά όπως είναι τα αδρανειακά συστήματα.

Οι **τοπογραφικοί υπολογισμοί**, που παλαιότερα γίνονταν με τη χρήση λογαρίθμων (λογαριθμικοί πίνακες), σήμερα γίνονται με τη χρήση απλών αριθμομηχανών που διαθέτουν τις βασικές μαθηματικές συναρτήσεις (ρίζες, δυνάμεις, τριγωνομετρικές συναρτήσεις) αλλά και με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών (H.Y) για πολυπλοκότερα προβλήματα, ταχύτητα στους υπολογισμούς και στη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων. Προσοχή χρειάζεται στον αριθμό των σημαντικών ψηφίων που χρησιμοποιούνται λόγω της τάξης μεγέθους των ποσοτήτων που πολλές φορές είναι αριθμοί πολύ μεγάλοι ή πολύ μικροί. Αν δουλεύουμε με κάποιο πρόγραμμα σε H.Y σκόπιμο είναι να χρησιμοποιούμε διπλή ακρίβεια για εξασφάλιση της ακρίβειας των υπολογισμών. Τα αποτελέσματα που δίνουμε για κάποιο πρόβλημα και τα οποία προκύπτουν από επεξεργασία μετρήσεων, πρέπει να ελέγχονται ως προς την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους, δηλαδή κατά πόσο μπορούν να θεωρηθούν ποιοτικά καλά. Για να υπολογίσουμε μέτρα για την ποιότητα των αποτελεσμάτων, δανειζόμαστε στοιχεία από τη μαθηματική στατιστική και τη θεωρία πιθανοτήτων. Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι οι μετρήσεις πάντοτε χαρακτηρίζονται από σφάλματα που κατά κανόνα είναι μικρές ποσότητες. Αυτό σημαίνει ότι και τα αποτελέσματά μας χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό εμπιστοσύνης.

Η **απόδοση σε χάρτη** ή διάγραμμα (γραφικά ή αναλυτικά), ακολουθεί βασικές αρχές, γνωστές στην επιστήμη της Χαρτογραφίας. Στις περι-