

LBRIS

We know
books

Iosif Vorovencii

Topografie



Editura C.H. Beck
București 2022

Cuprins

Prefață.....	XIII
Abrevieri.....	XV
Capitolul I. Cunoștințe de bază	1
Secțiunea 1. Scurt istoric al măsurătorilor terestre.....	1
§1. Scurt istoric al măsurătorilor terestre la nivel global.....	1
§2. Dezvoltarea instrumentelor topo-geodezice.....	2
§3. Scurt istoric al măsurătorilor terestre din România.....	6
Secțiunea a 2-a. Disciplinele din cadrul măsurătorilor terestre	9
Secțiunea a 3-a. Elementele geometrice ale terenului.....	10
Secțiunea a 4-a. Principiile topografiei.....	14
Secțiunea a 5-a. Noțiuni de calcul topografic	17
§1. Cercul topografic.....	17
§2. Unități de măsură	21
§3. Probleme de calcul topografic.....	22
Secțiunea a 6-a. Reprezentări cartografice.....	22
§1. Scara reprezentărilor cartografice	22
§2. Clasificarea reprezentărilor cartografice	24
§3. Conținutul planului topografic	26
Secțiunea a 7-a. Erori în măsurătorile topografice.....	31
§1. Clasificarea măsurătorilor	31
§2. Definiția și clasificarea erorilor.....	32
§3. Erori sistematice.....	33
§4. Erori întâmplătoare în măsurători directe de ponderi egale	33
4.1. Erori aparente	33
4.2. Erori medii.....	35
4.3. Curba erorilor	38
4.4. Alte categorii de erori.....	39
§5. Erori întâmplătoare în măsurători directe de ponderi diferite	41
5.1. Erori întâmplătoare ponderate	41
5.2. Erori medii ponderate	42
5.3. Principiul metodei celor mai mici pătrate.....	43
5.4. Propagarea erorilor întâmplătoare	44
§6. Compensarea erorilor	46
§7. Criterii de apreciere a calității măsurătorilor.....	47
§8. Prezentarea rezultatului măsurătorilor	48
§9. Toleranțe în măsurătorile topografice	49

Capitolul II. Elemente de geodezie și cartografie	50
Secțiunea 1. Aspecte generale	50
Secțiunea a 2-a. Figura Pământului	51
Secțiunea a 3-a. Suprafețe de referință	52
§1. Geoidul	52
§2. Elipsoidul	52
§3. Sfera de rază medie	54
§4. Planul de proiecție	55
Secțiunea a 4-a. Sisteme de coordonate	55
Secțiunea a 5-a. Sisteme geodezice de referință	57
§1. Aspecte de principiu	57
§2. Sistemul de referință global WGS 84	57
§3. Sisteme de referință convenționale	58
Secțiunea a 6-a. Sistemul de referință și coordonate	59
Secțiunea a 7-a. Datumul geodezic	60
§1. Caracteristicile principalelor tipuri de datumuri	60
§2. Transformarea datumului	62
Secțiunea a 8-a. Reducerea observațiilor geodezice la suprafața de referință	63
§1. Aspecte generale	63
§2. Reducerea observațiilor azimutale	64
2.1. Corecții de reducere la elipsoid	64
2.2. Reducerea distanțelor pe elipsoid	65
§3. Excesul sferic	67
Secțiunea a 9-a. Convergența meridianelor	68
Secțiunea a 10-a. Noțiuni legate de proiecțiile cartografice	70
§1. Clasificarea și caracteristicile proiecțiilor cartografice	70
§2. Alegerea sistemului de proiecție și elementele caracteristice	72
Secțiunea a 11-a. Proiecția Stereografic 1970	73
§1. Caracteristici și sistemul de axe	73
§2. Deformația distanțelor	74
§3. Trecerea din planul tangent în planul secant unic și invers	77
§4. Sisteme locale de proiecție pe plan secant	78
§5. Reducerea la coardă	80
§6. Împărțirea hărții în foi	82
§7. Calculul coordonatelor colțurilor de trapez	85
Secțiunea a 12-a. Proiecția transversală universală Mercator	86
§1. Caracteristicile proiecției	86
§2. Sistemul de axe și deformația distanțelor	87
§3. Împărțirea hărții în foi	88
Secțiunea a 13-a. Rețele geodezice	89
§1. Funcțiile și clasificarea rețelelor geodezice	89
§2. Triangulația geodezică de stat	91
§3. Rețeaua geodezică națională spațială RGNS	92
3.1. Necesitatea și etapele realizării rețelei RGNS	92
3.2. Componenta rețelei RGNS	94

§4. Rețeaua Europeană de Referință EUREFW.....	97
§5. Rețele geodezice de nivelment.....	98
Capitolul III. Stația totală și măsurarea elementelor topografice.....	101
Secțiunea 1. Prezentare generală. Clasificare	101
Secțiunea a 2-a. Principiul măsurării distanțelor prin unde	102
Secțiunea a 3-a. Stații totale manuale	104
§1. Aspecte generale. Axele instrumentului.....	104
§2. Hardware.....	106
2.1. Componenta mecanică.....	106
2.2. Componenta optică.....	111
2.2.1. Luneta	111
2.2.2. Dispozitivul de centrare	114
2.3. Componenta electronică	115
2.3.1. Memoria electronică	115
2.3.2. Microprocesorul.....	116
2.3.3. Dispozitivul EDM.....	116
2.3.4. Tastatura și ecranul de afișare	118
2.4. Anexe ale stațiilor totale	121
§3. Software	129
Secțiunea a 4-a. Alte tipuri de stații totale	131
§1. Stații totale robotice	131
§2. Sisteme integrate și sisteme robotice hibride	134
§3. Multistații	136
§4. Stații totale de scanare.....	138
Secțiunea a 5-a. Verificarea și mentenanța stațiilor totale	141
Secțiunea a 6-a. Precizia stației totale	145
Secțiunea a 7-a. Instalarea instrumentului în stație.....	146
Secțiunea a 8-a. Eroarea de centrare a instrumentului	149
Secțiunea a 9-a. Setarea instrumentului	150
Secțiunea a 10-a. Măsurarea elementelor geometrice.....	151
§1. Vizarea și punctarea semnalelor.....	151
§2. Măsurarea unghiurilor orizontale	152
§3. Precizia măsurării unghiurilor orizontale.....	156
§4. Centrarea vizelor și a unghiurilor.....	157
§5. Măsurarea unghiurilor verticale	158
Secțiunea a 11-a. Măsurarea distanțelor.....	159
Capitolul IV. Structura sistemelor GNSS, moduri și metode de poziționare	163
Secțiunea 1. Aspecte generale.....	163
Secțiunea a 2-a. Sisteme de poziționare globală	165
§1. Sistemul NAVSTAR-GPS	165
1.1. Etapele realizării sistemului	165
1.2. Segmentul spațial	166
1.3. Segmentul de control și segmentul utilizator.....	168
§2. Sistemul GLONASS	170

§3. Sistemul Galileo.....	We know books.....	172
§4. Sistemul BeiDou.....	books.....	174
Secțiunea a 3-a. Sisteme de poziționare regională.....		175
Secțiunea a 4-a. Sisteme complementare SBAS de îmbunătățire a preciziei.....		177
Secțiunea a 5-a. Semnalele satelitare.....		180
Secțiunea a 6-a. Receptoare GNSS.....		183
§1. Componentele unui receptor GNSS.....		183
§2. Accesorii GNSS.....		187
§3. Clasificarea receptoarelor GNSS.....		189
Secțiunea a 7-a. Stații permanente GNSS.....		192
§1. Aspecte generale.....		192
§2. Rețele de stații permanente GNSS.....		193
Secțiunea a 8-a. Principiul poziționării GNSS.....		197
Secțiunea a 9-a. Mărimi măsurabile.....		199
§1. Măsurători de pseudodistanțe pe baza codurilor.....		199
§2. Măsurători asupra fazei purtătoare.....		200
§3. Măsurători Doppler.....		201
§4. Măsurători diferențiale.....		201
Secțiunea a 10-a. Moduri și metode de poziționare GNSS.....		205
§1. Aspecte generale.....		205
§2. Modul absolut de poziționare.....		206
§3. Modul relativ de poziționare.....		207
3.1. Generalități.....		207
3.2. Metoda statică.....		207
3.3. Metoda cinematică.....		208
3.3.1. Procedee de poziționare cinematică.....		208
3.3.2. Poziționarea în timp real.....		211
§4. Influența geometriei satelitare în poziționare.....		213
§5. Surse de erori în poziționarea GNSS.....		215
Capitolul V. Realizarea rețelor de sprijin.....		219
Secțiunea 1. Aspecte generale.....		219
Secțiunea a 2-a. Realizarea rețelor de sprijin folosind tehnica GNSS.....		220
§1. Aspecte generale.....		220
§2. Proiectarea rețelei de sprijin GNSS.....		220
2.1. Anteproiectul rețelei de sprijin GNSS.....		220
2.2. Definitivarea proiectului și marcarea punctelor.....		221
2.3. Alte elemente de proiectare.....		222
§3. Efectuarea observațiilor satelitare.....		223
3.1. Aspecte de principiu.....		223
3.2. Scheme de poziționare în cazul metodei statice.....		224
3.3. Alegerea vectorilor independenți.....		226
3.4. Planificarea observațiilor.....		226
3.5. Observații în teren.....		230
§4. Prelucrarea observațiilor satelitare.....		231
4.1. Aspecte generale.....		231

4.2. Procesarea datelor culese prin poziționarea relativă.....	232
4.3. Compensarea rețelei GNSS și calculul coordonatelor finale.....	234
§5. Poziționări GNSS individuale.....	235
5.1. Aspecte generale.....	235
5.2. Particularitățile poziționării satelitare individuale.....	236
5.3. Poziționări GNSS individuale în cazul drumurilor.....	237
5.4. Observații în teren și prelucrarea datelor.....	240
§6. Sistemul românesc de determinare a poziției ROMPOS.....	241
Secțiunea a 3-a. Realizarea rețelei de sprijin cu stația totală.....	244
§1. Aspecte de principiu.....	244
§2. Intersecțiile unghiulare.....	245
2.1. Baza matematică.....	245
2.2. Intersecția înainte.....	246
2.3. Intersecția înapoi.....	248
2.4. Intersecția combinată.....	253
2.5. Intersecții la limită.....	255
2.6. Precizia intersecțiilor unghiulare.....	258
§3. Intersecțiile liniare.....	260
§4. Triangulația-trilaterația.....	263
4.1. Generalități.....	263
4.2. Rețea de triunghiuri dispuse în poligon cu punct central.....	265
4.3. Patrulater cu ambele diagonale observabile.....	271
4.4. Rețea independentă sub forma lanțului de triunghiuri.....	273
§5. Trilaterația.....	275
§6. Rețele poligonometrice.....	276
Capitolul VI. Realizarea rețelelor de ridicare.....	284
Secțiunea 1. Aspecte generale. Clasificarea drumurilor.....	284
Secțiunea a 2-a. Proiectarea rețelei de ridicare.....	286
§1. Stabilirea traseelor de drumuire.....	286
§2. Marcarea punctelor.....	287
Secțiunea a 3-a. Drumuirea sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute – calculul clasic.....	288
Secțiunea a 4-a. Metoda rotației și punerii în scară.....	293
Secțiunea a 5-a. Evaluarea preciziei drumuirii planimetrice.....	295
Secțiunea a 6-a. Drumuirea închisă pe punctul de plecare – calculul clasic.....	298
Secțiunea a 7-a. Drumuri în cazuri particulare.....	301
§1. Drumuri fără vize de referință.....	301
§2. Drumuri cu puncte nodale.....	303
Secțiunea a 8-a. Drumuirea cu stația totală.....	304
§1. Măsurători și controale în teren.....	304
§2. Prelucrarea datelor.....	307
Secțiunea a 9-a. Ridicarea detaliilor.....	309
§1. Aspecte generale.....	309
§2. Metoda radierii.....	309
§3. Radieri cu stația totală.....	312

URDIS

We know
Topo

3.1. Cazul general	312
3.2. Ridicarea detaliilor folosind aplicațiile stațiilor totale.....	315
Secțiunea a 10-a. Poziționări combinate	319
Secțiunea a 11-a. Transcalculări topografice	320
§1. Aspecte generale	320
§2. Transcalculări topografice liniare.....	321
Capitolul VII. Calculul și parcelarea suprafețelor	326
Secțiunea 1. Aspecte generale.....	326
Secțiunea a 2-a. Metode numerice	326
Secțiunea a 3-a. Metoda mecanică	328
Secțiunea a 4-a. Metode grafice	332
Secțiunea a 5-a. Parcelarea suprafețelor.....	334
§1. Aspecte de principiu.....	334
§2. Parcelarea prin punct obligat.....	335
§3. Parcelarea paralelă	337
3.1. Aspecte teoretice	337
3.2. Parcelarea paralelă.....	339
3.3. Aplicarea parcelarului pe teren.....	342
§4. Parcelarea automată	343
Capitolul VIII. Probleme de nivelment.....	345
Secțiunea 1. Noțiuni de bază.....	345
Secțiunea a 2-a. Efectul curburii Pământului și al refracției atmosferice	348
Secțiunea a 3-a. Tipuri de nivelment	350
Secțiunea a 4-a. Nivelmentul geometric	352
§1. Instrumente de nivelment geometric	352
1.1. Clasificarea instrumentelor.....	352
1.2. Nivelmetrele clasice	352
1.3. Nivelmetrele automate.....	355
1.4. Nivelmetrele digitale	358
1.5. Nivelmetrele cu laser	361
§2. Mire și dispozitive anexă	364
§3. Verificarea și rectificarea nivelmetrelor	366
§4. Determinarea diferențelor de nivel prin nivelment geometric	369
§5. Precizia nivelmentului geometric.....	372
§6. Metode de nivelment geometric.....	374
6.1. Metoda drumuirii sprijinite la capete.....	374
6.2. Metoda drumuirii închise	378
6.3. Drumuiri cu puncte nodale și de precizie	379
§7. Precizia drumuirii de nivelment geometric	380
§8. Radieri de nivelment geometric	382
§9. Rețele de nivelment geometric.....	383
9.1. Aspecte de principiu.....	383
9.2. Compensarea riguroasă a unei rețele de nivelment	384
9.3. Rețele independente de nivelment geometric	387

§10. Probleme de nivelment geometric.....	389
10.1. Nivelment geometric de suprafață.....	389
10.2. Ridicarea profilelor prin nivelment geometric.....	391
Secțiunea a 5-a. Nivelmentul trigonometric.....	393
§1. Tipuri de nivelment trigonometric.....	393
§2. Modul de lucru la nivelmentul trigonometric.....	395
§3. Metode de nivelment trigonometric.....	395
3.1. Metoda drumuirii de nivelment trigonometric.....	395
3.2. Radieri de nivelment trigonometric.....	399
3.3. Precizia nivelmentului trigonometric.....	399
Capitolul IX. Întocmirea planurilor și profilelor topografice.....	401
Secțiunea 1. Întocmirea planurilor topografice.....	401
§1. Aspecte generale.....	401
§2. Caracteristicile planului topografic digital.....	401
§3. Redactarea planului topografic digital.....	403
3.1. Principii de reprezentare.....	403
3.2. Redactarea planimetriei.....	404
3.3. Trasarea curbelor de nivel.....	405
3.4. Definitivarea planului.....	408
§4. Verificarea, recepția și avizarea planurilor topografice.....	410
§5. Utilizări ale planurilor topografice.....	412
5.1. Planul topografic în recunoașterea terenului.....	412
5.2. Determinarea unor elemente de planimetrie și altimetrie.....	413
Secțiunea a 2-a. Întocmirea profilelor topografice.....	417
Bibliografie.....	421

Capitolul I Cunoștințe de bază

Secțiunea 1. Scurt istoric al măsurătorilor terestre

§1. Scurt istoric al măsurătorilor terestre la nivel global

Stabilirea formei și dimensiunilor Pământului, inclusiv reprezentarea în plan a suprafeței acestuia pe porțiuni mai mici sau în ansamblu, se realizează prin intermediul *științelor măsurătorilor terestre*. Acestea au ca obiect un ansamblu de lucrări ce permit întocmirea de *reprezentări convenționale* ale terenului, denumite *planuri* și *hărți*, realizate la *scară* și care conțin *detaliile naturale* (păduri, ape, terenuri agricole, forme de relief etc.) și *artificiale* (construcții, tot felul de amenajări etc.) de pe suprafața lui. Planurile și hărțile constituie suportul organizării multor activități, inclusiv în stabilirea impozitelor, motiv pentru care s-au folosit în timp la cunoașterea suprafețelor și reprezentarea teritoriilor. Metodele și instrumentele folosite în măsurătorile topografice și la întocmirea planurilor și hărților au fost în concordanță cu realizările tehnice ale vremii respective, urmărindu-se în decursul timpului obținerea de produse cartografice cât mai precise, în timp scurt și la costuri reduse.

În antichitate au fost semnalate primele activități legate de lucrările topografice ca rezultat al preocupărilor privind dezvoltarea științelor matematice, în special a geometriei. În acest sens, s-a constatat că piramida lui Kufu din Giza (2700 î.e.n.) este construită cu baza unui pătrat ale cărui laturi sunt orientate pe direcția punctelor cardinale magnetice. În sudul fostei Mesopotamii s-au descoperit (cca 1400 î.e.n.) tăblițele de lut sumeriene după care se puteau restabili limitele de proprietate pe baza unor înregistrări ale parcelelor cu terenuri agricole. De asemenea, aproximativ în aceeași perioadă, a fost găsită o pictură din Teba în care este reliefat modul de realizare a unei măsurători de teren cu o sfoară având noduri făcute la distanțe egale. În 600 î.e.n. a apărut *prima hartă* întocmită de Thales din Milet. Folosirea aparatului simplu în măsurătorile topografice este consemnată în Egipt și Mesopotamia unde se reconstituiau limitele de proprietate după retragerea apelor Nilului și Eufratului. Dezvoltarea continuă a științelor matematice a condus la determinarea razei Pământului pentru prima dată de către Eratostene (276-195 î.e.n.), precum și la alte descoperiri.

În perioada Evului mediu au apărut noi realizări tehnice și științifice care au influențat și dezvoltarea măsurătorilor terestre. În această perioadă apare sistemul proiecțiilor cartografice (Mercator, 1515-1594) folosit la reprezentarea teritoriilor, luneta, construită de Galileo Galilei (1564-1642), folosită la instrumentele topografice, sunt inventați logaritmii (John Napier, 1614). În anul 1617 este formulată metoda triangulației (Van Royen Snellius, 1580-1626), iar în anul 1687 este descoperită legea atracției de către Newton care va folosi la deducerea formei elipsoidale a Pământului.

Epoca modernă, considerată de la sfârșitul secolului al XVIII-lea, s-a caracterizat prin rezolvarea unor probleme importante legate de măsurătorile terestre (**fig. 1.1**). Astfel, au fost determinate dimensiunile elipsoidului de referință și ale sferei echivalente care au permis aproximarea formei Pământului. În perioada 1792-1799 a fost măsurat *arcul de meridian* dintre Dunkerque și Barcelona de Mechain și Delambre. În privința prelucrării măsurătorilor terestre, apare *compensarea riguroasă* prin metoda celor mai mici pătrate, pusă la punct de Legendre și Gauss.

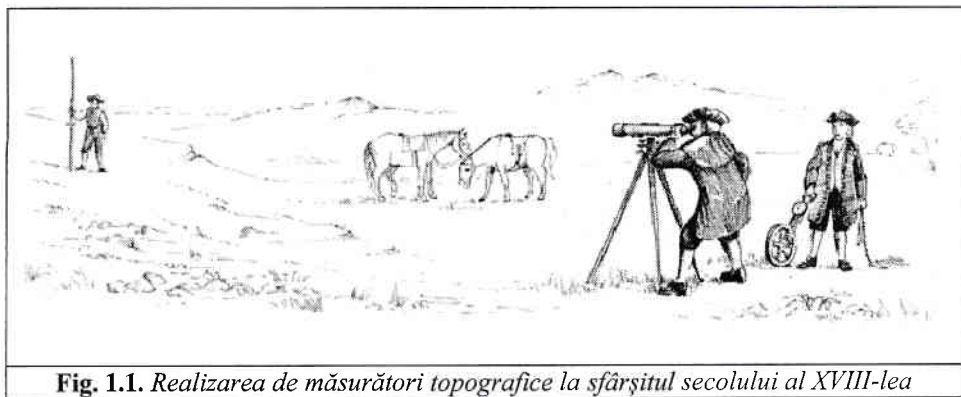


Fig. 1.1. Realizarea de măsurători topografice la sfârșitul secolului al XVIII-lea

În această perioadă se stabilește că forma Pământului este una neregulată, denumită *geoid*. Totodată, Molodenski a dovedit, prin lucrările sale, că este imposibilă stabilirea exactă a formei și mărimii geoidului prin măsurători pe suprafața terestră, ceea ce l-a făcut să elaboreze în acest sens modele în vederea determinării suprafeței fizice a Pământului. Astfel, s-a conturat și rolul geodeziei, de a stabili forma, dimensiunile și câmpul gravitațional al Pământului. O realizare remarcabilă din domeniul măsurătorilor terestre o constituie *preluarea primei fotografii aeriene* (1858) care a condus apoi la apariția fotogrammetriei clasice la începutul secolului al XX-lea.

Perioada contemporană se caracterizează prin lansarea primilor sateliți artificiali ai Pământului (1954) cu ajutorul cărora au apărut posibilități noi în realizarea măsurătorilor terestre și, totodată, un domeniu nou, cel al teledetecției satelitare. Apar tehnologii noi cum sunt *măsurarea distanțelor prin unde* și *geodezia satelitară* care au condus la transformări spectaculoase în măsurătorile terestre. Pe această direcție, ridicările topografice clasice au fost înlocuite complet de cele realizate cu *stația totală*, iar rețelele geodezice și topografice pot fi poziționate folosind tehnica și metodele *GNSS*. Produsele cartografice obținute cu astfel de tehnologii sunt în format digital, au un conținut corespunzător și o precizie ridicată.

§2. Dezvoltarea instrumentelor topo-geodezice

Progresele realizate de-a lungul timpului în dezvoltarea științelor măsurătorilor terestre cu referire, în special la topografie, sunt legate de apariția și perfecționarea continuă a instrumentelor geodezice și topografice.

Primele instrumente simple au fost folosite în Egipt la măsurarea și trasarea unghiurilor drepte. Un astfel de instrument, denumit *crucea agrimensurului*, era realizat din lemn, sub forma unei cruci, avea un fir cu plumb suspendat de fiecare braț și era susținut de un suport așezat în mijlocul său (fig. 1.2). Tot vechii egipteni au folosit pentru prima dată și nivela. Aceste instrumente au fost îmbunătățite ulterior de romani prin realizarea unei nivele care funcționa pe principiul hidrostatic. Primul sistem rudimentar de kilometraj a fost inventat de arhitectul Vitruvius Varo și era sub forma unei roabe la care se cunoștea circumferința roții. La fiecare rotație completă a roții se punea automat o pietricică într-un coș permițând astfel măsurarea anumitor distanțe.

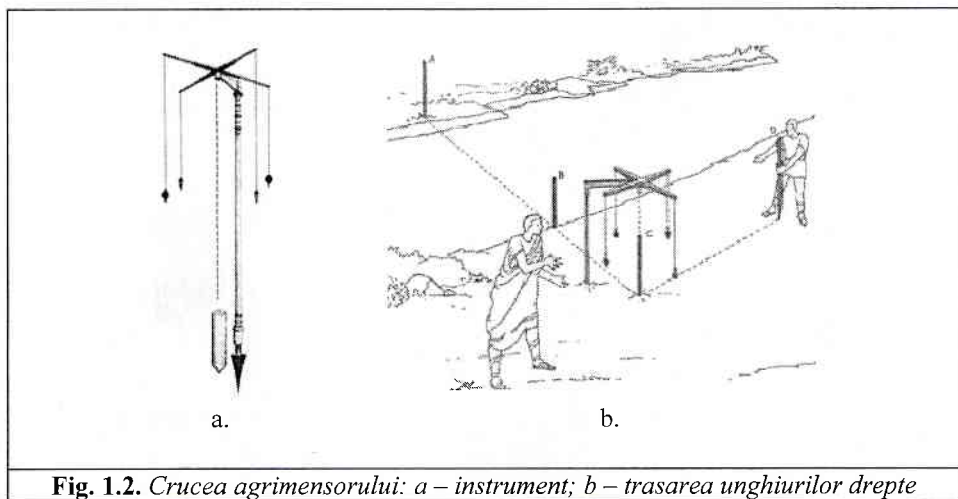


Fig. 1.2. Crucea agrimensurului: a – instrument; b – trasarea unghiurilor drepte

Apariția instrumentelor topografice, dotate cu cercuri orizontal și vertical care permiteau măsurarea unghiurilor, a fost posibilă datorită contribuțiilor aduse de matematicienii arabi și a invențiilor tehnice. Astfel, în 1609 a fost inventată luneta de Galileo Galilei cu ajutorul căreia se puteau duce vize la distanță, ca apoi Johan Pretorius să o atașeze planșetei topografice, iar inginerul Marioni din Udine să o perfecționeze. Toate invențiile ulterioare, respectiv realizarea *vernierului* (1631), *micrometrului* (1638), *sistemului de colimare* (1669) și *nivelei cu bulă de aer* (1704) au determinat ca în anul 1704 să apară primul teodolit, instrument realizat de către Rowley și apoi de Jonathan Sisson (1720) (Boș și al., 2015). În aceeași perioadă a apărut și *nivelmetrul* pentru determinarea diferențelor de nivel (fig. 1.3, a).

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea au apărut primele companii de profil cu specializare în mecanică fină și optică ceea ce a condus la producerea în serie a instrumentelor topografice (fig. 1.4). Astfel, compania *Carl Zeiss* din Germania realizează în 1864 la Jena primele microscopice și apoi aparatură topografică. Printr-o dezvoltare continuă și susținută, compania ajunge să fie cea mai cunoscută pe continentul european, deschizând birouri de reprezentanță la Jena, iar după 1945, și la Oberkochen. O altă companie ce va ocupa o cotă de piață mare în producerea și vânzarea de aparatură topografică sub numele de *Wild Heerbrugg* este înființată în Elveția, în anul

1921, de inginerul Henrich Wild care a lucrat inițial la Zeiss. Din anul 1882, în Statele Unite ale Americii a început să producă aparatură topografică *Adolf Lietz*, care apoi, în 1940, a devenit distribuitorul firmei *Sokkisha* înființată la Tokio în 1920.

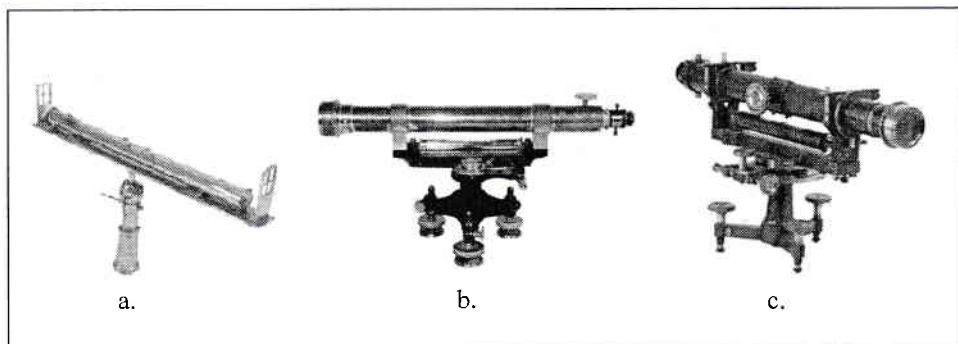


Fig. 1.3. Nivelmetre de fabricație veche:

a – Bion, N., Paris (1726); b – Breithaupt, Cassel (1870); c – Filotecnica (1905)

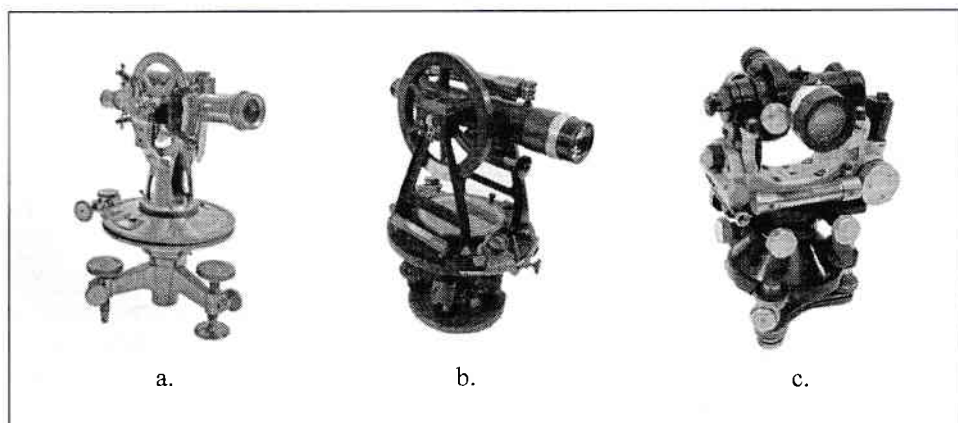


Fig. 1.4. Instrumente topografice vechi produse în serie:

a – teodolit (1890); b – busolă-teodolit (1920); c – tahimetru-teodolit (1924)

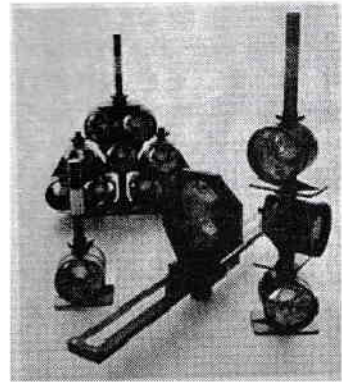
Tot în aceeași perioadă au apărut *teodolitele optice cu citire centralizată* cu o precizie foarte ridicată (sub $\pm 1''$), *nivelmetrele automate*, *tahimetrele autoreductoare* și anumite dispozitive folosite la măsurarea distanțelor, precum *stadia Balla* și *Lota-Keil*. Tahimetrele autoreductoare nu s-au bucurat de popularitate în rândul utilizatorilor deoarece nu au adus realizări evidente în ceea ce privește precizia și nici randamentul nu a fost cel scontat.

După anul 1950, realizările din domeniul electronicii pătrund și schimbă profund modul de construire a aparaturii topografice. Începutul a fost făcut în 1948 de suedezul *Bergstrand* care a pus în practică o idee mai veche (1927) a americanului *Bowie*, de a măsura distanța prin unde, realizând primul *aparat electrooptic* (geodimetru) care, pe parcurs, a fost fabricat în mai multe modele (**fig. 1.5**). De exemplu, modelul *AGA 8* avea capacitatea de a măsura distanțe maxime de 60 km, cu un timp de măsurare de

5-10 minute și asigurând o precizie de $\pm(5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Odată cu apariția acestui instrument s-au pus bazele următoarelor aparate topografice din ce în ce mai performante.



a.



b.

Fig. 1.5. Geodimetru model AGA 8:

a – instrument în poziție de lucru; b – prisme model AGA

Pe această linie, au apărut *stațiile totale* denumite și *stații inteligente*, cu performanțe deosebite care permit măsurarea cu precizie a unghiurilor și distanțelor, înregistrarea automată a acestora și transferul datelor în calculator. În cadrul acestei grupe de instrumente se întâlnesc diferite tipuri în funcție de firmele constructoare, inclusiv multistațiile, sistemele mixte și stațiile totale cu scanare. Alături de acestea au apărut *nivelmetrele digitale* care folosesc stadii cu cod de bare ce permit înregistrarea automată a citirilor, înregistrarea datelor și, parte din ele, au softuri care asigură prelucrarea datelor.

Sistemul de poziționare globală GNSS (Global Navigation Satellite System), apărut și dezvoltat în ultimele decenii, bazat tot pe măsurarea distanțelor prin unde, permite determinarea directă a *poziției spațiale* a punctelor rețelelor geotopografice dar și a celor individuale. Astăzi este folosit aproape în exclusivitate la realizarea rețelelor de sprijin, la trasări etc., asigurând o precizie ridicată și un randament net superior determinărilor clasice.

O dată cu dezvoltarea tehnicii măsurătorilor terestre, în sfera producătorilor și distribuitorilor de aparatură topografică apar diferite schimbări. Astfel, în anul 2000, reprezentanțele instrumentelor *Carl Zeiss* sunt preluate de firma americană *Trimble*, iar compania *Wild*, care a produs instrumente topografice până în anul 1990, a fuzionat cu firma elvețiană *Kern*, recunoscută și aceasta pentru calitatea de vârf a instrumentelor produse. După fuzionare au fost preluate de compania *Leica* ce produce și vinde astăzi aparatura topografică, alături de alte instrumente (fotogrammetrice, sisteme mobile de cartografiere, sisteme laser etc.). În anul 1990, firma *Sokkisha* devine *Sokkia* care fuzionează în 2009 cu *Topcon*.

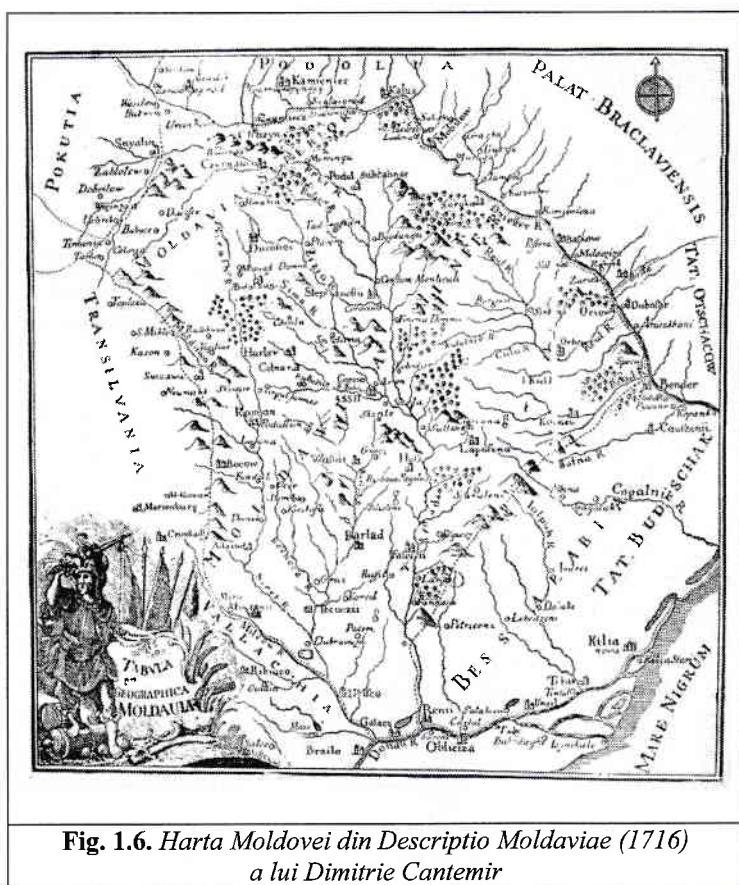
Alături de instrumentele topografice moderne, un rol important îl au calculatoarele și softurile generale și specializate care permit prelucrarea datelor și întoc-

mirea produselor cartografice, precum și dispozitivele de plotare, scannerele și digitizoarele folosite în fazele de redactare și raportare a planurilor.

Așadar, realizările din electronică și-au pus puternic amprenta pe aparatura topografică, conducând la apariția de instrumente și dispozitive de lucru moderne, care au schimbat radical lucrările topografice. În principiu, modul de culegere al datelor și de prelucrare au fost cele care au suferit cele mai multe schimbări, metodele rămânând în fond aceleași. În cadrul determinărilor GNSS a apărut o concepție nouă privind realizarea rețelelor geodezice, cu efecte benefice asupra preciziei și randamentului.

§3. Scurt istoric al măsurătorilor terestre din România

Dezvoltarea științelor măsurătorilor terestre pe plan global și european a cuprins în egală măsură și țările române. Prima hartă a unui teritoriu românesc a fost *Chorographia Transilvaniae* realizată în anul 1532 de Johannes Honterus. Principatele române au fost cartografiate, într-un mod sau altul, astfel că în 1700 a fost întocmită harta Valahiei de Constantin Cantacuzino, iar în anul 1716 harta Moldovei din *Descriptio Moldaviae* a lui Dimitrie Cantemir (**fig. 1.6**), ambele expuse la British



Museum din Londra. De altfel, Dimitrie Cantemir este un deschizător de drumuri în domeniul cartografiei, cu o concepție cartografică proprie care a depășit cu mult nivelul epocii sale, fiind considerat, alături de Constantin Cantacuzino, fondatorii cartografiei moderne românești.

Dintre produsele cartografice întocmite mai pot fi amintite hărțile realizate pentru Oltenia (1723), o hartă nouă pentru Moldova (1775), Valahia și Moldova (1789) (fig. 1.7) și o hartă pentru Oltenia și Muntenia (1790) denumită *Harta Satmari* formată din 108 foi. Trebuie menționat și faptul că înainte de perioada fanariotă a fost semnalată predarea unui curs în școlile grecești din țara noastră intitulat *Învățtură practică pentru a măsura întinderea câmpului* (1798) al cărui manuscris este atribuit unui dascăl din Iași.

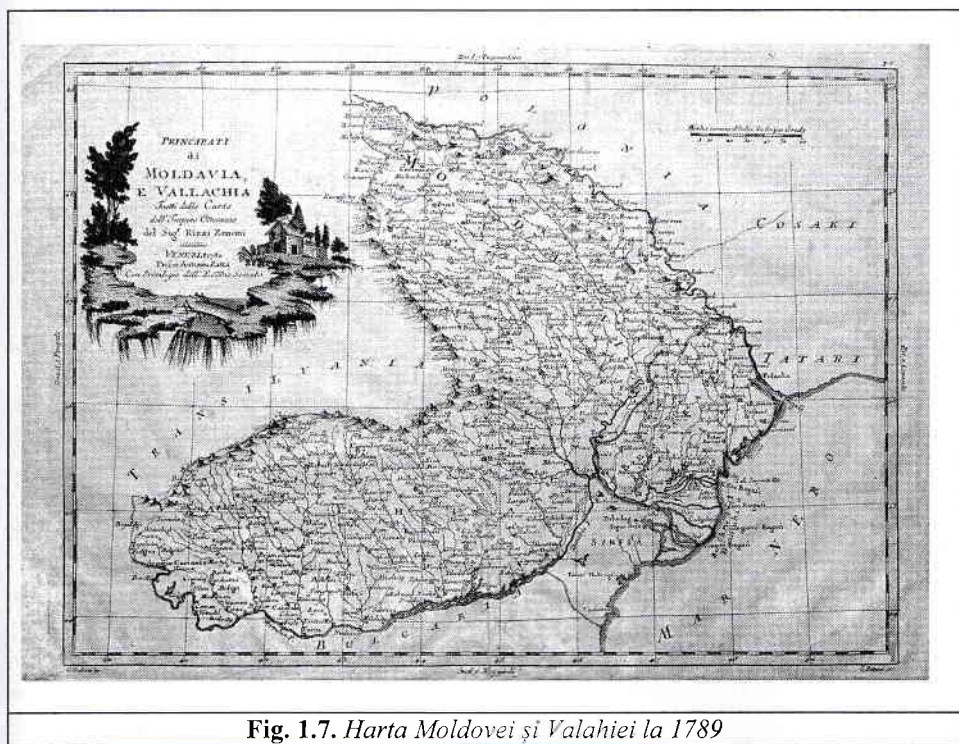


Fig. 1.7. Harta Moldovei și Valahiei la 1789

În 1814, Gheorghe Asachi înființează la Iași prima *Școală de Inginerie* unde s-a predat cursul practic de *Gheodezie și arhitectură*, iar, în 1949, *Școala de Aplicație pentru Ingineri și Conducători*. În 1818, Gheorghe Lazăr înființează la București *Școala Academicească pentru Științele Filozoficești și Matematicicești* unde se predă și cursul de *Gheodezia sau ingineria câmpului cu Iconomia și Arhitectura*. În cadrul acestei școli au fost formați primii *ingineri hotarnici* care vor participa la lucrări de măsurători terestre.

În anul 1850 a luat ființă la București o *Școală de Poduri și Șosele* unde s-a predat și topografia. Odată cu înființarea *Universității din Iași* (1860) au fost introduse cursuri de astronomie, topografie și geodezie *teoretică în cadrul* Facultății de Științe,

iar la Universitatea din București (1864) existau specializările *Geodezie-Astronomie* și *Topografie-Desen*. Pe timpul domnitorului Alexandru Ioan Cuza apare *Serviciul Topografic Militar* (1859), iar în perioada 1856-1867 este realizată în Țara Românească *prima rețea geodezică* dispusă sub forma *lanțurilor de triunghiuri* care a stat la baza întocmirii primei hărți folosind măsurători sistematice.

În decursul timpului au fost realizate lucrări de geodezie, topografie și astronomie de către *Depozitul de război* (1868) și apoi de *Institutul Geografic Militar* (1916). În perioada 1873-1899 a fost întocmit planul fundamental la scara $1 : 20.000$ pentru Moldova, Dobrogea și Muntenia de Est. De asemenea, au fost măsurate cu firul de invar și rigle bimetalice unele laturi de triangulație, a fost adoptat elipsoidul *Clarke*, s-a stabilit punctul fundamental în *Observatorul Astronomic Dealul Piscului* și s-au ridicat în plan cele mai importante orașe (Boș și al., 2015).

În timpul Primului Război Mondial s-a ales *proiecția conică Lambert* în vederea unificării diferitelor proiecții cartografice folosite pentru întocmirea hărților Moldovei, Munteniei de Est și Olteniei, precum și a altor zone geografice. Totodată, harta întocmită a fost adusă la format unic, obținându-se harta de bază la scara $1 : 20.000$, denumită *Plan director de tragere*, folosită pentru artilerie și alte nevoi militare (fig. 1.8).

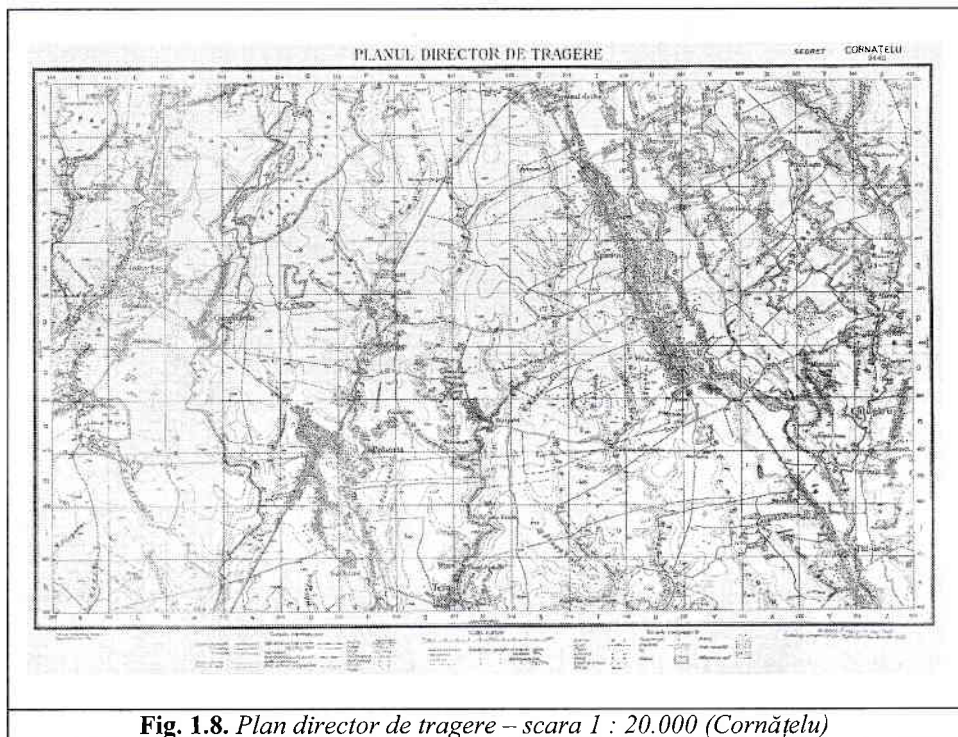


Fig. 1.8. Plan director de tragere – scara $1 : 20.000$ (Cornățelu)

În perioada interbelică au avut loc schimbări profunde în domeniul măsurătorilor terestre, fiind considerată practic perioada de împlinire a geodeziei românești. Astfel, s-a propus trecerea la elipsoidul *Hayford* (1909), s-a realizat o triangulație unitară pentru toată țara (1920) și s-a adoptat proiecția stereografică pe plan tangent unic. Au

început și continuat activitățile topografice de ridicare în plan de către *Institutul Geografic Militar* pentru a întocmi o nouă hartă a țării concomitent cu lucrările de actualizare a hărților existente. În anul 1946, teritoriul țării era reprezentat aproape în întregime pe hărți topografice cu excepția a circa 7.500 km² din nordul Olteniei care folosea o hartă cu conținutul de pe vremea domnitorului Barbu Știrbei. În 1933 au apărut regulamente de măsurători geodezice și cadastrale, astfel că s-a realizat și un volum însemnat de lucrări cadastrale. Tot în această perioadă, ridicările topografice încep să fie ajutate de ridicările aerofotogrammetrice.

După sfârșitul celui de-al Doilea Război Mondial s-a realizat, începând din 1951, *rețeaua geodezică* a triangulației de stat. Aceasta s-a bazat pe măsurători geodezice, astronomice și gravimetrice efectuate pe întreg teritoriul țării, iar compensarea s-a realizat prin metode riguroase. Rețeaua a fost calculată pe elipsoidul *Krasovski* și în *sistemul de proiecție Gauss-Krüger*. Rețeaua geodezică de nivelment de ordinele I, II, III și IV, în *sistemul de referință Marea Baltică*, a fost realizată mai târziu. În anul 1958 se înființează *Centrul de Fotogrammetrie* care în timp se lărgeste considerabil și devine, în 1971, *Institutul de Geodezie, Fotogrammetrie, Cartografie și Organizarea Teritoriului (IGFCOT)* care alături de *Direcția Topografică Militară (DTM)* au fost cele mai importante instituții de profil din țară. După 1970 se trece la *proiecția Stereografică 1970 în plan secant unic* și la *sistemul de altitudini normale Marea Neagră 1975*, toate rețelele geodezice naționale fiind transcalculate în acest sistem de proiecție. Totodată, organelor de profil din Ministerul Agriculturii le-a revenit sarcina de a realiza *planul de bază* al țării la scările 1 : 5.000 și 1 : 10.000 și cadastrul general la nivel național.

După anul 1989 apar noi provocări date fiind schimbările care s-au produs în structura societății. În privința măsurătorilor terestre încep să apară și la noi instrumentele moderne de tipul *stațiilor totale* care vor înlocui treptat aparatele clasice. Logistica modernă necesară, de hard și soft, inexistentă la noi până în 1989 și insuficientă în 2000, a devenit în prezent acoperitoare, fiind folosită de toți topografii. Din păcate, tot în această perioadă a fost distrusă în mare parte rețeaua geodezică clasică.

O dată cu dezvoltarea și apariția sistemelor *GNSS* la noi în țară, s-a pus problema realizării infrastructurii necesare unor astfel de determinări. Astfel, începând din 1999 și până în 2022, au fost realizate 74 de stații permanente necesare determinărilor *GNSS* și a fost pus la punct sistemul românesc de poziționare *ROMPOS*. De asemenea, a fost realizată rețeaua geodezică națională spațială în accepțiunea ei modernă, încadrată în cea europeană, care în prezent este funcțională și validată alături de serviciile și utilitățile *ROMPOS*, ce conține puncte din clasele A, B și C.

Secțiunea a 2-a. Disciplinele din cadrul măsurătorilor terestre

Știința măsurătorilor terestre reunește mai multe discipline, toate contribuind prin natura lor, la realizarea, *măsurarea* și *reprezentarea* pe planuri și hărți a suprafețelor de teren de mai mică sau mai mare întindere. În cadrul acesteia există un pachet întreg de discipline, parte dintre acestea, considerate cele mai cunoscute, vor fi prezentate în continuare.

Geodezia este știința măsurătorilor terestre al cărei obiect fundamental este *determinarea formei și dimensiunilor Pământului, a mărimii câmpului gravitațional și a modificărilor în timp* a acestora. Lucrările realizate au în vedere stabilirea suprafețelor de referință (geoid, elipsoid) și *poziționarea rețelelor geodezice*, în mod *riguros și unitar*, care sunt apoi folosite ca suport pentru ridicările topografice și fotogrammetrice.

Topografia este o *tehnica intensivă* de ridicare în plan a suprafețelor care presupune parcurgerea terenului cu măsurători specifice sprijinite pe punctele rețelei geodezice. Prin lucrările realizate se urmărește poziționarea tuturor detaliilor topografice, descompuse în puncte caracteristice, pe planurile topografice.

Fotogrammetria este tehnica de achiziție a datelor geospațiale care se bazează pe *înregistrări aeriene* realizate de la diferite înălțimi de zbor pe baza cărora se poate studia, reconstitui și măsura forma și poziția unui detaliu în spațiu și timp. Totodată, fotogrammetria constituie o *tehnică intensivă* de culegere a datelor care se poate folosi, separat sau împreună cu alte metode geodezice, în rezolvarea problemelor legate de măsurarea suprafețelor terestre întinse.

Cartografia se ocupă cu reprezentarea în plan a suprafeței sferice a Pământului, considerat ca un întreg sau pe anumite porțiuni. Pe această linie se apelează la sistemele de proiecție necesare întocmirii planurilor și hărților.

Geodezia satelitară constituie cea mai recentă știință din domeniul măsurătorilor terestre care se bazează pe folosirea *tehnicii GNSS* în poziționarea punctelor. Determinarea poziției punctelor se realizează folosind *sateliți artificiali* care trimit semnale spre receptorul aflat pe Pământ, în aer sau pe mare, tehnica asigurând o precizie care depășește net metodele clasice de poziționare.

În ultimul timp a apărut o nouă știință denumită *geomatică (mapping science)* care *reunește și integrează tehnicile de măsurători terestre* (geodezia, cartografia, topografia etc.) cu *tehnologiile informatice moderne (GIS)*, în scopul cunoașterii învelișului Pământului. Obiectivele pe care le urmărește sunt legate de *identificarea, delimitarea și poziționarea* unei anumite locații într-un sistem de referință, reprezentarea acesteia sub formă grafică și/sau imagistică și furnizarea de date geospațiale și indicatori specifici.

Secțiunea a 3-a. Elementele geometrice ale terenului

În lucrările din topografie se lucrează frecvent cu *mărimi liniare și unghiulare*, elemente care se culeg din teren sau sunt obținute prin calcul. Aceste noțiuni topografice vor fi prezentate pe larg în cuprinsul lucrării dar, pentru început, se impune o trecere sumară în revistă a acestora.

Aliniamentul AB, este definit ca fiind linia ce leagă pct. *A* și *B*, linie care trece prin aceste două puncte și este conținută în planul vertical (**fig. 1.9**).