

# **CARTOGRAFIA**

## **arta de-a obli Pământu'**

Timotei Rad

Ediția I



## Cuprins

Cuprins .....	3
Cuvânt înainte.....	5
Introducere.....	7
Reprezentarea pe globuri.....	9
Reprezentarea în plan.....	11

### **I) Deformări.....** 13

### **II)Harta și elementele ei .....** 37

#### **1)Conținutul hărții.....** 45

A) <u>Proiecția cartografică.....</u>	45
a)Forma Pământului și modelele sale adoptate în cartografie.....	49
Geoidul.....	56
Sfera.....	57
Elipsoidul.....	58
Datum-ul.....	61
b)Sisteme de coordonate.....	63
Sisteme de coordonate geografice pentru sferă.....	63
Sisteme de coordonate geografice pentru elipsoid.....	65
Sisteme de coordonate geografice pentru geoid.....	67
Sisteme de coordonate planimetrice bidimensionale.....	69
Sisteme de coordonate planimetrice tridimensionale.....	72
Sisteme de coordonate gravitaționale/verticale.....	73
Sisteme de coordonate compuse.....	73
c)Parametrii proiecțiilor cartografice.....	77
d)Să înțelegem proiecțiile.....	81
Suprafețe desfasurabile.....	82
Aspectul proiecțiilor.....	83
Modul contactului suprafeței desfasurabile cu modelul.....	85
Punctul de perspectivă.....	86
e)Construcția matematică a unor proiecții.....	94
f)Proiecții cartografice utilizate în România.....	98
B) <u>Generalizarea.....</u>	103

C) <u>Simbolizarea</u> .....	107
D) <u>Toponimia</u> .....	109
E) <u>Reprezentarea reliefului</u> .....	111
a) Metoda curbelor de nivel.....	121
b) Metoda punctelor cotate.....	133
c) Metoda liniilor structurale.....	135
d) Metoda redării abruptimilor pantelor prin tonuri de alb-gri-negru..	137
e) Metoda de reprezentare a reliefului prin umbre.....	141
<b>2) <u>Titlul hărții</u></b> .....	<b>151</b>
<b>3) <u>Legenda</u></b> .....	<b>153</b>
<b>4) <u>Scara</u></b> .....	<b>155</b>
<b>5) <u>Indicarea orientării</u></b> .....	<b>161</b>
<b>6) <u>Metadata</u></b> .....	<b>163</b>
<b>Alte elemente ale hărților/Elemente opționale.</b>	<b>165</b>
Bibliografie.....	167

## CUVÂNT ÎNAINTE

Am scris această carte din dorința de a explica mai simplu cartografia, astfel încât această știință să fie accesibilă oricui. Sper că am și reușit, asta însă rămâne să decidă cititorii. Deasemenea am considerat necesar explicarea unor concepte noi (precum datum) care nu se regăsesc în literatură de specialitate românească și care încă nu sunt înțelese corespunzător precum și studiul mai amănunțit al unor capitole precum: elementele prezervate ale unor proiecții, reprezentarea reliefului etc.

Fiind prima carte ce o scriu mă aștept să conțină greșeli, lucru pentru care doresc să îmi cer scuze anticipat. Orice sugestie, sfat, critică este binevenită la adresa de e-mail [radtimotei@yahoo.co.uk](mailto:radtimotei@yahoo.co.uk)

Sper ca în viitorul cât de apropiat să apară o ediția a doua, mai completă.

Dedic această carte Dianei Răduț, mamei mele și tatălui meu fără susținerea cărora nu aș fi reușit să am rezultatele și bucuriile profesionale care le-am avut la facultatea de Cartografie. O dedic deasemenea domnilor profesori Rus și Fodorean.

Recomandare: dacă dorești să înțelegi absolut tot ce afirmă această carte trebuie să o citești cap-coadă de cel puțin două ori. De ce? Un exemplu: în prima parte sunt introduși termeni precum elementele prezervate de către o proiecție/hartă, dar doar pe la finalul cărții se povestește că de exemplu' avem nevoie să prezervăm unghiurile pe hărțile folosite în navigație. E imposibil de introdus toți termenii o dată, informația acestei cărți se completează pe parcursul citirii ei. Spor! Pentru mine cartografia, geodezia și istoriile acestora sunt cele mai frumoase științe! Matematica are farmec și rost doar „combinată” cu cartografia și geodezia! <3

Din păcate nu am reușit să scriu și despre reprezentarea reliefului prin tente hipsometrice și despre construcția matematică a proiecției

Mercator. Vor apărea într-o ediție viitoare. Când o să am timp o să îmbunătățesc versiunea asta.

## INTRODUCERE

Măsurătorile terestre cuprind ansamblul științelor care se ocupă cu studiul și determinarea formei Pământului și cu reprezentarea acestuia. Cartografia împreună cu geodezia, topografia, teledetecția, fotogrammetria, cadastrul și GIS-ul fac parte din știința măsurătorilor terestre. Măsurătorile terestre au evoluat alături de alte științe ca: matematica, fizica, astronomia, mecanica și electronica, care au permis dezvoltarea instrumentelor de măsurare precum și a metodelor de prelucrare a măsurătorilor.

Originea cuvântului cartografie e una grecească: chartis=hartă + graphein=a scrie (a „scrie” hărți). O definiție generală a cartografiei ar fi următoarea: cartografia e știința, arta și tehnică care se ocupă cu studiul, conceperea, întocmirea, producția, diseminarea și utilizarea hărților cu scopul de a comunica informații geo-spatiale (definiția compilată folosind definiții din următoarele surse: Wikipedia + David Forrest + Năstase). În orice definiție a cartografiei se observă elementul central și obiectul primordial de studiu al acesteia: harta(în cazul reprezentării în plan, care e cea mai răspândită și utilizată).

Toate definițiile cartografiei la fel ca și etimologia cuvântului cartografie vorbesc despre o știință, artă, tehnică care presupune studiul, conceperea, întocmirea, producția, diseminarea și utilizarea HĂRȚILOR dar reprezentarea Terrei se realizează pe două tipuri de suprafață de reprezentare: plan (harta) și glob; deci cum se numește știința care se ocupă cu studiul, conceperea, întocmirea, producția, diseminarea și utilizarea globurilor terestre? Ar fi rezonabil să fie aceeași cartografie ☺ și deci să se redefină cartografia ca fiind știința, arta și tehnica care se ocupă cu reprezentările suprafeței terestre; ca urmare etimologia cuvântului să fie neglijată.



## **Reprezentarea pe globuri geografice/globuri terestriale:**

Un glob este un model tridimensional redus la scară al unui corp celestial sau al unei planete. Cuvântul glob provine din latinescul globus care înseamnă sferă sau masă rotundă. Un glob geografic/terestrial este un model tridimensional redus la scară al Terrei/Pământului. După cum se va vedea în cazul reprezentării Pământului în plan anumite deformări accentuate nu pot fi evitate; globul terestru prezintă avantajul de a reprezenta realitatea geoidului terestru pe o sferă și deci să implice deformări minime, neglijabile. După cum se va vedea forma reală a Pământului aproximează un elipsoid, care are axa mare (diametrul Ecuatorului) cu cca 42 km mai mare ca axa mică (axa polară). Dacă aproximăm acest corp cu o sferă la scara 1:1 000 000 această va avea un diametru de cca 12,5 m iar celor 42 km de pe suprafața terestră le vor corespunde 4,2 cm pe modelul nostru. O eroare liniară de 4,2 cm la 12,5 m ( 0,0000003% !!! 3 la 1.000.000.000/1 miliard!!! ) nu este detectabilă cu ochiul liber și deci e cu adevărat neglijabilă; la fel în cazul unghiurilor și suprafețelor. Dar exemplul de mai sus este un caz extrem, nu vom întâlni poate niciodată în viața noastră un glob cu diametrul de cca 12,5 m (un glob de aceste dimensiuni este unic în istorie și reprezintă cel mai mare glob terestru realizat vreodată, a fost prezentat la expoziția de la Paris din 1906). Globuri cu un diametru de 1,25m pot fi considerate globuri mari, pe un astfel de glob o eroare de 4,2 mm din 1,25m va fi chiar mai greu de perceput; cu atât mai puțin în cazul globurilor de mărime normală și întâlnite uzual: diametru de cca 40 cm. Deci putem considera că pe globurile terestre distanțele, suprafețele, formele și direcțiile nu sunt deformat; deasemenea scara se menține constantă pe întreaga suprafață a globului.

Chiar dacă globurile aproape că nu prezintă deloc deformări prezintă dezavantaje care le fac în cele mai multe cazuri inutilizabile: costul producției lor, imposibilitatea transportului lor, imposibilitatea creerii de globuri la scară mare, imposibilitatea de a vedea toată suprafața terestră printr-o singură privire, greu de depozitat.

Primul glob terestru a fost construit de Crates din Mallus, Cilicia

(SE Turciei de azi) în anul 150 i.e.n. Cel mai vechi glob care a supraviețuit până în zilele noastre este cel al lui Marthin Behaim, cca 1490.

## Reprezentarea în plan

După cum am menționat adevărata formă a Pământului aproximează o sferă, de aceea singura reprezentare reală a Pământului e cea sub formă de glob redus la scară. Când Pământul ca întreg sau doar o parte a sa sunt reprezentate în plan inevitabil se ridică o serie de dificultăți. Cu cât e mai mare suprafața globului care trebuie să fie reprezentată în plan cu atâta sunt mai mari dificultățile reprezentării acurate a acesteia. Să luăm exemplul unei portocale: dacă decojim cu atenție o bucată cât mai mare din coajă unei portocale (cel puțin jumătate) și încercăm să o îndreptăm pe o masă se va rupe în bucățele mici. La fel nu se poate reprezenta în plan suprafața terestră fără deformări decât dacă reprezentăm suprafețe mici. Să luăm alt exemplu: o minge cât de mare și o pagină micuță a unui notebook, mulăm pagina pe minge și vom putea reprezenta acea zonă cu deformări minime, dar dacă vom încerca să învelim o minge mică într-o singură pagină de dimensiuni mari va ieși ceva foarte neplăcut. La fel ca Pământul și alte corpuri cerești ridică aceleași probleme când suntem nevoiți să le reprezentăm în plan.

Singura posibilitate/singurul compromis pentru evitarea acestor neajunsuri critice este apelarea la procedeul numit proiecție cartografică chiar dacă și acesta prezintă neajunsurile sale: deformările. Indiferent de tipul de proiecție folosită vor fi prezente deformări. Deformările implicate sunt cele ale 1)lungimilor, 2)suprafețelor, 3)formelor și unghiurilor; dar când vorbim despre prezervarea anumitor proprietăți pe o hartă vorbim despre prezervarea: 1)lungimilor, 2)suprafețelor, 3)formelor și unghiurilor locale, 4)direcției/azimutului, 5)ortodromei, 6) loxodromei 7)cercurilor.

Totuși la fiecare proiecție pe plan vor exista un punct, o linie, 2 linii sau mai multe linii care nu vor prezenta deformări deloc, acestea se numesc punct/linie/linii de deformare 0; iar lipsa deformărilor în/pe aceste puncte și linii se datorează faptului că în dreptul lor suprafața desfasurabila (o să vedeți mai jos ce este aceasta) atinge globul. Avem de a face cu puncte de deformare 0 la hărțile planare tangente. Avem de a face cu o linie de deformare zero la hărțile planare secante, la hărțile

conice tangente și la hărțile cilindrice tangente. Avem de a face cu 2 linii de deformare 0 la hărțile conice secante și la hărțile cilindrice secante iar cu mai mult de 2 linii de deformare 0 avem de a face la hărțile policonice și policilindrice. La fel cum există linii cu deformare 0 există și linii în lungul cărora deformarea este constantă; de exemplu în proiecția Mercator deformările cresc proporțional cu latitudinea, paralelele coincidând în acest caz cu liniile de aceeași deformare. Forma și poziția acestor linii diferă de la proiecție la proiecție. Aceste linii cu o deformare egală poartă numele de izocoli. Termenul provine din limba greacă: izos=egal, kolos = deformare, ciuntire.

Producerea deformărilor și prezervarea proprietăților harților pot fi demonstrate atât matematic cât și grafic. Întrucât o demonstrație grafică este mai sugestivă și mai ușor de înțeles vom opta pentru aceasta în cele ce urmează:

# I) DEFORMARI SI PREZERVARI

## a) Deformări ale lungimilor (în lungul paralelor)

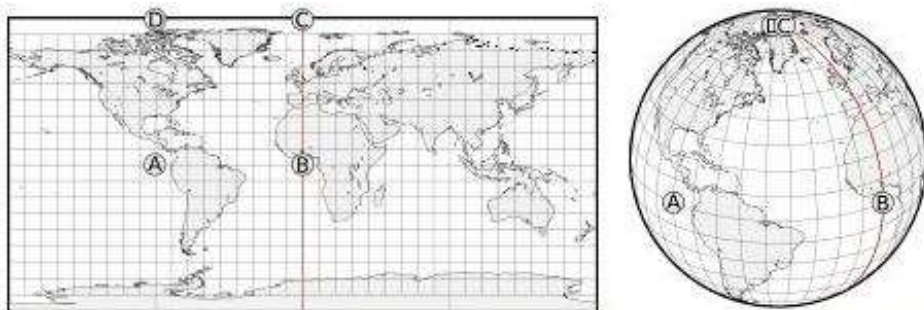


Figura 1: Exemplu al deformării lungimilor în lungul paralelelor. Pe hartă între punctele A și B este o distanță identică cu distanța dintre punctele C și D, pe glob realitatea este cu totul alta. Sursă: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

## b) Deformări ale suprafețelor

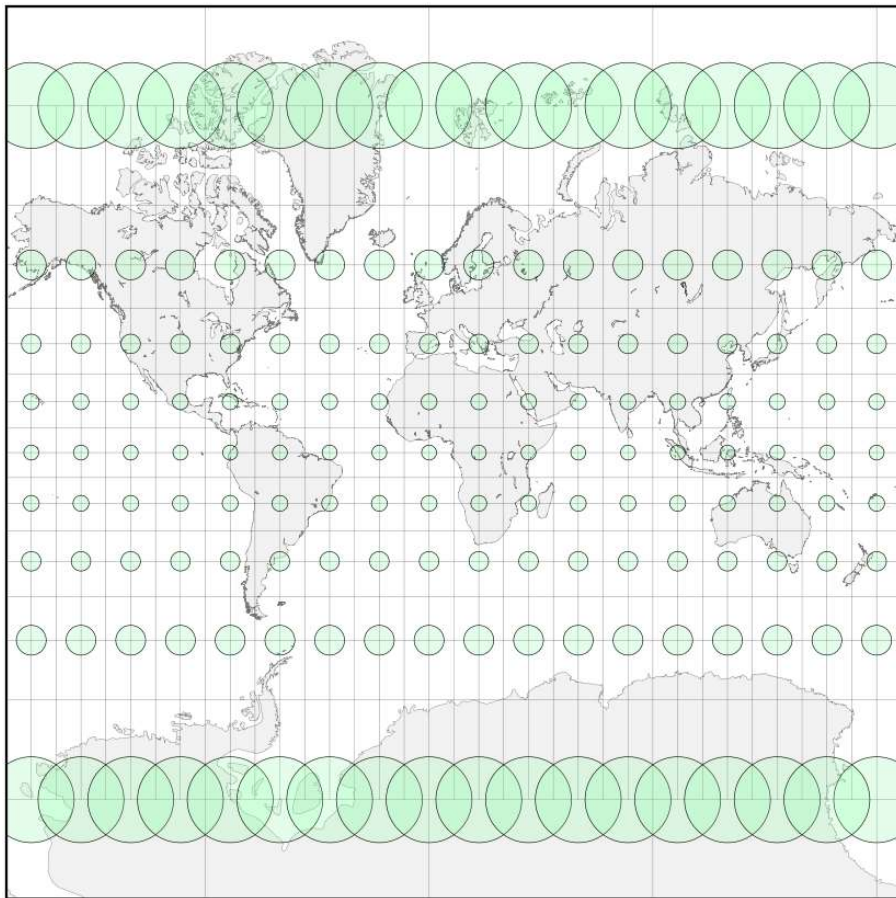


Figura 2: Exemplu al deformării suprafețelor de la Ecuator înspre poli pe o hartă în proiecție conformă (toate cercurile de pe curpînsul hărții ocupă aceeași suprafață pe glob – să zicem un hektar, deci în această proiecție 1 hektar la Ecuator e reprezentat printr-un cerculeț de diametru  $x$  iar 1 hektar la latitudinea de  $60^\circ$  printr-un cerculeț de diametru  $40x$ ). Deasemenea se poate observa și o deformare a lungimilor în lungul paralelelor de la Ecuator înspre poli pe o hartă în proiecție conformă (Ecuatorul are lungime egală cu paralela de  $85^\circ$ ). Sursă: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)



Figura 3: Deformarea suprafețelor înspre nord pe o hartă în proiecție Mercator. Groelanda (colorată verde) care are o suprafață reală de 2.095.740 kmp comparată cu Algeria (colorată albastru) care are o suprafață reală de 2.320.990 kmp, deci au suprafețe foarte apropiate. Pe această hartă care își propune să preserve loxodroma dacă calculăm suprafațetele Groelandei și Algeriei în această proiecție vom obține 34.550.620 kmp pentru Groelanda respectiv 2.998.830 kmp pentru Algeria. Sursa: R. Dodson

### c) Deformări ale formei și unghiurilor

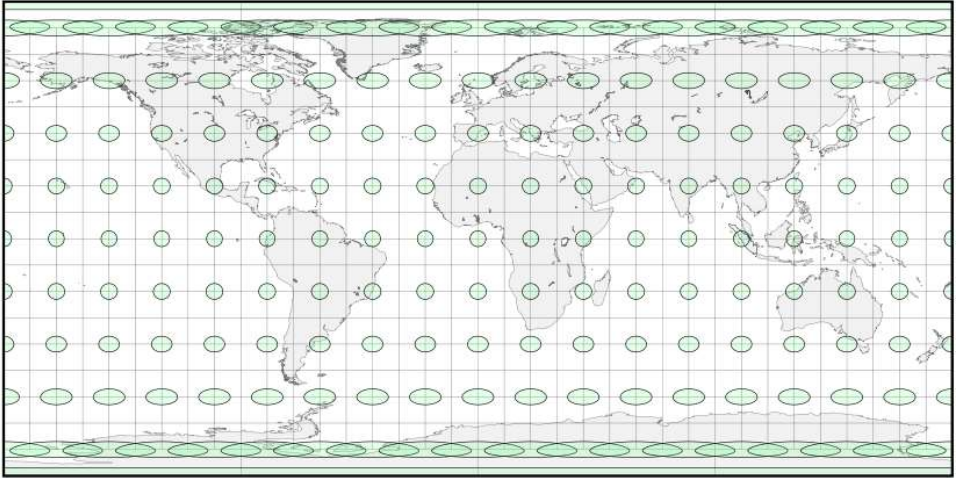


Figura 4: Deformarea formei și unghiurilor dinspre Ecuator spre poli. Tuturor cercurilor verzi le corespunde aceeași formă pe globul terestru dar nu și pe această hartă. Sursă: Carlos Furuti [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

## PREZERVAREA ELEMENTELOR DEFORMATE

Dacă cele 3 elemente deformate sunt: lungimile, suprafețele și unghiurile când vine vorba să încercăm să le prezervăm putem prezerva doar anumite lungimi și doar anumite unghiuri. În cazul unghiurilor se pot prezerva la nivel local relațiile unghiulare ale fiecărui punct precum și forma; acestea sunt proiecțiile conforme. Dar dacă dorim prezervarea unui unghi/direcții/azimut între două puncte specifice date de pe hartă, îndepărtate unul de celălalt, acest lucru este posibil pe hărți în proiecții azimutale și retroazimutale.

**Prezervarea lungimilor.** Pe anumite proiecții se pot prezerva anumite lungimi, în lungul anumitor direcții. Este imposibilă prezervarea tuturor lungimilor pe o hartă, dacă lucrul acesta ar fi posibil, s-ar prezerva și suprafețele și nu am mai avea deformări realizând irealizabilul. Proiecțiile care au proprietatea de a prezerva anumite lungimi se numesc proiecții echidistante.

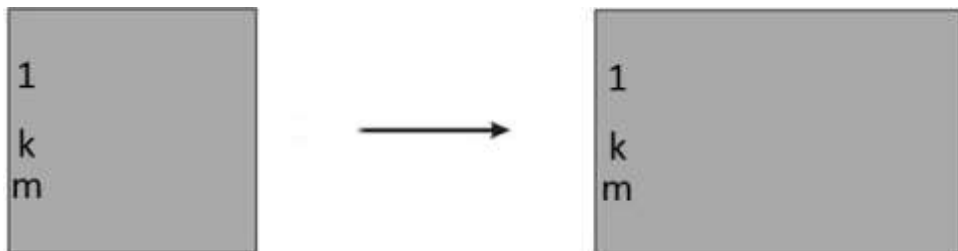


Figura 5: Exprimarea grafică a posibilității prezervării anumitor lungimi pe hărți. Pătratul din stânga e de pe glob, cel din dreapta e pe hartă și deformează distanța pe direcția vest – est. Sursa: Map projections – Rudi Gens.

**Prezervarea suprafețelor.** Pe anumite proiecții se pot prezerva suprafețele; scopul lor este ca acele zone de o suprafață identică pe glob să ocupe aceeași suprafață pe hartă. Asta înseamnă că vor fi deformat unghiurile, forma și scara (distanțele). Aceste proiecții se numesc echivalente sau homalografice (de la grecescul homos - aceeași împreună cu graphos - a scrie) sau autalice (de la grecescul autos - aceeași împreună cu ailos - suprafață).

Pe hărțile echivalente distanța e deformată datorită menținerii în dreptul fiecărui punct a unei scări adecvate păstrării suprafeței.

Aceste proiecții sunt folosite pentru hărțile cadastrale.



Figura 6: Exprimarea grafică a prezervării ariilor. Aceeași suprafață dar cu totul altă formă. Sursa: Map projections – Rudi Gens.

**Prezervarea formei și unghiurilor locale.** La fel cum nu se pot prezerva toate lungimile pe o hartă nici unghiurile și forma nu pot fi prezervate numai la nivel local. Pe anumite proiecții se pot prezerva anumite unghiuri: pe proiecțiile conforme sunt prezervate toate unghiurile locale ale unor cercuri/pătrate teoretice infinit de mici + orientările locale ale elementelor liniare. Pentru că unghiurile locale sunt corecte meridianele intersectează paralele sub unghiuri drepte, ca pe globul terestru. Prezervarea formei la nivel local este o consecință a prezervării unghiurilor pentru că atâta timp cât unghiurile sunt prezervate formă va fi prezervată. Pentru a se înțelege conceptul de prezervare a unghiurilor și formei doar la nivel local se dă exemplul: pe o hartă în proiecție Mercator se dă America de Nord, forma întregii Americi de Nord nu este prezervată atâta timp cât în sudul Floridei suprafața e exagerată cu 10-13% iar în nord în zonele artice suprafața este exagerată cu 660% (Map projections - Roblin). Adică se prezervă forma, dar dacă în Florida e prezervată prin mărire cu 13%, iar în nordul extrem cu 660%, când iei toată America de Nord ca întreg nu mai e prezervată forma. Se prezervă doar la nivel local. În final hărțile conforme ne fac și ele o impresie greșită despre formă făcându-ne de exemplu să percepem nordul Americii de Nord mult, mult mai lat. Proiecțiile care au proprietatea de a prezerva unghiurile la nivel local se numesc conforme sau ortomorifice (orto=drept, morpho=formă).

Pe hărțile conforme distanța e deformată datorită variației “scării locale”.



Figura 7: Exprimarea grafică a prezervării unghiurilor și formei.  
Sursa: Map projections – Rudi Gens.

**Prezervarea unghiurilor (conformalitatea) și prezervarea ariei (echivalență)** sunt mutual exclusive așa că o hartă conformă va deforma cel mai mult suprafețele iar una echivalentă va deforma cel mai mult unghiurile și forma.

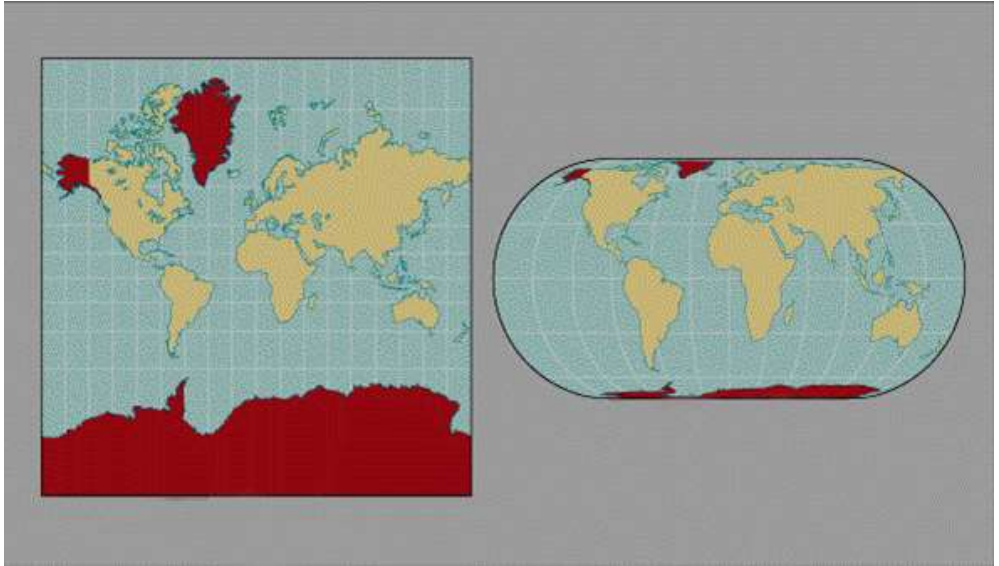


Figura 8: Comparație între o hartă conformă (stânga) și una echivalentă (dreapta). Sursă: Introduction to Cartography, document disponibil online ([www.elcamino.edu](http://www.elcamino.edu))

**Prezervarea direcției/azimutului** în timp ce proiecțiile conforme prezervă unghiurile la nivel local mai există o categorie de proiecții pe care dacă te afli în punctul lor central din acest punct îți se oferă unghiul/direcția corectă spre toate celelalte puncte ale hărții.

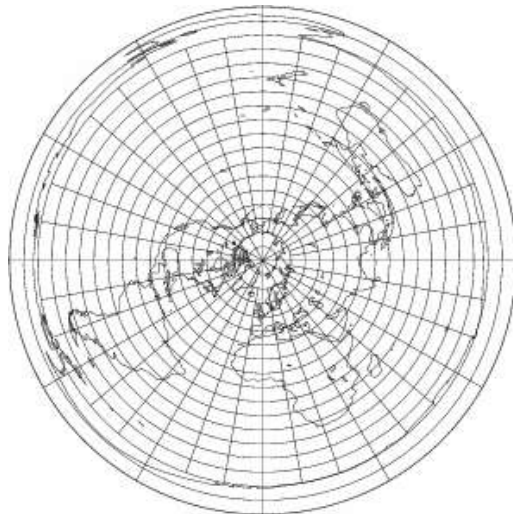


Figura 9: Proiecție azimutală polară. Sursă: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

În figura 9 avem de a face cu o proiecție azimutală, centrul acesteia este polul nord. Dacă ne aflăm în centrul ei și dorim să ajungem într-o altă locație de pe cuprinsul ei (București): 1) vom stabili o direcție de referință (Greenwich), 2) vom determina pe hartă unghiul format de direcția de referință cu dreapta care trece prin pol și prin București - valoarea acestui unghi este aceeași și în teren:  $26^\circ$ , 3) vom urma acea direcție până vom ajunge la destinație (atenție unghiul trebuie redeterminat și recalculat constant de-a lungul traseului întrucât se modifică).

Exemplul de mai sus este unul teoretic, absurd din punct de vedere practic. În mod practic pentru orientarea în teren centrul hărții se va alege diferit de polul nord, astfel încât dreapta care trece prin centrul proiecției și polul nord să fie direcția de referință ca mai apoi în teren cu ajutorul unei busole să se poată urma și recalcula constant acel unghi (pentru că

nu este busolă care să arete direcția față de meridianul Greenwich ☺.

Direcția între două puncte este reprezentată corect dacă cercul mare (cea mai scurtă distanță dintre două puncte, pe glob) dintre ele este reprezentat pe hartă printr-o linie dreaptă. Pe hărțile în proiecții azimutale toate cercurile mari care trec prin centrul hărții sunt reprezentate pe hartă prin linii drepte; deci pe hărțile azimutale cel mai scurt traseu dintre centrul hărții și orice punct de pe hartă este reprezentat printr-o linie dreaptă (care însă nu este neapărat și echidistantă!). Pentru orice punct dat de pe hartă va exista deci o linie dreaptă și numai una care să treacă prin el și prin centrul hărții astfel încât pentru acea dreaptă să poată fi determinat azimutul în raport cu o altă dreaptă.

Mai există proiecții care redau corect direcția: din două puncte spre toate celelalte puncte de pe hartă. Alte proiecții redau corect direcția din toate punctele spre un singur punct central, aceste proiecții se numesc retroazimutale și au fost imaginate pentru situațiile de genul „toate drumurile duc la Mecca” (în timpul sărbătorii Ramadan).

## **Prezervarea ortodromei (celor mai scurte trasee/reprezentarea cercurilor mari ca linii drepte):**

Un cerc mare e un cerc pe suprafața globului care are ca centru, centrul Pământului. Un cerc mare e intersecția Pământului cu un plan care îi trece prin centru. Cea mai scurtă distanță între 2 puncte pe suprafața Pământului este dată de cercul mare care trece prin acestea (prin oricare 2 puncte de pe suprafața Pământului trece un singur cerc mare). Meridianele și Ecuatorul sunt și ele cercuri mari.

- pe hărțile în proiecții azimutale (nu planare, azimutale sunt doar proiecțiile făcute de pe sferă pe un plan tangent) toate cercurile mari care trec prin centrul proiecției sunt reprezentate ca linii drepte (dacă proiecția e în aspect polar cercurile mari sunt meridiane).

- pe hărțile în proiecție gnomonică toate cercurile mari sunt reprezentate ca linii drepte (astfel proiecțiile gnomonice conferă marele avantaj de a arăta corect cel mai scurt traseu dintre oricare două puncte de pe hartă. Cea mai scurtă distanță dintre două puncte oarecare de pe suprafața Pământului este dată de singurul cerc mare care trece prin acele puncte, a avea o hartă într-o proiecție în care dacă unești oricare două puncte cu o linie dreaptă să obții cel mai scurt traseu dintre ele și implicit „punctele” prin care trebuie să treci de-a lungul traseului conferă în anumite situații un avantaj extraordinar. A nu se face greșeala de a considera că cel mai scurt drum în teren va părea mai scurt și pe hartă sau pe hartă va fi redat la scară! Atât proiecțiile azimutale cât și cele gnomonice doar materializează pe ele printr-o linie dreaptă traseul cel mai scurt de urmat, nu îl reprezintă și la scară corectă.

Știați că un avion pentru a urma cel mai scurt traseu între Sao Paulo și Tokyo va trece pe la nord de Marile Lacuri și prin Alaska? Majoritatea planigloburilor arată o realitate mult deformată din acest punct de vedere! Dezavantajul proiecțiilor gnomonice este că nu pot reprezenta suprafețe foarte întinse, putând fi reprezentate doar suprafețe mai mici de jumătate de glob. Să luăm deci exemplul cercului mare care trece prin Sao Paulo și Tokyo/exemplul reprezentării pe o hartă a celei mai scurte distanțe dintre Sao Paulo și Tokyo.

1)În figură de mai jos vom reprezenta eronat (prin linia verde) cea mai scurtă distanță între Sao Paulo și Tokyo, pe o hartă în proiecție cilindrică echidistantă în lungul meridianelor. Conform acestei hărți cel mai scurt drum între Sao Paulo și Tokyo ar trece puțin mai la sud de arhipelagul Hawaii ☺

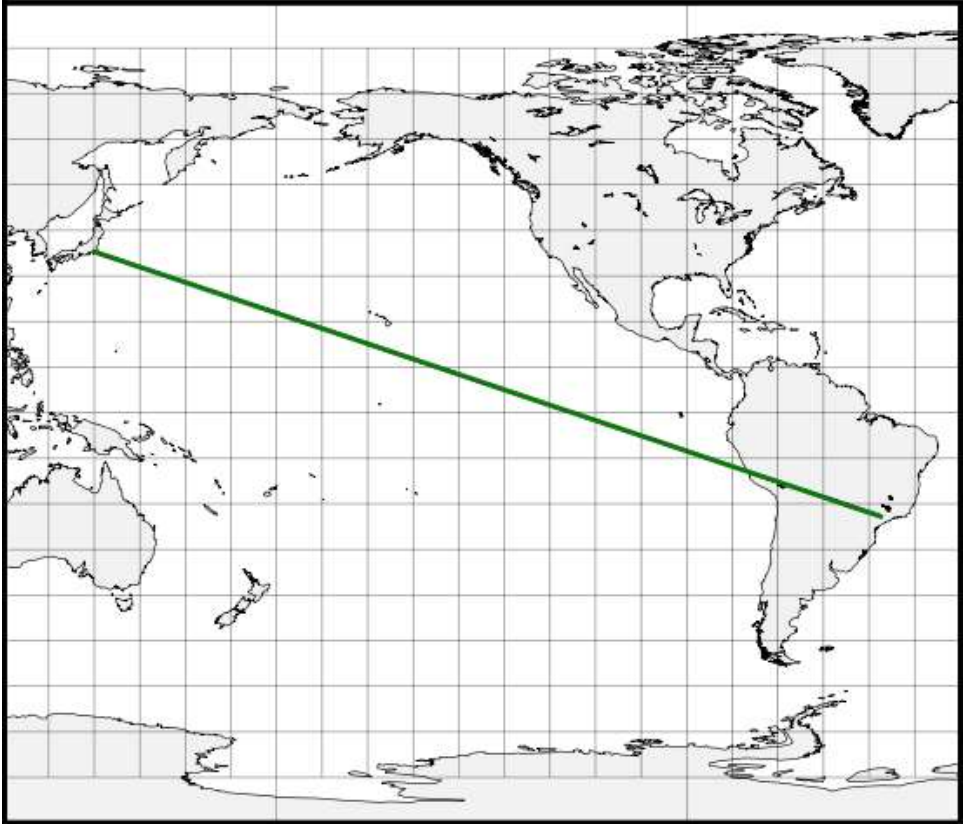


Figura 10: Reprezentarea greșită a celui mai scurt traseu între Sao Paulo și Tokyo.Sursa: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

2)În următoarea figură vom vedea într-o altă proiecție nepotrivită scopului nostru (Mollweide) cum arată de fapt și pe unde trece cel mai scurt traseu Sao Paulo – Tokyo (linia roșie).

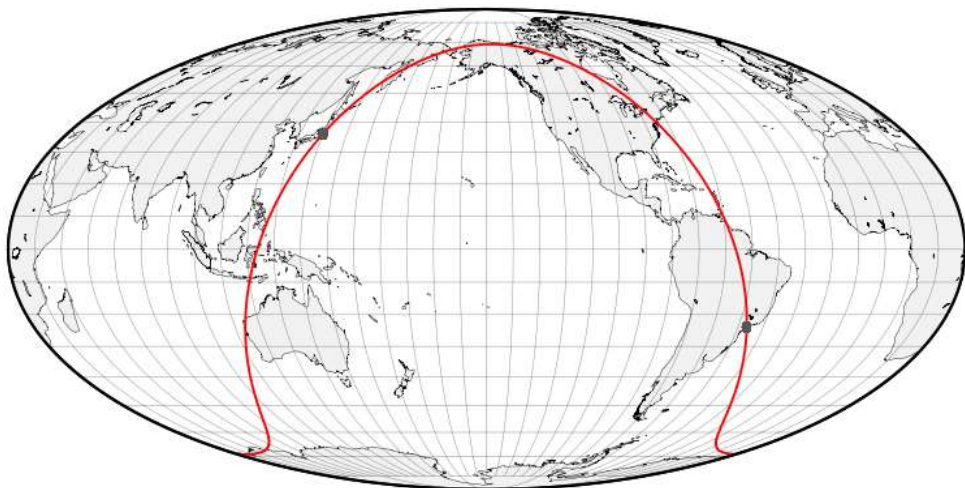


Figura 11: Reprezentarea traseului cel mai scurt dintre Sao Paulo și Tokyo pe o hartă într-o proiecție nepotrivită acestui scop (Mollweide). Sursa: Carlos Furuti [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

3)În următoarea figură cel mai scurt traseu între Sao Paulo și Tokyo va fi reprezentat adecvat într-o proiecție gnomonică. Această proiecție prezintă avantajul că conferă posibilitatea de a calcula constant unghiul dintre dreapta Sao Paulo-Tokyo și nord, astfel este utilă navigației precum și avantajul de a arăta locurile care trebuie străbătute de-a lungul traseului (Trinidad Tobago, Atlantic, nordul Marilor Lacuri, sud-vestul golfului Hudson, nordul Alaskăi, Kamchatka). Această proiecție prezintă dezavantajul de a deforma exagerat mariginile.

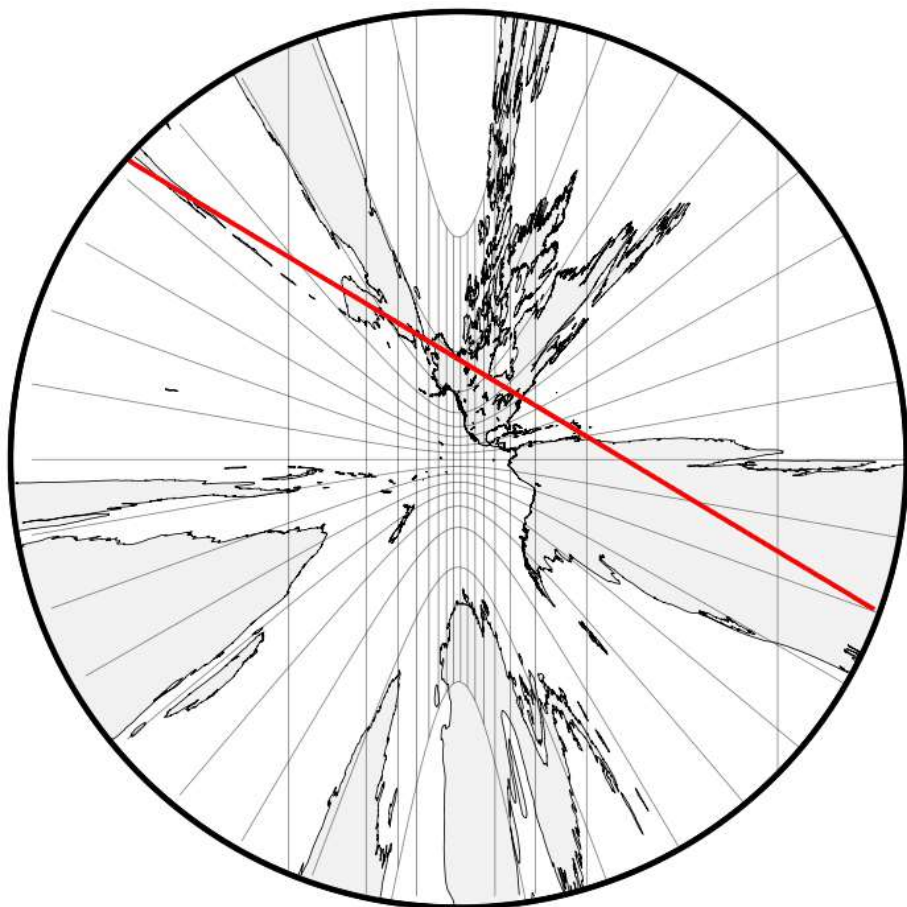


Figura 12: Reprezentarea celui mai scurt traseu printr-o linie dreaptă pe o hartă în proiecție gnomonică. Sursă: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

4) După cum am menționat pe hărțile în proiecții azimutale (nu planare, azimutale sunt doar proiecțiile făcute de pe sferă pe un plan tangent) toate cercurile mari și deci cele mai scurte trasee care trec prin centrul proiecției sunt reprezentate ca linii drepte. Deci putem reprezenta cel mai scurt traseu dintre Sao Paulo și Tokyo și pe o hartă azimutală echidistantă cu centrul în Sao Paulo:

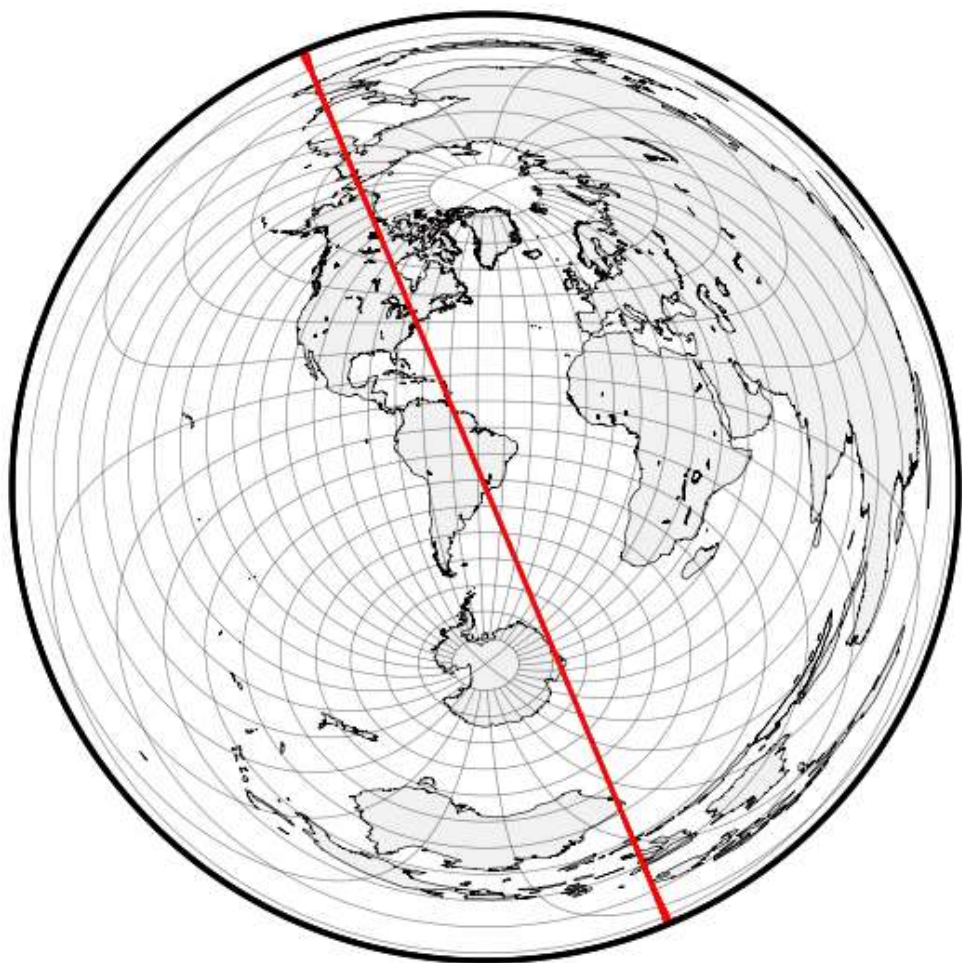
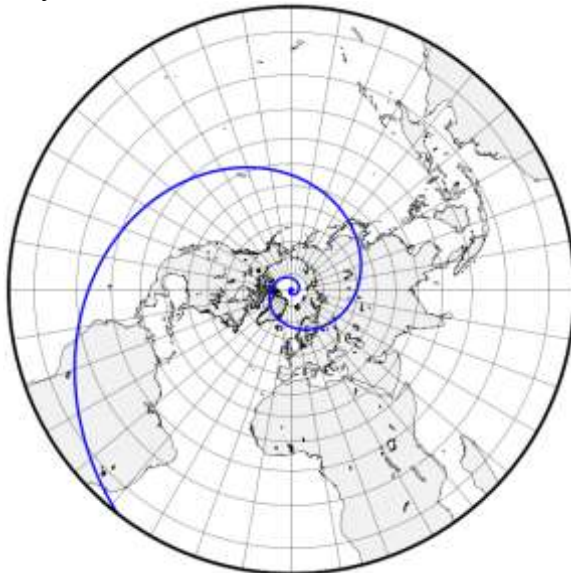


Figura 13: Reprezentarea celui mai scurt traseu între Sao Paulo și Tokyo printr-o linie dreaptă pe o hartă în proiecție azimutală cu centrul în Sao Paulo. Sursa: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

Această ultimă hartă spre deosebire de cea gnomonică prezintă avantajul de a nu deforma așa mult restul hărții, dar deasemenea dezavantajul de a reprezenta ca linii drepte doar cercurile mari care trec prin centrul ei (Sao Paulo).

**Prezervarea loxodromei** Conceptul de loxodromă a fost folosit pentru prima oară în 1533 de către Pedro Nunez dar matematica din spatele acestui concept a fost înțeleasă precis numai mai târziu. Linia care formează un unghi constant cu toate meridianele pe care le întâlnește (neschimbându-și orientarea) se numește loxodromă. O altă definiție întâlnită: loxodroma este acea linie care taie meridianele sub același unghi. O explicație suplimentară: loxodroma e acel unghi constant pe care dacă îl urmezi vei ajunge la destinația dorită fără a îl modifica, dar nu este cel mai scurt traseu! Totuși pentru navigație (aeriană sau navală) este deosebit de important pentru că urmând o loxodromă dată sigur nu vei rătăci chiar dacă vei parcurge o distanță mai lungă. Ecuatorul și meridianele sunt atât loxodrome cât și ortodrome. Fiecare paralelă în parte taie toate meridianele la  $90^\circ$  și deci toate paralele sunt loxodrome; fiecare meridian se taie teoretic singur la  $0^\circ$  deci toate meridianele sunt loxodrome. Loxodroma e păstrată pe hărțile în proiecții azimutale, stereografice și în proiecția Mercator (Furuti).

Două puncte care nu se află pe aceeași paralelă sau meridian pot fi unite de un număr infinit de loxodrome. Pentru a exemplifica redăm mai jos o loxodromă de  $292,5^\circ$  (prima) și una de  $275^\circ$  (a doua) ambele unind Sao Paulo și Tokyo:



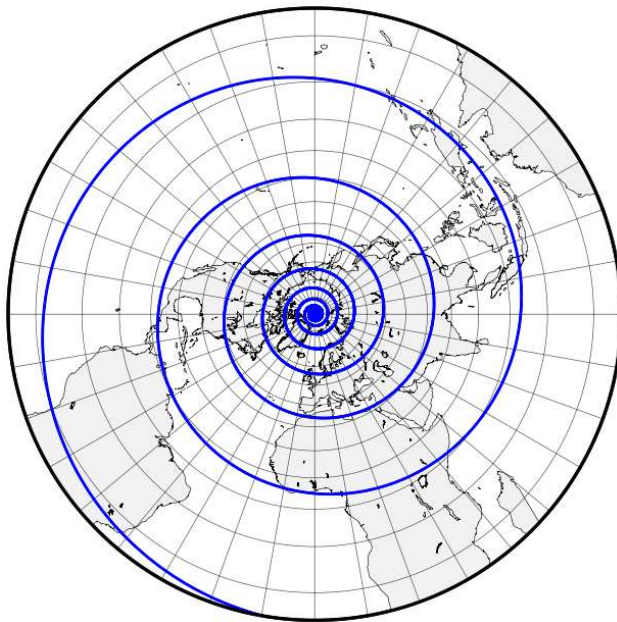


Figura 14: În prima imagine (pagina 28 jos) avem cea mai scurtă loxodromă dintre Sao Paulo și Tokyo, loxodroma de  $292.5^\circ$ . A se observa cât de mult diferă traseul loxodromei de  $292.5^\circ$  dintre Sao Paulo și Tokyo de cel al cercului mare care leagă Sao Paulo de Tokyo. În a doua imagine (mai sus) avem o altă loxodromă oarecare care unește cele 2 locații dar parcurgând un traseu mult mai lung, loxodroma de  $275^\circ$ . Sursa: Carlos Furuti - [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

Ținând cont că o infinitate de loxodrome pot lega două puncte care nu se află pe aceeași paralelă sau același meridian suntem interesați să aflăm cea mai scurtă loxodromă între oricare două puncte date (aceasta nu are voie să taie mai mult de jumătate din meridiane ( $180^\circ$ )). Aflând această loxodromă vom afla cel mai scurt traseu dintre două puncte în condițiile în care se urmează o direcție constantă/se navighează fără a schimba direcția. Meritul creeri unei hărți pe care toate loxodromele cele mai scurte să fie linii drepte îi revine flamandului Mercator, care pe bună dreptate datorită acestei inovații este cel mai mare cartograf din toate timpurile. Cu ajutorul unei astfel de hărți doar se va măsura unghiul pe

hartă și se va urma acel curs. Mai jos avem cea mai scurtă loxodromă dintre Sao Paulo și Tokyo pe o hartă în proiecție Mercator.

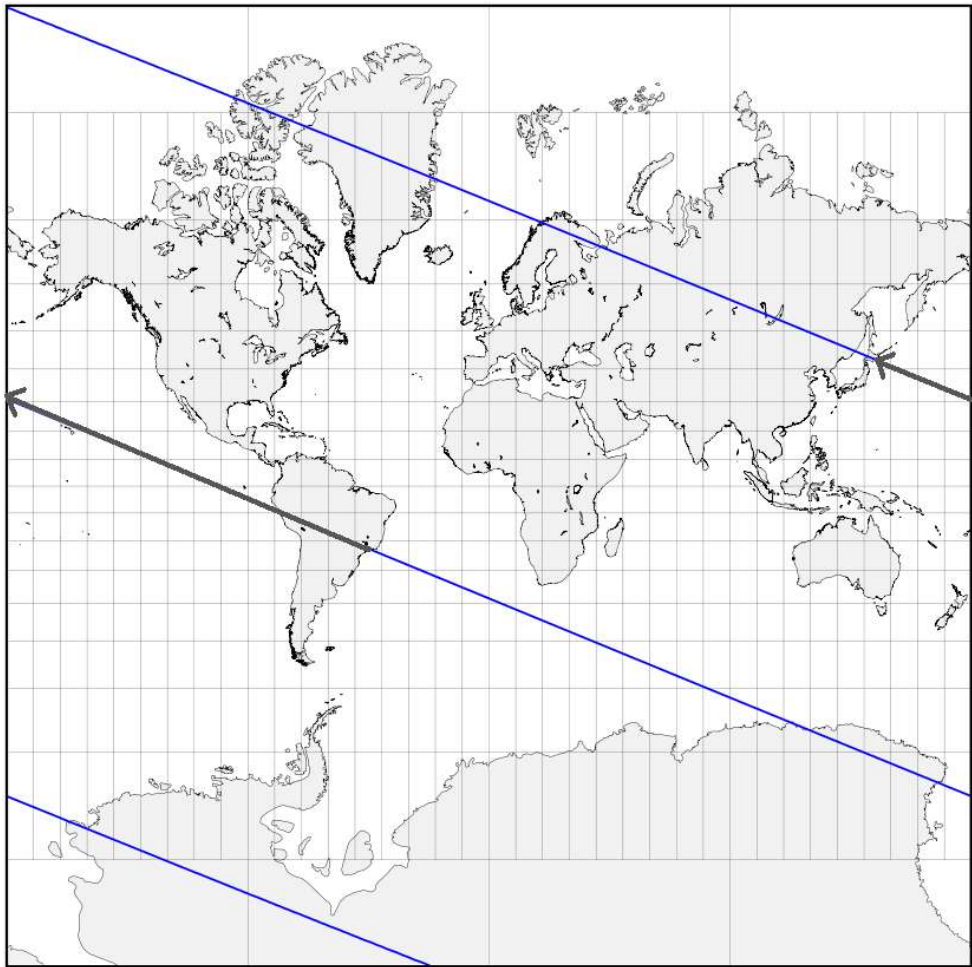


Figura 15: Hartă în proiecție Mercator, această hartă are deosebita caracteristică de a reda toate cele mai scurte loxodrome ca linii drepte.  
Sursa: [www.progonos.com/furuti/](http://www.progonos.com/furuti/)

**Pentru o mai bună înțelegere a conceptelor de ortodromă și loxodromă precum și a diferențelor dintre ele le vom compara mai jos:**

1) Cercul mare (roșu) și cea mai scurtă loxodromă (albastru) dintre Sao Paulo și Seul pe o hartă în proiecție Mercator:

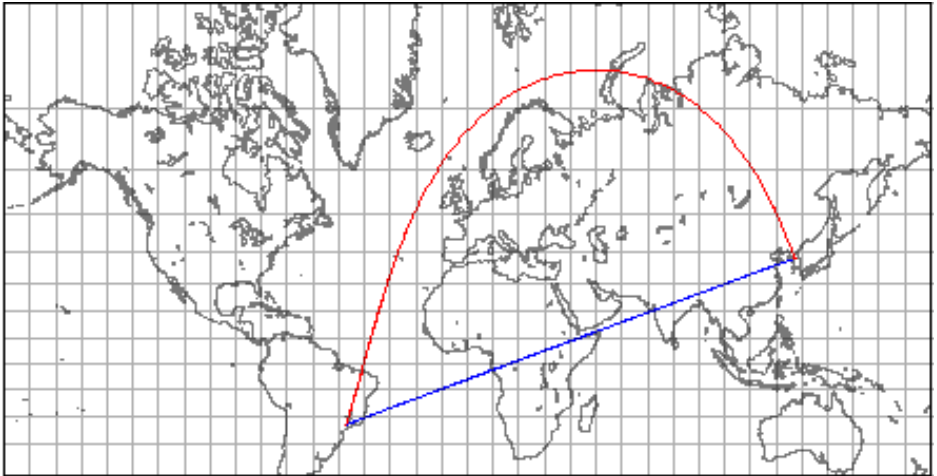


Figura 16: Reprezentarea cercului mare (roșu) și a celei mai scurte loxodrome (albastru) dintre Sao Paulo și Seul pe o hartă în proiecție Mercator. Sursa [www.progonos.com/furuti/MapProj](http://www.progonos.com/furuti/MapProj)

2)Cercul mare pe hartă în proiecție gnomonică (sus) și pe hartă în proiecție Mercator (jos).

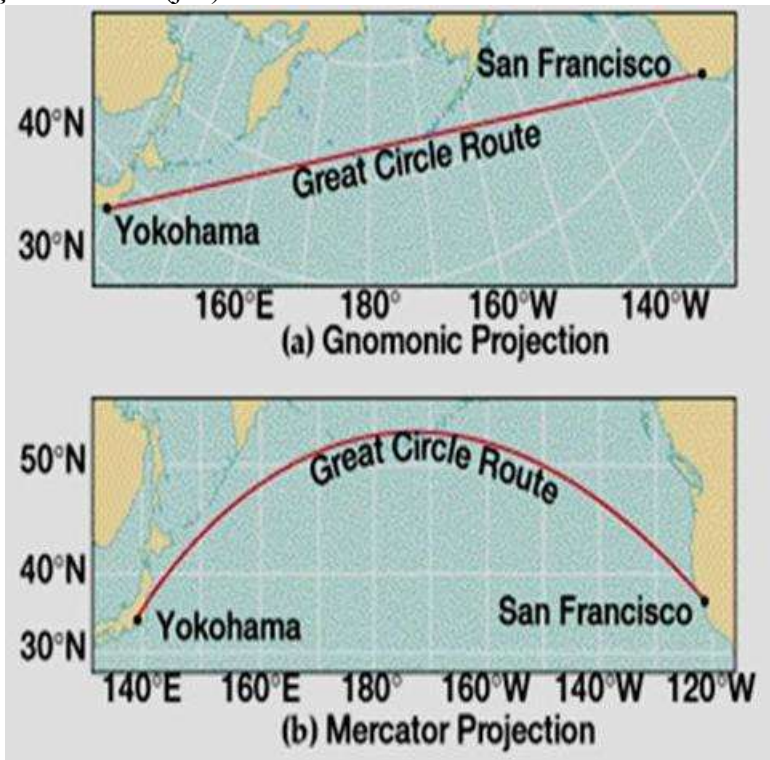


Figura 17: Reprezentarea cercului mare dintre San Francisco și Yokohama pe o hartă în proiecție gnomonică (sus) și pe o hartă în proiecție Mercator (jos). Sursa: Introduction to Cartography, document disponibil online ([www.elcamino.edu](http://www.elcamino.edu)).

3&4)Loxodroma e ceva desenabil numai pe anumite hărți de aceea nu putem reda un exemplu în care să desenăm loxodroma și cercul mare pe o hartă în proiecție gnomonică; sau un exemplu în care să desenăm loxodroma atât pe o hartă în proiecție gnomonică cât și pe o hartă în proiecție Mercator cum am făcut cu ortodroma mai sus.

5) Modalitatea navigării urmând o loxodromă (săgețile negre, orientate toate în sus, spre nord, indică faptul că pe linia albastră groasă (rumb line), se urmează constant același unghi față de nord ceea ce presupune o navigare facilă):

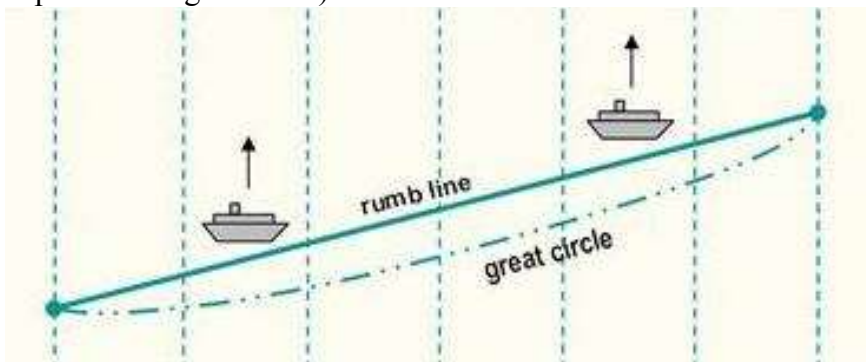


Figura 18: Navigare urmând o loxodromă, direcție constantă.  
Sursa: <http://kartoweb.itc.nl/geometrics/map%20projections/body.htm>

6) Modalitatea navigării urmând o ortodromă (săgețile negre orientate alandala, indică faptul că unghiul față de nord se modifică, trebuie recalculat constant, iar direcția vasului trebuie modificată deasemnea):

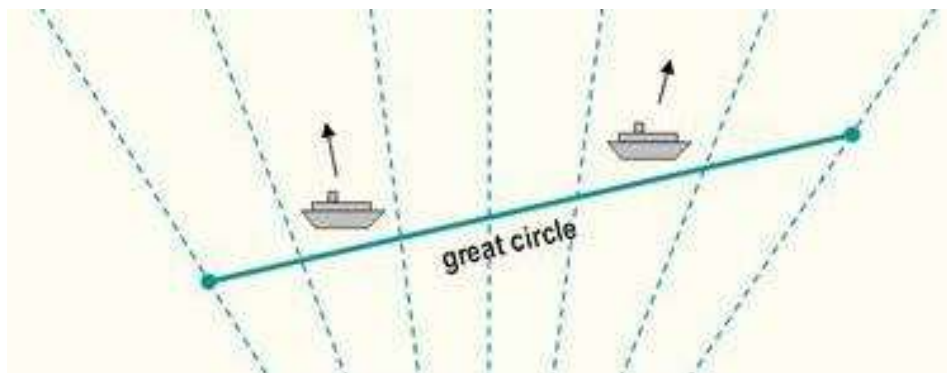


Figura 19: Navigare urmând o ortodromă, direcție neconstantă.  
Sursa: <http://kartoweb.itc.nl/geometrics/map%20projections/body.htm>

7) Modalitate de navigare mixtă: pe hartă în proiecție Mercator pentru a naviga de la San Francisco la Yokohama urmând o distanță cât mai apropiată de cea mai scurtă dar și nefiind nevoiți să schimbăm direcția de prea multe ori vom reprezenta traseul cercului mare (linia roșie) apoi în lungul acestuia vom alege trei puncte intermediare (A,B,C) între care ulterior se vor trasa linii drepte (cele mai scurte loxodrome) astfel vom parcurge o distanță nu mult mai mare decât cea mai scurtă posibilă și nu vom schimba direcția vasului/avionului numai de 4 ori.

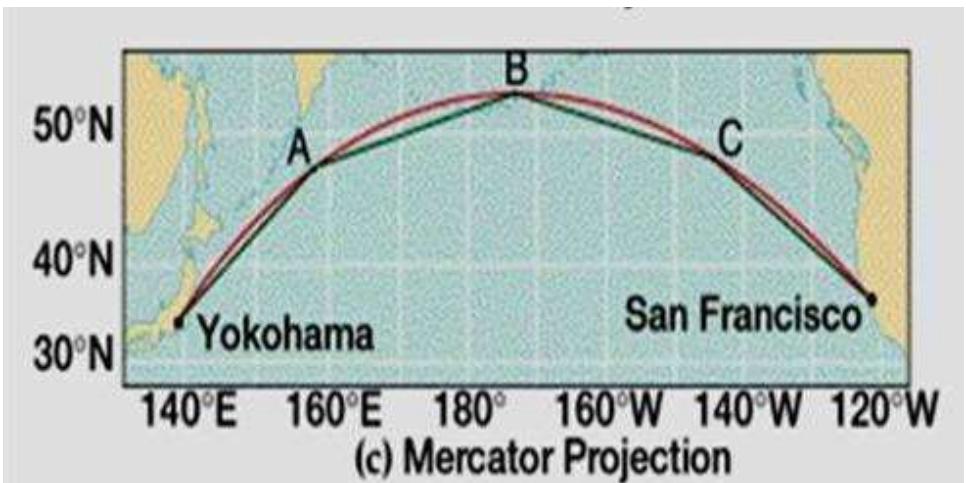


Figura 20: Navigare mixtă. Sursa: Introduction to Cartography, document disponibil online ([www.elcamino.edu](http://www.elcamino.edu)).

## Prezervarea cercurilor

Pe hărțile în proiecții stereografice toate cercurile de pe suprafața terestră sunt reprezentate pe hartă ca cercuri, deci hărțile stereografice prezervă formele cercurilor.



Figura 21: Prezervare formelor cercurilor pe hărțile în proiecție stereografică. Sursa: Note curs Cartografie Generală – Ioan Fodorean.

Din punct de vedere al deformărilor sau al proprietăților prezervate în istorie a mai existat un tip de proiecție, cea afilactică. Aceasta nu este nici conformă, nici azimutală și nici echivalentă. A fost concepută pentru motivul că era ușor de realizat atât în ce privește instrumentele cu care topograful colecta datele cât și tabelele matematice după care se făcea proiectarea. Factorul scării pe proiecțiile afilactice variază ca o funcție a azimutului liniei date. O proiecție afilactică a fost folosită și în țara noastră: Cassini – Soldner, o altă proiecție afilactică e cea poliedrică folosită în Yugoslavia între 1878 – 1959. (Mugnier&Snyder)

## **II)HARTA SI ELEMENTELE EI**

Harta este o reprezentare proiectată în plan a unei porțiuni din suprafața terestră (a unei realități geografice) micșorată la o anumită scară și ținând cont de sfericitatea pământului; simbolică (sau convențională); generalizată (sau selectivă) și ortogonală (verticală, nadirală) care prezintă anumite detalii naturale și sociale de la un moment dat cu scopul de a oferi informații spațiale.

■Afirmația de micșorare la scară crează o oarecare confuzie pentru că scara generală a unei hărți nu e uniformă pe toată suprafața hărții datorită deformărilor. Scara generală a unei hărții exprimă de fapt fracția micșorării globului terestru înainte de a fi proiectat. Din acest motiv calculul distanțelor pe hărți la scară mică nu se face măsurând distanța de pe hartă și apoi înmulțind cu numitorul fracției scării numerice ci cu ajutorul coordonatelor geografice.

■Afirmația conform căreia harta ține cont de sfericitatea pământului implică faptul că reprezentarea în plan a unei suprafețe tridimensionale sferice se realizează cu ajutorul unei proiecții cartografice.

■Harta reprezintă realitatea terestră prin simboluri, aceste simboluri au caracter convențional, de aceea este simbolică/convențională. Se va discuta mai mult despre acest lucru când vom vorbi despre conținutul hărții.

■O hartă nu poate reda toate detaliile economice, sociale, geografice etc de la un moment dat și dintr-un teritoriu dat, de aceea este reprezentare generalizată/selectivă. Se va discuta mai mult despre acest lucru când vom vorbi despre conținutul hărții.

■Lucrurile sunt redade pe hărți având punctul de perspectivă/observare/capturare a „imaginii” „sus” , harta mai poate fi descrisă ca schița unei poze din avion. Deci spre deosebire de o fotografie normală care este capturată orizontal/perspectiv; harta e proiectată

ortogonal (vertical, nadiral). O viziune zenitală presupune a privi dinspre Pământ înspre stele, o viziune nadirală presupune opusul, deci harta poate fi considerată a fi captată nadiral, dar consider termenul ortogonal mai potrivit deoarece teoretic este posibilă și o cartare a suprafeței terestre cu punctul de perspectivă în centrul pământului (dinspre centrul pământului) caz în care s-ar produce o confuzie.



Figura 22: Viziune perspectivă/orizontală/fotografică. Sursă: David Forrest, Map Design Note curs.

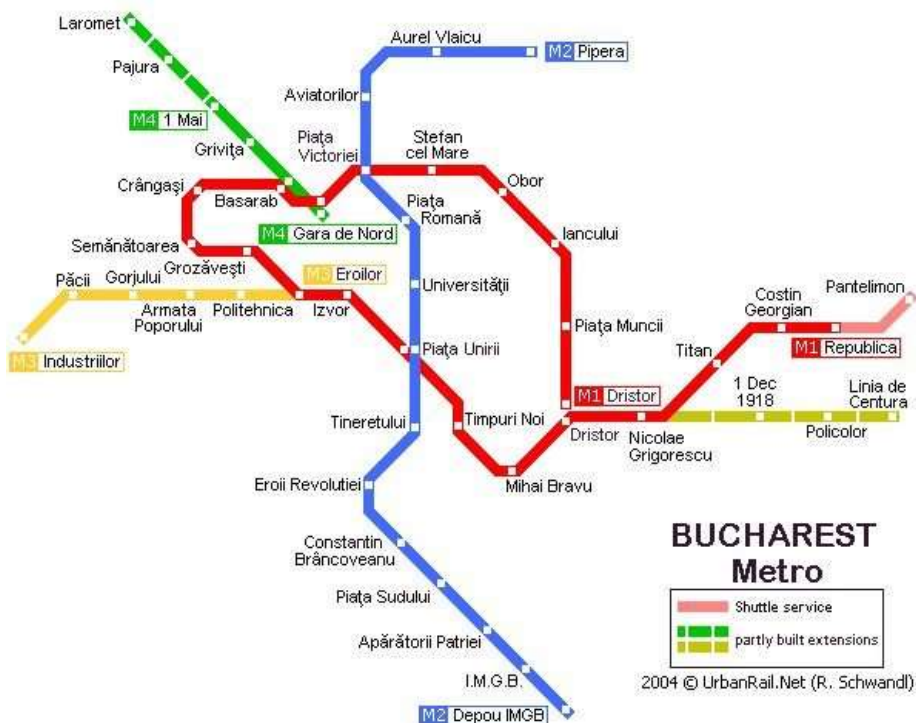


Figura 23: Viziune ortogonală/verticală. Sursa: <http://mappery.com/Bucharest-Metro-Map>

Există numeroase clasificări pentru hărți și criterii de clasificare, doresc să enumăr câteva: în funcție de mărimea teritoriul reprezentat (mapamonduri, hărți continentale, etc); în funcție de scară; în funcție de conținut (generale și tematice); în funcție de destinație (militare, maritime, turistice, didactice, de transport); în funcție de format(analogice, digitale). Nu în ultimul rând putem clasifica hărțile în funcție de spațiul cartografiat: terestre, maritime și aviatice. O altă clasificare oarecum mai neconvențională ar împărți hărțile în hărți formale (create conform unor convenții cartografice bine stabilite - hărți militare, hărți geologice, hărți topografice) și hărți informale. Am imaginat aceste ultime două clasificări pentru a ne fi de folos când vom avea de a face cu clasificarea elementele hărților, elementele căror hărți?

## Elementele hărților și planurilor

După ce am văzut ce este harta să vedem care îi sunt elementele. Înainte de toate trebuie să ne întrebăm elementele căror hărți? Hărțile de transport maritim și aviatice au simbologie standardizată la nivel internațional (dar bineînțeles mai există și alt tip de hărți care cartografiază spațiul maritim și/sau aviatice). **Ne limităm la a încerca să facem o clasificare a elementelor hărților terestre.**

În literatura de specialitate română, găsim două tipuri de clasificări ale elementelor hărților terestre: prima le împarte în elemente exterioare cadrului și elemente din interiorul cadrului (Rus&Buz, Năstase), cea de a doua le împarte în elemente matematice, elemente de conținut și elemente de întocmire (Săndulache&Buz). Aceste clasificări împart după cum urmează în două sau trei categorii același elemente (mici diferențe în funcție de autor):

Prima clasificare:

- Elemente exterioare cadrului: titlu, nomenclatura, scara, legenda, grafice, autorul, materialele documentare etc
- Elemente din interiorul cadrului: fizico-geografice, socio-economice.
- Chiar și în acest caz o a3a „categorie” ar fi cadrele ☺ , nu le putem omite.

A doua clasificare:

- Elemente matematice: scara, cadrele, nomenclatura, baza geodezico-topografică, elemente de orientare, graficul înclinării versanților, canevas.
- Elemente de conținut: fizico-geografice, socio-economice.
- Elemente de întocmire: titlul, legenda, autorul, materialele documentare etc.

Se poate observa că elementele din clasificările de mai sus sunt elementele folosite de Direcția Topografică Militară (DTM) Română pe Harta Topografică a României în proiecție Gauss Kruger (e foarte probabil că hărțile rusești tot în proiecție Gauss Kruger să aibe altă paletă de elemente – lucru datorat printre altele și faptului că diferă editorul. În scop didactic considerăm că un student are nevoie să cunoască și să studieze elemente obligatorii pentru orice hartă terestră, nu elementele întâlnite pe anumite hărți formale (în cazul studenților români Hartă Topografică a României în proiecție Gauss Kruger).

Mai mult, consider clasificările de mai sus improprii, deoarece:

-prima clasificare: este impropriu să clasificăm elementele în funcție de orice cadru deoarece nu toate hărțile au cadrele plasate în același loc, și celelalte elemente (legendă, titlu, etc) plasate în același raport cu cadrele astfel încât să putem clasifica elementele în funcție de cadre (așezarea elementelor în pagină diferă de la caz la caz). În ceea ce privește cadrele extern/ornamental nu toate hărțile îl au; la fel și în cazul cadrului intern. Unele hărți au cadru geografic (rețeaua de meridiane și paralele), altele au cadru topografic/ canevas (proiecțiile abcisei și ordonatei sistemului de coordonate al proiecției), altele au și cadru geografic și cadru topografic iar altele nu îl prezintă pe nici unul. Chiar dacă un cadru geografic sau topografic este foarte util în scopul de a localiza pe glob zona cartografiată prezența lor nu se poate impune anumitor hărți; mai mult atât cadrul geografic cât și cel topografic și modul în care ele arată depind de proiecție iar cadrul topografic/ canevasul este de fapt format din liniile sistemul de coordonate al proiecției, în ultimă instanță proiecția cartografică folosită fiind elementul. Graficul înclinării versanților poate fi calculat cu ajutorul curbelor de nivel și deci e alegerea autorului dacă să îl includă sau nu pe hartă. Baza geodezico-topografică nu va apărea pe hărți didactice de exemplu. Nu toate hărțile fac parte dintr-o serie care să necesite nomenclatură.

-a doua clasificare: cadrul extern nu e nicidecum element matematic, la fel nici indicatorul nordic (exceptând cazurile în care avem

de a face cu indicatoare compuse). Nomenclatura e un simplu sistem de numerotare care are scopul de a localiza o foaie de hartă care face parte dintr-o serie, ceea ce nu presupune matematică specifică hărților.

De menționat că Gabriela Osaci Costache în lucrarea sa „Cartografie” menționează că elementele de mai sus sunt cele ale „Hărții Topografice a României în proiecție Gauss Kruger”, ba chiar dedică în lucrarea sa spațiu și pentru elementele hărților geografice la scară mică. Însă demersul nostru este de a identifica elementele comune tuturor hărților terestre, mai exact elementele pe care orice hartă terestră realizată de un cartograf profesionist trebuie să le conțină, pentru că un cartograf va avea de a face în carieră cu mai multe tipuri de hărți!

În literatura internațională de specialitate:

1) Longley, Goodchild, Maguire și Rhind în a doua ediție a lucrării „Geographic Information Systems and Science” consideră că o hartă are următoarele elemente: 1) conținutul (zona cartografiată), 2) inset/overview map, 3) titlul, 4) legenda, 5) scara, 6) indicatorul de orientare, 7) metadata (proiecția, autorul, surse și data creării).

2) Slocum, McMaster, Kessler și Howard în a treia ediție a lucrării lor „Thematic Cartography and Geovisualization” enumeră următoarele elemente ale hărților: 1) cadrul, 2) conținutul (zona cartografiată), 3) inset/overview map, 4) titlul, 5) legenda, 6) metadata, 7) scara, 8) indicator de orientare.

Singura diferență între cele două clasificări e lipsa cadrului/cadrelor în prima.

Autorii de mai sus includ proiecția cartografică la metadata, dar forma și suprafața conținutului hărții depind de proiecția cartografică folosită la fel ca și poziția elementelor pe cuprinsul hărții. Orice hartă folosește o proiecție (deci proiecția nu e doar o informație ca celelalte incluse la metadata – chiar dacă aceasta e menționată pe hartă de cele mai multe ori în același loc cu metadata). Chiar dacă proiecția nu e un element vizibil/”palpabil” apare pe toate hărțile, e cel puțin o componentă

a hărții dacă termenul element nu e cel mai potrivit. Indiferent care ar fi cel mai potrivit termen (componentă sau element) consider că proiecția cartografică trebuie inclusă în orice abordare de acest gen.

Datorită faptului că proiecția cartografică nu e un element vizibil/”palpabil” pe fiecare hartă e preferabil să facem un compromis și să nu o abordăm ca un element distinct al hărților și să o includem la elementul „conținutul hărții” cum am ales să facem și cu alte posibile elemente/componente ale hărții cum ar fi simbolurile, textul conținutului, relieful. Așadar am obținut 6 elemente/componente pe care fiecare hartă trebuie să le conțină:

- 1)Conținutul hărții
- 2)Titlul
- 3)Legenda
- 4)Scara
- 5)Indicarea orientării
- 6)Metadata

Observație: este sarcina cartografului să aleagă elementele potrivite și necesare fiecărei hărți în parte. Deciziile alegerii elementelor hărții ar trebui să țină cont de nevoile celor cărora li se adresează harta. Afirmările de mai jos reflectă părerile autorului și dorința acestuia de a oferi îndrumare precum și a crea un cadru teoretic.



# **1) CONȚINUTUL HARTII**

Conținutul hărții este suprafața cartată a respectivei hărți, spațiul geografic de interes, harta în sine. Conținutul fiecărei hărți în parte este obținut în mod diferit cu ajutorul unor reguli matematice specifice (proiecțiile cartografice) și ținând cont de principiile generalizării (selectivității) și simbolizării (convenționalității).

## **A) PROIECȚIA CARTOGRAFICĂ**

Adevărata formă a Pământului aproximează o sferă, de aceea singura reprezentare reală a Pământului e cea sub formă de glob redus la scară. Când Pământul ca întreg sau doar o parte a sa sunt reprezentate în plan inevitabil se ridică o serie de dificultăți. Cu cât e mai mare suprafața care trebuie să fie reprezentată cu atâta sunt mai mari dificultățile reprezentării acurate a acesteia. Să luăm exemplul unei portocale: dacă decojim cu atenție o bucată cât mai mare din coaja unei portocale (cel puțin jumătate) și încercăm să o îndreptăm pe o suprafață plană se va rupe în bucățele mici. La fel nu se poate reprezenta în plan suprafața terestră fără deformări decât dacă reprezentăm suprafețe mici. Să luăm alt exemplu: o minge cât de mare și o pagină micuța a unui notebook, mulăm pagina pe minge și vom putea reprezenta acea zonă cu deformări minime, dar dacă vom încerca să învelim o mingea într-o pagină de dimensiuni mari va ieși ceva foarte neplăcut. La fel ca Pământul și alte corpuri cerești ridică aceleași probleme când suntem nevoiți să le reprezentăm în plan. Date fiind aceste probleme avem nevoie de un procedeu prin care unui punct de pe glob să îi corespundă un punct și numai unul pe hartă, deoarece harta este o reprezentare matematică care trebuie să procure informații despre poziția pe glob a elementelor reprezentate în cadrul ei și de asemenea despre diferitele relații între acestea: distanțe, unghiuri, suprafețe. Mai mult forma și poziția unor zone în raport cu altele de pe aceeași hartă e influențată de modul în care e construită respectiva hartă. Trebuie găsite soluții care să asigure o corespondență între poziția pe glob și cea de pe hartă a aceluiași element iar aceasta este în esență “responsabilitatea” proiecției cartografice.

Imediat ce acele persoane preocupate să reprezinte suprafața terestră au ajuns la concluzia că Pământul are o formă sferică s-a pus problema găsirii unei soluții pentru a reprezenta cât mai bine dimensiunea sferică a Pământului în plan. Procedeu care e soluția acestei probleme este proiecția cartografică.

O proiecție cartografică este procedeu matematic cu ajutorul căruia se reprezintă sistematic întreaga suprafață sau o porțiune din suprafața unui corp sferic, de obicei al Pământului, în plan. Acest procedeu permite transpoziția grafică a modelului Terrei (sferei/elipsoidului) în plan în așa fel încât unui punct  $X$  de pe suprafața terestră să îi corespundă un punct  $x$  și numai unul în plan, și reciproc. Această idee poate fi exprimată sub forma unei funcții:  $X=f_1(\varphi, \lambda)$ ;  $Y=f_2(\varphi, \lambda)$  - asta însemnând că  $x$  și  $y$  sunt o funcție a latitudinii și longitudinii => oricărui punct de pe glob îi corespunde unul și numai unul pe hartă. Corespondența între punctele de pe glob și cele de pe hartă nu este exactă și absolută în primul rând pentru că intervine reducerea la scară apoi datorită deformărilor, apoi există unele hărți care arată același meridian de 2 ori sau care reprezintă poliul ca linii, sau în anumite proiecții anumite puncte de pe suprafața terestră nu pot fi reprezentate.

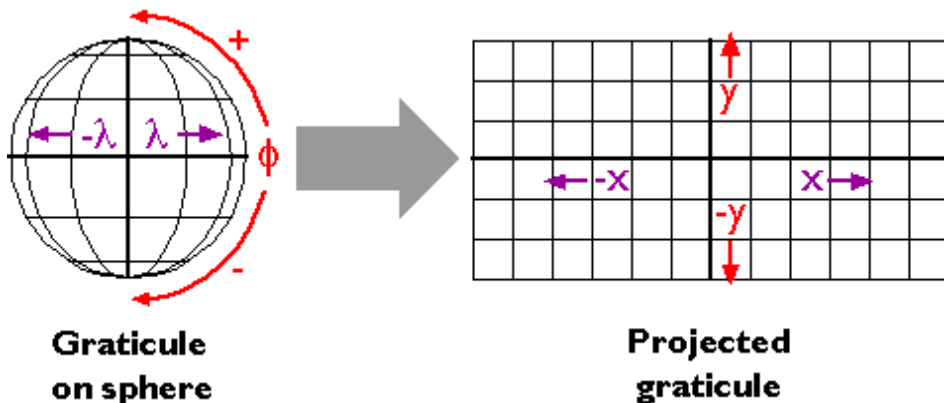


Figura 24: Expresia sarcinii proiecției cartografice: transpoziția coordonatelor sferice/elipsoidale în plan. Sursa: [https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/c2\\_p20.html](https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/c2_p20.html)

Unii definesc proiecția cartografică ca fiind modalitatea în care sunt așezate sistematic meridianele și paralelele (Deetz&Adams - Elements of map projections) sau după alte definiții meridianele și paralele sunt obligatorii ca să se poată vorbi de o proiecție (Steers-An introduction to the study of map projections). Însă proiecțiile cartografice au fost folosite înaintea inventării de către Hiparch a sistemului de coordonate sexagesimal (geografice) – cel care generează meridianele și paralelele -  $\varphi$ ,  $\lambda$ ). Deci definițiile lui Deetz&Adams și Steers sunt greșite! Mai mult putea fi folosit alt sistem de coordonate! Pentru proiectare Eratostene folosește 60 de părți egale (primele meridianele). Și mai mult înainte de a fi folosite pentru reprezentarea Pământului proiecțiile au fost folosite pentru hărțile celeste (proiecția gnomonică a lui Thales). Este posibil ca grecii (Eratostene prin cele 60 de părți egale și Hyparch deasemenea) să fi preluat sistemul sexagesimal de la babilonieni care aveau ceasurile divizate în 60 de părți egale. Totuși nu există dovezi că lui Eratostene sau Hyparch le era cunoscut acest sistem al babilonienilor. Pe o inscripție a lui Keskinto din Rhodos datată la aproximativ un secol după Eratostene cercul e împărțit în 720 puncte. Toate sursele sunt de acord că Hyparch a fost primul care a împărțit cadrantul unui meridian în 90 de grade iar cercul mare al Pământului în 360 și a introdus termenii latitudine și longitudine, chiar dacă Aristarh a folosit înaintea lui fracții de cadrant: în loc de  $87^\circ$  Aristarh nota cu: “mai puțin de un cadrant cu o a treizecea parte”

Să revenim la proiecție, creerea ei presupune 2 pași:

-alegerea unui model al Pământului (deoarece Pământul are o formă iregulată la creerea proiecțiilor îl vom aproxima cu un elipsoid sau o sferă)

-transformarea coordonatelor geografice în coordonate carteziane cartografice.



## a) FORMA PĂMÂNTULUI ȘI MODELELE SALE ADOPTATE ÎN CARTOGRAFIE

Scurt istoric: Eratostene a fost primul care a demonstrat concret că Pământul este sferic și mai mult i-a determinat circumferința. Acesta a realizat că îi este imposibil să măsoare Pământul de jur împrejur așa că și-a spus că dacă ar împărți Pământul în multe felii, la fel după cum noi tăiem o pizza în zilele noastre, și ar măsura lungimea unei „felii de pizza” la suprafața Terrei știind și unghiul aferent feliei la centru’ Pământului, va afla circumferința Terrei. Eratostene a observat că în ziua solstițiului de vară (21 iunie) la ora 12:00 în localitatea Syene nu există umbra, ceea ce înseamnă că razele soarelui cad formând un unghi de  $90^\circ$  cu suprafața Pământului. Mai exact el a observat că fundul unei fântâni din această localitate este luminat în întregime. Apoi a măsurat același lucru în Alexandria în aceeași zi a anului viitor. Ca să calculeze ce unghi formează razele Soarelui cu suprafața Pământului în Alexandria a folosit un stâlp/gnomon, a măsurat lungimea umbrei lăsate de stâlp pe pământ iar apoi a dedus unghiul realizat în vârful stâlpului de razele solare. Acest unghi a fost de  $7,2^\circ$  ( $1/50$  din  $360^\circ$ ) acesta fiind și unghiul “felii de pizza” la centrul Pământului.

Următorul pas a fost măsurarea lungimii dintre cele două localități. A realizat măsurătoarea și a exprimat-o în stadii, nimeni nu știe exact lungimea stadii folosite de Eratostene, dar cel mai probabil e că valoarea acesteia să fie cea a stadii italiene: cca 185 m. Lui Eratostene i-au ieșit 5000 stadii între cele două localități, deci dacă  $7,2^\circ$  din cele  $360^\circ$  ale meridianului sunt egale cu 5 000 stadii meridianul terestru va avea 250 000 stadii, adică 46 500 km (față de cei 40 075 km, valoarea reală) și deci o eroare de doar cca 16%!!! A se ține cont că Cristofer Columb calcula cu o eroare de cca 30% circumferința Terrei aproximativ 1800 de ani după Eratostene!!! Totuși Eratostene va folosi ca valoare a circumferinței Pământului valoarea 252 000 deoarece acest număr este divizibil cu 60 (după N. Walkup). A se ține cont că Eratostene nu știa că Syene și Alexandria nu sunt pe același meridian, iar asta i-a amplificat puțin eroarea de calcul. Vezi totul exemplificat în trei feluri diferite în figurile 25, 26, 27.

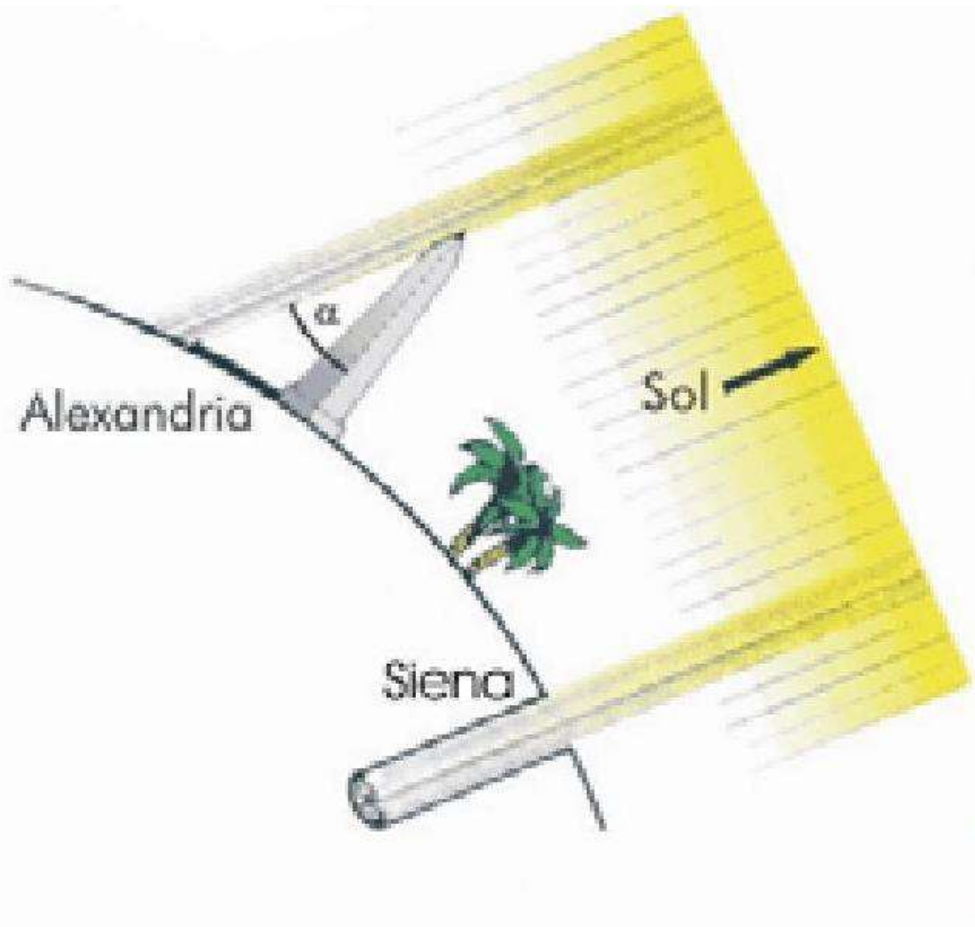


Figura 25: Reprezentarea grafică a modalității de calcul al arcului de meridian de către Eratostene. Sursa: Reviviendo Eratostenes, Paulo Cesar R. Pereira (material electronic disponibil online)

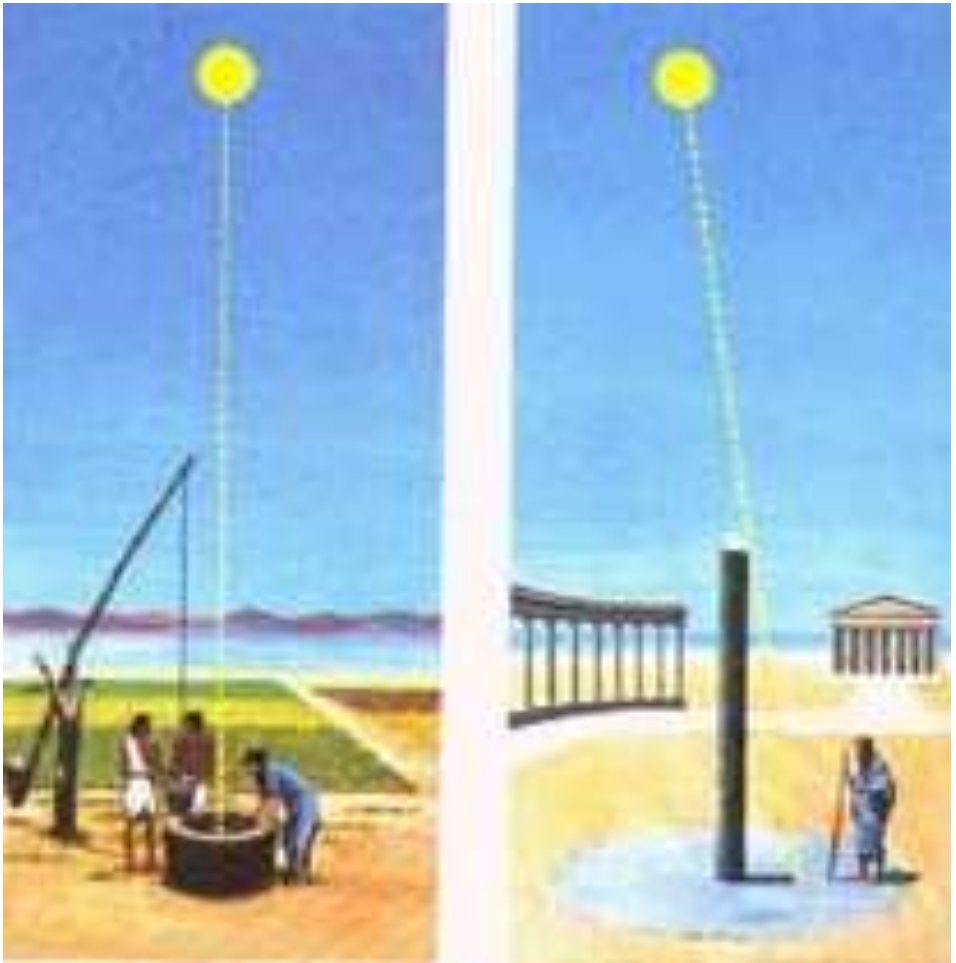


Figura 26: Reprezentarea grafică a modalității de calcul al arcului de meridian de către Eratostene. Sursa: *The Size and Shape of the Earth*, Keith Clarke (material electronic disponibil online).



Figura 27: Reprezentarea grafică a modalității de calcul al arcului de meridian de către Eratostene. Sursa: The Size and Shape of the Earth, Keith Clarke (material electronic disponibil online).

Califul Abdallah al Mamun organizează în câmpia Mesopotamiei în 814 două campanii care aveau ca scop determinarea lungimii unui arc de meridian de  $1^\circ$ . Se pornește dintr-un anumit punct spre nord și spre sud parcurgându-se și măsurându-se o distanță de  $1^\circ$  spre ambii poli; rezultatele sunt slabe.

Jean Fernel (1497-1558) în a sa Cosmotheoria (1528) face însemnări despre măsurarea unui arc de meridian numărând revoluțiile unei roți de car între Paris și Amiens.

Jean Picard efectuează între 1669-1700 o !influentă! măsurătoare a unui arc de meridian de  $1.2^\circ$  (care deseori este eronat considerată prima din istorie). După măsurătorile sale un arc de meridian de un grad are

110,46 km deci sferoidul terestru ar avea raza de 6328.9 km. Această valoare comparată cu valoarea medie acceptată azi de 6357 km prezintă o eroare de doar 0,44%! În 1687 Sir Isaac Newton se folosește de măsurătorile lui Picard pentru a își verifica teoria gravitației; ca mai apoi să deducă matematic că Pământul este un elipsoid oblat (turtit la poli) cu o turtire de 1:229. Măsurătorile lui Picard sunt continuate de către G.D. Cassini (1625-1712) între 1684-1718. Cassini extinde arcul de meridian măsurat de Picard spre nord până la Dunkerque și spre sud până la granița cu Spania. Cassini observă că un arc de meridian de un grad din partea de nord este mai scurt decât unul din partea de sud (l-au prost măsurătorile, nu a măsurat suficient de acurat), deducând astfel că Pământul este un elipsoid prolat (alungit spre poli). Această diferență de opinii între Newton și Cassini putea fi rezolvată măsurând un arc de meridian de un grad la Ecuator și unul cât mai aproape de poli; în acest caz diferența fiind mai accentuată, erorile de măsurare nemaiputând fi determinante. În acest scop Academia Franceză de Științe trimite două expediții:

-prima condusă de Bouguer între anii 1735-1744 între Quito și Cuenca (Teritoriul Quito în acea vreme – posesie a Spaniei; mai apoi la 1830 când acest teritoriu a devenit independent a adoptat numele Ecuador în semn de recunoștință pentru faimă pe care i-a adus-o această expediție). Măsurarea arcului de meridian de un grad aici a avut rezultatul 56749 toise (110 km și 603 m).

-a doua condusă de Maupertuis între anii 1736-1737 pe valea râului Torne în apropierea cercului polar de nord (Torne - râu ce se varsă în extremitatea nordică a Golfului Botnic și formează granița între Suedia și Finlanda de azi). Măsurarea arcului de meridian de un grad aici a avut rezultatul 57437,9 toise (111 km 946 m)

Măsurătorile au demonstrat că (din păcate britanicul) Newton avea dreptate iar Pământul este un elipsoid oblat. Eu tot timpul am ținut cu francezii, pentru că Napoleon! Astfel s-au obținut primele elipsoide din istorie (primul combinând măsurătorile lui Cassini din Franța cu cele din Laponia - elipsoid cu turtire de 1:304; al doilea combinând măsurătorile din Laponia cu cele din Teritoriul Quito - elipsoid cu turtirea

e de 1:310. Surse: The Meridian Arc Measurement în Peru 1735 – 1745  
& <http://www.histdoc.net/history/maupertu.html>.

**Geoidul/forma reală a Pământului** e dată de acea suprafață care e pretutindeni perpendiculară pe direcția gravitației. Deoarece această suprafață este una teoretică (virtuală) o numim ca fiind echipotențială. Forța și direcția gravitației e afectată de unele iregularități ale densității crustei și mantalei terestre, deci această suprafață echipotențială este iregulată. O aproximare foarte bună pentru această suprafață echipotențială ar fi suprafața nivelului zero al mărilor și oceanelor prelungită imaginar pe sub continente, cu mențiunea ca suprafața mărilor și oceanelor e afectată de curenți care cauzează deviații unghiulare în raport cu direcția gravitației. Această formă reală a Pământului este numită geoid. Geoidul este suprafața echipotențială perpendiculară în orice punct al ei pe direcția gravitației. Pentru cele mai multe scopuri geoidul poate fi definit simplificat: suprafața echipotențială care corespunde nivelului zero al mării. Însă pentru unele scopuri este important de știut că nu este întocmai așa.

Datorită iregularităților densității crustei și mantalei terestre geoidul este o suprafață pe care se pot face greu anumite calcule, de asemenea geoidul este dificil de proiectat. Calculele sunt considerabil simplificate dacă sunt făcute pe un model al Pământului: sfera sau elipsoidul de rotație.

**Sfera** este corpul tri-dimensional mărginit de o suprafață a cărei rază de curbură este identică pe toată întinderea ei. Toate punctele de pe suprafața unei sfere se găsesc la aceeași distanță față de centrul ei, această distanță dintre un punct de pe suprafața sferei și centrul ei numindu-se rază. Sfera mai poate fi imaginată ca și corpul rezultat din învârtirea rapidă a unui cerc.

Aria unei sfere se calculează cu formula:  $A = 4\pi r^2$

Diametrul (D) = 2r

Circumferința =  $2\pi r = \pi D$

**Elipsoidul** rezultă prin rotirea unei elipse în jurul uneia dintre axele sale.

Elipsa este cercul cu două centre ce poate fi obținută folosind o ață legată la cele două capete de două piuneze înfipte în hârtie (centrele/focarele viitoare elipse). Cu ajutorul unui creion se întinde ața la maxim după care se începe desenarea elipsei rotind creionul în jurul celor două piuneze atât cât permite ața (figura 28). Forma astfel desenată va avea suma distanțelor dintre cele două centre și fiecare punct al conturului sale egală.

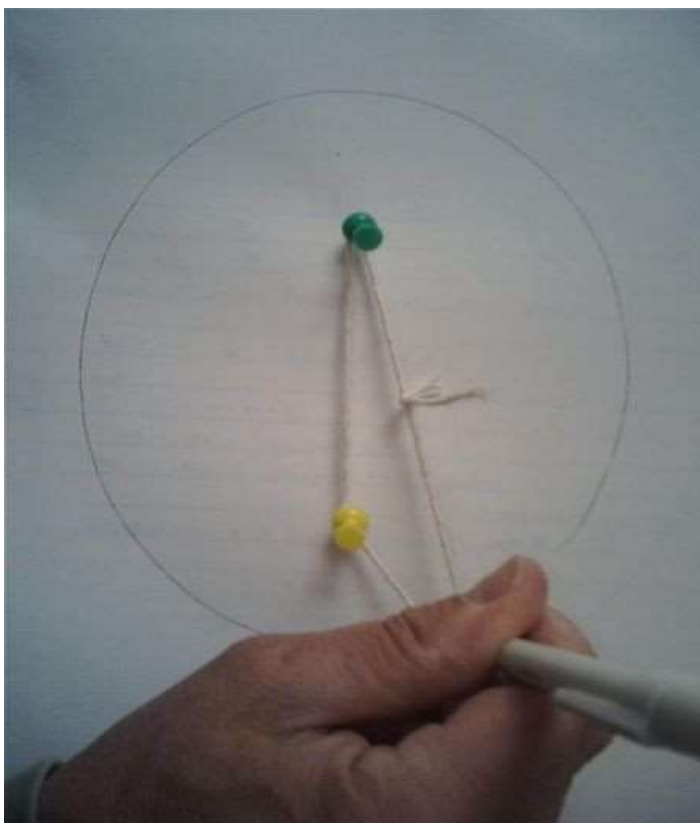


Figura 28: Obținerea unei elipse cu ajutorul a două piuneze, o ață și un creion.

Elipsa poate fi obținută de asemenea prin proiectarea unui cerc pe un plan înclinat sau prin intersectarea unui con cu un plan precum în figura 29:



Figura 29: Elipsa – obținută prin intersectarea conului cu un plan.  
Sursa: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Un elipsoid obținut prin rotirea unei elipse în jurul axei sale mici va fi aplatizat/ turtit la poli având distanța între poli mai mică decât diametrul Ecuatorului și se va numi elipsoid oblat (cazul Pământului). Un elipsoid obținut prin rotirea unei elipse în jurul axei sale mari e alungit pe direcția axei polilor, extinzând distanța între poli și făcând-o mai mare decât diametrul Ecuatorului astfel elipsoidul va fi prolat.

În ultimele două secole au fost creați sute de elipsoizi, dintre aceștia GRS 1980 (Moritz 1988) a fost ales în cadrul Uniunii Internaționale a Geodeziei și Geofizicii de la Canberra din 1979 ca elipsoidul cel mai potrivit pentru reprezentarea întregului glob. Acesta are semi-axa mare de 6 378 137 m și o turtire de  $1/298,257222101$ . GRS 1980 poate fi considerat aproape identic cu WGS 1984 - elipsoid folosit de sateliții GPS.

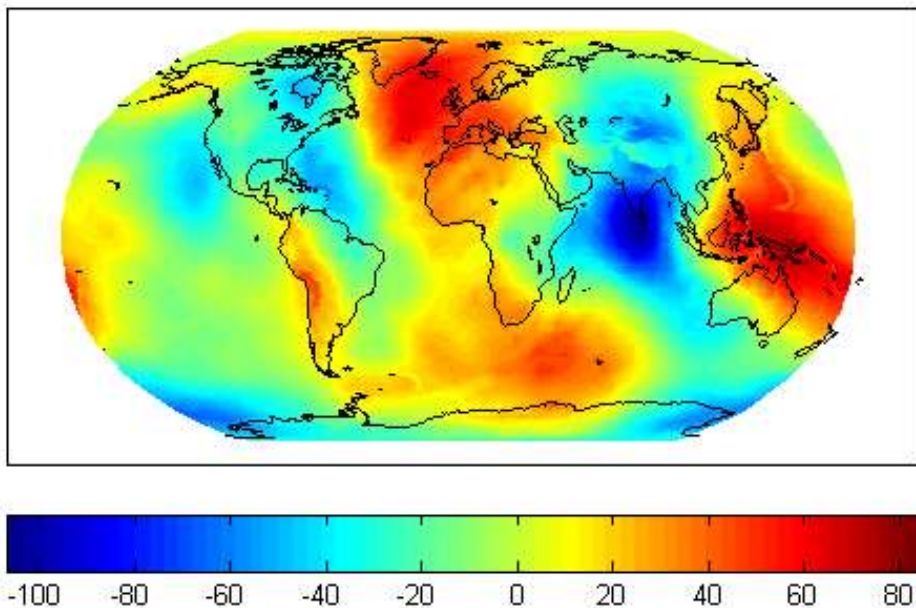


Figura 30: Geoidul EGM96 comparat cu elipsoidul WGS 1984. Diferențele sunt exprimate în metri. (Sursa: <http://www.mathworks.com/help/toolbox/map/f5-6923.html> ). O diferență pozitivă (80) înseamnă că geoidul este deasupra elipsoidului, una negativă înseamnă că geoidul este sub elipsoid. Valoarea maximă pozitivă este +107m iar cea maximă negativă este – 85.4 m.

Este demn de observat că sfera variază față de geoid cu +/- 10 500 m pe când elipsoidul variază față de geoidul WGS 1984 cu maxim cca 100 m! Să nu uităm că discutăm de WGS 1984, elipsoid imaginat pentru întreg globul dar putem alege elipsoizi locali care să se plieze pe suprafața de interes cu diferențe mult mai mici decât 100 m!

**Datum-ul** este informația necesară fixării un sistem de coordonate pe un obiect, în cazul nostru Pământul (Datums and Map Projections – Iliffe & Lott). Datum-ul definește originea și orientarea unui sistem de coordonate pentru un obiect de interes dat. (Jane Drummond – Note curs Fundamentele Geomaticii). Datum-ul reprezintă setul de constante care specifică sistemul de coordonate (Metodologie pentru georeferențierea planșelor scanate – Mihai Terente). Datum-ul reprezintă ansamblul de referințe față de care se întocmesc sistemele de coordonate: originea, orientarea axelor etc(Io).

**Datum-ul geodetic** este acel set de informații care face posibilă transpoziția coordonatelor geografice/astronomice de pe suprafața Pământului în coordonate pe modelul adoptat: sfera sau elipsoid (Datums and Map Projections – Iliffe & Lott). După Mugnier un datum geodetic e compus din 9 parametrii (cu alte cuvinte informația necesară realizării transpoziției coordonatelor geografice/astronomice de pe Terra pe un model adoptat este compusă din următoarele 9 constante/parametrii:

$\Phi_0$  = latitudinea astronomică a punctului de origine,

$\Lambda_0$  = longitudinea astronomică a punctului de origine,

$h_0$  = înălțimea elipsoidică a punctului de origine,

$H_0$  = altitudinea punctului de origine,

$\alpha_0$  = azimutul principal al punctului de origine față de un alt punct

$\xi_0$  = deviația gravitațională în planul meridianului punctului

$\eta_0$  = deviația gravitațională a verticalei punctului

$a$  = semiaxa mare,

$1/f$  = turtirea,

Pentru o proiecție cartografică pot fi creați mai mulți datum-i geodetici. Proiecția Gauss Kruger de exemplu are datum-urile Pulkovo 42 și Dealul Piscului 1970. Însă nu pot exista două proiecții pentru

aceiași datum geodetic, pentru ca datum-ul include proiecția iar în momentul în care se schimbă proiecția se schimbă și datum-ul.

În cartografie, geodezie și topografie datum-ul este asociat cu modelul formei Pământului adoptat dar să nu se confunde datum-ul cu modelele Pământului (sferoid/elipsoid)! Și sistemul de coordonate al unei proiecții posedă un datum: punctul central, originea sistemului de axe etc.

Pe de altă parte datum-ul geodetic include modelul Pământului adoptat (sferoidul/elipsoidul) deoarece între parametrii datum-ului se află semi-axa mare a elipsoidului și turtirea.

Un exemplu de confuzie datorat neînțelegerii conceptului de datum dar și unor denumiri inadecvate îl întâlnim în România în cazul sistemelor/datum-urilor Gauss Kruger și Stereo 70:

□Datum-ul numit Gauss Kruger/Pulkovo 42/System 42 pe elipsoidul Krasovski impus de URSS în România între 1951 – 1973 are punct fundamental Observatorul Astronomic Central al Academiei Ruse de Științe de la Pulkovo, lângă Sankt Petersburg:  $59^{\circ} 46' 18.55''$  N,  $30^{\circ} 19' 42.09''$  E. Proiecția folosită e numită Gauss Kruger și este policilindrică, transversală și ortografică; datum-ul proiecției e dat de punctul central al fiecărui cilindru/fus (intersecția dintre Ecuator și meridianul central/tangent), de originea sistemului de axe al fiecărui cilindru/fus (Ecuatorul și est fals: -500 km față de meridianul central).

□Datum-ul numit Dealul Piscului/System42 (conform ANCP) este noul datum adoptat de România în 1973 tot pe elipsoidul Krasovsky dar cu punct fundamental Observatorul Astronomic Militar din Dealul Piscului:  $44^{\circ} 24' 22.383''$  N;  $26^{\circ} 06' 44.126''$  E. Proiecția folosită este planară, oblică, stereografică Hristow (numele bulgarului care a creat-o); datum-ul proiecției este dat de punctul central al proiecției  $45^{\circ}$ N,  $25^{\circ}$ E, originea sistemului de axe (nordul fals și estul fals) este -500 km pe X și -500 km pe Y, etc.

\*Datum-ul Gauss Kruger/Pulkovo 42/System 42 este cunoscut în literatura internațională de specialitate (Mugnier) ca System 42; deci este greșit să denumim și datum-ul Dealul Piscului tot System 42 (cum întâlnim pe pagina oficială a ANCP) pentru că atâta timp cât punctul

fundamental e diferit, datum-ul e altul chiar dacă modelul/elipsoidul e același.

În funcție de locul punctului fundamental al datum-ului datumurile sunt de două feluri: geocentrice și locale:

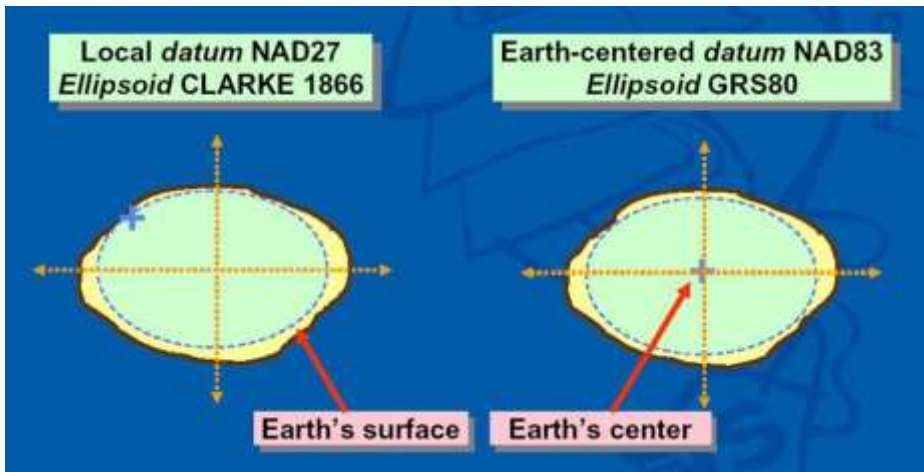


Figura 31: Datum local (stânga) și geocentric (dreapta). Sursa: Map Projections and Coordinate Systems - staff.wvu.edu

Modelele Pământului sau suprafețele de referință utilizate pentru realizarea proiecțiilor cartografice sunt sferoidul și elipsoidul. GEOIDUL NU SE FOLOSEȘTE PENTRU PROIECȚII! Pentru că e iregulat!

## b) SISTEME DE COORDONATE

Sistemele de coordonate constituie un element esențial în construirea hărților ele redând poziția punctelor. Orice sistem de coordonate are anumite atribute care permit celui care le citește să interpreteze valorile lor numerice:

-dimensiunea sistemului: numărul de axe, în cele mai multe cazuri fiecare coordonată fiind asociată unei axe. În funcție de sistemul care îl alcătuiesc coordonatele sunt perechi sau triplete de numere care redau poziții. Deasemenea e nevoie de un nume și o abreviere pentru fiecare axă (latitudine, longitudine sau x, y, z) cu scopul de a specifica cărei axe îi corespunde fiecare valoare numerică în parte.

-o origine pentru fiecare axă

-o direcție standard în care coordonatele cresc în lungul axelor

-unitatile de măsură folosite (grade, metri etc)

**Sisteme de coordonate geografice pentru sferă:** sunt coordonate tridimensionale: latitudine, longitudine și înălțime.

Latitudinea este definită în funcție de Ecuator și de poli. Latitudinea este unghiul format de raza sferei în punctul dat și planul Ecuatorului, este nordică/boreală și sudică/australă și ia valori între  $0^\circ$  și  $90^\circ$ . Latitudinea este măsurată dinspre planul Ecuatorului spre sud sau nord. Latitudinea nu este o linie chiar dacă pe hartă sau pe glob se identifică cu o linie, ea este un unghi și se măsoară ca unghi. Pentru unele calcule matematice este folosit și conceptul de colatitudine, aceasta reprezintă complementul latitudinii (colatitudine =  $90^\circ$  - latitudine). Colatitudinea e dată de unghiul format de raza sferei în punctul dat și axa polului respectiv. Pe hărți latitudinea e reprezentată prin liniile orizontale (paralele).

Longitudinea este unghiul diedru (unghi diedru = unghi format între două planuri) format între planul meridianului zero și meridianul locului. Longitudinea e arbitrar aleasă (mulți ani Franța a folosit ca

meridian zero Ferro - o insulă în Canare, multe alte meridiane zero au fost folosite de-a lungul timpului). Dar dacă alegem un meridian zero care să fie folosit la nivel global și internațional trebuie să ținem cont și de faptul că opusul lui va fi meridianul schimbării de dată. Longitudinea nu este o linie chiar dacă pe hartă sau pe glob se identifică cu o linie. Se măsoară ca unghi. Pe hărți longitudinea e reprezentată de liniile veritabile (meridianele).

Atât latitudinea cât și longitudinea sunt exprimate în grade sexagesimale sau centezimale, în funcție de țară și domeniul în care este folosită: matematică vs topografie.

Înălțimea sferică este distanța la care punctul dat se află deasupra suprafeței sferei.

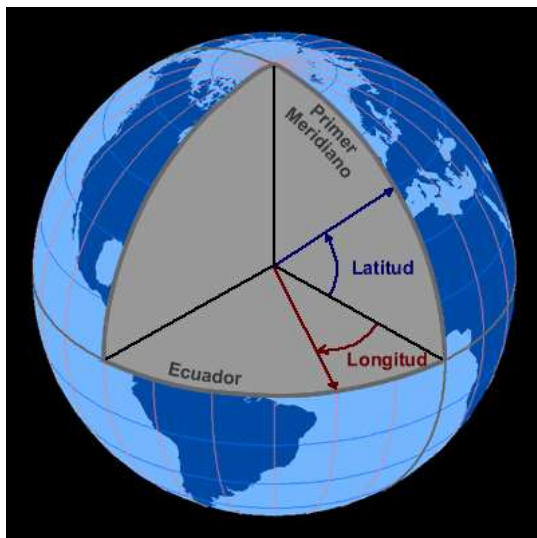


Figura 32: Originile și direcția măsurării latitudinii și longitudinii.  
Sursă: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Proprietățile caracteristice paralelelor și meridianelor în relație cu o proiecție cartografică sunt:

-paralelele sunt cercuri paralele cu Ecuatorul; linii de latitudine

egală. Lungimea paralelei la o latitudine dată variază direct proporțional cu cosinusul latitudinii date (cosinus de  $60^\circ = 0,5 \Rightarrow$  lungimea paralelei de  $60^\circ =$  lungimea Ecuatorului/2); paralelele sunt așezate uniform în lungul meridianelor.

-meridianele sunt semicercuri egale ca lungime și egale cu aproximativ jumătate din lungimea Ecuatorului; meridianele sunt dispuse uniform la intervale unghiulare egale. Arc-distanta dintre două meridiane e direct proporțională cu cosinusul latitudinii la care se află. Orice meridian intersectează orice paralelă sub un unghi drept.

### Sisteme de coordonate geografice pentru elipsoid:

1) sistem de coordonate elipsoidale – este aproape similar cu cel folosit pentru sferă. Diferențe: latitudinea este dată de unghiul format de linia perpendiculară pe suprafața elipsoidului în punctul dat (normală elipsoidului) și planul Ecuatorului. Unghiul nu se va mai afla la centru ca și în cazul sferei...dat fiind că elipsoidul are două centre ☺. În acest sistem axele unghiulare nu mai au o singură origine. Acest sistem de coordonate poate fi bidimensional (latitudine, longitudine) sau tridimensional (latitudine, longitudine, înălțime elipsoidală - este distanța la care punctul dat se află deasupra suprafeței elipsoidului).

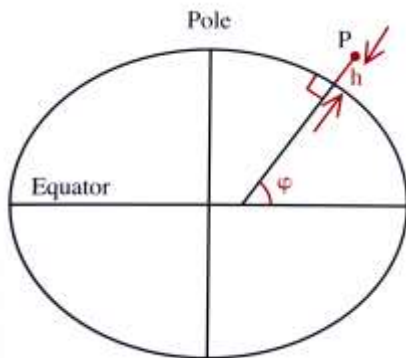


Figura 33: Sistem de coordonate elipsoidale. Sursa Illife&Lott Datums and Map Projections.

2) sistem de coordonate geocentrice carteziene – este mai potrivit pentru anumite calcule făcute pe elipsoid. Sistemul își are originea în centrul de masă al elipsoidului/ în centrul modelului Pământului. Axa Z coincide cu axa polilor, axa X trece prin meridianul Greenwich iar axa Y coincide cu semi-axa mare a elipsoidului (raza maximă a planului Ecuatorului). A se ține cont că axa polilor își schimbă poziția în timp și deci originea unor astfel de sisteme de coordonate ar fi afectată, ca soluție pentru această problemă în 1903 a fost aleasă o origine convențională pentru aceste sisteme (CIO – Originea Convențională Internațională)

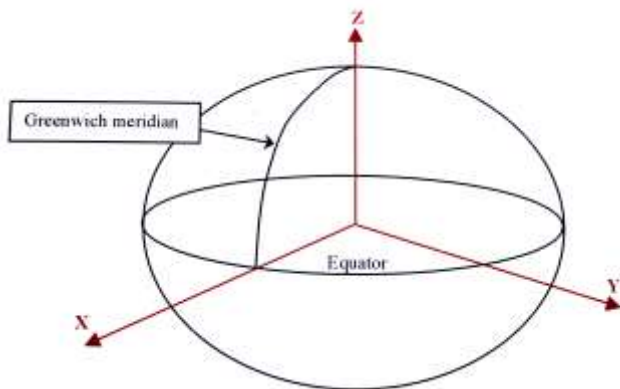


Figura 34: Sistem de coordonate geocentrice carteziene. Sursa Illife&Lott Datums and Map Projections.

**Sistem de coordonate geografice pentru geoid - coordonate geografice astronomice:** este aproape similar cu cel destinat sferei. Diferențe: latitudinea este dată de unghiul format între linia firului cu plumb (firul cu plumb trage spre centrul Pământului, pentru că gravitație) pentru punctul dat și planul Ecuatorului, fiind determinată prin măsurători astronomice. Înălțimea este raportată la un nivel zero standard al mării.

Clarificare: unde este localizat unghiul care dă latitudinea? În cazul sferoidului este simplu: la centrul acestuia. În cazul elipsoidului nu putem vorbi de un centru atâta timp cât elipsoidul e rezultatul rotirii unei elipse în jurul axei mici iar elipsa are două centre; deci unghiul se

măsoară în locul unde planul Ecuatorului întâlnește acea linie dreaptă perpendiculară pe suprafața elipsoidului în punctul dat (normală locului). Geoidul are cu atât mai puțin un centru bine definit iar unghiul care dă latitudinea se măsoară în locul unde planul Ecuatorului întâlnește firul cu plumb al punctului dat (verticală locului) sau astronomic.

*verticală* – geoid (indică centrul de masă/de gravitație al Pământului și e dată de firul cu plumb)

*normală* – elipsoid (indică mijlocul geometric al elipsoidului) fiind acea linie perpendiculară pe suprafața elipsoidului.

Deci o latitudine și o longitudine sunt unice? NU! E posibil ca două sau mai multe puncte din teren să aibă aceeași latitudine și longitudine? DA!  
E posibil ca un punct din teren să aibe 2 latitudini și longitudini? DA!  
Latitudinea și longitudinea sunt măsurate pe un anumit model al Pământului, există peste 300 modele din care circa 40 sunt folosite și azi. Dacă modelul sau poziția și orientarea lui e schimbată valorile latitudinii și longitudinii unui punct se vor schimba (excepție fac hărțile la scară foarte mică unde aceste schimbări nu sunt sesizabile); astfel aceeași valoare a latitudinii și longitudinii pe un model sau datum diferit se va referi la locații diferite după cum se poate vedea în figură 35:



Figura 35: Aceleași latitudini și longitudini exprimate pe datumuri diferite. Sursa Illife&Lott Datums and Map Projections.

Un alt exemplu: Observatorul Militar din Dealul Piscului pe elipsoidul Krasovski datum System 42 are coordonatele:  $44^{\circ} 24' 22.383''$  N;  $26^{\circ} 06' 44.126''$  E,  $h = 89.275$  m iar pe pe datum-ul EUREF89  $44^{\circ} 24' 22.71021''$  N;  $26^{\circ} 06' 38.74635''$  E,  $h = 124.520$  m.

**Sisteme de coordonate planimetrice bidimensionale** poziția unui punct în plan poate fi determinată în 2 moduri: prin coordonate rectangulare și prin coordonate polare.

Coordonate rectangulare/carteziene/liniare: un sistem de coordonate cartezian bidimensional este definit de două axe care formează un unghi drept. Axa orizontală se numește abcisă și se notează în matematică (trigonometrie) cu X, axa verticală se numește ordonată și se notează în matematică (trigonometrie) cu Y. În România științele cartografie, topografie și geodezie notează axa orizontală/ abscisa cu Y iar axa verticală/ ordonată cu X; în alte țări precum Marea Britanie, Irlanda, SUA științele cartografie, topografie și geodezie notează abscisa și ordonată la fel ca în matematică (trigonometrie). Aceste notații sunt alese de diviziile naționale de cartografie, topografie și geodezie. Poziția unui punct într-un astfel de sistem este dată de depărtarea sa de cele două axe, distanțe notate cu  $D_y$  și  $D_x$  după cum se poate vedea în figură 36.

Coordonate polare: tot în cadrul unui sistem de coordonate cartezian bidimensional poziția unui punct mai poate fi definită prin distanța acestuia față de origine (notată cu  $D$ ) și unghiul format de una din axe cu linia imaginară ce unește punctul cu originea sistemului (notat cu  $\alpha$ ); după cum se poate vedea în figură 36:

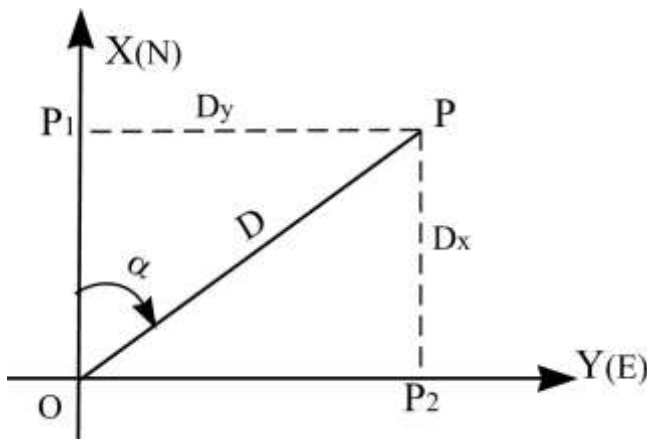


Figura 36: Sisteme de coordonate rectangulare. Sisteme de coordonate polare.

Sunt situații în care deținem coordonatele rectangulare și avem nevoie de cele polare sau invers, conversia dintr-un sistem în altul se face după cum urmează:

Când se cunosc coordonatele rectangulare  $D_x$  și  $D_y$ , coordonatele polare ale punctului P:  $D$  și  $\alpha$  se determină astfel:

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_y}{D_x} = \frac{Y_P - Y_O}{X_P - X_O}$$

Când se cunosc coordonatele polare  $D$  și  $\alpha$ , coordonatele rectangulare ale punctului P:  $D_x$  și  $D_y$  se determină astfel:

$$D_x = D \cdot \cos \alpha$$

$$D_y = D \cdot \sin \alpha$$

Sisteme de coordonate ale proiecțiilor cartografice/ Sisteme de coordonate proiectate: sunt acele sisteme de coordonate carteziene rectangulare care sunt expresia transpoziției coordonatelor elipsoidale. Pentru fiecare proiecție este realizat un astfel de sistem de coordonate. Aceste sisteme de coordonate sunt strâns legate de coordonatele elipsoidale din care au fost derivate, de aceea sunt dependente de datumul modelului adoptat. La fel cum pe un anumit elipsoid unor coordonate  $\Phi$  și  $\lambda$  le corespunde un punct în teren iar pe un alt elipsoid acelorași coordonate le corespunde alt punct în teren și sistemul de coordonate cartografice al proiecției ar fi diferit dacă ar fi amplasat pe alt elipsoid și datum geodetic, fie chiar și cu aceeași origine și aceleași orientări. Dar fiind un sistem de coordonate și acestea au un datum al lor. Deci nu trebuie confundate cu proiecția în sine sau considerate parte a proiecției, ele având o oarecare „autonomie”.

Să luăm cazul proiecției Stereo 70. Proiecția are punctul central de coordonatele:  $\varphi = 46^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda = 25^\circ \text{ E}$ , sistemul de coordonate folosit

pentru ea are originea aleasă la 500 km sud și la 500 km vest față de acest punct central (sau la 500 km în jos pe direcția ordonatei și la 500 km în stânga pe direcția abcisei) astfel încât tot teritoriul României să se afle în cadranul I. Acest sistem de coordonate rectangulare putea avea și altă origine, 1 000 km în jos pe direcția ordonatei și 1 000 km în stânga pe direcția abcisei; ba chiar ar putea-o avea la 1 000 km în sus pe direcția ordonatei și 1 000 km în dreapta pe direcția abcisei, localizând astfel tot teritoriul României în cadranul III.

Proiectarea la intervale egale a abcisei și ordonatei acestui sistem de coordonate formează o rețea de pătrate/o rețea de linii perpendiculare între ele; în limba română pentru denumirea unor astfel de rețele sunt folosiți termenii caroiaj sau canevas. Deci aceste linii/pătrate/canevas sau oricum le-am denumi nu pot constitui un element de sine stătător al hărții ele fiind doar o modalitate de reprezentare a coordonatelor sistemului, al proiecției (proiecția e elementul). În cazul hărților topografice britanice 1: 50 000 liniile lipsesc, fiind înlocuite de liniuțe aplicate la margine pe cadru și de valorile corespunzătoare, o altă opțiune este folosirea cruciulițelor în locul intersecției proiecțiilor abcisei cu ale ordonatei.

**Sisteme de coordonate planimetrice tridimensionale** poziția unui punct în spațiu poate fi determinată în două moduri: prin coordonate rectangulare și prin coordonate polare.

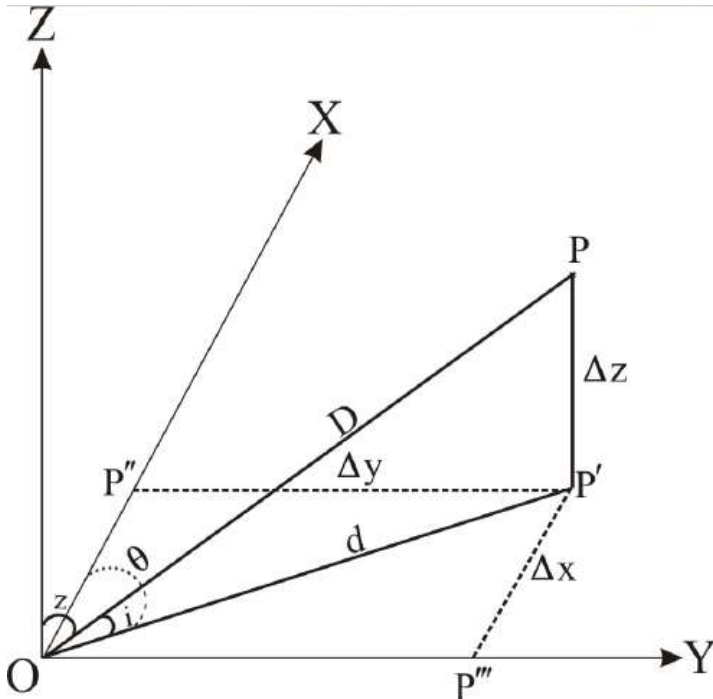


Figura 37: Coordonate în spațiu. Sursa: Note curs Cartografie Generală – Ioan Fodorean

**Sisteme de coordonate gravitaționale (adâncimi și înălțimi)/ Sisteme de coordonate verticale:** geoidul e suprafața cea mai potrivită pentru măsurători ale adâncimii și înălțimii. Acel sistem de coordonate uni-dimensional care realizează măsurători în lungul direcției gravitației se numește sistem de coordonate verticale. Un astfel de sistem va trebui să își fixeze un nivel zero. Când am definit geoidul am spus că este acea suprafață care e pretutindeni perpendiculară pe direcția gravitației, și am numit această suprafață ca fiind echipotențială, am mai spus că o aproximare foarte bună ar fi suprafața nivelului zero al mărilor și oceanelor, cu mențiunea ca suprafața acestora e afectată de curenții marini (care cauzează deviații unghiulare în raport cu direcția gravitației), de topografia reliefului, de variațiile densității maselor crustei și mantalei terestre, de efectele atmosferice, ploii-secete, flux-reflux etc. Deci dată fiind situația nivelul zero trebuie determinat empiric prin măsurători de lungă durată ale oscilațiilor nivelului zero al mării (ideal cel puțin 18.9 ani). Aceste măsurători se fac cu un instrument numit medimarigraf sau medimarimetru și ne vor oferi originea datum-ului vertical. Datum-ul vertical de referință folosit în România este „Sistemul de altitudini normale cu punct zero fundamental Marea Neagră 1975”. În același timp în țara noastră au mai fost folosite datum-urile verticale: punctul zero Marea Baltică, punctul zero Sulina, punctul zero Marea Adriatică. (Contribuții la determinarea cvasigeoidului pe teritoriul României, Paul Daniel Dumitru, București, 2011). Marea Britanie folosește datum-ul vertical Newlyn, China folosește datum-ul vertical Huang Hai 1985.

### **Sisteme de coordonate compuse**

Sunt situații în care trebuie să descriem poziția tridimensională a unui punct folosind 2 sisteme de coordonate: unul pentru poziția orizontală și unul pentru poziția verticală. De exemplu exprimăm latitudinea și longitudinea pe WGS84 iar înălțimea pe Newlyn.

## **Rețeaua reticulară a meridianelor și paralelelor/ Caroiajul coordonatelor sistemului de proiecție**

Prezența uneia din aceste rețele pe o hartă conferă posibilitatea localizării suprafeței cartografiate pe harta noastră în context global (meridianelor și paralelelor ne vor arăta acest lucru; la fel ca și coordonatele sistemului de proiecție atâta timp cât acesta este specificat). Un alt plus al reprezentării uneia din aceste rețele pe hartă este oferit de faptul că intersecția meridianelor cu paralelele (sau proiecțiilor abcisei cu proiecțiile ordonatei) ne vor da puncte de coordonate cunoscute care ne vor permite calcule care altfel ar fi mai dificil de efectuat, la fel în cazul intersecției liniilor caroiajului.

**a)rețeaua reticulară a meridianelor și paralelelor** – este o rețea de linii desenată deasupra conținutului hărții și având valorile înscrise în marginea hărții. Aceste linii sunt paralelele și meridianele. Forma paralelelor și meridianelor este strict dependentă de proiecția adoptată! Pentru a nu încălca harta se poate opta să nu se arate paralelele și meridianele în întregime ci doar cruciulițe în locul intersecțiilor lor sau liniuțe la marginea hărții. Același lucru e valabil și pentru caroiaje.

**b)caroiajul coordonatelor sistemului de proiectie** – este parte a sistemului de coordonate al proiecției/ sistemului de coordonate proiectat (vezi la sisteme de coordonate – pagina 57) fiind proiecția unor valori ale acestui sistem și concretizându-se într-o rețea de linii drepte paralele cu axele sistemului de proiecție. În cazul sistemului Gauss Kruger aceste axe sunt Ecuatorul și meridianul central al fusului mutat cu 500 de km la vest (astfel încât totul să fie în primul cadran). În cazul sistemului Stereo 70 aceste axe sunt linii ce pornesc spre est și nord dintr-un punct aflat la 500 km vest și 500 km sud de punctul central al proiecției (punct central al proiecției de coordonate:  $\varphi = 46^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda = 25^\circ \text{ E}$ ).

Coordonatele geografice ale originii sistemului de coordonate al proiecției Stereo 70 pot fi calculate cu aproximație după cum urmează: știm că un grad pe meridian = 111.136 km, deci 500 km =  $4.5^\circ$ , deci originea se află la  $46^\circ - 4.5^\circ = 41^\circ 30' \text{ N}$ . Cat despre longitudine prima oară aflăm lungimea paralelei de  $41^\circ 30'$  înmulțind lungimea Ecuatorului

cu cosinus de  $41^{\circ}30'$ ; rezultatul = 31 676 km. Știind că  $360^{\circ} = 31\,676$  km cu ajutorul regulei de trei simplă aflăm câte grade reprezintă 500 km pe paralela de  $41^{\circ}30'$ .  $500$  km pe paralela de  $41^{\circ}30' = 5.68^{\circ} = 5^{\circ} 40'$ , deci originea se află la  $19^{\circ} 20'E$ .

Deacă nu ținem cont de deformările induse de proiecția stereo 70 coordonatele geografice ale originii sistemului de coordonate al proiecției Stereo 70 ar fi aproximativ  $41^{\circ}30'N$  și  $19^{\circ}20'E$ . Dar coordonatele geografice aproximative ale acestui punct au fost doar o curiozitate personală pentru că în fapt tot ce contează e că originea să fie mutată în așa fel încât toată țara să fie în primul cadran.

Aceste sisteme sunt folosite pentru a identifica/localiza puncte pe suprafața pământului în unități de măsură metrice (spre deosebire de rețeaua de paralele și meridiane care oferă informațiile de acest gen în unități unghiulare) și astfel să facă mai ușoare anumite calcule.



### **c) PARAMETRII PROIECȚIILOR CARTOGRAFICE /CARACTERISTICI ALE PROIECȚIILOR/ CONCEPTE FUNDAMENTALE:**

A știi despre o hartă că este în proiecție Gauss Kruger nu este suficient pentru a putea reprojecția detaliile de pe ea. Acele informații necesare reprojecției se numesc parametrii unei proiecții.

#### **1) Originea proiecției (punctul central/ linia de tangență/ liniile de secantă/ meridianul central/ paralelele standard)**

Pentru fiecare proiecție va exista un punct, o linie, 2 linii sau mai multe linii „centrale” care vor reprezenta originea proiecției:

-punctul central reprezintă punctul central și originea unei proiecții planare tangente;

-meridianul central al unei proiecții cilindrice, paralela standard tangență a unei proiecții conice, cercul de secantă al unei proiecții planare secante reprezintă linia centrală și originea respectivelor proiecții

-meridianele centrale ale unei proiecții policilindrice, paralele standard ale unei proiecții conice secante, paralele standard ale unei proiecții policonice tangente sau secante reprezintă liniile centrale și originea respectivelor proiecții

Aceste puncte de origine nu vor prezenta deformări deloc, acestea se numesc punct/linie/linii de deformare 0; iar lipsa deformărilor în aceste puncte și linii se datorează faptului că în dreptul lor suprafața desfasurabilă atinge globul.

#### **2) Originea sistemelor de coordonate ale proiecțiilor/Nordul fals și estul fals/Abcisa convețională și ordonată convețională:**

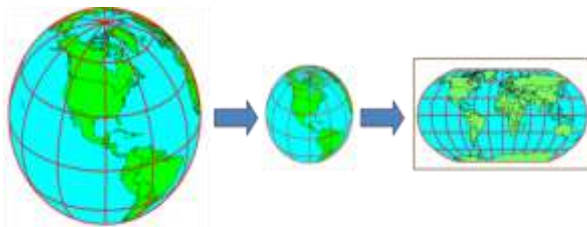
Originea sistemului de axe, în mod normal ar trebui să coincidă cu punctul central dar în acest caz ar exista inconvenientul de a exprima coordonatele cu semnul cadranelor și de a face calcule tot cu semnele

cadranelor așa că originea sistemului de coordonate este mutată în aproape toate cazurile în așa fel încât întreg teritoriul de interes să fie în cadranul 1. Totuși au existat și proiecții în care originea sistemului de coordonate a coincis cu punctul central al proiecției: proiecția Cassini folosită în Transilvania între 1817 și 1904 cu punctul central  $45^{\circ} 50' 25.430''$  N,  $41^{\circ} 46' 32.713''$  E Ferro.

Când punctul central nu mai coincide cu originea sistemului de axe și deci originea este mutată vorbim de un nord fals și de un est fals al proiecției/de o abscisa convențională și de o ordonată convențională: -500 km pe X și -500 km pe Y în cazul Stereo 70 .

### 3) Scările unei proiecții/ Factorul scalar:

Dat fiind faptul că o hartă e reprezentarea la scară a unei suprafețe terestre sau a întregului glob, suntem tentați să credem că pe tot cuprinsul hărții proporția fracției scării rămâne constantă dar acest lucru nu este nicidecum adevărat! Scara hărții este de fapt expresia reducerii globului înainte de a fi proiectat în plan. La proiectarea de pe modelul adoptat și redus la scară, un element liniar va putea fi mai lung sau mai scurt pe acest model decât pe suprafața desfășurabilă pe care se face proiecția deoarece intervine o deformare a scării.



Figura

38:

Sursă:

<http://www.slideworld.org/viewslides.aspx/Geodesy,-Map-Projections-and-Coordinate-Systems-ppt-2372492>

Pentru o cunoaștere exactă a deformărilor scării există parametrul factorul scării, notat cu K.

K

$$= \frac{\text{distanța proiectată}}{\text{distanța pe elipsoid/sferoid}}$$

Acest factor va fi diferit în fiecare punct al proiecției și în fiecare direcție. Această ecuație a factorului scării e valabilă/adevărată pentru distanțe scurte, pentru distanțe mai lungi factorul scării va fi media factorilor scării distanțelor scurte care îl includ!

Când vorbim despre scările proiecțiilor avem de a face atât cu o scară liniară cât și cu una a suprafeței:

1a) Scara liniară principală e scara trecută pe hartă, și reprezintă raportul reducerii generale a sferoidului/elipsoidului înainte de a fi proiectat. Ea e păstrată doar în anumite puncte și în lungul anumitor linii. 1b) Scara liniară locală e raportul dintre lungimea reală a unei segment dat oriunde pe cuprinsu hârtii și lungimea lui în realitate, pe sferoidul/elipsoidul adoptat.

2) Scara suprafeței e raportul dintre suprafața de pe hartă a unui dreptunghi oarecare și suprafața aceluiași dreptunghi pe datum.

Pe hărțile conforme distanța și suprafața sunt deformate datorită variației “scării locale”.



## d) SĂ ÎNTELEGEM PROIECȚIILE

Tehnica elaborării proiecțiilor cartografice s-a schimbat considerabil în ultimii 30 de ani o dată cu apariția și dezvoltarea computer-elor. Înainte proiecțiile erau laborios elaborate prin proiectare propriu-zisă și tehnici de reprezentare manuale. Aceste tehnici de elaborare manuală și proiectarea prezentau un concept cheie: suprafața pe care se face proiectare/ suprafața desfasurabila. Acest concept era folosit pentru a asista creatorul hărții să realizeze transpoziția coordonatelor. De notat că suprafața pe care se face proiectarea/ suprafața desfasurabila nu este un pas obligatoriu pentru procesul creerii unei proiecții la fel cum nici proiectarea propriu-zisă nu este. În ziua de azi chiar și proiecțiile perspective sunt realizabile cu ajutorul matematicii, proiectarea în sine nemaifiind necesară. Chiar dacă computer-ele au înlocuit reprezentarea manuală și proiectarea propriu zisă aceste concepte continuă să reprezinte importanță în demersul explicării modului de creare al proiecțiilor dar și în vederea denumirii, clasificării și descrierii proiecțiilor(figura 39):

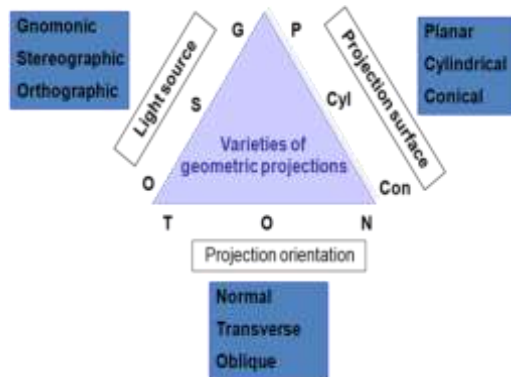


Figura 39: Clasificarea proiecțiilor geometrice/perspective. Sursă: Mahmoud Senosy & Ahmed Seif – Map projections.

A)Proiectarea se face pe suprafețe cât mai apropiate de forma Pământului dar care să poată fi desfășurate în plan fără a fi îndoite sau fără să le fie afectată din nou formă. Aceste forme intermediare sunt: planul, conul și cilindrul. Ele sunt numite suprafețe desfasurabile. De-a lungul istoriei s-a mai încercat și folosirea altor forme precum piramida și cubul dar s-a renunțat la ele. O altă suprafață desfasurabila despre care s-ar putea vorbi este cea numită poliedrică dar aceasta este de fapt formată din mai multe planuri ceea ce o face tot planară. Avantajul acestor forme este conferit de faptul că curbura lor are o singură dimensiune și deci pot fi desfășurate drept fără alte deformări. Alegerea suprafeței pe care se face proiectarea se face în funcție de mărimea teritoriului cartografiat și de poziționarea sa pe globul terestru.

Vom numi aceste proiecții: 1)Proiecții planare, 2)Proiecții conice, 3)Proiecții cilindrice.

Este greșit să numim azimutale toate proiecțiile realizate pe plan, azimutale sunt proiecțiile care prezervă azimutul/direcția; ori azimutul este preservat doar pe acele proiecții în care proiectarea se face de pe sferă pe un plan tangent!

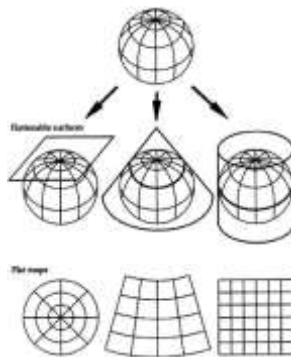


Figura 40: Suprafețele desfasurabile: planul, conul, cilindrul și felurile de proiecții rezultate: planare, conice, cilindrice. Sursă: Essential of GIS – Michael Shin

**B)**Locul unde suprafețele desfasurabile (planul, conul, cilindrul) sunt așezate în raport cu globul va influența modul în care harta va arăta, mai exact aspectul hărții. Deci de la caz la caz putem avea următoarele situații:

1)Proiecții normale (polare) O proiecție e normală/polară când suprafața desfasurabila este conul său cilindrul iar axa polilor coincide cu axa conului și a cilindrului; sau când suprafața desfășurabilă e planul iar acesta e tangent la poli.

2)Proiecții transversale (numite și ecuatoriale în cazul în care suprafața desfasurabila e planul) – axa polilor este perpendiculară pe axa cilindrului și a conului iar planul e tangent la ecuator și paralel cu axa polilor.

3) Proiecții oblice – axa cilindrului și a conului nu va mai coincide cu axa polilor (formând unghi de  $0^\circ$ ) și nici nu va fi perpendiculară pe axa polilor (forma unghi de  $90^\circ$ ) deci va forma un unghi între  $0^\circ$ - $90^\circ$ . Planul nu va mai fi tangent la pol formând un unghi de  $90^\circ$  cu axa polilor dar nici tangent la ecuator și paralel cu axa polilor (ipotetic  $0^\circ$ ), deci și el va forma un unghi între  $0^\circ$ - $90^\circ$  cu axa polilor.

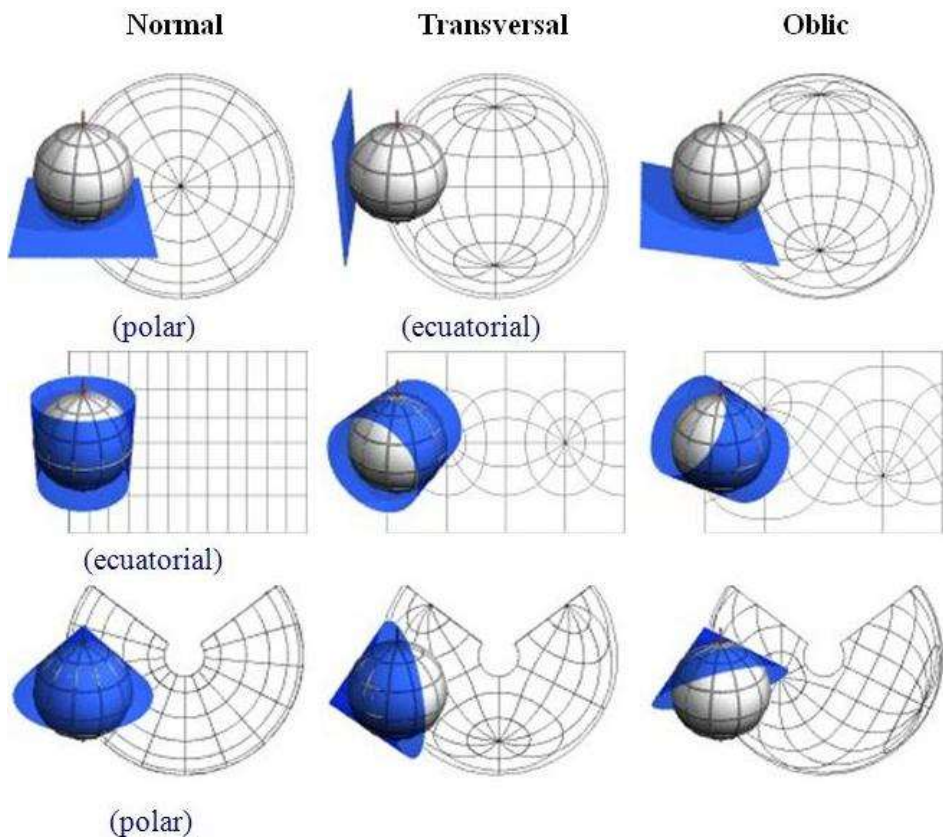


Figura 41: Aspectele proiecțiilor planare, cilindrice și conice aplicate tangențial pe proiecțiile: Azimutală echivalentă, Cilindrică Stereografică Gall și Conică Albers. Sursă: Carlos Furuti - <http://www.prognos.com/furuti/MapProj/>

C) Suprafața desfășurabilă intră în contact cu modelul dat al Pământului în 2 feluri: tangent și secant:

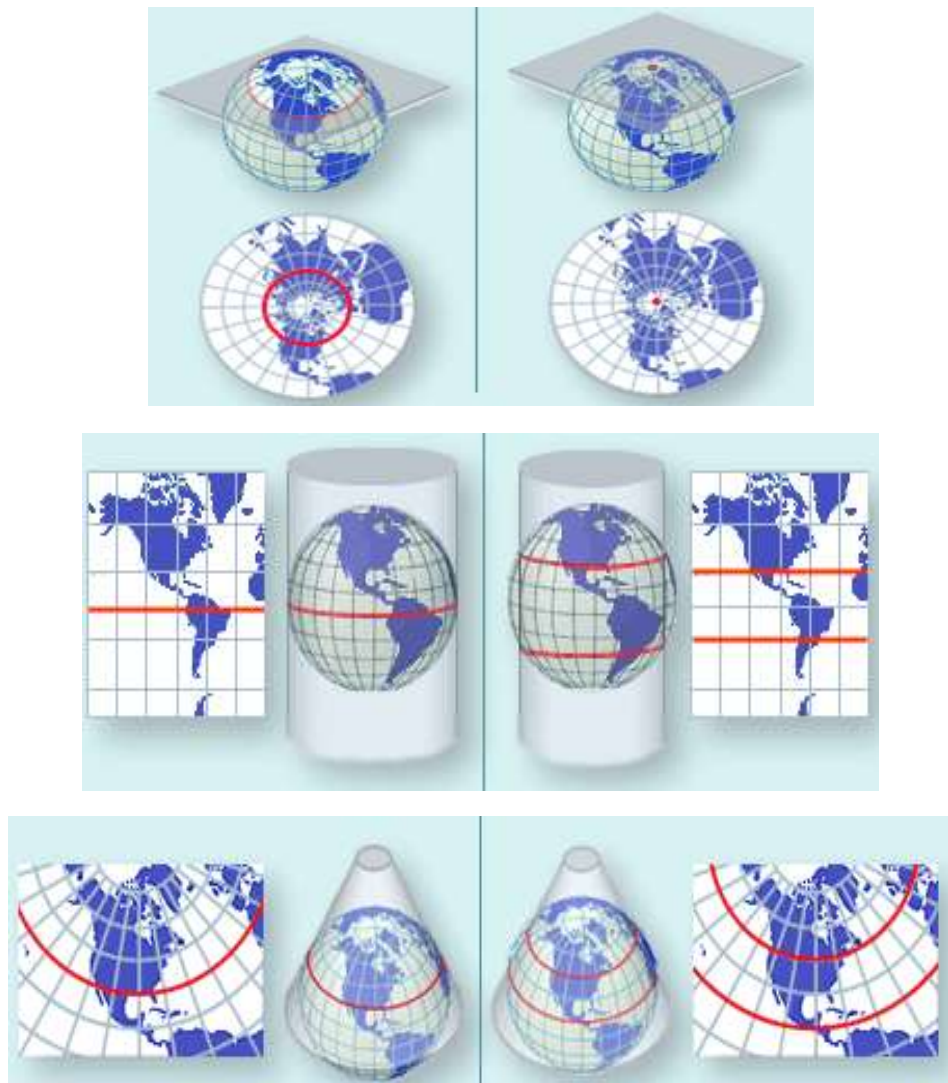


Figura 42: Expresia modului în care suprafețele desfășurabile intră în contact cu sfera/elipsoidul. Sursă: [http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a\\_projections.html](http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a_projections.html)

**D)** Punctul de perspectivă este locul de unde se consideră că pornesc razele proiectante (de notat că nu în toate cazurile este vorba de un singur punct, de exemplu în cazul proiecțiilor ortografice proiectantele sunt paralele între ele, deci nu se unesc nici la infinit pentru a forma un singur punct; în cazul proiecției stereografice cilindrice Gall punctul e mobil pe Ecuator și deci proiectarea se face deasemenea din mai multe puncte).

Locul de unde se face proiectarea influențează deasemenea modul în care harta va arăta și proprietățile acesteia.

În cazul proiecției pe plan proiecția se face vertical dintr-un punct aflat la o distanță oarecare de punctul/cercul unde planul intră în contact cu Pământul. Datorită proprietăților ce decurg din locul de unde se face proiectarea pe un plan avem trei tipuri consacrate de perspectivă planară acestea fiind și cele mai practice și mai folosite, deci punctul de perspectivă poate fi: centrul Pământului (proiecție gnomonică), punctul opus (pe glob) punctului central al proiecției (proiecție stereografică), puncte multiple aflate la distanță infinită (proiecție ortografică) precum în figură de mai jos:

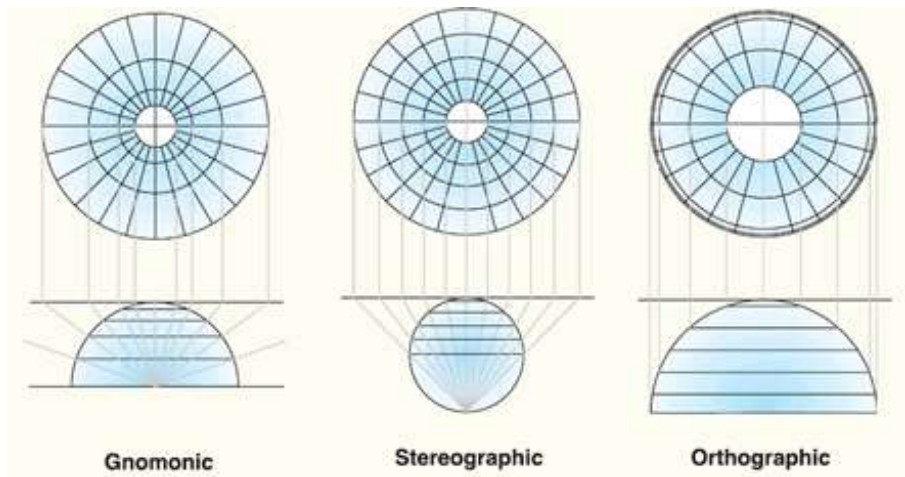


Figura 43: Punctele de perspectivă ale hărților planare. Sursă: <http://www.kartografie.nl/geometrics/map%20projections/body.htm>

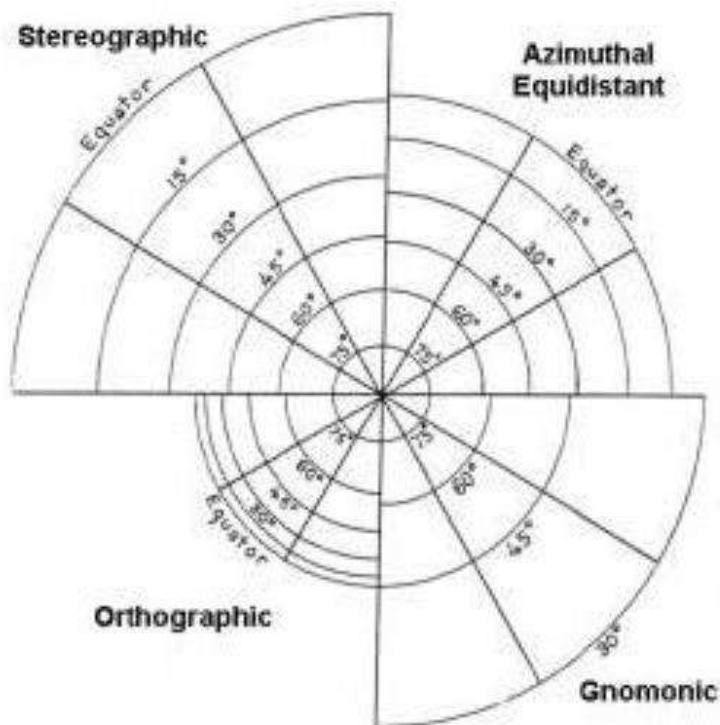


Figura 44: Comparație între rețelele de meridiane și paralele ale proiecțiilor planare. Sursă: Notes on projections – James Clynych (material disponibil online)

Mai există și alte cazuri în care punctul de perspectivă este ales astfel încât să corespundă cât de bine scopului hărții (proiecții verticale/proiecții exterioare) după cum se poate vedea în următoarea figură:

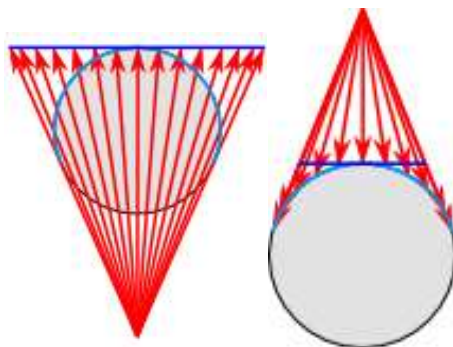
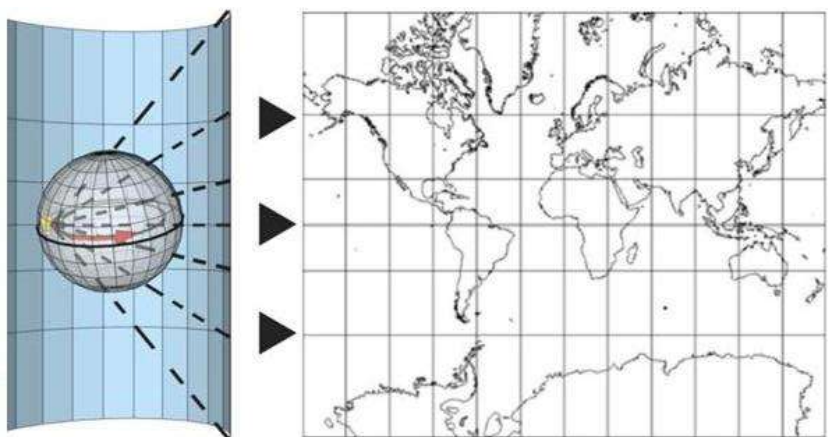
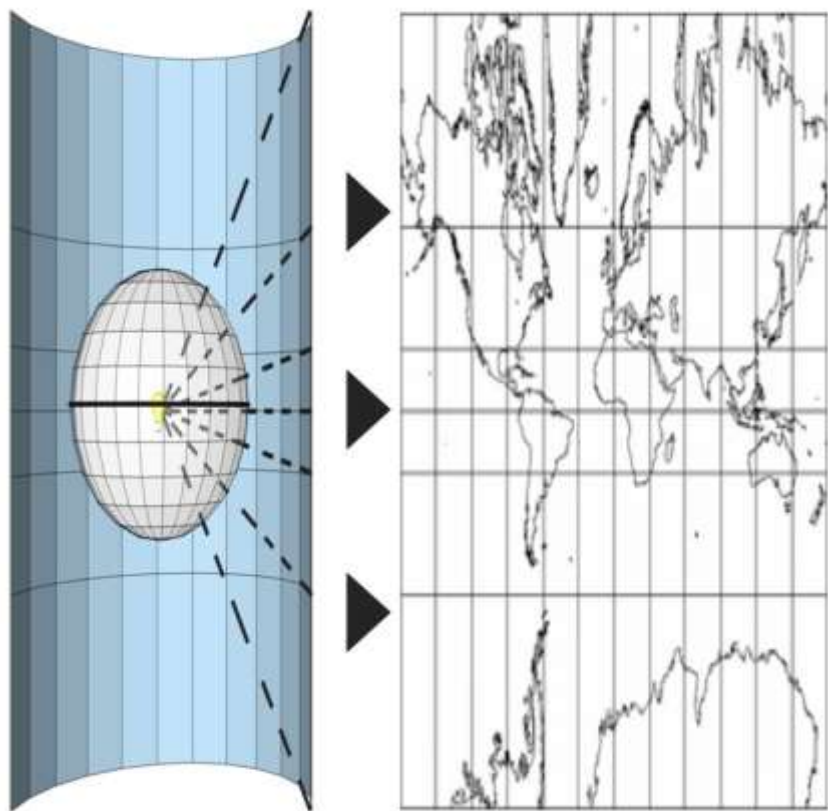
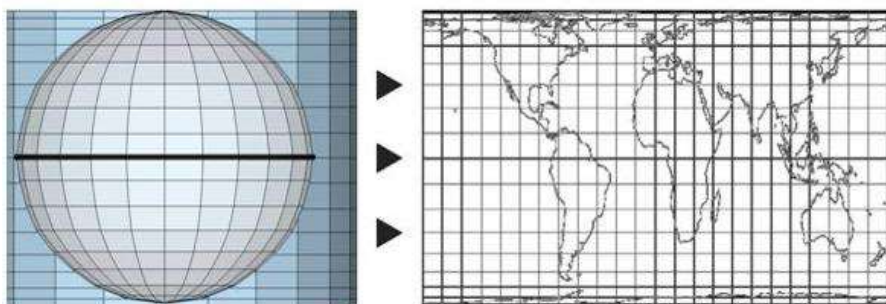
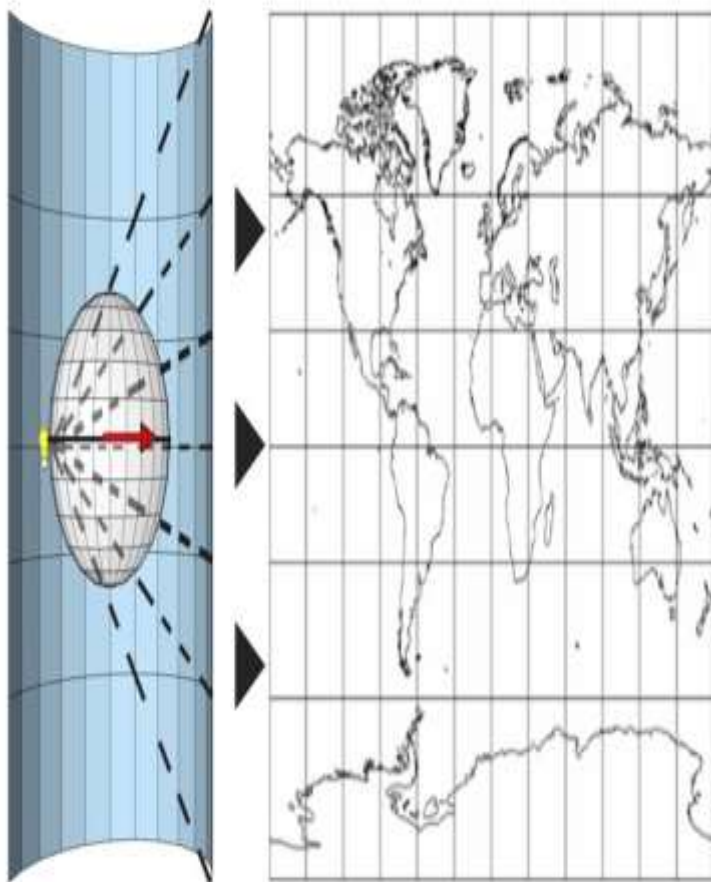


Figura 45: Alte locuri alese pentru pct proiectare pe plan. Sursă: <http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Dither/ProjAz/projAz.html>

Un astfel de caz îl întâlnim la o proiectare verticală în aspect polar concepută de Hare în 1701, acesta a ales punctul de perspectivă la o distanță de  $2,7071 \cdot \text{raza sferei}$  sub suprafața sferei (aproximativ ca în exemplul din stânga al figurii 45) cu scopul ca paralela de  $45^\circ$  să aibe jumătatea lungimii Ecuatorului (chiar dacă pe glob paralela de  $60^\circ$  are jumătatea lungimii Ecuatorului)

Spre deosebire de proiecțiile planare în cazul proiecțiilor cilindrice proiectarea propriu-zisă este mult mai rar folosită acestea fiind concepute matematic. Dintre exemplele prezentate în imaginile de mai jos proiectarea propriu zisă centrală (prima), stereografică (a treia) și ortografică (a patra) sunt întâlnite. Cât despre proiecția Mercator (a doua) aceasta a fost determinată matematic; dar poate fi creată într-un mod mai ușor proiectând de jur împrejur de pe un cerc concentric Ecuatorului și cu o rază pornind din centrul sferei și egală cu  $2/5$  din raza sferei.





Am menționat că în cazul proiecțiilor cilindrice proiectarea propriu-zisă este mai rar folosită decât în cazul celor planare acestea fiind concepute matematic. Proiectarea propriu-zisă pe con este cu mult mai rar întâlnită, ba chiar aproape nefolosită deloc datorită faptului că nu prezervă nici un element al hărții în mod satisfăcător și le deformează pe toate semnificativ.

De fapt sunt întâlnite doar două proiecții conice perspective. Demn de observat este că în cazul amândorura raportat la con proiectarea se face din același loc: din centrul bazei acestuia și deci ar putea fi considerate ambele centrale. Ba mai mult după Snyder o proiecție conică perspectivă centrală în aspect normal este proiectată de oriunde de pe axa polară. Deasemenea trebuie remarcat și faptul că în cazul proiecțiilor perspective conice forma hărții după desfășurarea conului este dată de constanta conului (aceasta depinzând de valoarea paralelei de tangență) nu de locul de unde se face proiectarea - astfel în cazul proiecției prezentate mai jos ca stereografică conul desfășurat este un semicerc pentru că constanta este  $\frac{1}{2}$ . Dar atâta timp cât în literatură de specialitate există consacrată și o proiecție perspectivă stereografică conică o vom prezenta, așe de amoru' artei, pentru că teoretic și practic e greșit denumită ca fiind proiecție stereografică perspectivă conică, așa ceva nu există.

Cât despre cazuri în care proiectarea pe un con ar fi ortografică cazul acesta nu este întâlnit; totuși Donald Fenna în lucrarea sa Cartographic Science propune o proiectare ortografică pe con ca în imaginea de sus a figurii 48. Într-un caz ca acesta s-ar putea reprezenta doar suprafața de la nord de paralelă de tangență așa că propun o proiectare ortografică pe con ca în imaginea de jos a figurii 48. Aceste proiecții deasemenea sunt "fantamasgorice", ne-existând. Doresc doar să fie trecute în revistă, în cazul în care cititorul și-ar pune întrebări legat de eventuale proiecții perspective conice. Eu student fiind îmi puneam întrebări de genul și nu le-am putut găsi răspuns, sau figuri explicative.

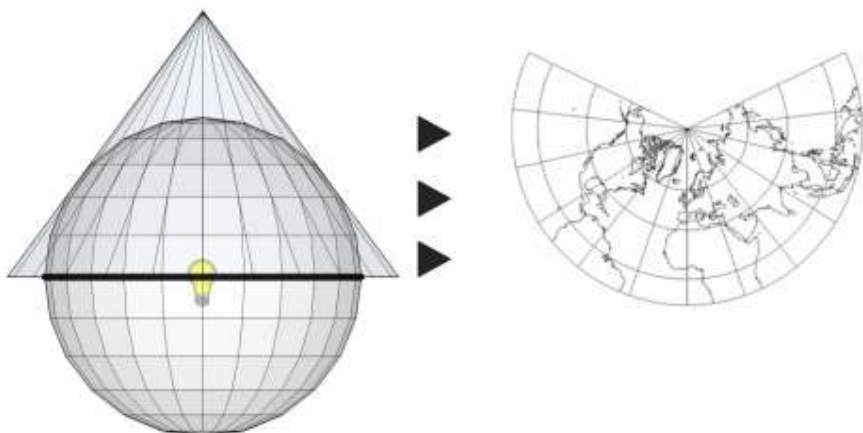


Figura 46: Proiecția perspectivă conică centrală/Proiecția simplă conică. Paralela standard 40N, constanta conului=0,6428 rezultă cele 360° de pe glob sunt reprezentate cu un arc de cerc de 231° când conul e desfășurat.

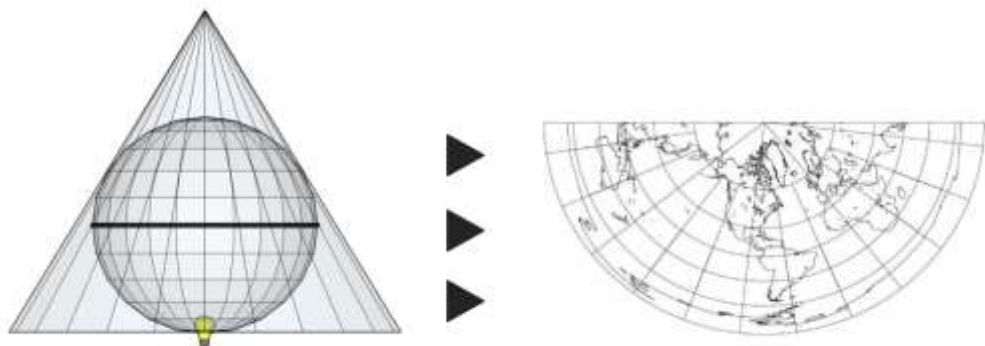


Figura 47: Proiecția perspectivă stereografică Braun (1867). Paralela standard 30N, constanta conului  $\frac{1}{2}$   $\Rightarrow$  forma hărții după desfășurarea conului va fi un semicerc.

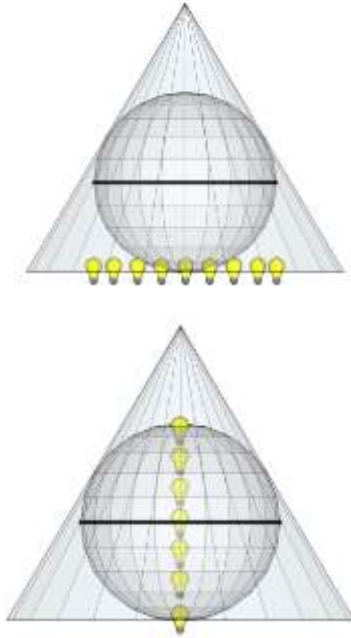


Figura 48: Posibile proiectări perspective ortografice pe con.

## e) CONSTRUCȚIA MATEMATICĂ A UNOR PROIECȚII

a) Planară – Construirea unei proiecții planare gnomonice în aspect polar/normal

Formulele determinării coordonatelor Y și X sunt:

$$Y = r \sin (180-\gamma)$$

$$X = r \cos (180-\gamma)$$

$$\text{unde } r = R \cdot \tan \gamma$$

\*  $\gamma$  = gamma = colatitudinea punctului

Grafic lucrurile arată de următoarea manieră:

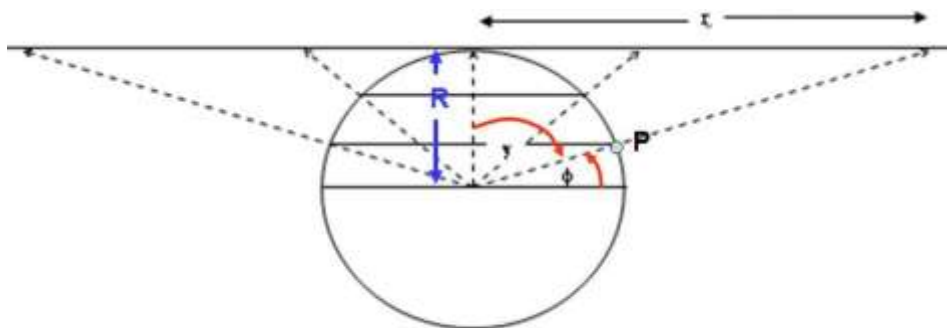


Figura 49: Construirea unei proiecții planare gnomonice în aspect polar/normal. Sursă: Jane Drummond – Note curs “Fundamentals of Geomatics”.

b)Conică - Construirea proiecției conice perspective centrale în aspect normal/polar

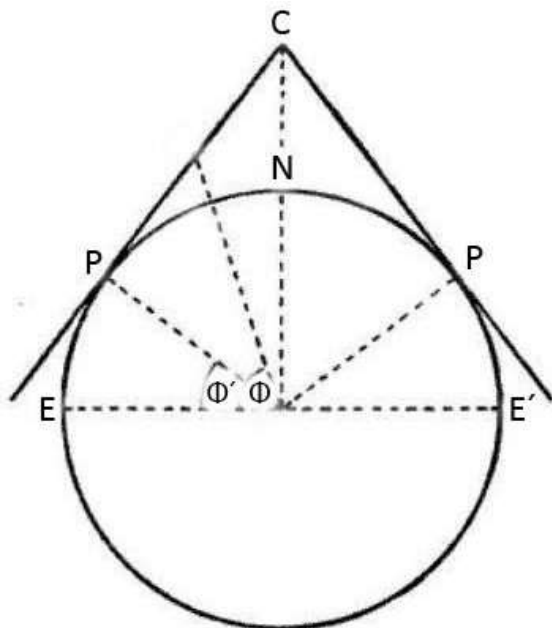


Figura 50: Elementele necesare unei proiectări conice. Sursă: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

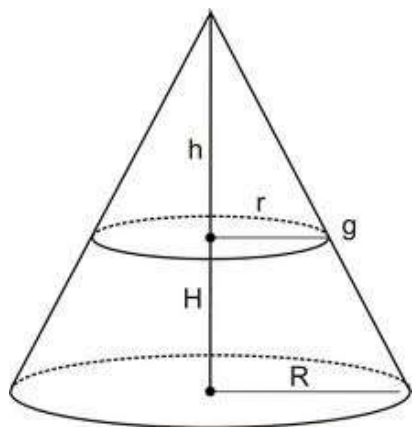


Figura 51: Elementele conului. Sursă: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Elementele și pașii necesari proiectării conice perspective în aspect normal:

-apex = vârful conului

-unghiul OCP (jumătatea unghiului apexului/ jumate din deschiderea conului) = unghiul EOP =  $\Phi' = \arcsin R/g$

-unghiul POQ' = EOQ – EOP

-circumferinta bazei conului =  $2\pi R$

-circumferinta unei paralele oarecare de pe con (lungimea unei paralele oarecare după ce conul a fost desfășurat) =  $2\pi r d$  (distanța de la apex la respectiva paralelă)

-conul e tangent pe paralela P , la latitudinea  $\Phi'$  (unghiul EOP)

-Q e un pct pe glob de latitudine  $\Phi$  (unghiul EOQ)

-Q' e proiecția punctului Q pe con

-CP =  $R \cdot \cot \Phi'$

-cand conul se va deschide paralela de tangentă va fi un arc de cerc cu raza  $r \cdot \cot \Phi'$  și cu lungimea de  $2\pi r \cos \Phi'$  DECI unghiul apical al conului desfășurat va fi  $2\pi r \cdot \cos \Phi' / r \cdot \cot \Phi'$ . Deci unghiul apical al conului desfășurat depinde doar de latitudinea paralelei de tangentă; de aceea  $\sin \Phi'$  e adesea numită constanta conului.

-meridianele vor fi linii drepte și vor radia din apexul conului desfășurat la intervale regulate. Acest interval regulat între două meridiane oarecare e produsul unghiului format între acele meridiane pe glob și constantă conului. Deci dk avem două meridiane între care pe glob există un unghi de  $15^\circ$ , unghiul dintre ele pe hartă (conul desfășurat) va fi  $\sin \Phi' \cdot 15$ .

-distanța dintre paralela standard ( $\Phi'$ ) și o paralelă unui punct oarecare Q ( $\Phi$ ) =  $r \cdot \tan(\Phi - \Phi')$

-pe meridiane deformările cresc cu cât ne îndepărtăm mai mult de paralela standard.

Tăiem conul în lungul unui meridian și va rezulta o hartă cu forma unui sector de disc cu centru C (apexul conului). Numai în cazul în care constanta conului e mai mică de  $\frac{1}{2}$  sectorul de disc e mai mic de jumătate de disc (de un semicerc)

## **f) PROIECȚII CARTOGRAFICE UTILIZATE ÎN ROMÂNIA**

În anul 1868 este înființat „Depositul de resbel” (prima instituție românească topografico-cartografică). Ulterior vor începe realizarea primelor măsurători și hărți realizate de români.

În 1872 pentru întreaga Românie de atunci încep măsurătorile și se întocmește hartă topografică la scara 1: 20 000 în proiecție Cassini-Soldner (proiecția Cassini-Soldner este versiunea elipsoidală a proiecției Cassini - proiectarea se face de pe elipsoid deci proiecția este echidistantă pe liniile geodezice perpendiculare pe meridianul central). Proiectarea se realizează de pe elipsoid Bessel 1841. Această hartă este prima hartă românească pentru care s-a folosit sistemul metric (în Transilvania și Imperiul Habsburgic fusese introdus în 1872). După aceste originale pentru teritoriul de la est de meridianul Zimnicea au fost produse și hărți la scările 1: 50 000, 1: 100 000 și 1: 200 000.

Începând cu 1895 și până în 1930 pentru teritoriul de la vest de meridianul Zimnicea ( $23^{\circ}$  E Paris,  $25^{\circ}20'14.025''$  E Greenwich) nu se mai folosește proiecția Cassini-Soldner pe elipsoidul Bessel 1841 ci proiecția pseudoconică echivalentă Bonne, pe elipsoidul Clarke. Pentru această zonă pornind de la harta la scara 1: 20 000 vor fi produse în această nouă proiecție după cum urmează: hărți la scara 1: 100 000 (acestea au fost primele hărți românești pe care pentru reprezentarea reliefului s-au folosit metoda curbelor de nivel); apoi hărți la scara 1: 50 000 și 1: 200 000.

În Basarabia înainte de primul război mondial hărțile Imperiului Țarist la scările 1: 21 000 (jumătate de verstă în teren = 1 inch pe hartă), 1: 42 000 (1 verstă în teren = 1 inch pe hartă) și 1: 84 000 (2 verste în teren = 1 inch pe hartă) - 1 inch = 2,54 cm; 1 verstă = 1,06678 km - erau realizate în proiecție poliedrică Muffling.

În Transilvania fuseseră folosite până la primul război mondial proiecțiile: stereografică pe plan tangent Budapesta și stereografică pe plan secant Târgu Mureș

În timpul primului război mondial hărțile Moldovei, Dobrogei și

ale estului Munteniei erau în proiecție Cassini, hărțile vestului Munteniei și ale Olteniei în proiecție Bonne, hărțile Basarabiei în proiecție poliedrică Muffling, iar hărțile Banatului, Transilvaniei și Bucovinei în proiecții stereografice. Situația fiind foarte neplăcută pentru armata română, era nevoie de o proiecție unitară pentru toate teritoriile românești pe care România le revendicase ca să intre în război.

În prima fază se realizează o serie de hărți la scara 1: 75 000 în proiecție pseudoconică Bonne pentru Valahia, Dobrogea, Moldova și Basarabia (nu și pentru Transilvania, Banat și Crisana). Această hartă a fost publicată între 1914-1917. Harta e împărțită în două zone, fiecare cu câte un meridian și o paralelă centrală, deci se poate spune că harta e realizată în două proiecții Bonne. Curios este faptul că proiecția Bonne este una echivalentă (conservă suprafețele), o astfel de hartă fiind total inadecvate războiului. Fiecare foaie acoperă în teren 40/40km. Sursă: <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2009/EGU2009-1-3.pdf> (Timar&Mugnier).

Mai apoi se apelează la ajutor francez care îl trimite pe geodezul Andre Louis Cholesky, acesta realizând calculele necesare pentru trecerea de la proiecțiile mai sus menționate la una singură pentru întreg teritoriul românesc (conică conformă Lambert). Din dorința de a cinsti amintirea lui Cholesky proiecția este numită adesea în mod eronat proiecția Lambert-Cholesky. Meridianul central al proiecției este  $26^{\circ} 08' 44.99''$ . Sistemul de coordonate își are originea la 500 km sud și 500 km est de intersecția meridianului central cu paralela de  $45^{\circ}$ . Harta a fost realizată la scara 1: 20 000 în 2118 foi de dimensiunea 75/50 cm; la scara 1: 100 000 în 102 foi de dimensiunea 75/50 cm, la scara 1: 200 000 în 25 de foi de dimensiunea 75/50 cm. Această serie de hărți este cunoscută sub numele de „Planurile directe de tragere” și nu a avut la bază măsurători noi ci se baza pe alte măsurători mai vechi: românești, austriece și rusești. Din 1924 datele din teren sunt actualizate cu ajutorul aerofotogramelor. Relieful este reprezentat pe majoritatea foilor prin metoda curbelor de nivel, totuși există câteva foi pe care este reprezentat prin metoda hașurilor. Pentru că proiecția Lambert nu era compatibilă cu proiecția Gauss-Kruger folosită în spațiul sovietic dar și datorită nevoii

de a actualiza datele din teren începând cu 1951 încep mari campanii de măsurători pentru o nouă hartă în proiecție Gauss-Kruger; planurile directe de tragere au mai fost folosite până în 1959. Ele reprezintă prima hartă ce reprezintă întreaga Românie într-o singură proiecție, deasemenea scara lor este una mare pentru acea vreme.

**Stereo 30** Proiecția planară oblică secantă stereografică utilizată în România între 1933-1951. Inițial a fost propusă o proiectare pe un plan tangent, apoi pe trei planuri tangente: punctele de tangență fiind: Vaslui, Târgu Mureș, Poienari; dar apoi s-a adoptat versiunea cu un plan secant cu punct central în apropiere de Feldioara (30 km de Brașov). Planul e coborât 4253 metri, cercul de tangență și de deformări nule având o rază de 232,378 km. În interiorul cercului deformările sunt negative la centru atingând maximul de -0,332m/km iar în exteriorul cercului sunt pozitive atingând maxim +0,554m/km. Coordonatele punctului central: 51°N, 28° 21' 38,51" E. Originea sistemului de axe coincide cu cea a proiecției, deci coordonatele sunt exprimate în toate cele patru cadrane și prezintă greutate în lucrul cu ele. Proiectarea se face de pe elipsoidul Hayford.

**Hărțile sovietice** Înaintea celui de-al doilea război mondial URSS a demarat cel mai ambițios proiect cartografic din istorie! Scopul acestui proiect era realizarea de hărți la scară mare pentru întregul Pământ. Până în 1989 când URSS s-a prăbușit aceștia au cartografiat:

- întreg Pământul la scările 1: 1 000 000, 1: 500 000 și 1: 200 000;
- aproape întreaga Asie și Americă de Nord la scara 1: 100 000
- întreaga Europă și URSS la scările 1: 100 000 și 1: 50 000;
- URSS și Europa de Est la scara 1: 25 000
- circa 1/4 din URSS la scara 1: 10 000
- mii de orașe importante din întreaga lume la scările 1: 25 000 și 1: 10 000

După prăbușirea URSS proiectul care fusese strict secret a ieșit la

iveală iar hărțile au început să circule în întreaga lume.

**Gauss-Kruger** Proiecția policilindrică transversală conformă Gauss Kruger. Proiecția a fost concepută în anii 1825-1830 de matematicianul german Karl Friedrich Gauss. În 1912 Johannes Kruger a dezvoltat formulele necesare realizării transpoziției coordonatelor de pe elipsoid pe suprafața desfasurabila. În România proiecția a fost impusă în 1951 de către URSS. Proiectarea se făcea de pe datum-ul System 42 (elipsoid Krasowsky, punct fundamental Observatorul Astronomic Central al Academiei Ruse de Științe de la Pulkovo, lângă Sankt Petersburg:  $59^{\circ} 46' 18.55''$  N,  $30^{\circ} 19' 42.09''$  E). Harta lumii este compusă din 60 de fuse a câte  $6^{\circ}$  fiecare, deci proiectarea se face pe 60 cilindri. S-a ales dimensiunea unui fus să fie  $6^{\circ}$  ca deformările lungimilor să nu depășească limita maximă stabilită ( $1/2500$  – cele mai mari deformări vor apărea în dreptul Ecuatorului unde fusul este cel mai lat). Ecuatorul și meridianul central sunt reprezentate ca linii drepte, restul fiind linii curbe. Fiecare fus are propriul sistem de coordoante: axele acestui sistem fiind Ecuatorul și meridianul central al fusului mutat cu 500 km la vest.

Această hartă redă peisajul geografic din perioada 1951-1958 (perioadă în care au avut loc lucrările de teren), dar tipărirea foilor de hartă la scara 1:25 000 s-a realizat între anii 1958-1961. Pentru actualizarea rapidă a hărții de bază a țării, în perioada 1967-1972 s-a lucrat pe foi 1:50 000, adoptându-se procedee topofotogrammetrice. Ulterior, în perioada 1972-1981, pe baza îmbunătățirii concepției de realizare s-a întocmit hartă topografică la scara 1: 25 000, tot în proiecție Gauss-Krüger, pentru întregul teritoriu național.

**Stereo 70** Proiecția planară oblică secantă stereografică Hristow (numele bulgarului care a imaginat-o) adoptată în 1973 pe datum-ul Dealul Piscului (elipsoidul Krasovsky, punct fundamental Observatorul Astronomic Militar din Dealul Piscului:  $44^{\circ} 24' 22.383''$  N;  $26^{\circ} 06' 44.126''$  E). Punctul central al proiecției este  $45^{\circ}$ N,  $25^{\circ}$ E iar originea sistemului de axe (nordul fals și estul fals) este -500 km pe X și -500 km pe Y. Planul secant este coborât 3502 m iar cercul de tangentă și de

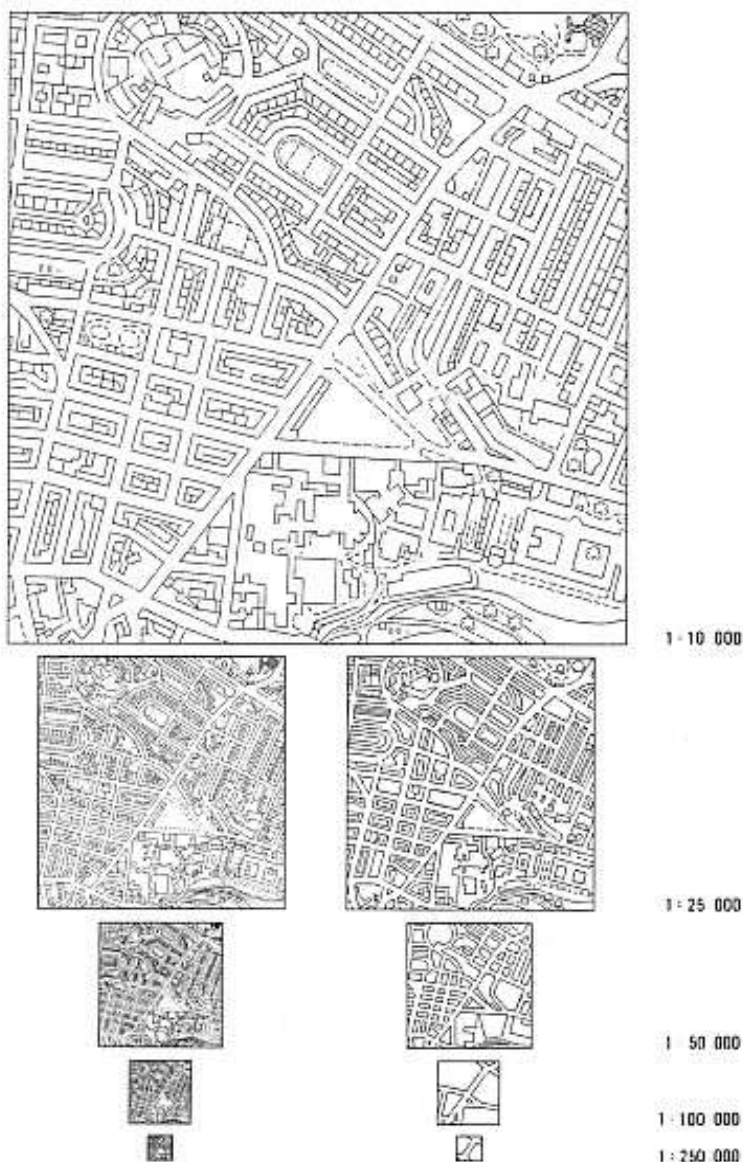
deformări nule are o rază de 201,718 km. În interiorul cercului deformările sunt negative la centru atingând maximul de  $-0,25\text{m/km}$  iar în exteriorul cercului sunt pozitive atingând maxim  $+0,215\text{m/km}$  (se poate observa că deformările lungimilor sunt mai mici decât în proiecția Gauss Kruger).

## **B) GENERALIZAREA**

Harta nu este o fotografiere a realității, ea este o imagine micșorată a spațiului geografic. În procesul producerii ei trebuie să se realizeze o simplificare a realității deoarece nu pot încapa toate detaliile și deci se operează o selecție a elementelor de pe suprafața terestră ce urmează a fi reprezentată pe ea. Cu cât micșorarea este mai mare cu atât simplificarea este mai accentuată. Actul de simplificare se numește generalizare. Vom ilustra nevoia simplificării exemplificând prin două figuri. În figură 52 o hartă la scara 1:5000 va fi micșorată la scara 1:20000 fără a aplica nici o simplificare; rezultatul fiind unul dezamăgitor: avem o hartă inutilizabilă pe care nu se poate distinge nimic. În figură 53 vom micșora din nou o hartă comparând de data asta rezultatul micșorării în două coloane: în coloana din stânga aplicăm micșorarea fără a utiliza generalizarea, în coloana din dreapta utilizăm generalizarea.



Figura 52: Ilustrarea nevoii generalizării cartografice. Sursă: Jane Drummond – Note curs GIS.

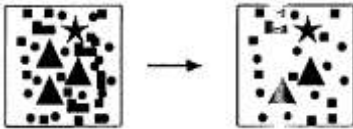


32. Comparison of photographic reduction and generalisation

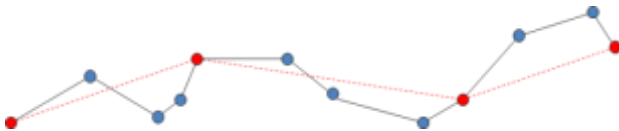
Figura 53: Ilustrarea nevoii generalizării cartografice. Sursă: David Forrest – Note curs Cartographic Design

Generalizarea este implementată prin diferite operații: 1) selecție/ omitere/ eliminare elemente, 2) simplificare, 3) agregare/ combinare, 4) exagerare, 5) dislocare, 6) colaps.

1) Eliminare:



2) Simplificare:



3) Agregare:

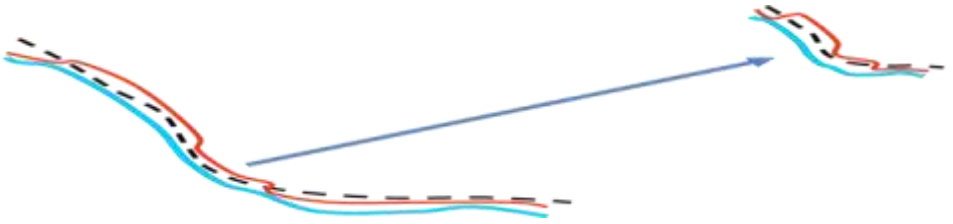


4) Exagerare:

Elemente importante precum fluviile și râurile pe hărți la scară mică nu ar putea fi reprezentate dacă s-ar respecta cu strictețe scara hărții, așa că se aplică principiul exagerării astfel încât elementul să fie vizibil. Exemplu: pe o hartă 1: 5 000 000 a României 1 mm pe hartă = 5 km în teren. Se va folosi o linie de 0,5 mm pentru a reprezenta Mureșul, este evident că Mureșul nu are o lățime de 2,5 km deci s-a aplicat principiul exagerării.

5) Dislocarea

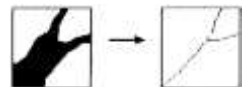
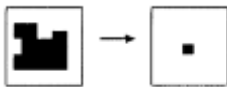
În unele cazuri odată cu reducerea scării pentru menținerea clarității se impune dislocarea unor elemente. Exemplu:



În exemplul de mai sus considerăm linia albastră un râu, linia întreruptă neagră o cale ferată iar cea roșie un drum. La micșorarea scării este mai important ca harta să reprezinte neafectată relația dintre ele chiar dacă asta presupune anumite inexactități în ceea ce privesc coordonatele lor. Se dă pe imaginea la scară mică locul în care distanța dintre linia albastră și linia roșie este cea mai mare, se măsoară această distanță grafică la scara hărții apoi se calculează distanța reală din teren. Datorită dislocării rezultatul va avea o eroare mare atât timp cât pe imaginea la scară mare distanța grafică dintre cele două linii în acel loc e aproximativ identică.

#### 6) Colaps

În unele cazuri simplificarea este de asemenea amplitudine încât un element areal devine punct. În alte cazuri un element areal devine liniar.



Figurile folosite pentru ilustrarea operațiilor de eliminare, simplificare, agregare, exagerare, dislocare și colaps provin din aceleași cursuri mai sus menționate ale lui David Forrest și Jane Dummond.

## C) SIMBOLIZAREA

Harta transformă lumea reală într-o reprezentare abstractă prin intermediul simbolurilor. **Simbolurile sunt importante și sub aspectul faptului că reprezintă un element/ o componentă distinctă a hărții. În literatura de specialitate în anumite clasificări o categorie a elementelor hărții o reprezintă elementele socio - economice și culturale, dat fiind că în sine acestea sunt simple simboluri și că varietatea lor e una foarte mare și ele diferă foarte mult de la o hartă la alta, în abordarea noastră le vom discuta la acest nivel simplu al simbolului și le vom încadra în elementul „conținutul hărții”.**

Hărțile prezintă informația folosind: simboluri areale, liniare și puncte; culori și text. Un simbol are următoarele variabile:

-forma:



-dimensiune:



-orientare:



-culoare (nuanța/tenta, luminozitate, saturație, model, textură)

Hărțile pot fi clasificate în funcție de tipul de informație pe care o transmit:

-cantitative (populație, densitatea populației, precipitații, PIB/locuitor);

-ordonatoare(textura solului: argilă, lut, nisip)

-calitative(zonă recreațională, industrială, rezidențială etc)

În funcție de tipul de informație pe care o hartă o transmite este recomandat să se aleagă simbolurile. De exemplu pentru a reprezenta orașele în funcție de populație se va folosi un anumit simbol (cerc, pătrat) de dimensiune direct proporțională cu populația și nu culori, forme sau orientare diferită. Figurile folosite pentru variabilele simbolurilor provin din același cursuri mai sus menționate ale lui David Forrest și Jane Dummond.

## **D) TOPONIMIA/ TEXTUL** **CONTINUTULUI HĂRȚII/NUME PE** **HĂRȚI**

Funcția numelor întâlnite în interiorul hărți este de a oferi locație și identificare. Aceste nume sunt de două feluri: proprii (București, Cluj Napoca) și descriptive (parcare, spital).

Una din problemele care există legat de numele de pe hărți este modul în care denumim detaliile geografice ale altor țări. În unele cazuri pentru unele toponime (poloneze, engleze, germane etc) există exonime (românești: Warsaw-Varsovia, London-Londra, Wien-Viena); exonimele sunt numele folosite într-o limbă particulară (românește în exemplul nostru) pentru toponimele oficiale ale unei alte limbi (poloneze, engleze, germane în exemplul nostru). Deci Varșovia, Londra, Viena sunt exonime. În mod normal ar trebui aplicat principiul transliterației: cuvintele să sune/ să se audă/ să fie pronunțate ca în original: Varșava, London, Vin.

Altă problemă ridicată în cazul numelor întâlnite pe hărți este cea a numelor zonelor internaționale ca și Canalul Mânecii (variantea românească) pe care englezii îl vor numi întotdeauna „English Channel” iar francezii „La Manche” sau ca și Marea Japoniei (denumire japoneză vs Marea de Est (denumire coreeană).

O altă problemă este schimbarea numelor. Fapt datorat schimbărilor de regim politic (Sankt Petersburg – Leningrad – Sankt Petersburg; Tsaritsyn – Stalingrad - Volgograd), decolonizării (Salisbury - Harare).

Alegerea tipografiei unui toponim prezintă următoarele variabile: formă, dimensiune și culoare. Forma este de un anumit tip/font – Calibri, Times New Roman etc; fiecare font are caracteristicile sale: subliniat, drept, italic, modul cu litere majuscule etc. Dimensiunea are o anumită înălțime, aceasta este măsurată în puncte (28.34 puncte = 1 cm; 72.27

puncte = 1 inch); dimensiunea are și o anumită lățime/grosime: condensat, normal, extins; dimensiunea este caracterizată și de categoria sa: proeminent (bold în engleză, negrită în spaniolă), mediu și subțire.

Alte caracteristici ale tipografiei literelor în figură de mai jos:



Figura 54: Caracteristici ale tipografiei literelor. Sursă: David Forrest – Note curs Cartographic Design.

## **E) REPREZENTAREA RELIEFULUI**

Relieful împreună cu rețeaua hidrografică reprezintă baza hărți și suportul celorlalte elemente, de aici decurge importanța sa, el fiind prezent pe majoritatea covârșitoarea a hărților. Prezentarea reliefului pe hărți este importantă:

- din punct de vedere al orientării,
- pentru că relieful este factorul de care depind activitățile umane,
- pentru turism
- motive științifice

Reprezentarea reliefului presupune reprezentarea bidimensională a unui element tridimensional complex, ceea ce nu este o sarcină ușoară. Această sarcină presupune împlinirea a două criterii: comensurabilitate și plasticitate. Comensurabilitatea presupune că reprezentarea să fie corectă din punct de vedere geometric, locația formelor de relief să fie redată fidel, altitudinea exactă a oricărui punct să poată fi calculată, deasemenea unghiurile și direcțiile pantelor să poată fi calculate la fel că distanțele, suprafețele și volumele. Plasticitatea presupune că reprezentarea să redea impresia tridimensională a reliefului, să redea orientarea creștelor, a pantelor, a văilor astfel încât cel ce folosește harta să își facă o impresie cât mai bună despre formă reală a reliefului. Cu alte cuvinte criteriul comensurabilității cere precizie cartometrică iar cel al plasticității cere ca relieful să poată fi vizualizat intuitiv.

În cele ce urmează vom prezenta metodele de reprezentare a reliefului din punct de vedere al evoluției lor istorice iar apoi le vom prezenta pe rând.

Una din cele mai vechi hărți care a supraviețuit până în zilele noastre reprezintă nordul Mesopotamiei, și e datată cu cca 2400-2200 ani înaintea erei noastre; chiar și pe această hartă este reprezentat relieful, mai exact munții. Aceștia sunt reprezentanți așa cum se văd lateral, dintr-o

vale; metoda de reprezentare a reliefului cunoscută sub numele de perspectivă. Această perspectivă laterală e întâlnită deasemenea pe hărțile romane, medievale și pe portolane. Acest tip de reprezentare a reliefului a înflorit odată cu renașterea și a fost predominant în majoritatea hărților până la începutul secolului 18. Pe de altă parte în acele zile nu există cerere pentru reprezentări mai precise ale formelor munților și nici echipamentul tehnic necesar pentru a efectua măsurătorile precise necesare unor reprezentări precise. Până în secolul al XV-lea s-au folosit reprezentări asemănătoare cu figura 55; aceste desene s-au dezvoltat producând reprezentări mai complexe care au reprezentat următorul pas în dezvoltarea reprezentării reliefului precum cele din figura 56, dar și pe acestea orientarea lanțului muntos se făcea în funcție de direcția de unde se uita observatorul neținându-se cont de direcția axei lanțului muntos.

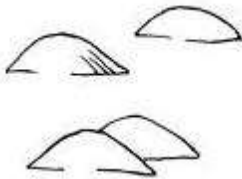


Figura 55: Reprezentări ale reliefului folosite până în secolul 15.  
Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.



Figura 56: Reprezentări perspective ale reliefului mai complexe.  
Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.

Aceste reprezentări perspective ale reliefului în afara faptului că indicau prezența de dealuri sau munți prezentau multe dezavantaje: nu se putea diferenția dealul de munte, nu se reda corect poziția și altitudinea dealului/muntelui cu atât mai puțin înclinarea și direcția pantelor; mai mult prin acest mod de reprezentare a munților se masca ce era în spatele acestora.

Un exemplu impresionant de reprezentare a reliefului pentru perioada în care este publicat apare pe o copie a unui atlas de-al lui Ptolomeu din 1454, într-o hartă de-a acestui atlas sunt reprezentați Alpi vestici folosindu-se pentru prima oară linii care definesc forma pantei și iluminarea oblică.



Figura 57: Alpi Vestici. Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.

Odată cu renașterea se cer hărți mai detaliate și la scări mai mari.

În secolul XVI metode de topografiere cu busole și lanțuri pentru măsurarea lungimilor înlocuiesc imaginile compilate pe baza spuselor călătorilor. Poziționarea astronomică și topografierea propriu zisă erau cunoscute din antichitate; se vor determina puncte și linii de referință față de care se vor calcula poziția elementelor de pe hărți. Primul și cel mai impresionant exemplu al acestor noi tehnici e harta Toscanei a lui Leonardo da Vinci din 1502 (figura 58), pe care pentru prima oară între formele de relief există continuitate, vederea este oblică (bird-eye). Această hartă a lui da Vinci e superioară tuturor celor contemporane cu el; abia după mai mult de jumătate de secol au început să mai apară și alte hărți cu calitate comparabilă cu a lui, care să aproximeze formele naturale ale munților. (Jost Murer – Harta Cantonului Zurich, an 1566, scară 1:56000; Philipp Apian/Bienewitz – Harta Bavariei, an 1568, scară 1:144000). Pe aceste hărți spre deosebire de restul nu se mai inducea impresia greșită conform căreia în afară munților totul era plat, văile erau la același nivel cu câmpiile etc. Relieful era portretizat de data aceasta continuu, coeziv. Liniile pentru pante și hașurile cresc și ele impresia tridimensională.



Figura 58: Harta Toscanei, Leonardo da Vinci, 1502. Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.

Trecerea de la matricele de lemn la cele de cupru permite redarea mai multor detalii topografice pe hărți, datorită posibilității de a reda linii mai subțiri. Atlasul lui Mercator (1585) exponențial pentru secolul al XVI-lea dar și pentru secolul al XVII-lea nu aduce nimic substanțial nou în ceea ce privește reprezentarea reliefului. Următorul pas important în istoria reprezentării reliefului e Harta Cantonului Zurich 1: 32 000 a lui Hans Conrad Gyger – 1667 (figura 59). Gyger a îmbunătățit echipamentul de topografiere folosind triangulația grafică pe distanțe considerabile și topografiind în detaliu; astfel a creat în 30 de ani niște hărți topografice exponențiale, lăsându-și mult în urmă contemporanii în ceea ce privește acuratețea pozițională și numărul punctelor ridicate. Pentru prima oară în istorie întreg relieful e reprezentat bidimensional și pentru prima oară s-a folosit metoda umbririi. Este de remarcat și folosirea culorilor naturale corespondente reliefului și realismul tridimensional care îl inspiră harta. Din păcate din rațiuni militare și de siguranță această hartă a fost ținută secretă și nu a influențat dezvoltarea cartografiei/ reprezentarea reliefului. Dimensiunile hărții sunt impresionante și ele, aceasta având cca 5 mp. În pofida muncii lui da Vinci, Murer, Apian și Gyger reprezentarea reliefului pe hărți a rămas neschimbată până în secolul 18.



Figura 59: Harta Cantonului Zurich 1:32000, Hans Conrad Gyger – 1667. Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.

Tranziția de la vederea oblică laterală la cea ortogonală a avut loc în hărțile Elveției realizate de topograful militar al lui Napoleon: Bacler d'Albe puțin înainte de 1800 și în atlasul Elveției „Meyer Atlas”.

În secolul 18 francezii erau lideri în domeniul cartografiei datorită cerințelor pe care le impunea statutul lor de putere militară. Telescopul a fost descoperit în secolul XVII iar francezii îl foloseau la ridicările topografice naționale deja. Îmbunătățiri ale măsurătorilor și calculelor geodetice, ale metodelor de triangulație precum și a determinării barometrice a altitudinii (prima triangulație națională a fost încheiată în 1744 de Cassini, tot Cassini și fiul său au publicat în 184 de foi, Harta Geometrică a Franței între 1750 – 1815 la scara de 1: 86400). Cu toate acestea reprezentarea reliefului nu a progresat, doar i s-a pavat drumul spre progres prin intermediul ridicării de detalii mai acurate pentru munți și dealuri. Măsurătorile fiind mai exacte a apărut și nevoia reprezentării acestor date mai fidel pe hărți. În acest context a apărut metoda hașurilor, dar o hașurare inadecvată nu oferea nici o impresie tridimensională producând imagini confuze. Aducerea ordinii în haosul hașurilor este meritul topografului militar saxon Johann Georg Lehmann. În 1799 el a produs un sistem de hașură împărțind liniile de hașurare în segmente astfel încât când direcția pantei se schimbă și hașura își schimbă orientarea. Aceste linii de hașură aveau lungimi cărora le corespundea intervale altitudinale ca și în cazul intervalelor dintre două curbe de nivel, astfel unde relieful e lin aproape plat liniile de hașurare vor fi lungi iar unde relieful e abrupt și panta mare liniile vor fi scurte. Grosimea linii de hașură variază în funcție de unghiul pantei, cu cât panta era mai mare linia era mai groasă. Fiecare linie hașură era desenată cu aceeași direcție ca și panta.

În Franța, Elveția și Italia hărțile cu iluminare oblică au dat naștere la metoda umbririi.

Avantajele și dezavantajele umbririi și a hașurilor au fost discutate intens pentru mai multe decenii. În timp ce aceste două metode erau predominante în reprezentarea reliefului o altă metodă grafică de a reprezenta relieful s-a dezvoltat: curbele de nivel/contururile.

Dintotdeauna marinarii au avut nevoie de informații privitoare la profunzimea apelor puțin adânci, din acest motiv cote de adâncime erau incluse în hărțile lor. Ideea de a uni cote de aceeași adâncime printr-o linie (aceste linii care unesc puncte de aceeași adâncime se numesc izobate) nu a întârziat să apară, această metodă aducând o informație de mai bună calitate.

Prima hartă pe care apare o linie care să unească puncte de aceeași adâncime a fost realizată în 1584 de Peter Bruinss; aceasta arată o linie cu adâncimea de 7 picioare pe râul Spaarne, din Haarlem, Olanda.

În 1697 apar izobate din 5 în 5 picioare pe harta raului Meuse în Rotterdam, Olanda; harta realizată de Pierre Ancelin.

În 1725 Luigi de Marsigli în lucrarea sa Istoria Fizică a Mării, atașează o hartă a golfului Lyon care are izobate.

În 1730 apare faimoasa hartă a lui Nicolaus Samuel Cruquius produsă cu matriță de cupru și care arată adâncimile tot prin izobate.

În 1737 Philippe Buache realizează o hartă a Canalului Mânecii pe care reprezintă adâncimile prin izobate.

În 1771 du Carla crează prima hartă pentru uscat pe care apar curbe de nivel, dar era o hartă a unei insule imaginare.

În 1791 Dupain Triel crează prima hartă pentru uscat care are curbe de nivel, o hartă a Franței.



Figura 60: Hartă a Merwede (delta Rhine-Meuse-Scheldt), produsă de olandezul Cruquius în 1730. Sursă: [http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolaus\\_Samuel\\_Cruquius](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolaus_Samuel_Cruquius)

Curbele de nivel erau cunoscute de mult timp dar nu au fost folosite până tehnicile ridicărilor topografice nu au făcut suficiente progrese, lucru întâmplat la începutul secolului XIX. Curbele de nivel au caracter fictiv oferind extraordinarul avantaj de a transmite satisfăcător formă geometrică a reliefului; a altitudinilor, a diferențelor de altitudine, a unghiurilor și direcțiilor pantelor.

În 1796 bavarezul Alois Senefelder inventează litografia. Această tehnică a făcut posibilă producția de hărți multicolore; ca rezultat elementele planimetrice ale hărților puteau fi contrastate mai clar față de hașuri. Încet litografia a înlocuit hașurile cu tonuri de umbre făcând posibilă printarea tonurilor în culori. În a doua jumătate a secolului XIX

apar mai multe hărți cu o colorarea regională, tentele hipsometrice.

Curbele de nivel au fost combinate cu hașurile: Harta Cantoanelor St Gallen și Appenzell a lui Ziegler la scara 1:25000 publicată în 1849-1852.

Combinarea curbelor de nivel cu umbrirea oblică, e folosită prima oară pe harta cantonului Lucerne scara 1:25000, 1864. Imediat după aceasta combinare curbele, hașurile și umbrirea urmau să fie combinate și cu tentele hipsometrice.

În ultimii 100-150 de ani hărțile topografice ale țărilor europene au fost realizate de cadre militare care adesea erau topografi neexperimentați; din acest motiv au fost preferate metodele grafice simple. Mai mult era nevoie de o standardizare a simbolurilor pe sutele sau miile de foi ale cuprinsului unei țări date iar această standardizare/uniformizare a frânat și ea progresul metodelor grafice de reprezentare a reliefului. Elveția pe de altă parte, o federație formată din cantoane mici în care nevoile peisajului alpin impuneau o încercare continuă de îmbunătățire a diversificat soluțiile. Aici topografi talentați, adevărați artiști precum Rudolf Leuzinger, Xaver Imfeld, Fridolin Becker, Hermann Kummerly au fost liberi să își pună în aplicare talentul.



## a) METODA CURBELOR DE NIVEL

Curbele de nivel/contururi sunt linii care descriu locația altimetrică a unor puncte de altitudine egală, unesc puncte de aceeași altitudine. Contururile pot fi imaginate ca fiind urmele ce le lăsa marea pe marginea unei insule când nivelul ei scade treptat (figura 61). Formele de relief pot fi imaginate ca fiind tăiate de planuri orizontale din loc în loc, liniile de intersecție între aceste planuri și forma de relief este conturul (figura 61). Contururile nu se văd în natură, ele fiind un element abstract și convențional. Ele arată: înălțimea, poziția, forma, direcția, înclinarea oricărei părți din suprafața terestră, din acest punct de vedere fiind metoda de reprezentare a reliefului cea mai comensurabilă.

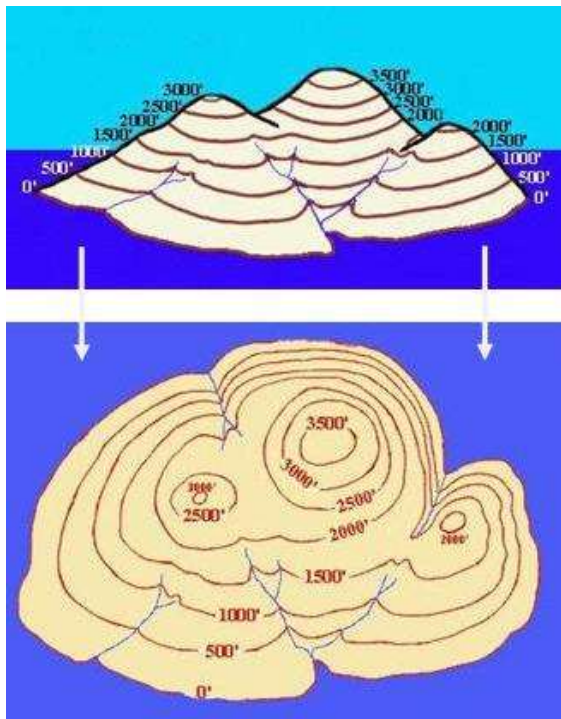


Figura 61: Demonstrarea formării curbelor de nivel. Sursa <http://academic.brooklyn.cuny.edu/geology/leveson/core/linksa/contourlabel.html>

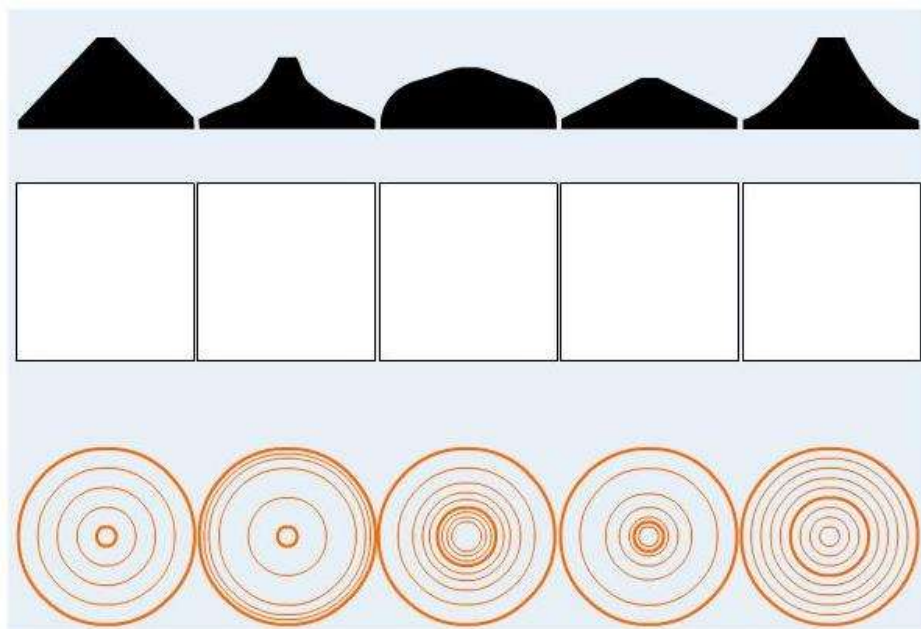


Figura 62: Alegeți contururile corespunzătoare fiecărei forme. Sursă: [http://www.gitta.info/TopoCart/en/html/ContTopo\\_learningObject2.html](http://www.gitta.info/TopoCart/en/html/ContTopo_learningObject2.html)

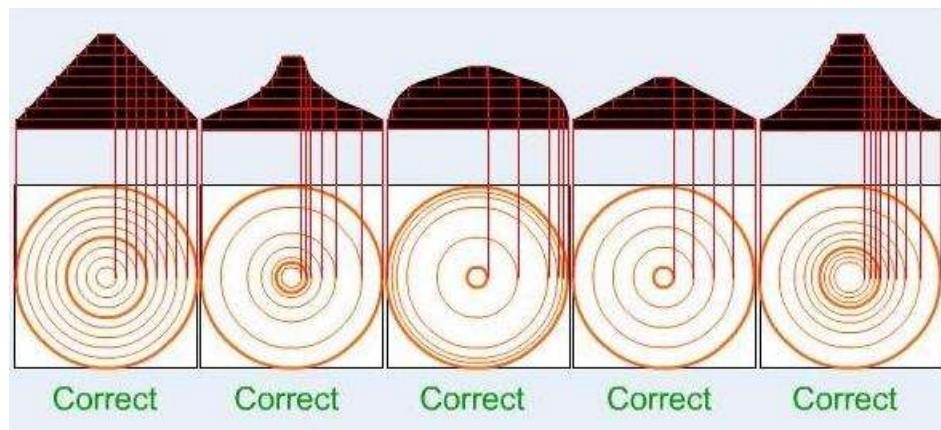


Figura 63: Rezolvarea exercițiului de la figura 62.

Liniile care unesc puncte de adâncime egală poartă alt nume: izobate/ curbe batimetrice. Definiția conform căreia izobatele sunt curbe de nivel sub apă e greșită pentru că liniile ce unesc cote de aceeași adâncime într-un lac nu sunt batimetrice deoarece sunt deasupra nivelului mării. Referința este nivelul 0 al mării, liniile ce unesc puncte de aceeași altitudine versus linii ce unesc puncte de aceeași adâncime; ambele în raport cu nivelul mării. Deci în cazul măsurării adâncimilor unui lac nu se va exprima adâncimea lacului în raport cu suprafața sa 0 ci se va exprima tot altitudinea în raport cu nivelul zero al mării; astfel încât pentru determinări ale adâncimii lacului într-un punct dat se va scădea altitudinea punctului respectiv din altitudinea suprafeței lacului (figura 64).

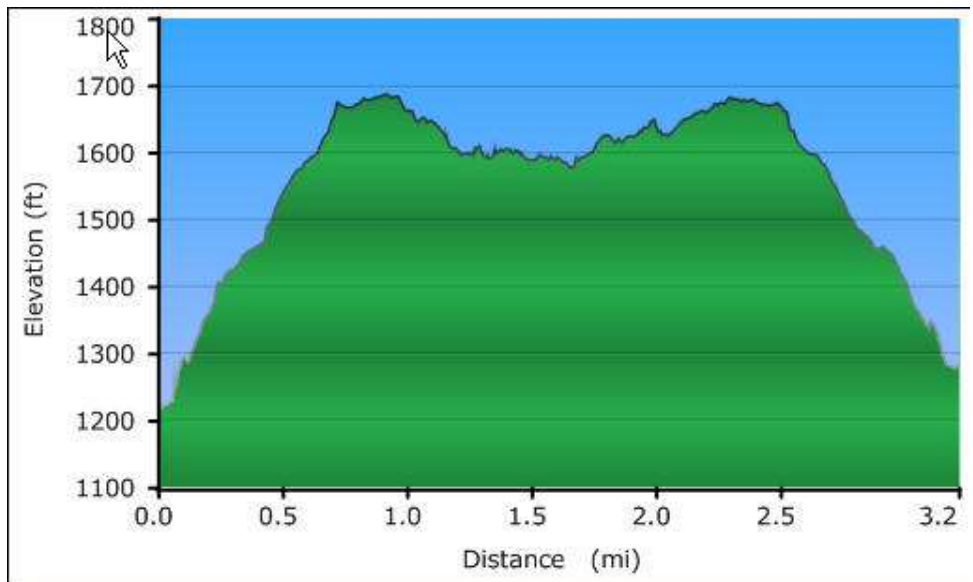


Figura 64: Exprimarea adâncimilor lacurilor. Sursă: [http://www.thayers.org/html/20\\_bloom\\_lake.html](http://www.thayers.org/html/20_bloom_lake.html)

Există însă și excepții pentru lacuri, pentru un lac dat adâncimile sale sunt exprimate în funcție de suprafața sa iar altitudinile reliefului din jur sunt măsurate tot în funcție de nivelul mării.

Distanța verticală dintre două contururi consecutive se numește **echidistanță**. Echidistanța naturală este distanța în teren între 2 contururi consecutive pe când echidistanța grafică este echidistanța naturală redusă la scara hărții/ distanța dintre două contururi de pe hartă. Contururile sunt principale, normale și intermediare (ajutătoare și accidentale).

Curba de nivel principală este intervalul de 5 ori mai mare decât echidistanța normală a hărții, sunt cazuri în care curba de nivel principală este fiecare a 10a curbă de nivel normală. Acestea au rolul de a da o impresie mai rapidă asupra altitudinii unui punct dat, astfel în loc să numărăm 15 curbe normale a 100 m prin trei curbe principale ni se transmite rapid că altitudinea este 1500 m. Pe curbele principale se trece și valoarea altitudinii.

Curbele de nivel intermediare(pe hărțile topografice românești sunt folosite 2 tipuri de curbe de nivel intermediare: ajutătoare și accidentale dar pot fi cazuri în care să se apeleze până la 5 contururi intermediare (Leupin). Aceste curbe de nivel intermediare au fost imaginate pentru prima oară de către elvețieni în 1923.

Curba de nivel ajutătoare/secundară este trasată la jumătatea intervalului echidistanței normale; acestea sunt folosite pentru redarea unor detalii care ar fi omise folosindu-se doar curbe de nivel la echidistanță normală.

Curba de nivel accidentală este trasată la  $\frac{1}{4}$  din intervalul echidistanței normale. La fel ca și curbele de nivel ajutătoare acestea sunt folosite pentru redarea unor detalii care ar fi omise folosindu-se doar curbe de nivel la echidistanță normală și ajutătoare.

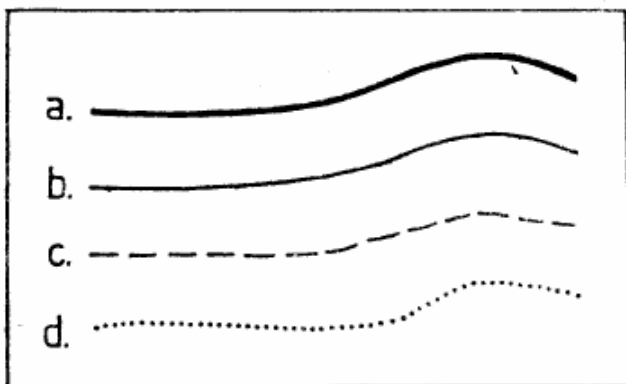


Figura 65: Semne convenționale folosite pentru diferitele tipuri de curbe de nivel (a – curba de nivel principală; b – curba de nivel normală; c – curba de nivel ajutătoare; d – curba de nivel accidentală). Sursă: Ioan Fodorean - Note curs Cartografie Generală.

Alegerea unei echidistanțe potrivite e vitală. La alegerea ei se ține cont 1) de scara hărții; 2) de grosimea celei mai subțiri linii desenabile pe hartă 3) de cea mai abruptă pantă întâlnită pe harta dată; 4) pantă să fie constantă între 2 curbe de nivel consecutive (acest lucru este important că ulterior să poată fi produse interpolări). În general se încearcă alegerea celei mai mici echidistanțe posibile pentru a crește comensurabilitatea hărții și pentru a crea o imagine tridimensională reliefului; dar trebuie să se țină cont să nu se încarce harta excesiv astfel încât să nu mai fie suficient loc pentru reprezentarea altor elemente.

Putem decide valoarea echidistanței matematic în funcție de scara hărții, grosimea celei mai subțiri linii desenabile pe hartă și de unghiul celei mai abrupte pante întâlnite pe hartă; dar și empiric bazat pe experiență practică ce o avem în cartografie.

Exemplu de calculare matematică a echidistanței: se dă o hartă la scara 1: 100.000; cu pantă maximă de  $45^\circ$  și două linii desenabile pe mm.

echidistanța minimă =  $100.000 \cdot \tan 45^\circ / 2 = 50.000$  mm (50m)

Dar acesta este un caz extrem deoarece panta este maximă:  $45^\circ$  (pante mai mari de atât neputând fi reprezentate prin curbe de nivel, pentru reprezentarea lor se folosesc semne convenționale).

Este dificil de ales o echidistanță potrivită pe hărțile care conțin și munți cu pante abrupte dar și zone netede precum cele de câmpie. Dacă pentru o hartă la scara 1: 100.000 care conține și munți cu pante abrupte și zone de câmpie se va alege o echidistanță de 50 m ca în exemplul de mai sus, echidistanța va fi potrivită pentru zona muntoasă dar în zona de câmpie vor fi omise foarte multe detalii. În aceste situații sunt de folos curbele de nivel intermediare.

Depinzând de relief pentru hărți la scări identice pot fi alese echidistanțe diferite.

Legat de valoarea echidistanței se mai recomandă să fie una simplă, rotundă cu care să se poată face ușor calcule, și care înmulțită cu 5 să dea tot numere rotunde și de asemenea înjumătățită sau împărțită la 4 să dea tot numere rotunde (contururi intermediare).

Echidistanța între 2 contururi normale pe hărțile topografice românești este după cum urmează: 5m pentru scară 1:25000; 10 m pentru scară 1:50000; 20m pentru scară 1:100000; 40m pentru scară 1:200000.

Indicatoarea sensului în care crește altitudinea reliefului în lungul curbelor de nivel se face prin notarea altitudinii pe curbele principale, prin includerea de puncte cotate dar și prin niște liniuțe numite indicatoare de panta (figura 66):



Figura 66: Indicatoare de pantă: În exemplul din stânga altitudinea crește spre interior, deci avem de a face cu un vârf de deal/munte. În exemplul din dreapta altitudinea crește spre exterior, deci avem de a face cu o vale. Sursă: Ioan Fodorean - Note curs Cartografie Generală.

După Anton Năstase curbele de nivel au următoarele caracteristici:

- deplasandu-ne pe aceeași curbă de nivel nici nu urcăm, nici nu coborâm în altitudine
- doua curbe de nivel care se opun față în față sunt de valoare egală
- curbele de nivel se pot atinge dar nu se pot întretaia
- curbele de nivel înaintază pe dealuri (sunt convexe) și se retrag înspre văi (sunt concave)
- cu cât curbele de nivel sunt mai dese panta e mai mare, și invers
- cu cât suprafața închisă în interiorul unei curbe de nivel e mai mare cu atât altitudinea ei este mai mică

Valorile curbelor de nivel sunt scrise pe curbe în următoarele două feluri (după Imhof): A) valoarea e scrisă orientată similar cu direcția pantei (imaginea din stânga). B) valoarea curbei este scrisă cu o orientare din sus în jos hărții (imaginea din dreapta)

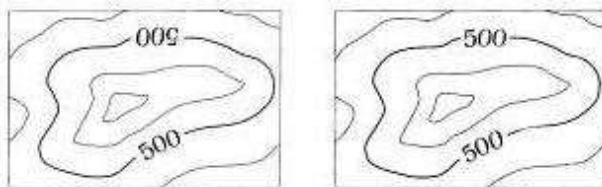


Figura 67: Modalități de notare a valorilor curbelor de nivel.  
Sursă: Eduard Imhof Cartographic Relief Presentation.

Pentru curbele de nivel se aleg culori în așa fel încât acestea să transmită informații adiționale: culoarea curbelor de nivel poate fi aleasă în funcție de tipul solului și astfel conturul va transmite și ce tip de sol avem. Culoarea curbelor de nivel poate fi aleasă după principiul tentelor hipsometrice și deci va transmite tipul de relief cu care avem de a face (verde-campie etc). Culoarea curbelor poate fi între gri și negru după principiul umbririi și astfel să indice direcția pantei, unghiul pantei urmând să fie dat de echidistanță.

Interpolarea este practică prin care se derivă/estimează valori necunoscute ale anumitor puncte în interiorul unor valori cunoscute și pe baza unor valori cunoscute. Interpolarea liniară este metoda de calcul a unei valori necunoscute aflată între două valori cunoscute. Mai există și alte metode mai complexe de interpolare.

Extrapolarea este metoda prin care se calculează valoarea unor puncte necunoscute, puncte aflate în exteriorul celor cunoscute, pe baza punctelor cunoscute menționate.

Exemple grafice de interpolare și extrapolare:

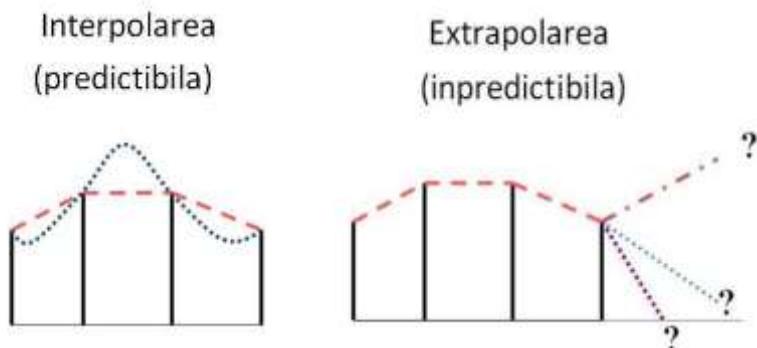


Figura 68: Interpolare vs extrapolare. Sursă: Note curs Digital Terrain Modeling – David Forrest.

Curbele de nivel sunt obținute de cele mai multe ori din puncte de cotă cunoscută prin diferite metode de interpolare. Mai jos un exemplu de interpolare liniară:

Care e înălțimea punctului x?

$$h_x = h_1 + (h_2 - h_1) / D * d$$

$$h_1 = 10; h_2 = 30;$$

$$D = 100; d = 25$$

$$h_x = 10 + (30 - 10) / 100 * 25 = 15$$

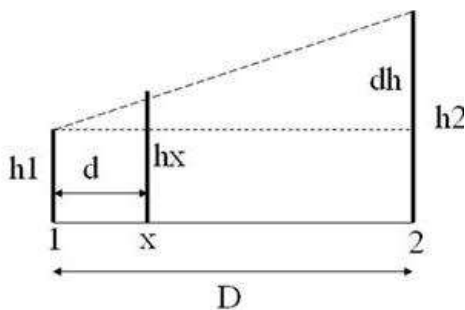


Figura 69: Interpolare liniară. Sursă: Note curs Digital Terrain Modeling – David Forrest.

Acum se observă cât de important este ca echidistanța să fie aleasă în așa fel încât între 2 curbe de nivel consecutive panta să fie constantă; dacă această condiție nu este îndeplinită interpolarea nu este recomandată.

În funcție de metoda de interpolare folosită forma conturilor poate diferi mult:

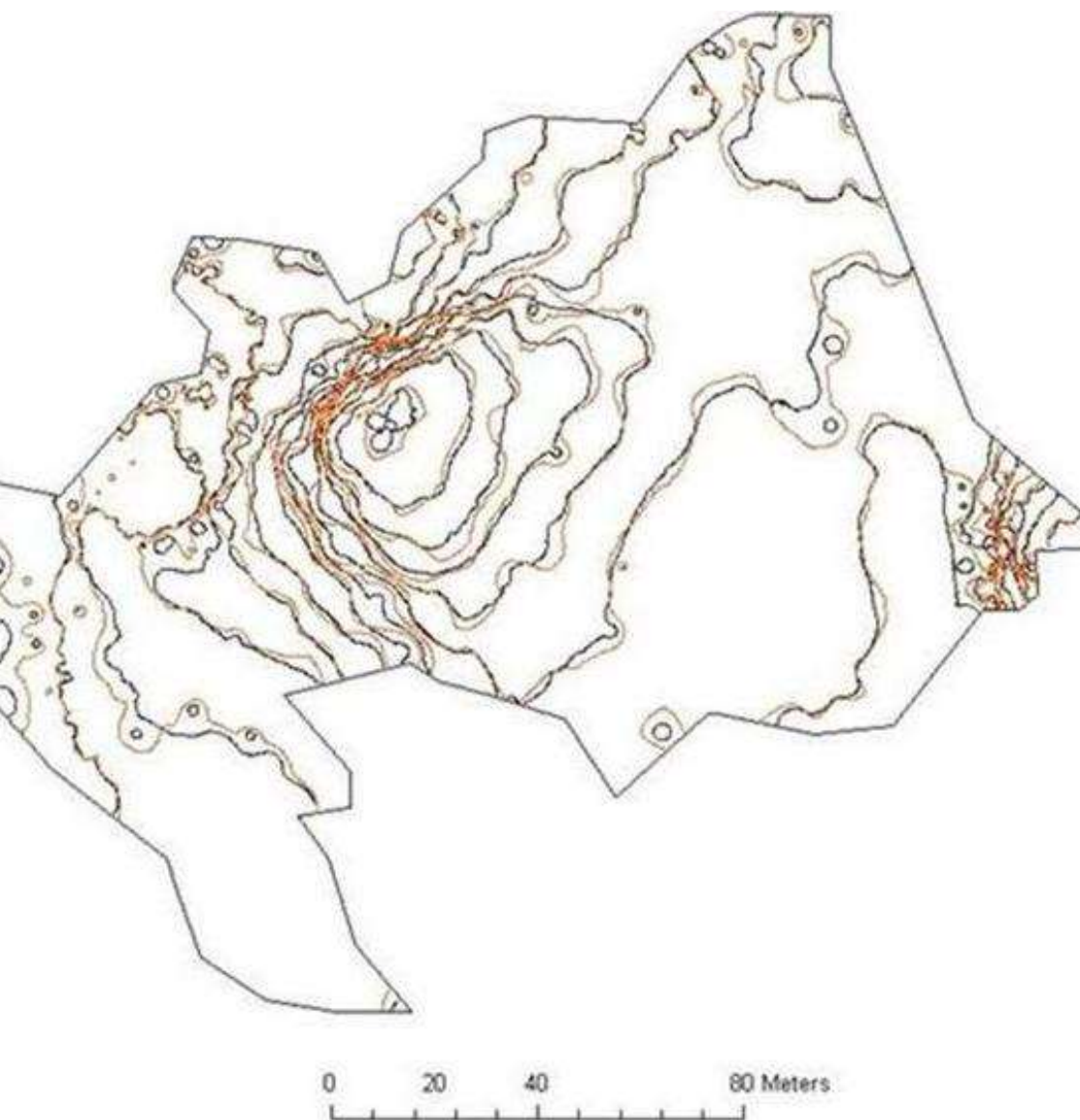


Figura 70: Contururi obținute prin metoda de interpolare Inverse Distance Weighting (IDW): față de 12 cele mai apropiate cote vecine și la puterea 2 (negru) și față de 4 cele mai apropiate cote vecine și la puterea 4 (maro). Sursa Timotei Rad. Se observa că contururile maro sunt mai

detaliat datorită folosirii unui număr mai mic de cote vecine față de contururile negre care datorită faptului că sunt determinate față de un număr mare de vecini au o generalizare mai pronunțată. De remarcat că la scara de 1:1333 – poza de mai sus printată pe o foaie A5 (1,5 cm pe hartă = 20 m/2000 cm în teren) există și diferențe de cca 1 cm (13,3 m).

Deci dacă la o scară de 1: 1333 există diferențe de 13,3 m la o scară de 1: 50.000 vor exista diferențe de 500 m. Deci curbele de nivel implică erori destul de mari.

Reprezentarea reliefului prin curbe de nivel prezintă marele avantaj de a oferi o comensurabilitate cum nici o altă metodă nu poate oferi dar și dezavantajul de a prezenta o plasticitate slabă (pentru un ochi experimentat în vizualizarea reliefului acest dezavantaj este de acceptat/tolerabil). După Rus și Buz (2003) există următoarele metode de îmbunătățire a plasticității curbelor de nivel: alegerea unei echidistanțe mici: curbele apropiindu-se creează efecte plastice; procedeul Totleben: îngroșarea curbelor de nivel proporțional cu pantă; procedeul Paulini: curbele de nivel sunt desenate pe hârtie gri cu alb pe versanții iluminați și cu negru pe cei umbriți.



## **b)METODA PUNCTELOR COTATE**

Reprezentarea reliefului prin metoda punctelor cotate se materializează prin redarea pe hartă a valorilor numerice aferente altitudinii sau adâncimii unor puncte din teren, altitudine sau adâncime exprimată față de un datum vertical dat. Metoda a apărut doar după ce s-au putut măsura altitudinile. Metoda conferă avantajul citirii rapide a altitudinilor reliefului, însă în afară de acest avantaj prezintă și toate celelalte dezavantaje posibile: încărcarea hărții în cazul prezentării unui număr mare de puncte, plasticitate inexistentă iar în ceea ce privește comensurabilitatea în afara redării directe a altitudinilor lipsește și aceasta (înclinarea versanților și pantele nu sunt redade). Doar că nu a spus nimeni ca această metodă trebuie folosită individual/singura, lucru care nici nu se întâmplă în practică! Metoda punctelor cotate este o metodă complementară de reprezentare a unor detalii ale reliefului, ea însoțind metoda curbelor de nivel, a tentelor hipsometrice, a hașurilor sau umbririi. Deci considerăm că această metodă trebuie analizată integrat în acest context și mai mult considerăm că această metodă nici nu a fost imaginată pentru a fi folosită individual și deci nu ar trebui să îi fie analizate dezavantajele analizând-o strict personal cum am făcut mai sus.

Densitatea punctelor cotate variază considerabil în funcție de scopul hărții, scara hărții, tipul de relief cu care are de a face harta respectivă, dar în practică depinde foarte mult și de gustul cartografului ce întocmește harta dată.

Zonele montane ce prezintă iregularități mai pronunțate ale altitudinii reliefului necesită o densitate mai mare a punctelor cotate decât zonele plate de câmpie, platou etc. Deasemenea dacă punctele cotate însoțesc o reprezentare prin hașuri sau una prin umbrire a zonelor muntoase vor fi necesare un număr mai mare de puncte cotate decât în cazul în care punctele cotate însoțesc reprezentarea prin curbe de nivel a unei zone muntoase.

Amplasamentul ales pentru punctele cotate este foarte important! Se poate aduce informație mult mai folositoare prin intermediul a câtorva puncte cotate amplasate strategic decât prin multe puncte cotate amplasate la întâmplare. Eduard Imhof recomandă următoarele locații

strategice pentru amplasarea punctelor cotate: joncțiunea râurilor, la marginile/pe muchiile platourilor/zonelor plate, pe crestele și vârfurile munților, în cele mai joase locuri ale depresiunilor, la intersecția de drumuri importante, pe poduri, la intrarea și ieșirea dintr-un tunel, în zone strategice ale unor localități precum gara sau biserica, în pasuri. În concluzie punctele cotate se recomandă să fie puse acolo unde „user”-ii hărții date au nevoie și în locuri ușor de localizat/recunoscut în teren pentru că dacă punctul nu poate fi recunoscut în teren este reprezentat pe hartă aproape complet inutil. Tot conform lui Eduard Imhof pe hărțile elvețiene la scările 1: 25 000 și 1: 50 000 o treime din punctele cotate corespund unor intersecții de drumuri, lucru datorat nu doar importanței rețelei rutiere ci și ușurinței recunoașterii în teren a acestor puncte. Este inutil să amplasăm puncte cotate la jumătatea distanței dintre 2 curbe de nivel dacă panta e constantă.

Există câteva cazuri speciale în care redarea cotelor unor puncte ridică anumite dificultăți:

-cotele râurilor sunt greu de redat ținând cont că debitul și deci și înălțimea/adâncimea apei acestuia poate fluctua mult la fel ca și albia.

-cotele lacurilor trebuiesc redade de așa manieră încât să fie sugestiv care cota corespunde oglindei lacului și care cote corespund anumitor puncte de pe fundul lacului. Deasemenea caracterul folosit pentru cifra corespondentă cotei oglindei lacului va fi diferit de cel aferent cotelor ce oferă informații despre puncte de pe fundul lacului.

### c) METODA LINIILOR STRUCTURALE

Principiul care stă la baza metodei de reprezentare a reliefului prin linii structurale este acela că relieful este compus din mai multe fațete, fațete care se unesc în lungul unor linii. Prin metoda liniilor structurale putem considera că realizăm planul rețelei hidrografice și a celorlalte linii care divid relieful (pantele, liniile în lungul cărora se modifică panta, muchiile teraselor și platourilor, creste, culmi, linia de contur a unui crater, etc). Toate aceste linii oferă o expresie mai organizată a reliefului. Liniile pot fi însoțite de semne convenționale pentru vârfuri, pasuri, etc.

La fel ca și metoda punctelor cotate metoda liniilor structurale este o metodă complementară de reprezentare a unor detalii ale reliefului, acesta fiind mai ușor de citit dacă pentru reprezentarea lui liniile structurale însoțesc curbele de nivel, hașurile sau umbrirea. Pentru hărți folosite pentru aplicații hidrologice, militare, de cățărare/alpinism - pentru a descoperi panta cea mai abruptă (pe creste alpiniștii sunt mai feriți de avalanșe), prezența liniilor structurale este de real ajutor. Liniile structurale oferă celui ce folosește harta o imagine mai precisă a formei reliefului.

Totuși metoda liniilor structurale se folosește și singură în cazul hărților (la scări mici) pentru care o redare schematică a reliefului este suficientă (hărți din manuale și atlase școlare etc). În această situație a reprezentării reliefului doar prin intermediul liniilor structurale avem de a face cu anumite dezavantaje: altitudinea și pantele nu pot fi apreciate.

Liniile structurale sunt de 2 feluri:

-pozitive: acestea descriu elementele convexe. Convexe ținând cont că viziunea este una ortogonală! Adică ne uităm de sus înspre crestele, munților/dealurilor). Liniile pozitive reprezintă crestele munților și se redau prin liniile groase.

-negative: acestea descriu elementele concave. Concave ținând cont că viziunea este una ortogonală! Adică ne uităm de sus înspre liniile în lungul cărora relieful coboară –hidrografie etc).

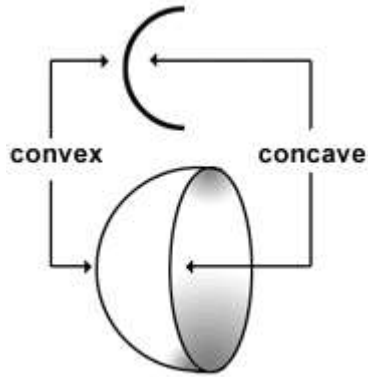


Figura 71: Convex versus concav. Sursă: [http://www.fetchaphrase.com/dome/f-nuts\\_bolts.html](http://www.fetchaphrase.com/dome/f-nuts_bolts.html)

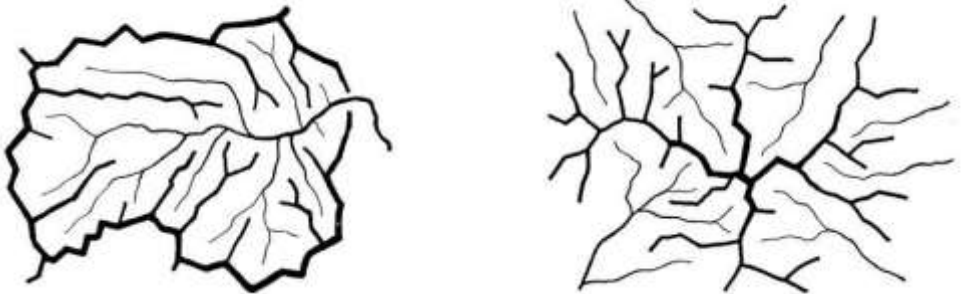


Figura 72: Linii structurale pozitive și negative. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation.

**d) METODA REDĂRII ABRUPTIMII PANTELOR PRIN TONURI DE ALB-GRI-NEGRU (cunoscută în literatura de specialitate ca „slope shading”)**

Această metodă redă prin intensificare graduală a tonurilor de alb-gri-negru abrupțiunea unghiului pantei, cu cât panta este mai abruptă tonul este mai întunecat/închis/negru. Prin urmare această metodă nu folosește umbre sau umbrire! În literatura de specialitate română această metodă a fost încetățenită eronat sub numele de metoda umbririi verticale (vezi mai jos de ce), însă a folosi termenul de umbrire este total greșit, deoarece umbrele nu sunt folosite la reprezentarea reliefului prin această metodă. Deasemenea a folosi umbre presupune a ilumina, dar dacă nu avem a face cu umbre nu avem a face nici cu iluminare! Deci nu este corect nici să numim această metodă ca metoda iluminării verticale. În concluzie este greșit a clasifica aceasta metodă în aceeași categorie de reprezentare a reliefului cu cea a iluminării oblice/umbririi oblice care este o metodă ce folosește umbre, umbrire și iluminare pentru a reda orientarea versanților și configurația reliefului.

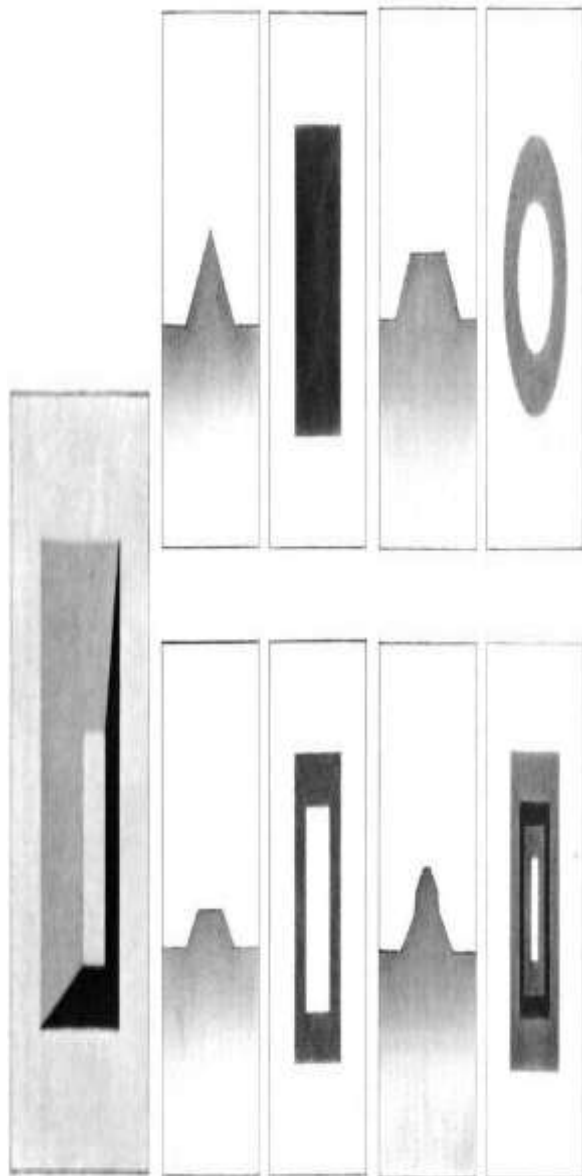


Figura 73: Forme geometrice cu abrupțimea pantelor reprezentate prin tonuri de alb-gri-negru. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation.

Conform principiului complicării lucrurilor simple pentru explicarea redării abruptimii paștelor pe hărți prin tonuri de alb-gri-negru a fost imaginată teoria „iluminării verticale”. Conform acestui principiu „iluminarea” este perfect perpendiculară pe toată suprafața cartografiată pe o hartă dată atât în natură cât și în momentul în care utilizatorul hărții folosește harta! ☺ Lucru evident irealistic. În aceste condiții abstracte zonele plate ( $0^\circ$ ) vor fi „illuminate” complet fiind albe, iar cele verticale ( $90^\circ$ ) nu vor fi „luminate” deloc (un alt fapt neadevărat este acela că zonele verticale nu sunt luminate deloc în natură). S-a ales pentru zonele plate ( $0^\circ$ ) un indice al gradului de „iluminare” (IGI) = 1, iar pentru zonele verticale ( $90^\circ$ ) un indice al gradului de „iluminare” (IGI) = 0. Pentru zone care prezintă un unghi al pantei cu o valoare cuprinsă între 0 și  $90^\circ$  indicele gradului de „iluminare” IGI =  $\cos \alpha$ , unde  $\alpha$  este unghiul pantei. Așadar o pantă de  $60^\circ$  va avea IGI = 0,5. Dar pentru că pante mai abrupte de  $60^\circ$  se întâlnesc foarte, foarte, foarte rar asta ar fi presupus ca doar jumătate din spectrul alb-negru (de la 0 la 0,5) să fie utilizat. Asta ar fi făcut imposibilă deja foarte complicată misiune încredințată utilizatorului hărții și ochiului uman, anume aceea de a deosebi/detecta o paletă de nuanțe de alb-gri-negru atât de condensată. Din acest motiv s-a propus în mod arbitrar și de aceeași manieră illogică și în neconcordanță cu realitatea naturală înjumătățirea IGI, și deci pentru zone verticale ( $90^\circ$ ) IGI să fie 0,5 pentru o pantă de  $60^\circ$  IGI să fie 0,25 s.a.m.d.



Figura 74: Reprezentarea reliefului cu metoda redării abrupțimii pantelor prin tonuri de alb-gri-negru (zona Gheorgheni). Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation.

Aplicabilitatea acestei metode este una redusă, gradul de abrupțime al pantei este redat prea generalizat și expeditiv ținând cont că ochiul uman nu poate detecta mai mult de 4-5 tonuri de gri-negru. Nejustificându-și utilizarea pentru redarea abrupțimii pantei nu va fi folosită, așa că îi va fi preferată metoda iluminării oblice, prezentată mai jos.

## **METODE DE REPREZENTARE A RELIEFULUI PRIN UMBRIRE**

Când vorbim despre umbrire pe hărți pentru reprezentarea reliefului ne referim la tonuri monocromatice care variază de la lumină la întuneric după anumite principii date.

Reprezentarea reliefului prin umbrire este una mult mai plastică și intuitivă decât celelalte prezentate mai sus, formele reliefului fiind redată mai bine, dar umbrirea nu prezintă comensurabilitatea aproape deloc spre deosebire de metoda curbilor de nivel.

### **e) METODA UMBRIRII OBLICE (cunoscută în literatura de specialitate ca „hillshading”)**

Prin metoda umbririi oblice relieful este reprezentat prin jocul de umbre ce are loc pe suprafața terestră sub iluminare oblică. Orice iluminare oblică va produce pe suprafețele plate o umbră de intensitate redusă pentru că dacă zonele plate nu ar fi deloc umbrite nu ar mai putea fi distinse de pantele iluminate (orientate spre locul de unde vine sursa de lumină).

Iluminarea nord-vestică (sus stânga) are puternice motivații psihologice: foarte bine înrădăcinatul obicei de a scrie de la stânga la dreapta, de a desena de la stânga la dreapta, iar în felul acesta a umbririi dinspre sus stânga înspre jos dreapta. Chiar și artiștii sau fotografiile plasează lumina asupra modelelor de sus stânga când ar putea avea multe alte opțiuni. Deci cu mult înainte de a se pune problema reprezentării cartografice a reliefului s-a decis locul iluminării pe hărți fără a se ține cont de geografie și topografie. S-a propus o iluminare sudică pentru zonele din emisfera nordică pentru că pe versanții sudici se află localitățile, resorturile turistice, terenurile agricole, etc pe când pe versanții nordici predomină pădurile, ghețarii etc. Totuși această teorie nu a reușit să se impună încă.

După cum se poate vedea în imaginile ce urmează impresia

formeii reliefului e dependentă în măsură destul de mare de direcția luminii oblice (de locul de unde lumina este propagată). Într-o primă figură (figura 75) vom reda suprafața de interes în curbe de nivel pentru a ne putea folosi de această figură la compararea efectelor umbririi de pe următoarele figuri



Figura 75: Suprafață pentru care se compară direcția iluminării redată în curbe de nivel. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation

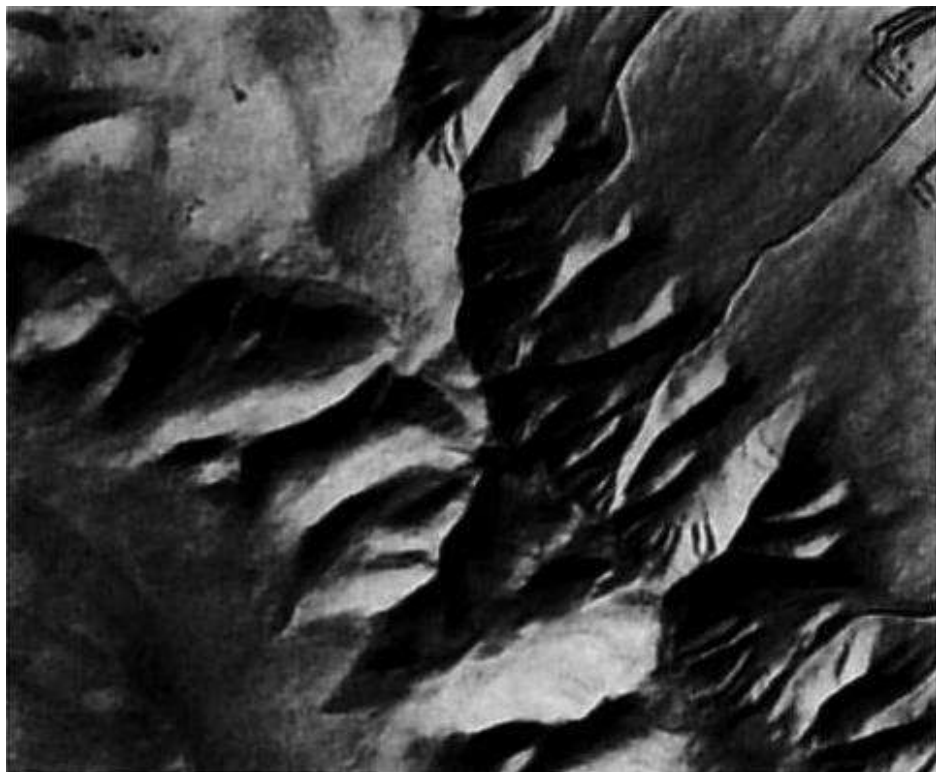


Figura 76: Iluminare nord-vestica. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation



Figura 77: Iluminare sudică. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation



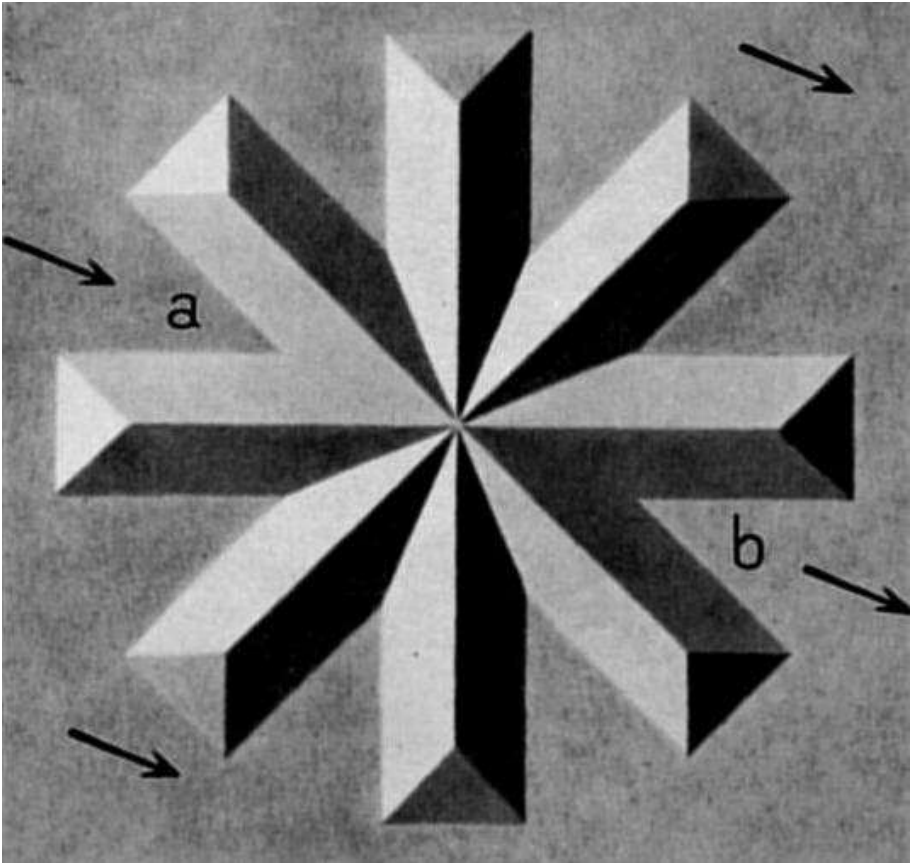
Figura 78: Iluminare vest-sud-vestica. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation

Locurile în care lumina ajunge prima oară (colțul de sus stânga în cazul luminării nord-vestice) par mai plate. Pentru utilizatorul unei hărți e foarte important să nu fie pus în situația în care munți de aceeași înălțime/impozanță unii să fie proeminenți reprezentați iar alții neglijați datorită unei umbriri nesatisfăcătoare.

### **Principiul iluminării locale**

Această dependență de direcția luminării este un neajuns mare pentru o hartă. Rezolvarea lui completă e imposibilă dar pentru reducerea semnificativă și cvasi-rezolvarea acestei probleme se va folosi metoda „modificării locale a direcției principale de iluminare”. O direcție locală a

iluminării va fi „plimbată” în jurul elementelor/versanților nepuși în evidență satisfăcător, precum în figură 79. Eduard Imhof recomandă ca direcția iluminării locale să nu devieze cu mai mult de  $30^\circ$  de cea principală, deasemenea nici pentru versanți paraleli (vecini) să nu se devieze iluminarea locală cu mult pentru vreunul dintre ei.



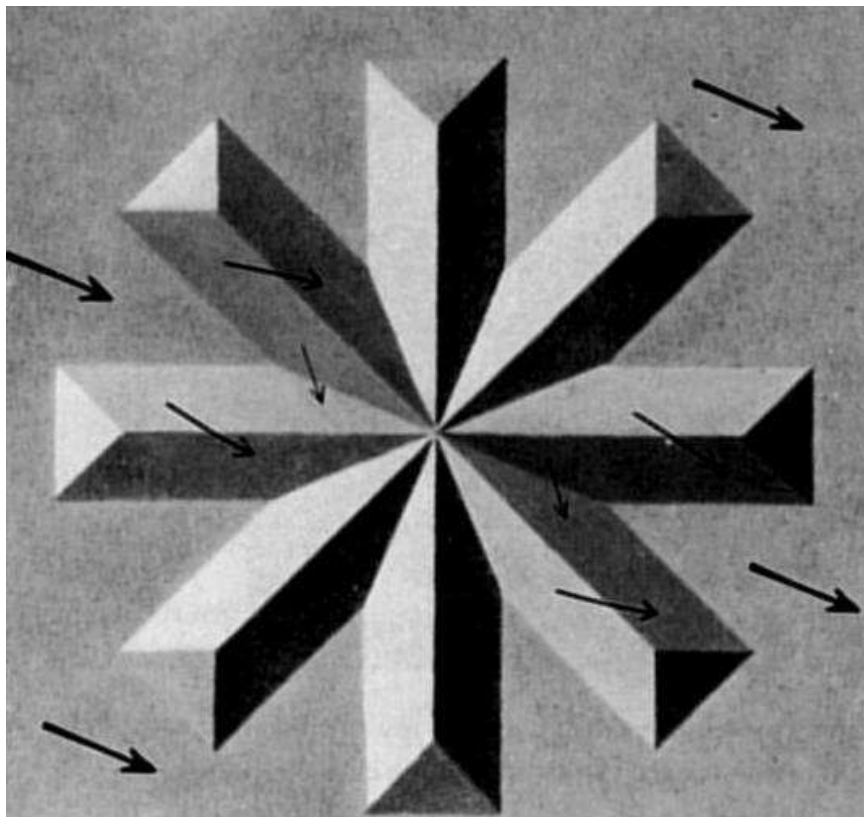


Figura 79: Pentru figura inițială (prima imagine a figurii - cea de sus) umbrită dinspre nord-vest se aplică iluminări locale (rezultatele se văd în figură de jos). Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation

Unghiul vertical al iluminării de asemenea trebuie adaptat reliefului. Pentru zone plate se va folosi un unghi mai mic ( $20^\circ$ ) ca în felul acesta umbrele să fie mai lungi și să fie scoase în evidență detaliile. Pentru zone abrupte un unghi vertical mic va crea umbre lungi pentru elementele impunătoare ale reliefului acoperind astfel majoritatea celorlalte detalii; prin urmare pentru zone cu relief abrupt unghiul vertical al iluminării se va mări până la  $45^\circ$  unde este cazul.

Reprezentarea reliefului prin umbrire oblică dă rezultate

satisfăcătoare când iluminarea variază local adaptându-se formei reliefului dat.

Mai jos redăm aceeași regiune de mai sus având relieful reprezentat de data aceasta prin umbrire oblică modificată grafic după principiul iluminării locale.



Figura 80: Umbrire produsă grafic după principiul iluminării locale; iluminare principală nord-vestică. Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation

### **Principiul perspectivei atmosferice:**

Ceața atmosferică cauzată de particulele de apă și praf creează un val albastru-gri care interferează în câmpul nostru vizual când percepem relieful mai îndepărtat, precum în figură 81. Acest fenomen (efect pe care îl are ceața atmosferică) este cunoscut ca perspectiva atmosferică. În natură contrastul dintre elementele mai întunecate și cele luminoase scade cu cât suntem la o distanță mai mare de ele, deasemenea elementele luminoase cu cât suntem mai departe de ele se văd mult mai greu, trec în plan secund.



Figura 81: Efectul perspectivei atmosferice în vizualizarea munților (reliefului) mai îndepărtat. Sursă: [http://en.wikipedia.org/wiki/Aerial\\_perspective](http://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_perspective)

Perspectiva atmosferică e imitată în reprezentarea reliefului prin umbrire pentru a reda efectul tridimensional al acestuia. Mai exact pe o hartă zonele altitudinale înalte corespund planului apropiat, iar zonele

altitudinale joase corespund planului îndepărtat. Prin urmare pentru zonele înalte se va oferi un contrast mai accentuat (crestele vor fi “ascuțite” pentru a fi scoase în evidență că astfel să se diferențieze mai bine versanții) iar pentru zonele joase contrastul dintre luminos și umbrat va fi redus (ca și cum ar fi mai îndepărtate). Aceste modificări realizate după principiul perspectivei atmosferice sunt realizate doar pe hărțile unde există diferențe mari de altitudine, dar și în aceste situații se va face cu discreție.



Figura 82: Iluminare oblică ajustată după principiul perspectivei atmosferice (în munții Alpi). Sursă: Eduard Imhof, Cartographic Relief Presentation.

## **2) TITLUL HĂRȚII**

Toate hărțile au nevoie de un titlu, există cazuri în care lipsa unui titlu este admisă: când o hartă e inserată și folosită ca o figură într-un document scris, iar la descrierea/titlul figurii vor apărea explicații despre figură care ar face inutil un titlu. De obicei titlul unei hărți generale va consta în numele regiunii cartografiate. Titlul trebuie să fie amplasat în susul paginii. Titlul mai trebuie să fie succint și să omită cuvinte care nu sunt impetuos necesare dar de asemenea trebuie să evite folosirea de abrevieri cu care cei care vor folosi harta nu sunt familiari. Pentru a evita titluri lungi dacă este necesar se va folosi un subtitlu pentru mai multe explicații. Un exemplu de subtitlu este scara hărții exprimată numeric. Mărimea caracterelor unui titlu trebuie să fie cea mai mare de pe întreaga hartă dar este recomandată evitarea majusculilor deoarece literele mici se citesc mai ușor. Dacă este cazul pentru o mai bună LIZIBILITATE se va folosi o „bounding box” pentru a masca porțiunea de hartă de sub titlu.



### **3) LEGENDA**

Legenda este acel element/component al hărții care explică/definiște simbolurile folosite pe harta respectivă. Simbolurile intuitive, care se explică singure (P pentru parcare, H pentru spital etc); simbolurile convenționale standardizate, simbolurile care nu sunt direct relaționate cu tema hărții pot fi omise din legende. La fel ca în cazul titlurilor pentru o mai bună LIZIBILITATE se va folosi o „bounding box” pentru a masca porțiunea de hartă de sub legendă.

Este obligatoriu că simbolurile din legendă să fie absolut identice cu cele de pe hartă, de la mărime, la culoare, la orientare și la caracterele folosite în cazul scrisului. Simbolurile din legendă trebuie aliniat cu grijă la aceeași distanță de marginea din stânga, aranjate vertical, unul sub altul cu aceeași spațiere între ele și de asemenea centrate orizontal (în figură 83: „Titluri potrivite pentru o legendă” se poate observa că primele două simboluri din legendă din stânga (Utilities) nu sunt centrate orizontal față de restul. În legendă din dreapta (Relief heights) această problemă nu se mai ridică pentru că există un singur tip de simbol egal ca mărime). Anumite simboluri trebuie alese intuitiv, de exemplu pentru un drum o să alegem o linie dreaptă de o anumită grosime nu o linie întreruptă în zig zag care e specifică cărărilor sau o linie în zig zag albastră specifică râurilor; aceeași situație e întâlnită și în cazul suprafețelor: pentru un lac, o insulă vom alege în legendă un simbol areal cu o formă iregulată. Simbolurile unei legende pot fi grupate după anumite criterii pentru a face legenda mai ușor de folosit: simboluri culturale, naturale, turistice, tipuri de drumuri etc. În figura 83, au fost grupate după cum urmează: în legenda din stânga utilitățile/serviciile puse la dispoziție turiștilor, în cea din dreapta nuanțele hipsometrice.

O legendă bine întocmită nu are nevoie de titlul „Legendă” pentru că dacă arată a legendă cel care folosește harta va deduce acest lucru, și e preferabil să nu îl tratăm ca pe un copil; deci legenda nu are neapărată nevoie de un titlu. În cazul în care o harta are mai multe legende, una pentru înălțimile reliefului, alta pentru utilități turistice atunci vom da

câte un nume explicativ fiecăreia (Figura 83: Titluri potrivite pentru o legendă). Un detaliu important în ceea ce privește legendele destinate înălțimilor reliefului e ca acestea să fie aranjate ca în realitate: cea mai mică înălțime în josul legendei iar cea mai înaltă în susul legendei, după cum se poate vedea în figură 83: Titluri potrivite pentru o legendă:



Figura 83: Titluri potrivite pentru o legendă. (din harta Loch Lomond Family Centre - Timotei Rad)

## 4) SCARA

Scara este expresia micșorării generale a Pământului înaintea proiectării sale în plan. Dacă scara hărții este 1 : 1 000 înseamnă că unei segment de pe hartă de o anumită lungime îi corespunde în teren un segment de 1 000 de ori mai mare: 1 cm = 1 000 cm.

Dimensiunea scării creează uneori confuzie: dacă vorbim despre o hartă la scară mare înseamnă că vorbim de o scară a cărei numitor (numărul de jos într-o fracție) este mic și deci cu cât e numitorul mai mic cu atât e scara mai mare.

$$1: 10 = 0.1$$

$$1: 1\ 000 = 0.001$$

Rezultatul fracției dă mărimea/micimea scării, deci este evident că o scară de 0.1 este mai mare ca una de 0.001. Cu toate că exprimarea scării în această formă (0.1) ar transmite o impresie mai rapidă și mai logică asupra mărimii scării, este preferată exprimarea scării în forma unei fracții deoarece aceasta exprimare transmite direct factorul micșorării realității (de 10 ori, de 1 000 de ori).

Scara crează o oarecare confuzie pentru că scara generală a unei hărți nu e uniformă pe toată suprafața hărții datorită deformărilor. Scara generală a unei hărți exprimă de fapt fracția micșorării globului terestru înainte de a fii proiectat în plan (figura 84). Globul geografic este singura modalitate de a reprezenta Pământul la o scară constantă. Din acest motiv calculul distanțelor pe hărți la scară mică nu se fac măsurând distanța de pe hartă și apoi înmulțind cu numitorul fracției scării numerice ci cu ajutorul coordonatelor geografice.

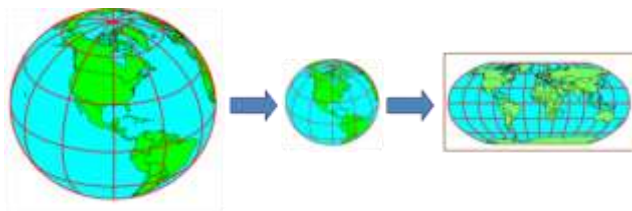


Figura 84: Scara unei hărți este de fapt scara reducerii globului înainte de a fi proiectat. Sursă: <http://www.slideworld.org/viewslides.aspx/Geodesy,-Map-Projections-and-Coordinate-Systems-ppt-2372492>

Scara poate fi exprimată: PUUUULLLLLAAAAA

**a)numeric:** 1 : 1 000

Scara numerică este determinată în felul următor: se măsoară un segment oarecare pe hartă, în dreptul unei linii de deformări zero: „d” = distanța grafică, apoi i se măsoară acestui segment mărimea reală din teren „D” = distanța naturală. Important e să se lucre cu aceeași unitate de măsură! Centimetri, metri etc chiar dacă e nevoie de transformări. Exemplu: d = 10 cm, D = 10 000 cm. Cu regula de trei simpla vom afla expresia numerică a scării:

Dacă 10 unități pe hartă (cm) ..... 10 000 unități în teren

1 unitate pe hartă .....  
X unități în teren

$$X = 1 * 10\ 000 / 10 = 1\ 000$$

Deci scara numerică a hărții e 1 : 1 000.

O altă modalitate de a calcula este folosind următoarea formulă:

$$\frac{1}{N} = \frac{d}{D}$$

1/N e scara numerică.

Scara numerică se folosește pe hărțile printate. Pentru că odată cu dezvoltarea tehnologiei tot mai multe hărți sunt dispuse pe ecrane de diferite mărimi harta e mărită sau micșorată față de versiunea ei inițială în funcție de mărimea ecranului. De asemenea prin folosirea opțiunii zoom scara hărții se modifică și deci o scară exprimată numeric sau textual (a se vedea sub-punctul 3: scară textuală) nu este potrivită numai în cazul hărților ce urmează să fie printate.

**b)grafic:**

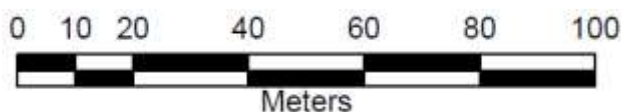


Figura 85: Scara cu sub-segmente de diferite lungimi

Scara grafică este cel mai des reprezentată ca în exemplul de mai sus (Figura 85), un segment de dreaptă împărțit în sub-segmente ALTERNANTE alb și negru. Se poate opta doar pentru sub-segmente de lungime egală ca în exemplul următor sau și pentru sub-segmente de diferite mărimi pentru a oferi posibilitatea calculului de distanțe mai mici decât segmentul standard (Figura 85). Mai există și cazul în care sub-segmentele de dimensiuni mai mici sunt puse în stânga lui zero, în acest caz această parte a scării grafice din stânga lui zero se numește talon, acesta poate fi simplu sau exagerat după cum se vede mai jos:

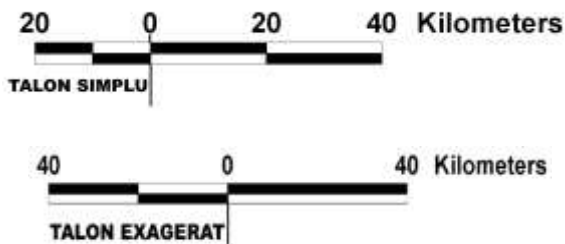


Figura 86: Scara grafică cu talon. Sursă: Ioan Fodorean, Titus Man, Ciprian Moldovan - Curs practic de cartografie și GIS, 2008.

Există și scări grafice mai complexe numite scări grafice cu transversale, sunt folosite pentru a oferi posibilitatea de a calcula rapid distanțele pe hartă dar acestea ocupa mult spațiu pe hartă acest lucru făcându-le în cele mai multe cazuri nepractice.

Scările grafice sunt cele mai recomandate și cele mai practice datorită abilității lor de a rămâne direct proporționale cu harta în caz de micșorare sau mărire și sunt singurele aplicabile hărților vizualizate pe ecrane. Google Maps, Google Earth și restul site-urilor de specialitate folosesc doar acest tip de scară.

Totuși în cazul unor hărți la scară mică, ca de exemplu cele ale întregii lumi tipurile de scări grafice prezentate mai sus își pierd utilitatea, ele fiind valabile doar în lungul meridianelor sau paralelelor principale (iar în cazul în care sunt folosite acest lucru trebuie să se menționeze). În acest caz soluția este folosirea scărilor variabile ca în figură 87:

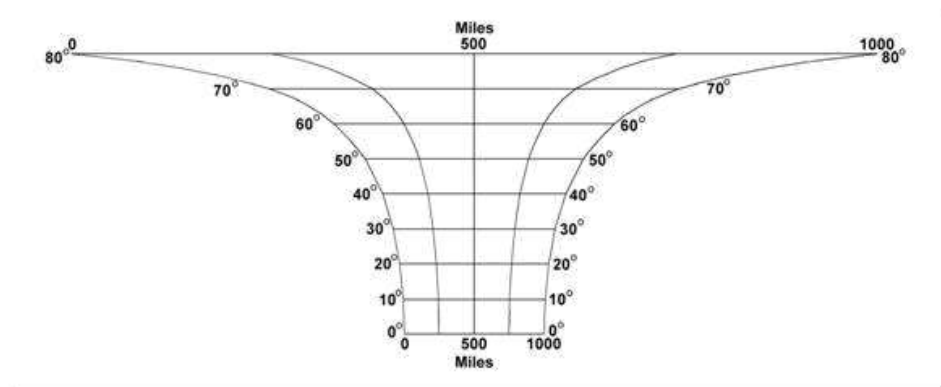


Figura 87: Scara grafică variabilă pentru o harta globală în proiecție Mercator. Sursă:

(<http://blogs.esri.com/Support/blogs/mappingcenter/archive/2007/08/06/choosing-the-best-way-to-indicate-map-scale.aspx>)

Dar aceste scări variabile sunt aplicabile doar anumitor proiecții,

mai exact doar proiecțiilor conforme, deoarece pe aceste hărți scara variază sistematic în toate direcțiile în lungul paralelelor; deoarece variația scării lungimilor e direct proporțională cu variația latitudinii. Totuși singurul tip de proiecție pe care acest tip de scări grafice variabile se pot folosi fără un nivel de dificultate mare sunt cele cilindrice normale conforme, pentru ca pe aceste proiecții paralelele sunt linii drepte. În cazul celorlalte proiecții conforme e mai dificil. De exemplu în cazul proiecției conice conforme Lambert poate fi construită o scară grafică variabilă dar paralelele vor fi arcuri circulare așa că distanță va fi greu de calculat. La fel în cazul proiecțiilor stereografice azimutale paralelele vor fi cercuri iar calculul distanței va fi din nou greu de efectuat; eventual cu un fir de ață, care mai apoi va fi întins pe liniar. Totuși unii specialiști recomandă lipsa scărilor pe hărțile la scară mică.

Un alt avantaj al scărilor grafice e că sunt singurele care pot exprima în același timp și pe un singur grafic scara în mai multe unități de măsură (km și mile de exemplu) ca în Figură 88:

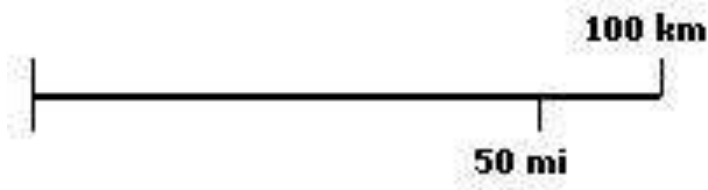


Figura 88: Exprimarea scării în diferite unități de măsură

Distanța de la sfârșitul scării grafice trebuie să fie un număr „rotund” și cu care să se lucreze ușor. De exemplu 100 km și 50 mile nu 100 km și 62,15 mile doar de dragul de a avea segmentele egale.

Scările grafice trebuie să fie subtile, ele sunt destinate doar celor interesați de mai multe detalii și nu trebuie să atragă atenție, ocupând prea mult spațiu.

**c) textual**(direct):  $1\text{ cm} = 10\text{ m}$

**d) verbală** - în literatura britanică și americană de specialitate până recent

se mai vorbea de încă un tip de scară, scara verbală. Acest lucru e relaționat cu sistemul de unități de lungimi anglo-saxon. Astfel ca scara să fie mai ușor de înțeles pentru britanicul de rând era exprimată în subtitlu după cum urmează: „un inch la o milă” ; asta înseamnă că unui inch de pe hartă (2,54 cm) îi corespundea o milă în realitate (160900 cm). Nu e prea mare diferență între scara textuală (directă) și cea verbală, dar dacă există consacrată în literatura de specialitate și acest tip de scară o menționăm. Scara “un inch la o milă” exprimată numeric este 1: 63 360.

Există și cazuri unde nu se impune prezența unei scări, de exemplu în cazul GPS-urilor care au doar scopul de a indica direcții, dar acestea nu sunt hărți propriu-zise și nu fac obiectul demersului nostru.

Scara este unul din criteriile cele mai importante în clasificarea hărților. În literatura română de specialitate hărțile sunt clasificate în funcție de scară în planuri și hărți după cum urmează:

- planuri de detaliu 1:50 – 1:100
- planuri urbane 1:500 – 1:1000
- planuri de situație 1:2000 – 1:2500
- planuri topografice 1:5000 – 1:10000
- harti topografice/hărți la scară mare 1:25000 – 1:200000
- harti topografice de ansamblu/hărți la scară mijlocie 1:200000 – 1:1000000
- harti geografice/hărți la scară mică <1000000

## 5) INDICAREA ORIENTĂRII

Indicarea orientării se referă la indicarea nordului pe o hartă, acest lucru e realizat de cele mai multe ori orientând intuitiv harta cu nordul înspre susul paginii sau folosind o săgeată sau rețeaua reticulară de meridiane și paralele. O indicație a nordului e necesară doar pe hărți care nu sunt orientate intuitiv cu nordul geografic în susul paginii chiar dacă s-a format concepția greșită că orice hartă trebuie să aibă o săgeată care să arate nordul. Din contră există hărți în anumite proiecții pentru care folosirea săgeții care indică nordul este greșită deoarece ar indica nordul doar pentru o anumită locație, precum în figură 89, și pentru care singura soluție sunt meridianele. Deci după cum am specificat și în titlul capitoului elementul necesar hărții este orientarea nu un anumit indicator de orientare, pentru că modu așezării hărții în pagină (cu nordul în sus) nu poate fi considerat un element.



Figura 89: Exemplu de hartă pentru care folosirea săgeții care indică nordul ar fi greșită.

Pe anumite hărți pe care orientarea este importantă, precum cele maritime sau topografice apar indicatoare de direcție compuse arătând nordurile geografic, magnetic și topografic. Mai jos în figură 90 avem un indicator compus în limba ivrit(ebraică), motivul pentru care am ales un indicator într-o limbă complet străină nouă este ca să subliniez intuitivitatea simbolurilor alese: nordul magnetic este reprezentat de stea – ne duce cu gândul la Steaua Polară, cel geografic de săgeată iar ultimul nu poate fii decât cel topografic.

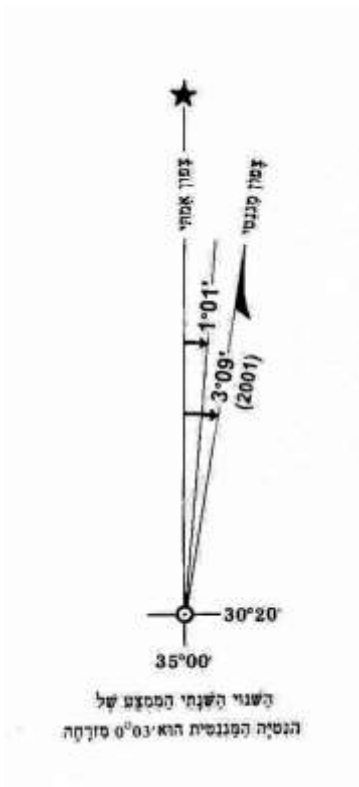


Figura 90: Indicator compus. (<http://en.wikipedia.org/wiki/File:IsraelCVFRmag.jpg>)

Stilul simbolurilor pentru indicatorul de orientare la fel ca în cazul scării, trebuie să fie simplu și să nu atragă atenția.

## **6) METADATA**

Metadata = data întocmirii hărții + data surselor hărții, surse, indicații redacționale (editură, autor), proiecție.

Prin metadata ne referim la acele informații (date) care să facă referire la proveniența informațiilor (datelor) ce apar pe cuprinsul hărții – date despre date. De exemplu sursa măsurătorilor topografice, anul măsurătorilor topografice, cartograful etc. În literatura română de specialitate ceea ce definește aici prin metadata sunt elementele de întocmire ale hărții (consider că termenul întocmire nu este potrivit în ceea ce privește autorul și sursele hărții). Metadata este dictată de audiență ("map user"-ii) căreia se adresează această.

Unele audiențe au nevoie de specificații exacte în ceea ce privesc sursele și restul metadata-lor altele mai puțin sau deloc. Metadata trebuie să aibe caracterele cele mai mici dintre toate înscrisurile de pe hartă, metadata se adresează unui mic număr dintre „user”-i și nu trebuie să atragă atenția.



## ALTE ELEMENTE ALE HĂRȚILOR/ ELEMENTE OPȚIONALE:

„Inset map” - o inset map este o hartă mai mică cuprinsă în interiorul hărții principale. În românește termenul inset map este tradus prin hartă medalion. Deoarece cuvântul medalion mă trimite cu gândul la cu totul altceva prefer termenul englezesc al acestui concept. „Inset map” poate fii de 4 feluri:

-„location inset map” cu scop de a localiza teritoriul cartografiat pe harta principală într-un context regional/continental etc. De exemplu pentru o hartă a statului Burundi se înserează o inset map cu continentul Africa scoțând în evidență printr-o culoare care să atragă atenția (roșu) poziționarea statului Burundi pe continentul african. Un exemplu de „location inset map”.



Figura 91: Exemplu de „location inset map”. Harta prezintă sudul lacului Loch Lomond, iar “location inset map” redă întregul lac.

În cazul „location inset map”-urilor prezența unei scări aferente acestora nu este obligatorie, scopul lor după cum am menționat este de altă natură.

- „enlarger inset map” are scop de a reda mai în detaliu o anumită porțiune de interes sporit a hărții date. Porțiune care pe harta dată e prea aglomerată, neclară. Spre deosebire de „location inset map”, „enlarger inset map”-urile au nevoie de o scară proprie pentru a exprima gradul cu care ele măresc teritoriul redat pe harta principală.

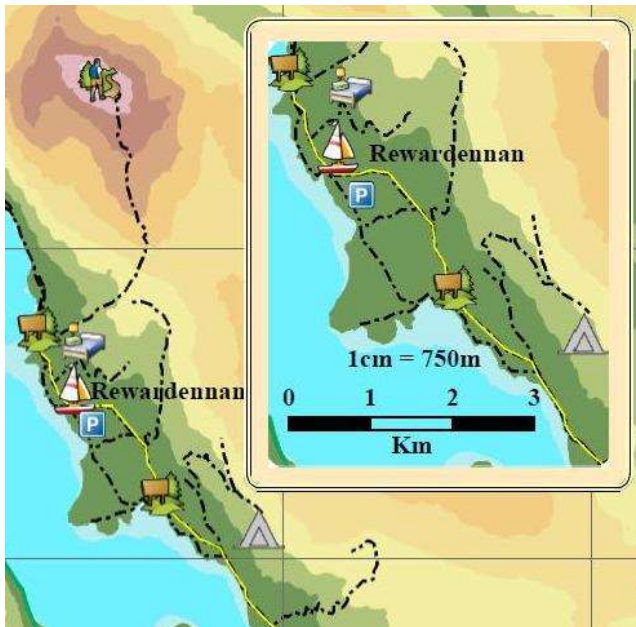


Figura 92: Exemplu de „enlarger inset map”.

- „related area inset map” are scop de a reda teritoriile care au legătură cu harta dar au localizare geografică diferită, exemplul clasic e cel al hărților Statelor Unite ale Americii care au inserate ca „related area inset map” Alaska și Hawaii.

## **BIBLIOGRAFIE**

Curs practic de Cartografie și G.I.S., Ioan Fodorean, Titus Man, Ciprian Moldovan, Ediția a2a, Cluj Napoca, 2008

Map projections, Rudi Gens (material electronic disponibil on-line)

Map projections, Hugh Roblin, Edward Arnold, 1969

Introduction to Cartography (material electronic disponibil online - [www.elcamino.edu](http://www.elcamino.edu))

Flattening the Earth: two thousand years of map projections, John Pârr Snyder, University of Chicago Press, 1997

Map Projections An Working Manual, John Pârr Snyder, USGPO Chicago, 1987

Geografie tehnică: Cartografie, Ioan Rus & Victor Buz, Editura Silvania Zalău, 2003

Topografie – Cartografie, Anton Năstase&Gabriela Osaci Costache, Editura fundației România de mâine, 2000 București, 2000

Understanding Map Projections, Melita Kennedy (material electronic disponibil on-line)

Geometric aspects of mapping: map projections (material electronic disponibil on-line)

Map projections, Mahmoud Senosy & Ahmed Seif (material electronic disponibil on-line)

Essential of GIS – Michael Shin & Jonathan Campbell, FlatWorldKnowledge.com, 2011

Notes on projections – James Clynych (material disponibil online)

Jane Drummond – Note curs “Fundamentals of Geomatics”  
(nepublicate)

Map projections, Tău Rho Alpha, Taylor&Francis, 1991

A history of ancient mathematical astronomy – Otto Nneugebauer

Contribuții la determinarea cvasigeoidului pe teritoriul României,  
Paul Daniel Dumitru, București, 2011

Greek Geography ; E. H. Warmington; Printed în GB by The  
Temple Press Letchworth, London 1934

Map Projection, George P. Kellaway, Printed în GB by Jarrold  
and Sons LTD, Norwich 1957

An Introduction to the Study of Map Projections – J. Steers,  
University of London Press, London 1965

Elements of map projections- C. Deetz, O. Adams ; United States  
Government Printing Office, Washington 1945

Map Projections – A Reference Manual J. Snyder, L.  
Bugayevskiy, Taylor&Francis Ltd, Bristol 1995

The World în Perspective - F. Canters, H. Declair; John  
Wiley&Sons, Chichester 1989

<http://www.mapmathematics.com/ProjectionsList.php?Projection=129>

<http://www.kartografie.nl/geometrics/map%20projections/body.htm>

<http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Dither/ProjAz/projAz.html>

[http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a\\_projections.html](http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a_projections.html)

<http://www.mapmathematics.com/ProjectionsList.php?Projection=129>