

**SISTEME INFORMATICE
GEOGRAFICE**

ÎN CARTOGRAFIE ȘI CADASTRU

Prof. univ. dr. ing. **CONSTANTIN NIȚU**
CS II dr. ing. **TIBERIUS TOMOIAGĂ**

SISTEME INFORMATICE GEOGRAFICE

ÎN CARTOGRAFIE ȘI CADASTRU



EDITURA UNIVERSITARĂ
București, 2015

CUPRINS

Capitolul 1. Cartografia, realități și perspective	9
1.1. Mic istoric al cartografiei	9
1.2. Cartografia ca știință	12
1.3. Funcțiile hărții	15
1.4. Proiecțiile cartografice	17
1.5. Natura atributelor Z	21
1.6. Procesarea datelor digitale.....	31
1.7. Noi produse cartografice	36
1.8. Concluzii asupra hărților tematice.....	38
Capitolul 2. Noțiuni generale de cadastru	39
2.1. Scurt istoric al cadastrului	39
2.2. Definirea, rolul, funcțiile și clasificarea cadastrului...	41
Capitolul 3. Date geografice	49
3.1. Date vectoriale, date raster și date de tip grilă.....	50
3.2. Organizarea datelor în baze de date.....	58
3.2.1. Baza de date.....	58
3.2.2. Proiectarea BD.....	59
3.2.3. Baze de date geospațiale.....	60
3.3 Crearea bazei de date cadastrale	63
3.3.1 Stabilirea a entităților cadastrale și a atributelor acestora	63
3.3.2 Stabilirea straturilor bazei de date cadastrale .	64
3.3.3 Parcela	65
3.3.4 Clădirea.....	67
3.3.5 Rețeaua	70
3.3.6 Artera de circulație	70

3.3.7	Proprietarul sau deținătorul	71
3.3.8	Relații între entități	72
3.3.9	Baza de date de poziție (straturi)	72
3.3.10.	Constituirea bazei de date	74
3.3.11.	Exploatarea bazei de date	76
Capitolul 4. Statistica și cartografia		78
4.1.	Istoricul statisticii și geostatisticii	78
4.1.1.	Statistica	78
4.1.2.	Geostatistica	80
4.2.	Metode statistice	80
4.2.1.	Tabelarea și prezentarea datelor	81
4.2.2.	Măsurări ale tendinței centrale	82
4.2.3.	Măsurări ale variabilității	83
4.2.4.	Corelația	83
4.3	Modele matematice și modele statistice	84
4.4	Clasificarea elementelor, sisteme de clasificare	84
4.4.1.	Coeficienți de corelație	84
4.4.2.	Analiza grupărilor	85
4.4.3.	Calculul cantității de informație a clasificării	85
4.5.	Construcția hărților statistice	88
Capitolul 5. Semiologia și cartografia tematică		90
5.1.	Definiții ale semioticii	90
5.2.	Semn și interpretare	91
5.3.	Semiologie grafică	93
5.4.	Inscripții pe hărți	99
Capitolul 6. Sistemele informatice geografice și cartografia		102
6.1.	Sistemul informatic geografic	102
6.2.	Componentele sistemului informatic geografic	105
6.2.1.	Sistemul informatic spațial	105
6.2.2.	O definiție practică a unui sistem informatic geografic	107

6.3. Sisteme informatice geografice generale și dedicate	109
6.4. Analiza geospațială.....	110
6.5. Pachete de programe utilizate în SIG	111
6.6. Integrarea în SIG a pachetelor de programe de analiză spațială	112
Capitolul 7. Geostatistica și cartografia.....	114
7.1. Interpolarea spațială	114
7.2. Metode exacte de interpolare	118
7.2.1. Interpolarea cu ponderea egală cu valoarea inversă a distanței	118
7.2.2. Metoda Kriging	119
7.2.3. Metoda celui mai apropiat vecin	121
7.2.4. Metoda funcției bazei radiale	122
7.2.5. Metoda Shepard modificată.....	123
7.2.6. Triangularizare cu interpolare liniară	123
7.2.7. Metoda vecinului natural	124
7.3. Metode aproximative de interpolare.....	125
7.3.1. Metoda regresiei polinomiale	125
7.3.2. Interpolarea polinomială locală	126
7.3.3. Metoda mediei glisante.....	126
7.4. Elipsa de selecție	127
7.5. Modele de variograme.....	127
7.6. Generarea izocurbelor și reprezentarea suprafeței 3-D.....	128
Capitolul 8. Hărți și documente cadastrale.....	130
8.1. Sisteme de proiecție, necesitate, utilizare.....	130
8.1.1. Generalități	130
8.1.2. Sistemul de proiecție stereografică 1970.....	131
8.1.3. Sistemul proiecției stereografice 1930 a municipiului București	133
8.1.4. Sistemul de împărțire a foilor de plan pentru proiecția stereografică	133

8.1.5. Nomenclatura pentru proiecția stereografică a municipiului București.....	135
8.1.6. Cartografierea planurilor cadastrale	136
8.1.7. Planul cadastral de ansamblu.....	138
8.1.8. Alte documente principale ale cadastrului general	139
Capitolul 9. Cartografia folosind web sau telecartografia.....	142
9.1. Necesitatea cartografiei folosind web sau telecartografiei.....	142
9.2. Tendințe în cartografia web.....	143
9.3. Utilizatorii hărților realizate pe Web.....	145
9.4. Principii cartografice pentru web	147
9.5. Publicarea de hărți pe web.....	148
9.6. Aspecte practice ale proiectării hărții pe web.....	149
9.7. Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară și telecartografia.....	153
9.8. Hărți turistice pe web	154
9.9. Atlase electronice pe web.....	155
9.10. Hărți meteorologice.....	156
9.11. Hărți de trafic	157
Bibliografie	159
Anexa 1:Comparația programelor SIG după sistemul de operare utilizat	163
Glosar de termeni SIG.....	165
Lista figurilor.....	177
Lista tabelelor.....	181

Capitolul 1

CARTOGRAFIA, REALITĂȚI ȘI PERSPECTIVE

1.1. Mic istoric al cartografiei

Informațiile documentare despre hărți ne arată că ele au existat încă dinaintea erei noastre: au fost găsite schițe primitive la egipteni, chinezi, canadieni, amerindieni realizate pe suporturi foarte variate, începând de la os, coji de copac, nisip, lemn, pietre etc. Conținutul acestor schițe se referă la suprafețe restrânse și reprezintă diferite elemente ale cadrului natural, ca rețeaua hidrografică, lacurile, pădurile, peșterile.

Cea mai veche hartă ajunsă în România, zgâriată pe o tablă de argint, este a Mesopotamiei, datând din sec. XIV-XV î.Cr.

Primele hărți propriu-zise apar la grecii antici. Cea dintâi hartă grecească a fost realizată de ANAXIMADRU din MILET și cuprinde lumea cunoscută a timpului său, înconjurată de OKEANOS, în ipoteza Pământului plan.

Cele mai remarcabile rezultate cartografice în antichitate au fost construirea primului glob geografic de către CRATES și imaginarea primelor sisteme de proiecție de către HIPARH (sec. II î.Cr.) și PTOLEMEU (sec. II d. Cr.).

Romanii n-au îmbogățit cu nimic baza teoretică a reprezentărilor cartografice, chiar dacă au întocmit și ei hărți numite *itinerarii*, necesare în războaiele lor de expansiune. O astfel de hartă este *Tabula Peutingeriană*.

În *feudalism*, dezvoltarea comerțului atrage după sine întocmirea hărților legate de necesitățile practice. Astfel se construiesc hărți marine de către italieni, cunoscute sub numele de *portulane*, care se refereau de obicei la bazinul unei singure mări.

Secolul al XVI-lea se caracterizează printr-o fructuoasă și valoroasă activitate cartografică, cei mai importanți reprezentanți ai acestei perioade fiind MERCATOR și ORTELIUS (olandezi). Mercator publică în anul 1578 un prim atlas de hărți geografice după hărțile lui Ptolemeu, dar reconstituite și corectate de el. La întocmirea hărților, utilizează proiecția cartografică și propune mai multe proiecții, dintre care una pentru navigație, care îi poartă numele, fiind folosită și în prezent.



Figura 1.1: Terrarum, 1594

Sec. al XVII-lea este cunoscut prin apariția unor atlase care, pe lângă hărțile respective conțineau și texte.

Din secolul al XVIII-lea merită amintită activitatea de întocmire a hărților la scări mijlocii și mari. Prima hartă topografică este harta Franței a lui Cassini la scara 1:86400.

În anul 1871 are loc primul congres de geografie, unde se pune problema alegerii meridianului de origine sau a primului meridian, probleme rezolvată în 1884 la o conferință special convocată la Washington, când s-a ales ca meridian de origine meridianul observatorului de la Greenwich.

La sfârșitul secolului al XIX-lea (1891), la Congresul de la Berna, pentru unificarea hărților topografice naționale într-o hartă internațională, s-a adoptat propunerea lui A. Penck de a construi o hartă a globului la scara 1:1.000.000. În 1899 s-a hotărât întocmirea unei hărți batimetrice a Oceanului Planetar la scara 1:10.000.000 care a apărut în 1904.

Între cele două războaie mondiale s-au realizat diferite tipuri de hărți și atlase. Opera cartografică de importanță mondială a acestei perioade este Marele Atlas Sovietic al Lumii.

După al doilea război mondial, dezvoltarea cartografiei este în plină ascensiune, se continuă cu întocmirea atlaselor naționale, a hărților topografice pentru noile state apărute, cu apariția unor dicționare poliglote, cu organizarea unor conferințe internaționale de cartografie etc.

După etapele „aproximărilor dimensionale, geometrizării geografiei” și „aplicării metodelor statistice în geografie”, anii 1960 marchează debutul etapei informatizării cartografiei. Această etapă se identifică cu debutul sistemelor informatice geografice (SIG), ea fiind condiționată de perfecționarea rapidă a calculatoarelor. Primii pași au fost marcați prin constituirea bazelor de date, care ulterior au putut fi utilizate și de către alți beneficiari.

Un pas înainte în informatizarea cartografiei l-a constituit realizarea atlaselor electronice, care pot conține, pe lângă informațiile unei baze de date tradiționale, și informație sub

formă grafică (hărți generale, hărți tematice, cartograme, blocdiagrame, cartodiagrame, profile etc.). Atlasele electronice prezintă avantajul modificării rapide a informației conținute sub formă grafică de la un eveniment sau fenomen geografic prezent la unul viitor, întrunind atributul de „operațional” și „funcțional”.

1.2. Cartografia ca știință

Geografia este o știință cu un obiect de studiu propriu, dar și cu aspectul spațial al dispunerii obiectelor și fenomenelor (Bailly și Beguin, 1998). Un același obiect îl pot avea și alte discipline. De exemplu, fenomenele sociale distribuite geografic pot fi studiate de sociologi, juriști, politicieni, informaticieni, criminologi ș.a., așadar nu numai geografii definesc prin longitudine și latitudine, dar și prin altitudine, permițând descrierea concentrărilor critice punctuale sau areale între cartiere, localități, imobile, stațiuni sau centre turistice.

Geograful cartograf va încerca să înțeleagă concentrările spațiale observate, dar și să explice și să sugereze soluții pentru o mai bună gestiune a problemei în spațiu. Două probleme sunt puse de către geograf: unde și de ce acolo? Harta va fi de departe un instrument excelent pentru a reprezenta, a modela și a trage concluzii asupra realității spațiale analizate.

Cartografia este și ea o știință, prin esență matematică, și al cărui obiectiv este conceperea, pregătirea și realizarea hărților și a altor produse cartografice analogice sau digitale. Altfel spus, cartografia vizează reprezentarea lumii sub formă grafică și geometrică, dar, folosind calculatorul electronic și modelarea digitală și analitică.

Ca și alte științe, cartografia este influențată puternic de progresul cunoașterii, de instrumentele și metodele de observare și măsurare, de evaluarea fenomenelor pe care trebuie să

le prezintă. Cartografia răspunde unei vechi nevoi a umanității de a conserva memoria locurilor și a căilor de comunicații.

Din punctul de vedere strict al reprezentării suprafeței terestre, cartografia devine, începând cu secolul al XVII-lea, un instrument de cunoaștere și de putere în serviciul statelor și un mijloc de prevedere, de planificare a acțiunii umane (antropice) asupra mediului. Rolul hărților în comunicarea de informații spațiale nu este de neglijat (Monmonnier, 1993, Nițu, 1996, Nițu et al, 2002).

În cartografie și în geografie, un obiect spațial poate fi definit fie ca o observație (de exemplu o casă cu o adresă, dar și o deplasare cu un vehicul), fie ca o colecție de obiecte (de exemplu ansamblul clădirilor dintr-o localitate, dar și toate deplasările vehiculelor dintr-o zonă). Așadar, și fenomenele vor fi pentru cartograful modern tot «obiecte spațiale». Fiecare obiect spațial este caracterizat printr-o localizare, poziția fiind definită de puncte de coordonate cunoscute (latitudine, longitudine și altitudine sau coordonate rectangulare plane și altitudine), dar și prin mai multe atribute (densitate a populației, numărul de copaci pe cap de locuitor, gradul de poluare sonoră etc.). Convenim să notăm atributele ca o mulțime Z , cu componentele $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$. Putem introduce aici și componenta altitudine, separând datele de poziție definite doar în spațiul cu două dimensiuni.

Pentru reprezentarea tuturor componentelor colecției Z_i se folosesc diferite artificii grafice. Până la urmă, harta este un mijloc de comunicare între cartograf și utilizatorul hărții. Regulile care presupun folosirea stimulilor vizuali au fost tratate în literatura cartografică de către Bertin (1967) și sunt „redescoperite” acum și integrate în Sistemele Informatice Geografice (SIG) și în tehnicile de vizualizare.

Harta este cu mult mai mult decât o simplă imagine; MacEachren (1995) rezumă aceste lucruri foarte bine printr-un

cub (figura 1.2). După tipul de oameni cărora harta le este destinată, după felul de relații între date și după interacțiunea dintre cititor și documentul cartografic, harta va servi pentru: 1) explorarea unei noi baze de date spațiale (folosire personală de către autor); 2) analiza/înțelegerea unui fenomen; 3) sintetizarea unui ansamblu de observații și/sau de variabile și 4) prezentarea rezultatelor analizei dintr-un document de sinteză (publicarea unei hărți clare, uneori chiar în detrimentul preciziei informației spațiale).

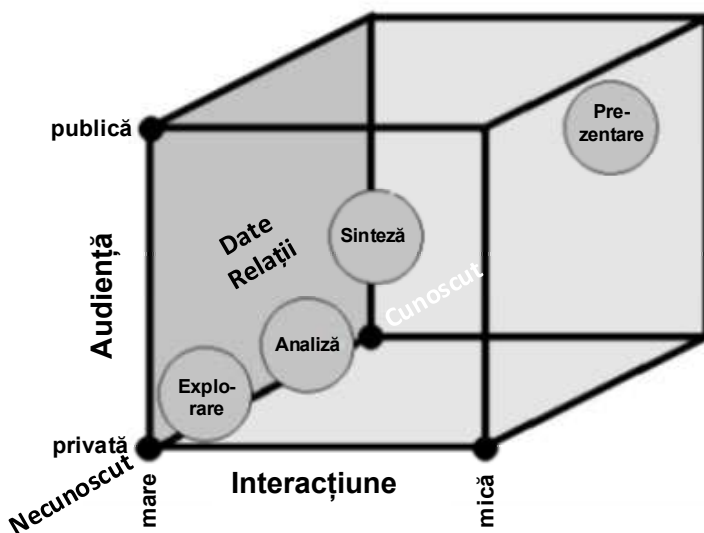


Figura 1.2: Cubul de MacEachren (Kraak și Ormeling, 1998)

Se folosește aici de mai multe ori termenul dimensiune. Această noțiune are semnificații diferite în limbajul obișnuit și în cartografie. Global, substantivul „dimensiune” este asociat cu definiția „număr de parametri independenți, și adesea înșiși acești parametri, care permit descrierea unui fenomen în

matematică și în științele experimentale” (Webencyclo Atlas, 2000). În cartografie, noțiunea dimensiune se referă atât la problemele matematice ale reprezentării în plan prin proiecțiile cartografice, cât și la problemele de vizualizare și de cartografie tematică.

Deoarece orice obiect spațial este caracterizat de trei dimensiuni (x , y și z), fiecare dimensiune este tratată într-un subcapitol din cele de mai jos. Un subcapitol se referă de la cea de a treia dimensiune (volumul elipsoidului terestru), la a doua dimensiune (planul hărții) și se referă la erorile mărimilor x și y . Alt subcapitol descrie principiile de bază ale cartografiei înainte de a arăta importanța naturii mărimilor Z_i în cartografia tematică. Alt subcapitol tratează problema reprezentării mai realistă a celei de a treia dimensiuni prin tehnicile moderne de vizualizare sau prin modelarea digitală a reliefului terenului, disciplină apropiată, dar diferită de cartografie.

1.3. Funcțiile hărții

Funcțiile hărții au constituit obiectul studiilor cartografice încă din deceniul al șaselea al secolului al XX-lea. S-a dezvoltat metacartografia și s-au abordat studii cartografice de teoria informației cartografice, semiotică, teoria modelării etc. S-a înțeles și mai mult legătura dintre realizatorul și utilizatorul hărții, căpătând o dezvoltare și mai mare studiul funcțiilor hărții. Se tratează funcțiile hărții prin prisma realizării și utilizării SIG.

În literatura actuală despre SIG, cei mai buni specialiști, proveniți din experți cartografi și geografi, își îndreaptă eforturile spre definirea utilizatorului SIG, nevoilor de date și alte produse ale SIG, utilizarea SIG drept suport decizional spațial etc.

Funcțiile hărții sunt următoarele:

1) **Funcția cognitivă** este legată de toate procesele, procedurile și operațiunile, de toate modelele care generează și îmbunătățesc cunoștințele referitoare la spațiul geografic. Toate procesele cartografice și de analiză cartografică, asistate de calculator sau clasice, transformările, generalizarea, simulările, animațiile cartografice trebuie incluse aici, dacă e posibil într-o secvență de operațiuni ce duc de la modelele aproape reale la modelele abstracte ale spațiului.

2) **Funcția de comunicare** (inclusiv subfuncția de demonstrare) cuprinde toate procesele și operațiunile transferului de cunoștințe spațiale. Funcția poate fi împărțită în diferite subfuncții, după volumul cunoștințelor transferate, nivelul anterior de cunoaștere și mijloacele de transfer al cunoștințelor. Cuvintele cheie pentru a sublinia această funcție sunt *comunicarea educațională*, *comunicarea prin mass media*, *comunicarea academică* și *comunicarea administrativă*.

3) **Funcția de suport pentru decizie** cuprinde procesele și operațiunile care, bazate pe evaluarea fenomenelor spațiale, au ca rezultat deciziile și acțiunile spațiale. Funcția poate fi împărțită în mai multe subfuncții, după tipurile și șirul de decizii și tipul și șirul de acțiuni, bazate pe cercetarea domeniului spațial pentru indivizi, grupuri sociale sau întreaga societate. Una din noțiunile cheie aici este *navigația*.

4) **Funcția socială** cuprinde procesele ce rezultă nu din acțiunile spațiale, ci din cele sociale referitoare la mediu. Una din subfuncții este cea profesională, legată de locul și rolul cartografului; statutul social al cartografului; câteva noțiuni cheie aici sunt *instruirea profesională*, *cunoștințe ale expertului*, *etica profesională* și chiar *venitul* cartografului sau al specialistului SIG. Subfuncția socială de control descrie hărțile ca instrumente ale puterii sociale, exercitată prin accesul la datele și informațiile spațiale, prin drepturile de autor sau monopolul asupra datelor. Aici trebuie incluse hărțile oficiale,

precum cele cadastrale și alte hărți cu putere legiferată. Subfuncția culturală consideră cartografierea ca o activitate de cultură (și civilizație), hărțile considerându-se uneori și obiecte artistice, subiect al colecțiilor sau chiar în patrimoniul național.

1.4. Proiecțiile cartografice

Problema reprezentării pe un plan a suprafeței terestre se pune încă de la vechii greci și chinezi, plecând de la nevoile de navigație. S-a ajuns la diferite metode de reprezentare, păstrând nealterate valorile de pe elipsoid ale distanței, unghiurilor sau suprafeței, probleme care sunt tratate în alt manual.

Prin „proiecție cartografică” se înțelege sistemul de corespondență dintre coordonatele geografice și coordonatele punctelor corespondente din planul de proiecție. Sau, mai simplu, proiecția cartografică definește modul în care se face trecerea coordonatelor punctelor de pe o suprafață tridimensională curbată (suprafața terestră, a elipsoidului) într-un plan (foaia de hartă).



Figura 1.3: Proiecția cartografică
(<http://www.statcan.gc.ca/pub/92-195-x/2011001/other-autre/mapproj-projcarte/m-c-eng.htm>)

Fiecărei proiecții cartografice îi corespund funcții diferite de tipul:

$$\begin{aligned} X &= f_1(\varphi, \lambda) \\ Y &= f_2(\varphi, \lambda) \end{aligned} \quad (1.1)$$

unde X și Y sunt coordonatele în planul proiecției, φ este latitudinea, iar λ este longitudinea, pe sfera terestră sau pe elipsoidul terestru.

Trecerea din domeniul 3D sferic în domeniul 2D plan implică inevitabil apariția deformărilor (figura 1.4).

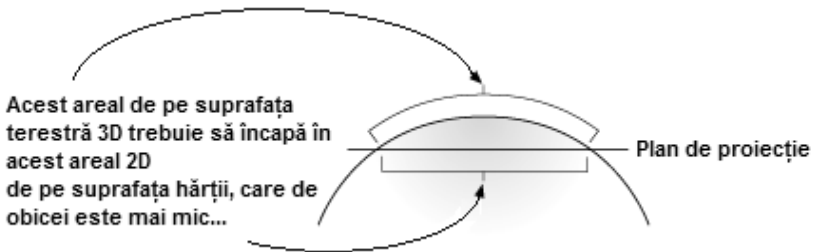


Figura 1.4: Deformarea suprafețelor 3D la reprezentarea plană

Din punctul de vedere al deformărilor, există proiecții conforme care nu deformează unghiurile (într-un punct), proiecții echivalente, care păstrează nedeformate ariile și proiecții echidistante care păstrează rapoartele distanței pe o anumită direcție.

Sunt și proiecții oarecare ce nu au niciuna din proprietățile de mai sus, numite și afilactice. Ne amintim că planeta Pământ nu e o sferă perfectă și poate fi aproximată cel mai bine cu un elipsoid, a cărui diferență dintre semiaxa mare (la ecuator) și axa mică (la pol) este de circa 27 km.

Proiecțiile se deosebesc și după suprafața pe care se face reprezentarea (rezultând proiecțiile conice, cilindrice și azimu-

tale) și locul acestei suprafețe (rezultând proiecțiile tangente și secante), după perspectivitate (proiecțiile polare, ecuatoriale, transversale și oblice și după tipul de construcție (ortografice, gnomonice și stereografice) (figurile 1.5 și 1.6).

Geografii folosesc toate tipurile de proiecții cartografice, în funcție de mărimea zonei de reprezentat, poziția pe Terra a acestei zone, conținutul hărții, destinația hărții și scara la care se construiește harta.

În pachetele de programe SIG există module și proceduri de calcul al coordonatelor rectangulare în orice proiecție cartografică, de calcul al coordonatelor latitudine și longitudine din coordonatele în sistemul de coordonate X și Y al proiecției etc. Un bun program pentru experimentarea diferitelor proiecții cartografice este MICROCAM, folosit la început la Academia Militară de la West Point.

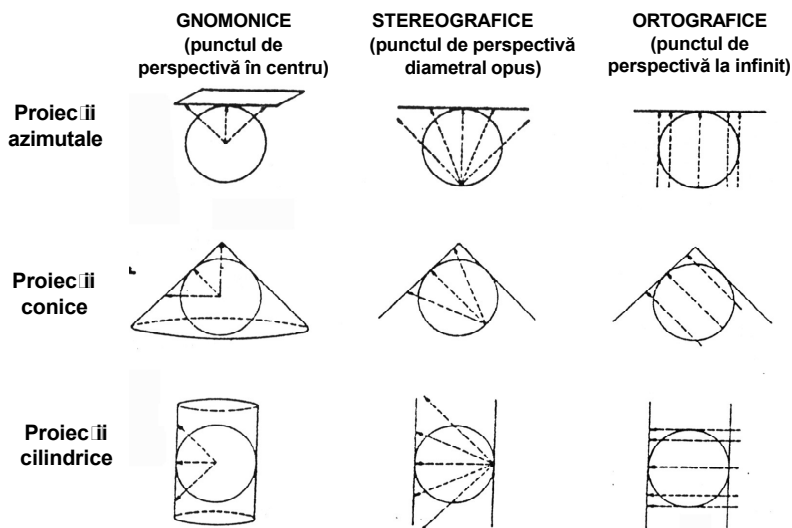


Figura 1.5: Tipuri de proiecții cartografice clasificate după suprafața de proiecție și poziția punctului de perspectivă

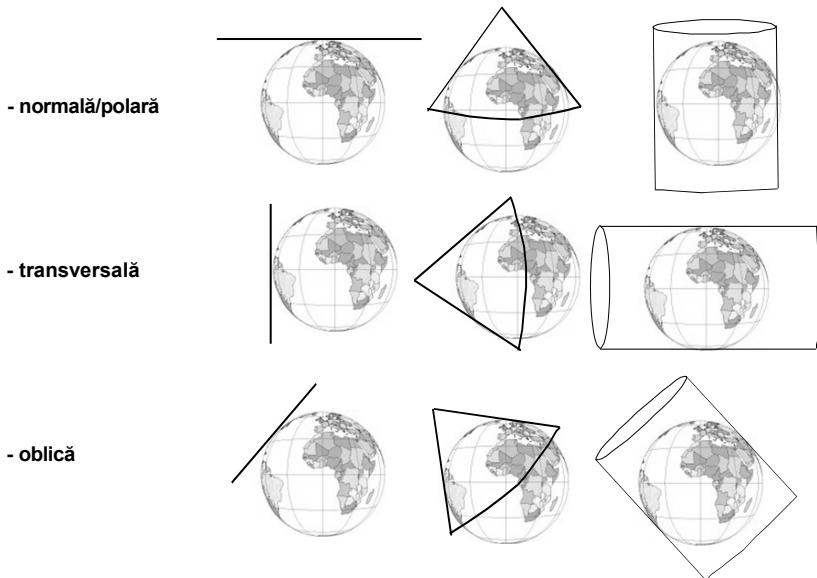


Figura 1.6: Tipuri de proiecții cartografice clasificate după poziția suprafeței de proiecție

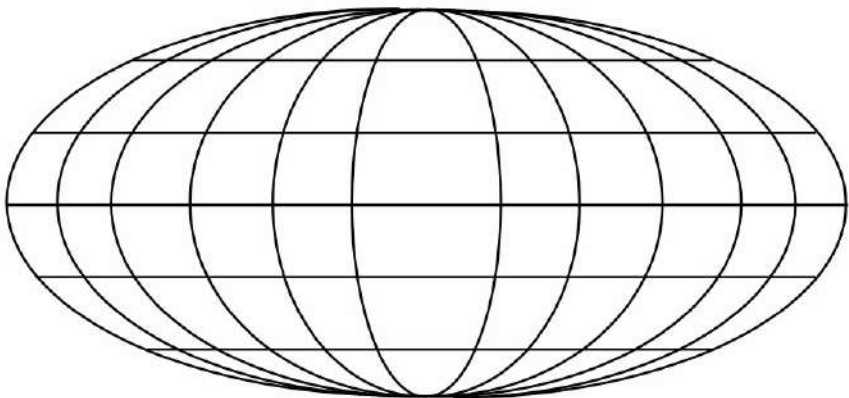


Figura 1.7: Reprezentarea rețelei cartografice în proiecția Samson