

Geografické informační systémy

Slajdy pro předmět GIS

Martin Hrubý

hrubym @ fit.vutbr.cz

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta informačních technologií,
Božetěchova 2, 61266 Brno

—

akademický rok 2004/05

Od reality k počítačovému souboru

Základy geoinformatiky

Modelování geografických objektů

- Pro tento kurz naprosto esenciální kapitola - blížíme se k implementaci GIS.
- Proč je to obtížné?
- Do DB neukládáme záznam o fyzické realitě, ale pouze MODEL reality. Což znamená pouze jistou zjednodušenou formu reality.
- Geoobjekty jsou prostorové objekty.
- GIS pracuje s prostorem, který je obtížně formalizovatelný.

Specifika prostorových objektů

Objekty: 1) mají různé dimenze, 2) mohou být modelovány v různých dimenzích

Dimenze prostorového objektu charakterizuje jeho rozšíření v různých směrech prostoru.

Geoobjekty - maximálně 3 dimenze (matematika jich může zavést i více).

Atributy a poloha. Čas.

Specifika prostorových objektů II.

Pro potřeby geometrického modelování (rozměry):

1. objekty bezrozměrné (0-D): mají polohu, ale ne délku nebo plochu (nejspíše hodně záleží na úrovni zjednodušení) - umístění telefonní budky
2. objekty jednorozměrné (1-D): jsou to přímé úseky čar, které mají konečnou délku, ale ne plochu - úsek silnice. Odborně - oblouk (arc).
3. objekty dvojrozměrné (2-D): polygony mající konečnou plochu - jezero
4. 3-D tělesa nebo polyhedrony

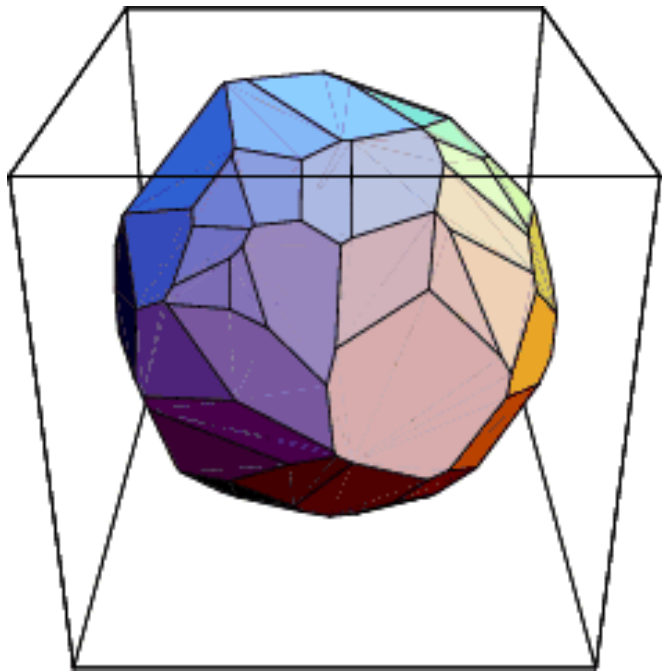
Při tématickém modelování (atributy) můžeme zavést i čas jako

4. dimenzi - dynamika geoobjektů (např. rozložení teploty v ČR měřené každý den, za posledních 50 let).

Specifika prostorových objektů III.

Pojem dimenze můžeme aplikovat na topologii (topologická dimenze).

1. uzly
2. hrany
3. polygony
4. 3-D tělesa nebo polyhedrony



Prostorová rozlišitelnost, měřítko

- Geoobjekt může být modelován v různých prostorových měřítkách (s různou prostorovou rozlišitelností).
- Rozlišujeme: mikroměřítko, mezoměřítko, makroměřítko.
- Prostorová rozlišovací schopnost souvisí s kartografickým měřítkem (větší prost. rozlišitelnost \Rightarrow větší kartografické měřítko)
- Měřítko se používá i pro časovou a tématickou rozlišitelnost.

Prostorové procesy

Atributové hodnoty geobjektů se mění s prostorovou polohou.

Prostorová variabilita geobjektů - prostorový proces.
Prostorová analýza těchto procesů je důležitým cílem všech geověd.

Popis změn: v zásadě jsou to statistické analýzy. Nemá je smysl tady teoreticky rozebírat. Budou součástí pozdějších přednášek (analýza GIS dat) a praktických cvičení.

Geografická poloha - úvodní pojmy

Prostorová poloha je hlavní charakteristikou geoobjektů.

Fyzický povrch Země - Evolucí Země vznikl povrch různě zprohýbaný (hory, údolí, plošiny).

Každý bod planety Země může být předmětem geodetického zkoumání \Rightarrow potřebujeme ideální tvar zemského tělesa, k jehož povrchu by byly body fyzického povrchu vztaženy.

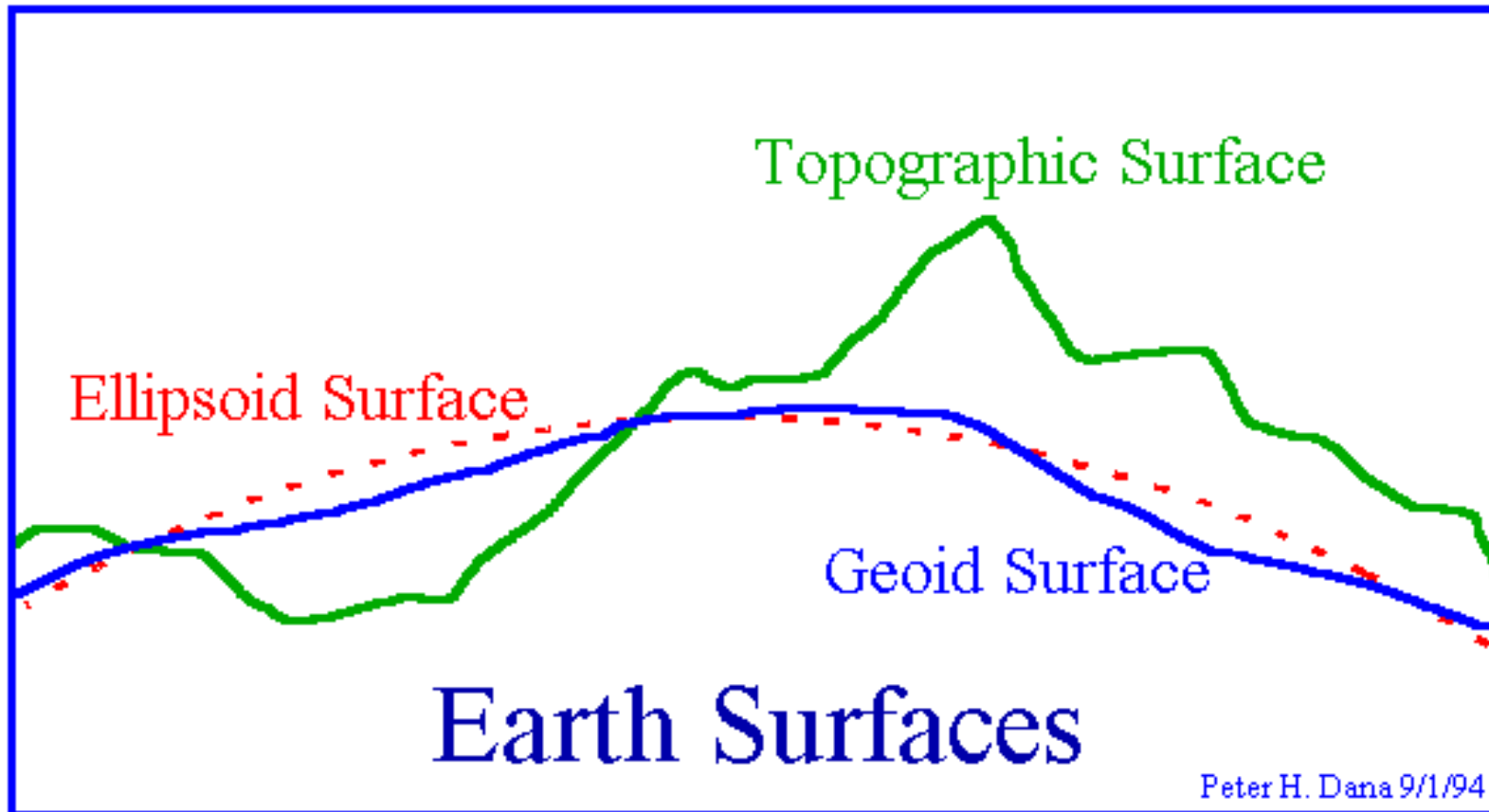
Geoid

Ideální zemský povrch lze definovat jako plochu, na které má tíže v každém místě stejnou hodnotu.

Tuto plochu pokládáme na úroveň klidné střední hladiny moří (a tím pádem zasahuje POD pevninu) – tzv. nulová hladinová plocha – GEOID.

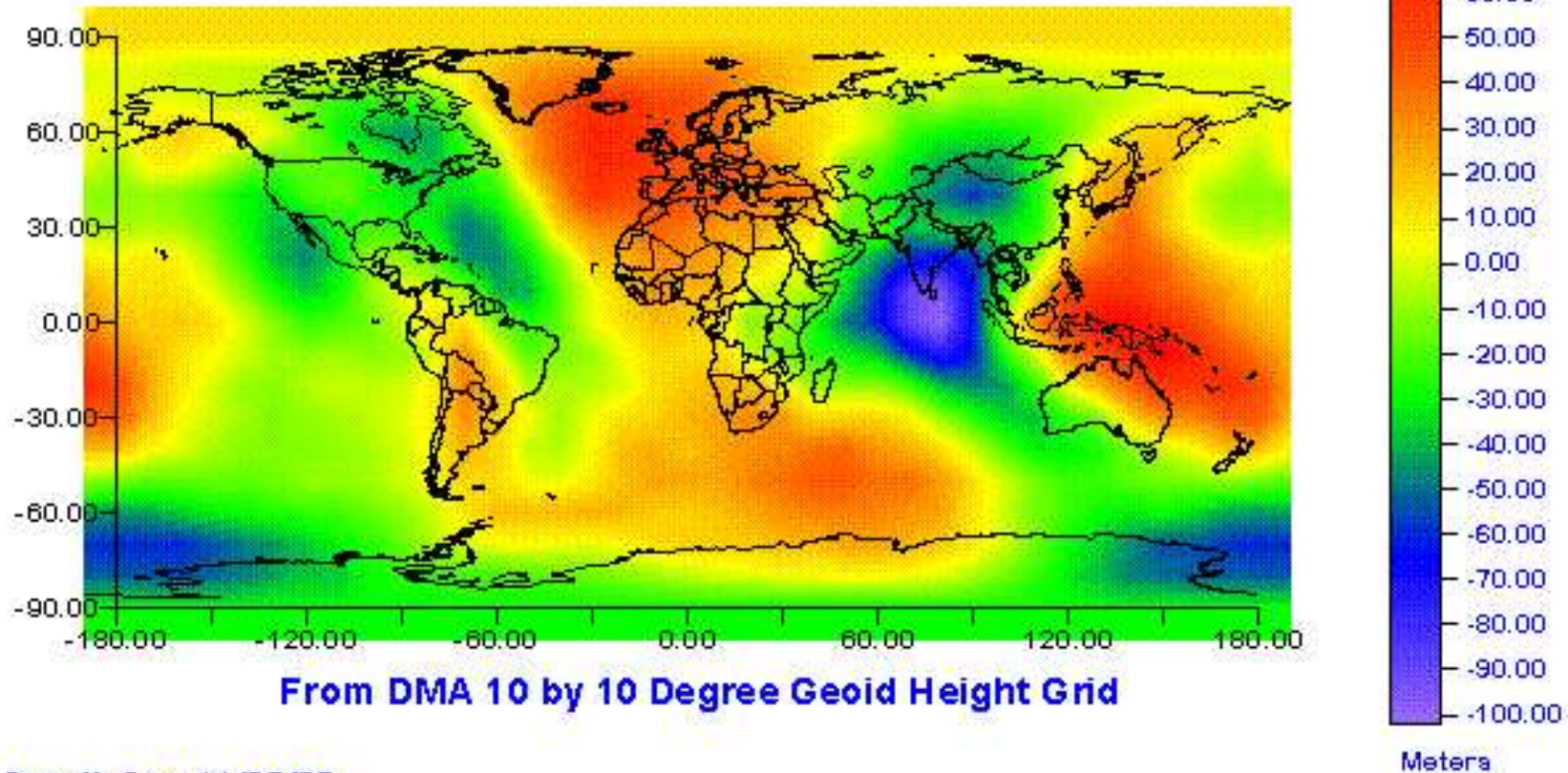
Geoid - myšlená nulová hladinová ekvipotenciální plocha, která je v každém svém bodě kolmá na směr zemské tíže.

Popis Geoidu



Popis Geoidu

WGS-84 Geoid Height



Peter H. Dana 11/05/95

Popis Geoidu

- Plocha geoidu se obtížně matematicky popisuje.
- Používá se proto přiblížení dané rotačním elipsoidem (elipsa rotující kolem kratší osy).
- Rotační elipsoid se zde nazývá referenční elipsoid (snahou je přiblížit plochu geoidu k ploše referenčního elipsoidu).
- Pro výpočty se používá referenční (náhradní) elipsoid - jeho malá osa je rovnoběžná s osou zemské rotace

Náhradní elipsoid lze zadávat různým způsobem. Obvykle tím nejvýhodnějším pro místní (územní) aproximaci. Výběr náhradního elipsoidu se v angličtině nazývá datum.

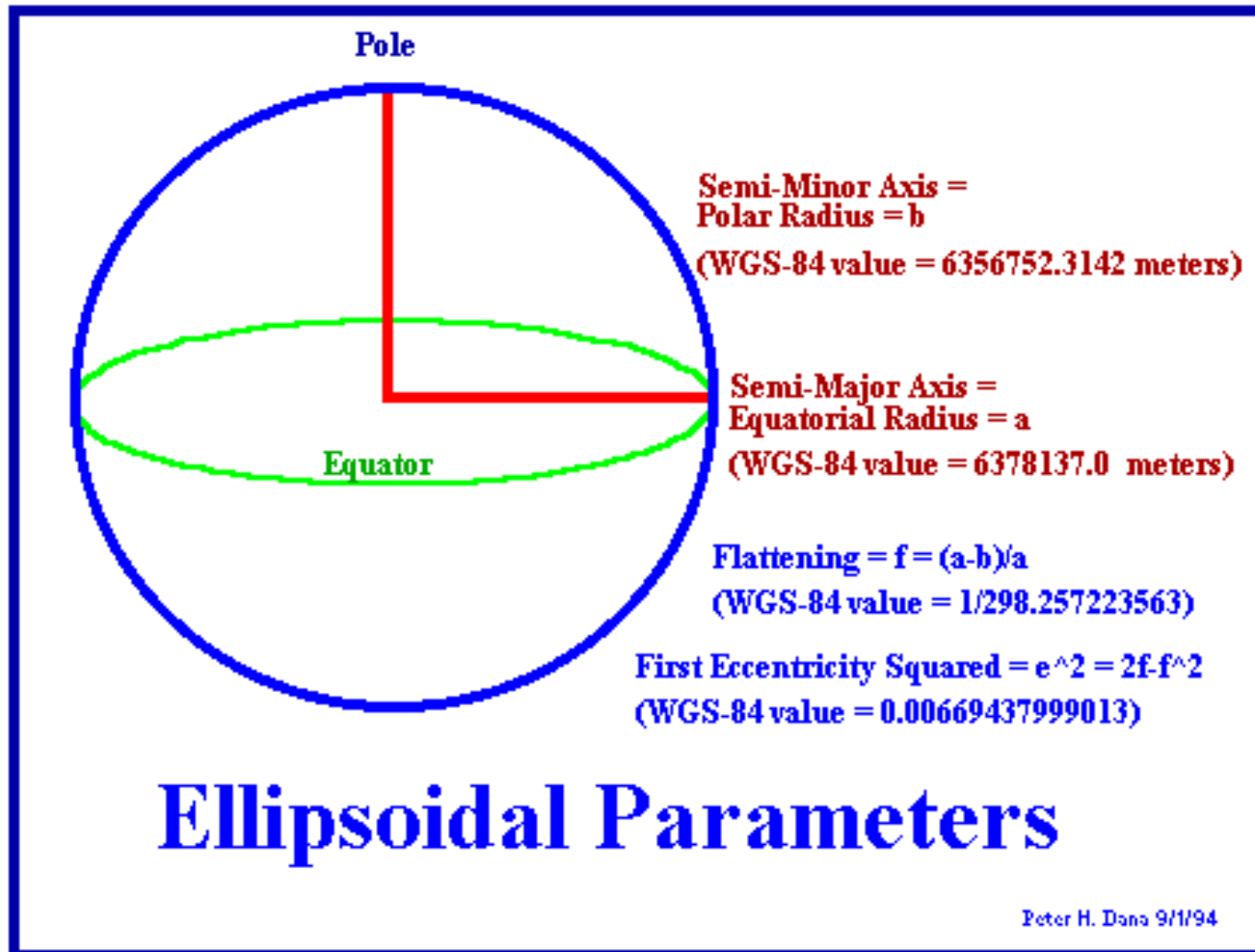
Popis Geoidu

Referenční elipsoid se zavádí pro omezenou část povrchu Země.

- North American Datum (NAD83)
- European Datum
- Besselův elipsoid (pro Evropu)
- - tzv. lokální elipsoidy

Je snaha zavést globální elipsoid (WGS - World Geodetic System). Je využíván systémem GPS a poloha je pak případně přepočtena do lokálního elipsoidu. Jinak se zůstává u klasických postupů.

Popis Geoidu



Popis Geoidu

Pro mnohé účely geodézie se geoid nahrazuje kulovou plochou (poloměr se volí takový, aby objemy elipsoidu a koule byly srovnatelné). Například $r=6371$ při tzv. Krasovského elipsoidu

Obvod Země kolem rovníku 40,076km. Námořní míle je délka 1minuty na rovníku. $40076/(360*60.0)=1.855\text{km}$

Poloha bodu na zemském tělese

Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Poloha bodu na zemském tělese

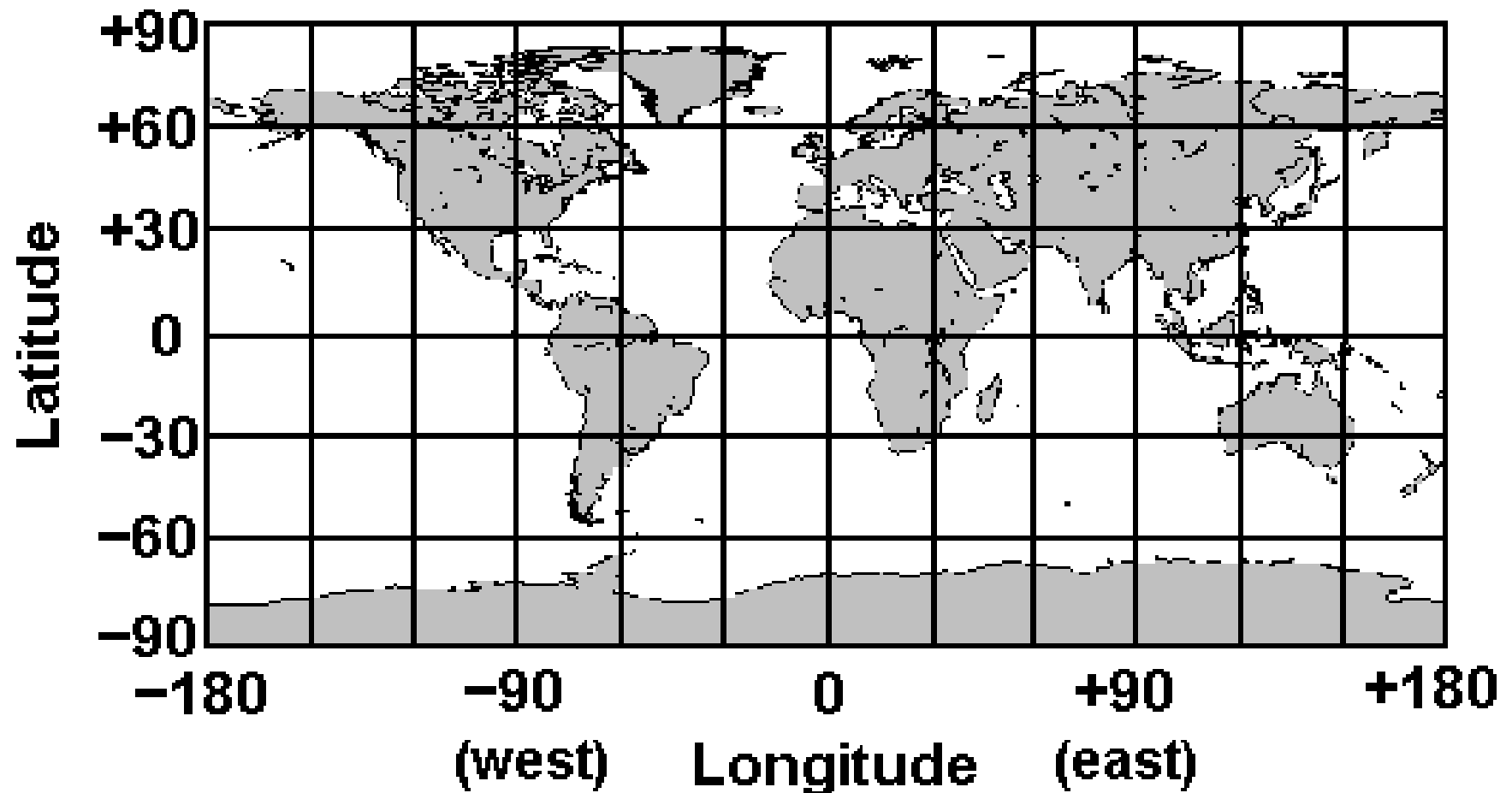
Historické představy o tvaru Země.

Babyloňané (3000 BC) měli dojem, že svět vypadá jako ústřice. Pak další: čtverec, disk, okrouhlá hruška (Kolumbus na sklonku života).

Ploché modely se stále používají pro velmi lokální průzkumy.
<http://www.flat-earth.org/>

Lidé věděli už před 2500 lety, že svět je kulatý. Jenom na to zapomněli.

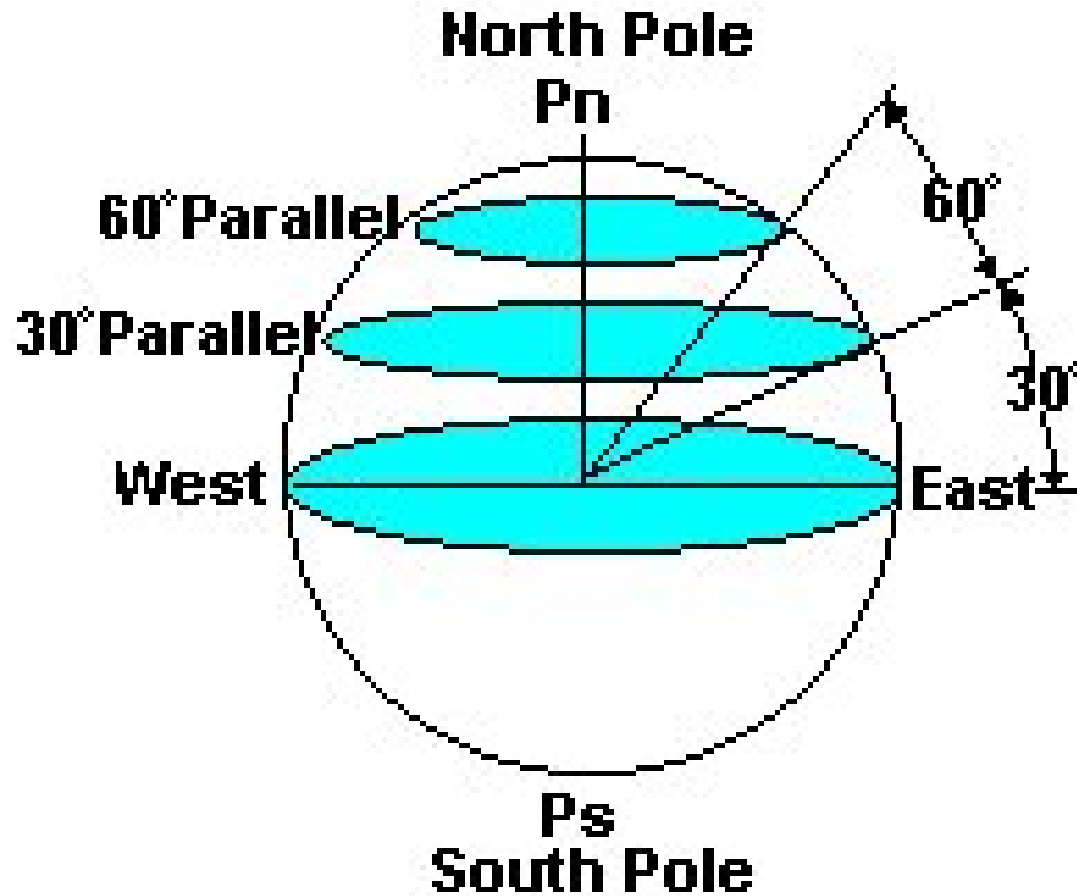
Poloha bodu na zemském tělese



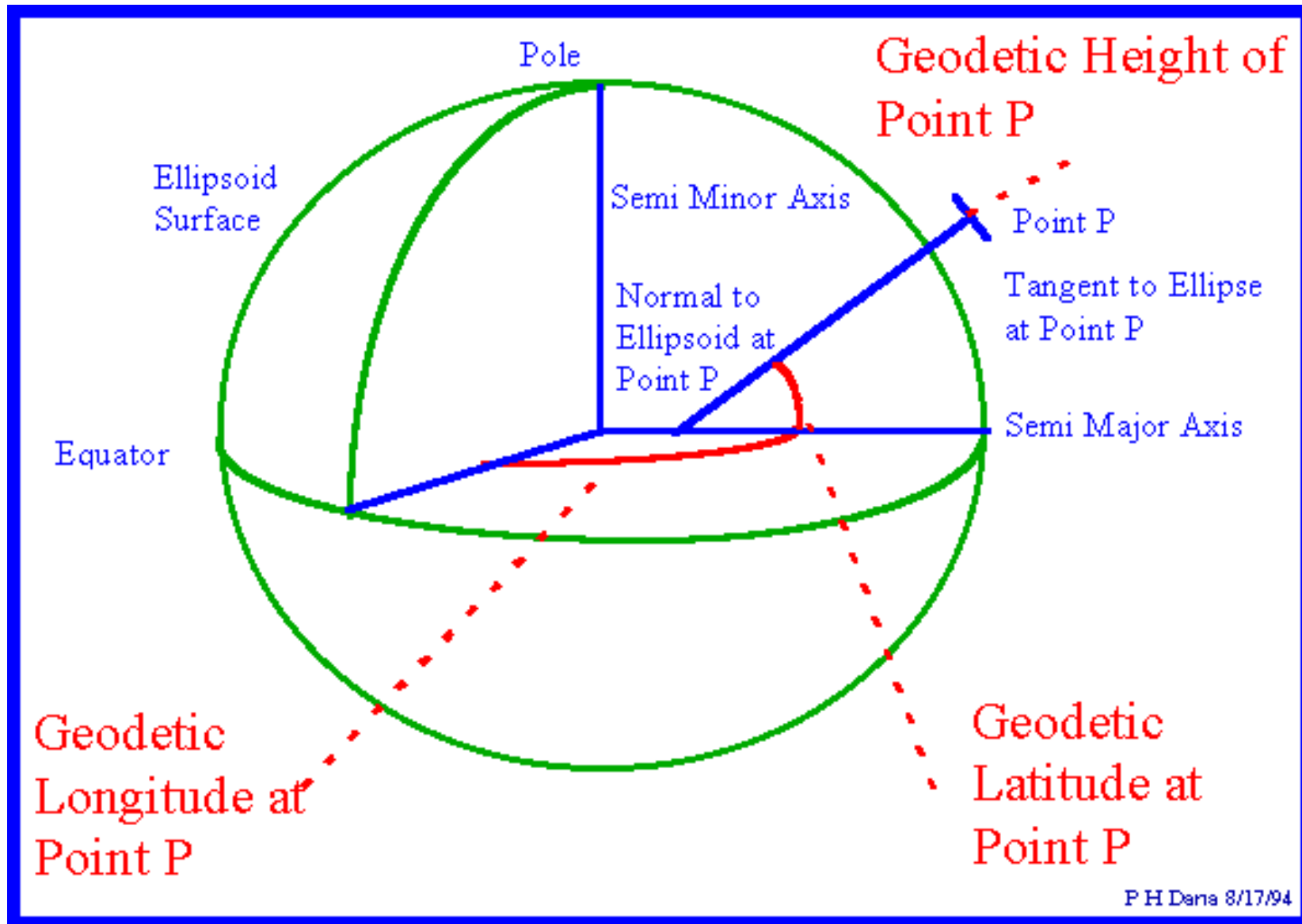
www.satsig.net

+/-, S/N, E/W

Poloha bodu na zemském tělese



Poloha bodu na zemském tělese



Poloha bodu na zemském tělese

- Vychází se z WGS. WGS poskytuje souřadnicový rámeček, elipsoid a gravitační model Země.
- Vyjadřuje se zeměpisnými souřadnicemi - šířka (latitude), délka (longnitude).

Základní pojmy:

- zemská osa - Země se otáčí kolem osy, která protíná matematický definovaný zemský povrch v severním (S) a jižním (J) pólu
- střed Země (C)
- rovník - rovina vedená kolmo k zemské ose v místě středu Země
- Základní (počáteční, nultý) poledník - dán úmluvou, hvězdárna v Greenwich.
- šířka bodu P - je to úhel svíraný přímkou P-C a rovinou rovníku

Počítání s Lat/Lon

Udává se ve formátech:

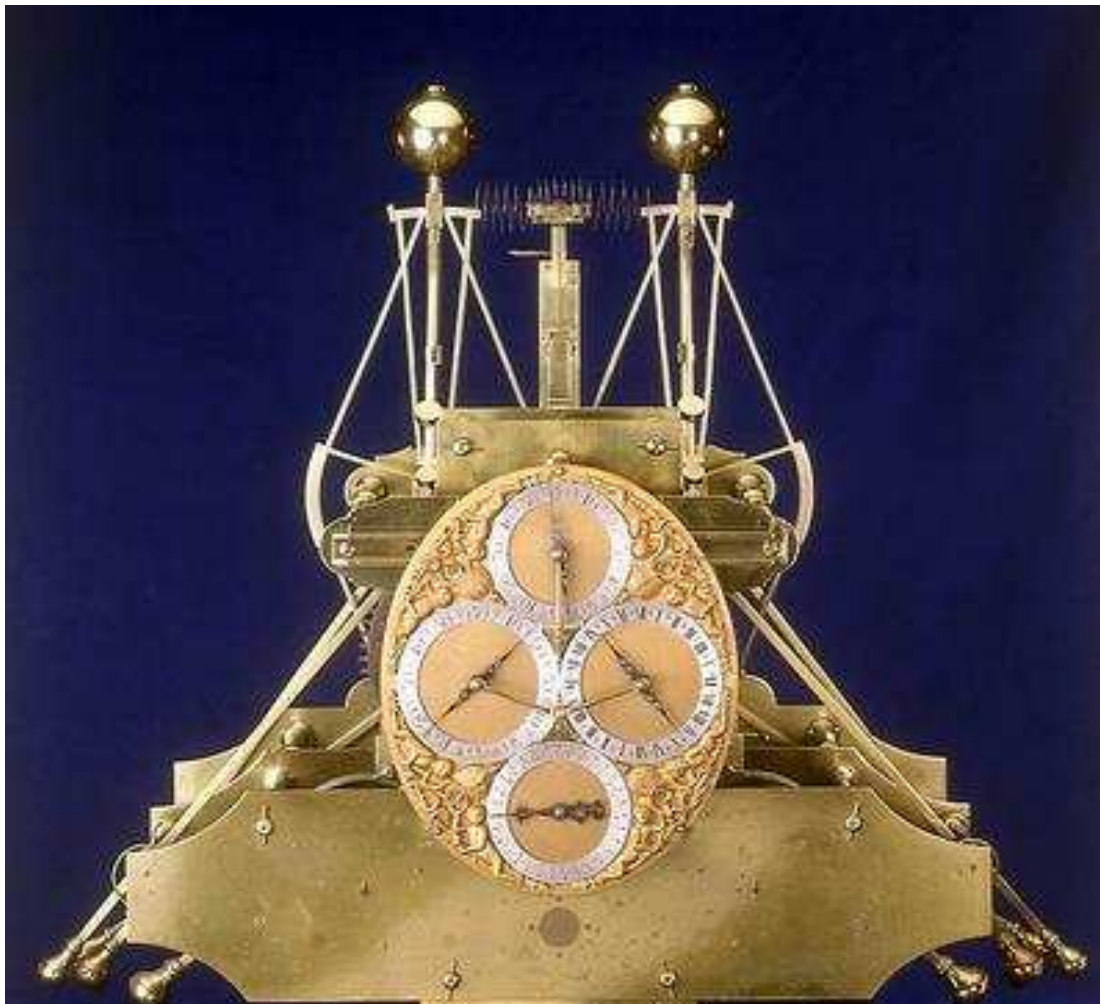
- stupeň, minuty, sekundy ($49^{\circ}, 34', 56''$)
- $1^{\circ} = 60', 1' = 60''$)
- $49^{\circ}, 34', 56'' = 49.582222222$
- znaménko - severní šířka - plus
- nebo zkratky N,S (northings) a E,W (eastings)
- 49.582222222 - celá část jsou stupně
- $\text{round}(0.582222 * 60)$ – *minuty* a podobně

The Longitude problem

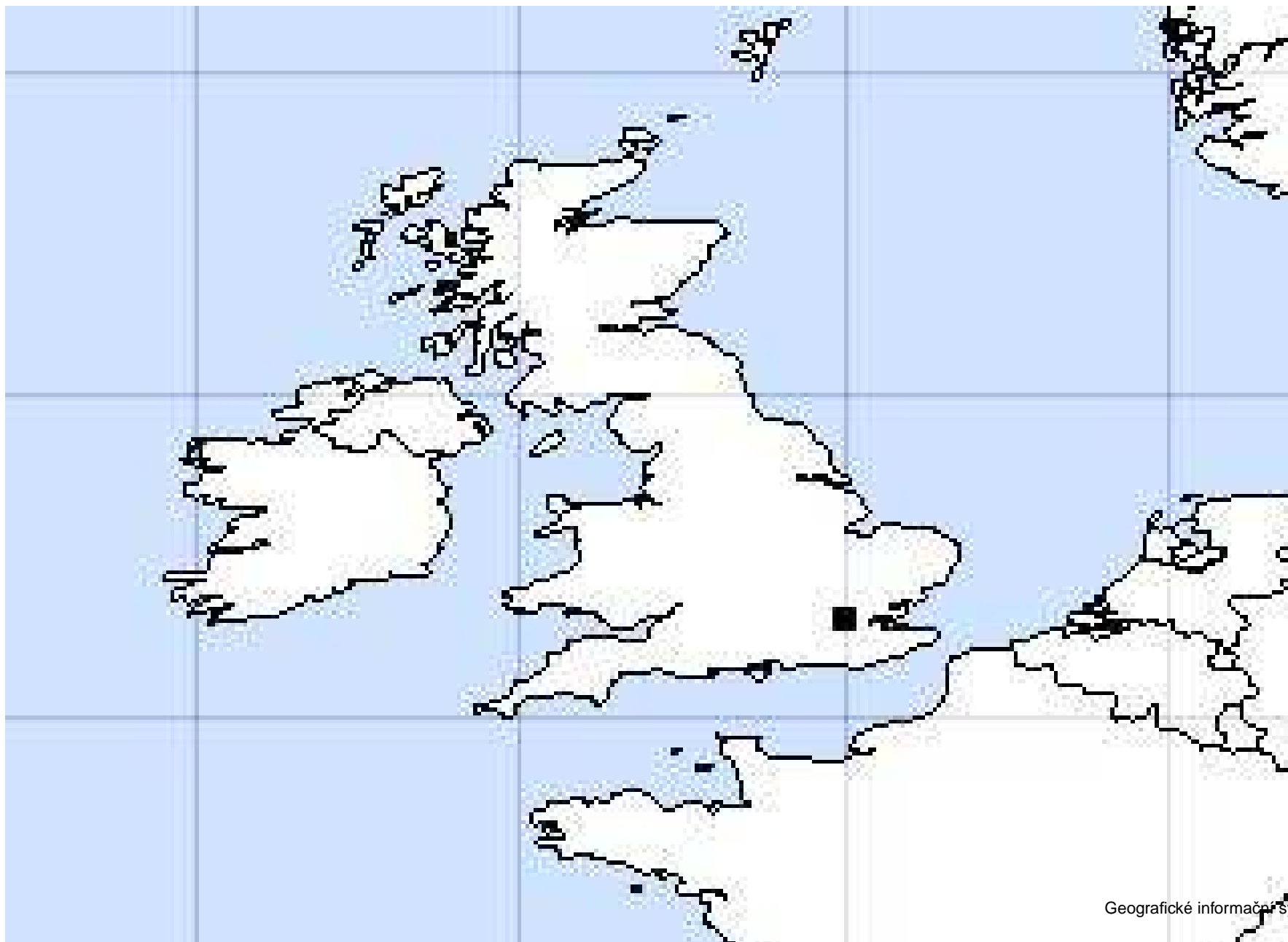
- 22.10.1707 u ostrovů Scilly ztroskotalo pět lodí (2000 mrtvých). Tragédie uspořádala snahy o vytvoření technologie na měření délky.
- <http://www.mujiweb.cz/www/libich/historie.htm>
- Zeměpisná délka lze odvodit z pozice Slunce, pokud známe jistý referenční čas.
- Každých 15 minut délky znamená jednu hodinu času (360/24).
- Určí se místo (Greenwich) a každý mořeplavec si vezme hodiny s greenwickským časem.
- <http://www.nmm.ac.uk/server/show/conWebDoc.355/viewPage/1>

John Harrison and the Longitude problem

John Harrison (1693-1776). He built his first longcase clock in 1713, at the age of 20. The watch's error was computed to be 39.2 seconds over a voyage of 47 days, three times better than required to win the £20,000 longitude prize.



Greenwich



WGS

Globální souřadnicový systém. Jednoznačné definování polohy na Zemi. GPS. WGS poskytuje základní souřadnicový rámec, geometrickou reprezentaci tvaru zemského tělesa (elipsoid) a gravitační model Země.

WGS je i 3D konvenčním souřadným systémem (X-Y-Z), pokud:

1. jeho počátek je ve středu gravitačního pole Země
2. jeho referenční meridián ztotožníme s nultým poledníkem
3. osa Z je paralelní k zemské ose
4. osa X jsou průsečnice rovin referenčního meridiánu a roviny rovníku
5. osa Y je kolmá na X

Zjištění polohy délka - časový rozdíl polohy slunce vztažený k nultému poledníku (projekt angl. královny)

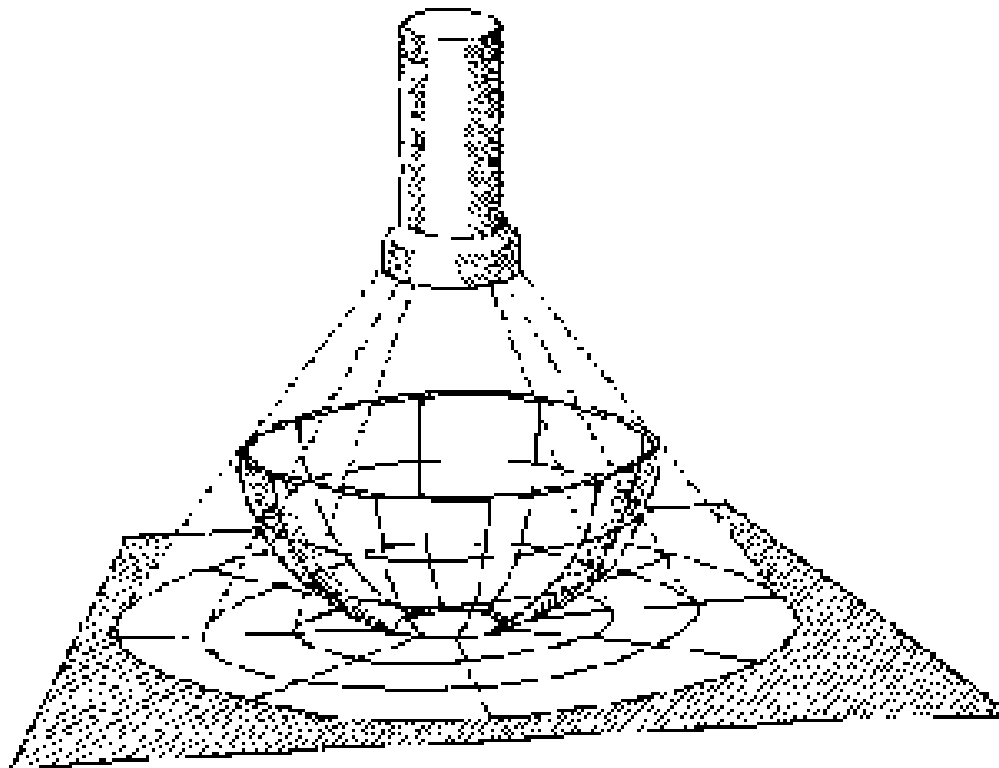
Přenos na plochu



Přenos na plochu

Pochopitelně je cílem většiny geodetických prací zobrazení části zemského povrchu do formy plánu (mapy) - zobrazení na rovinné ploše.

Fyzický povrch (členitý, nadmořská výška) - různé hladinové plochy. Je třeba různé geodetické prvky (délky, směry, úhly) redukovat na vhodnou referenční plochu.



Referenční plocha (výpočetní plocha)

Matematicky definovatelná plocha (elipsoid, koule), která se co nejvíc přimyká ke geoidu.

Zobrazovací plocha - válcová nebo kuželová plocha rozvinutá do roviny. Nebo přímo rovina.

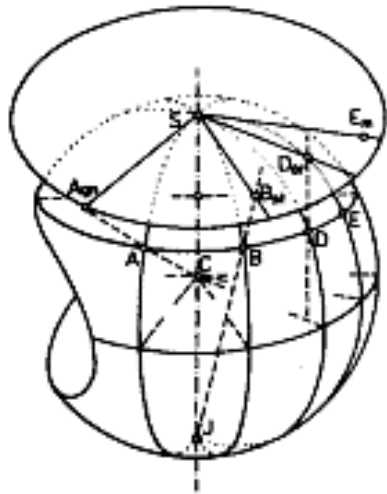
Kartografická zobrazení

Referenční plocha je nerozvinutelná do roviny.

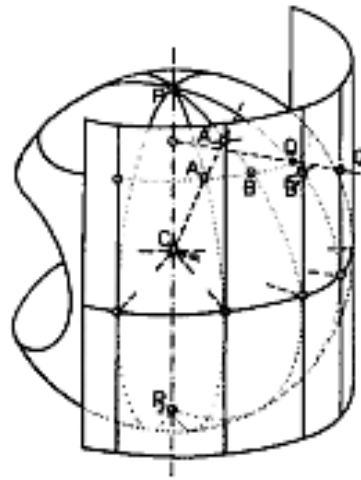
Kartografické zobrazení - převod prvků obrazů z referenční plochy do mapy (na zobrazovací plochu).

Matematická kartografie - vědecký obor, který se zabývá zobrazením referenční plochy do mapy s minimálním zkreslením.

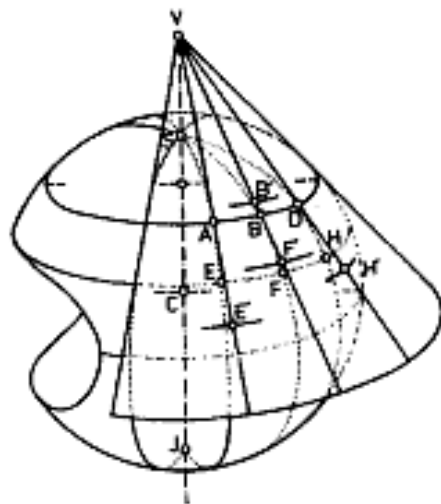
Vlastnosti zobrazení



Azimutální



Válcové



Kuželové

Vlastnosti zobrazení

Podle polohy zobrazení rozlišujeme: normální, příčné a všeobecné.

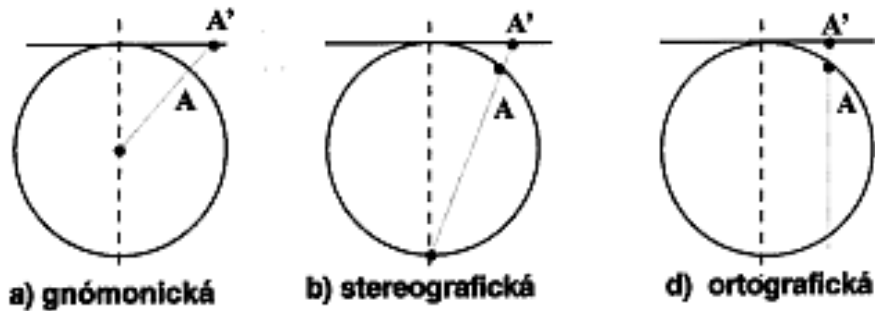


Podle vlastností zkreslení:

- konformní - zachovává úhly
- ekvivalentní - plošné obsahy
- ekvidistantní - nezkrusluje určitou soustavu čar
- kompenzační - všechna zkreslení, ale stejně ztlumená

Typy projekcí

Podle promítajícího způsobu a kulové referenční plochy lze podle polohy středu promítnutí získat projekci:



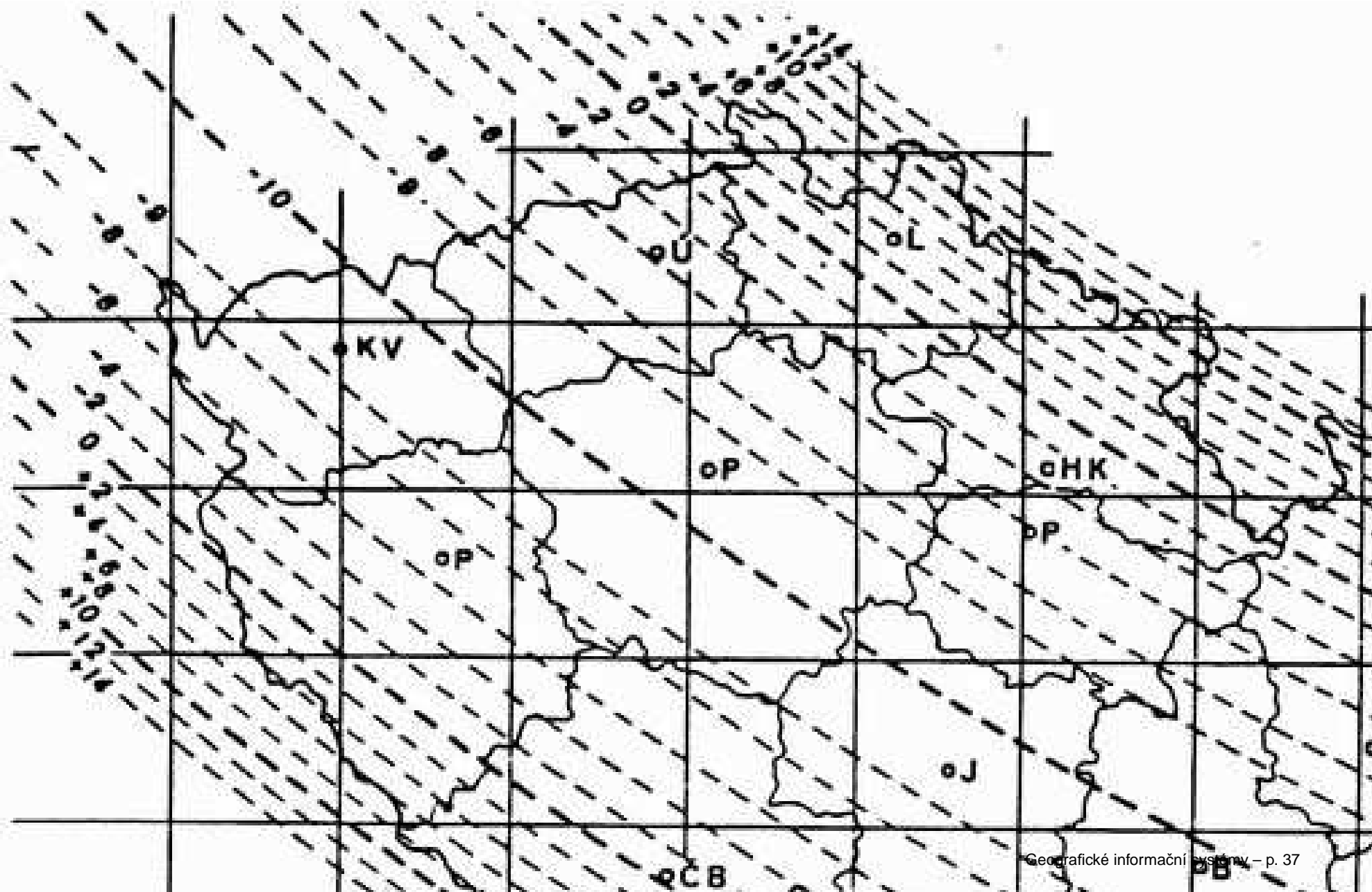
- gnómická - střed promítání je ve středu koule
- stereografická - protipól dotykového bodu
- ortografická - promítací paprsek je kolmý na zobrazovací plochu

Souřadný systém S-JTSK

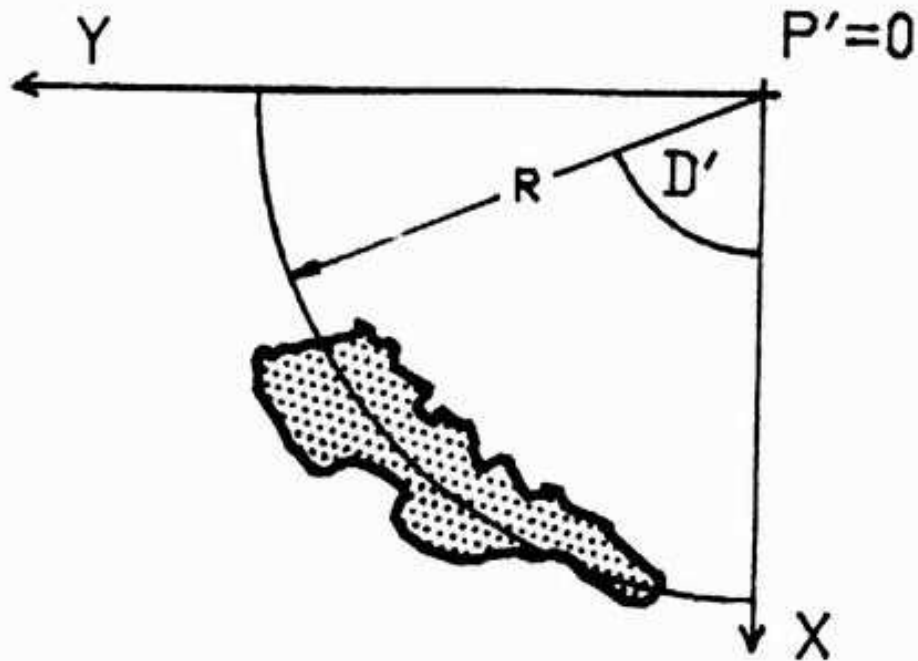
<http://krovak.webpark.cz/>

- Po odtržení od nenáviděného Rakouska-Uherska bylo třeba zavést nový systém katastrální evidence.
- Veřejná soutěž. Zvítězil návrh J. Křováka.
- S-JTSK mělo zahrnout ČSR + Zakarpatskou Ukrajinu.
- Závazný souřadnicový systém pro ČR.
- Založen na Besselově elipsoidu.
- Zobrazení Besselova elipsoidu do roviny Křovákovým způsobem.

Přesnost Křovákova zobrazení (+/- 10cm)



Křovákovo zobrazení



$$R = f(\check{S}) \text{ a } D' = \sin \check{S}_0 D.$$

Pravoúhlé rovinné souřadnice y a x se určí ze vztahu

$$y = R \sin D',$$

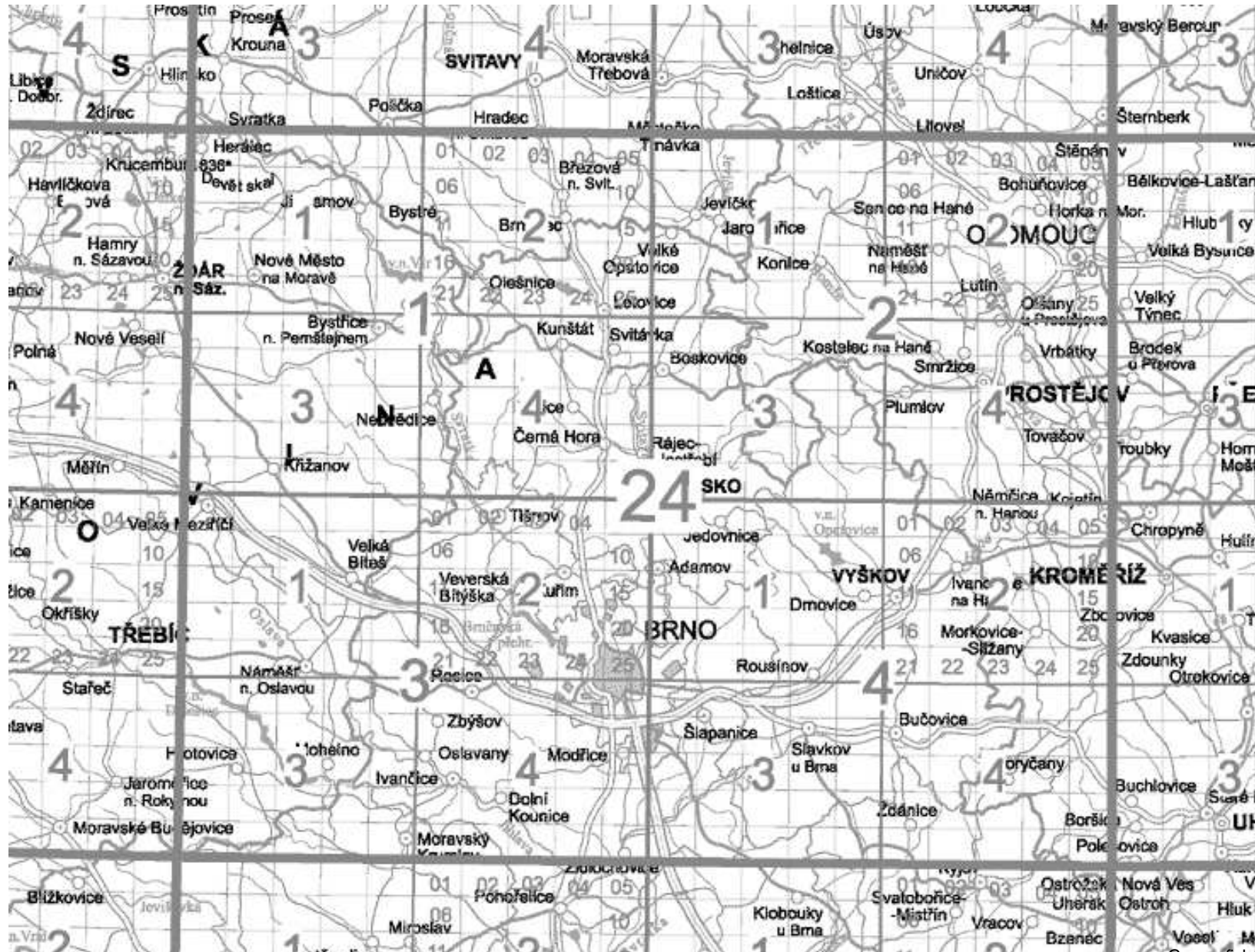
$$x = R \cos D',$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Triangulační list

- S-JTSK dává pravoúhlý souřadnicový systém!
- V S-JTSK je jednotkou mapy základní triangulační list.
Čtvercová síť, strana 50km v měřítku 1:100 000 - 50x50cm.
- Různé národní normy (viz krovak.webpark).
- SMO-5
- Po roce 1961 - technicko hospodářské mapování (THM)
1:2000

Triangulační/mapový list



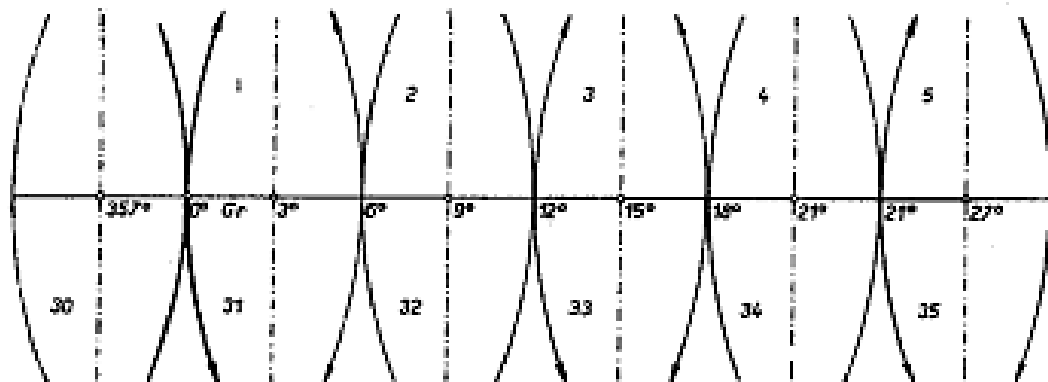
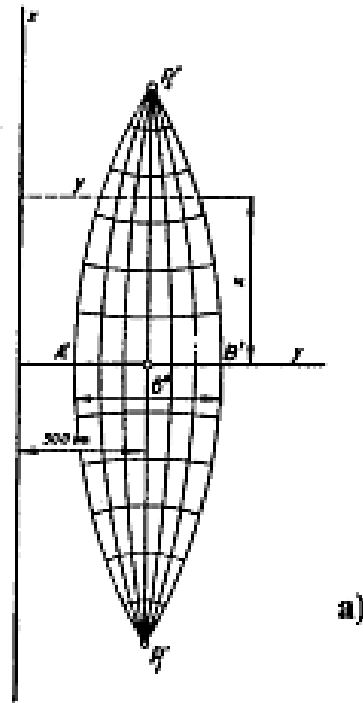
Gaus-Krügerovo zobrazení

- Rozděluje povrch celého elipsoidu po polednicích na poledníkové pásy.
- Zvolený poledníkový pás se konformně zobrazí na válec. Podstatné je, že pouze zvolený poledníkový pás geoidu se dotýká válce (ostatní se zobrazí "rozmazaně").
- Pruh poledníku se dál řeže na pásy zem. šířky. Pak se značí pruh (číslem, od Greenwich) a pás (písmenem abecedy).
- Někdy se toto zobrazí značí Systém 1942-S42 (navázání na SSSR,?).
- Původně pro vojenské mapy. Stalo se základem zobrazení S-42 (společně se SSSR). Potom do S52 (základ mezinárodní kartografie). Použit tzv. Krasovského elipsoid.

Gaus-Krügerovo zobrazení

rově

760)



b)

Podpora v GIS

GIS programy obvykle implementují všechny možné zobrazovací normy. Je možné převádět mezi normami.

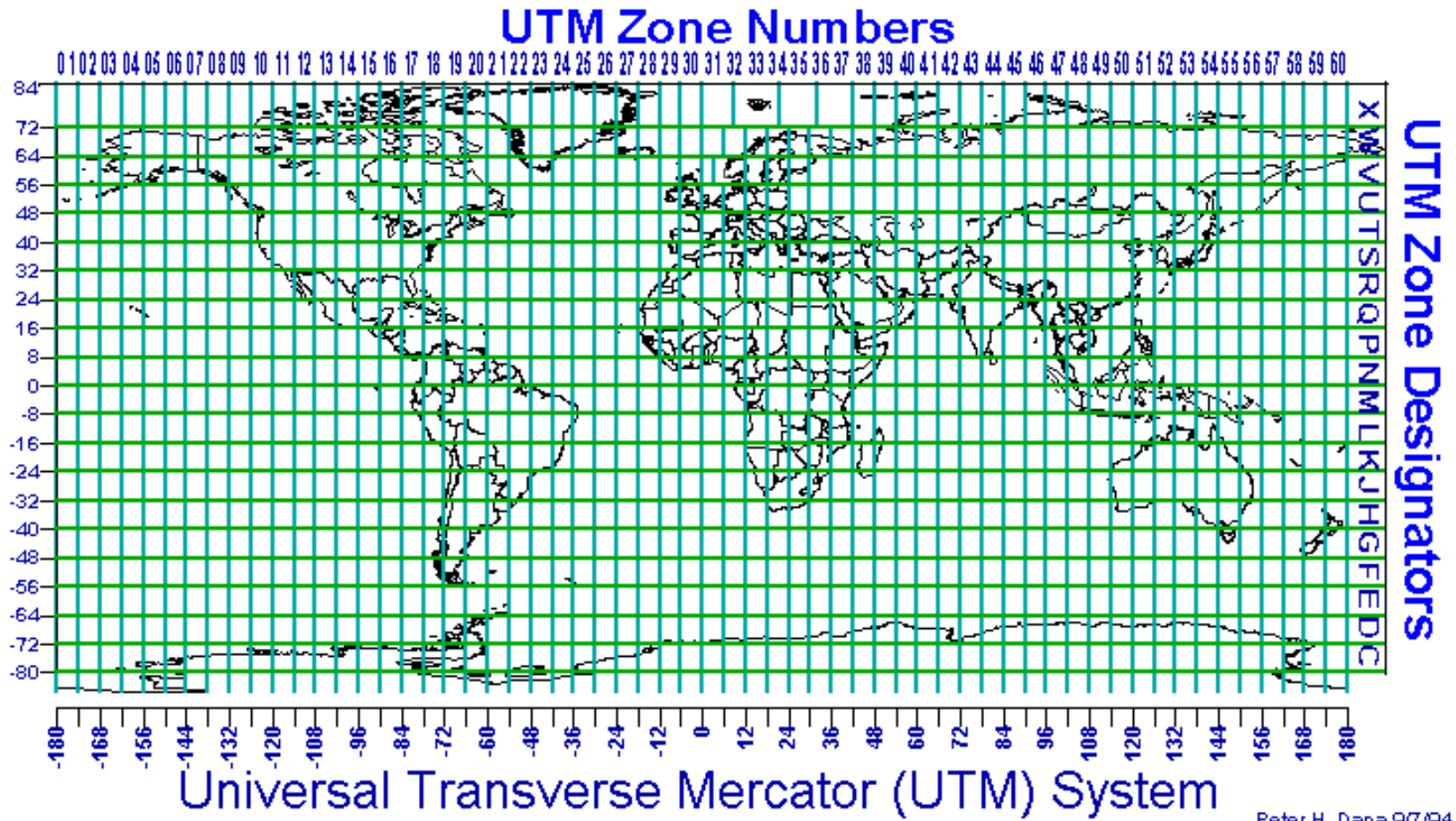
Jako referenci lze použít například WGS-84 (GPS) nebo UTM.

Ferro, Ferra, Hierro (šp.)

Dohoda pro Evropu - počátek zem. délky stanoven na ostrov Ferro na Kanárech.



Universal Transverse Mercator



UTM

**NAD-83 Latitude, Longitude
30:16:28.82 N 97:44:25.19 W**

**NAD-83 UTM Easting, Northing
621160.98, 3349893.53 meters
Zone 14 R**

UTM Example

Prostorové vztahy

Je důležité rozlišovat mezi vlastnostmi objektů, které vyžadují

- měření polohy (geometrické)
- vyjádření vztahů mezi objekty (topologické) - např. sousednost dvou parcel je nutno formálně v databázi popsat

Topologické vlastnosti:

- konektivita - spojitost - návaznost dopravy na zastávce
- orientace - směr z ... do - směr toku řeky
- přilehlost - sousednost - parcely
- obsahování - kůrvec v lese...

Teorie grafů - tradiční popis topologických vlastností.

Atributové vlastnosti

Takže:

- geometrický popis objektů
- topologické spojení objektů
- další doplňkové informace: atributy

Atributy jsou někdy nazývány neprostorové údaje. Příkladem je objekt "les" (poloha) a informace o složení dřevin, průměrné výšce stromu, datum poslední těžby, ...

Atributové údaje bez vazby na polohové nedávají smysl. Jsou rozšířením informace o poloze.

Čas - dynamický popis

Dynamika geoobjektu (změny v čase). Časová rozlišovací schopnost.

Víc různých typů času: platný, čas transakce, uživatelský čas, ...

Proces modelování

Opakování z kurzů MSI, IMS.

Pojmy: model, systém, morfismus (izo-, homo-).

Modely: strukturní, funkční, matematické, schématické, induktivní, deduktivní...

Rozlišovací schopnost, vzniklá chyba (sledujeme přesnost měření, platnost modelu):

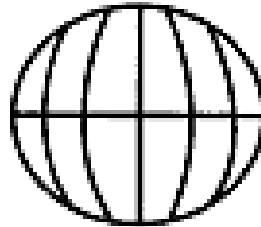
- chyby v poloze
- ...v atributové hodnotě
- ...v logické konzistenci (dodržování topologických vztahů)

Kategorie modelů

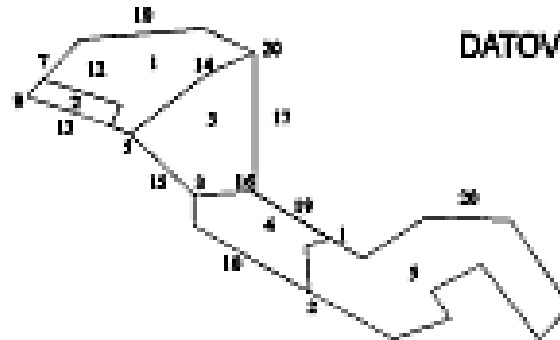
- V každém případě v GIS pracujeme s modely reality. Není dobré přehánět víru v přesnost záznamů a výpočtů.
- Připomenutí filosofického pohledu na prostor. Následující rozdělení modelů to bude konkretizovat:
 - modely založené na polích - spojitě rozložená informace v daném prostoru
 - modely objektové - seznam diskrétních objektů - vymezují prostor
 - vede na: rastrový (tesselační), vektorový model - nebo řekneme: reprezentaci reality.

Úrovně abstrakce reality

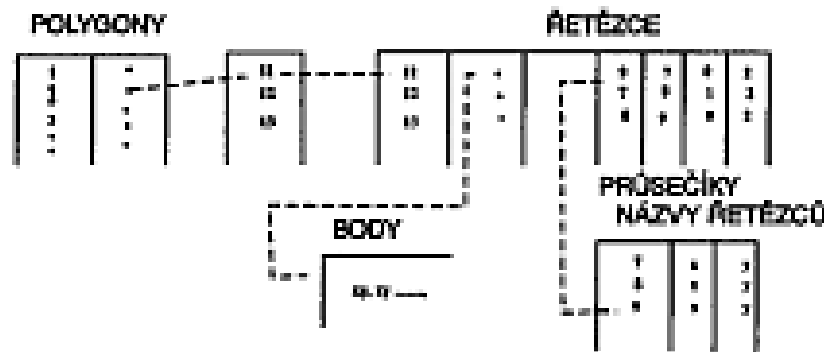
řídí.
učetla



REÁLNÝ SVĚT



DATOVÝ MODEL



DATOVÁ STRUKTURA

STRUKTURA ZÁZNAMU



Úrovně abstrakce reality

Budou směřovat do (logických) datových modelů - relační nebo OO.

ER diagram - entity-relation - entita (víc databáze), objekt (víc realita)

Relace 1:1, 1:n, m:n

Modely založené na polích

- Geografická databáze pro region
- vytvoření prostorového rámce pro model - mozaika plošných elementů (polohy, locations)
- Jsou to čtverce, trojúhelníky
- Nepravidelné x pravidelné rozmístění - podle způsobu vzniku dat.
- DPZ - skenování leteckých fotografií - pravidelná rastrová struktura
- bodový, buňkový rastr

Modely založené na polích

Podle způsobu mapování:

-
- výškový rastr - bodový (odpovídá přesné poloze)
- způsob využívání krajiny, populační hustota - buňkový rastr (je vhodnější tyto hodnoty vztahovat k ploše)

Základem je funkce, která každému bodu (buňce) přiřazuje atributovou hodnotu.

Modely založené na polích

Typy prostorových polí:

- souvislé - popisující fce je souvislá. Malé změny polohy = malé změny hodnoty.
- diferenciální - fce popisuje změny.

Ledovec změní za rok polohu z A do B (jeho cestu lze interpolovat).

Změny například v katastru jsou diskrétní - náhlé.

Objektové modely

Objekt - diskrétní záležitost (na rozdíl od "výškového modelu").

Objektové modely dekomponují prostor na objekty - entity.

Entita musí být:

- identifikovatelná (odlišitelná od jiných)
- relevantní (potřebná pro danou aplikaci)
- popsatelná (mít vlastnosti, charakteristiky)

Opak od přístupu pomocí polí. Objekty existují v prostoru, definují prostor.

Objekty "obydlují" prostor. Obklopující prostor (embedding).

Objekty a prostor

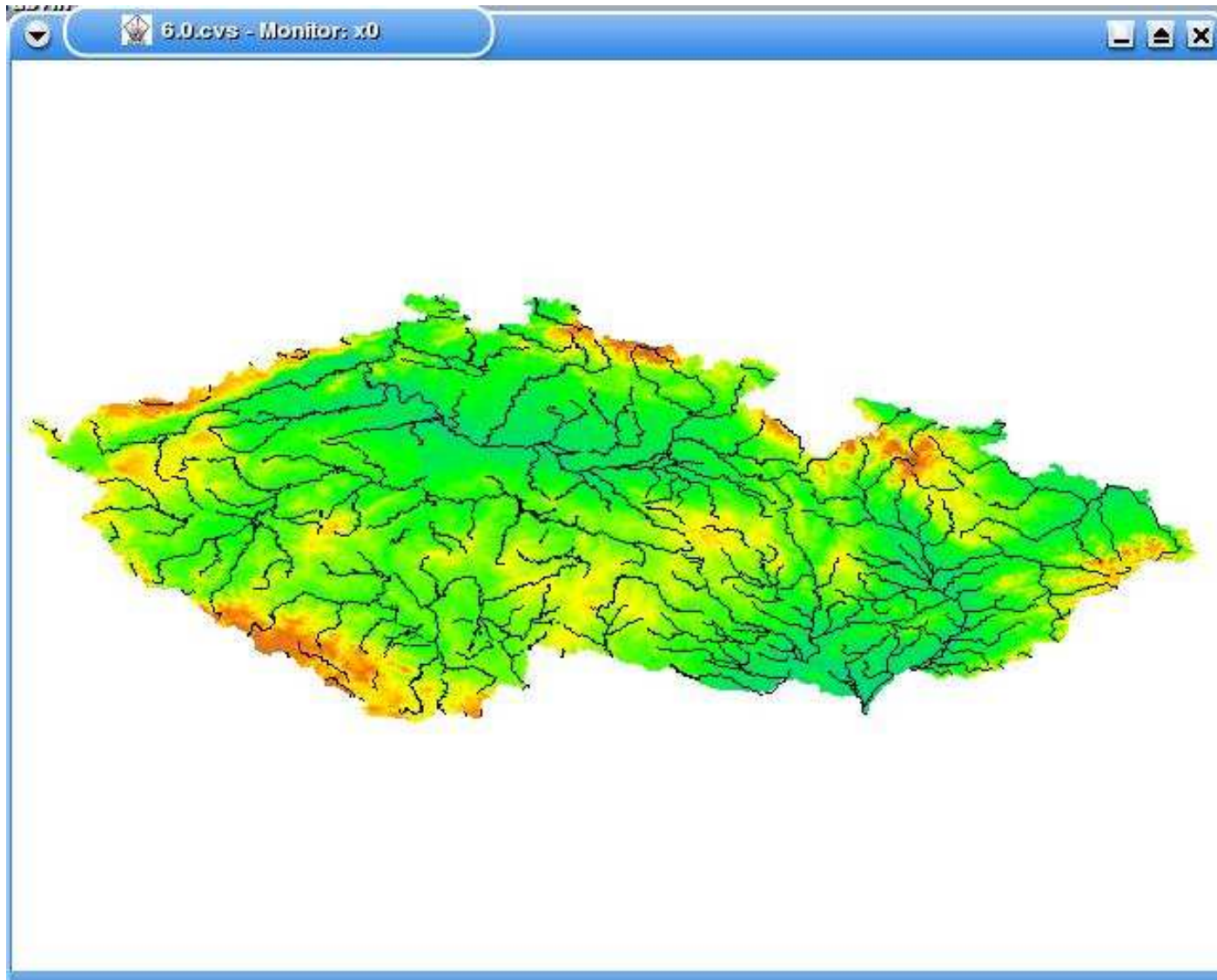
Obklopující prostory (jejich vlastnosti):

- euklidiánský - objekt lze lokalizovat, měřit vzdálenosti a úhly
- metrický - lze měřit vzdálenosti
- topologický - lze definovat topologické vztahy (neváže se nutně na předchozí)
- množinový - ... "je něco prvkem něčeho..."

Z našeho pohledu tím "prostorem" spíš míníme kontejner na uložení objektů.

Objekty - diskretizace

Jisté je, že nějakým způsobem musíme napasovat vektory na rastr. Jsou to mapové listy, které se kladou na sebe.



Objekty - závěr

Mnoho objektů by šlo popisovat rovnicí ($y = ax^2 + bx + c$). V GIS systémech je však jednodušší to provést sérií čar.