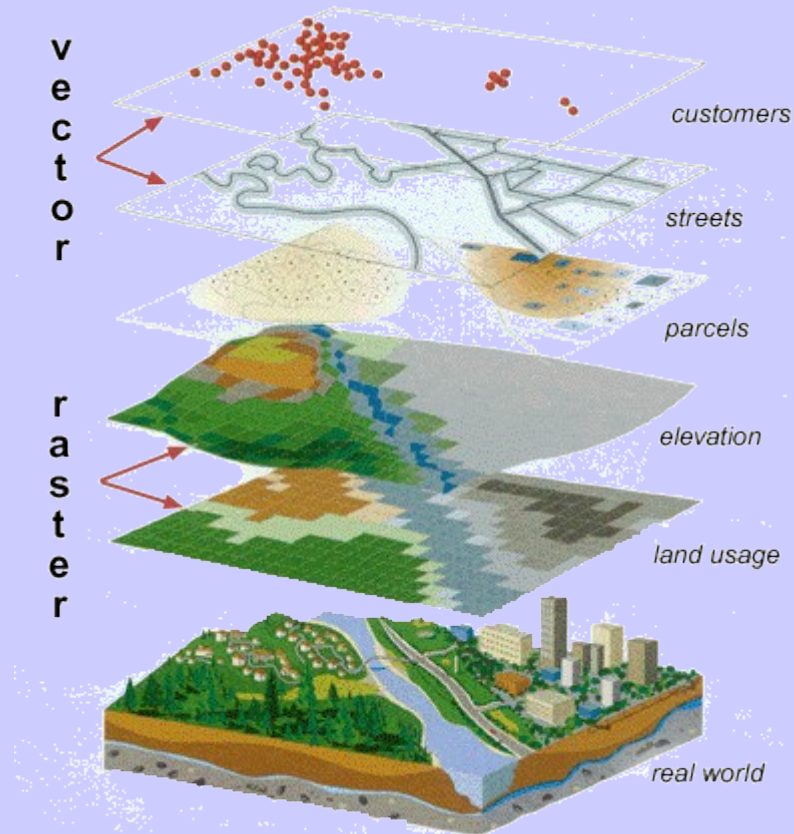


Geografické informační systémy



Modelování geografických objektů

Náhled programu přednášek:

- ◆ Modelování geo-objektů – úvod, vektory
- ◆ Modelování spojitých jevů – rastry, databáze v GIS
- ◆ GRASS – architektura GIS nástroje
- ◆ Vstup údajů – DPZ, sekundární zdroje
- ◆ Analýza v rastroch
- ◆ Analýza ve vektorovém formátu, analýza obrazu z DPZ
- ◆ ...

Obsah přednášky

- ◆ Úvod do modelování geo-objektů
- ◆ Mapové vrstvy – koncepce geo-dat
- ◆ Základy používání rastrů a vektorů.
 - ◆ Objektová orientace v GIT
 - ◆ Interoperabilita v GISech
- ◆ Vektory. Topologie
 - ◆ Uložení vektorových dat, síťové analýzy
 - ◆ Vektorové formáty.

Úvod – modelování geo-objektů

- ◆ Pro tento kurz naprosto esenciální kapitola - blížíme se k implementaci GIS.
- ◆ Proč je to obtížné? Modelování, návrh, zkušenosti
- ◆ 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

- ◆ Důležitá je zejména prostorová dimenze objektů, tedy objekty:
 - ◆ mají různé dimenze
 - ◆ 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

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

Demopříklady

- ◆ Jak budeme modelovat:
 - ◆ Význačné budovy.
 - ◆ Obce, města.
 - ◆ Sítě: dopravní, cyklostezky, potrubní, elektrizační.
 - ◆ Sít' VVN s bezpečnostní zónou.
 - ◆ Orientační body.

Specifika prostorových objektů - čas

- ◆ 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).
 - ◆ Velmi speciální GIS aplikace.
 - ◆ Logistika, meteorologie.

Specifika prostorových objektů

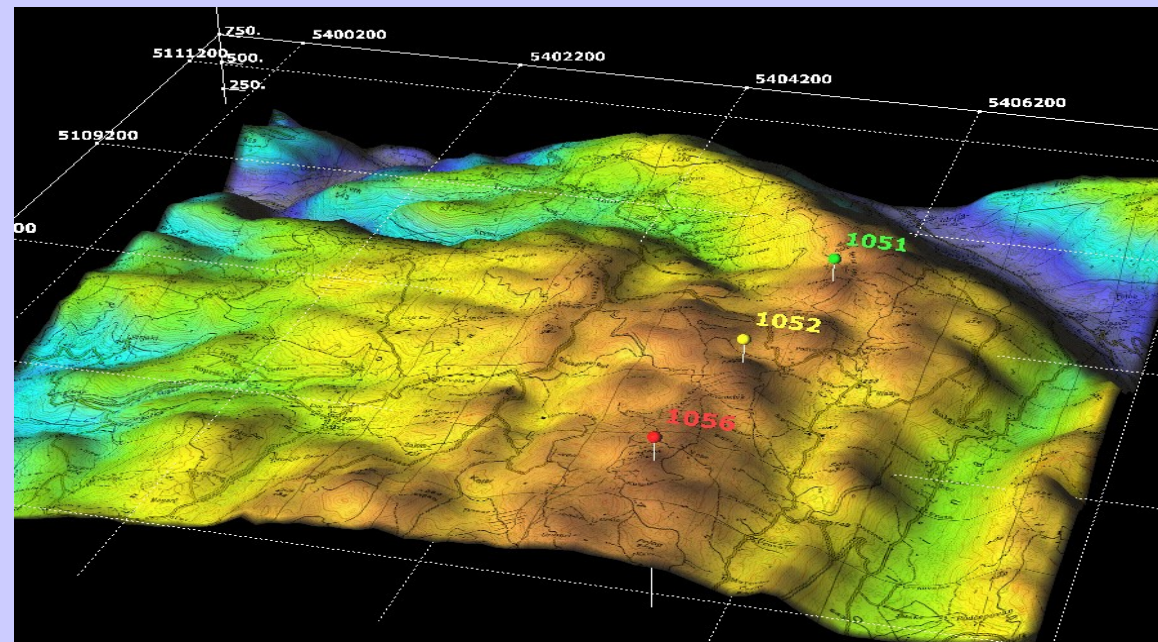
- ◆ Pojem dimenze můžeme aplikovat na topologii (topologická dimenze).
 - ◆ uzly
 - ◆ hrany
 - ◆ polygony
 - ◆ 3-D tělesa nebo polyhedrony
- ◆ **Budeme rozlišovat topologický bod a geometrický bod (viz dále).**

Prostorová rozlišitelnost

- ◆ Geoobjekt může být *různě* modelován v *různých* prostorových měřítkách (s různou prostorovou rozlišitelností). Měřítkové číslo.
- ◆ Rozlišujeme (poměr):
 - ◆ mikroměřítko – 1:25,000 a více (velké měřítko)
 - ◆ mezoměřítko – 1:25,000-1:1E6 (střední měřítko)
 - ◆ makroměřítko – 1:1E6 a méně (malé měřítko)
- ◆ Prostorová rozlišovací schopnost souvisí s kartografickým měřítkem (větší prost. rozlišitelnost => větší kartografické měřítko)
- ◆ Měřítko se používá i pro časovou a tématickou rozlišitelnost. Katastr je v měřítku 1:2880

Prostorové procesy

- ◆ Atributové hodnoty geoobjektů se mění s prostorovou polohou.
- ◆ Prostorová variabilita geoobjektů - prostorový proces. Prostorová analýza těchto procesů je důležitým cílem všech geověd.
- ◆ Příklad: průběh nadmořské výšky v lokalitě je prostorovým procesem

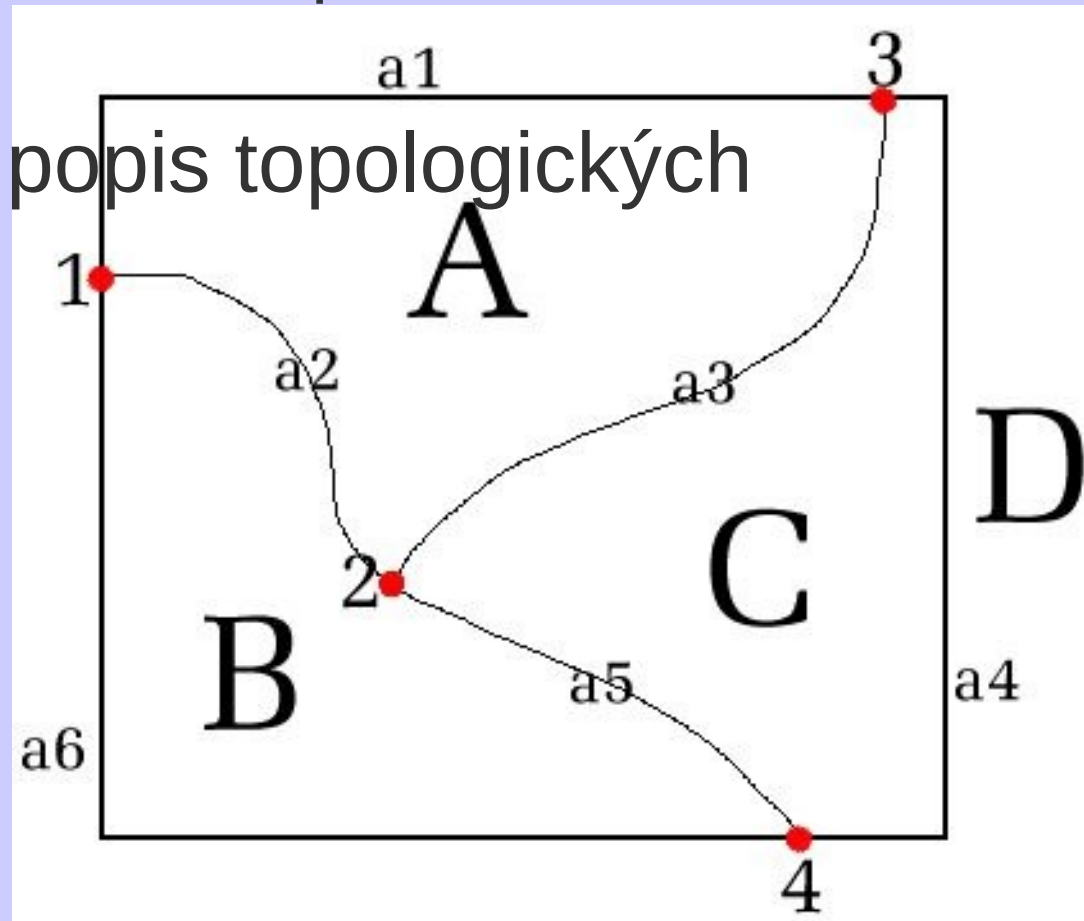


Prostorové vztahy

- ◆ Je důležité rozlišovat mezi vlastnostmi objektů, které vyžadují
 - ◆ měření polohy (geometrické) – jak je X daleko od Y.
 - ◆ vyjádření vztahů mezi objekty (topologické) - např. sousednost dvou parcel je nutno formálně v databázi popsat
- ◆ Analytické operace
 - ◆ Uložení topologie zrychluje analytické operace.
- ◆ Rozložení informací ve vrstvách
 - ◆ Zkoumání prostorových vztahů napříč vrstvami.

Prostorové vztahy

- ◆ Topologické vlastnosti:
 - ◆ konektivita - spojitost - návaznost dopravy na zastávce
 - ◆ orientace - směr z ... do - směr toku řeky
 - ◆ přilehlost - sousednost - parcely
 - ◆ obsahování – obsahování bodu, příslušnost ohraničení k polygonu
- ◆ Teorie grafů - tradiční popis topologických vlastností.



Prostorové modelování reality

◆ Návrh:

- ◆ kterou část reality chci modelovat (zahrnout)
- ◆ model prostoru – zvolení souřadného systému
- ◆ rozvržení mapových vrstev
- ◆ Tabulky, atributy

◆ Realizace:

- ◆ zdroj dat pro vytvoření vrstev
- ◆ měření v terénu

◆ Budoucnost:

- ◆ jaké lze plánovat v budoucnu analýzy
- ◆ jaké budou výstupy

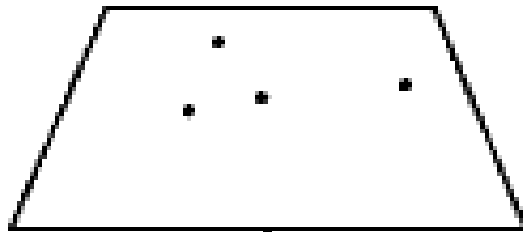
Pojetí TOPOLOGIE

- ◆ Topologie je zkoumání logického vztahu mezi geo-objekty.
- ◆ Úrovně:
 - ◆ Objekt je prvkem nějaké vrstvy (příslušnost k vrstvě).
 - ◆ Implicitní topologie – napojení, sousednost, orientace. Urychluje analýzu dat.
 - ◆ Explicitní (uživatelská) topologie – většinou formou další vrstvy (například budova X má vchod na ulici Y).

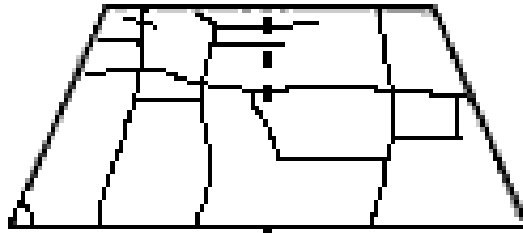
Kategorie modelů

- ◆ 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.

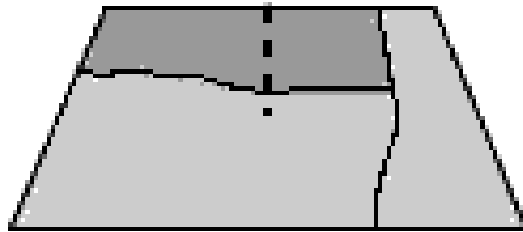
Mapové vrstvy



Point Layer (Parks)



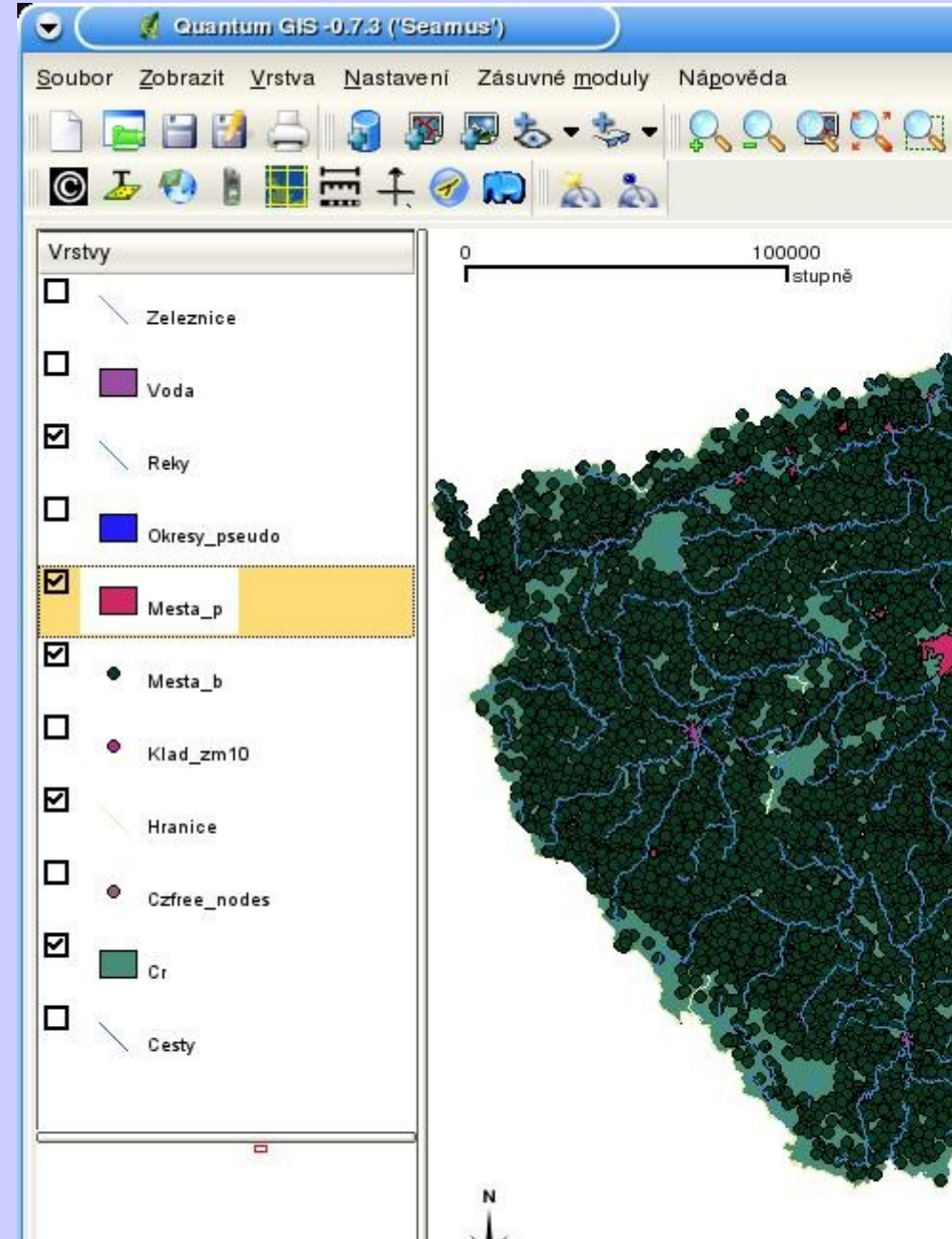
Line Layer (Streets)



Area Layer (Tracts)



Resulting Map



Terminologie – GRASS, ArcGIS

- ◆ GRASS: mapset (sada map), raster/vector files; location; database
- ◆ ArcGIS: poněkud košatější organizace dat
 - ◆ soubory/geodatabáze
 - ◆ Coverage (raster), feature sets (vektory)
 - ◆ Layer – rozšíření dat o metadata, nastavení zobrazování, samostatně přenositelná pokrytí

Zásady pro map. vrstvy

- ◆ Vrstva zahrnuje objekty stejné (jednotné) dimenze:
 - ◆ bodové pokrytí - měřicí body, kóty
 - ◆ liniové - řeky, silnice, železnice
 - ◆ polygonové - krajinný kryt, typ půd, parcely
- ◆ **Zásada 1.:** v rámci jedné vrstvy mít vektorové objekty pouze *jedné dimenzionality*.
- ◆ **Zásada 2.:** v rámci jedné vrstvy pouze objekty *jednoho tématu*.
 - ◆ Témata může být obtížné od sebe oddělit. Sloučit je možné vždy.

Kombinace vrstev – překrytí

- ◆ *Kombinace vrstev (analytické postupy) může vést k odvození nových geoobjektů (s novou geometrií, topologií nebo s odvozenými atributy)*
- ◆ V GIS je překrývání vrstev esenciální (odlišuje od jiných informačních systémů):
 - ◆ Vrstva je v GISech chápána jako proměnná v programovacích jazycích – lze tvořit výrazy nad vrstvami
 - ◆ Vrstvové operace (překrytí, mapová algebra)
 - ◆ $\text{vrstvaA} := \text{výpočet}(\text{vrstva1}, \text{vrstva2}, \dots)$

Vrstvy – pro a proti

- ◆ Výhody vrstevového přístupu:
 - ◆ možnost vytváření tématických hierarchií
 - ◆ získávání, úpravy a přístup k údajům jsou řešeny specificky pro každou vrstvu
 - ◆ hledání podle atributu je velmi rychlé (omezené množství objektů)
- ◆ Nevýhoda:
 - ◆ klade to větší důraz na metadata (například: musím vědět, že Odra je řeka)
 - ◆ Složitější sestavování dotazů kombinujících více attr.
 - ◆ Manipulace s mnoha soubory
- ◆ Opak vrstevového přístupu: všechny objekty jsou v jediném souboru (opravdu NIKDY !!!)

Topologické kontroly nad vektory

- ◆ Linie – nedotahy/přetahy linií.
 - ◆ Linie na sebe navazují pouze tehdy, pokud koncový bod jedné linie je v databázi TOTOŽNÝ s počátečním bodem druhé linie
- ◆ Polygonů – kontrola přesahu (překrývání) polygonů.
 - ◆ Polygony spolu sousedí, pouze pokud jejich ohraničující linie mají v DB neprázdný průnik.
- ◆ Tzn., NE dva objekty se stejnou souřadnicí, ale dva objekty odkazující se na shodný objekt obsahující souřadnici

Základy použití vektorů a rastrů

- ◆ Při modelování naší situace rozhodneme, zda vrstvu pojmeme jako vektor nebo rastr.
 - ◆ vektor – výčet konečného (možná malého) množství ohraničených geo-objektů. Atributy v (relační) DB.
 - ◆ rastr – spojitě rozložená informace v ohraničeném prostoru. Atribut je “v buňce”. Hranice buňky definují rozsah platnosti hodnoty atributu.
- ◆ Převody vektor-rastr.
- ◆ Omezení analytických nástrojů (GRASS)
- ◆ Někdy sledujeme i prostorovou náročnost uložení
 - ◆ např. pokrytí území dvěma pozemky (dva polygony versus rastr)

Příklady vektorů

- ◆ Veškeré sítě – linie. Nepřerušitelnost linií (linie v rastru je skoro nesmysl), napojení linií
- ◆ Ohraničené plochy – pozemky (katastr).
- ◆ Body – měření v bodě, umístění objektu (tel. budka)
- ◆ například město/obec: bude to bod nebo polygon?

Příklady rastrů

- ◆ Výškový model, teploty, srážky, půdní pokryv, veškeré snímky z DPZ, ...
- ◆ Modely fyzikálních polí (např. meteorologické)
- ◆ Body – měření v bodě s určitou prostorovou přesností.
- ◆ Linie – velmi omezeně
- ◆ Plochy bez důrazu na přesnost geometrie
- ◆ Pokud je to standard použitého nástroje: GRASS dříve, IDRISI

Příklady – turistický GIS

- ◆ Definice vrstev, atributů.
- ◆ rastr – výškový model (barva podkladu)
- ◆ vektor – řeky, potoky
- ◆ vektor – cyklostezky, turistické cesty
- ◆ vektor – vodní plochy
- ◆ vektor – zajímavá místa
- ◆ vektor – zastávky/trasy dopravy
- ◆ Zdroje dat: existující mapy, letecký snímek, jízdní řády
- ◆ Analýza: hledání cesty s ohledem na ...
 - ◆ profil cesty (převýšení)

Příklady – správa území

- ◆ rastr – výšky
- ◆ chceme zahrnout – parcely (zemědělství, bydlení, továrny, ...). Ceny pozemků.
- ◆ doprava – letiště, silnice, železnice
- ◆ prvky krajiny – řeka, les, ...
- ◆ Provedení ve vektoru a rastru.
- ◆ Analýza – vzdálenostní, viditelnost (projekt větrné elektrárny), ...

Příklad: administrativa obyvatel

- ◆ Vektor – ulice
- ◆ Vektor – domy (podlaží), bytové jednotky
- ◆ Vektor – rozvodné sítě
- ◆ Vektor – významné budovy (nemocnice, školy)

Příklad: vodohospodářství

- ◆ Rastr – výškový model
 - ◆ Sklony svahů, orientace svahů, eroze
- ◆ Rastr - Průměry srážek, úhrny srážek
- ◆ Rastr (vektor) – Půdní typy
- ◆ Vektor – povodí
- ◆ Vektor – přirozený odtok vody
- ◆ Vektor – řeky
- ◆ Vektor – pozemní komunikace
- ◆ Vektor - mosty

Objektová orientace v Geo-systémech

- ◆ Modernější (neznamená rozhodně lepší) přístup založený na OO modelování.
- ◆ Každý objekt má vlastní geometrii, topologii, tematiku a chování
- ◆ Objekty je možné sdružovat do tříd
- ◆ Je možné vytvářet hierarchické vztahy mezi objekty
- ◆ Objektová paměť (Smalltalk, Gemstone).

Objektová orientace v Geo-systémech

- ◆ Obecné výhody OOP
(dědění, zapouzdření, ...)
- ◆ Výhody: shrnuto - obecné výhody OOP, především práce s atributy a topologií
- ◆ Nevýhody: tématické hledání objektů podle jednoho atributu je pracné a pomalejší (objekt tvoří vlastní hierarchii podobjektů - musí implementovat i hledání - nevýhoda hierarchičnosti).
- ◆ **Jak vyjádříme RASTRY ????**

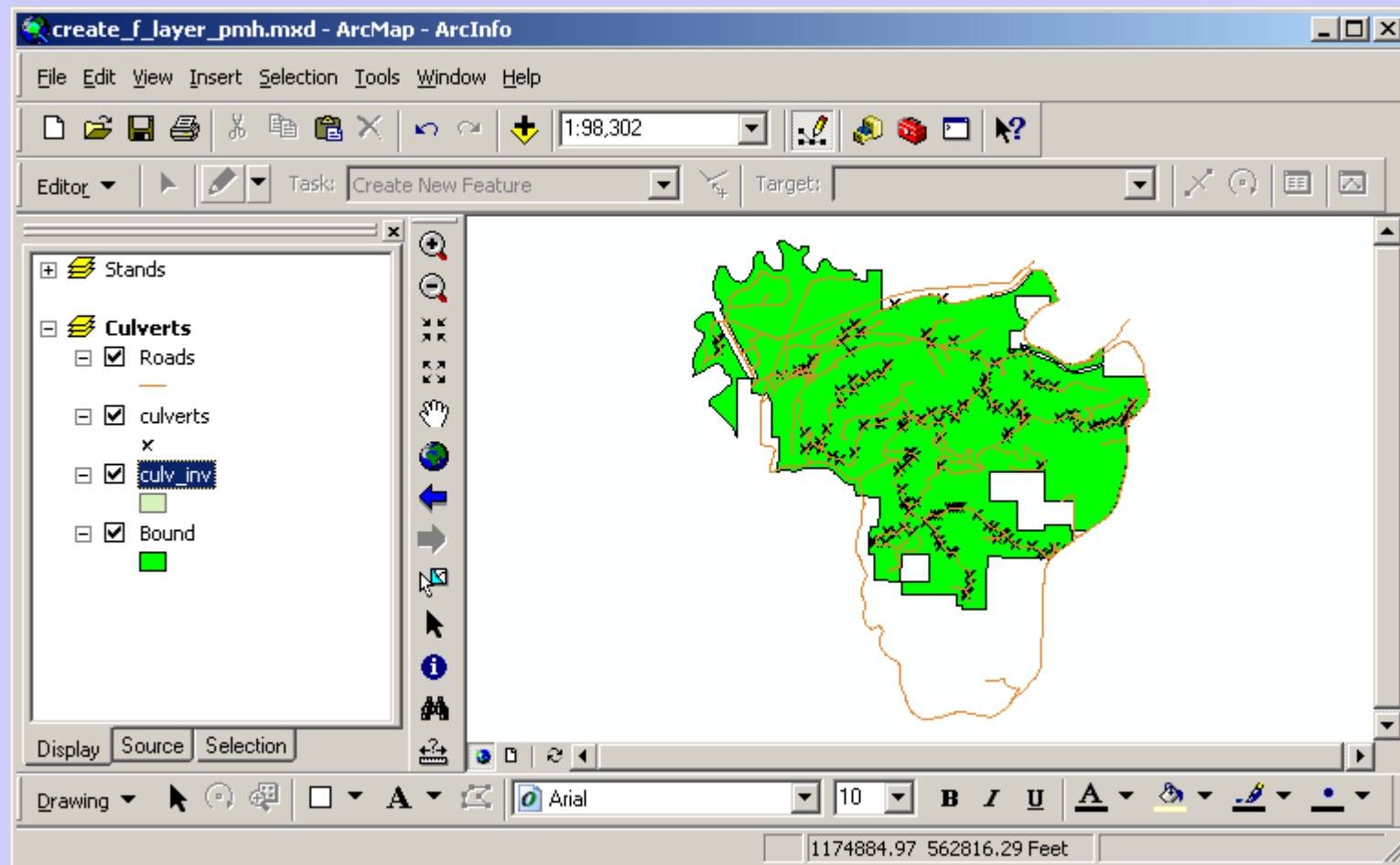
Objektová orientace v Geo-systémech

- ◆ V počátcích. GIS systém SmallWorld.
- ◆ Srovnání relační x objektový model. OO databáze (Gemstone).
- ◆ geo-objekt v realitě se mapuje na objekt v IS (sloučení prostorových a atributových údajů).
- ◆ objekty nemají “identifikační čísla”

Geo-objekty, Geo-databáze

- ◆ Geo-databáze je v pojetí:
 - ◆ Vrstvového přístupu – sada vrstev, mapové projekty
 - ◆ OO přístupu – objektová paměť
- ◆ Formáty uložení dat
- ◆ Heterogenita databází – propojitelnost geodatabází (interoperabilita)
- ◆ OGC (Open Geospatial Consortium), WMS, WPS
 - ◆ mapové servery – budoucnost, řešení interoperability

Modelování prostorových objektů



Vektory

Vektorové vrstvy

- ◆ body, linie, polygony (ohraničení)
- ◆ obraz je složen z čar – bod, spojení bodů (linie)
- ◆ diskrétní (objektový) přístup k modelování
- ◆ **Vyjadřujeme existenci diskrétních objektů (opak: prostorové procesy).**

Elementy vektorové reprezentace

- ◆ Bod (point) = poloha, uzel v topologickém smyslu
- ◆ Jakékoliv spojení dvou bodů (čára, křivka) - linie ("line" v geom. smyslu)
- ◆ Linie v topologickém smyslu - hrana (edge) - někdy taky 1D strukturní primitivum (Arc, oblouk)
 - ◆ Rozdíl mezi geometrickou a topologickou linií.
- ◆ teorie grafů (z větší části jen pro definici objektů)

Geometrické a topologické ...

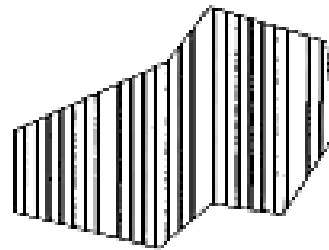
a)



Bodový objekt



Liniový objekt



Plošný objekt

b)



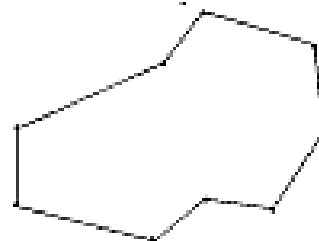
Uzel



Hrana



Řetězec



Polygon

Topologie: Uzly

- ◆ Uzly mohou ve vektorové reprezentaci fungovat jako:
 - ◆ počáteční a koncové body hran, případně jako mezilehlé body na liniích. Tady mají velkou důležitost pro definování geometrie a topologie liniových objektů (definují tvar, polohu, rozměr).
 - ◆ reprezentují bodové objekty
 - ◆ kombinace předchozích podle potřeb aplikace
- ◆ Pokud je bod objektem, tak není nutné řešit jeho topologické vztahy k ostatním ((naopak - bod je uzlem - je to nutné)

Topologie: Hrany

- ◆ součást reprezentace liniového objektu
- ◆ tvoří součást hranice mezi dvěma plošnými objekty
- ◆
- ◆ Není nutné, aby hrana plnila obě funcce. Když je součástí liniového objektu, tak u ní nesledujeme pravý a levý polygon.
- ◆ Pokud se mají linie spojovat, tak pouze formou uzlu.

Topologie: Plošné objekty, polygony

- ◆ Tři druhy topologických vztahů:
 - ◆ definování souvislosti - řetěz hran definujících plochu
 - ◆ příslušnost hrany k dané ploše - vztah hrana-polygon
 - ◆ sousednost ploch - dáme hranám orientaci, pak lze určit levou a pravou plochu

Fyzický x modelový bod

- ◆ Jednomu bodu v realitě musí v modelu náležet právě jeden bod
 - ◆ Tzn., jedna souřadnice (x,y) se nesmí v souboru vyskytovat víckrát.
 - ◆ Existence bodů
 - ◆ Napojení linií
- ◆ Hranice polygonů jsou společné
 - ◆ Jako plot mezi dvěma zahrádkami
- ◆ Kontrola/vytvoření topologie

Vektorové datové modely a struktury

- ◆ Většina navržených vektorových datových modelů je kategorizovatelná do následujících tříd:
 - ◆ špagetový model (bez topologie)
 - ◆ topologický model
 - ◆ hierarchický vektorový model
- ◆ Organizace dat, uložení dat
- ◆ Reálné vektorové formáty vychází z těchto konceptů.

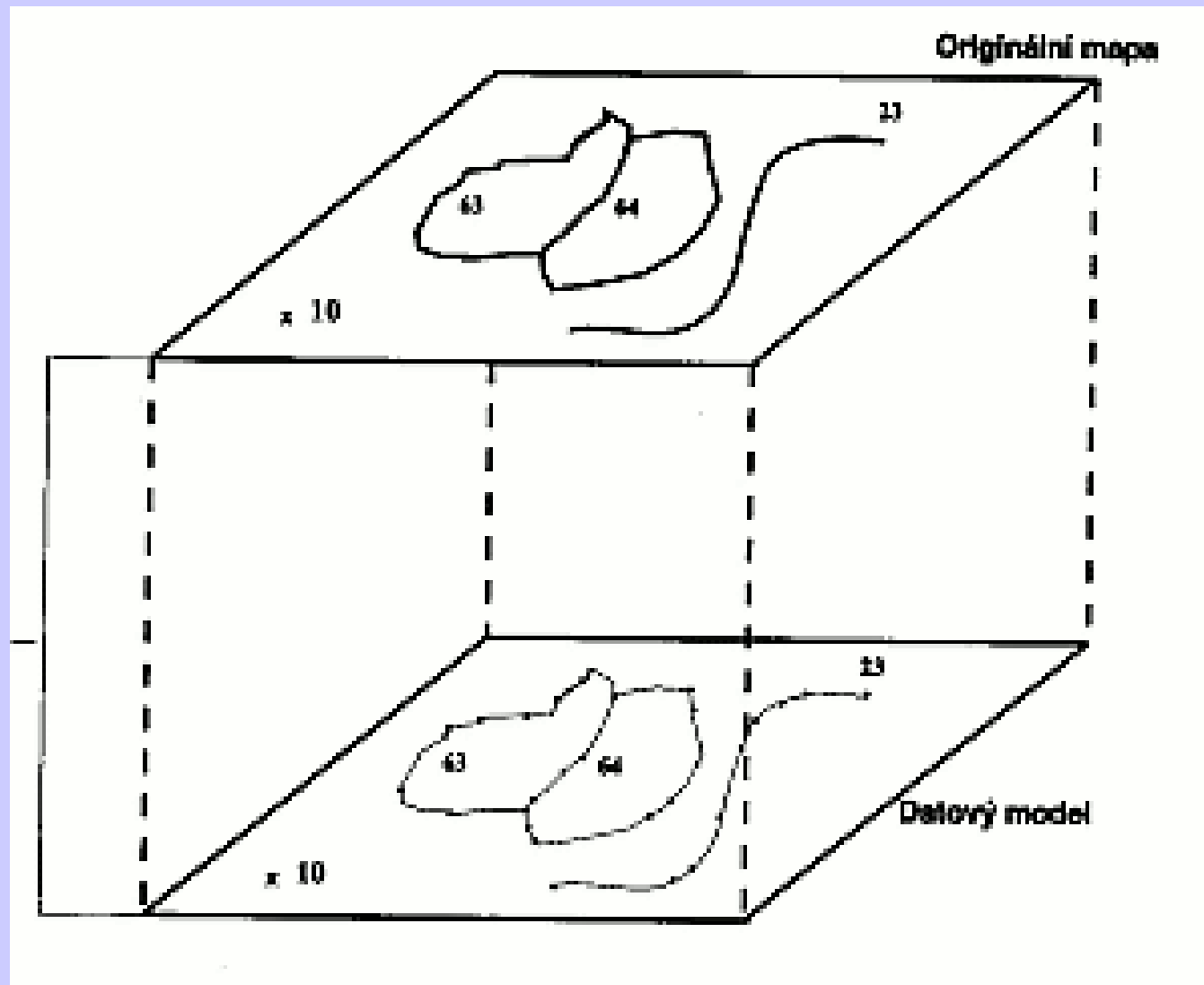
Vektorové datové modely a struktury

- ◆ Snahou je hledat kompromis mezi (z hlediska analýzy):
 - ◆ polohové/tvarové informace držet u objektu - kam podle modelování "patří"
 - ◆ mít všechny informace "pohromadě" (centralizovaně) - jeden pohled na data
- ◆ Změny topologických vztahů při změně geometrie objektů – velký problém!!!
- ◆ S tím souvisí i ochota vytvářet složitější strukturu databáze (více tabulek, typů).

Špagetový model

- ◆ Jinak řečeno - model špagetových řetězců.
- ◆ Přímý přepis mapy (čar) do digitální podoby (seznam objektů).
- ◆ Mapa je konceptuálním modelem a soubor souřadnic je její datovou strukturou.
- ◆ V podstatě prosté uložení dat. Pro jakoukoliv analýzu mapy je nutné jakési sestavení (dočasné) mapy.
- ◆ Především pro přenos dat.
- ◆ Součástí topologie je i fakt, že objekty jsou roztrženy do skupin (mapových vrstev).

Špagetový model



Špagety

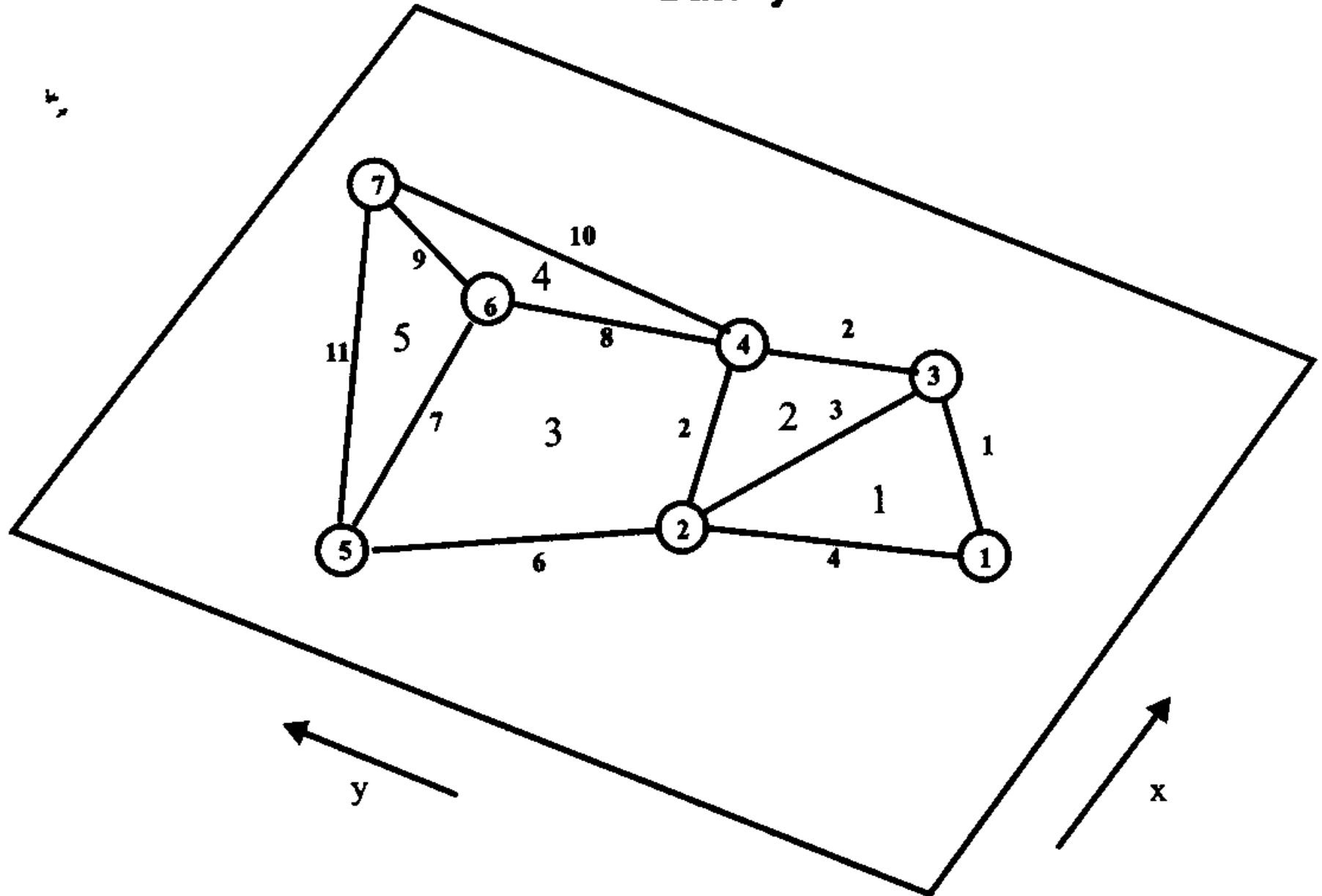
| Objekt | Číslo | Poloha |
|---------|-------|----------------------|
| bod | 10 | X,Y bod |
| čára | 23 | X1,Y1,, n bodů |
| polygon | 63 | bod1,bod2, ... |
| polygon | 64 | |

Topologický datový model

- ◆ Poměrně jednoduchý a oblíbený způsob uložení vektorové informace. Stavebním prvkem je hrana (linie).
- ◆ Databáze je dána tabulkou hran a uzlových bodů (souřadnice). Každá hrana obsahuje záznam: id, pravý polygon, levý polygon, počáteční uzel, koncový uzel
- ◆ Nedochází k redundanci zaznamenávání (modelování) hran - hrana tvoří hranici mezi polygony (orientace hrany).
- ◆ Problém tohoto modelu (i špagetového) je nemožnost k objektu přímo získat jeho hrany (musí se projít celý soubor).

Topologický datový model

Datový model



Topologický datový model – soubor topologických vztahů

| Hrana | Pravý polygon | Levý polygon | Počátek v bodě | Konec v bodě |
|-------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| 1 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| 2 | 2 | 0 | 4 | 3 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 5 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| 6 | 3 | 0 | 2 | 5 |
| 7 | 3 | 5 | 5 | 6 |
| 8 | 3 | 4 | 6 | 4 |
| 9 | 4 | 5 | 7 | 6 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Topologický datový model – soubor souřadnic bodů

| Uzel | X souřadnice | Y souřadnice |
|------|--------------|--------------|
| 1 | 23 | 8 |
| 2 | 17 | 17 |
| 3 | 29 | 15 |
| 4 | 26 | 21 |
| 5 | 8 | 26 |
| 6 | 22 | 30 |
| 7 | 24 | 36 |

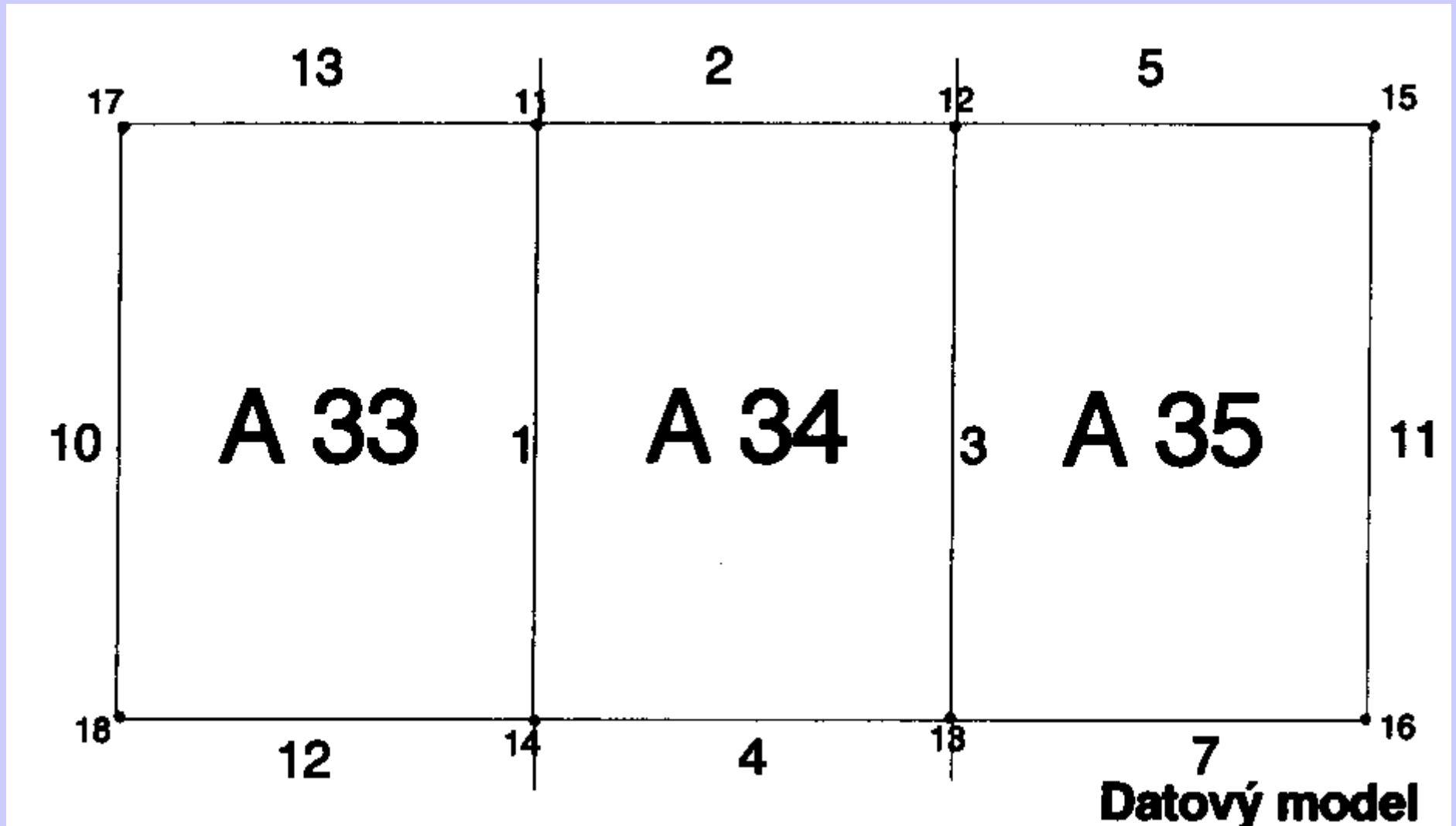
Topologický datový model - poznámky

- ◆ jako vylepšení NAA se uvádí (Worboys) tzv. DCEL - seznam dvojité propojených hran (Double Connected Edge List), který vylepšuje prohledávání struktury **uvedením předcházející a následující hrany** pro každou popisovanou hranu (odkazem). Řádek hrany ještě obsahuje záznam o dvou dalších hranách.
- ◆ další vylepšení - okřídlené hrany (winged edge) - jsou tam zapsány všechny možné informace o souvislostech mezi uzly, hranami a plochami

Hierarchický vektorový model

- ◆ Odděluje záznam o bodech, hranách a objektech.
- ◆ Vytváří hierarchie - jeden typ objektu obsahuje záznam o dalších typech (polygon = množina hran, hrana=dvojice bodů, ...)
- ◆ Výhodné uložení dat (vede skoro na objektovou reprezentaci), vhodné pro uložení v počítači

Hierarchický vektorový model



Hierarchický vektorový model - data

◆ Tabulka bodů

| Číslo | X | Y |
|-------|-------|-------|
| 11 | 126,5 | 578,2 |
| 12 | ... | ... |
| 13 | ... | ... |
| 14 | ... | ... |

◆ Tabulka hran:

| Číslo | Z bodu | Do bodu | Délka |
|-------|--------|---------|-------|
| 1 | 14 | 11 | 106,3 |
| 2 | 11 | 12 | ... |
| 3 | 12 | 13 | ... |
| 4 | 13 | 14 | ... |

Hierarchický vektorový model - data

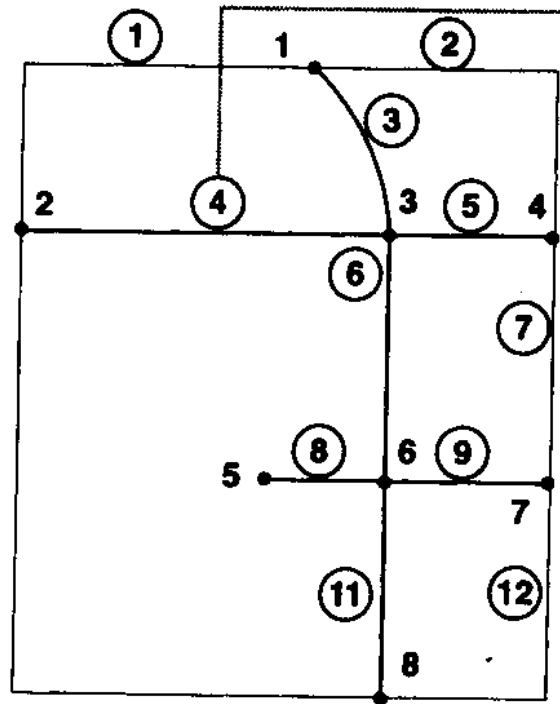
- ◆ Tabulka polygonů (sousednost chybí):
 - ◆ Optimální uložení, žádná redundance
 - ◆ Dynamická délka záznamu (souborové uložení)
 - ◆ Vypadla sousednost ploch.

| Název | Majitel | Čáry | Obvod | Plocha |
|-------|------------|------------|-------|--------|
| A34 | P. Vonásek | 1,2,3,4 | 405,2 | 10203 |
| A35 | R. White | 3,5,7,11 | 478,1 | 11562 |
| A33 | J. Streit | 1,12,13,10 | ... | ... |

Hier. vekt. formát ARC/INF

- ◆ Založen na sledování třech vztahů: spojitost, definice ploch, styčnost ploch
- ◆ Reprezentace liniových objektů - oblouk (arc).
- ◆ následuje:
 - ◆ 1. obrázek - Vztah oblouk-uzel (spojitost)
 - ◆ 2. obrázek - vztah polygon-oblouk
 - ◆ 3. obrázek - objekty se společnou hranicí jsou sousední.

ARC/INFO – body, čáry - spojitost



① Číslo čáry
8 Číslo bodu

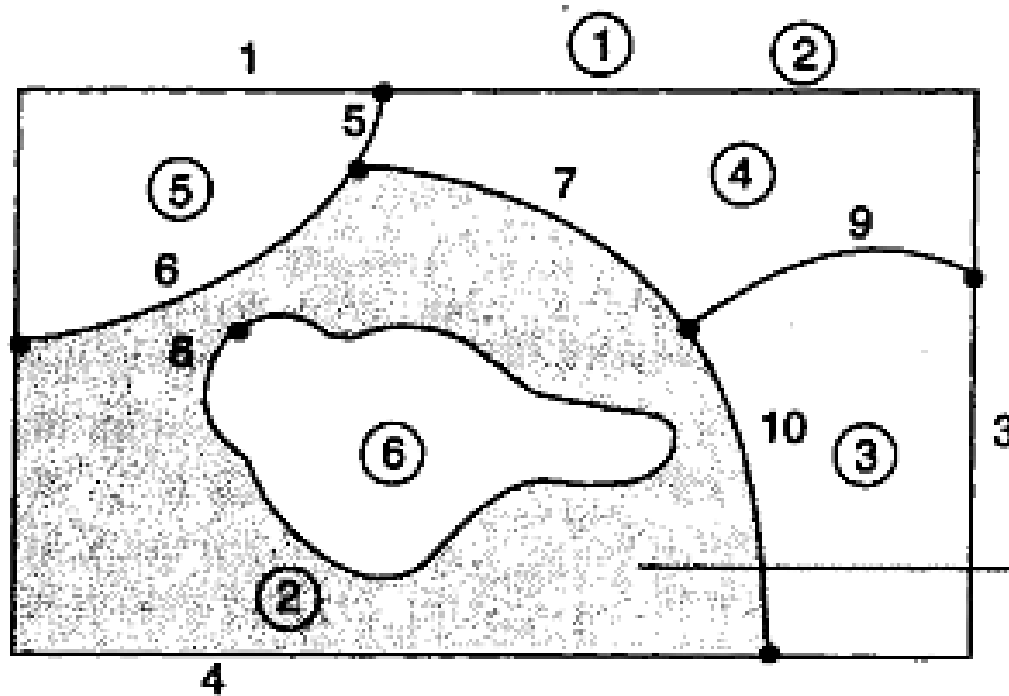
Seznam průsečíků čar

| Čára | Z bodu | Do bodu |
|------|--------|---------|
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 3 |
| 4 | 2 | 3 |
| 5 | 4 | 3 |
| 6 | 3 | 6 |
| 7 | 4 | 7 |
| 8 | 5 | 6 |
| 9 | 6 | 7 |
| 10 | 2 | 8 |
| 11 | 6 | 8 |
| 12 | 8 | 7 |

Seznam souřadnic čar

| Čára | X, Y |
|------|---------------|
| 1 | 5,5 5,7 8,7 |
| 2 | 8,7 11,7 11,5 |
| 3 | 8,7 ... 9,5 |
| 4 | 5,5 9,5 |
| 5 | 11,5 9,5 |
| 6 | ... |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |

Arc/Info – plocha-čára, definice ploch



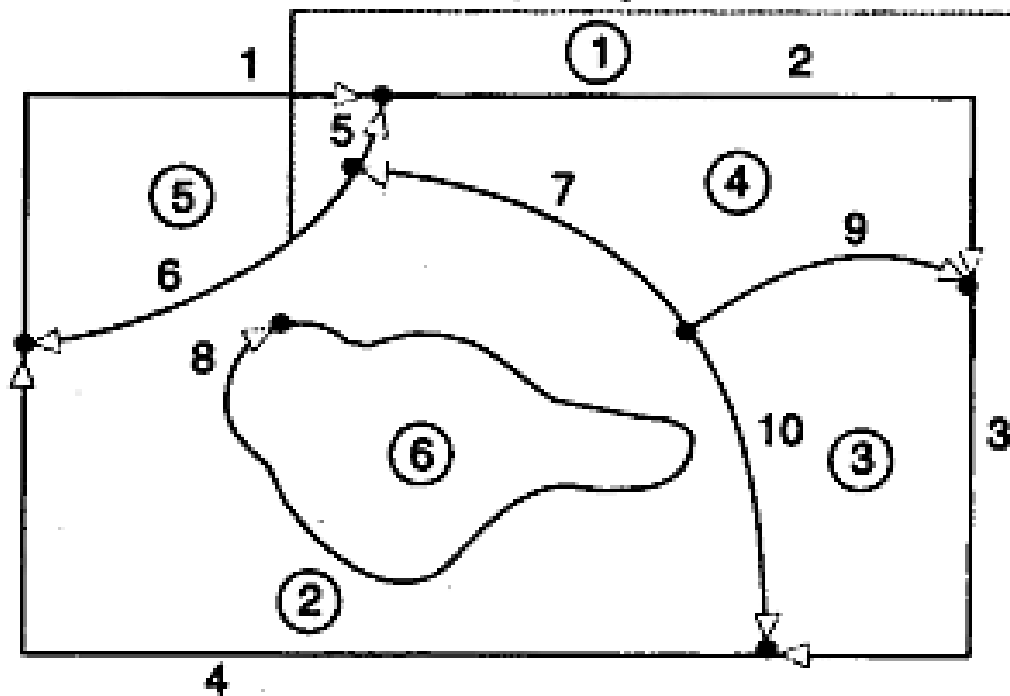
Seznam čar polygonů

| Polygon | Čára |
|---------|-------------------|
| 2 | 4, 6, 7, 10, 0, 8 |
| 3 | 3, 10, 8 |
| 4 | 7, 5, 2, 9 |
| 5 | 1, 5, 6 |
| 6 | 8 |

Seznam souřadnic čar

| Čára | X, Y |
|------|---------------|
| 1 | 5,3 5,5 8,5 |
| 2 | 8,5 20,5 ... |
| 3 | 20,4 20,1 ... |
| 4 | 18,1 5,1 5,3 |
| 5 | 7,4 8,5 |
| 6 | 7,4 6,3 ... |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

Arc/Info – plochy napravo/nalevo - styčnost



- ② Číslo polygonu
- 6 Číslo čáry

Seznam ploch vpravo a vlevo

| Čára | Levý polygon | Pravý polygon |
|------|--------------|---------------|
| 1 | 1 | 5 |
| 2 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1 | 2 |
| 5 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 5 |
| 7 | 2 | 4 |
| 8 | 2 | 6 |
| 9 | 4 | 3 |
| 10 | 3 | 2 |

Seznam souřadnic čar

| Čára | X,Y |
|------|---------------|
| 1 | 5,3 5,5 8,5 |
| 2 | 8,5 20,5 ... |
| 3 | 20,4 20,1 ... |
| 4 | 18,1 5,1 5,3 |
| 5 | 7,4 8,5 |
| 6 | 7,4 6,3 ... |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

ESRI Shapefile

- ◆ Nejčastější výměnný formát vektorových geodat
- ◆ .shp, .shx, .dbf (+ volitelná rozšíření)
- ◆ Záznam v shp (hlavička, záznamy):
 - ◆ typ objektu (bod, polyline, polygon, multipoint)
 - ◆ MBR (Minimum Bounding Rectangle)
 - ◆ cat, délka obsahu záznamu, obsah (závisí na typu obj)
- ◆ .shx – index do shp (seznam počátků záznamů)
- ◆ .dbf – napojeno přes “cat”
- ◆ proměnlivá délka záznamu – řešení v souboru

Open source: GDAL/OGR

- ◆ GDAL – podpora rastrů
- ◆ OGR – vektory, podpora mnoha formátů
- ◆ Dobrá dokumentace, zavedený projekt
- ◆ Knihovna, programy ogrinfo, ogr2ogr, ...
- ◆ Hierarchie tříd odvozených od OGRGeometry

```
#include "ogr_sfrmts.h"
int main()
{

    OGRDataSource      *poDS;
    poDS = OGRSFDriverRegistrar::Open( "point.shp",
FALSE );
    OGRLayer  *poLayer;
    poLayer = poDS->GetLayerByName( "point" );
    OGRFeature *poFeature;
    while( (poFeature = poLayer->GetNextFeature()) !=
NULL )
    {

        OGRGeometry *poGeometry;
        poGeometry = poFeature->GetGeometryRef();
        if( poGeometry != NULL
            && wkbFlatten(poGeometry->getGeometryType()) ==
wkbPoint )
        {
            OGRPoint *poPoint = (OGRPoint *) poGeometry;
            printf( "%.3f,%3.f\n", poPoint->getX(),
poPoint->getY() );
        }

    }

}
```

Závěr

- ◆ GISovské projektování
- ◆ Vektor, topologie
 - ◆ body – měření v bodě
 - ◆ linie – hledání cest, sítě
 - ◆ polygony – vzájemné prostorové vztahy
- ◆ Bude následovat:
 - ◆ Koncepce rastrů
 - ◆ Uložení geodat v databázích