

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

Reprezentace prostorových objektů

uložení dat v DB

Úvod

- forma konceptuálního modelu prostorových informací
- navazuje na soubor algoritmů prostorových operací, analýzy, DB, ...
- reprezentace údajů v mapách - přehlednost mapy omezená
- v GIS jsou data oddělena od jejich reprezentace (neomezené rozlišení)

Reprezentace prostorových objektů

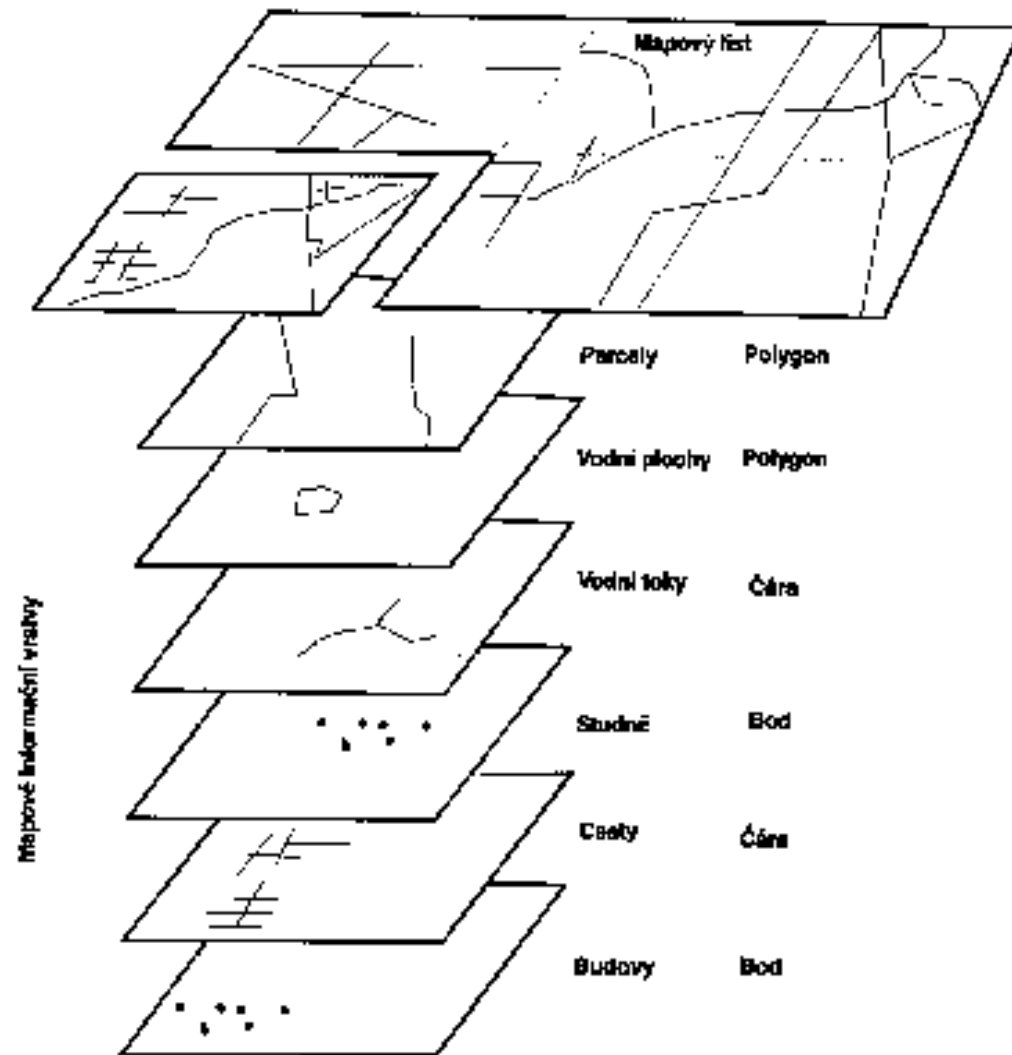
Člověk údaje v mapě intuitivně chápe. Počítač potřebuje databáze a soubory.

Uvidíme, že se používá v zásadě dvojí přístup k reprezentaci geodat:

- Explicitní (rastrový), mozaikový (tesselační) - vychází z modelování pomocí polí - absolutní modelování prostoru
- Implicitní (vektorový) - vychází z objektového modelování, relativní modelování prostoru. (GRASS zavádí ještě bodový (sites))

Mapa je prezentace dat. Data jsou v GIS oddělena od jejich prezentace.

Vrstvy/vektory/mapové listy



Vektorová reprezentace

- V mapě: veškeré čáry (včetně vrstevnic) - řeky, cesty, hranice ploch
- Obraz je složen z čar - čáry a body (souřadnice)
- Objektový přístup k modelování (diskrétní přístup, není míněno OOP)
- Vyjdeme z prostorového referenčního systému (alespoň 2D) - XY, S-JTSK, S-42, WGS84, UTM
- Tento způsob modelování vede na entitně-relační přístup

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)
- teorie grafů (z větší části jen pro definici objektů)

Geometrické a topologické chápání elem.

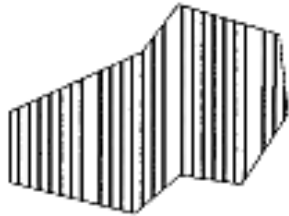
a)



Bodový objekt



Liniový objekt



Plošný objekt

b)



Uzel



Hrana



Řetězec



Polygon

Základy Teorie grafů pro GIS

- Vychází z matematické teorie grafů (topologická reprezentace).
- Graf je $G = [N, E]$. N je množina uzlů, E je množina hran (orientovaných nebo neorientovaných)
- Objekty: Bod - uzel. Složené objekty.
- Stupeň (řád) $D(n)$ uzlu n - počet výskytu uzlu v množině hran.
- $D(n)=0$, izolovaný
- Hrana - hrana grafu mezi dvěma uzly. Orientovanost je aplikačně závislá.
- Dvě hrany jsou sousedící, když mají společný uzel.

Základy Teorie grafů pro GIS

- Řetězec - cesta v grafu, sekvence hran, taková že:
 - každá hrana se v řetězu vyskytuje pouze jednou
 - existují nanejvýš dva uzly s $D(n)=1$ - počáteční a koncový (vzhledem k orientovanosti)
 - ostatní uzly mají $D(n)=2$
- Polygon - uzavřený řetězec bez krajních uzlů, všechny mají $D(n)=2$
- Dva uzly grafu jsou propojeny, pokud existuje řetězec, ve kterém se oba vyskytují. Graf se nazývá propojený, pokud každé dva páry (různých) uzlů jsou propojeny.
- Pro vyloučení nejednáznočnosti zakážeme protínání řetězců (hran). Pokud je to nutné, zavedeme další uzel.
- Uzavřený řetězec - plocha. Modeluje VEKTOROVĚ plošné objekty.

Základy Teorie grafů pro GIS

- Sdružení více polygonů buduje síť polygonů. Je však třeba kontrolovat:
 - neduplicitní označení vrcholů a hran
 - zahrnutí všech potřebných bodů a linií
 - rozlišování pravých a levých ploch pro orientované hrany
 - zohlednění "venkovní" plochy

Pokud takové strukturu důsledně pokrývá celou zkoumanou plochu, pak se nazývá dělením plochy (area partitioning)

Analýza ploch

Na kontrolu jednoznačnosti a kompletnosti systému ploch existují tzv. Eulerovy rovnice.

$f + n - e = 1$, f počet ploch, n počet uzlů, e počet hran

- každý uzel má dimenzi alespoň 2
- zahrneme-li i zbytek plochy, pak $= 2$

Uzly mohou

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)

Hrany mohou

- součást reprezentace liniového objektu
- tvoří součást hranice mezi dvěma plošnými objekty

Není nutné, aby hrana plnila obě funkce. Když je součástí liniového objektu, tak u ní nesledujeme pravý a levý polygon. Pokud se mají linie spojovat, tak pouze formou uzlu.

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

Směrem k mapám

- Pro modelování tématické domény existují ve vektorové reprezentaci dva základní přístupy (organizace databáze) - vrstevný a objektový.
- Smysl tématické domény: seskupení objektů stejného typu (řeky, silnice).

Směrem k mapám - vrstvy

- Vrstvový přístup organizace s vytvářením pokrytí (coverage) je klasický přístup vycházející z navrhování a vytváření topografických a tématických map v kartografii.
- Pokrytí - sada tématicky příbuzných dat. Jedno pokrytí tvoří jednu vrstvu.
- Celková mapa vznikne složením vrstev.
- Všechna pokrytí (mapové listy) musí mít pochopitelně shodné mapové parametry (zobrazení, měřítko, ...)
- Pokrytí zahrnuje objekty stejné dimenze:
 - bodové pokrytí - měřicí body, kóty
 - liniové - řeky, silnice, železnice
 - polygonové - krajinný kryt, typ půd, parcely
- Kombinace vrstev může vést k odvození nových geoobjektů (s novou geometrií, topologií nebo s odvozenými atributy)

Směrem k mapám - vrstvy

V GIS je možnost tvořit nové geobjekty tímto způsobem považována za těžiště funkce a zároveň je odlišuje od jiných informačních systémů.

Výhody vrstvového 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: přístup k objektu z hlediska více (nebo všech) atributů je pracnější a pomalejší (například: musím vědět, že Odra je řeka)

Vrstvy - shrnutí

Důvody pro rozdělování objektů do tématických vrstev jsou dva:

- Potřeba vybudovat systém topologických vztahů mezi reprezentovanými objekty, respektive stavebními prvky. Témata není dobré míchat - není totiž možné vybudovat topologii úseků hraničních čar (podobně s liniovými objekty) - základem topologie polygonů je kontrola přesahu (překrývání) polygonů
- Potřeba "informační čistoty" vrstvy pro účely analýz (přehlednost), resp. kombinování údajů.

Pochopitelně jsou situace, kdy naopak potřebujeme vrstvy podrobit analýze překrývání různých typů geobjektů. Pak ze dvou homogenních vrstev vytvoříme heterogenní a tu zkoumáme.

Objektový přístup

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
- Obecné výhody OOP (dědění, zapouzdření, ...)

Výhody: shrnuto - obecné výhody OOP, především práce s atributy

Nevýhody: tématické hledání objektů podle jednoho atributu je pracné a pomalejší (objekt tvoří vlastní hierarchii podobjektů - musí implementovat i hledání - nevýhoda hierarchičnosti).

Poznámka o DB, uložení dat

- Uloženo v souborech, různé formáty
- V souborech, napojení na tabulky s daty
- Vše v databázích, nové datové typy (reprezentace)
- MapObjects.....

Vektorové datové modely a struktury

Většina navržených vektorových datových modelů je kategorizovatelná do následujících tříd:

- špagetový model
- topologický model
- hierarchický vektorový model

Snahou je hledat kompromis mezi (z hlediska analýzy):

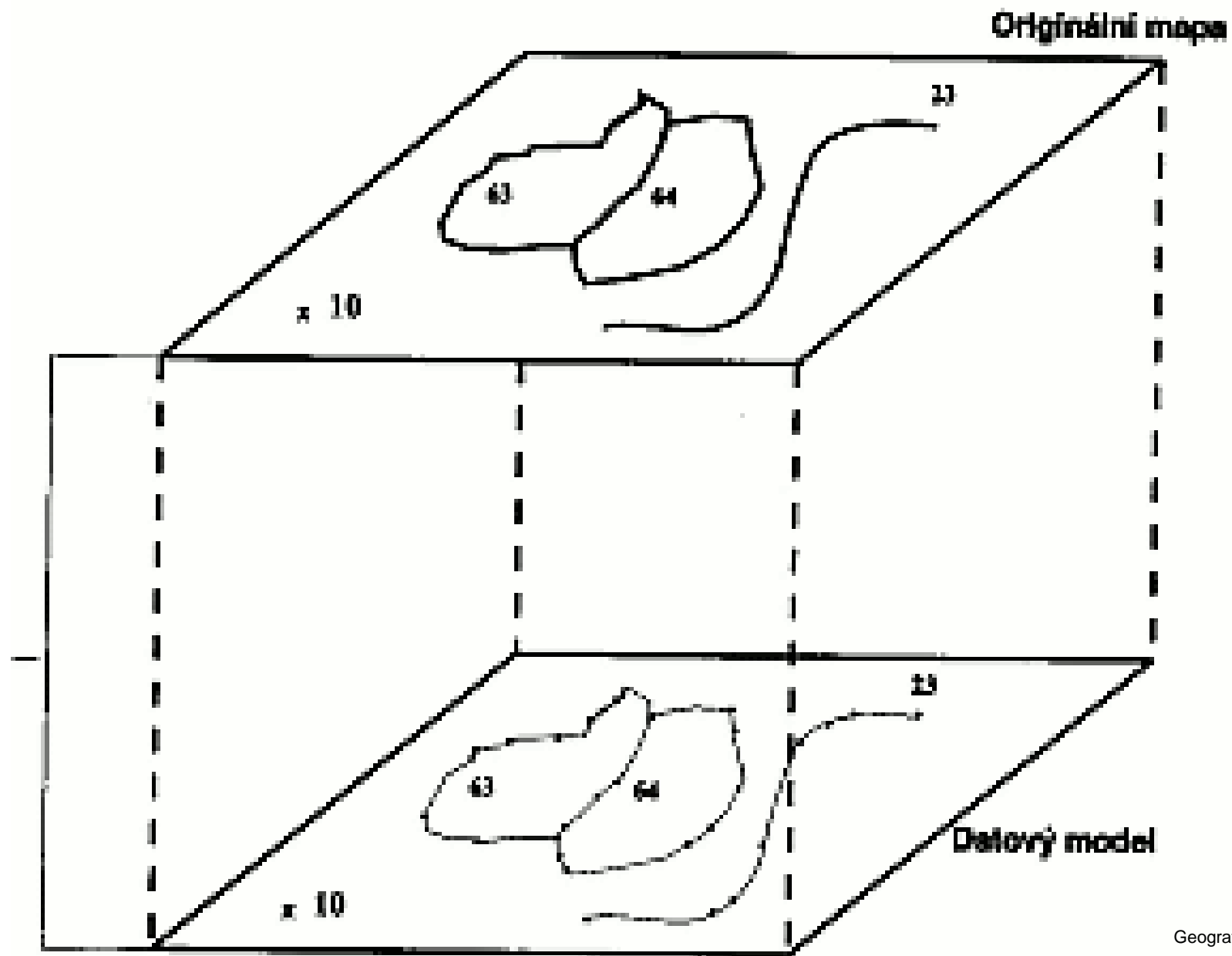
- polohové/tvarové informace držet u objektu - kam podle modelování "patří"
- mít všechny informace "pohromadě" (centralizovaně) - jeden pohled na data

S tím souvisí i ochota vytvářet složitější strukturu databáze (víc tabulek, typů).

Špagetový model

- Jinak řečeno - model špagetových řetězců.
- Přímý přepis mapy (čar) do digitální podoby (seznam objektů).
- Tato reprezentace prý připomíná hromadu špaget na talíři
- 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.
- Dneska se už nepoužívá
- Součástí topologie je i fakt, že objekty jsou roztrženy do skupin (mapových vrstev).

Špagetový model



Špagetový model

Objekt	Číslo	Poloha
Bod	10	X,Y bod
Čára	23	$X_1, Y_1, \dots, X_N, Y_N$ - n bodů
Polygon	63	$bod_1 = (X_1, Y_1), bod_2, bod_3, bod_4, \dots, bod_1$
Polygon	64	stejně

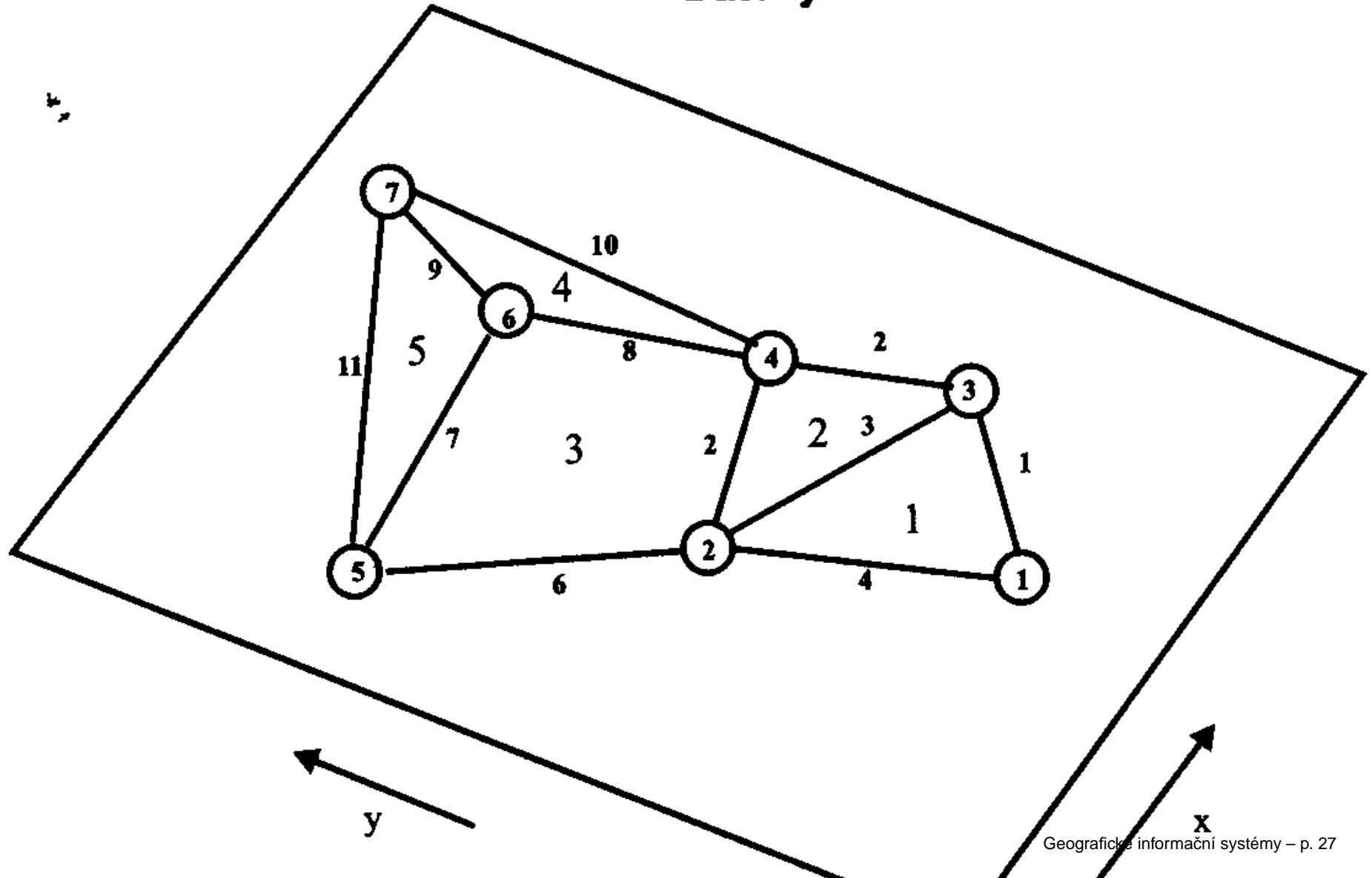
Nijak neřeší sousednost ploch (a redundanci záznamů o hranici)

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
- Nedochozí 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
10	0	4	7	4
11	5	0	5	7

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	28
6	22	30
7	24	36

Topologický datový model - "definice"

Worboys(1995) označuje za "reprezentaci NAA" - Node-Arc-Area

- každý zorientovaný oblouk má jeden počáteční a jeden koncový uzel
- každý uzel musí být začátkem nebo koncem nejméně jednoho oblouku
- každá plocha je ohraničená jedním nebo více zorientovanými oblouky
- zorientované oblouky (z.o.) se mohou protínat jen ve svých uzlových bodech
- každý z.o. má přesně jednu plochu nalevo a napravo
- každá plocha musí být pravou nebo levou plochou (anebo oběma) nejméně jednoho z.o.

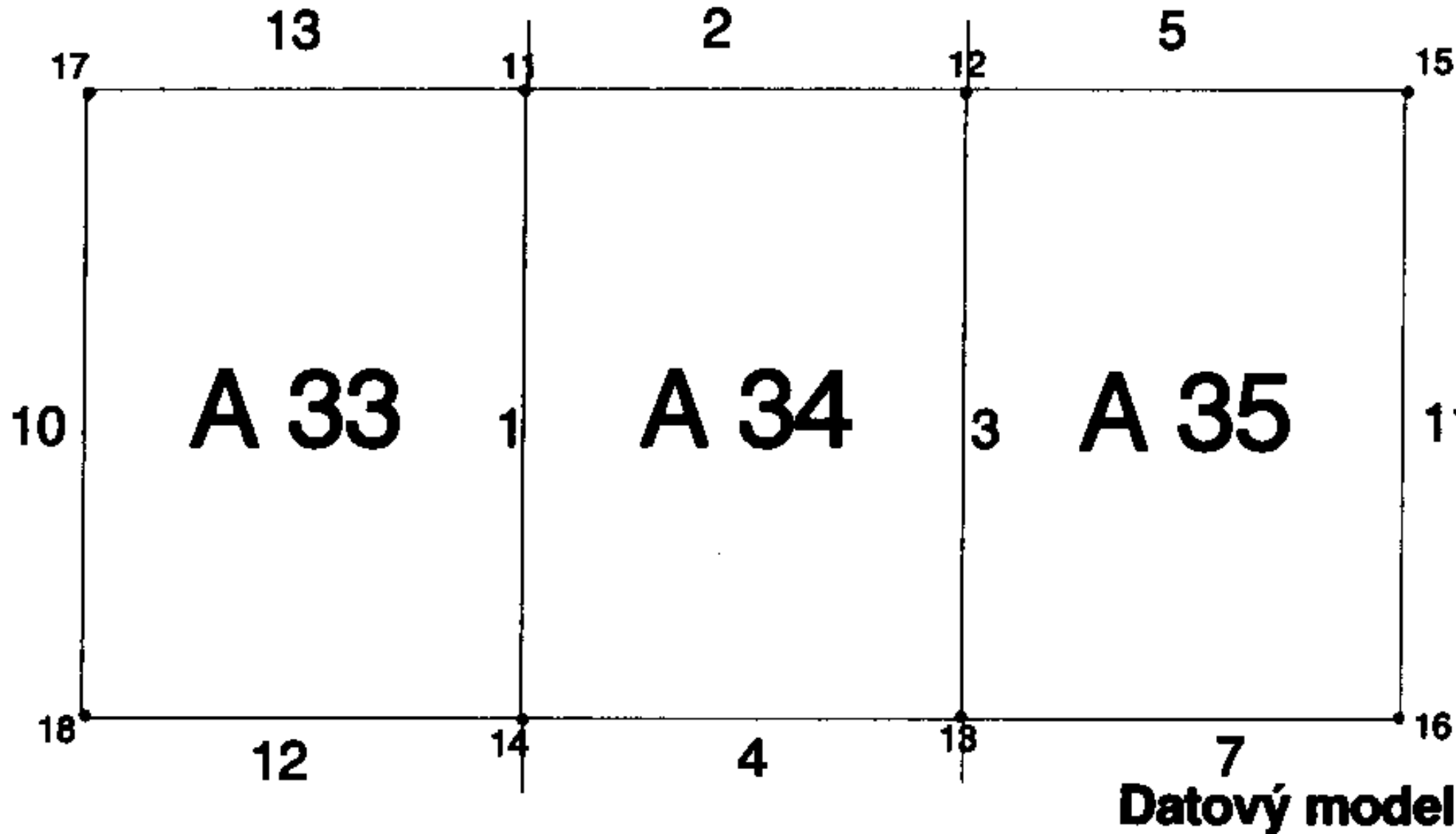
Topologický datový model - poznámky

- 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
- více:
www.cs.ucd.ie/staff/mbertolotto/home/lecture%20notes4025/spatial-data%20struct3.ppt

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	218.6	581.2
13	224.2	470.4
14	129.1	471.9

Tabulka hran:

Číslo	Z bodu	Do bodu	Délka
1	14	11	106.3
2	11	12	92.2
3	12	13	111.6
4	13	14	95.1

Hierarchický vektorový model - data

Tabulka polygonů:

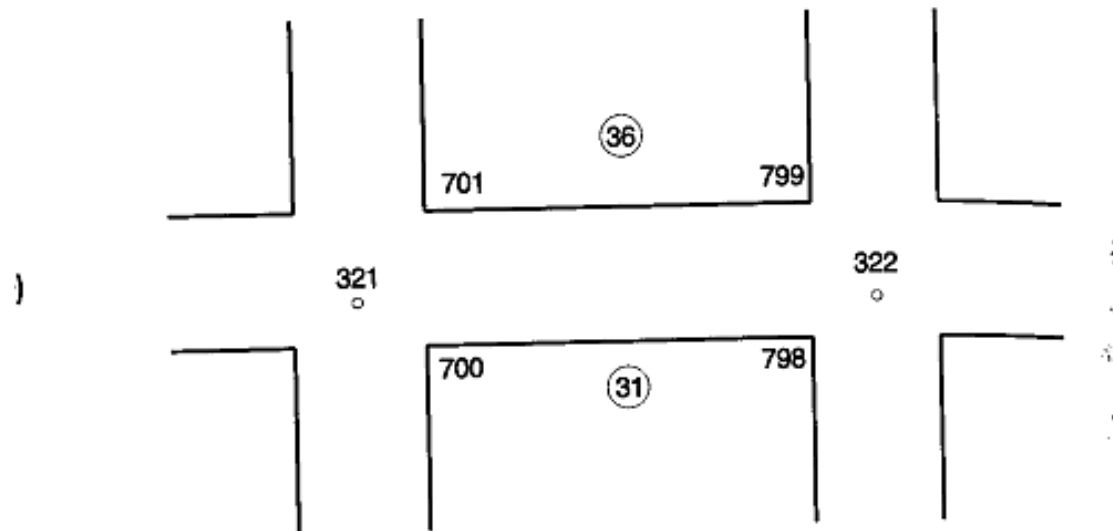
Název	Majitel	Čáry	Obvod	Plocha
A34	P. Vonásek	1,2,3,4	405.2	10203
A35	R. White	3,5,7,11	478.1	11562
A33	J. Streit	1,12,13,10	410.2	9625

Aplikace - GBF/DIME

<http://www.geog.buffalo.edu/ncgia/gishist/DIME.html>

- jeden z prvních známých modelů založených na topologickém základě
- U.S. Census Bureau, 1970, mapy ulic
- každý vektorový objekt (silnice, řeka, ...) je reprezentován sérií přímých liniových úseků (hran). Přímý liniový segment = hrany končící v průsečích s jinými hranami (uzly) nebo v místech, kde výrazně mění směr.

GBF/DIME ulice, U.S. Census



Název ulice	- Girard
Typ ulice	- Avenue
Levé adresy	- 701 - 799
Pravé adresy	- 700 - 798
Levý blok	- 38
Levý trakt	- 12
Pravý blok	- 31
Pravý trakt	- 12
Počáteční bod	- 321
X, Y Souřadnice	- 155 000 - 232 000
Koncový bod	- 322
X, Y Souřadnice	- 156 000 - 234 000

POLYVERT - POLYgon conVERTer

Jeden z prvních příkladů hierarchického vektorového modelu.

Harvard Laboratory for Computer Graphics, začátek 70. let

Řetězec - posloupnost přímých liniových segmentů, které začínají a končí v uzlu

Uzel - průsečíkový bod mezi dvěma řetězci

Hier. vekt. formát ARC/INFO

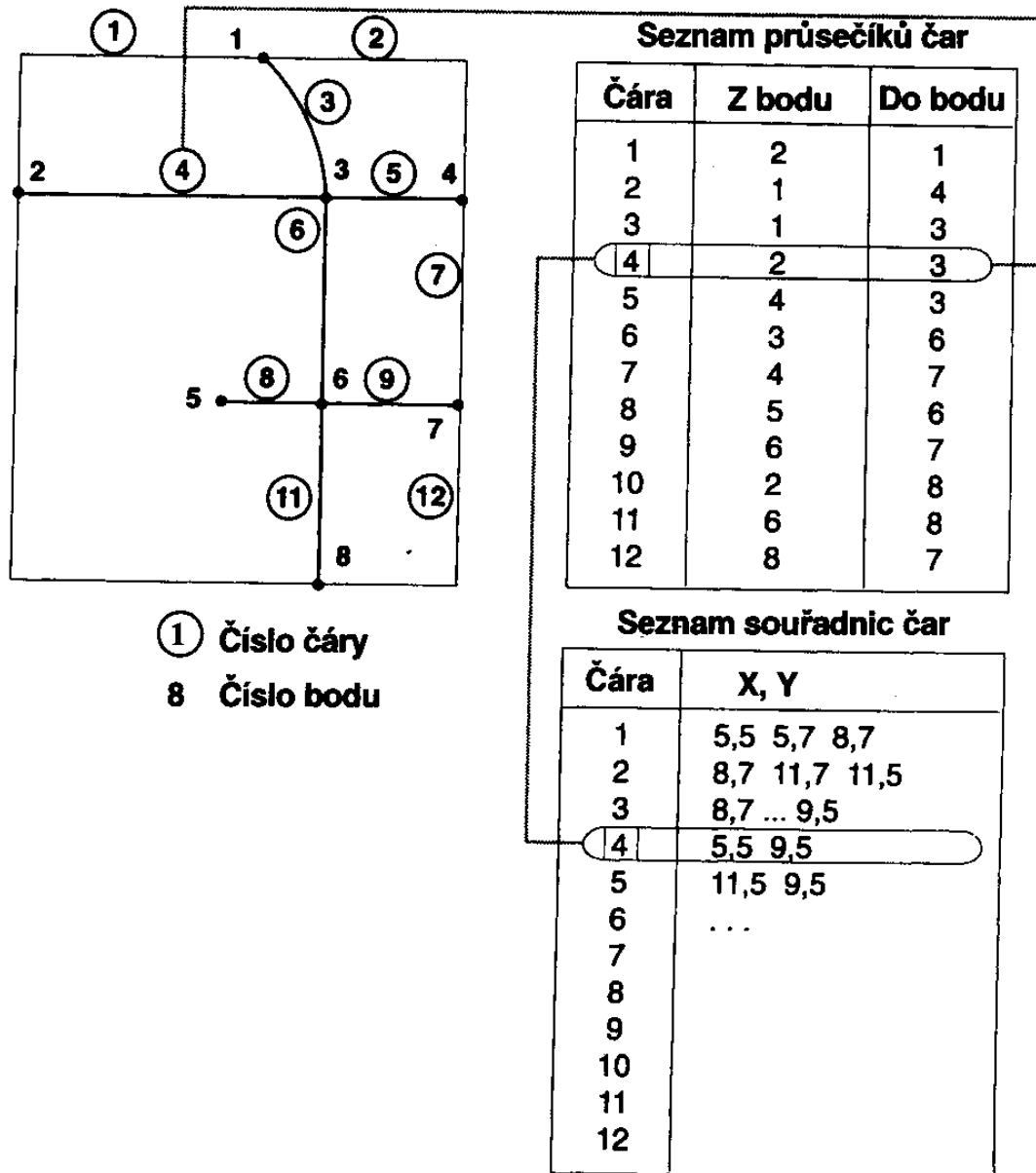
Založen na sledování třech vztahů: spojitost, definice ploch, styčnost ploch

Reprezentace liniových objektů - oblouk (arc). Vztah oblouk-uzel (spojitost) - následuje 1. obrázek

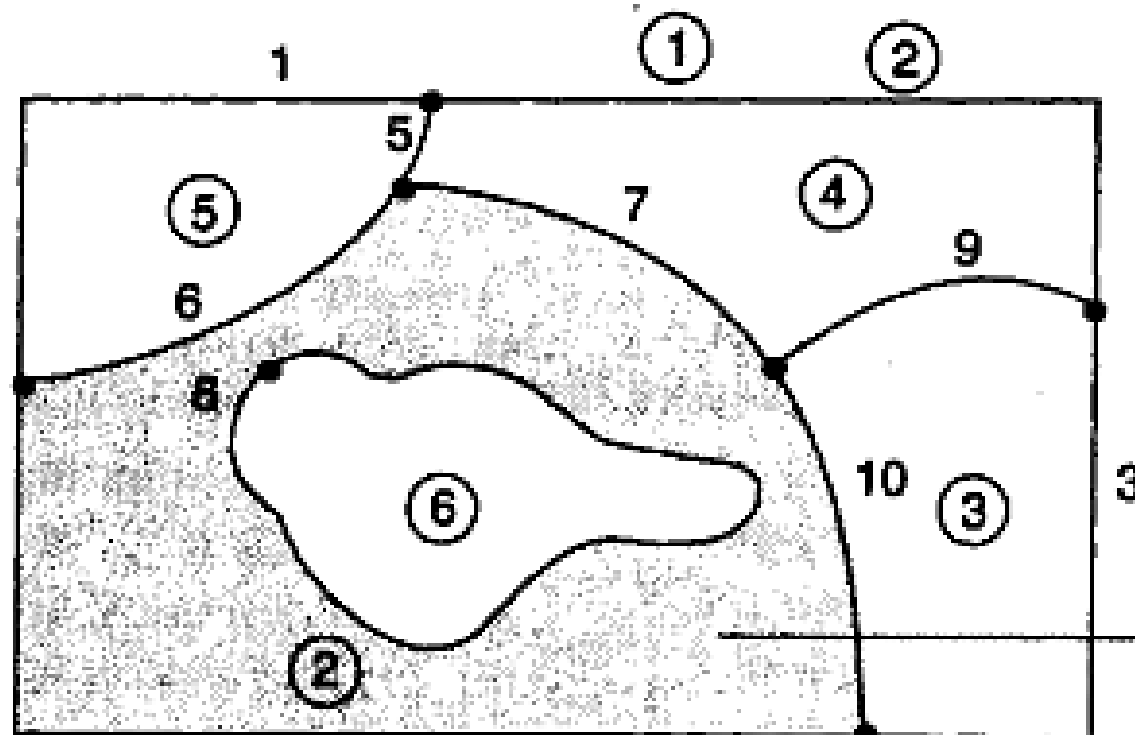
2. obrázek - vztah polygon-oblouk

3. obrázek - objekty se společnou hranicí jsou sousední.

1. Arc/Info - body, čáry: spojitost



2. Arc/Info - plocha-čára, def. ploch



- ② Číslo polygonu
- 1 Číslo čáry

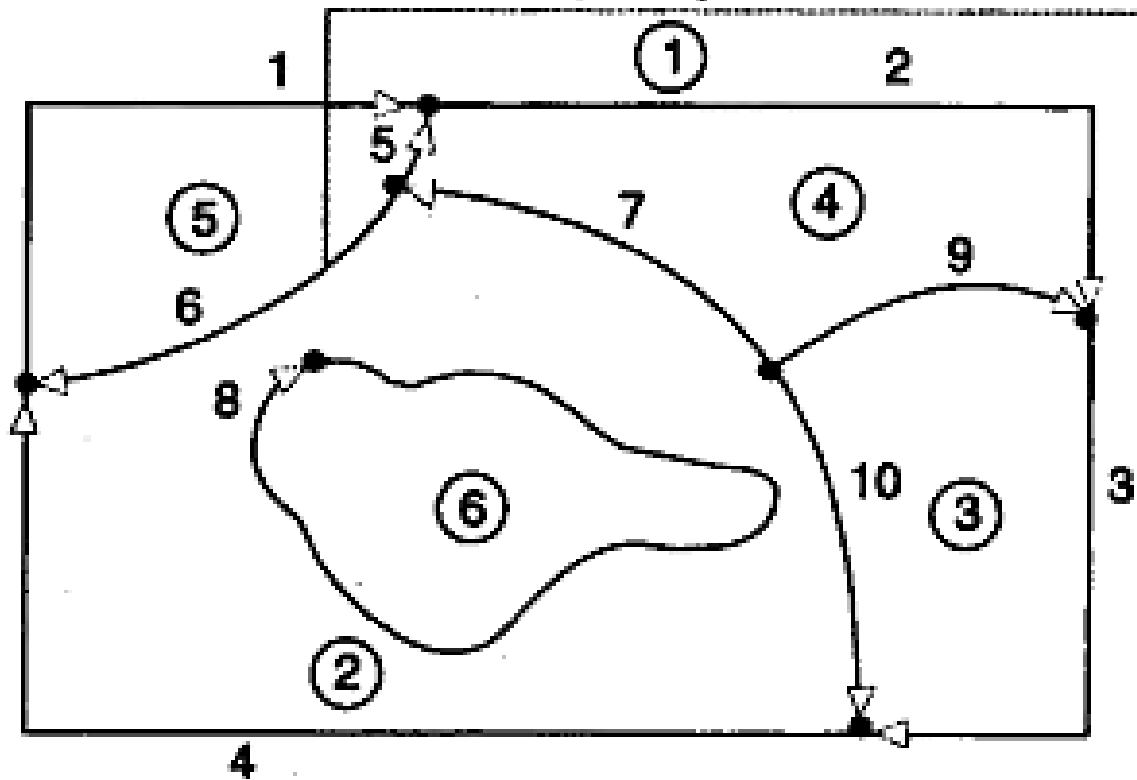
Seznam čar polygonů

Polygon	Čára
2	4, 6, 7, 10, 0, 8
3	3, 10, 9
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	

3.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	

Rastrová reprezentace prost. objektů

- Spojité modelování prostoru.
- Princip: sledujeme veličinu a její spojité rozložení v prostoru. Její digitální reprezentace v GISu se pochopitelně rozloží do sítě (mozaiky) diskrétních elementů.
- Definice (volná): prostorově na sebe navazující množina dvoj- nebo trojrozměrných elementů různého tvaru a velikosti, které kompletně vyplňují zkoumanou plochu (prostor).
- Nebrat jako (pravidelnou) síť polygonů!
- Rozdíly:
 - buňky jsou neoddělitelně spojené s atributovou hodnotou
 - polygon (vektor) má podčásti - body, hrany (+pravidla)

Rastr

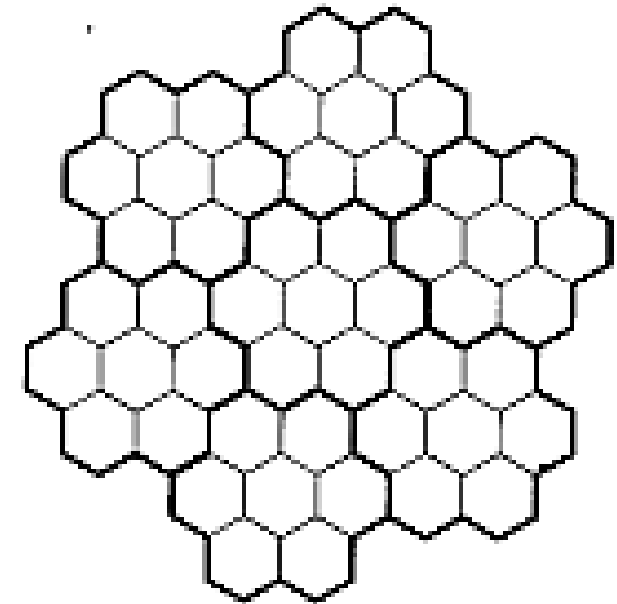
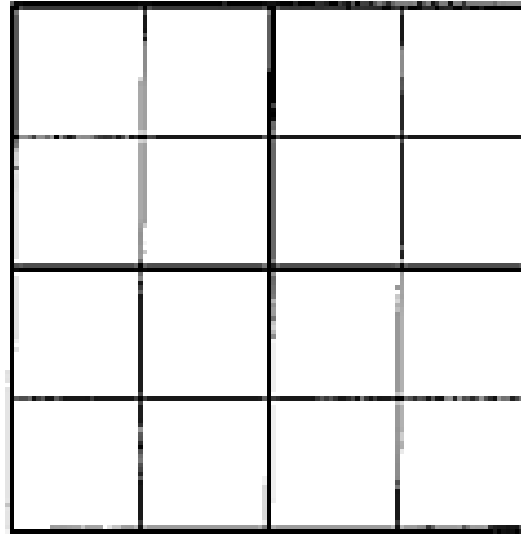
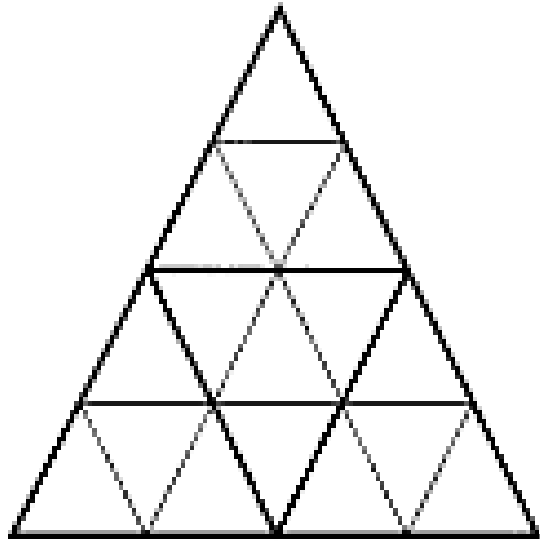
Rastr - systém pod pravým úhlem se protínajících čar, které ohraničují jednotlivé buňky.

Dělení prostoru:

- pravidelné (regular) - tvar buněk je přesně definovaný (čtverec, trojúhelník, šestiúhelník). Dále je dělíme na mozaiky:
 - se stejnou rozlišovací úrovní - stejně velké buňky
 - s odlišnou ... nebo hierarchické - změny jsou definované
- nepravidelné (irregular) - buňky různých tvarů a velikostí

Praxe: pravidelné tessellace (mozaiky), stejná rozlišovací schopnost, čtverce. Zavádění hierarchií spíše pro účely komprese (rozvedeno dále)

Buňky, rozmístění



Mřížka se používá čtvercová: přirozené uložení dat v pamětech, I/O zařízení, karteziánský souřadný systém.

Buňky rastru (cells), pixely, voxely (3D varianta pixelu).

Hexagonální mřížka - některé aplikace - vzdálenosti středů sousedních buněk jsou stejné. Některé analytické operace.

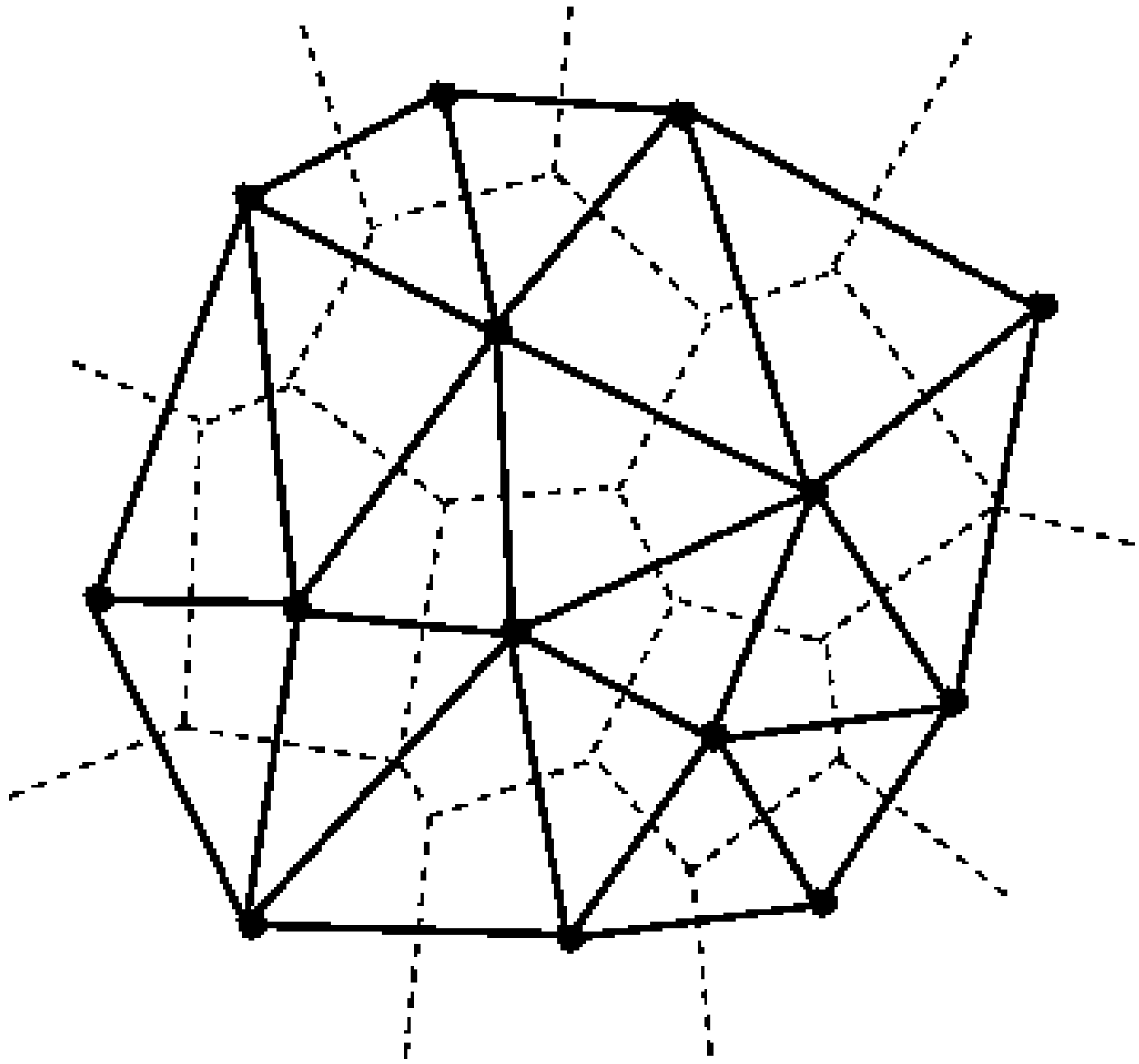
Trojúhelníkové tesselace

- Varianty - pravidelné a nepravidelné.
- Trojúhelníky nemají stejnou orientaci.
- Modely reprezentující terén a jiné povrchy - proměnlivá velikost tr.
- Triangulated irregular networks - TIN. Více v přednášce o modelech terénů.
- Kompresi údajů. Rastr výškového modelu se převede na nepravidelný trojúhelníkový rastr - lze dokonce i určovat míru komprimace.

Delaunay triangulace

- Ze souboru vstupních bodů lze vytvořit velké množství triangulací.
- Delaunay trojúhelník - opíšeme kružnici trojúhelníku a do kružnice nepadne žádný jiný bod. Trojúhelník - ohraničen konvexním polygonem.
- Dualita Delaunaye je Voronoi diagram (Thiessenovy polygony, Dirichlet tessellace). Vrcholy Voronoi polygonů jsou středy kružnic. Kolmice vedené ze středů stran trojúhelníků tvoří hrany Voronoi polygonů. Dualita - převod z jednoho na druhý a naopak.

Trojúhelníkové tesselace



Geometrie, Topologie, Tématica v rastru

Bodový rastr - informace se vztahuje k bodu v prostoru.

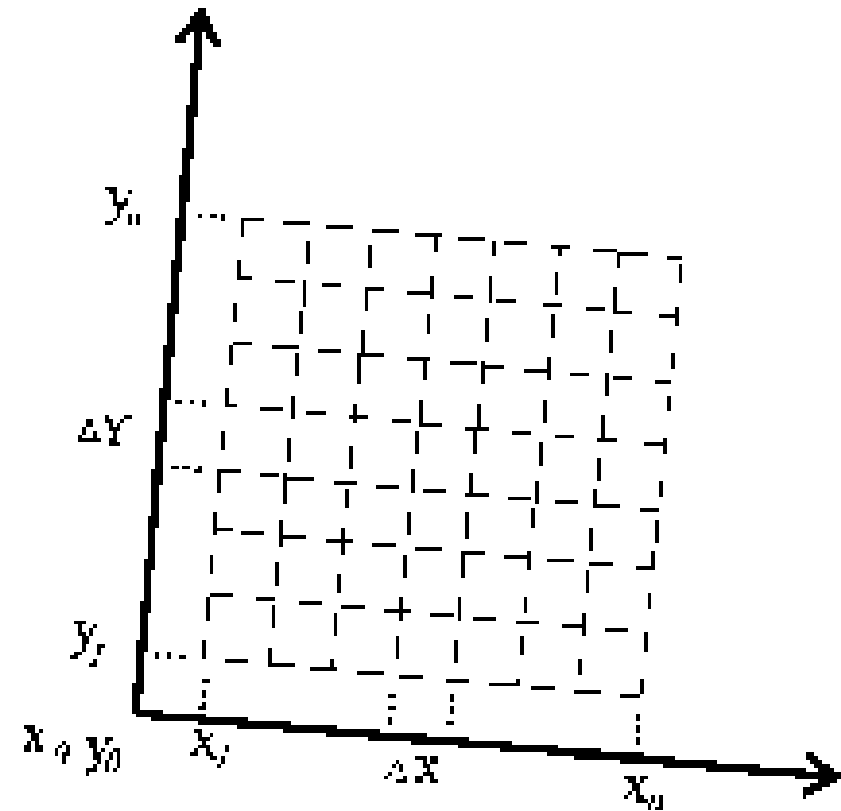
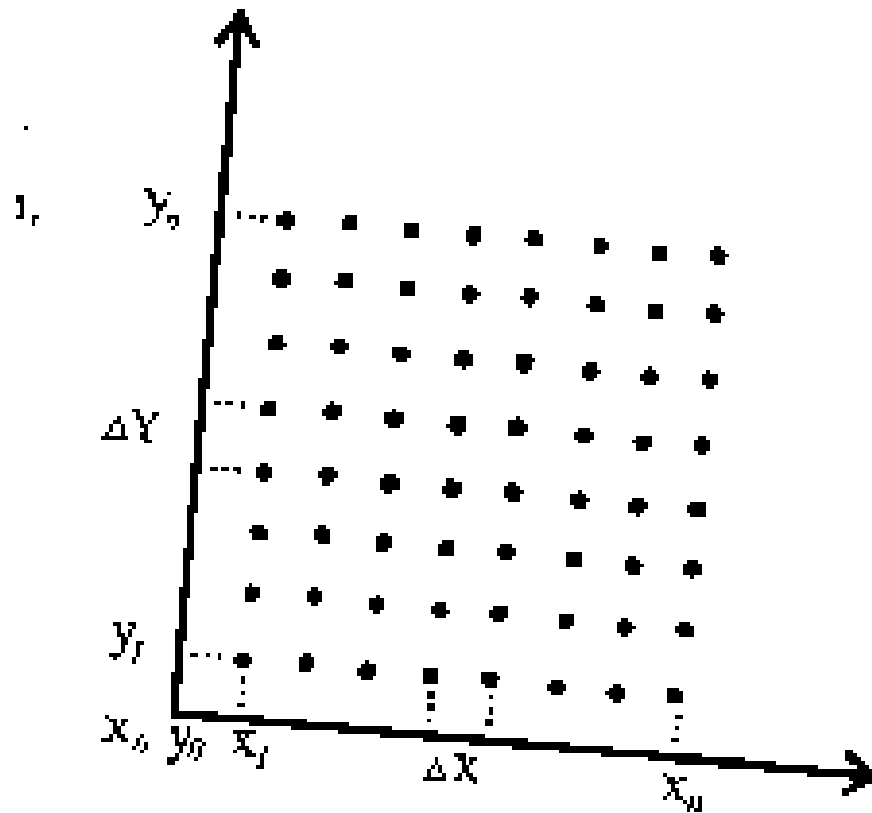
Buňkový rastr - vztaženo k ploše v prostoru.

Definice geometrie v rastru:

- Stanovení počátku souřadnicových os (X_0, Y_0)
- Stanovení směru os. Karteziánský souřadný systém. Sloupce podle x-osy, řádky podle y-osy. Počátek je někdy "nahore"
- Stanovení krokové vzdálenosti $\delta x, \delta y$. U bodového je to vzdálenost bodů, u buňkového je to velikost plošky.
- Velikost - počet sloupců, řádků.

Pro určení polohy v rastrové mapě stačí dvojice indexů (i, j) - sloupec, řádek

Geometrie, Topologie, Tématica v rastru



Měřítko, Metrika

Měřítko

- udává velikost kroku
- vzorkování informace - vzorkovací teorém
- krok - měla by to být polovina nejmenšího popisovaného objektu v realitě

Metrika

- Metrika hran - vzdálenost dvou buněk počet je minimální počet překonaných hran buněk
- Metrika hran a středů (šachovnicová m.) - stejně jako m. hran, ale ... hran nebo středů (přípustný je i úhlopříčný směr)
- Euklidiánská m. - za polohu buňky považujeme její střed. Pak klasicky

Topologie, tématika

Topologie (vztah k ostatním). Dva druhy susedů:

- plní-dokonalí susedi - okolní elementy ve stejném řádku a sloupci (4)
- diagonální susedi - na rozích
- Topologické vztahy jsou základem pro vykonání různých operací (filtry, prohledávání)

Tématika

- stejný přístup jako u vektorové reprezentace - jedna vrstva = jedno téma
- (rastrový model vznikl z digitálního zpracování obrazu)
- Prostorově ujednocené informační úrovně se zde nazývají layers (česky opět vrstvy, ve vektorovém pojetí - coverages). Vrstva obsahuje informace o jednom mapovém tématu - čistota informace, pozdější analýzy

Poznámky

Jednoduchost geometrie a topologie rastrové reprezentace je v kontrastu s problémy reprezentovat geoobjekty s dostatečnou věrností (poloha, tvar, měřítko).

Bodové objekty jsou reprezentovány buňkou.

Liniové objekty - sekvencí buněk.

Plošné objekty - množina sousedících buněk.

Rastr je možno si představit jako matici čísel a takto s ní i pracovat (strukturování, komprese).

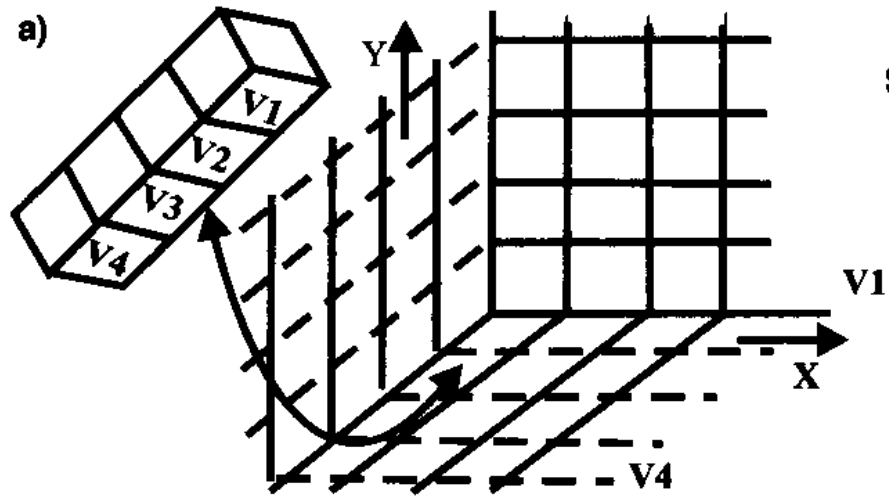
Strukturování údajů v rastr. reprezentaci

Rastr obsahuje víc atributů (vrstev). Buňka rastru může být i prázdná (NULL).

Přístupy:

- přímé datování buňky
- přímé datování informační vrstvy
- přímé datování objektu

Strukturování 1



Soubor

Buňka1

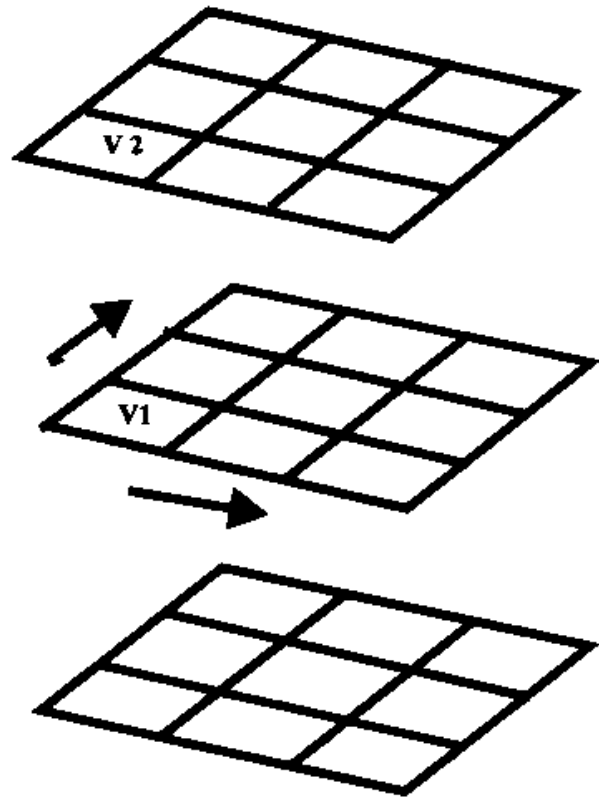
X souřadnice

Y souřadnice

Uložené hodnoty pro buňku ve vrstvách V1.

Další buňka

Strukturování 2



Soubor



Informační vrstva

Buňka 1

X souřadnice

Y souřadnice

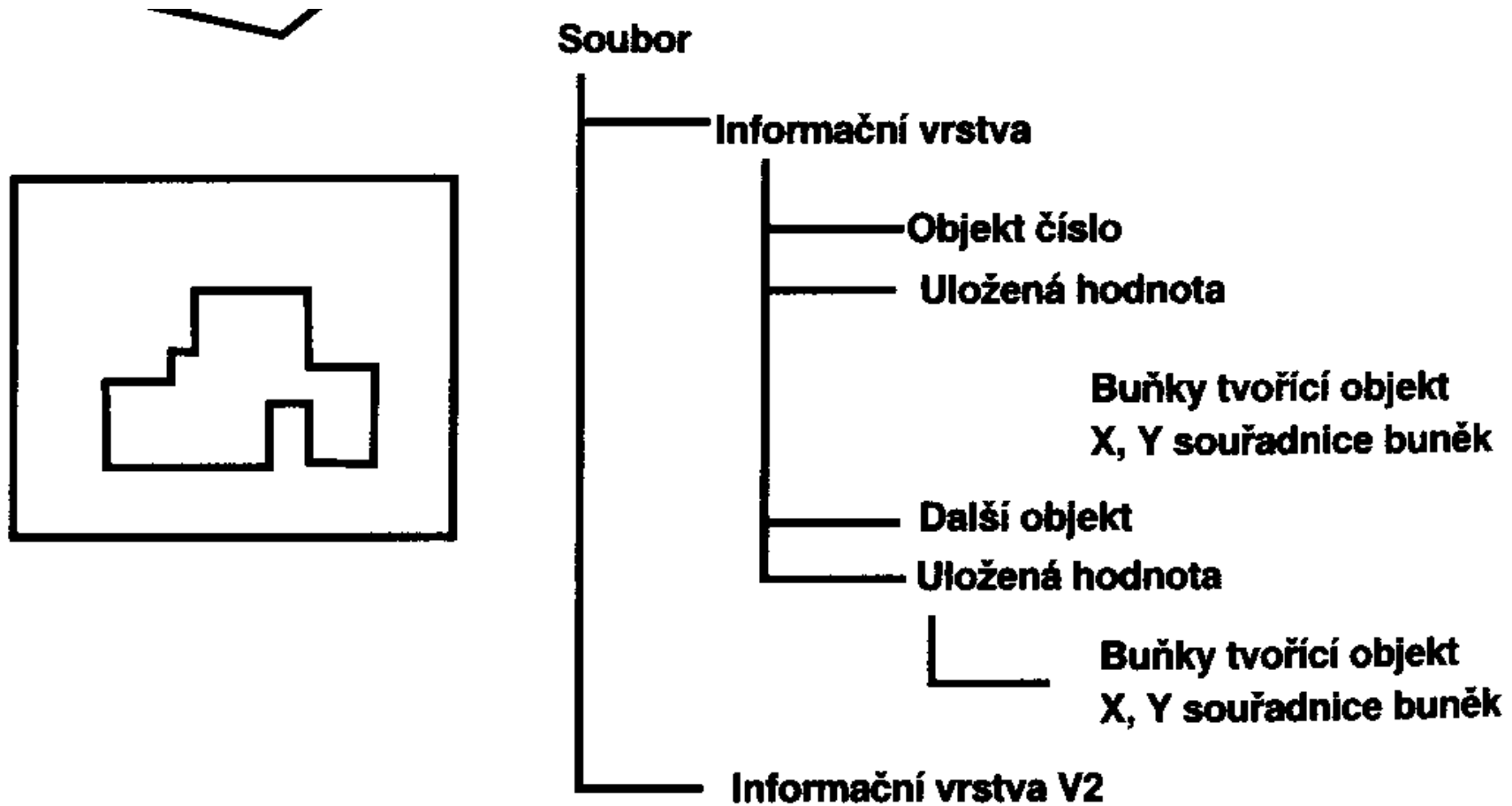
Uložená hodnota pro vrstvu

Buňka 2

Další informační vrstva

Soubor

Strukturování 3

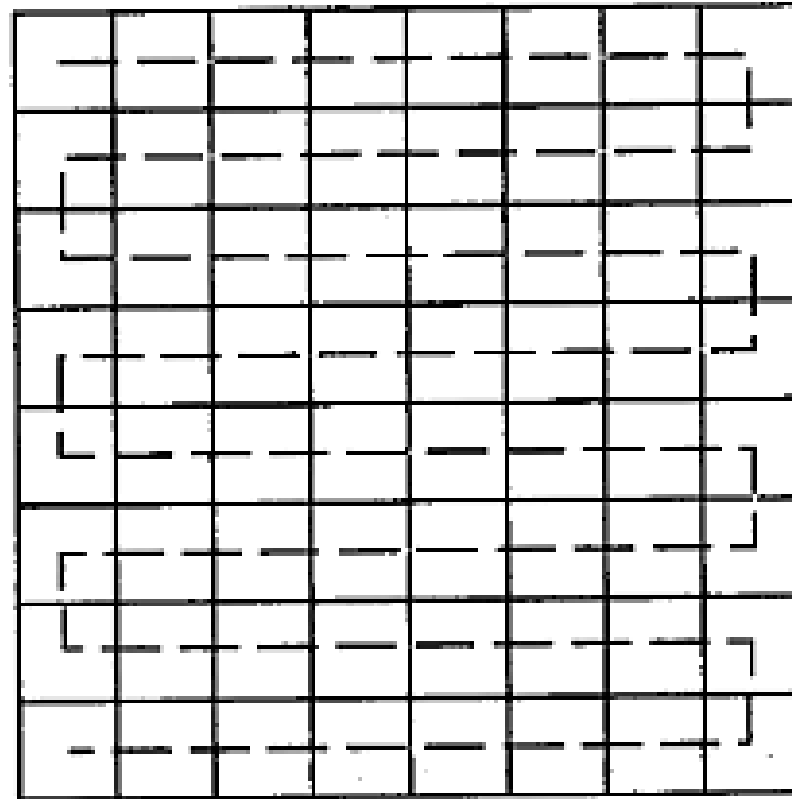
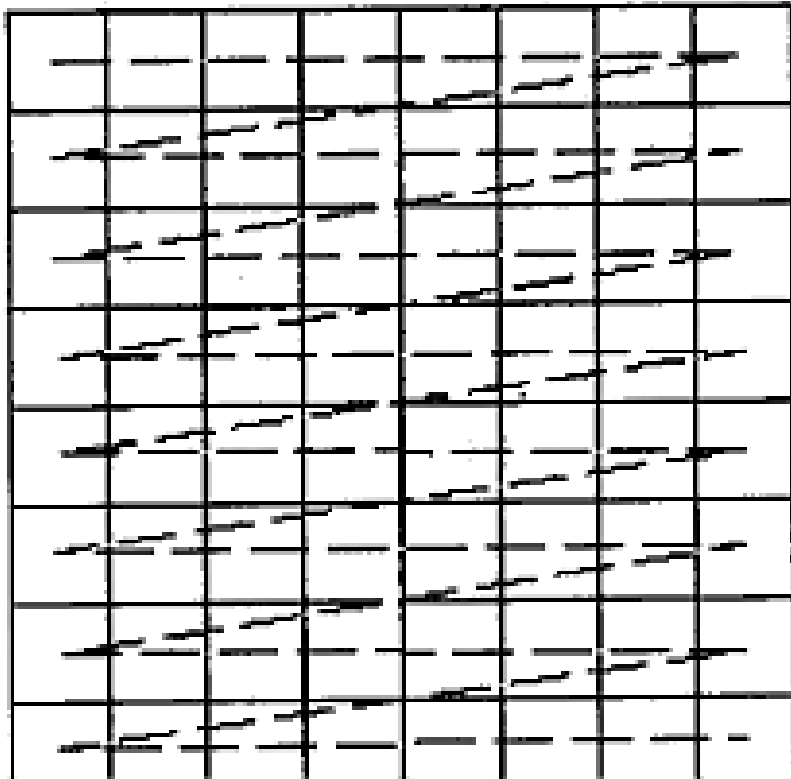


Metody komprese údajů

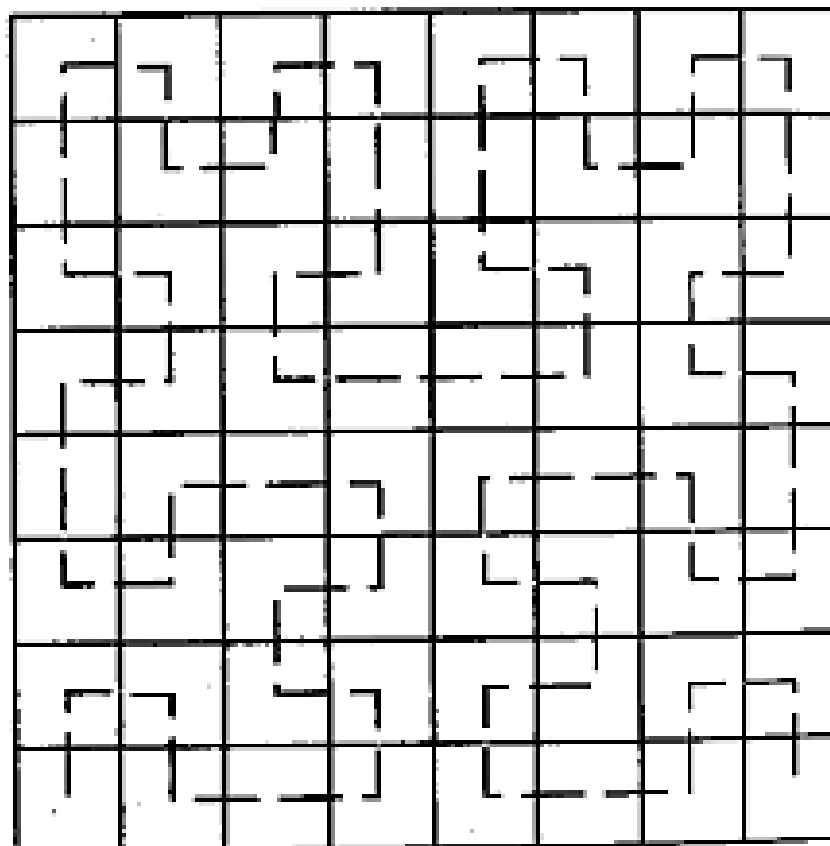
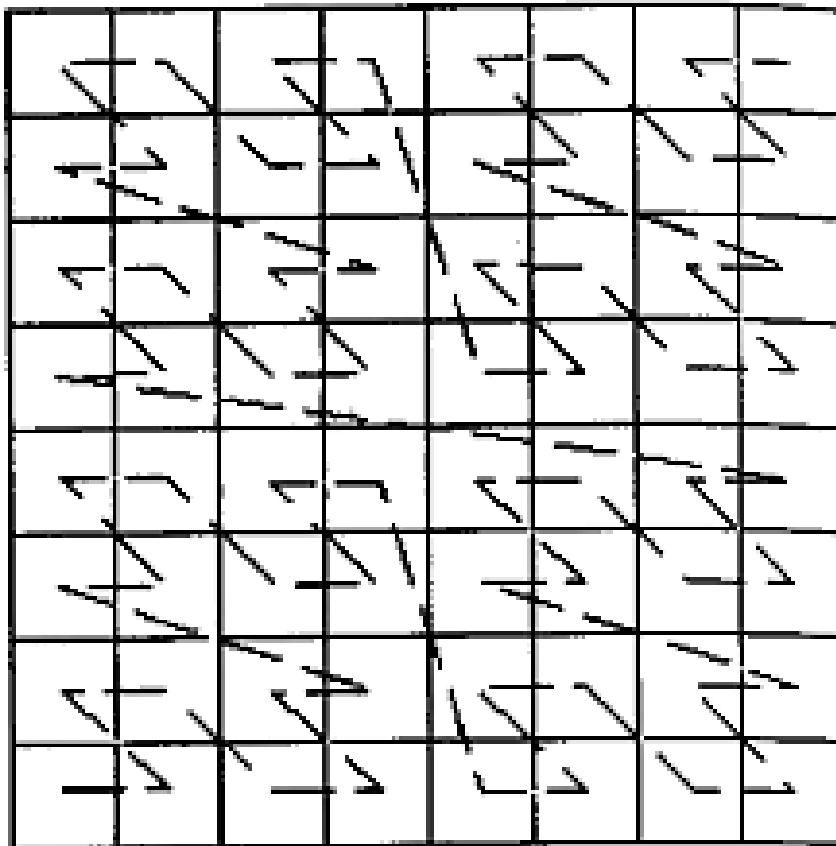
- rastrová reprezentace je náročná na uložení údajů (objem dat) - vede na potřebu komprese
- při přímém datování buňky nebo vrstvy (strukturování 1 a 2) je možné redukovat objem dat vyloučením uložení polohy (souřadnic). Nutno specifikovat pořadí ukládání buněk
- přepsat 2D data na seznam hodnot buněk
- na seznam aplikovat kompresní metodu - metoda délkových kódů - (posloupnost 1,1,1,1,3,3,3,2,3,3,3,3 -> (4,1),(3,3),(1,2),(4,3))
- Mortonovo pořadí - geoinformace se moc nemění v okolí buňky - děláme shluky buněk

Pořadí přepisu hodnot - po řádcích

1.



Mortonovo, Peanovo pořadí

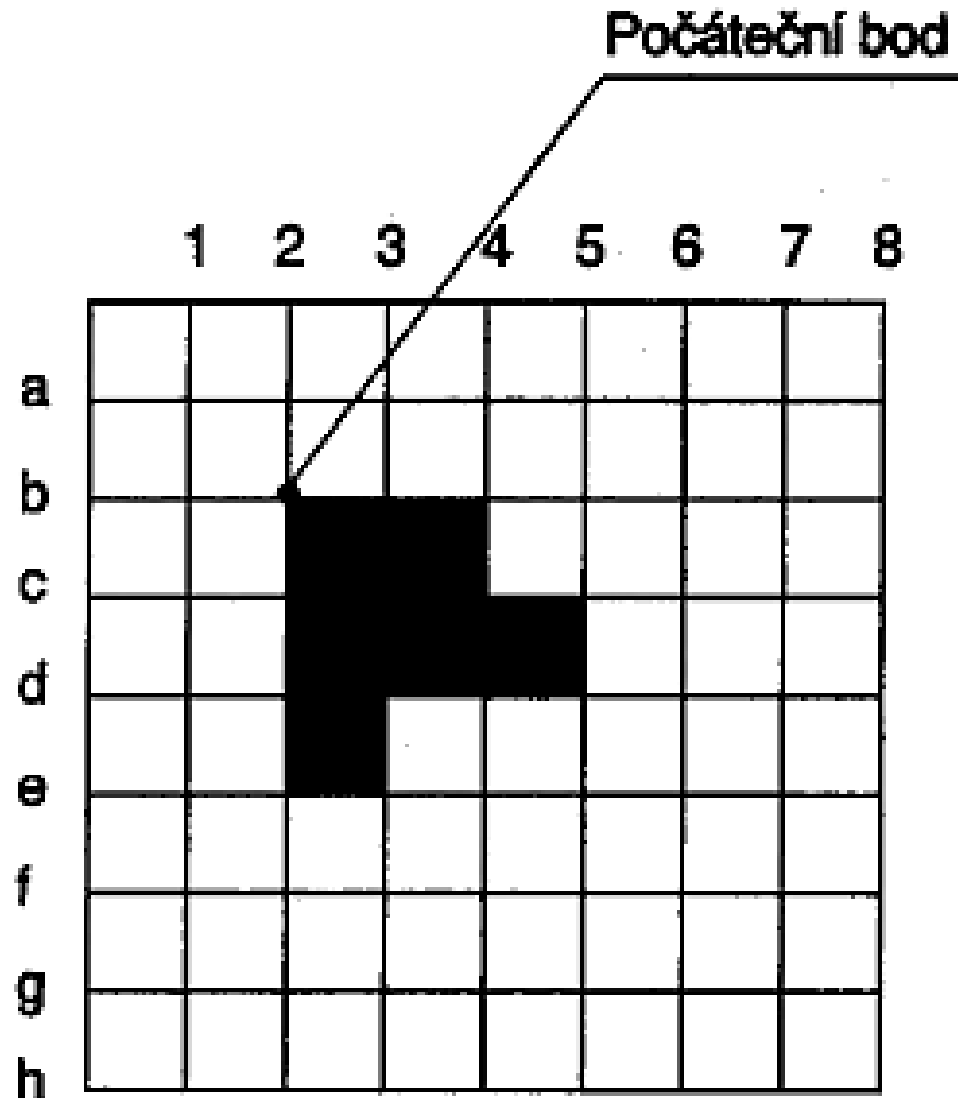


Kódy

Kódy definují přepisování (matice) rastru do posloupnosti hodnot. Úprava dat pro uložení v počítači.

- Řetězcové kódy
- Blokované kódy - udávají polohu referenčních bodů a velikost čtvercových bloků, ze kterých je možné vytvořit celý objekt
- Kódování úseků řádků - udává se počátek a konec bloku
- Kódování metodou čtyřstromu - rekurzivní dělení plochy na kvadranty

Řetězcové kódy



Kódy směrů: $V = 0$

$S = 1$

$Z = 2$

$J = 3$

0, 0, 3, 0, 3, 2, 2, 3, 2, 1, 1, 1

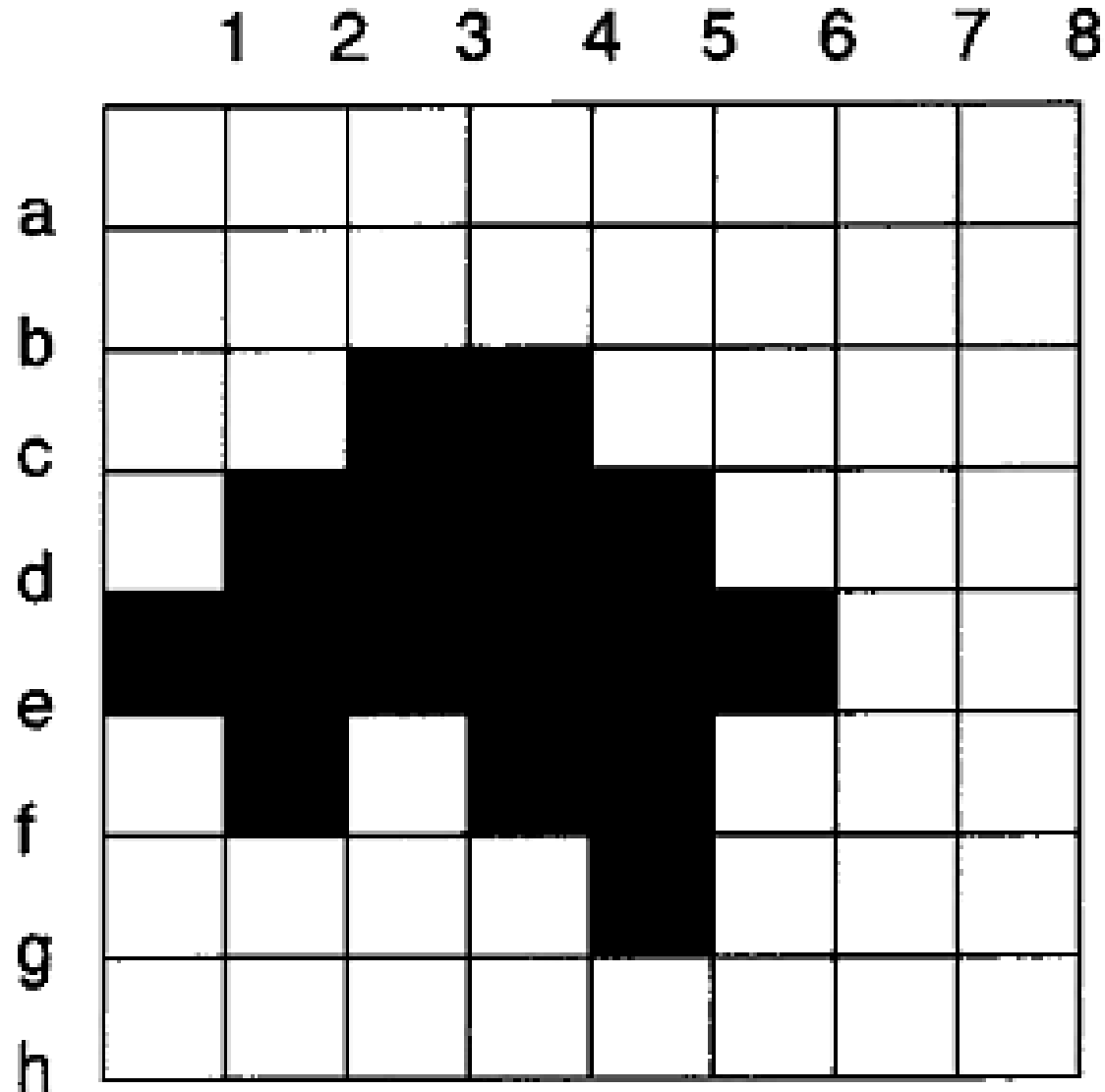
0 x 2, 3, 0, 3, 2 x 2, 3, 2, 1, 1 x 3

Blokové kódy (jen část tabulky)

	1	2	3	4	5	6	7	8
a								
b								
c								
d								
e								
f								
g								
h								

Blok	Počátek	Délka strany
1	5 c	3
2	3 e	2
3	2 d	1
4	5 d	1
5	6 d	1
6	7 d	1
7	6 e	1

Kódování úseků řádků



Řádek c 3,4
Řádek d 2,5
Řádek e 1,6
Řádek f 2,2 4,5
Řádek g 5,5

4-strom

Rekurzivní dělení plochy na kvadranty.

Následující obrázky. Vycházíme z objektu pro kódování.

Provede se rozdělení kvadrantu na 4 podkv. Pokud část objektu zasahuje do podkvadrantu, zaznamená se do stromu. Pokud je část homogenní, dál už se nedělí (kv. 2-1).

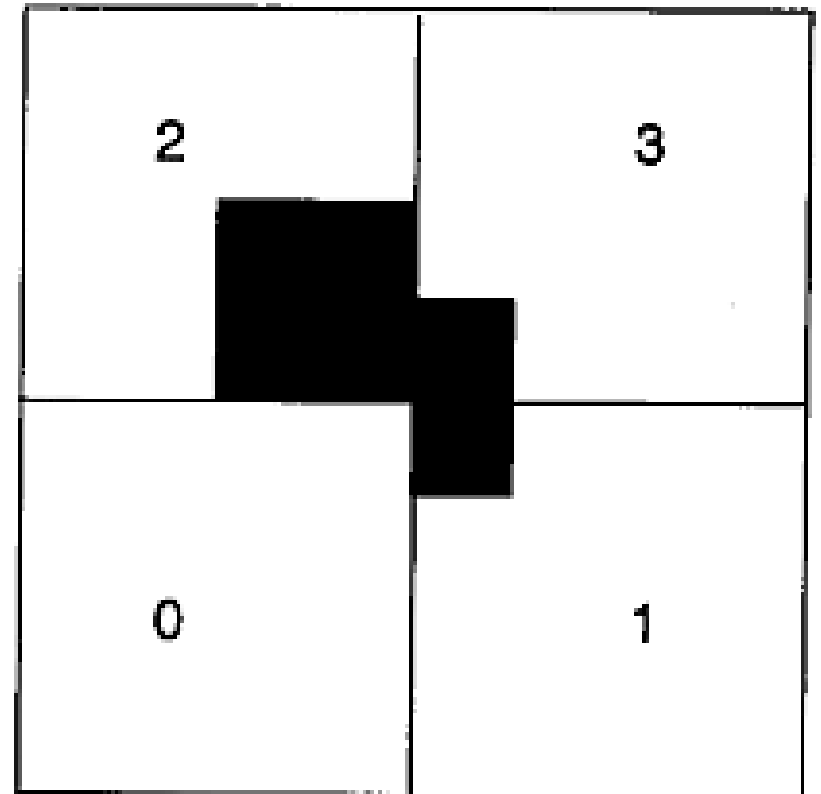
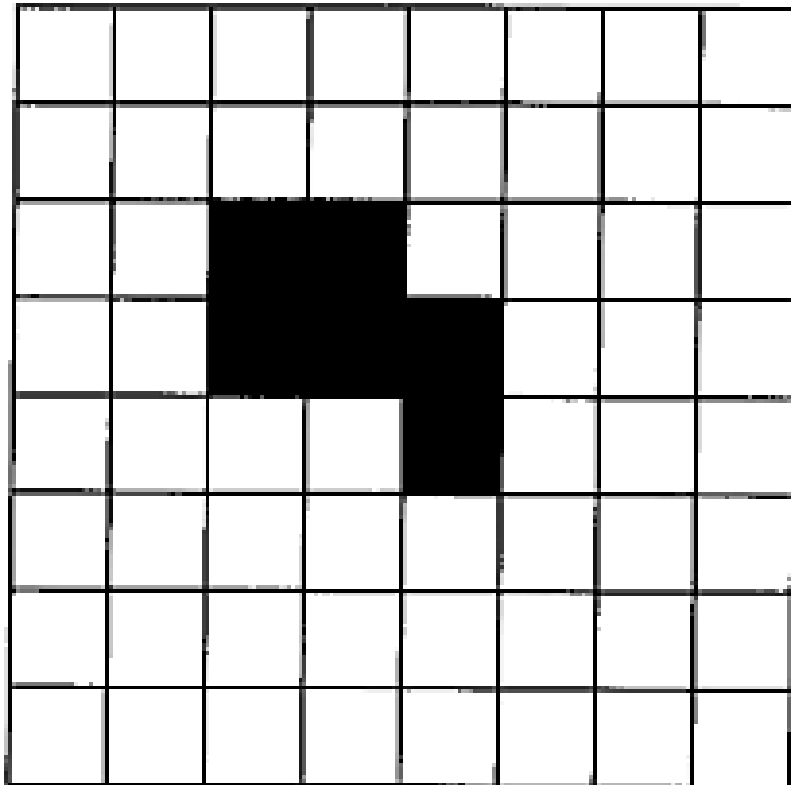
Implementováno v GIS produktu SPANS firmy Tydac Technologies.

Výhody:

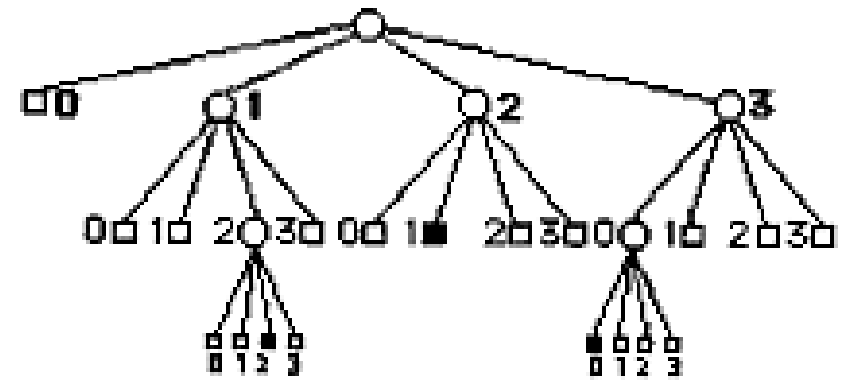
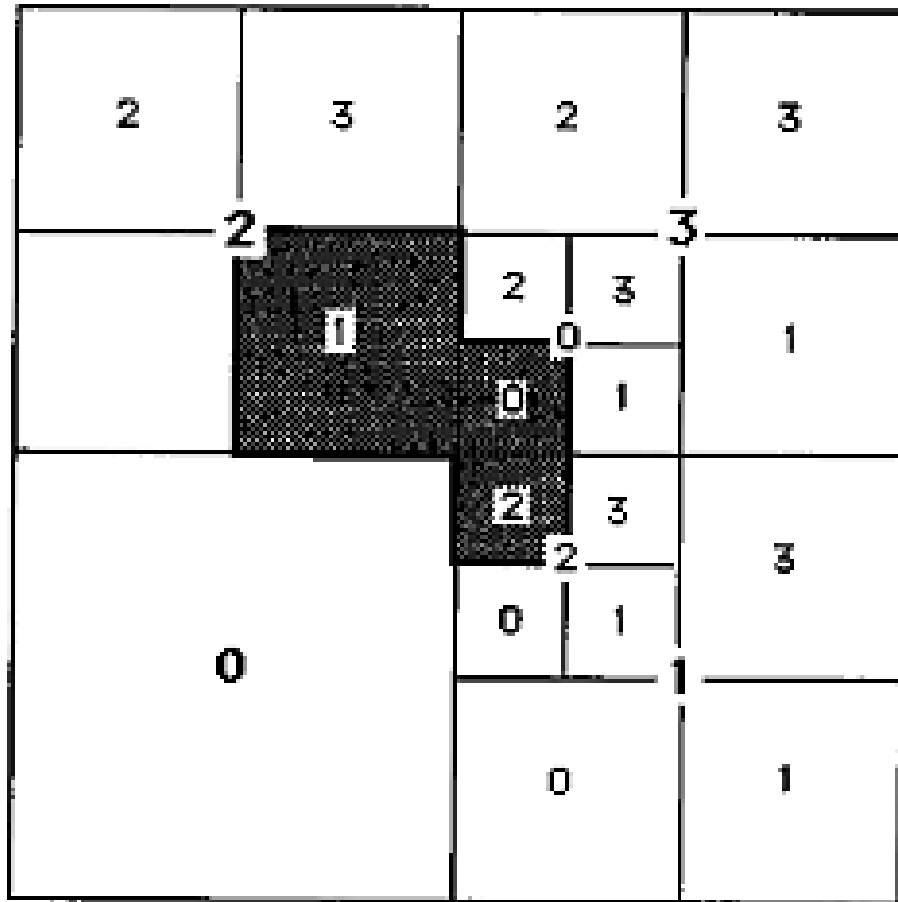
- hierarchičnost, rovnoměrná struktura (dobře organizovaná struktura)
- vazba na klady mapových listů (kartografie) - schéma s variabilním měřítkem
- pohodlné uložení dat, ekonomické využívání paměti

Lze aplikovat i na 3D - kostky.

4-strom



4-strom



Digitální modely terénu (povrchy)

- přístup k modelování pomocí polí je vhodný pro fenomény, které se v prostoru souvisle mění
- výška bodů v terénní ploše, množství srážek, teplota, tlak, ...
- jsou to souvislé povrchy

Povrchy:

- popisují souvisle měnící se hodnotu atributu v prostoru (bez nespojitosti)
- atribut je proměnná definovaná v souřadnicích X,Y. Proto se o povrchu uvažuje jako o funkci přiřazující souřadnici hodnotu. Analyticky je to pochopitelně nevyjádřitelné, proto se přistupuje k diskretizaci
- jistou roli tam hrají hraniční čáry buněk - ty jsou vedeny tam, kde se funkce mění výrazně (v případě nepravidelných sítí)
- rastrové sítě, nepravidelné trojúhelníkové sítě

Definice a systemizace dig. modelů terénu

Dig. model reliéfu terénu je "soubor číselných informací o něm doplněný pravidly na jejich používání" (slovník geodetického a kartografického názvosloví).

Burrough, 1986: "každá číselná reprezentace souvislých změn reliéfu terénu v prostoru je jeho digitálním modelem"

- terénní plocha je nepravidelná
- lomové, dělicí čáry oddělující plochy s více méně plynulým průběhem se nazývají singularity
- popsat plochu jako celek je problém. Popisují se menší plošky. Hranice dělení plošek se vedou (snaha je) po singularitách
- podle způsobu dělení jde o pravidelné nebo nepravidelné plošky

Dělení modelů terénu

- Rastrové modely - dělení ploch je pravidelné, stejné plošky
- Polyedrické modely - nepravidelné, různě velké plošky - obvykle trojúhelníky. Na dílčích plochách se používá lineární interpolace
- Plátové modely - podobně jako polyedrické. Nelineární interpolace. Zohledňuje se průběh plochy na sousedních plátech

Zroje modelů terénu

- poměrně důležitý aspekt DTM (Digital Terrain Model) - přesnost, výběr metody zpracování
- referenční body - přesně zaměřené body pozemního geodetického průzkumu
- fotogrammetrické zdroje - stereoskopická interpretace leteckých nebo kosmických snímků (systém SPOT)
- zjištění výšky z fotogrammetrických zdrojů
- novinka: radarové systémy SIR-C, SAR - radargrammetrie
- výškové údaje lze odvodit z kartografických zdrojů - výběr linií, po kterých se digitalizuje výška

Rastrové modely terénu

- budeme mluvit o pravidelných rastroch
- každá buňka má atribut - výška toho místa
- výhody zřejmé - jednoduchost
- nevýhody - množství uložených dat
- předpoklad: výška platí pro celou plošku buňky
- další varianty: platí pro střed plošky (pak lze údaj dále interpolovat)
- tzv. lattices - (vektorový) bodový model terénu s pravidelným rozmístěním bodů

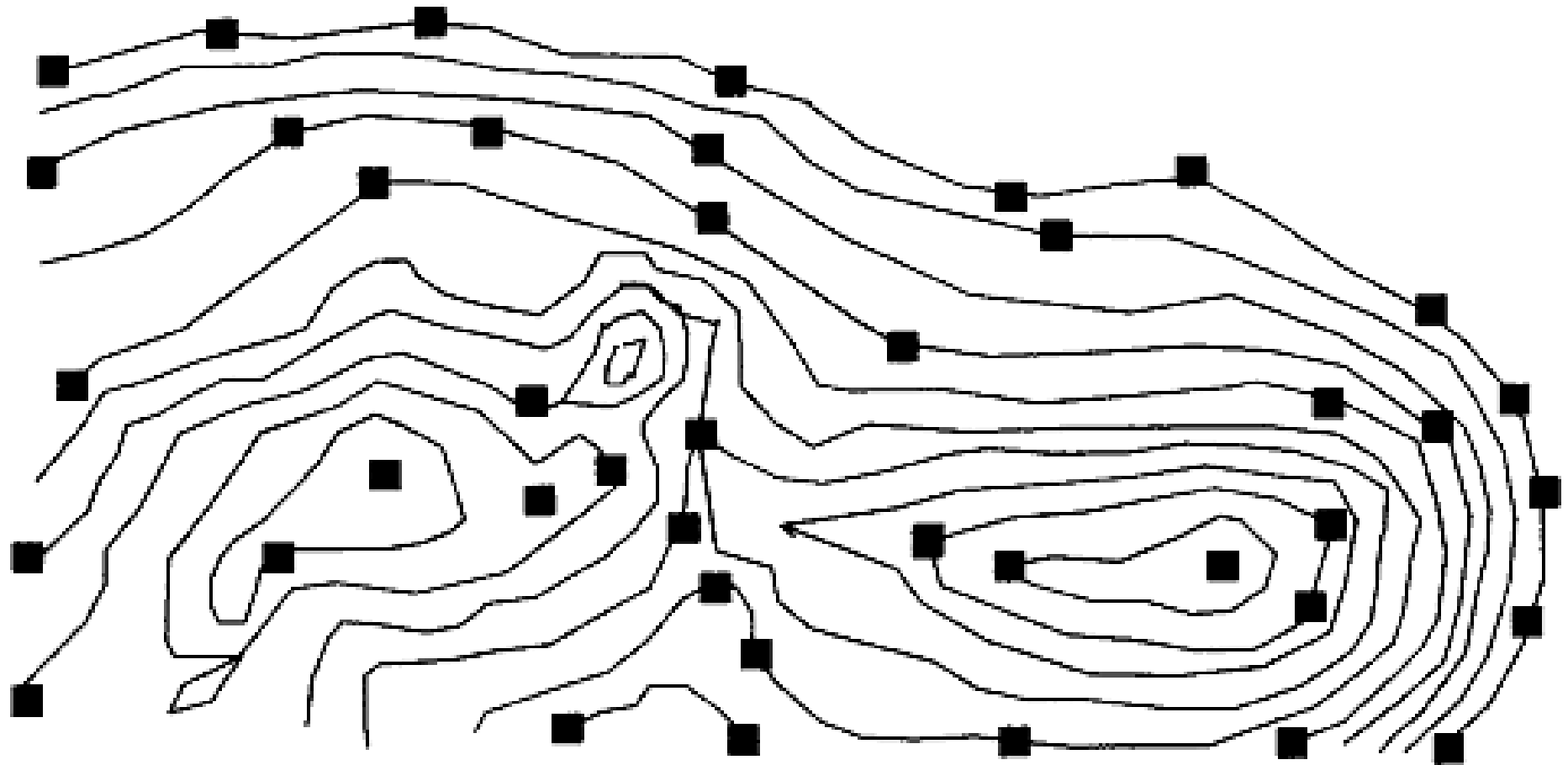
Vstupní údaje, interpolace

Vstupní údaje z různých důvodů neumožňují přímé vytvoření modelu. Model se z dat musí vyrobit - různé varianty/postupy interpolace

Interpolace:

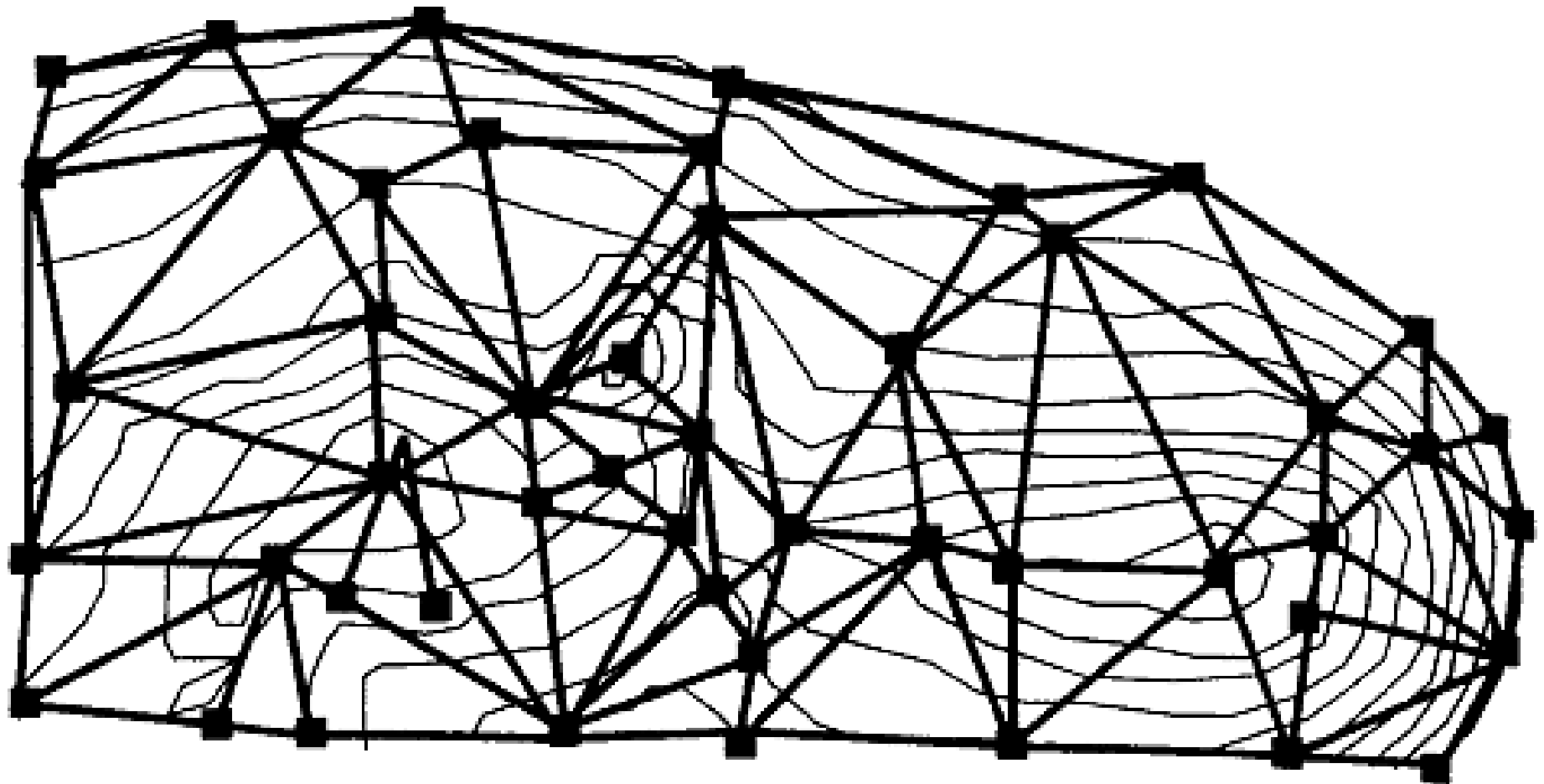
- Interpolace výšek bodů rastru z nepravidelně rozmístěného bodového pole -
- Interpolace ... ze zdigitalizovaných a rasterizovaných vrstevnic - často používaný postup, nepříliš náročný. Zdrojem je vrstevnicová mapa. Rastruje se vektorová mapa, ostatní body se interpolují. Na závěr se výsledek vyhladí filtrací.
- Interpolace výšek rastru z polyedrického nebo plátového modelu - předpokládá existenci plátového modelu - ten je přesný a umožňuje přesný výpočet výšky v každém bodě.

Výběr bodů pro budování TIN z vrstevnic



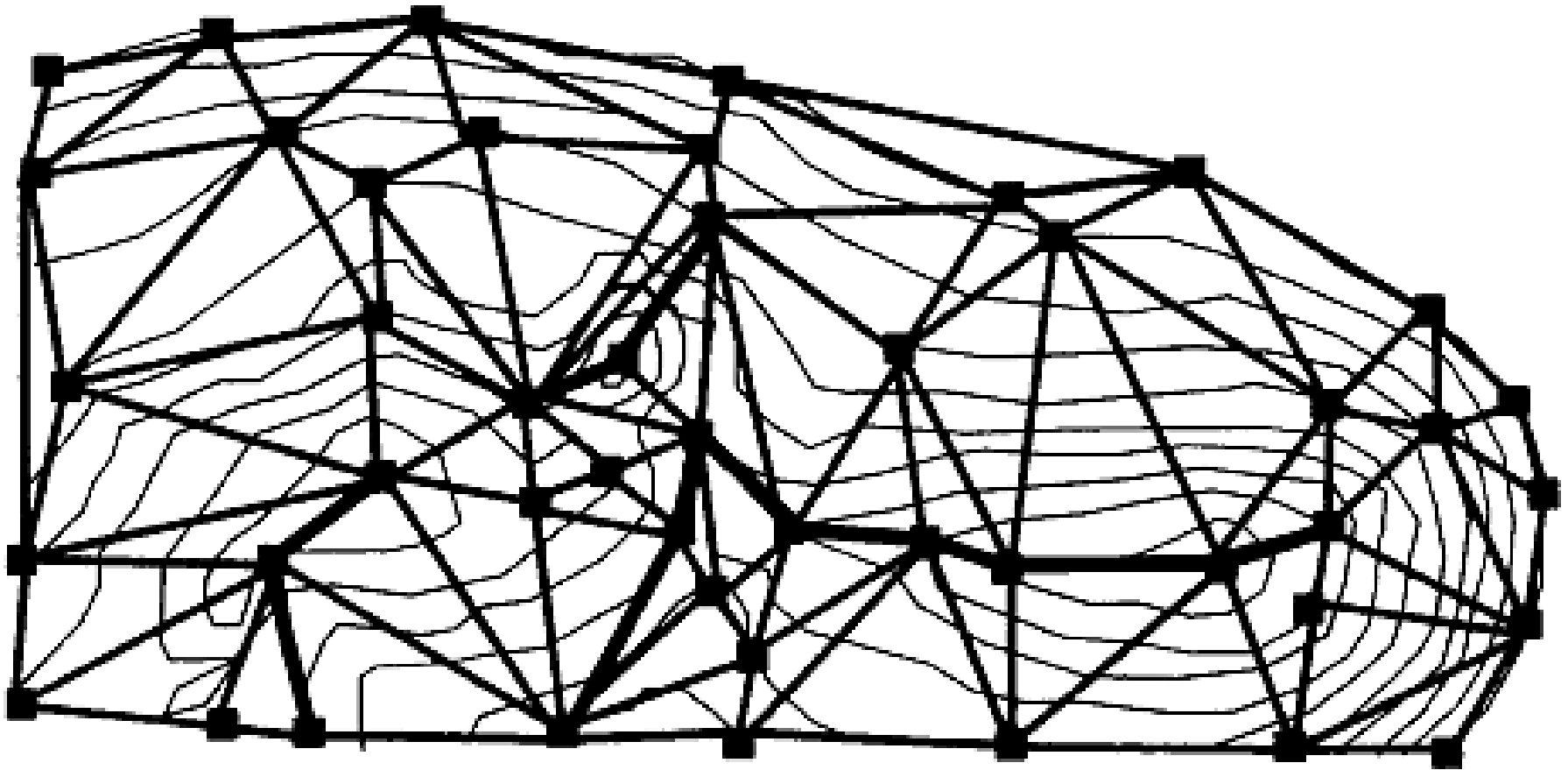
Výběr charakteristických bodů

Výběr bodů pro budování TIN z vrstevnic



Vytvoření trojúhelníkové sítě

Výběr bodů pro budování TIN z vrstevnic



Vložení povinných spojnic (údolí a hřebení)

Nepravidelné trojúhelníkové sítě

- rozdělení plochy na trojúhelníkové plochy
- hranice dělení jsou v singularitách (t.j. linie, na kterých dochází k výrazným změnám v průběhu terénní plochy jako celku)
- správně navrhnout linie a body

Závěrečné srovnání

Každý typ je pochopitelně vhodný pro určitý typ informací a analýz.

- uniformní - jednoduchost, snadná implementovatelnost v počítači, návaznost na DPZ
- vektorové - jednoduše ukládají informace o plochách, ale neumožňují definovat povrchy. Pohyb v sítích. ...

Vektorová reprezenace

Výhody:

- dobrá reprezentace jevové struktury dat
- kompaktnost struktury
- kvalitní grafika, přesné kreslení, znázornění blízké klasickým mapám, jednoduché vyhledávání
- vysoká přesnost
- vhodnost pro modelování individuálních objektů
- prakticky neomezená přesnost definování polohy, tvaru, velikosti
- malý objem uložených dat
- přesné transformování souřadnicových systémů

Vektorová reprezenace

Nevýhody:

- komplikovanost datové struktury
- výpočetní náročnost
- problémy při analytických operacích, složitost výpočtů
- nevhodnost pro souvislé povrchy
- pracnost při přesném popisu polohy - mnoho bodů

Rastrová reprezenace

Výhody:

- jednoduchost datové struktury
- jednoduchá tvorba uživatelských nadstaveb
- jednoduchá kombinace s jinými rastr. údaji, zvláště s údaji z DPZ
- ...vykonávání analytických operací
- relativní HW a SW nenáročnost
- jednoduchost simulací

Rastrová reprezenace

Nevýhody:

- velký objem uložených údajů
- nepřesnost při výpočtu délek, vzdáleností a ploch při použití nedostatečně jemného rastru
- malá kvalita výstupů při velké buňce rastru
- menší vizuální kvalita rastrových výstupů
- nevhodnost pro analýzy sítí
- jen přibližné modelování geometrie a topologie (souvisí s velikostí buňky)
- transformace souřadnic vedou k nepřesnostem v poloze nebo atributové hodnotě