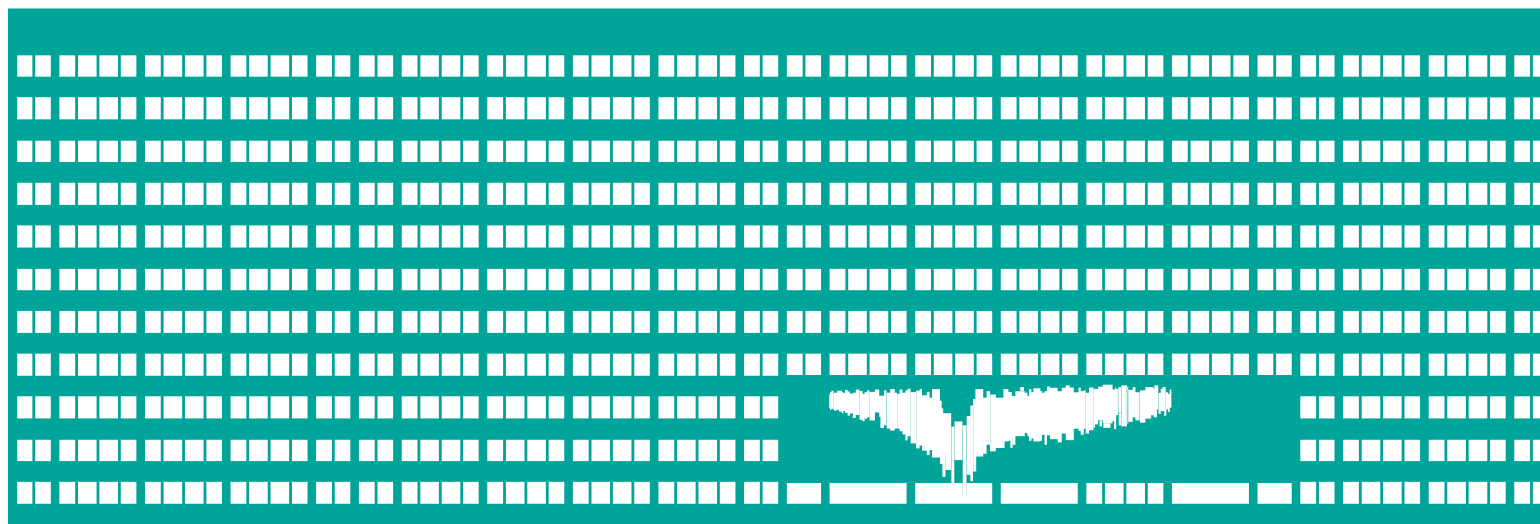


VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz

Základy geoinformatiky 7

Prostorové modelování, datové modely používané v GI, datové formáty

Michal Kačmařík

A924, tel.: 5512

<http://gis.vsb.cz>

<https://gis.vsb.cz/pracoviste/lide/kacmarik/>

E-mail: michal.kacmarik@vsb.cz

- Úvod
- Metodologie, metodika, metoda, nástroj
- Metodologie prostorového modelování
- Základní pojmy z oblasti prostorového modelování
- Členění prostorových modelů
- Abstraktní modelování reálného světa
- Proces modelování reálného světa v informačním systému
- Datové modely v geoinformačních systémech
- Vybrané datové formáty pro ukládání prostorových dat

- Cílem využívání poznatků geoinformatiky a na nich založených geoinformačních technologií je podpora racionální správy a využívání reálného světa. Tohoto cíle je možné dosáhnout pouze za předpokladu, že geoinformační technologie umožní reálný svět odpovídajícím způsobem popisovat, **modelovat**, analyzovat a případně i simulovat. Klíčovým pojmem zde je **model**.

- **modely** se používají pro reprezentaci reálného světa
- prostorový model je abstraktním a dobře definovaným systémem tzv. **konceptů**
- definuje mimo jiné i slovník, který může být používán pro popis objektů, jevů, událostí a procesů



https://www.ikea.com/cz/cs/images/products/daglysa-lavice__0607514_PE683031_S4.JPG



https://www.decathlon.cz/media/838/8380453/big_1099733.jpg



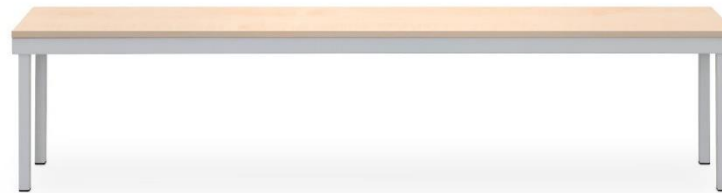
https://media3.zahradni-nabytek-prowood.cz/1229-large_default/odolna-drevena-zahradni-lavice-prowood-lv2-145-material-thermowood.jpg



https://www.nabytek-forliving.cz/files/images/prods/598x462_f/rohova-jidelni-lavice-maxim-plus.t.jpg



<https://cdn1.jysk.com/getimage/wd2.large/108096>



https://eshop.az-reklama.cz/_obchody/az-reklama.shop5.cz/prilohy/182/satni-lavice-450x1500x350-mm-seda-lamino-javor.jpg.big.jpg



https://www.multip.cz/editor/image/eshop_products/2051_l.png



http://www.bazar-plzen.cz/3909-tm_thickbox_default/skolni-lavice-zidle-stul-pracovni-industrial-ton-retro-asi-70-80-l.jpg



https://www.chamber.cz/data/products/chamber/1400_1400/1847.jpg



<http://www.kenast.cz/upload/slideshow/vybaveni-skoly-ucebny.jpg>

Účelem prostorového modelu je:

- Popsat (modelovat) rozložení objektů a jevů reálného světa v prostoru, jejich vlastnosti, vzájemné vztahy
- v případě zahrnutí času modelovat i události a také procesy reálného světa, které na objekty a jevy působí
- a podporovat jejich:
 - dotazování
 - analýzy
 - vizualizace
 - a případně i simulace chování reálného světa v zadaných situacích

Uvedli jsme si, že na reálný svět je možné se dívat různě:

- objektově
- jevově
- událostně
- procesně

Každému z těchto pohledů odpovídá jiná koncepce prostorového modelu.

- unifikovaný model/hybridní model

Při sestavování modelu, tj. při modelování reálného světa, musíme vzít v úvahu v první řadě:

- **účel** vytvářeného prostorového modelu
- z účelu odvodíme, která část reálného světa bude předmětem modelování a které aspekty této části reálného světa bude muset model postihnout a které naopak opomine.

Problematice prostorových modelů reálného světa je nezbytné věnovat velkou pozornost i z jiných důvodů:

- geodata v nich uložená mají extrémně dlouhou životnost (běžně desítky let)
- a extrémně vysokou cenu (rozpočty velkých aplikací geoinformačních systémů se běžně pohybují v desítkách milionů korun a na geodata z této částky připadá až 90 %)

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- **Abstrakce** – rozumíme proces interpretace skutečností, pozorovaných v reálném světě, do pojmů, které pozorované skutečnosti reprezentují (např. les)
- Abstrakce je kontextově závislá, to znamená, že v různých situacích jsou výsledkem různé systémy pojmů
- **Konkretizací** rozumíme proces opačný k abstrakci. Konkretizací odvozujeme z obecnějších pojmů pojmy konkrétnější.

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- **Univerzum diskurzu** – kolekce těch objektů, jevů, událostí a procesů reálného světa, které byly, jsou nebo mohou být zařazeny do vybrané (resp. studované) části reálného světa.

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- Univerzum diskurzu představuje určitý rámec, existující v určitém kontextu a vytvořený určitou skupinou účastníků, zainteresovaných na vytvářeném modelu.
- Důležitým předpokladem je, že univerzum diskurzu je všemi účastníky interpretováno zcela shodně a umožňuje tak úspěšnou komunikaci mezi nimi.
- Pokud se některý z těchto faktorů změní (rámec, kontext, účastníci), vznikne nové univerzum diskurzu.



*Příklad: Vytvořme univerzum diskurzu, jehož **rámec** bude dán porubským areálem VŠB-TUO, **kontext** bude dán tvorbou informačního systému pro správu budov, komunikací a zeleně v tomto areálu a **účastníky** budou příslušní zaměstnanci rektorátu, kteří tuto agendu zajišťují.*

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- **Model** – zjednodušený pohled na studovanou část reálného světa (tj. na univerzum diskurzu).
- Je budován podle určitých pravidel a tak, aby vyhovoval zadanému účelu.

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- **Modelování** – jeden z mnoha možných způsobů zobrazování reálného světa, prováděného za účelem zkoumání v něm existujících objektivních zákonitostí.

Modelování – proces abstrakce, při kterém jsou podstatné aspekty studované části reálného světa zdůrazněny a nepodstatné eliminovány – to vše s ohledem na *účel*, který má toto modelování splnit.

Základní pojmy z oblasti prostorového modelování

- **Modelový svět** – vytváříme v průběhu modelování jakožto obraz reálného světa v našem geoinformačním systému.
- Jedná se o svět abstraktní, odrážející jen některé aspekty reálného světa.
- Žádný model, a dokonce ani žádná soustava modelů nemůže nikdy postihnout reálný svět v plném rozsahu

- **Fyzický model** je tvořen přirozeným nebo umělým hmotným systémem (např. globus je fyzickým modelem povrchu planety Země), v geoinformačních systémech se prakticky nepoužívají
- **Abstraktní model** je tvořen nehmotným systémem (představou, znakovým nebo grafickým vyjádřením apod.) popisujícím zkoumanou část reálného světa.
- Mezi abstraktní modely patří modely matematické a dále modely vyjádřené například grafickým schématem, vývojovým diagramem, způsobem umožňujícím jejich počítačové zpracování, apod.

Modely lze také členit na:

- **digitální** (např. počítačový model proudění podzemních vod)
- **analogové** (např. papírová mapa)

nebo

- **datové**
- **funkční**

- **datový model** je zaměřen jen na popis reálného světa daty a více méně se nezabývá funkční stránkou věci
- **funkční model** popisuje především dynamickou stránku systému a méně se zabývá stránkou datovou.
- **model prostorový** – model, který popisuje reálný svět komplexně, tedy i z obou výše zmíněných hledisek

Metodiky tvorby abstraktních modelů

Metodiky jsou pevně určenými postupy, jak dosáhnout požadovaného cíle.

Abstraktní model by měl popsat (modelovat) všechny aspekty reálného světa:

- geometrické,
- tematické,
- časové,
- funkční,
- vztahové

a k nim by měl připojit i nezbytná metadata.

Metodiky tvorby abstraktních modelů

Dnes běžně budované geoinformační systémy zpravidla samostatně modelují geometrickou stránku reálného světa (a to ve velmi zjednodušené podobě), samostatně se zabývají tematickou stránkou, časové aspekty zpravidla zcela opomíjejí, funkční jsou modelovány odděleně zpravidla programovým kódem a vztahové jsou částečně zahrnuty do modelu geometrie, částečně do modelu tematických aspektů a částečně do programového kódu. Metadatová část se přímo v modelu zatím prakticky nepoužívá.

Datové modely reprezentující objekty reálného světa

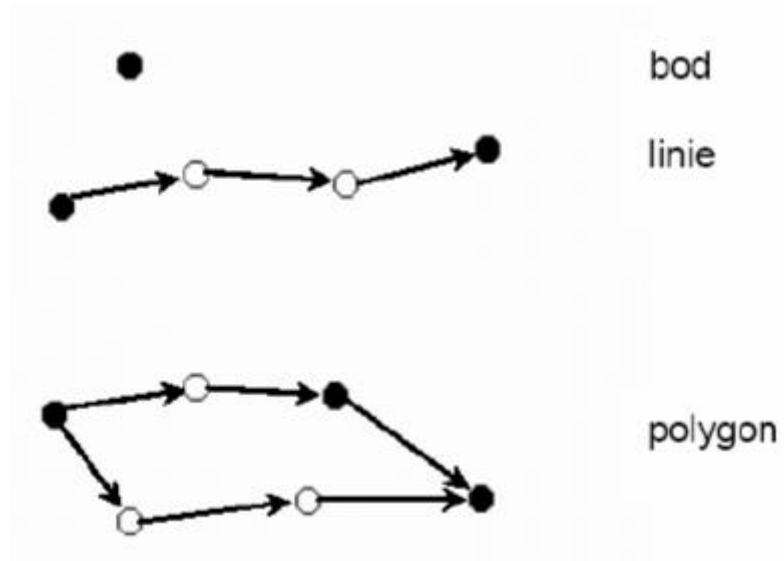
Ústředním stavebním kamenem těchto modelů je geoprvek jakožto modelový obraz lokalizovatelného objektu reálného světa.

Objekty reálného světa jsou v nich po stránce geometrické reprezentovány konečnými, diskrétními a homogenními jednotkami – nula- až dvourozměrnými geometrickými prvky:

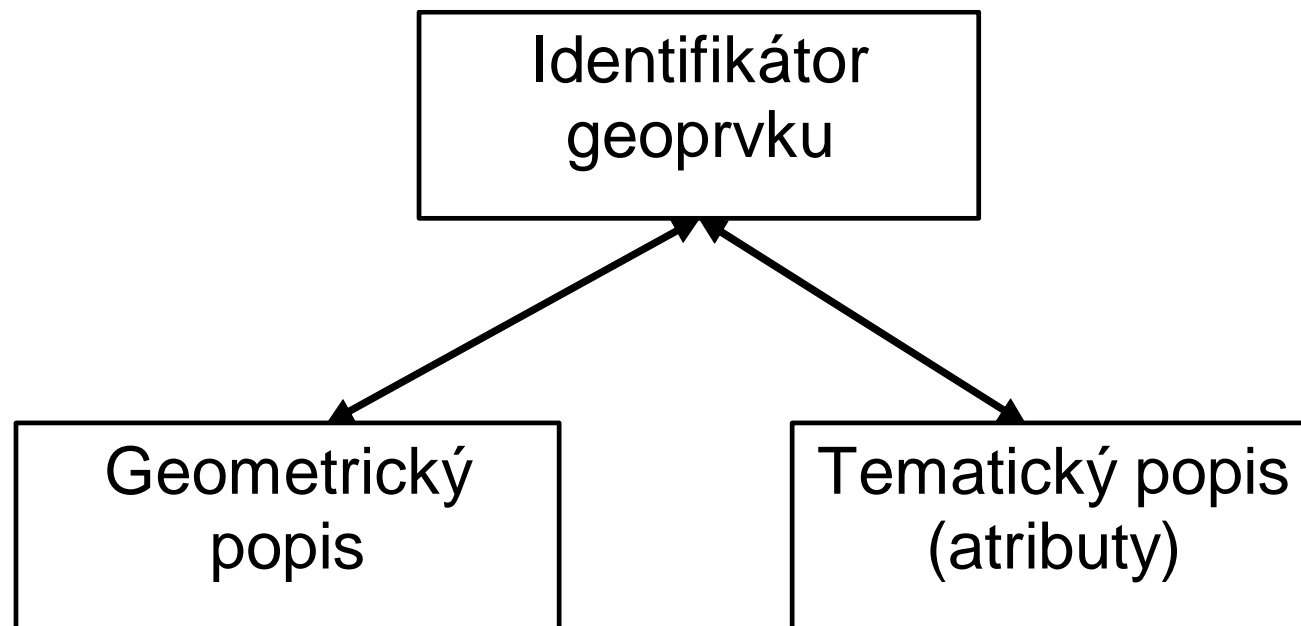
- body,
 - liniemi,
 - polygony (plochami)
-
- Rozlišení mezi nimi může záviset na použitém měřítku

Základním datovým modelem, reprezentujícím tuto skupinu, je:

vektorový datový model



Vektorový datový model

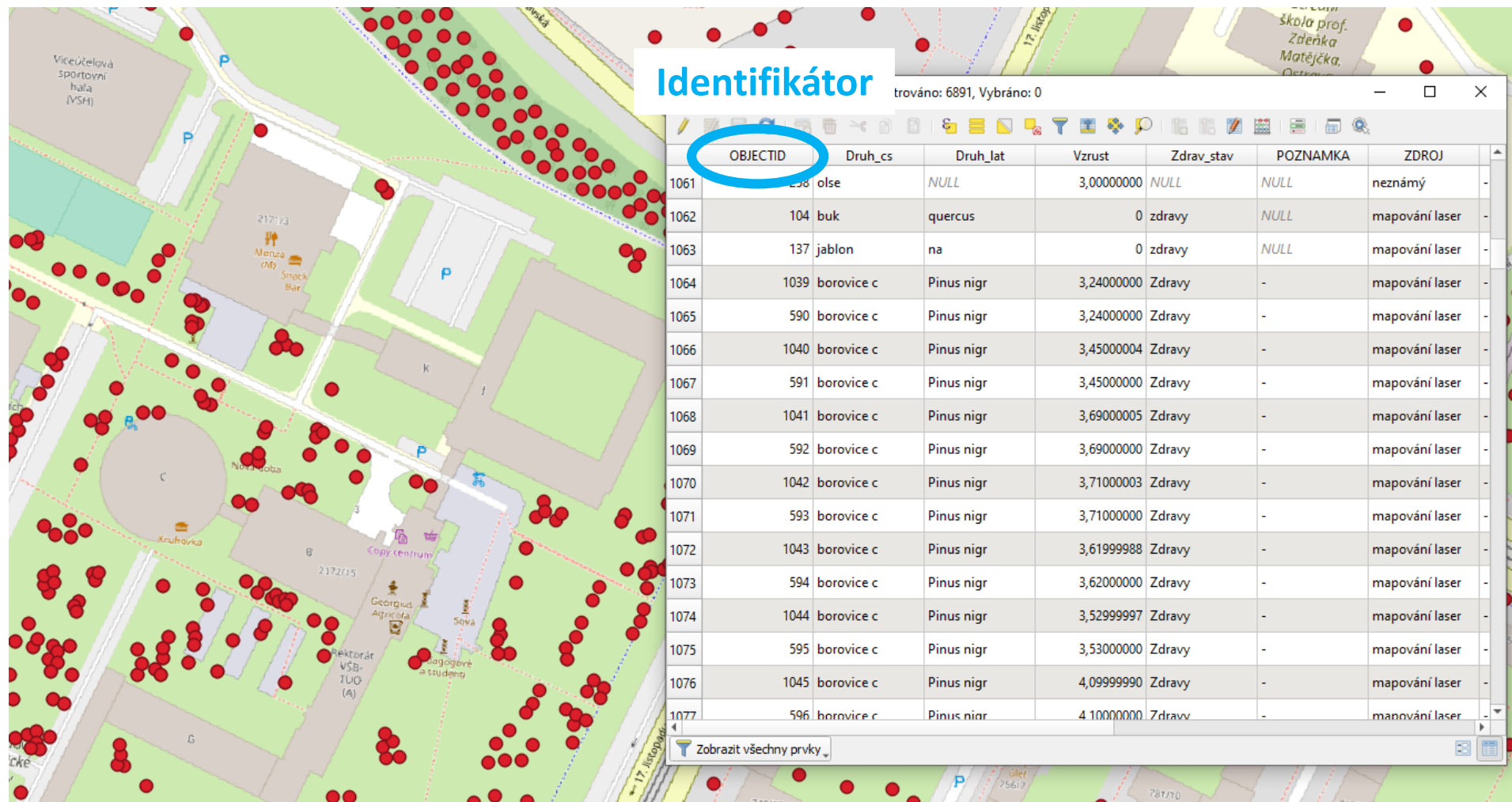


Schematické členění dat popisujících geopravku ve vektorovém datovém modelu.

Každému geopravku je přiřazen jedinečný identifikátor a zcela odděleně jsou vedeny geometrická složka popisu geopravku a tematické složka popisu, přičemž vazba mezi těmito dvěma složkami je zprostředkována právě pomocí jedinečného identifikátoru geopravku

Vektorový datový model

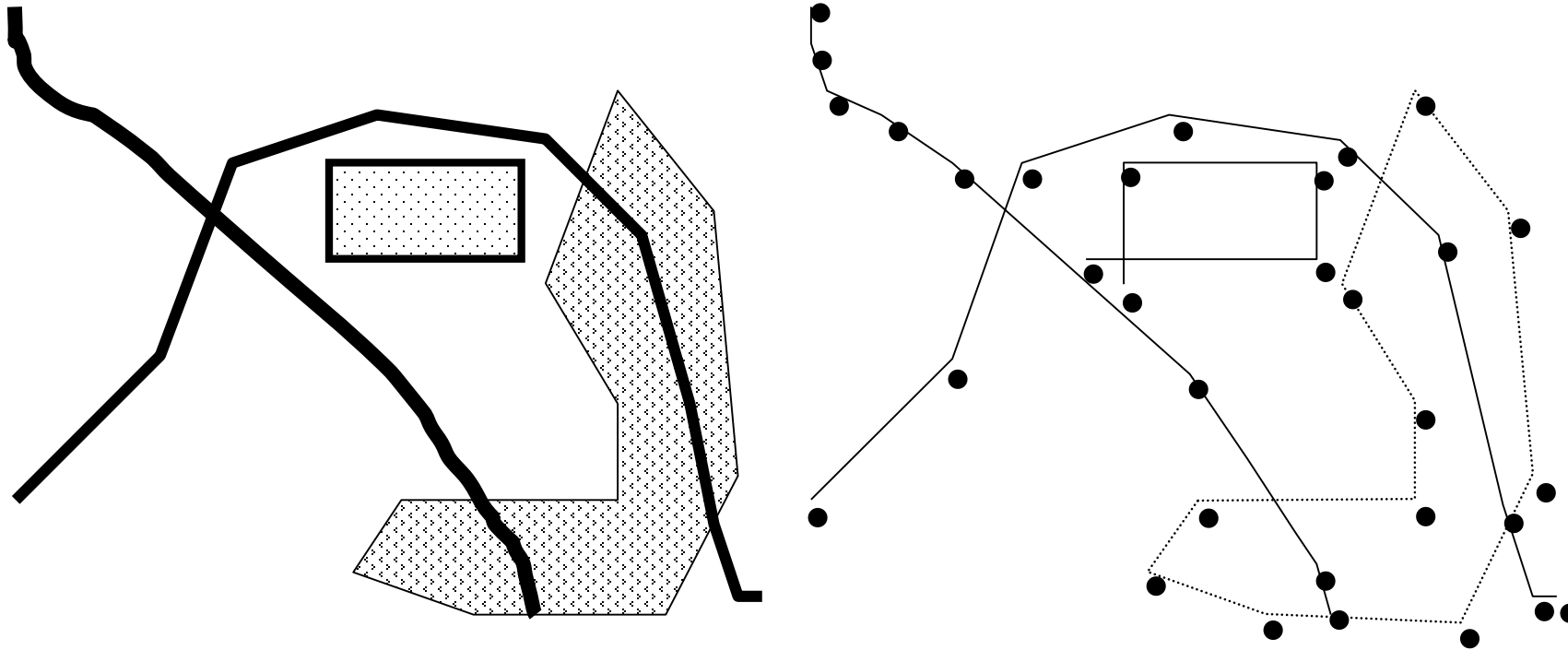
- Ukázka bodové vektorové vrstvy stromů v areálu VŠB-TUO, vpravo atributová tabulka
- Podkladová mapa: Open Street Map
- 1 strom = 1 bod



Vektorové datové modely

- **nespojené** (angl. unlinked)
- **topologické** (angl. topological)

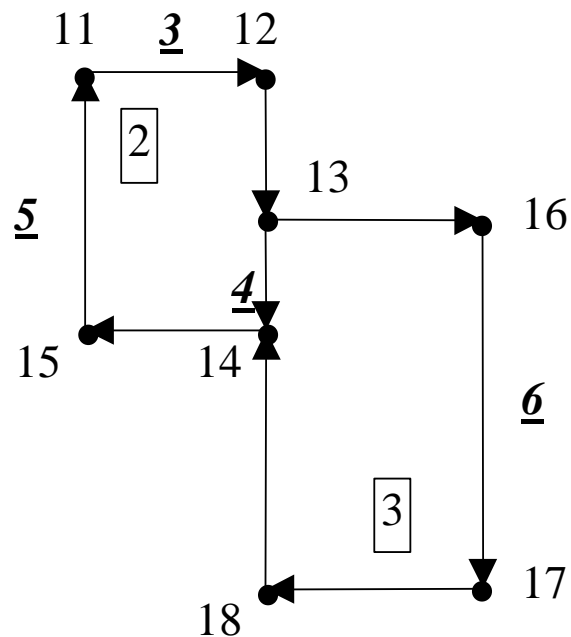
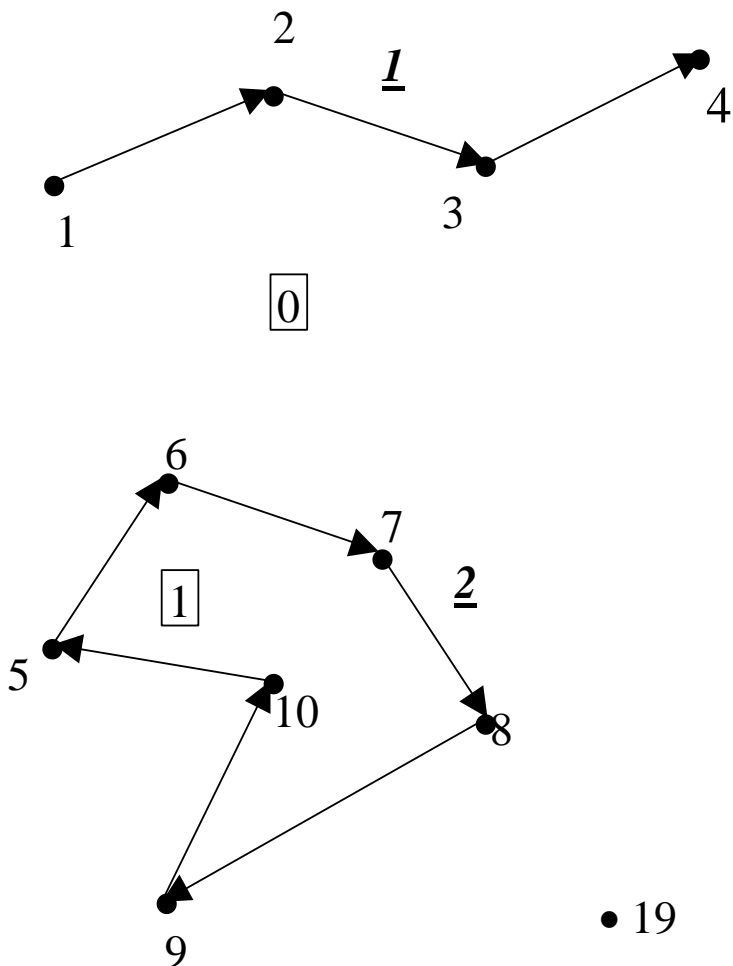
Nespojené modely



Špagetový model

Geometrická složka popisu geoprůvku ukládána odděleně ve vektorové formě, bez zachycení prostorových vztahů k okolním geoprůvkům (např. linie i polygony se mohou prakticky libovolně křížit). Vhodný především pro zobrazování.

Topologické modely



Základem topologického vektorového datového modelu je záznam linií tvořících geometrickou složku popisu geoprvků ve formě rovinného grafu

Topologické modely

Tabulka bodů

ID_bod	x	y
1	1	10
2	3	11
3	5	10
4	7	11
5
6
7	...	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

Tabulka ploch

ID_Plocha	Linie
1	2
2	3,4,5
3	6,-4

Záporné znaménko znamená, že se po dané linii pohybujeme proti směru její orientace

Tabulka linií

ID_linie	ID_l	ID_p	Body
1	0	0	1,2,3,4
2	0	1	5,6,7,8,9,10,5
3	0	2	11,12,13
4	3	2	13,14
5	0	2	14,15,11
6	0	3	13,16,17,18,14

Topologický model – jeden z možných způsobů uložení v databázi

Běžné formáty pro ukládání vektorových geodat

- ESRI shapefile (.shp, .dbf, .shx)
- Geographic JavaScript Object Notation (.geojson, .json) – publikování geodat na webu
- Geography Markup Language (.gml) – textový formát, založený na XML
- Google Keyhole Markup Language (.kml, .kmz) – textový formát, založený na XML, využíván např. Google Earth, kmz – komprimované kml
- GPS eXchange Format (.gpx) – textový formát, založený na XML, primárně pro ukládání záznamu z přijímačů GNSS
- OpenStreetMap OSM XML (.osm) – nativní formát pro OSM, založen na XML
- CADovské formáty (.dwg, .dgn, ...)

- jeden z nejrozšířenějších formátů pro ukládání vektorových geodat
- vyvíjen společností ESRI
- široká podpora v komerčních i open source softwarech
- jednu datovou sadu (vrstvu) tvoří několik souborů (**tučně uvedené jsou povinné**):
 - **.shp** – geometrie geoprvků
 - **.shx** – propojuje geometrickou a tematickou složku prostřednictvím identifikátorů geoprvků
 - **.dbf** – tematická složka popisu geoprvků = tabulka s atributy
 - .prj – definice souřadnicového referenčního systému datové sady
 - .shp.xml – metadata
 - .sbn, .sbx – prostorové indexy geoprvků pro optimalizaci práce s datovou sadou

Datové modely reprezentující jevy reálného světa

- Datové modely patřící do této skupiny jsou určeny ke zobrazování rozložení hodnot vlastností reálného světa v geoinformačních systémech.
- Jsou založeny na zobrazování reálného světa různými *sítěmi buněk*.
- Typickým představitelem je **rastrový datový model**.

Rastrový datový model

- rozdělení rovinného prostoru pravidelnou mříží na jednotlivé dílky, označované jako buňky (angl. cell), které představují nejmenší, dále zpravidla nedělenou prostorovou jednotku,
- prostorové vztahy mezi geoprvky jsou implicitně obsaženy přímo v rastru,
- lokalizace, prostorové vymezení a prostorové vztahy geoprvků nejsou přímo dostupné,

- Každá digitální fotografie je rastrem



Rastrový datový model

I některé bonboniéry jsou rastrem



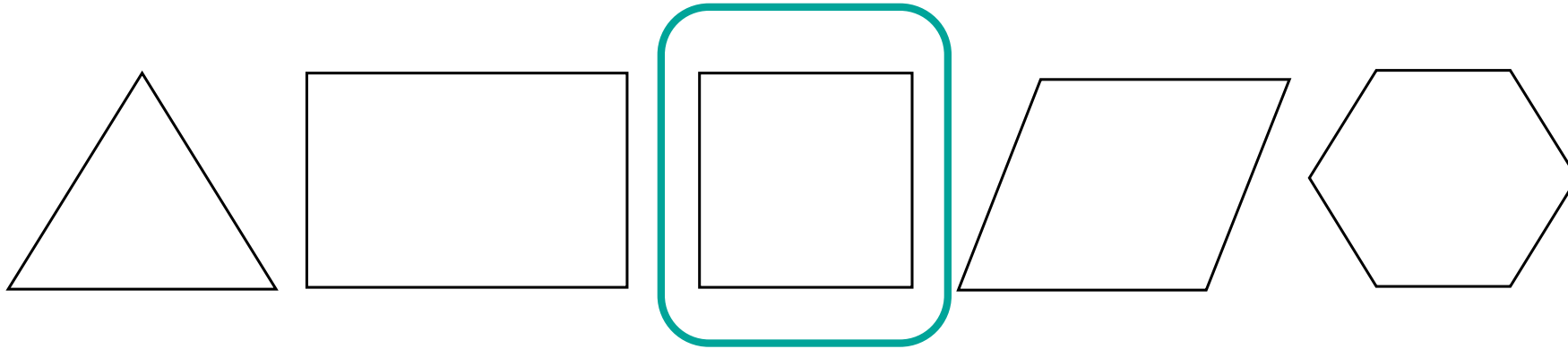
Použitá buňka rastru by měla splňovat alespoň jednu podmínku:

1. měla by být nekonečně opakovatelná v rovině tak, aby ji vyplnila beze zbytku, ale bez překryvů,

případně ještě druhou podmínku:

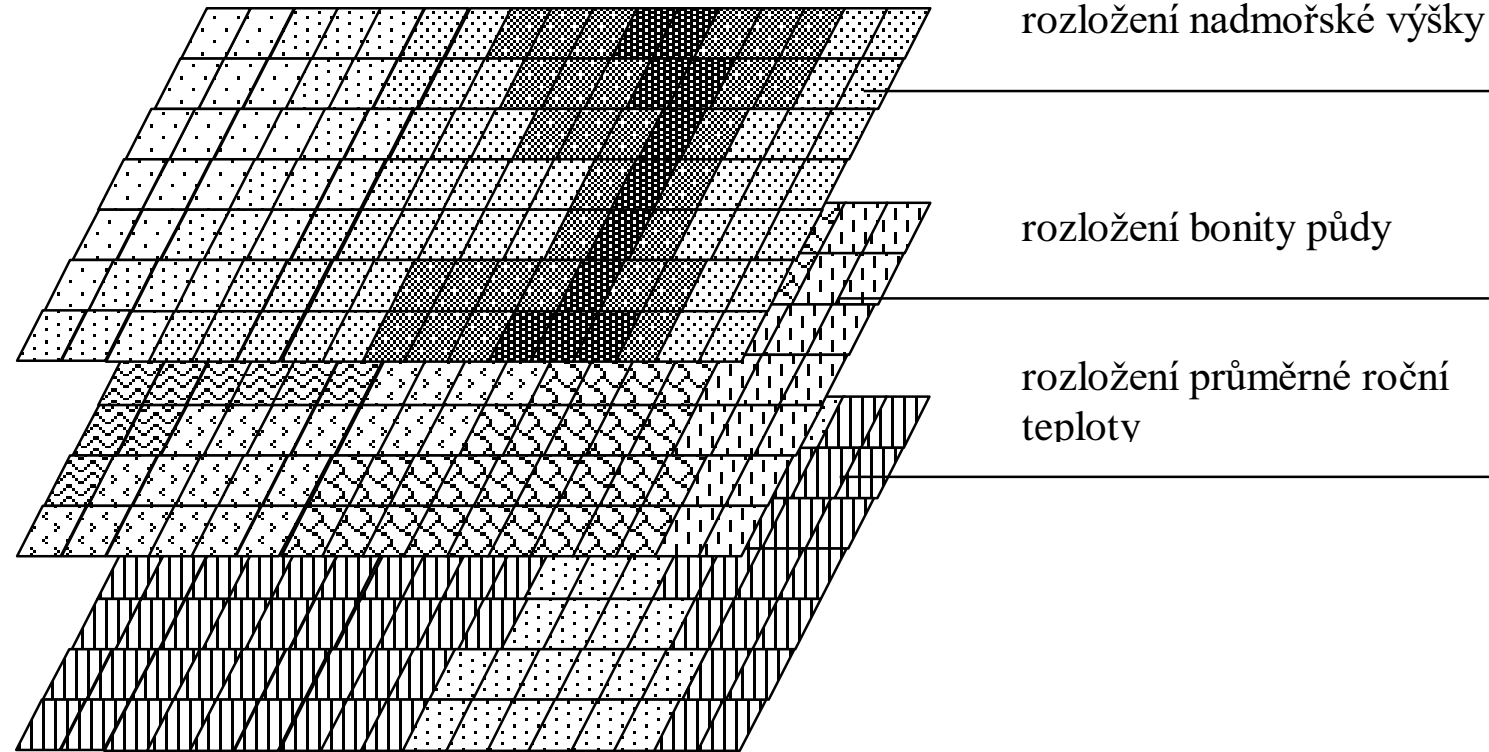
2. měla by být nekonečně rekurzivně rozložitelná na menší buňky stejného tvaru.

Rastrový datový model



Tvary základních buněk rastru.

Rastrový datový model



Schematické členění dat v rastrovém datovém modelu.

Faktory ovlivňující kvalitu zobrazení reálného světa v rastru

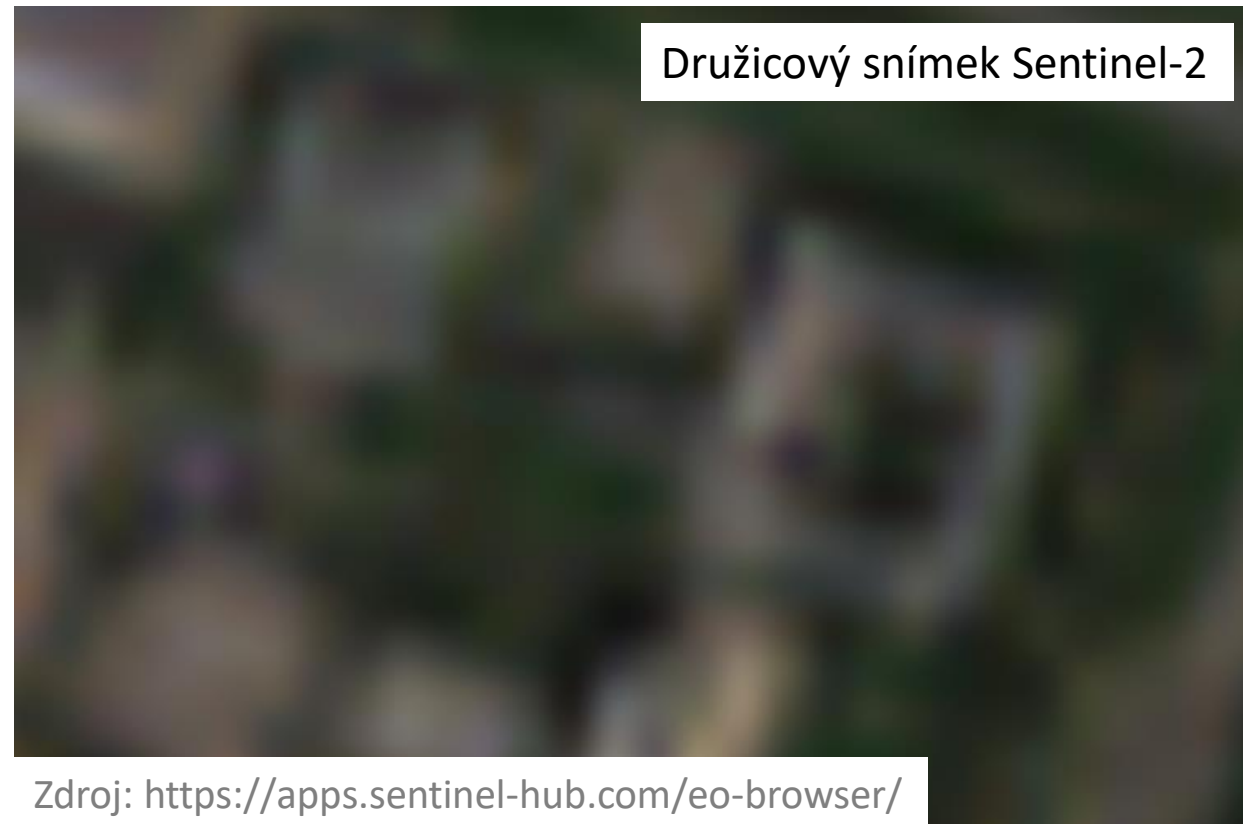
1. způsob přiřazení hodnot zobrazovaného atributu jednotlivým buňkám

- jako bodová hodnota změřená kdekoliv v ploše buňky
- jako aritmetický průměr z několika bodových měření
- jako vážený aritmetický průměr, kde váhou je plošný rozsah jednotlivých hodnot
- jako maximální nebo minimální hodnota atributu
- jako hodnota atributu s největší váhou.

Faktory ovlivňující kvalitu zobrazení reálného světa v rastru

2. Velikost základní buňky rastru

- tzv. prostorové rozlišení rastru (prostor reprezentovaný jednou buňkou)
- běžně několik centimetrů až desítky metrů



Faktory ovlivňující kvalitu zobrazení reálného světa v rastru

3. „barevná hloubka“ rastru , nebo též rozlišení, použité pro záznam hodnot atributů.

- Definuje, jak velký rozsah hodnot je k dispozici pro uložení hodnoty buňky
- Běžné případy:
 - a) zaznamenává se jen přítomnost, resp. nepřítomnost atributu (nejčastěji hodnoty „0“ a „1“). V tomto případě mluvíme o tzv. **binárních rastrech**, pro záznam hodnoty jedné buňky potřebujeme vždy 1 bit
 - b) v buňce se rozlišuje 256 různých celočíselných hodnot sledovaného atributu. Pro záznam hodnoty jedné buňky rastru potřebujeme v tomto případě jeden bajt. Mluvíme pak o **osmibitovém rastru**
 - c) v buňce se rozlišuje cca 1.6 milionu různých celočíselných hodnot sledovaného atributu. Pro záznam jedné buňky potřebujeme tři bajty a rastr obvykle označujeme jako **čtyřadvacetibitový**

Běžné formáty pro ukládání rastrových geodat

- Formáty určené primárně pro rastrovou grafiku či na nich založené
 - Portable Network Graphics (.png) – používá bezztrátovou kompresi, často používán pro webové mapové služby, vhodný i pro ukládání mapových výstupů
 - JPEG, JPEG2000 (.jpg, .jpeg, .jp2) – používá obvykle ztrátovou kompresi
 - TIFF, GeoTIFF (.tif, .tiff) – různé techniky komprese, většinou bezztrátové, GeoTIFF přidává možnost uložit informace o souřadnicovém systému přímo do TIFF souboru
- Ostatní formáty
 - ASCII Grid (.asc) – jednoduchý formát s definovaným oddělovačem hodnot na řádku
 - Esri Grid – proprietární formát společnosti ESRI, soubory bez přípony
 - ERDAS Imagine (.img) – proprietární formát vyvinutý společností Hexagon Geospatial
 - BIL, BIP, BSQ – formáty používané pro ukládání leteckých a družicových snímků
 - netCDF – pokročilá kolekce knihoven a formátů pro ukládání rastrových dat

Geoinformační systém jako obraz reálného světa

Promítnutí reálného světa do GIS

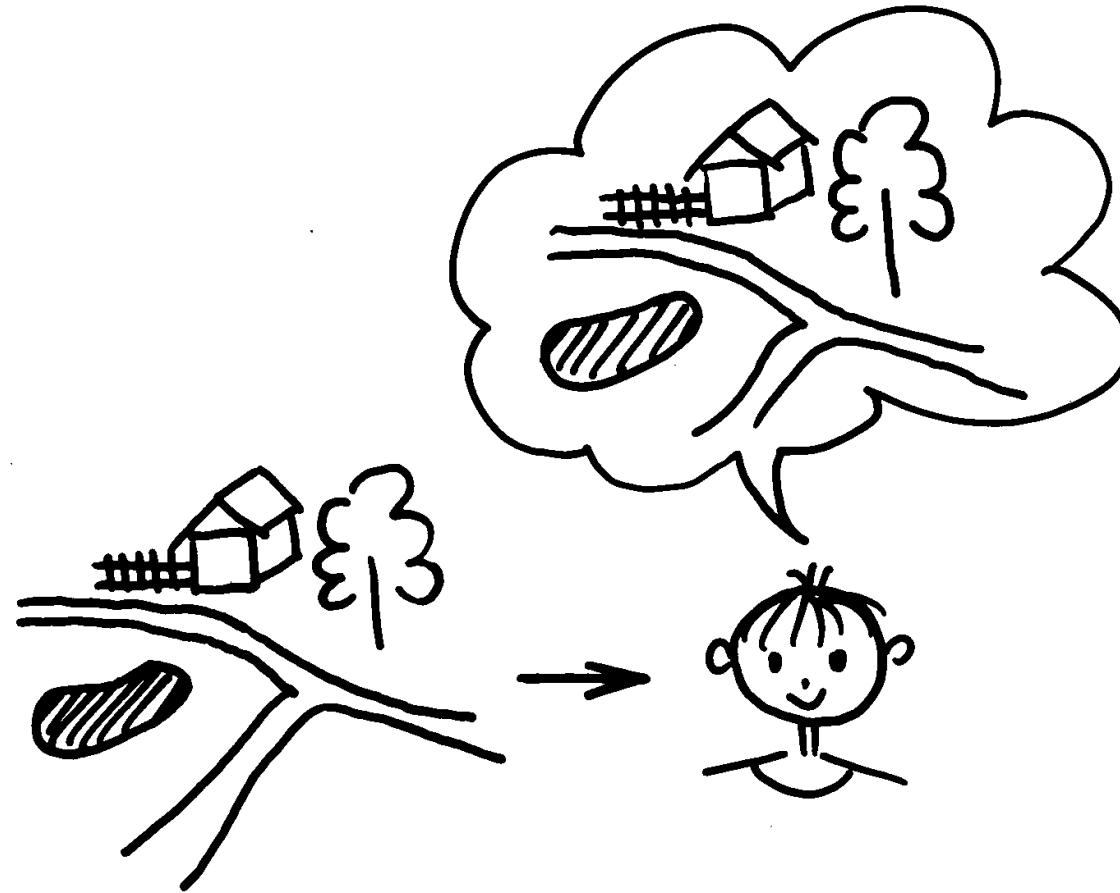


- O geoinformačních systémech se obecně říká, že jsou obrazem reálného světa
- Cesta převedení reálného světa do databází geoinformačního systému však není jednoduchá. Jedná se o zdlouhavý proces o mnoha krocích

Geoinformační systém jako obraz reálného světa

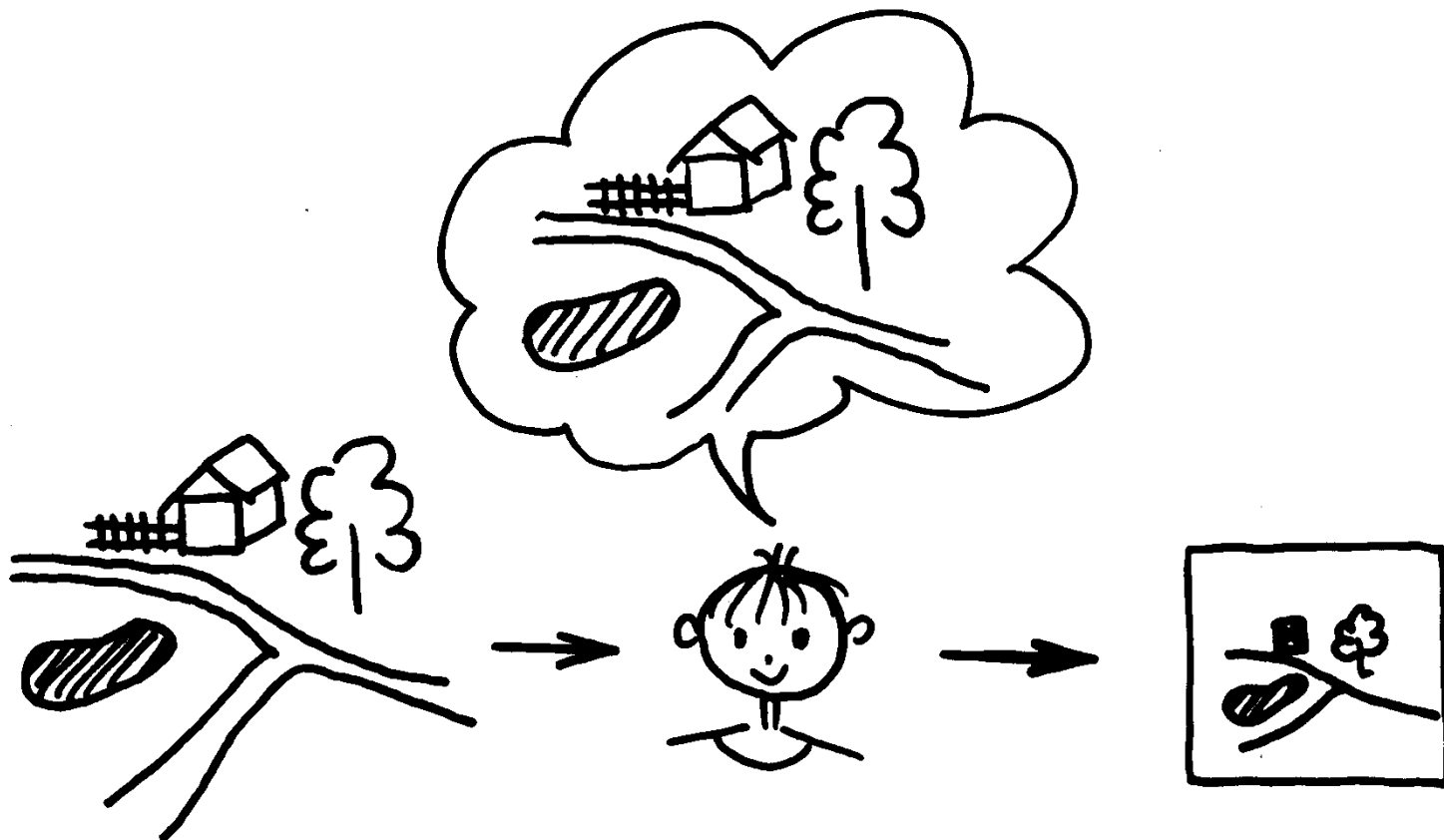
Modely / Operace	Problémy
Reálný svět	???
<i>pozorování reálného světa</i>	dochází k jistému zjednodušení, pozorovatel je určitým způsobem zaujatý, smyly neumožňují vnímat vše, ...
mentální model	3D model, dynamický, pracující s geoprvky ve smyslu samostatných objektů, částečně zjednodušený
<i>tvorba papírové mapy</i>	další zjednodušení, standardizace obsahu a výrazových prostředků, kódování
papírová mapa	2D, statická, zjednodušená, pracující spíše s tématy než s objekty (geoprvky), obohacená o chyby spojené s tvorbou, produkcí a distribucí map
<i>digitalizace</i>	další zjednodušení a vnesení nových problémů, jako je menší polohová přesnost, chyby polohové i obsahové, chyby interpretace apod.
digitální mapa	všechny nečnosti papírové mapy, plus problémy vnesené vlastní digitalizací, reálný svět „rozlámán“ do tematických vrstev, geoprvky nahrazeny jednoduchými geometrickými prvky typu body, linie a polygony ...

Geoinformační systém jako obraz reálného světa



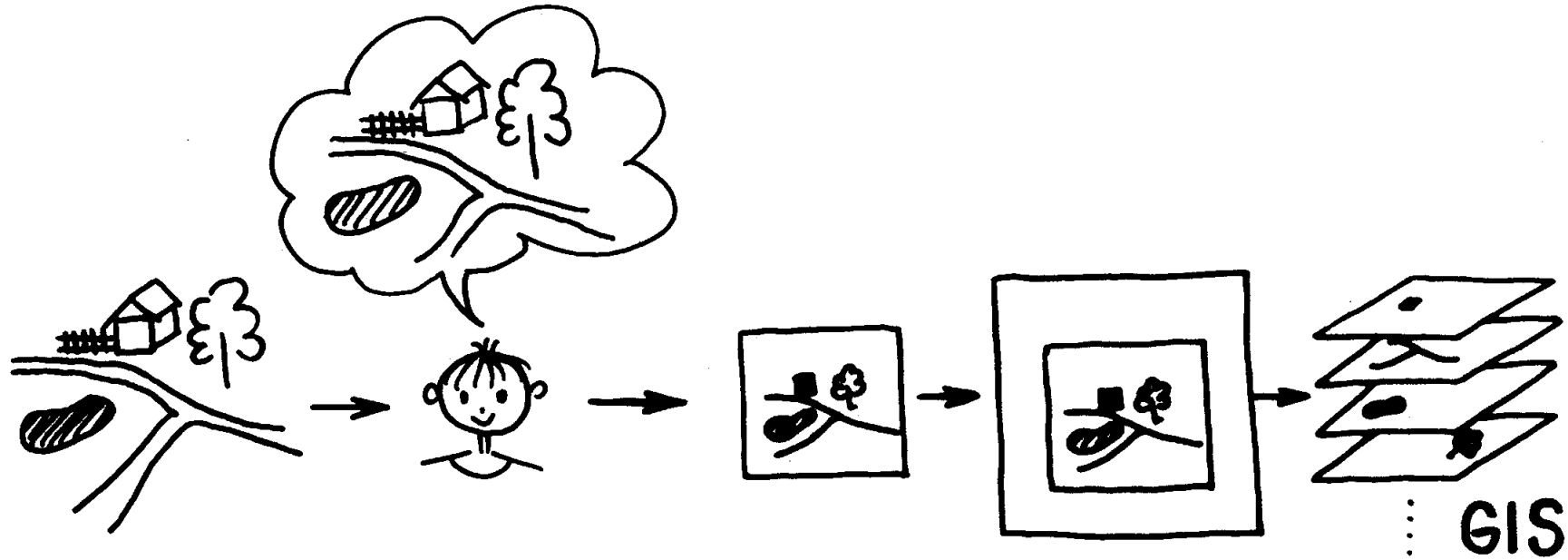
Vytvoření vnitřního (mentálního) modelu

Geoinformační systém jako obraz reálného světa



Promítnutí vnitřního modelu pozorovatele do mapy

Geoinformační systém jako obraz reálného světa



Převod mapy do GIS pomocí digitalizace

Geoinformační systém jako obraz reálného světa

Výsledný obraz je velice vzdálený reálnému světu, nicméně,
**právě na podkladě tohoto obrazu přijímáme závažná
rozhodnutí o světě reálném.**

Děkuji za pozornost

Michal Kačmařík

michal.kacmarik@vsb.cz

www.vsb.cz