

Geoinformatika

II – GIS jako zpracování dat

jaro 2025

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**



Co je to GIS?

- **Geografický** informační systém
- Je informační systém pracující oproti klasickým informačním systémům navíc i s **prostorovou složkou dat.**
- Také lze říci, že je výkonným nástrojem geověd, tedy že metody těchto věd umožňuje efektivně implementovat v počítačovém prostředí.
- **Předmět** výzkumu geoinformatiky.

Informační systém

Důležité

Domů

Varování před aktuální vlnou podvodných e-mailů

Celodenní děkanské volno pro studenty PFF 14. května 2020

MOJE APLIKACE

Pošta O365

Kalendář

Garant

Učitel

Školitel

vyhledat v iSu



Život na MU

Výzkum: Děti v Česku i zahrani...

Psychologové z Masarykovy univerzity upozorňují, že jde o běžnou součást dospívání.



Coronavirus COVID-19 Global Cases by Johns Hopkins CSSE



Total Confirmed

80 150

Confirmed Cases by Country/Region

77 660 Mainland China

893 South Korea

691 Others

229 Italy

160 Japan

90 Singapore

81 Hong Kong

61 Iran

53 US

35 Thailand

31 Taiwan

22 Australia

22 Malaysia

16 Germany

16 Vietnam

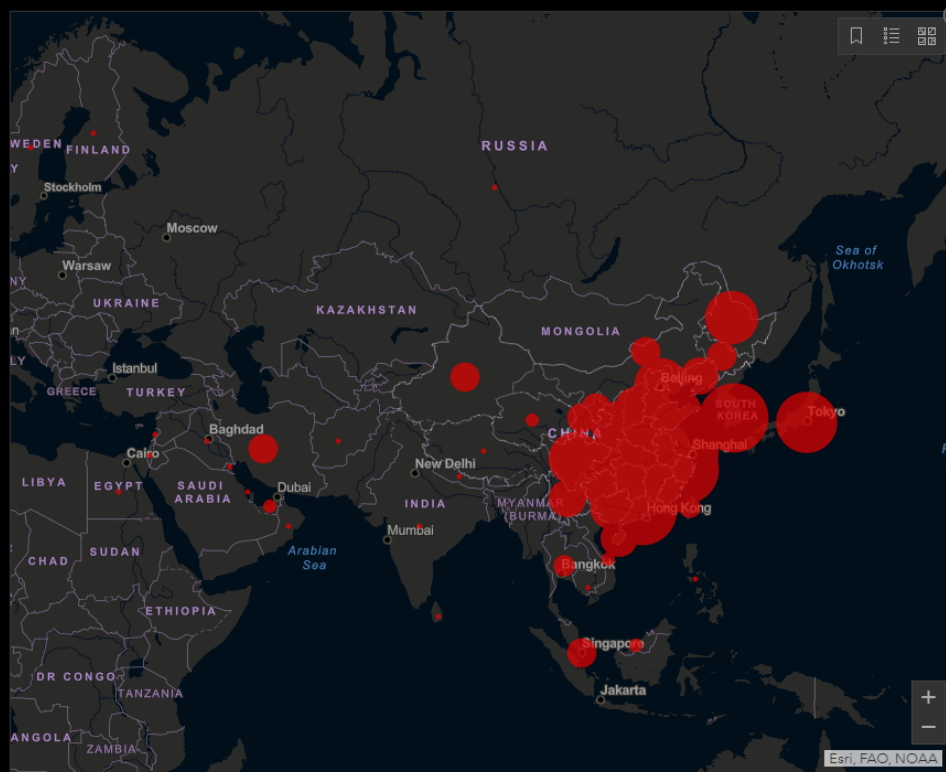
13 United Arab Emirates

13 UK

12 France

Country/Region

City, St/Prov

Last Updated at (M/D/YYYY)
2/25/2020 9:03:07 dopoledne

Cumulative Confirmed Cases

Existing Cases

Lancet Article: [Here](#). Mobile Version: [Here](#). Visualization: JHU CSSE. Automation Support: Esri Living Atlas team.Data sources: WHO, CDC, ECDC, NHC and DXY. Read more in this [blog](#). [Contact US](#).Downloadable database: GitHub: [Here](#). Feature layer: [Here](#).

Point level: City level - US, Canada and Australia; Province level - China; Country level - other countries.

Existing cases = total confirmed - total recovered - total deaths.

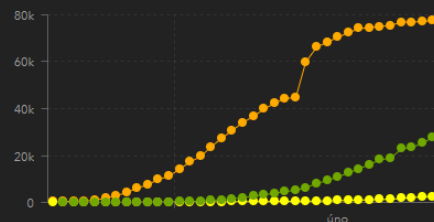
Total Deaths

2 699

2 563 deaths
Hubei Mainland China19 deaths
Henan Mainland China12 deaths
Iran12 deaths
Heilongjiang Mainland China8 deaths
South Korea7 deaths
Italy7 deaths
Guangdong Mainland China6 deaths
Anhui Mainland China6 deaths
Chongqing Mainland China

Total Recovered

27 695

18 889 recovered
Hubei Mainland China989 recovered
Henan Mainland China807 recovered
Guangdong Mainland China794 recovered
Zhejiang Mainland China757 recovered
Hunan Mainland China712 recovered
Anhui Mainland China682 recovered
Jiangxi Mainland China458 recovered
Jiangsu Mainland China349 recovered
Chongqing Mainland China

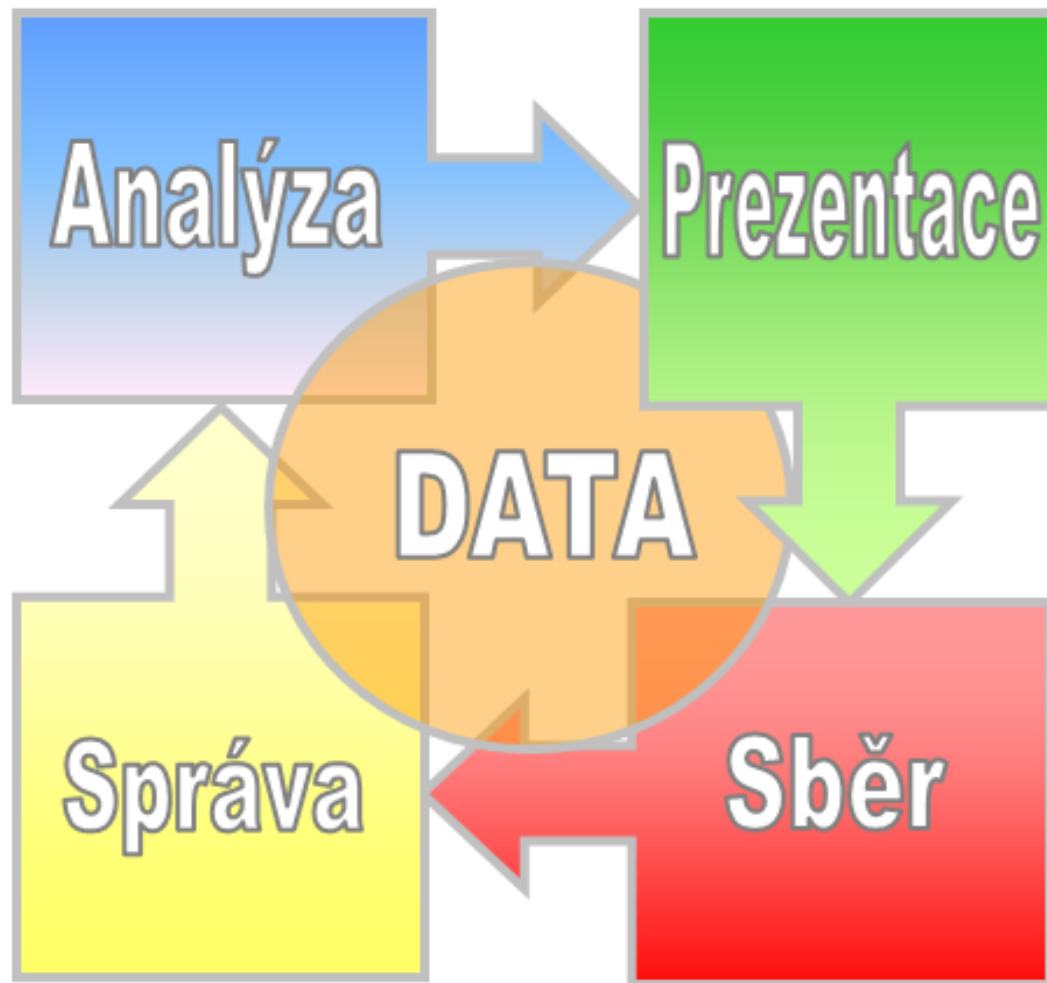
Mainland China Other Locations Total Recovered

Actual

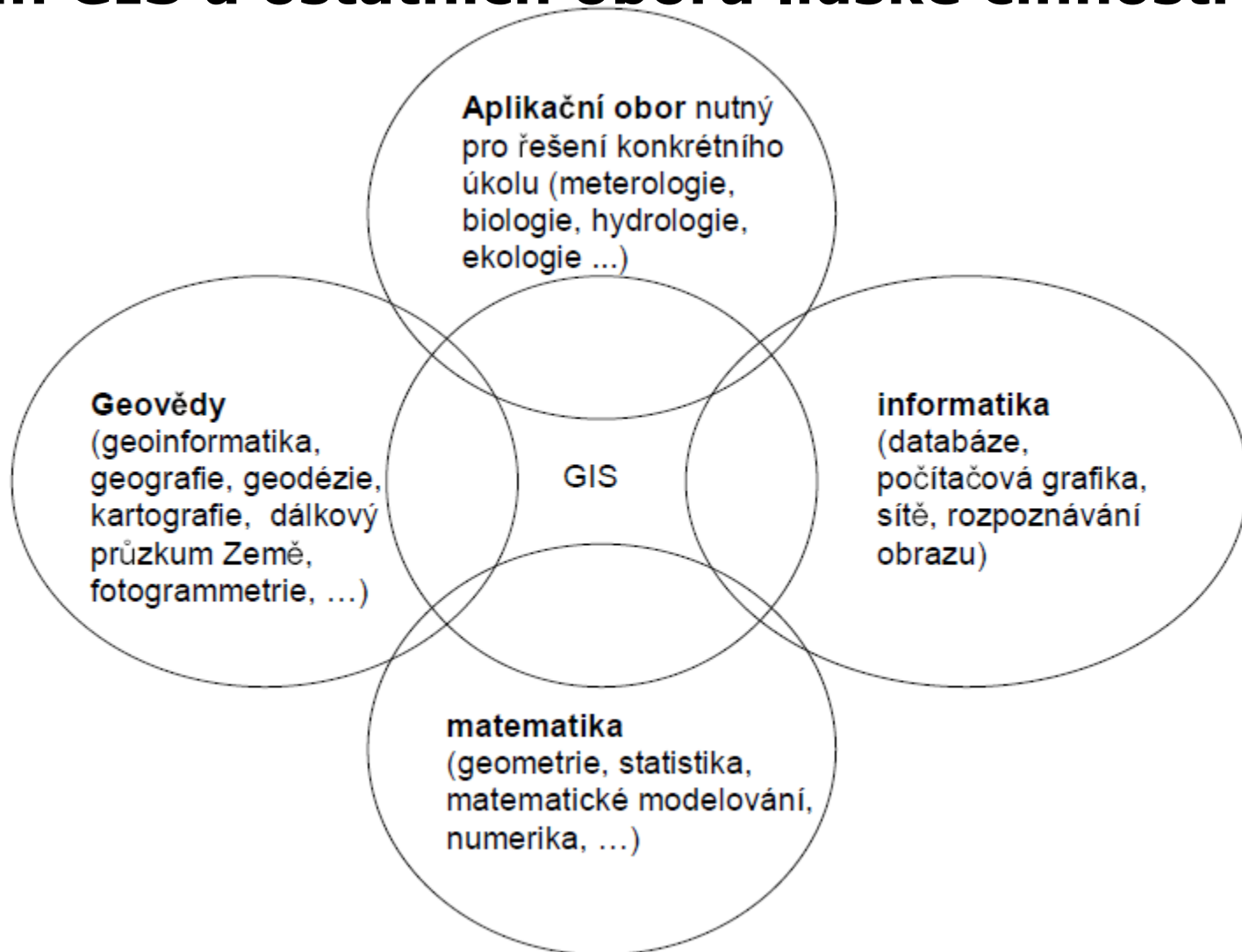
Logarithmic

Daily Increase

GIS životní cyklus dat



Vztah GIS a ostatních oborů lidské činnosti



**HISTORIA MAGISTRA
VITAE EST**

**HISTORIE GIS – JAK TO
VŠECHNO ZAČALO?**



Historie GIS

- V 50. letech 20. století začaly pokusy s automatizovaným mapováním za využití výpočetní techniky.
- V roce 1963 zavedl pojem GIS Kanadán **R. F. Tomlinson** a označil tak nové technologie pracující s daty a podávajícími informaci o terénu pomocí výpočetní techniky.

??Jak dostat mapu do počítače??



Historie GIS

- **Pionýrské období (konec 60. let až 1975) - hlavně průkopnické práce, univerzity - důraz na digitální kartografii.**
- **1975- začátek 80. let - ujednacení pokusů s institucemi na lokální úrovni - první LIS.**
- **1982 - konec 80. let - komercializace problematiky – běžně dostupné softwarové systémy pro GIS (ESRI, Intergraph, ...), první systémy založené na CAD (systémy před tím měly minimální grafické možnosti). Autocarto, EuroCarto (1987 Brno).**
- **1986 – P. Burrough - učebnice GIS; Konečný a Rais – GIS v ČR (1985).**



Historie GIS

- **NCGIA** – National Centre for Geographic Information and Analysis; GI science (USA). Změna pojetí GIS jako nástroje (research with GIS) na přijetí **GIS jako výzkumného směru** (research about GIS – spatial information theory).
- **90. léta** - počátky standardizace, uživatelské GIS, Desktop GIS, otevřené systémy (Open GIS), Internet.
- Výuka **GIS v Č(SS)R** – Brno, Ostrava, Olomouc...
- **AGILE**; Conference on Spatial Information Theory (**COSIT**).
- **Současnost** - vzdálený přístup přes Internet/Intranet/Cloud, webové služby, sociální sítě, geoparticipace (VGI), 3D GIS, strojové učení.
- **Mobilní GIS**, Imerzivní GIS, **GeoAI**...

Komplexní GIS schéma

Transformace dat

- modelu
- polohy
- formátu

Uložení dat

- | | |
|-------------|------------------------------|
| Návrh | - struktura
- datové typy |
| Manipulace | - dotazování
- indexování |
| Dokumentace | - metadata |

Analýza dat

- průzkum
- modelování

Sběr dat

- editace
- import

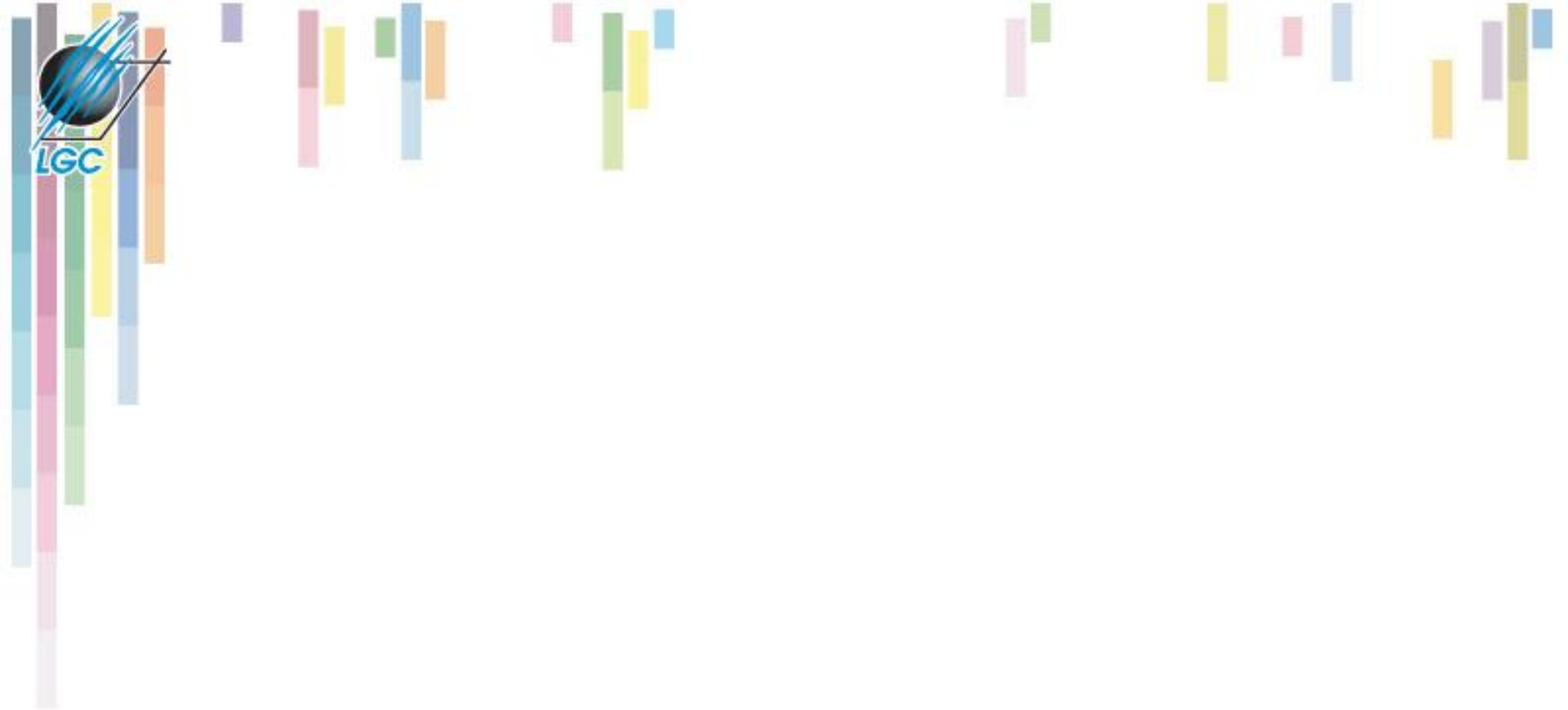
Prezentace dat

Vizuální

- kartografická
 - statické mapy
 - dynamické mapy
 - uživatelské rozhraní
- nekartografická
 - grafická
 - textová

Nevizuální

- export
- řídicí povely



TEORETICKÉ POJETÍ GIS



Proces modelování

- **modelování** – je proces **abstrakce**, při kterém jsou **podstatné** elementy reálného světa **zdůrazněny** a **nepodstatné eliminovány** (s ohledem na cíl, který má toto modelování splnit):
 - **úmyslně** – zobrazují se jen ty elementy, které jsou předmětem zkoumání, ostatní se potlačují;
 - **neúmyslně** – v dané fázi poznání jsou nedostupné či nepoznatelné.
- Principem modelování je snaha o poznání vlastností studované části reality.



Modelování geografických objektů

- V **geoinformatice** se nezaobíráme reálnými objekty, ale z důvodu zjednodušené reprezentace - **modelem reality**.
- **Modelování** - abstrahování týkající se všech součástí geografické informace:
 - **geometrické,**
 - **topologické,**
 - **tematické,**
 - **dynamické.**



Složky geografických dat

- **Neprostorová složka (tzv. atributy) - tematická**
 - Čísla – kvantitativní hodnoty
 - Řetězce znaků – kvalitativní hodnoty
 - Datum – časové určení
 - Komplementární atributy – linky, videa, dokumenty ...
- **Časový aspekt** odráží změnu jevu v čase (od jednoho záznamu ke druhému)
- **Prostorová složka (tzv. Geometrie)**
 - tvar
 - poloha
 - topologie

Všechny měřitelné nebo popsitelné vlastnosti reálných entit spadají do jednoho z aspektů: **prostoru (KDE)**, **tématu (CO)** nebo **času (KDY)**.



Neprostorová složka - atributy

Popisující geografické objekty a jejich vlastnosti

Typy atributových dat

- *poměr* - např. procenta
- *interval* - např. celá čísla z intervalu (0,10), desetinná čísla z intervalu (0.5-14.0)
- *pořadí* (ordinální) - řadová číslovka
- *výčet* (nominální) - např. pro typ silnice to může být (dálnice, rychlostní silnice, silnice 1.třídy, silnice 2.třídy, ostatní silnice)

Příklad:

- **Objekt** = lesní porost
- **Atribut** = dřevinná skladba, průměrná výška porostu, věková struktura, apod.
- **Vyjádření kvality(nejistoty) atributu** - Atributy jsou **neprostorové** (nereprezentují informaci o lokalizaci či o prostorových vztazích), mají vytvořenou **vazbu** na prostorové prvky atributové hodnoty, reprezentující **kvalitu** geografického objektu, nelze vždy měřit nebo udávat v jednotném měřítku.
- Př. Borovicový porost není nikdy 100% složen pouze z borovice. Při analýzách to nevadí, ale je nutno s touto skutečností počítat (míry kvality).



Časová složka

- **Čas – dynamický popis**
 - dynamika charakterizuje časovou variabilitu geografických objektů.
 - tyto změny se mohou týkat **geometrie, topologie i tematického popisu**.
 - **Modelování** dynamických prostorových procesů v rozměrném prostoru vyžaduje složité modely a metody.
- V praxi se ale používá zjednodušení:
- 1. Analýza časové série na jednom měřicím bodě - **časová změna**.
 - 2. Prostorová změna atributové hodnoty mezi dvěma body v tom samém čase - **prostorová změna**.





Prostorová složka - tvar

- **Dvě chápání prostoru a jejich vyjádření v GIS**
 - **Prvek** -> jeho vymezení -> hranice -> **objekty**
 - Kartografický model reality
 - Bod, Linie, Plocha
 - Uspořádaný soubor souřadnic - **VEKTOR**.
 - **Prostor** -> jeho rozdělení -> jaký **jev** je přítomen v dílu
 - Vzorkování
 - Různé druhy členění podle charakteru buněk
 - Pravidelnost, komplexita
 - Matice hodnot – u pravidelného a jednoduchého členění - **RASTR**.



Datové modelování – vektorová reprezentace

Bod

- nemá délku, hloubku ani šířku - bezrozměrný (0D) prvek
- je jednotlivý pár souřadnic X, Y , reprezentující geografický prvek
- je příliš malý na to, aby byl zobrazen jako linie či plocha.

Základní geometrické objekty

Bod:

x
[x,y]

Typy geometrických objektů - linie

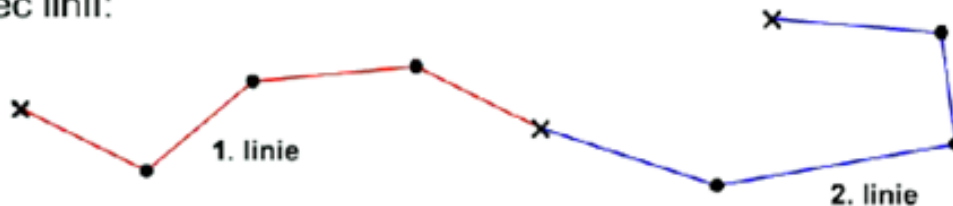
Linie

- má délku, ale nemá šířku ani hloubku - jednorozměrný (**1D**) geografický prvek;
- je sled orientovaných **úseček (hran)** definovaných souřadnicemi **vrcholů (vertex)** mezi dvěma **uzly (nodes)**;
- tvar reprezentovaného geografického prvku je příliš úzký na to, aby mohl být zobrazen jako plocha.

Linie:



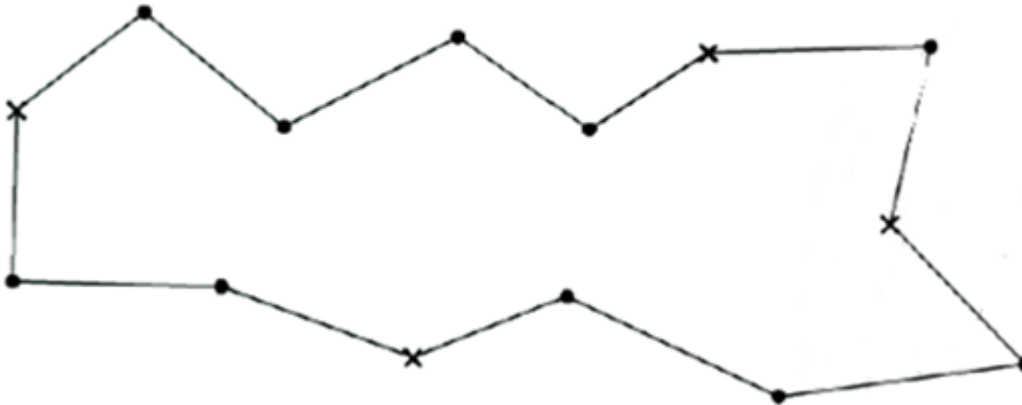
Řetazec linií:





Typy geometrických objektů - plocha

Plocha - uzavřený řetězec linií:

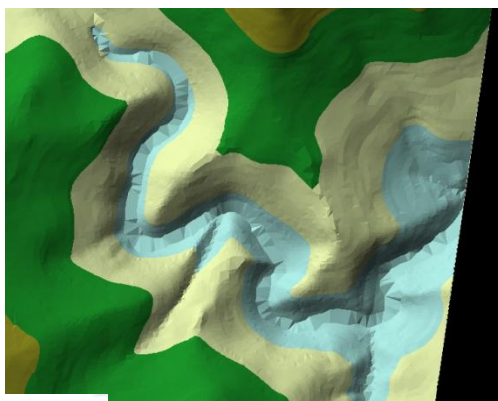
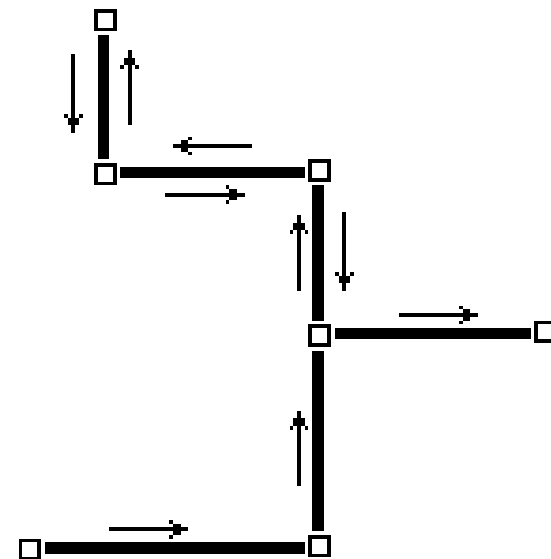


- **Polygon (plocha)**
 - mají délku a šířku, ale nemají hloubku - dvojrozměrný (**2D**) geografický prvek;
 - je uzavřený obrazec, jehož hranicí je uzavřená linie.
 - **První a poslední vrchol jsou stejné.**



Sítě

- systém linií s topologickou strukturou;
- je řada vzájemně propojených linií, podél níž probíhá tok informací.

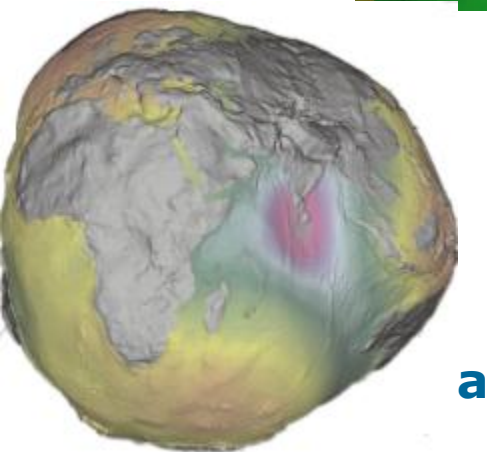


Povrchy

- je to souvislá entita, pro kterou v každém bodě existuje nějaká hodnota (2,5 D) x, y, z .

Objemy

- mají všechny rozměry (délku, šířku, hloubku) - trojrozměrné (3D) geografické prvky.

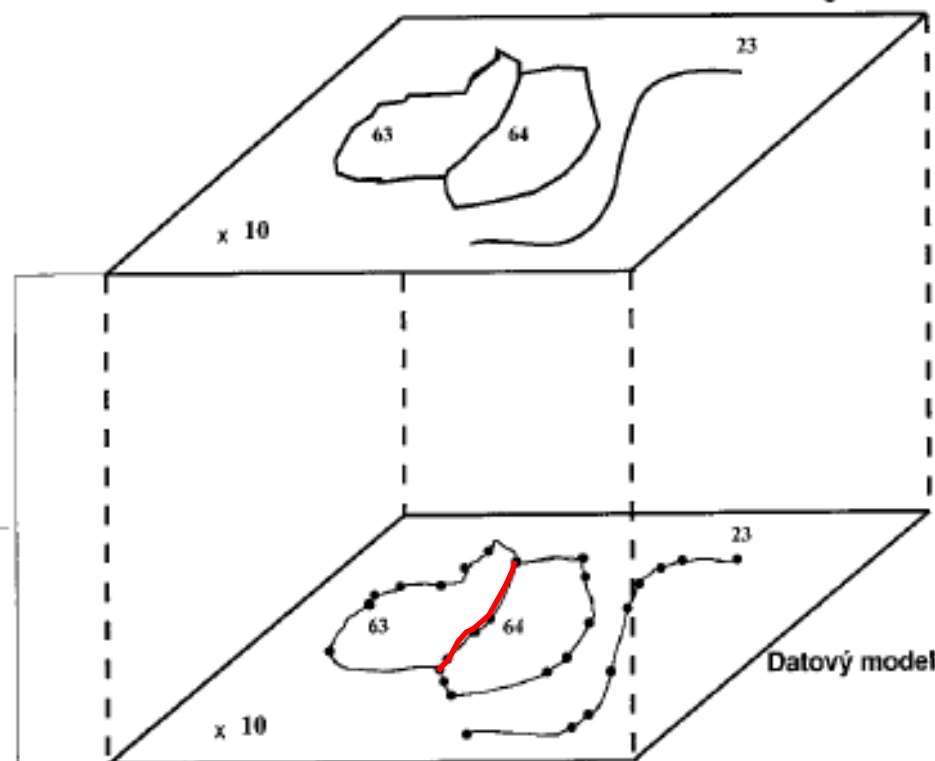


a



Špagetový datový model

- Nejjednodušší – CAD, CAM.
- Objekt na mapě se reprezentuje **jedním logickým záznamem** v souboru a je definovaný jako **řetězec x,y souřadnic**.
- Nevýhody - ačkoli jsou všechny objekty v prostoru definovány, struktura **neposkytuje informace o vztazích mezi objekty**.
- **Společná linie je pro každý polygon ukládána dvakrát**.
- Pro většinu **prostorových analýz je tento model nevhodný**, protože veškeré potřebné prostorové vztahy musí být spočítány před každou analýzou.



Datová struktura

Objekt	Číslo	Poloha
Bod	10	X, Y Jednotlivý bod
Čára	23	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$ Řetězec
Polygon	63	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_1 Y_1$ Uzavřená smyčka
	64	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_1 Y_1$



Topologický datový model

- V tomto modelu každá linie začíná a končí v bodě nazývaném **uzel - node**.
- **Dvě linie se mohou** protínat opět jenom v uzlu. Každá část linie je uložena s odkazem na uzly a ty jsou uloženy jako soubor souřadnic x,y. Ve struktuře jsou ještě **uloženy identifikátory označující pravý a levý polygon vzhledem k linii**. Tímto způsobem jsou zachovány základní prostorové vztahy
- **Použitelné pro analýzy**. Navíc tato topologická informace umožňuje body, linie a polygony uložit v neredundantní podobě (bez opakovaného zápisu).

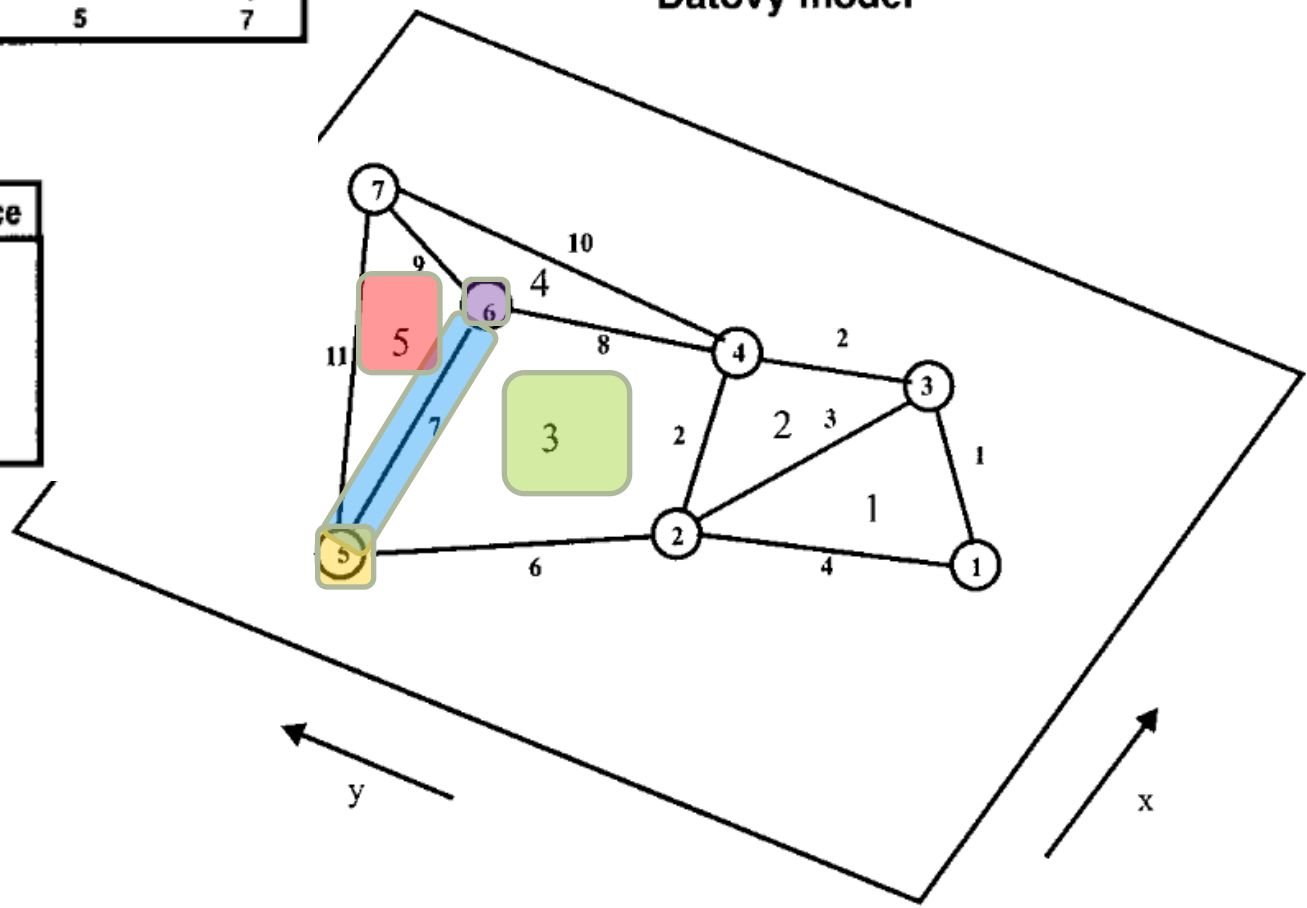
Soubor topologických vztahů

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	3
7	3	5	5	6
8	3	1	6	3
9	4	5	7	6
10	0	4	7	4
11	5	0	5	7

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

Datový model





Vektorová reprezentace - topologie

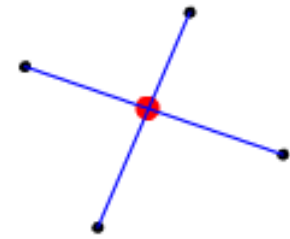
- **Topologie je matematický způsob, jak explicitně vyjádřit prostorové vztahy mezi jednotlivými geometrickými objekty.**
- **Proč vůbec topologie? Má jisté výhody, například:**
 - Umožní ukládat data efektivněji.
 - Mnoho analýz v GIS využívá pouze topologické a nikoli geometrické vztahy.
- **Důvod pro využívání topologie (ESRI 1995):**
- "Topology is useful in GIS because many **spatial modeling operations don't require coordinates, only topological information**. For example, to find an **optimal path between two points** requires a **list of the arcs** that connect to each other and the **cost to traverse each arc in each direction**. Coordinates are only needed for drawing the path after it is calculated."



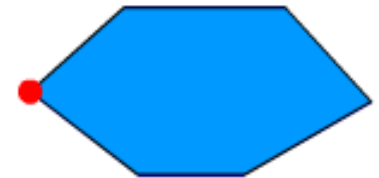
Tři základní topologické koncepty

- **Konektivita** – dvě linie se na sebe napojují v uzlech.
- **Definice plochy** – linie, které uzavírají nějakou plochu, definují polygon.
- **Sousednost** - linie mají směr a nesou informaci o objektech nalevo a napravo od nich.

Konektivita



Definice plochy

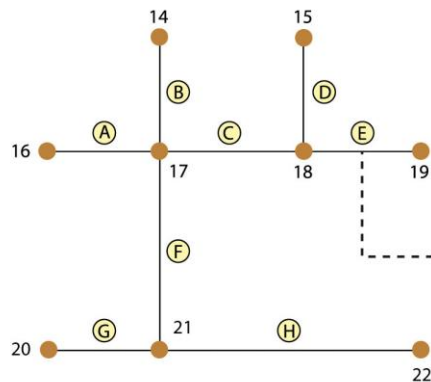


Princip okřídlené hrany:



Konektivita

Arc-Node Topology

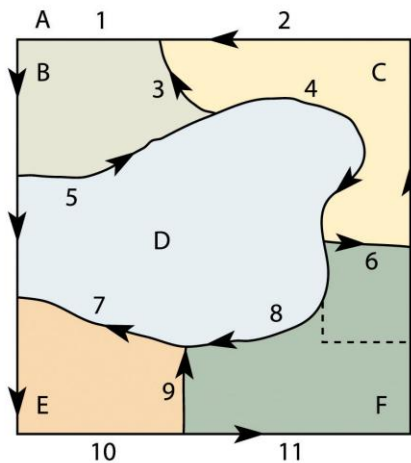


Arc-Node List

Arc	From-Node	To-Node
A	16	17
B	14	17
C	17	18
D	15	18
E	18	19
F	17	21
G	20	21
H	21	22

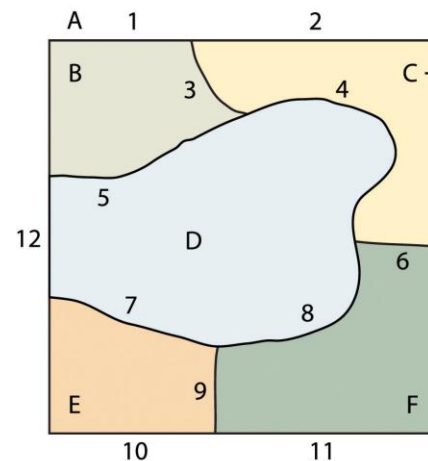
Definice plochy

Sousednost



Left-Right Topology

Arc	Left Polygon	Right Polygon
1	A	B
2	C	A
3	B	C
4	C	D
5	B	D
6	C	F
7	E	D
8	F	D
9	E	F
10	E	A



Polygon-Arc Topology

Polygon	Arc List
B	1,3,5
C	2,3,4,6
D	4,5,7,8,12
E	7,9,10
F	6,8,11



ArcGIS Shapefile

ESRI formát pro netopologický zápis GIS vektorového formátu.

- Jeden soubor obvykle reprezentuje jeden typ mapového prvku, např. silnice, jezera, obce
- Shapefile specifikuje i další pomocné soubory.
- „**Jméno.přípona**“ prefix zůstává stejný, přípona se mění:
- **Povinné**
 - **.shp** – samotný hlavní soubor s geodaty (geometrie).
 - **.shx** – indexový soubor (posun vůči počátku souboru, délka záznamu).
 - **.dbf** – soubor s atributy resp. popisné data.
- **Nepovinné**
 - **.prj** – zdrojový souřadnicový systém.
 - WKT-string – (Well Known Text)
 - **.cpg** – specifikuje kódování v dbf souboru.
 - UTF-8.

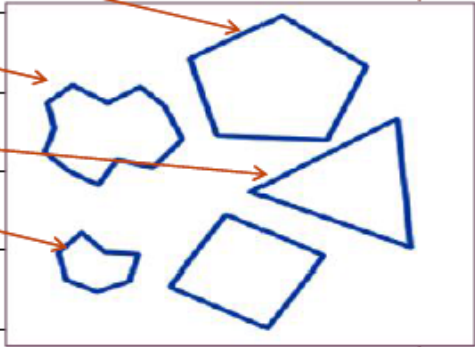
Name	Type	
 Lines.shp	Shapefile	  Lines.dbf
 Points.shp	Shapefile	
 Polygons.shp	Shapefile	
		 Lines.shp
		 Lines.shx

Struktura *.SHP

- Geometrický prvek v záznamu - **shape**
- Samotnou geometrii shape ukládá jako **sekvenci bodů** (např. GPS souřadnic).
- Nedefinuje topologickou strukturu.
- Jeden záznam shape – jeden řádek v attributech.

File header [100b]

Record header [8b]	Record content
Record header [8b]	Record content
Record header [8b]	Record content
Record header [8b]	Record content
...	...
...	...
Record header [8b]	Record content

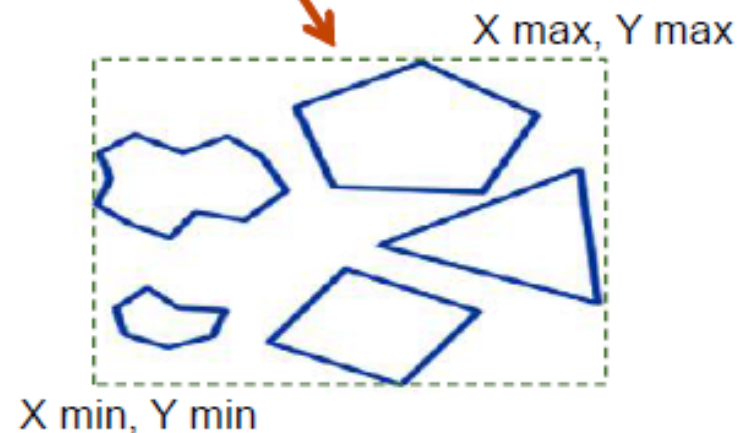


Polygon

Hlavička souboru *.SHP

0	4	24	28	32	36	68	84
int	int	int	int	int	4 x double	2x double	2 x double
File code vždy 94440	nepouž.	délka souboru	verze	Typ shape	MBR X min Y min X max Y max	Z min Z max	M min M max

0 NullShape	15 PolygonZ
1 Point	18 MultiPointZ
3 PolyLine	21 PointM
5 Polygon	23 PolyLineM
8 MultiPoint	25 PolygonM
11 PointZ	28 MultiPointM
13 PolyLineZ	31 MultiPatch





Hlavička/obsah záznamu

File header [100b]

Record header [8b]

Record content

Record header [8b]

Record content

0	4
int	int
číslo záznamu	délka záznamu

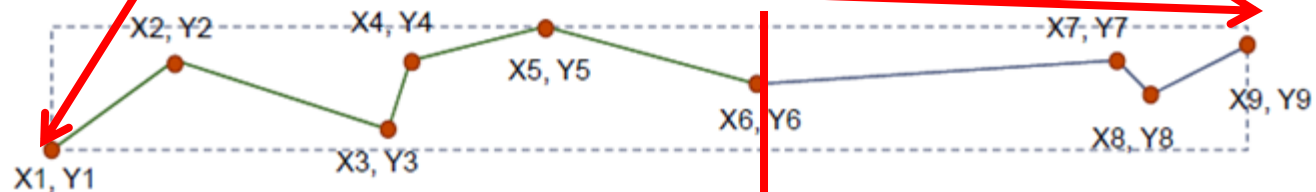
File header [100b]

Record header [8b]

Record content

0	4	36	40	44	X	EOF
int	4 x double	int	int	Int[]	Point[] (2 x double na 1 bod)	
Shape type	MBR	Počet částí	Počet bodů	Indexy na části	Body $X = 44 + 4 * \text{počet částí}$	

3	Xmin, Ymin, Xmax, Ymax	2	9	[0,5]	[X1,Y1], [X2,Y2], ..., [X6,Y6],..., [X9,Y9]
---	------------------------	---	---	-------	---



Atributová data *.dbf

- Standartní DBF soubor (tabulka)
- Ke každému záznamu existuje právě jeden řádek v tabulce ve stejném pořadí jako ve zdrojovém shapefile.
- Stejný prefix jako zdrojový shapefile.
- Kódování uloženo v **.cfg** souboru.
- Velké množství dat, redundance.

	SHAPE_ID	LINK_ID	ST_NAME	FEAT_ID	ST_LANGCD	NUM_STNM	ST_NM_F
▶	0	565809744	CINGROVA	1248477527	CZE	2	
	1	565809752		0		0	
	2	565809753	CINGROVA	1248477527	CZE	2	
	3	565809754		0		0	
	4	565809755	CINGROVA	1248477527	CZE	2	
	5	565809756	CINGROVA	1248477527	CZE	2	
	6	565809757	56	1410701498	CZE	2	
	7	565809758	56	1410701498	CZE	2	



Shapefile - shrnutí

+ **výhody**

- Neukládá topologii dat
- Snadná editace bodů
- Rychlá vizualizace geodat
- Jednoduše pochopitelná struktura
- Podpora v GIS softwarech
- Snadná projekce do jiných souřadnicových systémů

- **výhody**

- Neukládá topologii dat
- Redundance dat (např. body sousedících polygonů)
- Manipulace s detailní shapefile (až 100MB soubor, max 2GB) je pomalá.
- Špatná podpora Unicode (kódování češtiny).



Vektorová data

Výhody

- lze pracovat s jednotlivými objekty jako se samostatnými celky;
- menší náročnost na paměť;
- dobrá reprezentace jevové struktury dat;
- vysoká geometrická přesnost
- kvalitní grafika, přesné kreslení, znázornění blízké mapám;
- jednoduché vyhledávání, úpravy a generalizace objektů a jejich atributů.

Nevýhody

- výpočtová náročnost (problémy při náročných analytických operacích);
- komplikovanost datové struktury;
- složitější odpovědi na polohové dotazy;
- obtížná tvorba překryvů vektorových vrstev (overlay) ;
- problémy při modelování a simulaci jevů.