

Geografické informační systémy pro geografy

Učební text pro studující předmětu Geografické informační systémy vznikl s podporou projektu 3P Praxe pro praxi (registrační číslo CZ.1.07/2.2.00/15.0097), který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Stránky: [E-learningový portál](#)

Kurz: Geografické informační systémy

Kniha: Geografické informační systémy pro geografy

Vytiskl(a): Jiří Fikar

Datum: Čtvrtek, 23. květen 2013, 09:59

Obsah

[1 Geografické informační systémy a geografická informační věda: GISystems a GIScience](#)

[2 Reprezentace reality v geografických informačních systémech](#)

[2.1 Prostorové datové modely](#)

[2.2 Modelování diskrétních a kontinuálních jevů](#)

[2.3 Prostorové datové modely](#)

[2.4 Vektorové a rastrové modely v GIS](#)

[2.5 Obrazová data dálkového průzkumu Země jako zdroj dat pro GIS](#)

[2.6 Modely reliéfu](#)

[2.7 Zdroje geografických dat](#)

[2.8 Tvorba tematického datového modelu - modelový příklad](#)

[2.9 Kontrolní otázky a náměty pro další studium](#)

[3 Prostorové analýzy](#)

[3.1 Metody prostorových analýz](#)

[3.2 dr. John Snow, epidemiolog a „praotec“ prostorových analýz](#)

[4 Aplikace geografických informačních systémů](#)

[4.1 Aplikace geografických informačních systémů v regionálním rozvoji a územním plánování](#)

[4.2 Aplikace GIS a prostorových analýz v geografii medicíny](#)

[4.3 Aplikace geografických informačních systémů při zkoumání historie a časových změn](#)

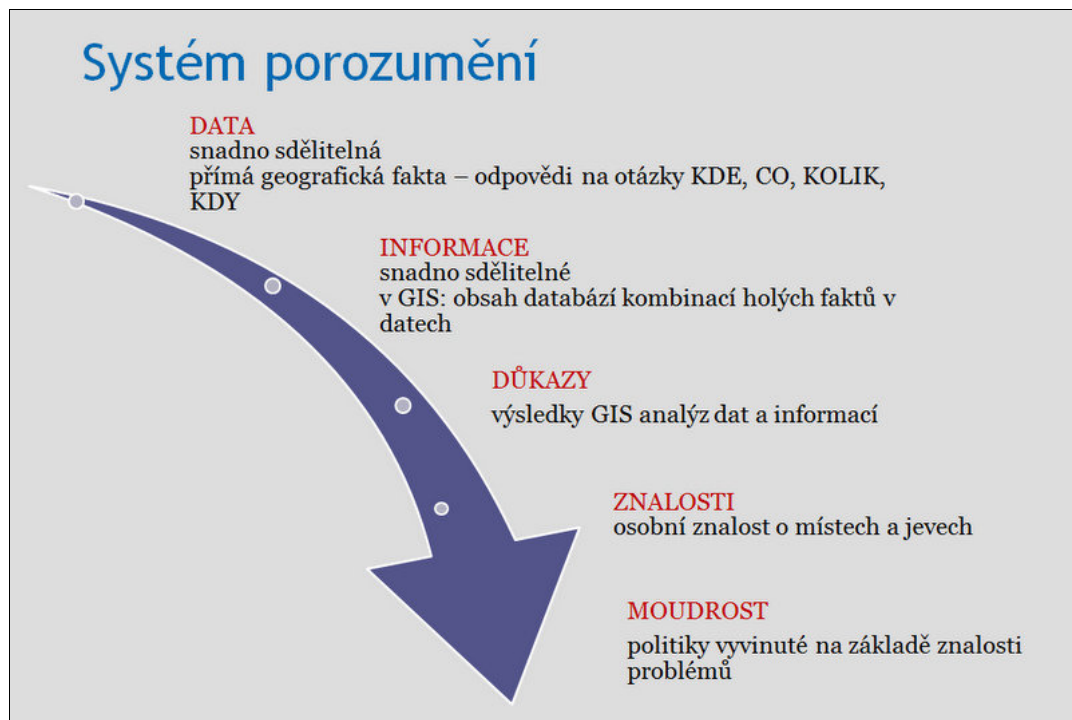
[5 Literatura a zdroje \(použitá a doporučená k dalšímu studiu\)](#)

1 Geografické informační systémy a geografická informační věda: GISystems a GIScience

První otázkou každé disciplíny, stejně jako geografických informačních systémů, by mohlo být: *Proč studovat tento obor?* V případě geografických informačních systémů se nabízí dva asi nejdůležitější argumenty. (1) Téměř všechny jevy jsou spojené s prostorem, jsou identifikovatelné v prostoru a mají potenciál být prostorově studovány a (2) prostorové znalosti jsou v současnosti kriticky důležité. Aplikací oborů jsou jednou z nejdynamičtějších se rozvíjejících částí studia tohoto oboru v posledních deseti letech. Jejich šíře dokládá, že geografická data a informace a jejich prostorová analýza jsou podstatné pro velkou část lidských činností (více viz [samostatná kapitola](#)). Namátkou lze vybrat několik rychle se rozvíjejících aplikací geografických informačních systémů:

- klimatické změny a meteorologické předpovědi,
- plánování a realizace řešení krizových situací (nejen) přírodních rizik,
- prostorové plánování při řízení státu, krajů, měst a obcí (umístění nemocnic, škol, dopravní obslužnosti), geomarketing,
- používání hnojiv a osiv v zemědělství,
- hledání prostorových souvislostí důkazů a stop v kriminalistice.

Geografický informační systém je soubor použitelných nástrojů pomáhající komunikovat od vědců po praktiky v terénu řešit geografické problémy. Používání GIS (počítačových systémů, dat) je nezdědka spojeno s otázkami etiky a bezpečnosti nakládání s daty a informacemi. Objevují se otázky: *Jak přesná jsou použita data? Použili jsme vhodnou metodu analýzy? Jak přesné nebo naopak nepřesné až zavádějící mohou být zjištěné výsledky? Je použita správná interpretace?* Tyto a další otázky jsou řešeny samostatným oborem, který v roce 1992 definoval Michal Goodchild pod názvem **GIScience**. Základem všech metod prostorové analýzy, které jsou pro geografické informační systémy a jejich aplikace klíčové, jsou využívány z metodiky geografického výzkumu. Aplikovány jsou s přihlédnutím k povaze dat a zvláštnostem jednotlivých aplikačních oborů (dále viz [samostatná kapitola](#)). Základem fungování GIS je tvorba datových modelů, které zjednodušují realitu prostřednictvím výběru omezeného tématu. **Prostorový datový model** je koncept strukturovaného, pravidlům podléhajícího systému ukládání prostorových dat do digitálního formátu geografických informačních systémů v počítačích s cílem zaznamenat znalosti o reálném světě (dále viz [samostatná kapitola](#)). Informační systémy nám pomáhají spravovat **to, co o reálném světě víme** tím, že nám pomáhají vše zorganizovat a ukládat, zpřístupňovat, vyvolávat, syntetizovat, analyzovat a aplikovat při hledání řešení problémů. K označení toho, co víme používáme hierarchii pojmů Data → Information → Knowledge → Wisdom (Obr. 1). GIS je vhodný pro sdílení dat a informací, ukazuje se ale jako málo vhodný pro sdílení znalostí – z jejich povahy jsou hůře oddělitelné od svého „autora“.

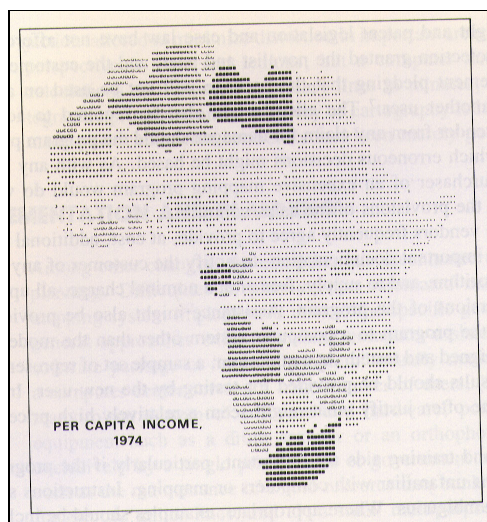


Obr. 1 Systém porozumění a jeho aplikace v GIScience (Zdroj: J. Šmída, volně upraveno podle Longley-Goodchild-Maguire-Rhind 2011)

Historický vývoj geografických informačních systémů začíná v 60. letech 20. století na americkém kontinentu a je spojen s tvorbou prostorových datových modelů životního prostředí a prvních počítačových map. Dále je možné ve vývoji disciplíny vymezit čtyři vývojové etapy:

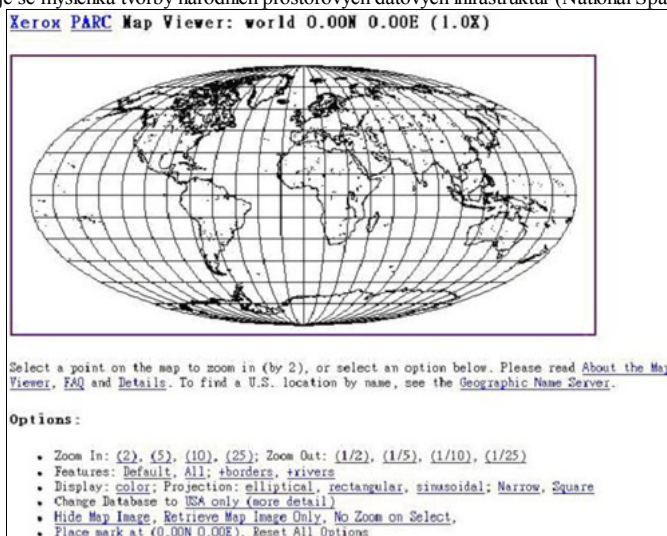
1. **pionýrské období** - počátek 60. let až rok 1973
2. **první GISy** - od roku 1973 do počátku 80. let
3. **komeracionalizace GISů** - od roku 1982 do konce 80. let
4. **široká implementace GISů** - 90. léta až do současnosti

Vývoj GIS začíná v 60.–70. letech 20. století (**pionýrské období**) v Severní Americe na University of Washington, Department of Geography, kde byl řešen výzkum pokročilých statistických metod, základního počítačového programování a počítačové kartografie. V Kanadě byl vyvinut Canada Geographic Information System (CGIS). Jiným příkladem počátků počítačové kartografie je SYMAP (Synagraphic Mapping System) vytvořený v Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis (Obr. 2). Ve stejném počátečním období se ale rovněž objevují první soukromé iniciativy, které položily základy v současnosti významných nadnárodních společností: Environmental Science Research Institute (ESRI) – Jack Dangermond, Intergraph Corporation (M&S Computing Inc.) – Jim Meadlock a ERDAS. V roce 1974 byla pořádána první mezinárodní konference počítačové kartografie AUTOCARTO.



Obr. 2 SYMAP (Zdroj: <http://www.geog.ucsb.edu/~kclarke/G128/symap.jpg>)

V následujícím období sledujeme vývoj směrem od definování metod sběru a digitalizace data a tvorby počítačových výstupů k analytickým funkcím. Experti se zabývají vývojem uživatelského prostředí (GUI – Grafical User Interface). V prvních programech GIS již uživatel může data třídit, vybírat, reklasifikovat, zobrazovat na základě topologických a statistických kritérií. Rozvíjí se aplikace v oborech ekologie a hydrologie. V roce 1982 je na trh uvolněn první produkt společnosti ESRI pod názvem ARC/INFO 1.0. V nekomerční sféře se pokládají základy vývoje GIS GRASS (Geographic Resources Analysis Support System, 1982). V následujících 80. letech 20. století postupuje vývoj směrem k dalším komerčním systémům a jejich posouvání směrem od velkých pracovních stanic k osobním počítačům. Využívá se uživatelského prostředí společně s příkazovým řádkem. Od 90. let se rychle rozšiřuje množství aplikací GIS, společně s rychle vzrůstající poptávkou po programech GIS klesá jejich cena a zvyšuje se jejich dostupnost. Experti řeší i využití dalšího fenoménu, kterým se stala služba www a ve spolupráci s kartografy vyvíjí první prototypy webových map (1993, PARC – první webová interaktivní mapa, Obr. 3). V 90. letech se formalizují první významné nadnárodní zájmová uskupení (Open GIS Consortium, 1994) a prosazuje se myšlenka tvorby národních prostorových datových infrastruktur (National Spatial Data Infrastructure, NSDI).

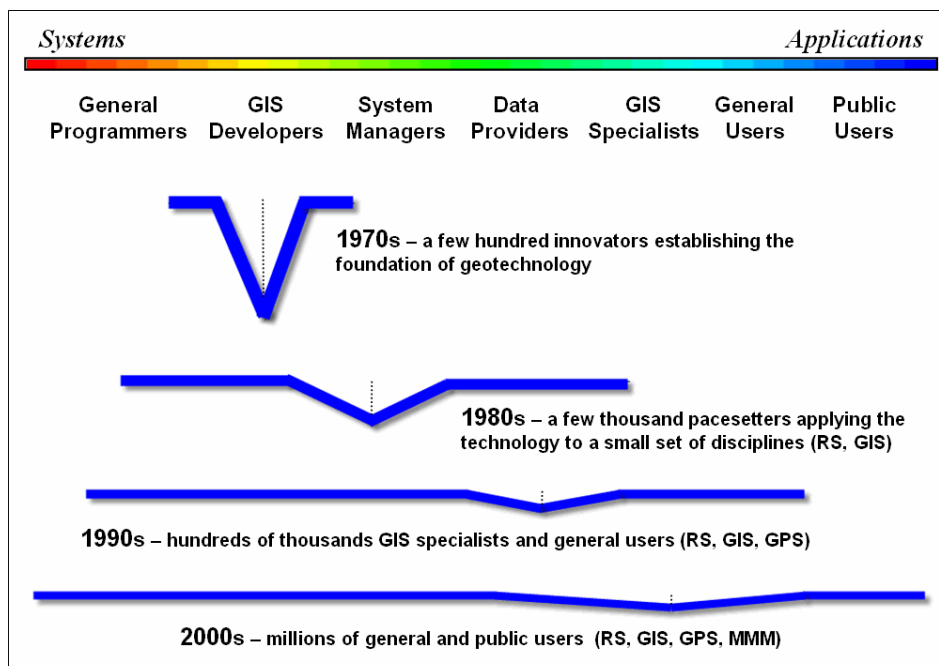


Obr. 3 Xerox Palo Alto Research Center (PARC) Map Viewer, 1993 (Zdroj: https://www.e-education.psu.edu/geog863/resources/l3_p3.html)

Další vývoj internetových aplikací pro sdílení prostorových dat je značně dynamický a sleduje obecné trendy ve vývoji využívání internetu a www. Zpočátku statické mapy určené pouze k prohlížení dostávají nové interaktivní nástroje a stávají se i dynamickými. V roce 1997 se dostávají k veřejnosti dva produkty umožňující tvorbu mapových služeb na internetu: MapServer 1.0 (University of Minnesota) a ESRI Internet Map Server (IMS). Zatímco první je volně čířen v licenci open source, druhý je komerčním nástrojem společnosti ESRI. Oba slouží pro publikování dat cestou Internetu. Vývoj mapových aplikací a sdílených webových GIS služeb pokračuje do současnosti.

Začátek nového tisíciletí v oboru GIS je spojen s pojmy: mobilní aplikace, distribuovaný GIS, od sběru dat a vizualizace k analýzám, rozšiřování aplikačních oblastí, (národní) datové prostorové infrastruktury, INSPIRE: INFrastructure for SPatial InfoRmation in Europe.

Celý vývoj geografických informačních systémů od 60. let 20. století až do počátku 21. století lze ještě popsat prostřednictvím jeho uživatelů (Obr. 4). Zatímco první etapy (60. a 70. léta) jsou ve znamení úzce profilovaných expertů tzv. GIS vývojářů (GIS Developers), v dalších obdobích sledujeme nárůst uživatelů a stále širší zapojení uživatelů bez speciálních znalostí vývojářů aplikací.



Obr. 4 Vývoj oboru geografických informačních systémů z pohledu jeho uživatelů (Zdroj: Berry 2013)

2 Reprezentace reality v geografických informačních systémech

Reálný svět je komplexní systém s novými a novými detaily v každém o krok podrobnějším měřítku, ve kterém se jej rozhodnete pozorovat. Není proto neočekávatelné, že snahy o jeho modelování v počítačavém prostředí budou spojeny se specifiky, které plynou z naopak omezených možností počítačů takto komplikovanou a komplexní realitu modelovat. Uvědomění si specifik reality na jedné straně a omezení počítačů na druhé straně je cestou k nalezení postupů, metod k vytváření obrazů reálného prostoru v digitálním prostředí - k tvorbě prostorových datových modelů.

— ● CÍLE KAPITOLY —

Kapitola vás seznámí:

- se specifiky prostorových datových modelů nahrazujících realitu v digitálním prostředí

Po dokončení studia této kapitoly budete znát:

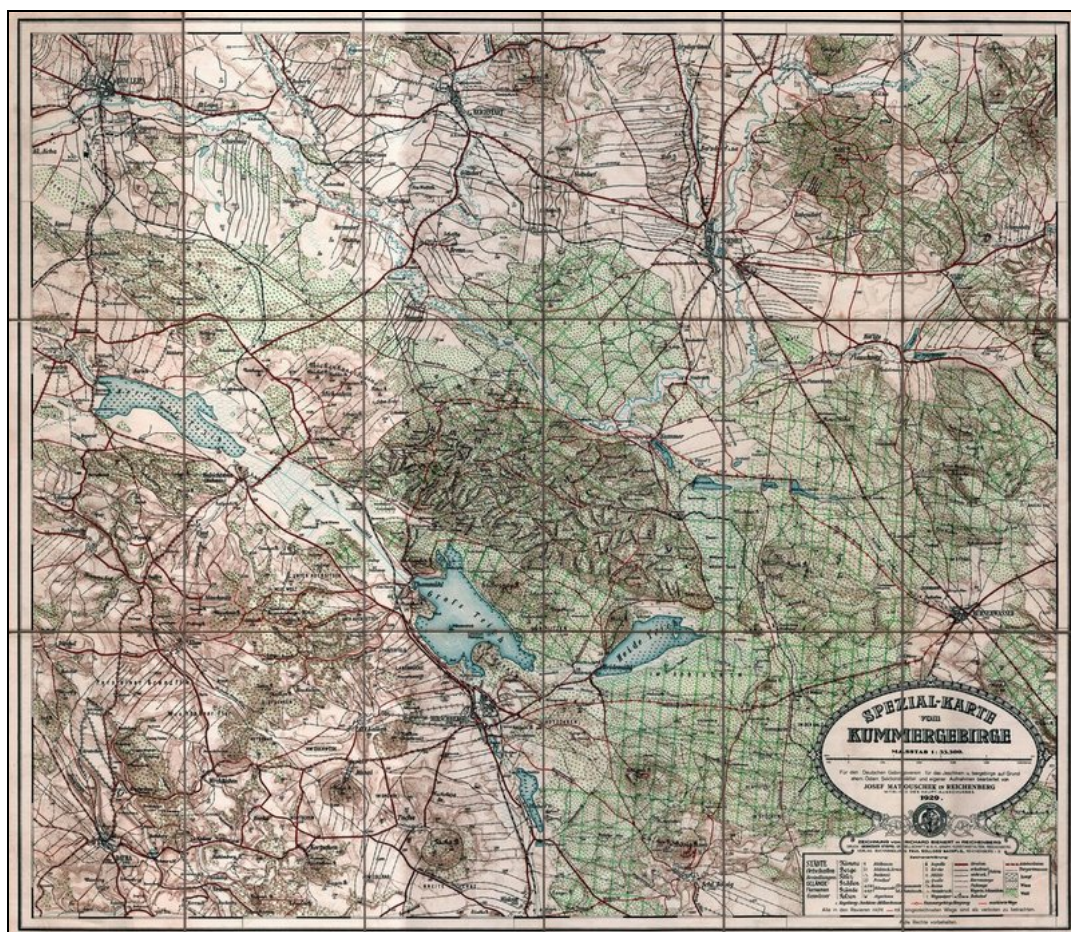
- rozhodnout se o míře zjednodušení vašeho datového modelu
- navrhnout prostorový datový model na příkladu ESRI geodatabase

2.1 Prostorové datové modely

- Ve snaze o vytvoření počítačového modelu co nejlépe napodobujícího reálný svět, se musíme vypořádat s prostým faktem, že zatímco reálný svět "tam venku za oknem" je není nelimitován v množství detailů jeho elementů a komplexností vazeb a vztahů mezi nimi (je nekonečně podrobný), možnosti výpočetní techniky jsou konečně limitované a omezené. Za příklad k pochopení uvedeného si lze vzít jakoukoliv starou mapu (Obr. 1).

Její autor, Josef Matouschek, nám ukazuje příklad, jak lidé na severu Čech na začátku 20. století, v době velkého rozvoje turistiky, sdíleli geografické, tedy prostorové informace. Jako základ pro svou mapu použil topografické prvky. Váskopis je znázorněn hnědými vrstevnicemi doplněnými o šrafování použité ve snaze o vytvoření vjemu plastičnosti reliéfu. Kóty jsou označeny bodem se jménem a nadmořskou výškou. Vodní toky jsou znázorněné modrou linií s proměnlivou šířkou vyjadřující význam toku a vodní plochy s nezvykle použitými čarami v ploše naznačující hloubnice. Dále lesy rozlišující jednoduše využití půdy na lesní půdu, zemědělskou a zastavěnou. Pro lesy kartograf použil rastr složený ze zelených bodových značek s lesními průseky (zelená dvoulinka). Další vrstvou mapy jsou komunikace - síť silnic, železnice, pěší cesty a pěšiny.

- Současné mapy se tvoří stejnými, realitu zjednodušujícími metodami. Jednotlivé objekty a jevy jsou vzhledem k zaznamenané podrobnosti reprezentovány body, liniemi nebo plochami a s využitím kartografických metod vizualizovány souborem znaků. Mapy - ať již ty starší nebo současné - jsou svým způsobem geografickým informačním systémem - protože obsahují systematicky uspořádaná prostorová data a díky dodržování pravidel pro tvorbu map je zajištěna fungující komunikace mezi tvůrcem mapy, mapou a jejím čtenářem. Použité mapové znaky pak vyjadřují informaci o objektu. Porovnáním mapových znaků můžeme sledovat jejich prostorovou distribuci, vytváření prostorových vzorů a hledat odpověď na otázku, proč se objekty ve svých vlastnostech od sebe navzájem liší. Hledání odpovědí na naše otázky o prostorovosti jevů a objektů můžeme provádět vizuálně nebo polo a zcela automaticky. V každém případě se jedná o analýzy prostorových dat neboli prostorové analýzy. Tvorba prostorových datových modelů je nezbytnou podmínkou pro prostorové analýzy reálného světa.



Obr. 1
Méně známá z turistických map významného libereckého kartografa českého původu Josefa Matouschka ukazuje oblast Máchova kraje, dříve známou jako Kummergebirge - Hradčanské hory. Kartograf do mapy umístil vybrané prvky krajiny, které pro naplnění účelu jeho mapy považoval za důležité. Zároveň se s přihlédnutím k možnostem měřítka mapy zobrazil podrobnosti zobrazené tematické skupiny prvků (např. řek, kapliček, měst) rozlohou o metodě jejich reprezentace (pro řeky se rozhodl pro reprezentaci čarou, kapličky bodem a města plochou).

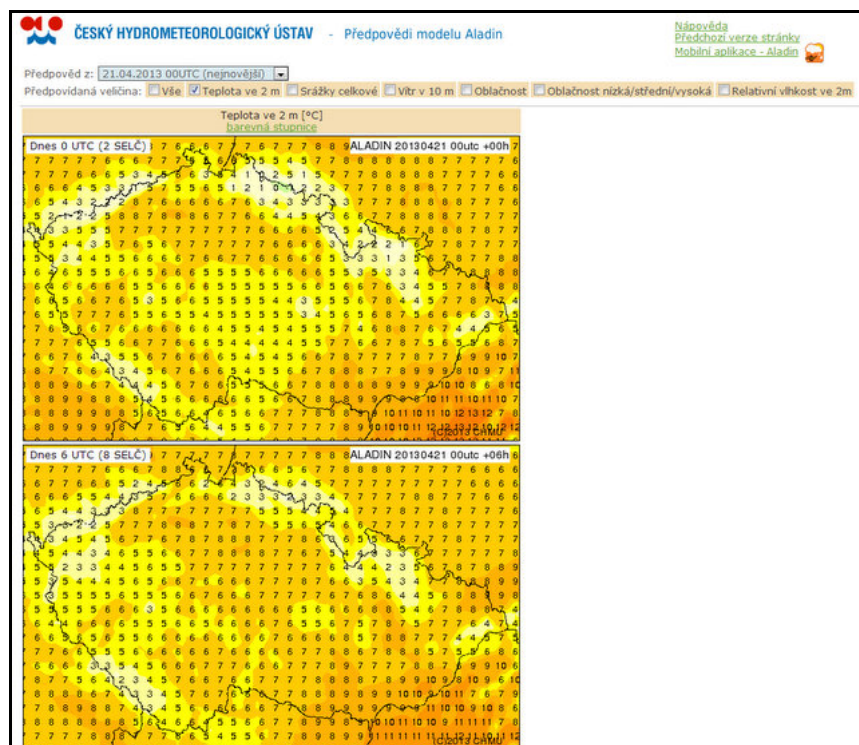
Zdroj: soukromá mapová sbírka, zobrazeno se svolením majitele

Prostorové informace a jejich reprezentace v digitálním prostředí počítače (modelování reality)

Jak charakterizovat prostorové informace? Prostorové informace:

1. jsou multidimenzionální: pro zaznamenání jejich polohy je vždy potřeba nejméně dvou souřadnic (tedy souřadnic x a y)
2. jsou v počítači zobrazitelné více různými způsoby – v podobě tabulky, v podobě geometrických prvků nebo rastru
3. jsou v okamžiku, kdy je digitalizujeme a vložíme do počítače, využitelné k prostorovým analýzám, jejichž výsledkem jsou nové prostorové informace

Reálný svět je představován **jevy** a **objekty**. Každý jev a objekt má své vlastnosti a také vazby a vztahy na další jevy a objekty. Jakkoliv by byl člověk rád obklopen jednoznačně vymezitelnými, definovatelnými, popsitelnými jevy a objekty, realita taková není (Tvzení, že člověk má rád zjednodušování reality, lze doložit poměrně snadno. Odpovězte si otázku, kolikrát denně slyšíte o tom, že někdo nebo něco je dobré a někdo nebo něco jiného je špatné?). Převažují v ní jevy, které mění svou hodnotu průběžně v celém prostoru. Příkladem může být nadmořská výška. Od (smluvené) hladiny moře představující nulovou nadmořskou výšku se pevnina doslova v kterémkoliv místě dá popsat její nadmořskou výškou. Podobně směrem pod hladinu moře můžeme pro kterýkoliv místo naměřit zápornou (podmořskou) hloubku. Jiným příkladem může být výška sněhové pokrývky nebo množství srážek představované výškou vodního sloupce. Hovoříme o kontinuitě reálných jevů. I další jevy, které sice nezaznamenáváme výškou, se v prostoru vyvíjí kontinuitně. Příkladem mohou být všechny meteorologické veličiny používané k zaznamenávání průběhu a stavu počasí i k jeho predikci (Obr. 2). V předpovědním modelu meteorologické služby České republiky (Český hydrometeorologický ústav) nazvaném Aladin je veřejnosti prezentována třídenní předpověď počasí prostřednictvím teploty vzduchu ve 2 m nad modelovým terénem, srážek v mm za posledních 6 hodin, síly a směru větru v 10 m nad modelovým terénem a oblačnosti představované odhadem stupně pokrytí modelovaného terénu.



Obr. 2
Experté hledají neustále způsoby reprezentace kontinálních jevů v digitálním prostředí a následně v mapách. Hydrometeorologové v České republice používají pro predikce počasí předpovědní model Aladin. Elektronické mapy prezentující výsledky modelování využívají kombinace metody barevných areálů a mřížky číselných hodnot (jako je tomu v případě ukázky předpovědi teplot ve 2 metrech nad zemí).

Zdroj: ČHMÚ 2013
(<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ov/aladin/results/ala.html>)

2.2 Modelování diskretních a kontinuálních jevů

Při bližším zkoumání jevů reálného světa zjistíme, že s každým přiblížením našeho pohledu objevujeme další detaily pozorované reality dokládající neomezenou komplexnost reálných jevů. Jak již bylo zdůrazněno, ve snaze reprezentovat realitu v podobě datových prostorových modelů používáme postupy omezující množství detailů (vybíráme detaily k zaznamenání) a zjednodušujeme popisovaný prostor na areály o stejných vlastnostech. Tím se vědomě dopouštíme zjednodušení datových modelů oproti realitě.

Jevy sledované v reálném světě mají jen vyjímečně ostré hranice oddělující od sebe areály rozdílných vlastností. Přesto právě člověk ve snaze zjednodušovat okolní realitu v každodenním životě zjednodušuje "svůj" svět a vytváří pro něj kategorie. Ostře vymezené a identifikovatelné hranice jsou typické pro umělé, člověkem definované systémy, jakými jsou administrativní jednotky nebo katastry nemovitostí. Snažíme se o ně i v takových přírodních a polopřírodních systémech, kde hranice areálů lze vymezit jen za podmínky zjednodušení skutečnosti. Takovým příkladem je třída prvků využití půdy (land use), ale i fyzickogeografické areály reprezentované na malých klimatických oblastech, geomorfologických celcích, biogeografických oblastech apod.

Podle chování reálných jevů v prostoru rozlišujeme data diskretní (nespojité) a kontinuální (spojité).

Diskretní jevy jsou představovány objekty (angl. *discrete objects*)

Kontinuální a diskretní jevy

Intervalová data popisují kontinuální jevy (průběžně se měnící v prostoru). Hodnoty představují měření na kalibrované škále, ale se smlouvanou nulou. Hodnoty jsou kvantitativní, lze je sčítat a odčítat, násobit, dělit. Rozdíly mezi intervaly jsou smysluplné. Protože nula je smlouvaná, mohou dosahovat i záporných hodnot. Pro uložení v databázích se používají datové typy float, double, date, někdy integer (zaokrouhlení).

Příklady:

- teplota v stupních Celsia nebo Fahrenheita,
- nadmořská výška
- čas,
- pH,
- EM spektrum

Resampling metodou bilineární interpolace nebo kubické konvoluce.

Symbologie: quantities, charts.

Nominální data představují diskretní jevy. Jedná se o data používaná obvykle pro vytváření klasifikací a kategorizaci dat - obecně pro reprezentaci kvality. Hodnoty jsou představovány popisem (popisky), se kterými nelze provádět matematické operace. Možné je pouze srovnání kvality. Pro ukládání nominálních dat se používá nejčastěji datový formát short nebo long integer, případně text.

Příkladem jevů a z nich odvozených map je je landuse, parcelní mapy, administrativní jednotky a administrativní mapy.

Ordinální data představují hodnoty diskretních jevů (nespojité) popsané systémem vlastností tvořící přirozené pořadí vůči sobě navzájem (např. silnice 1. až 3. třídy). Hodnoty jsou kvalitativní, představují popis, jejich srovnávání je omezené na větší nebo menší, nelze použít matematické funkce jako je sčítání, násobení (kolikrát je menší nebo větší). Hodnoty jsou uloženy v polích datových formátů short nebo long integer nebo text.

Příklady:

- dopravní mapy se systémem silnic
- půdní mapy s bonitou půdy
- sídla úřadů dle jejich administrativní úrovně

Diskretní jevy popisujeme vedle ordinálních dat i nominálními daty.

Poměrová data (angl. *ratio data*) zahrnují hodnoty kontinuálních jevů představující měření na škále s fixní a smysluplnou nulou (přirozeně stanovenou, nikoliv domluvenou). Hodnoty jsou kvantitativní, jsou proto přímo podporovány matematické operace s očekávatelným a smysluplným výsledkem. Záporné hodnoty nejsou obvykle povolené. Data jsou ukládány v databázích jako float, double, date, někdy integer (po zaokrouhlení).

Příklady:

- teplota v Kelvinech,
- plocha regionu,
- délka liniového prvku (řeky, silnice),
- váha,
- početnost populace,
- srážky v mm.

Resampling metodou bilineární interpolace nebo kubické konvoluce.

Symbologie: quantities, charts.

2.3 Prostorové datové modely

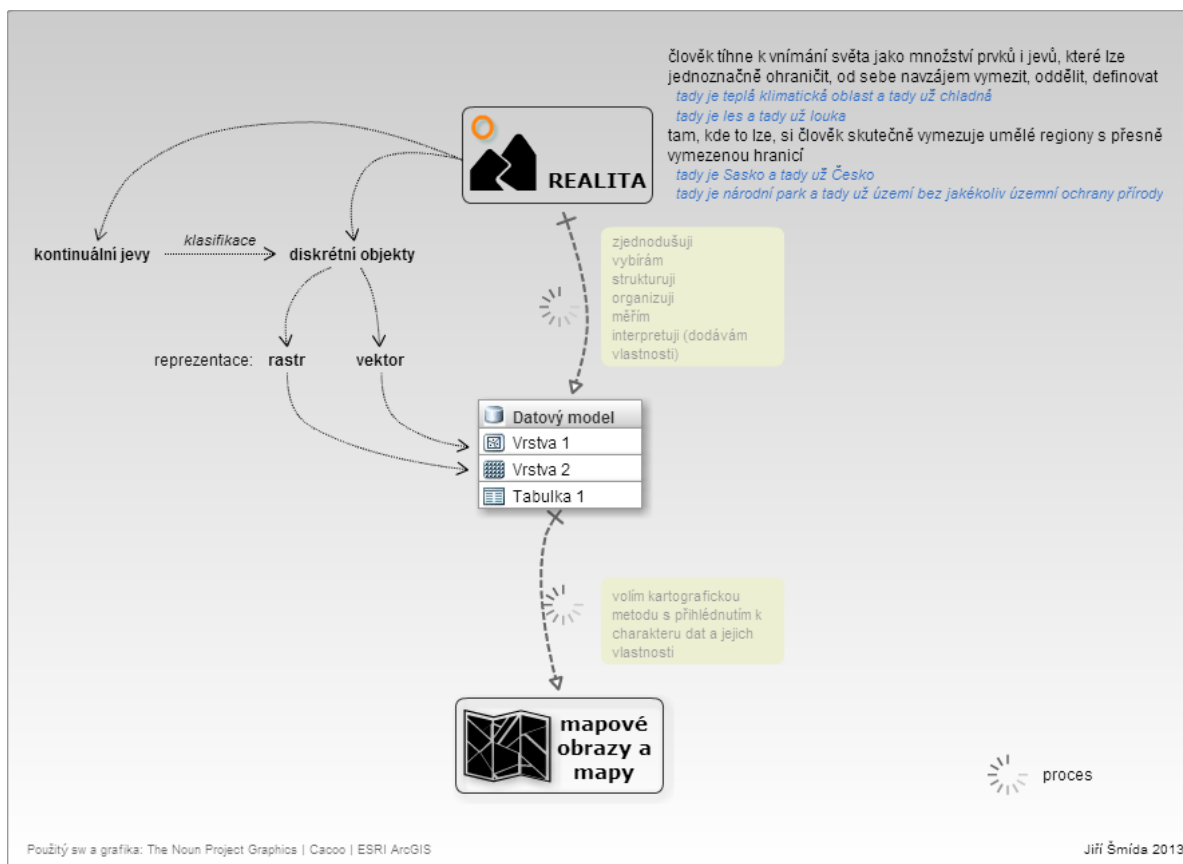
V procesu modelování reálného světa v podstatě hledáme efektivní způsob zobrazení reality v podobě jejího modelu. Rozsáhlé zkušenosti máme přinejmenší se dvěma podobami takového modelu: **mapou** a **datovým modelem GIS**. Metoda modelování reality s využitím grafických vyjadřovacích prostředků v ploše a v analogové formě, tedy mapou, je známa přinejmenším několik tisíciletí. Od druhé poloviny 20. století se rozvíjí metody tvorby elektronických map, které jsou nejčastějším výstupem prostorových analýz nad digitálními datovými modely. Prostorový datový model GIS reprezentuje realitu v digitální formě dat v počítačovém prostředí. Digitální reprezentace prostorových dat má ve srovnání s jí předcházejícími reprezentacemi prostorových informací v mapách nebo v psaných zprávách a ústních sděleních mnoho **výhod**:

- digitální formát dat je levný a snadno použitelný,
- digitální data lze snadno kopírovat,
- data lze snadno přesouvat rychlostí blízkou rychlosti světla,
- digitální data mohou být ve velkém množství skladována na malém prostoru.

Ale hlavní výhodou z pohledu geoinformatiky je jejich snadná transformace a prostorová analýza. Geografický informační systém nám dovoluje s prostorovými daty v digitálním formátu provádět operace, které bychom s papírovou mapou nikdy dělat nemohli (respektive v některých případech ano, ale s omezeními a nedokonalostmi):

- vypočítat rychle a přesně zeměpisné souřadnice objektu nebo jevu (zeměpisnou šířku a délku),
- měřit přesně a rychle vzdálenosti a plochy,
- překládat a kombinovat objekty a jevy s cílem hledat prostorové souvislosti,
- měnit měřítko a tvořit mapy bez limitu velikosti papíru.

Reálný svět je extrémně komplexní a detailní - s každým bližším pohledem objevujeme nové podrobnosti a novou komplexnost reality. Proces tvorby datového modelu je procesem abstrakce reality do digitálního formátu dat uložených v počítači (Obr. 1). Pro vytvoření datového modelu reality je proto nezbytné vybírat, co bude do modelu zahrnuto - co bude model zobrazovat.



Obr. 1 Procesu tvorby prostorového datového modelu (Zdroj: Jiří Šmída 2013)

Každý model je definován měřítkem podrobnosti detailu a aktuálností dat (vymezení, k jakému času je realita zaznamenána). Jevy v reálném světě jsou většinou statické nebo správněji řečeno vyvíjejí se a mění jen značně pozvolně. Příkladem takovýchto jevů může být geologické prostředí, ale i růst lesa nebo meandrování vodního toku. Na druhou stranu existují i poměrně rychle se vyvíjející se a měnící se jevy - teplota vzduchu, rozmístění lidí v sídle (migrace lidí v průběhu 24 hodin), extrémní klimatické jevy jako jsou tornáda a podobně. Ale i v případě dynamických a rychle se měnících jevů je zcela nevyhnutelné rozhodnout, k jakému časovému okamžiku bude realita zaznamenána a transformována do jejího dogotálního obrazu v podobě datového modelu. Generalizace reality v procesu její transformace do datového modelu je nevyhnutelná vzhledem k omezeným možnostem počítačové techniky. Zjednodušování nám zajišťuje zmenšení objemu dat a tím i zvýšení rychlosti operací vykonávanými s daty a nad daty v počítači.

Datový model je soubor konstruktů využitých pro reprezentaci objektů a procesů mezi nimi v digitálním prostředí počítače.

Prostorový datový model je soubor konstruktů využitých pro popis a reprezentaci vybraných aspektů reálného světa v digitálním prostředí počítače.

Metody modelování reálného světa musí hledat řešení rozporu mezi teoreticky nelimitovanou podrobností a komplexitou reálného světa a proti tomu konečně limitovanou kapacitu a další možnosti počítačového prostředí v němž digitální prostorové modely tvoříme a ukládáme. Jakýkoliv formát prostorového datového modelu GIS bude proto hned na počátku jeho tvorby vyžadovat zodpovězení otázek:

1. CO by měl datový model zobrazovat, tedy jaké téma,

2. **JAK** by to měl zobrazovat, tedy diskrétně nebo kontinuálně a
3. **KDY** by to měl zobrazit (tedy k jakému okamžiku realitu zaznamenat).

Existuje celá řada možností reprezentace reálného světa v digitální formě a přitom žádný nebude dokonalý ve snaze napodobit realitu. A také nebude univerzálně využitelný, tedy ideální pro každou tématickou aplikaci. Klíčovou otázkou použitelnosti kteréhokoliv datového modelu je **přenosť**, tedy otázka **co** do modelu **zahrnout** a co naopak nezahrnout? Řečeno ještě konkrétněji, jaké jevy a objekty jsou vzhledem k tématu datového modelu (např. hydrologického) relevantní a které nikoliv (relevantní pro hydrologický model budou vodní toky, prameny, hydrologické rajony, nejspíš ale i reliéf a krajinný pokryv, pravděpodobně nerelevantní budou silnice a železnice a zcela určitě nerelevantní budou polohy bankomatů).

Prostorová data spojují místo s jeho vlastnostmi (atributy), časem a případně se souřadnicí "z" vyjadřující nadmořskou výšku. Atributy jsou klíčově důležité pro prostorové analýzy. To je důvod, proč je v geografických informačním systému věnována atributům prvků významná pozornost, a proč pro charakterizování různých prostorových jevů odlišujících se povahou jejich chování definujeme různé datové typy - data nominální, ordinální, intervalová, poměrová a případně cyklická (více v kapitole [Diskrétní objekty a kontinuální jevy](#)).

Historický vývoj

V počátcích digitálního modelování reálného světa v počítačovém prostředí byly používány modely CAD (Computer Aided Drawing) představované jednoduchými obrazy a grafickými modely. Později (v 80. letech 20. století) nastupuje éra hybridních prostorově relačních (georelačních) modelů. Nejnověji v poslední dekádě pozorujeme vývoj zdokonalených modelů zahrnujících všechny předešlé postupy, ale navíc propracovávajících možnosti modelování prostorových vztahů (používají se nové typy objektů jako jsou sítě, dymenze a prostorových vztah jako je topologie).

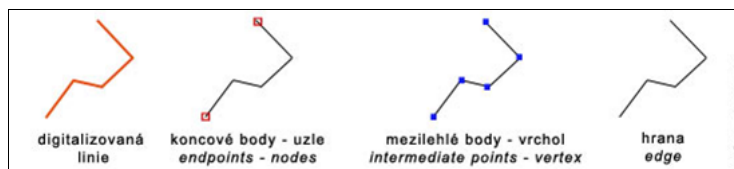
2.4 Vektorové a rastrové modely v GIS

Pro omezení podrobnosti geografických jevů do podoby, kterou lze počítačem zpracovat a kódovat do digitální formy jsou určeny dvě metody reprezentace: rastr a vektor. Principiálně obě metody zaznamenávají pouze diskretní objekty, ale v praxi existuje poměrně silná asociace mezi rastrovými reprezentacemi a kontinuálními jevy a vektorovými reprezentacemi a diskretními objekty.

Především **vektorové modely** často spojujeme s diskretními objekty. Jejich výhodou je krom jiného (Obr. 1) precizní reprezentace, malá velikost dat (tedy výhodnost jejich ukládání v paměti počítače), kvalita kartografického výstupu, nástroj pro transformaci do souřadnicových systémů, překryvné analýzy a kartografické analýzy. V případě vektorových dat jsou linie (Obr. 2) zaznamenány jako body spojené nejčastěji přímými spojnicemi (ačkoliv některé programy umožňují toto spojení definovat křivkou, v praxi se zdaleka nejčastěji používá jednoduché nejkratší spojení dvou vrcholů nebo uzlových bodů). Používání přímých spojnic je vysvětlením používáním v GIS rozšířeného pojmu **polygon** používaného pro označení vektorové reprezentace plochy. Obdobně pojem **polyline** (polylinie) vyjadřuje spojení mnoha přímých úseků - linií.



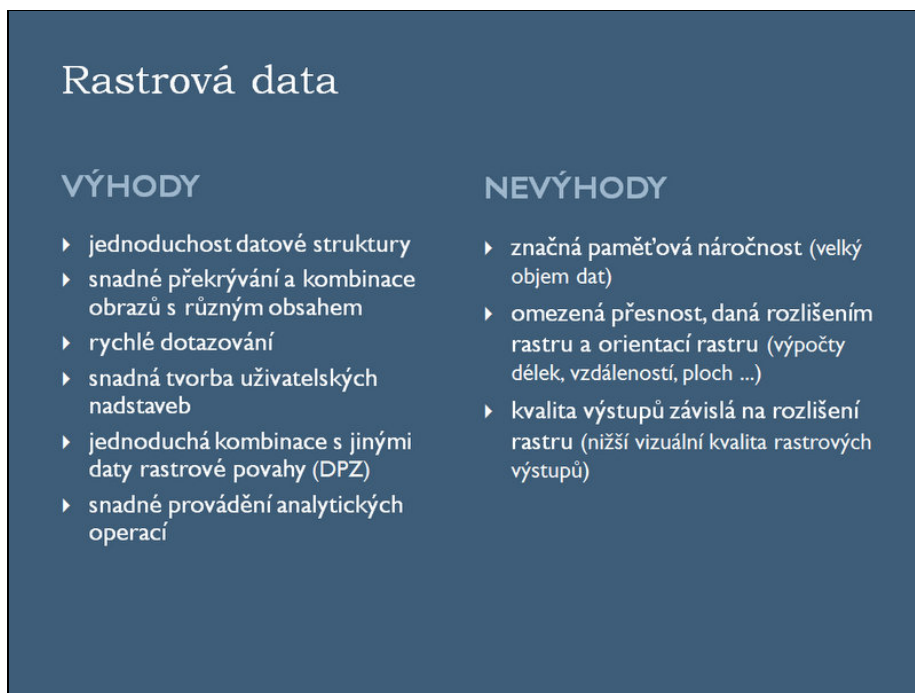
Obr. 1 Výhody a nevýhody vektorových reprezentací (Zdroj: Jiří Šmída)



Obr. 2 Elementy vektorových dat na příkladu reprezentace linií (Zdroj: Jiří Šmída)

Obrazová data v **rastrovém formátu** jsou druhou z možností, jak realitu modelujeme v počítačovém prostředí. Způsob uložení dat do rastrového formátu je ve své podstatě velice jednoduchý a umožňuje tak široké využití v různých aplikacích (Obr. 3).

Raster (rastrový dataset) je prostorový model ukládající data do mřížky tvořené pravidelnými elementy - buňkami nejčastěji čtvercového tvaru. Čtvercový element - pixel (z anglického *picture element*) - vzniká průsečíkem sloupců a řádků. Počet pixelů v rastru je dán násobkem sloupců a řádků. Pixel je nositelem jediné celočíselné (short nebo long integer) nebo desetinné hodnoty (float nebo double). Toto číslo představuje naměřenou nebo odvozenou hodnotu vlastnosti daného místa, jako je nadmořská výška, množství odraženého elektromagnetického záření o stanovené vlnové délce, teplota vzduchu apod. Vedle těchto kontinuálních dat mohou pixely obsahovat celočíselná označení kategorií (viz diskretní data nominální a ordinální), např. kódové označení využití půdy. Zvláštním případem údaje je *no data*, hodnota představující údaj o absenci konkrétní zjištěné číselné hodnoty. Používají se zvláště pro kontinuální jevy, které používají škálu s přirozenou nebo i smluvně stanovenou nulou a hodnota "0" pak představuje konkrétní údaj.



Obr. 3 Výhody a nevýhody vektorových reprezentací (Zdroj: Jiří Šmída)

Rastrová data používáme v GIS pro několik účelů. V souladu s názorem Zeiler - Murphy (2010) lze hovořit o následujících **čtyř hlavních skupinách rastrových dat podle jejich využívání v GIS**:

1. Rastry jako obrazová data
2. Rastry jako mapy povrchů
3. Rastry jako tematické mapy
4. Rastry jako atributy

1. Rastry jako obrazová data

Rastrová data jsou pořizována distančními metodami popisovanými další z geoinformatických disciplín - dálkovým průzkumem Země (DPZ). Obrazová data jsou výsledkem měření elektromagnetického záření odráženého ve specifické vlnové délce od sledovaného povrchu. Obrazová data DPZ jsou používána jednak jako topografický podklad pro mapové výstupy a tvorbu a aktualizaci topografických vektorových modelů, rovněž jako vstupní data pro prostorové analýzy. Před jejich použitím v aplikacích musí být georeferencována. Metody georeferencování jsou předmětem studia DPZ. Rozlišujeme družicové snímky, ortofota vzniklé rektifikací leteckých fotografií a naskenované mapy. Častým způsobem sdílení jsou webové mapové služby, které jsou pro uvedené způsob využití svými vlastnostmi dostatečné. Hodnoty zaznamenané v jednotlivých buňkách rastru jsou sou povahou kontinuální.

2. Rastry jako mapy povrchů

Rastrová data popisující kontinuální jevy povrchů, jakými mohou být údaje o nadmořských výškách modelující terén, srážky a výška sněhové pokrývky, průměrné denní nebo měsíční teploty, koncentrace škodlivých látek v půdě, vodě, ovzduší, koncentrace obyvatelstva, vzdálenost po silniční síti a další jevy. Tyto rastry vznikají interpolací naměřených bodových, liniových nebo plošných údajů do povrchů. Jsou výsledkem analýz a mohou být dále analyzována. Příkladem rastrů údvozených od digitálních modelů reliéfu jsou stínovaný reliéf (angl. *hillshade*) a sklonitost (ang. *slope*).

3. Rastry jako tematické mapy

Družicové snímky a letecké fotografie představují záznam kontinuálních jevů, jejichž klasifikací získáváme kategorie představující land use nebo land cover. Metody klasifikace jsou předmětem studia DPZ. Využívají rozhodovací pravidla na základě spektrálního chování objektů a geometrických a prostorových vlastností obehů (tvar, velikost, struktura, textura, vzájemná poloha). Každému pixelu je ve výsledném rastru přiřazen tematický obsah a zařazen do některé informační třídy. Tematické mapy vznikají rovněž jako výsledky analýz povrchů, kombinací více tematických rastrů nebo rasterizací vektorových dat.

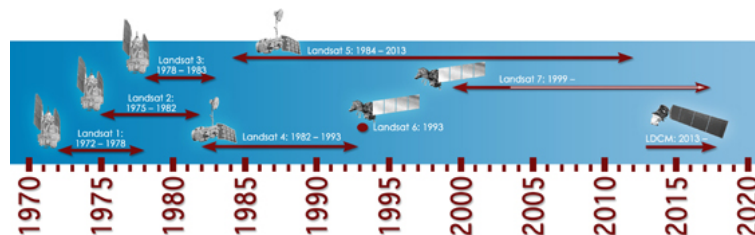
4. Rastry jako atributy

Do poslední skupiny rastrů lze zařadit obrazy, které jsou atributem prvku uloženého ve vektorové třídě prvků. Jedná se o fotografie, náčrty, mapové výřezy, stavební plány apod., které mají prostorové určení. V tabulce atributů jsou ukládány do pole o datovém typu *raster* (datový typ je podporován formátem geodatabáze).

Povaha vektorové a rastrové reprezentace může budít zdání, že vektorová reprezentace je přesnějším vyjádřením reality. V rastru lze dosáhnout přesnějšího prostorového vyjádření použitím menších a menších buněk (neboli zvyšováním prostorového rozlišení rastru). S každým polovičním rozdělením buňky rastru ale roste čtyřikrát počet buněk a úměrně k tomu i velikost celého rastru. **Přesto** poroblem linie ve vektorovém formátu je v tom, že nikdy nevychází skutečnost - díky nekonečnému množství detailů reálného jevu vyjádřitelného linií je pouze zjednodušeným napodobením - obrazem (příkladem si lze představit členité skalnaté mořské pobřeží s útesy vyjádřené v mapě zjednodušenou břehovou linií). **Proto** jakkoliv rastrová data mohou být vnímána jako méně přesná a atraktivní forma reprezentace reality, jsou pravdivější. Rozhodnutí o použití rastrové nebo vektorové reprezentace v datovém modelu je proto vždy komplexním, občas nesnadným procesem.

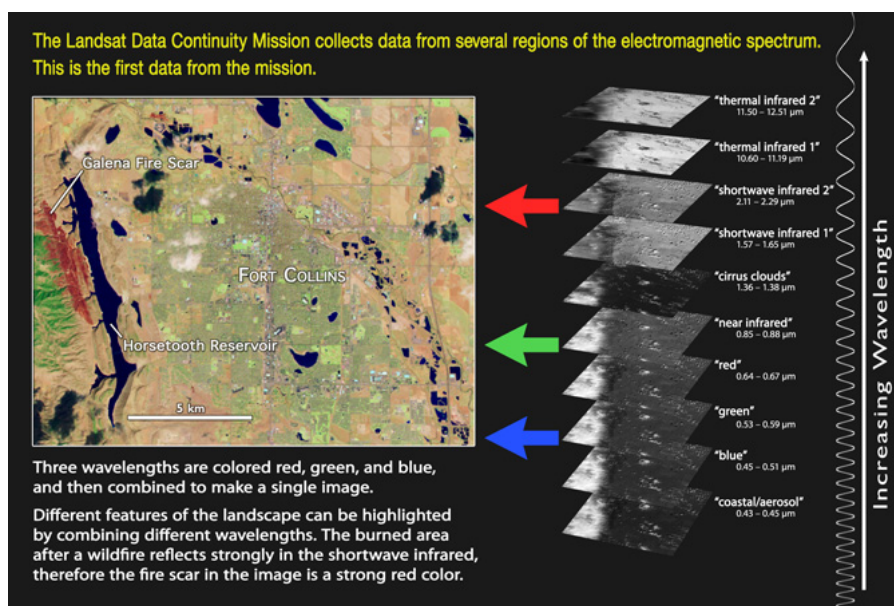
2.5 Obrazová data dálkového průzkumu Země jako zdroj dat pro GIS

Konec měsíce března 2013 byl v americké NASA jistě úspěšný. Jejich nový satelit systému Landsat s pracovním označením **Landsat Data Continuity Mission** (zkráceně **LDCM**) poslal první data. Následovalo zpracování ve dvou spektrálních kombinacích a výsledek je skutečně již na první pohled zajímavý. Landsat Data Continuity Mission (LDCM) je v pořadí osmým satelitem v systému Landsat (Obr. 1), o kterém píše každá učebnice dálkového průzkumu Země. Cílem družicového systému Landsat je monitorovat změny životního prostředí. Obrazová data uchovávají archivy Landsat již od roku 1972. Máme tak k dispozici 40 let nepřerušovanou řadu snímků představující data o využití půdy a kvalitě životního prostředí. Využívány jsou ve výzkumu klimatických změn, ekosystémů, koloběhu vody, změn povrchu Země a dopadů lidské činnosti. Landsat 8 má prozatímni název LDCM, na Landsat 8 bude oficiálně přejmenován po úspěšném uvedení do normálního provozního stavu, který je plánován na květen 2013. V současnosti se pracuje na kalibraci přístrojů. Satelit rovněž musí dosáhnout konečné orbity ve výšce 705 km, kde se připojí k stále funkčním Landsat 5 (životnost plánována do roku 2013) a 7 družicím (na orbitě od roku 1999 a ukončení činnosti není plánováno). Pro Landsat 8 je plánována pětiletá životnost, po celou dobu bude produkovat data, která budou, stejně jako všechny dosavadní, plně a zdarma ke stažení a využívání všem zájemcům.



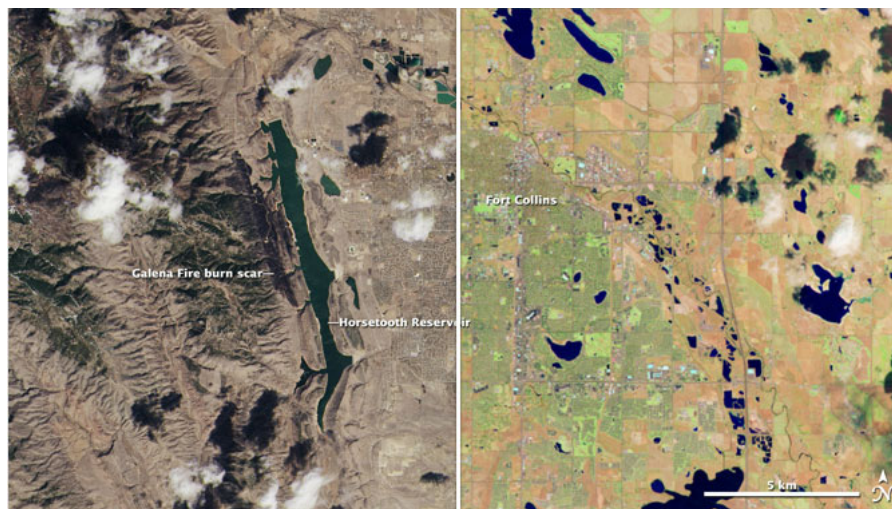
Obr. 1 Časová osa družic Landsat
Zdroj: NASA (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>)

LDCM bude měřit odrazivost elektromagnetického záření od povrchu Země ve viditelném (angl. *visible*), blízkém infračerveném (angl. *near-infrared*), středním infračerveném (angl. *short wave infrared* nebo *mid-infrared*) a tepelném spektru (ang. *thermal infrared*) se středním prostorovým rozlišením 15 až 100 metrů v závislosti na měřeném spektru (Obr. 2). Data budou snímána v 185 km širokých pásmech, celý povrch Země bude nasnímán jednou za 16 dnů ze subpolární dráhy.



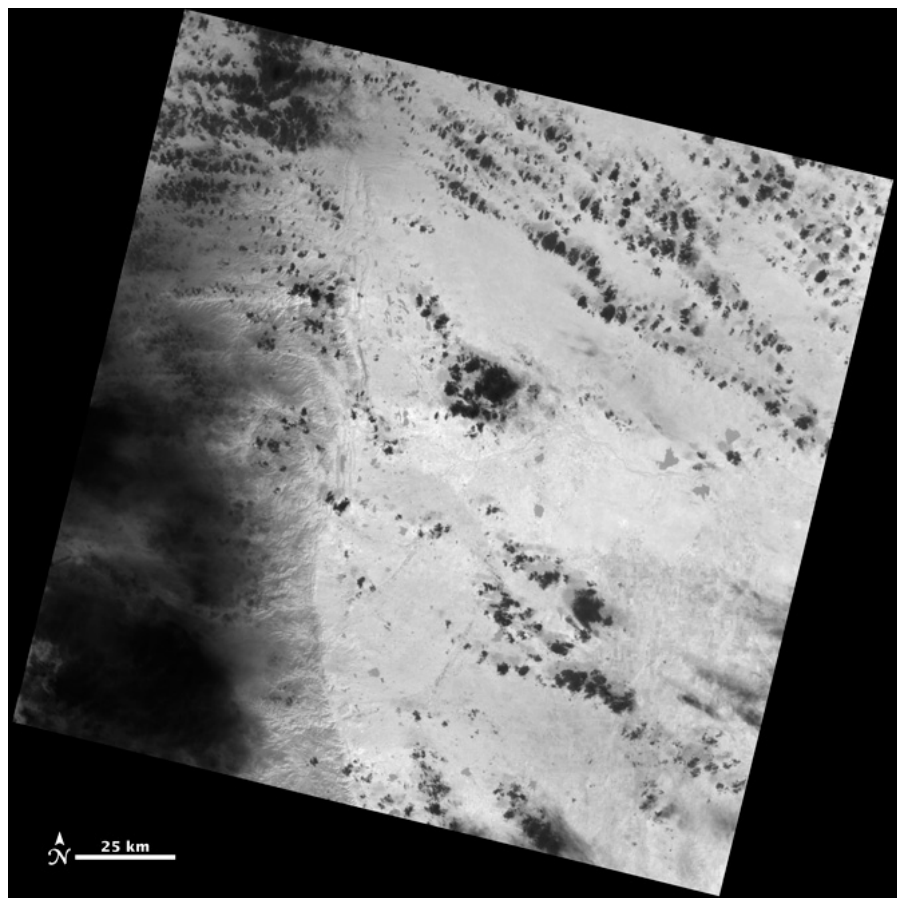
Obr. 2 Diagram ukazuje vlnové délky, na kterých LDCM měří odrazivost a výslednou kompozici získanou skenerem OLI.
Zdroj: NASA Goddard Space Flight Center ([obrázek ve velkém rozlišení ke stažení](#))

LDCM je vybaven dvěma nástroji - senzory, které jsou právě testovány. Prvním je **OLI - Operational Land Imager**, který získává data v devíti spektrálních pásmech. Kombinací tří z nich ve viditelném spektru - modrém (pásmo 2), zeleném (pásmo 3) a červeném (pásmo 4, srovnej se schématem na Obr. 2) získává zajímavé snímky ve věrných přirozených barvách, tedy takových, jak bychom pravděpodobně viděli povrch Země z vesmíru vlastníma očima (Obr. 3). Data získaná senzorem OLI mají prostorové rozlišení 15 m v panchromatických datech a 30 m v multispektrálních datech.



Obr. 3 Kombinace několika pásem pro dva případy pořízené přístrojem OLI Landsat 8, jedná se o první zkušební snímek pořízený 18. března 2013 pro oblast Great Plains a pásma Rocky Mountains a Colorado. Vlevo je snímek v tzv. přirozených barvách získaný kombinací OLI pásem 2 (modře), 3 (zeleně) a 4 (červeně). Vpravo pak snímek v nepravých barvách vzniklý kombinací pásem 3 (zeleně), 5 (blízké infračerveně) a 7 (krátké/střední infračerveně) zobrazených přiřazenými barvami modrá, zelená a červená. Výsledkem je zajímavé názorné zvýraznění oblasti spáleného lesa západně od vodní nádrže Horsetooth v tmavých odstínech červeně. Názorné srovnání je připraveno na [stránce NASA](#), kde lze oba obrazy porovnávat svislým posuvníkem. Takto zvýrazněná data budou využívána agenturou Burned Area Emergency Response k plánování péče o lesními požáry postižené oblasti.
Zdroj: USGS/NASA Earth Observatory

Druhým nástrojem LCDM je [Thermal Infrared Sensor \(TIRS\)](#), který zaznamenává vlnové délky emitované od povrchu Země ve dvou termálních pásmech dlouhých vlnových délek. Ty představují povrchovou teplotu Země. Výsledkem měření senzoru TIRS je černobílý obraz, na kterém teplejší oblasti jsou vyjadřovány světlejšími odstíny až bílou (tedy více vyzařují) a chladnější oblasti tmavšími odstíny až do černé (tedy ve sledovaném spektru vyzařují málo nebo nevyzařují, Obr. 4).

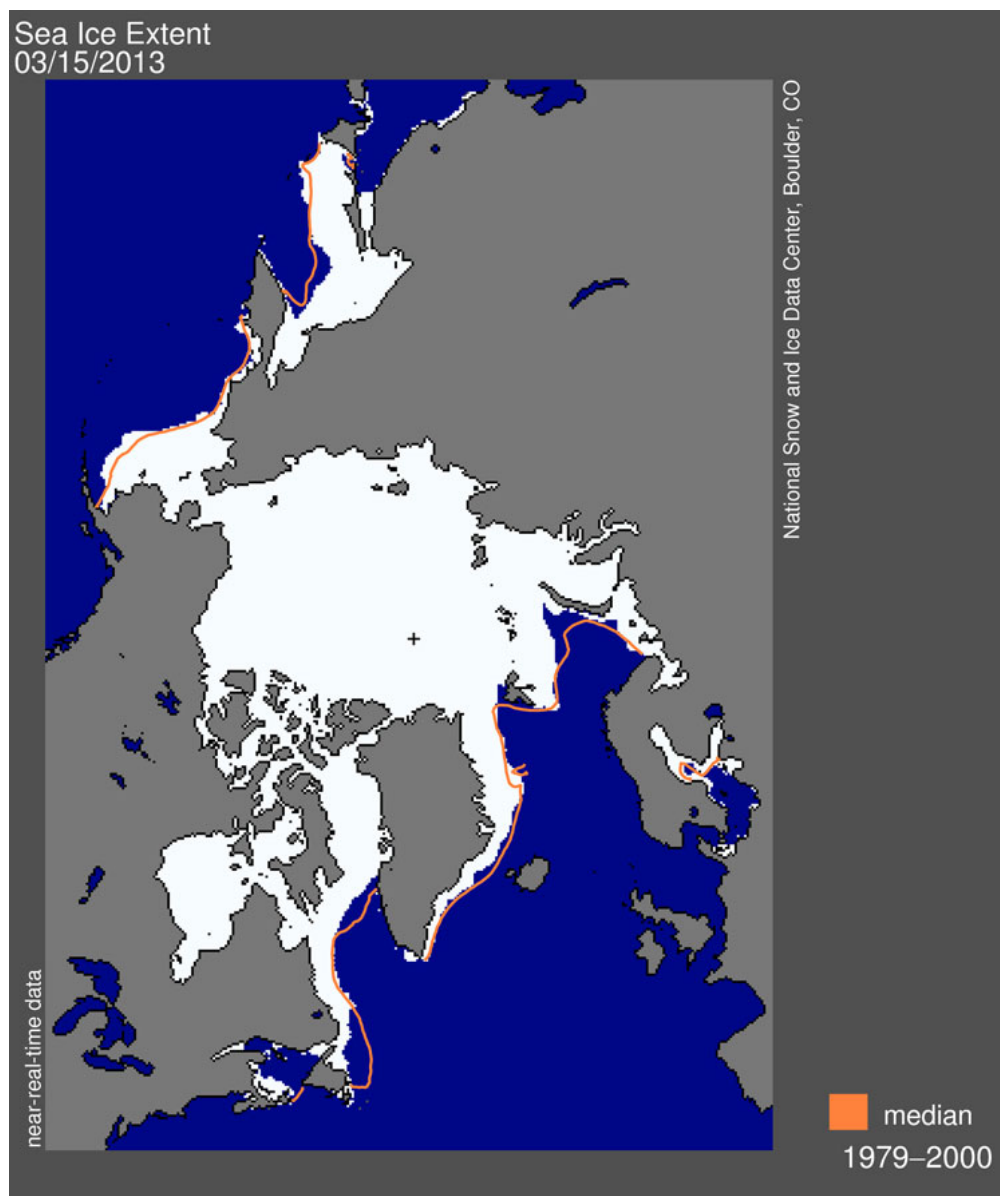


Obr. 4 Obraz pořízený senzorem TIRS v termálních vlnových délkách. Tmavými odstíny šedivé jsou zachycena oblaka v atmosféře (jsou schladné, nevysaňují) v kontrastu se světle vyjádřenými teplejšími oblastmi povrchu Země.
Zdroj: USGS/NASA Earth Observatory ([stáhněte si kvalitní obraz](#))

Po uvedení Landsat Data Continuity Mission, tedy budoucího Landsat 8 do plného operačního stavu budou pořizována data ve stejný čas a pro stejný prostor oběma přístroji - OLI i TIRS. Bude tedy možné porovnávat vytvořené obrazy nebo připravovat libovolné další kombinace pásem. Zajímavá budou data pořízená v jiném, než viditelném spektru, tedy taková, která nejsou lidským okem postřehnutelná. Např. kombinací dat z OLI a TIRS bude možné určovat množství vody používané k zavlažování orné půdy. Prostředkem k tomu bude znalost zákonitostí v chování rostlin. Princip je snadný: zavlažované rostliny si berou vodu z půdy a svými kořeny ji transportují do listů, které dýchají a současně s tím i tuto vodu vypařují (tzv. transpirace). Vypařováním vody z těl rostlin (transpirace) se rostliny ochlazují a ochlazuje se i jejich okolí. Pokud budou umět data LDCM umět zachytit tuto teplotní změnu, potom bude důkazem, že v daném místě je dostatek závlahy. Naopak teplejší místa nevypařují vodu ani z rostlin (transpirace), ani z půdy (evaporace) - voda v půdě není, oblast je vysušená. Tato aplikace může mít značný význam pro správu aridních a semiaridních regionů.

Jiný projekt NASA (National Aeronautics and Space Administration) nazvaný prostě [Earth Observatory](#) (Zemská observatoř) je založen na vhodném výběru satelitního snímku Země a jeho interpretaci pojaté vždy zajímavým způsobem. Výsledkem je úspěšná popularizace odborné práce celé agentury, jejího výzkumného vesmírného programu. Hlavním kritériem výběru snímků přitom je možnost poukázat na nějaké přírodní riziko - [požáry](#), [tropické a písečné bouře](#), [vulkanickou činnost](#), [záplavy](#). Jak ukazuje ale příklad v tomto článku, série snímků pořízená senzorem VIIRS v termální části elektromagnetického spektra může názorně vizualizovat i běžné přírodní jevy, jakkoliv plošně těžko představitelné.

Série snímků pořízená satelitem Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) od konce ledna do března 2013 ukazuje na plošně značně rozsáhlý pohyb ledových ker severně od pobřeží Aljašky v [Beaufortově moři](#). Animace vytvořené sérií časově rozlišených satelitních snímků pořízených ze stejného území ukazuje názorně vývoj tohoto přírodního jevu postupujícího východně směrem k [Banksovu ostrovu](#). Mořský led Arktidy je neustále se proměňující systém, který se každoročně v zimním období vyvíjí až do dosažení maxima, které bylo v tomto roce zaznamenáno 15. března 2013 (NSIDC 2013a). Od tohoto dne začala v Arktidě sezóna tání mořského ledu. [National Snow and Ice Data Center](#) (Národní datové centrum sněhu a ledu) oznámilo v tiskové zprávě (NSIDC 2013b), že rozměr plochy maximálního arktického zalidnění této sezóny byl 15,13 mil. km². Přitom tato plocha je šestou nejmenší od počátku zjišťování údajů. Zcela nejmenší plocha mořského ledu byla zaznamenána v roce 2011. Zajímavý ale je i údaj ze stejného zdroje hovořící o tom, že v posledním desetiletí (2004 až 2013) bylo vyhodnoceno celkem deset nejmenších ploch ledu. Tedy posledních deset let je plocha každoročně menší, než medián let 1979-2000 (Obr. 5).



Obr. 5 Rozsah maximálního zalednění Arktidy ze 15. března 2013 (vyznačen bílou barvou) v porovnání s mediánem rozsahu ze stejného dne za časovou řadu 1979 až 2000 (oranžová linie). Černý křížek představuje zeměpisný severní pól.
Zdroj: National Snow and Ice Data Center (http://nsidc.org/news/press/201303_MaximumPR.html)

Lámání ledových ker v Beaufortově moři není nic neobvyklým. Způsobováno je pohybem ledu vlivem dvou systémů cykulace vzduchu nad Arktidou ([NSIDC 2013c](#)). Prvním je Beaufortův proud v Beaufortově moři severně od Aljašky. Cykulace větru je ve směru hodinových ručiček (při pohledu na pól). Druhým systémem je Transpólní drift ve směru od Sibíře k východnímu pobřeží Grónska (Obr. 6). Ledové kry v Beaufortově moři cirkulují několik let a díky tomu dosahují větší mocnosti

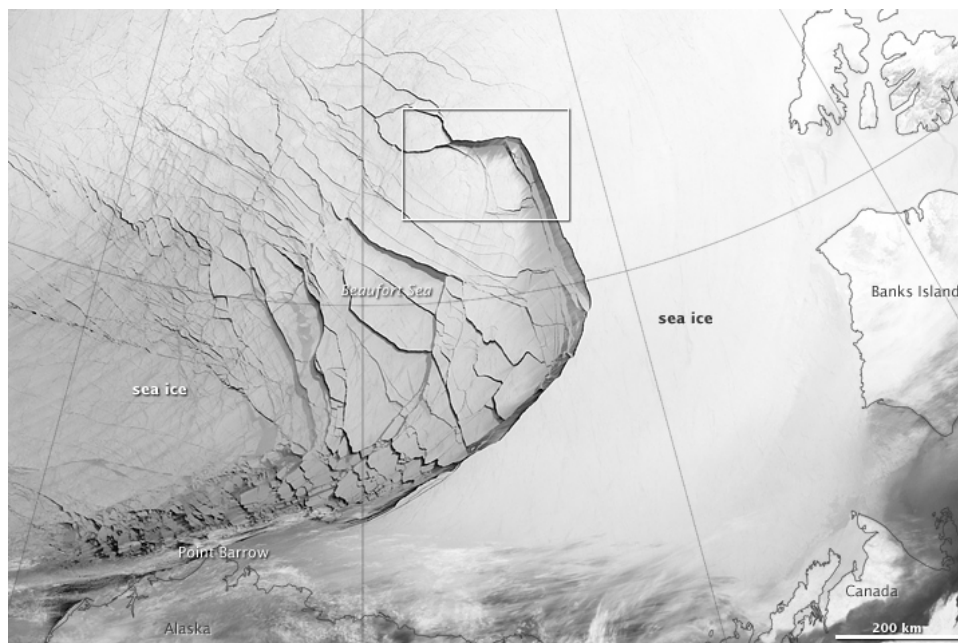
než v jiných částech Arktidy. Vlivem jejich pohybu a neustálého narážení na sebe navzájem má led velice členitý charakter. Oproti tomu ledové kry unášené Transpolárním driftem jsou tenčí a opouští oblast Arktidy obvykle během dvou let. Přesto právě tento druh proud má za následek vytváření nejsilnějšího ledu v oblasti severního Grónska a pobřeží Kanadského arktického souostroví. Tlačí totiž ledové kry směrem k pobřeží ostrovů, kde se vytváří mocné ledové hřbety.



Obr. 6 Arktická oceánská cirkulace

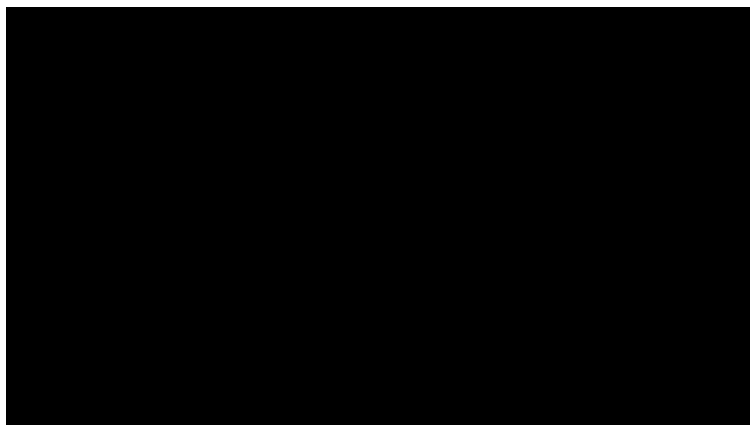
Zdroj: National Snow and Ice Data Center (<http://nsidc.org/cryosphere/seaice/processes/circulation.html>)

Lámání ker v Beaufortově moři (Obr. 7) zachytil senzor VIIRS v termální části spektra (dlouhovlnné infračervené spektrum). Černobílý snímek tedy představuje hodnoty povrchové teploty. Bílá barva ukazuje na mořský led, zatímco černá na teplo vyzařující otevřený oceán. Šedivá barva v blízkosti trhlin je zaznamenáním unikajícího teplého vlhkého vzduchu stáčeného ve směru větru. Vlastní větrné bouře ale nejsou v této sledované části spektra dobře viditelné.

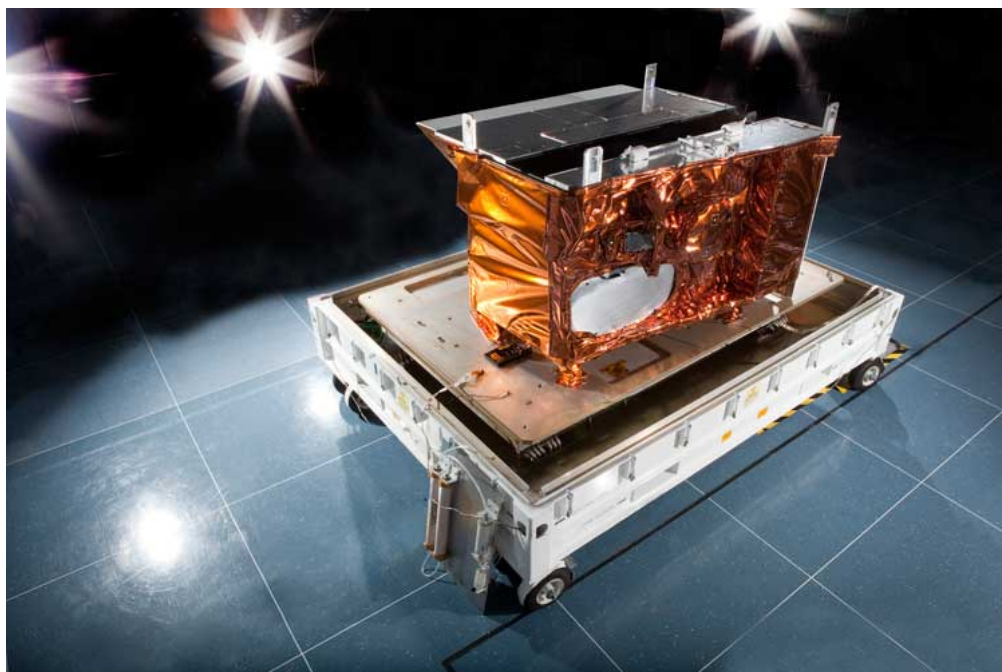


Obr. 7 Beaufortovo moře, satelitní snímek ukazuje odlamující ledové kry od mořského ledu západně od Banksova ostrova pořízený dne 23. února 2013
Zdroj: NASA (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>)

Animace vytvořené sérií snímků od konce ledna (27. 1. 2013) do 22. března 2013 ukazuje na poměrně silné a rozsáhlé lámání a cirkulaci ledu. Způsobeno bylo silnou bouří v oblasti a také ne zcela obvykle mladým a tedy tenkým ledem, který se proto lámal snadněji, než víceletý a tedy i mosnější led. Led byl v této oblasti v letošní zimní sezóně vytvořen teprve v říjnu 2012.



Satelit [Suomi National Polar-orbiting Partnership \(NPP\)](#) je novou generací satelitů navazující na úspěšný projekt EOS (Earth Observing System). Vypuštěn na orbit byl 28. října 2011. *Visible Infrared Imaging Radiometr Suite (VIIRS)* na jeho palubě je multidisciplinární skener (Obr. 8) pořizující data pro výzkum oceánu, pevniny, aerosolu a oblačnosti. Skener získává data o koncentraci mořského barviva nebo o povrchové teplotě oceánů (Sea Surface Temperature, SST). Jeho záznamy dat jsou tedy využitelné jak pro management rybářství, tak pro námořní operace. Mezi specifické aplikace patří předpovědi výskytu a rozšíření škodlivých řas v Mexickém zálivu nebo vyhledávání míst s vysokým rizikem ohrožení korálových útesů jejich odumíráním. Prostorové rozlišení VIIRS je 750 m.



Obr. 8 VIIRS - Visible Infrared Imaging Radiometr Suite
Zdroj: NASA (http://npp.gsfc.nasa.gov/images/4245033_100-m.jpg)

2.6 Modely reliéfu

Konstrukce digitálního modelu terénu (DMT)

Digitální modely terénu (DMT) je třírozměrný generalizovaný popis terénu, který ve spojení s polohopisnými informacemi umožňuje vytvořit prostorový model území. DMT vytváří základní kostru pro model krajiny představující nosnou plochu pro simulaci dynamických jevů v krajině. S pomocí software pro práci s 3D modely terénu lze zkoumat jevy, které se projevují v závislosti na výškové členitosti krajiny. Čtvrtý rozměr DMT může představovat časová změna (sezónnost krajinných procesů, vlastností povrchů např. rozdíly v propustnosti ornice v jednotlivých částech roku).

Práce s DMT je možná jak v systémech CAD, tak v systémech GIS. Výhodou GIS jsou však prostorové složky dat (zeměpisné souřadnice), které umožňují měřit reálné vzdálenosti, objemy nebo plochy. Příkladem software GIS pro práci s DMT je ArcGIS 3D Analyst od společnosti ESRI.

Pro popis terénu se nejčastěji využívá princip rozdělení celé plochy na části, které lze snadno geometricky popsat. Nejběžnějšími typy modelů pak jsou:

1. polyedrický: elementární plocha má tvar trojúhelníku, trojúhelníky k sobě vzájemně přiléhají
2. plátový: povrch se dělí na obecně křivé plošky trojúhelníkového nebo čtyřúhelníkového tvaru, jejichž hranice vedou po singularitách terénu (místech, kde se terén chová odlišným způsobem, než jak by se dalo předpokládat z okolí singularity, např. hřeben, terénní zářez – úvoz apod.)
3. rastrový: model je tvořen množinou elementárních plošek (obvykle čtyřúhelníky) nad prvky pravidelného rastru

Problémem tvorby DMT je nalezení vhodného řešení pro modelování náhlých změn v průběhu terénu – terénních stupňů (řešení tzv. singularit). Singularity mohou být bodové (vrchol, sedlo, dno vyhloubeniny) nebo liniové (hrany). Cílem je vytvořit takový DMT, který by co nejlépe charakterizoval chování terénu (jeho průběh) ve skutečnosti.

Možná řešení: Využití existujících produktů

1. digitální modely terénu Armády ČR (DMR-1, DMR-2, DMR-2.5, DMR-3, přesnost 3–15 m)
2. digitální model terénu Geodis Brno, přesnost 1 m, produkt DSM (DMT spolu s modely budov a vegetace, informace o výšce umělé překážky, <http://www.geodis.cz/produkty/digitalni-model-terenu-cr>)
3. Využití dat z radarových měření DPZ (radarová interferometrie) pro získání podrobného DMT

výhody: podrobnost, globálnost (ve smyslu velkých územních celků)

nevýhody: pořizovací cena

Produkty:

DEM25: družice ERS1 a ERS2, Aero-sensing Radarsysteme, výšková data v kroku 25 m, absolutní přesnost 1 m v rovinách a 5–7 m v členitém terénu

DEM10: obdoba

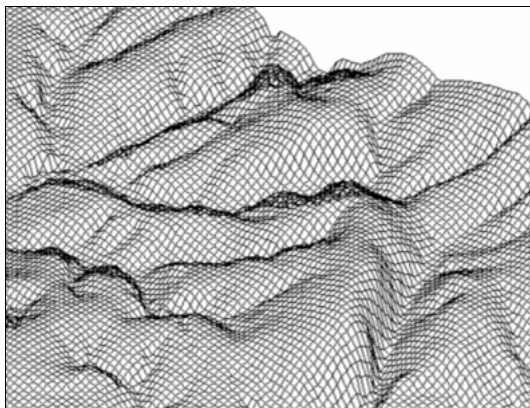
zdroj: <http://www.intermap.com/>

Tvorba DMT z vektorových dat

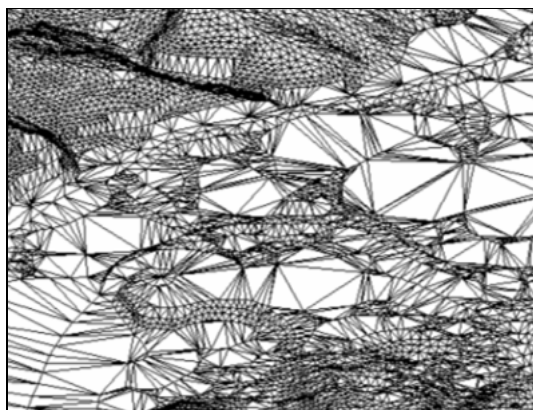
mass points: ZABAGED, soubor vrstevnic základních a doplňkových (zesílených), zdroj ČÚZK, vrstevnice po 2 m, dosažitelná přesnost DMT dle odborné literatury 1–3 m; nevýhoda: přerušované vrstevnice

hard points: Databáze bodových polí ČR (ČÚZK)

hard lines: DIBAVOD



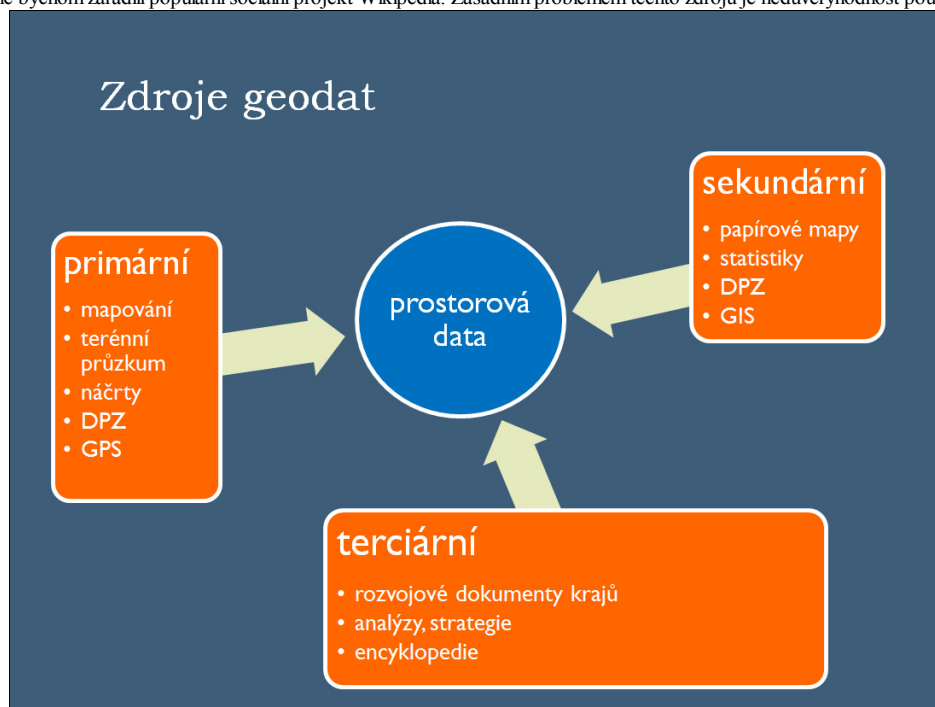
Obr. 1 Rastrová struktura GRID pro digitální modely reliéfu



Obr. 2 Vektorová struktura TIN pro digitální modely reliéfu

2.7 Zdroje geografických dat

Definováním zdrojů dat pro jednotlivé témata (vrstvy) se v procesu tvorby datového modelu zabýváme ve fázi návrhu logického modelu. Zdroje dat rozlišujeme podle jejich původnosti na primární, sekundární a terciární (Obr. 1). K nim se někdy ještě připojuje čtvrtý druh zdroje, kterými jsou různé kompiláty encyklopedií a podobných terciárních zdrojů. Mezi ně bychom zařadili populární sociální projekt Wikipedia. Zásadním problémem těchto zdrojů je nedůvěryhodnost použitých informací.



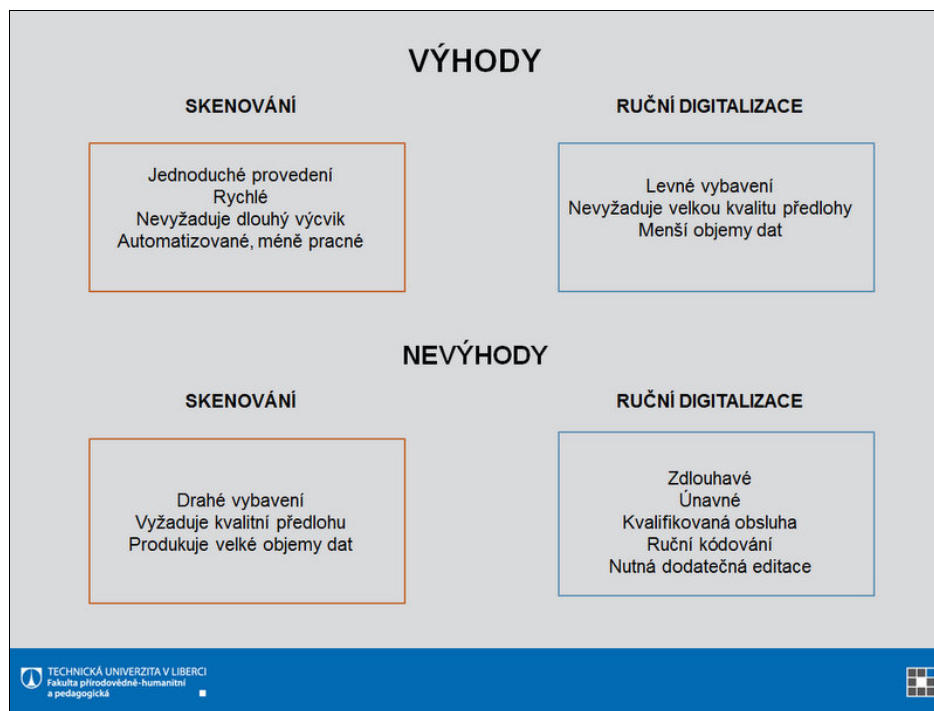
Obr. 1 Rozdělení zdrojů geodat podle jejich původnosti (Zdroj: Jiří Šmída)

Podle metody použité pro digitalizaci dat rozlišujeme čtyři skupiny dat:

1. vstup z klávesnice: tabulky, seznamy, měkká data
2. měření: bodová (geodetická, hygienická), plošná (obrazová – DPZ)
3. digitalizace obrazových a mapových dat: mapy a fotografie
4. převzetí stávající databáze nebo její části

S přebíráním dat jsou vždy spojené problémy, které je nutné správně a včas identifikovat a tím i eliminovat (nebo snížit) rizika snížené věrohodnosti dat. Vždy je nutné posoudit zdroj dat pro tvorbu použité mapy, vnitřní přesnost použitých dat, způsob interpretace dat atd. *Klávesnicový vstup* dat využíváme pro terénní sběr popisných dat. Pro jeho úspěch je nutná kvalitní laboratorní příprava předcházející vlastní terénní práci a zahrnující přesné stanovení sbíraných vlastností (atributů) a jejich primárních klíčů. Pro vlastní práci v terénu je možné využít notebook, PDA, pro polohová data GPS a geodetické zaměření. Z bodových dat lze interpolací získat liniové a plošné.

Pro digitalizaci analogových podkladů (map a fotografií) je s ohledem na volbu jednoho ze dvou základních modelů reprezentace (rastr a vektor) použit formě reprezentace odpovídající postup a zařízení. Pro ukádání do rastrové podoby dat se v současnosti používají skenery od ručních (nevýhodných svým malým rozměrem snímané plochy, ale i kvalitou ukládaného obrazu a možnými deformacemi snímaného podkladu) po velkoformátové profesionální zařízení. Do vektorového formátu data ukládáme ruční nebo poloautoamtickou digitalizací (vektORIZací). Ruční (on screen, digitalizační stůl) digitalizace je časově náročná, v případě metody on screen (tedy pouze s využitím myši) velice levná metoda (Obr. 2).



Obr. 2 Výhody a nevýhody metod digitalizace do rastrového a vektorového formátu (skenování a ruční digitalizace) (Zdroj: Jiří Šmída)

Čtvrtou možností vstupu geografických dat do datových modelů je použití existujících dat. Zdroji pro tuto cestu mohou být mapové podklady rastrové a vektorové, které rozlišujeme z hlediska regionální úrovně, tématu a druhu zdroje na komerční a veřejný sektor.

Zdroje dat - státní mapové dílo

V souladu s Nařízením vlády č. 430/2006 Sb. došlo v České republice nejen k stanovení geodetických referenčních systémů, ale i k definování státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání. Státní mapové dílo (SMD) je definováno pro celé území státu, je stanovena kvalita díla, výroba a aktualizaci hradí stát, dílo je garantováno státem. SMD je k dispozici v analogové (papírové) a digitální formě, digitální forma pak v rastrovém i vektorovém formátu. Nejvýznamnějším státním mapovým dílem je ZABAGED a DKM. Dalšími jsou pak katastrální mapa (mapa velkých měřítek), Státní mapa 1:50 000 (mapa velkých měřítek), Základní mapa České republiky (mapy středních měřítek) v měřítcích 1:10 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000, Topografická mapa v měřítcích 1:25 000, 1:50 000 a 1:100 000 a Vojenská mapa České republiky v měřítcích 1:250 000 a 1:500 000.

ZABAGED (Základní báze geografických dat) je datovým modelem formátu GIS. Jeho správcem je Zeměměřický úřad, autorská práva vykonává ČÚŽK. Jedná se o digitální topografický model území ČR, v podrobnosti a kladu listů ZM 10. Obsah tvoří 106 typů geografických objektů v 8 kategoriích a skládá se z polohopisu 2D a výškopisu 3D. Obsahuje informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a prvcích terénního reliéfu. Obsahem ZABAGEDu je a) výškopis (prostorový 3D soubor vrstevnic umožňující tvořit digitální model reliéfu) a b) polohopis členěný na dvě části: vektorovou – topologické relace objektů a popisnou – kódy a názvy objektů, atributy (část přebírána od odborných správců). ZABAGED vznikl v letech 1995–2001 skenováním a vektorizací ZM 10. V následujícím období let 2001–2004 byly doplněny budovy, bezešvost, další atributy. Paralelně v letech 2001–2005 proběhla celoplošná 1. aktualizace, v jejímž rámci bylo provedeno zpřesnění polohopisu, revize a doplnění atributů, přičemž bylo využito fotogrammetrie a terénní šetření. V letech 2005–2006 je zavedena nová správa ZABAGED a následně plánovaná aktualizace v tříletých cyklech (s využitím barevných ortofotografií a leteckých snímků). Souřadnicový systém datového modelu je JTSK (primární), WGS 84, S 42 s výškovým systémem Baltským po vyrovnání. GEONAMES je doplněk ZABAGED, databáze názvosloví ze ZM 10. Dle novely zeměměřického zákona jsou data ZABAGED a mapové služby ZABAGED poskytovány správním úřadům, soudům a orgánům veřejné správy pro výkon jejich působnosti v územním rozsahu jim příslušném bezplatně.

TOPOGRAFICKÁ MAPA je mapové dílo pro vojenské účely. V rámci začlenění české armády do NATO byl proveden přechod souřadnicového systému z S-42 do standardů NATO na WGS 84. Veřejnost užívá až dnes jako podklad v turistických mapách KČT 1:50 000 (jako papírové mapy) nebo DMÚ 1:25 000 (jako digitální model území, v současnosti dostupný pouze složkám civilní obrany a armády). Klad a označování listů vychází z Mezinárodní mapy světa 1:1 000 000.

Správcem Digitálního modelu území DMÚ 25 je Vojenský topografický ústav (VTOUP) v Dobrušce, autorská práva k tomuto dílu spravuje Generální štáb Armády ČR. Jedná se o vektorovou databázi topografických informací o území, která odpovídá vojenským topografickým mapám 1:25000 označovanými TM25. Obsahuje 7 tematických vrstev: vodstvo, sídla, komunikace, vedení sítí, hranice a ohrady, rostlinný a půdní kryt a terénní reliéf. DMÚ 25 je nabízen v S-JTSK, S-42 i WGS 84, poskytována ve formátech ArcInfo coverage, ArcInfo Library a ESRI Shapefile. Polohová přesnost je v rozmezí 0,5 m – 20 m podle třídy objektu. Aktualizace probíhá plošně s frekvencí 1× za 5 let. Ve srovnání s ZABAGED se jedná o bezešvý digitální model ČR s mírným přesahem přes státní hranici. Zjednodušením vzniká odvozená databáze DMÚ-200.

ORTOFOTOSNÍMKY (ortofota), kolmé letecké snímky, u kterých byla odstraněna zkreslení odchylkou osy kamery od svislice při náklonu letadla i zkreslení z fotografování terénu s velkými výškovými rozdíly, nejsou smyslu nařízení vlády státním mapovým dílem. K dispozici je veřejnosti Digitální barevné ortofoto ČR od ČÚŽK (georeferencované rastry). Snímkování probíhá ve dvouletých cyklech (pásmo západ a východ). Prostorové rozlišení je 0,5 m. Ortofota od soukromých subjektů např. firmy GEODIS se liší větším rozlišením. Ortofota jsou pouze na objednávku a za vyšší cenu.

Zdroje dat pro popis vybraných složek životního a socioekonomického prostředí

V této části jsou výčtem uvedeny vybrané zdroje dat pro popis životního prostředí s důrazem na zdroje v České republice.

1. Geologické prostředí

- státní geologickou službu zajišťuje Česká geologická služba (ČGS) a Geofond
- největší databáze geologických dat na území ČR
- www.geology.cz
- digitální mapy 1:50 000, 1:25 000
- registr skládek, narušená území, konfliktní území
- mapy: půdní, geochemické reaktivity hornin, geofaktorů

- GeoČR500, SHP, TIFF
- Geofond - databáze: vrtů (sondy, odkrývy apod.), hydrologických objektů, poddolovaných území, hlavních důlních děl, starých důlních děl, sesuvů a jiných svahových deformací
- Surovinový informační systém
- databáze ložisek nerostných surovin, chráněných ložiskových území, dobývacích prostorů
- dostupnost kompletních informací na webu organizací
- WMS Geoportal.cenia.cz

2. Georeliéf

- 2008: přípravné práce na projektu nového mapování výškopisu území České republiky
- s využitím technologií leteckého laserového skenování
- Digitální model území České republiky 4. generace (DMR 4G),
- Digitální model území České republiky 5. generace (DMR 5G)
- Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G)
- modely budou vznikat postupně z celého území České republiky do konce roku 2015
- zásadní zvýšení podrobnosti a přesnosti výškopisných dat území České republiky a významnému rozšíření možností jejich využití
- DMR 4G: zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v pravidelné síti (5x5 m) bodů o souřadnicích X,Y,H, kdy H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu
- DMR 5G: ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů, o souřadnicích X,Y,H, kdy H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.
- Georeliéf - globální data:
 - DEM25: družice ERS1 a ERS2, Aero-sensing Radarsysteme, výšková data v kroku 25 m, absolutní přesnost 1 m v rovinách a 5–7 m v členitém terénu
 - DEM10: obdoba
 - zdroj: <http://www.intermap.com/>
- Tvorba DMT z vektorových dat: mass points: ZABAGED, soubor vrstevnic základních a doplňkových (zesílených), zdroj ČÚZK, vrstevnice po 2 m, dosažitelná přesnost DMT dle odborné literatury 1–3 m; nevýhoda: přerušované vrstevnice; hard points: Databáze bodových polí ČR (ČÚZK); hard lines: DIBAVOD

3. Půda

- Syntetická půdní mapa ČR 1 : 200 000
- VÚMOP, v roce 1993
- Půdní mapy ČR 1 : 50 000 (rastrové obrazy)
- celostátní databáze BPEJ (bonitovaných půdně-ekologických jednotek), formát Microstation správce dat: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP, www.vumop.cz)
- Půdní mapa AOPK ČR (portal.nature.cz, vektor 1:50 000)
- BPEJ
 - dle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 327/1998 Sb.
 - charakterizovány klimatickým regionem, hlavní půdní jednotkou, sklonitostí a expozicí, skeletovitostí a hloubkou půdy.
 - pětimístný číselný kód BPEJ stanovuje dle uvedené vyhlášky, resp. jejich příloh:
 - charakteristiku půdní jednotky (příloha č. 2 k vyhlášce č. 327/1998 Sb.) a
 - charakteristiku skeletovitosti a hloubky půdy (příloha č. 4 k vyhlášce č. 327/1998 Sb.).
 - shromažďovány jednotným přístupem pro celé území ČR v celostátní databázi BPEJ
 - pro Ministerstvo zemědělství ČR zajišťuje jim řízený Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP)
 - vyhláška Ministerstva zemědělství ze dne 15. prosince 1998, kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci

4. Vodstvo

- pro datový model jsou důležité informace o podzemních vodách, hydrogeologickém podloží, kvalitě podzemních vod, množství podzemní vody, povrchových vodách, rozmištnění vodních toků a vodních ploch, kvalitě a množství povrchových vod, využití podzemní a povrchové vody (odběr pro účely zásobování obyvatelstva pitnou vodou, užitková voda, povrchové vody využívané ke koupání, povrchové vody trvale vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů), ochraně povrchové a podzemní vody
- chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV)
- ochranná pásma vodních zdrojů (ochranná pásma I. a II. stupně)
- ochranná pásma přírodních léčivých zdrojů
- povodňová rizika (záplavová území x-leté vody, suché poldry)
- Vodstvo – zdroje informací a dat
 - Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
 - Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon)
- ISVS-VODA - Základní databázi spravovanou ministerstvem zemědělství a životního prostředí je Informační systém veřejné správy ve vodním hospodářství (ISVS-VODA). Úkolem informačního systému je podávat jednotné informace o vodním hospodářství v České republice, spravován je mezirezortně ministerstvem životního prostředí a zemědělství. Struktura a rozsah údajů zahrnutých do ISVS-voda včetně mapových a tabulkových dat je stanoven vyhláškou č. 391/2004 Sb. (Vyhláška č. 391/2004 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod) takto (§ 1):
 - vodních toků a jejich povodí, hydrogeologických rajonů a vodních nádrží,
 - vodních útvarů včetně silně ovlivněných vodních útvarů a umělých vodních útvarů,
 - množství a jakosti povrchových a podzemních vod, stavu vodních útvarů a ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů,
 - odběrů povrchových a podzemních vod, vypouštění odpadních a důlních vod a akumulace povrchových vod ve vodních nádržích,
 - oblastí povodí,
 - chráněných oblastí přirozené akumulace vod,
 - ochranných pásem vodních zdrojů,
 - zdrojů povrchových a podzemních vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody,
 - citlivých oblastí,
 - zranitelných oblastí,
 - oblastí povrchových vod využívaných ke koupání,
 - povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů,
 - vodních děl k vodohospodářským melioracím pozemků,

- záplavových území.
- Zdroje dat:
 - Data ve vektorovém digitálním formátu (ESRI SHP) jsou dostupná zdarma v podobě Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). Jedná se o tematickou vodohospodářskou nadstavbu ZABAGEG v referenčním měřítku (s polohovou přesností) 1 : 10 0000. Databázi spravuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV T. G. M., www.vuv.cz/oddeleni-gis/).
 - Informace a data ISVS-VODA jsou dostupné online na <http://www.voda.gov.cz/portal/>.
 - Centrální evidence záplavových území je vedena v oddělení geografických informačních systémů VÚV TGM Praha jako součást geografické databáze DIBAVOD.
 - Data GIS v rastrovém formátu jsou dostupná službou WMS z Portálu veřejné správy ČR (portal.gov.cz).
 - Informace a data o povrchových a podzemních vodách byly revidovány a zpřístupněny v rámci Registru chráněných území pro potřeby státní správy projektem VaV/650/2/03 (Dostupné z: <http://www.ochranavod.cz/dokumenty/reg_chru_souhrna_zprava_2003_06.doc>).
 - webová mapová služba

5.a Biota a krajina

- přírodní stanoviště, biotop (dle: Katalog biotopů České republiky (Chytrý, Kučera, Kočí, eds. 2001)),
- výskyt ohrožených druhů rostlin a živočichů (památných stromů),
- hnízdiště ptáků,
- typ územní ochrany ve smyslu zákona o ochraně přírody a krajiny,
- kategorii lesa a další charakteristiky lesa
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve smyslu pozdější změny č. 218/2004 Sb. (změna zákona o ochraně přírody a krajiny a dalších zákonů)
- Zdroje dat
 - Vrstva mapování přírodních biotopů (VMB) - stav k roku 2006
 - AOPK
 - portal.nature.cz
 - Ústřední seznam ochrany přírody (ÚSOP)
- ÚSOP
 - správcem Agentura ochrany přírody a krajiny (AOPK ČR) vede podle vyhlášky č. 395/1992 Sb.
 - základní závazná evidence a dokumentace zvláště chráněných území ve smyslu § 42 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění
 - součástí: Sbirka listin ÚSOP, Digitální registr ÚSOP
 - ukládá, archivuje a zpřístupňuje základní popisné údaje o objektech ÚSOP v digitální podobě
- <http://drusop.nature.cz>
- <http://portal.nature.cz>
- WMS: geoportal.cenia.cz
- WFS: portal.nature.cz

5.b Lesy

- Zdrojem dat o lesích České republiky jsou výstupy Národní inventarizace lesů (NIL)
- vedené Ústavem pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHUL).
- mapové výstupy oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL) v měřítku 1:10 000, příp. 1:50 000
- ÚHUL poskytuje data prostřednictvím mapového serveru, data GIS jsou distribuována jako standardní WMS služba

6. Ovzduší

- makroklima: staniční síť ČHMÚ
- www.chmi.cz
- Informační systém kvality ovzduší (ISKO), www.chmi.cz/uoco
- REZZO – Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší (v souladu se zákonem č. 86/2002 Sb.
- 4 kategorie (REZZO 1-4)
- součást ISKO
- Zdroje dat pro popis vybraných složek socioekonomického prostředí

7. Obyvatelstvo

- SLDB – údaje o struktuře obyv., domácností, struktuře a vybavenosti domovního a bytového fondu
- ČSÚ
- Statistický lexikon obcí – za ZSJ
- Veřejná databáze VDB ČSÚ, <http://vdb.czso.cz/vdb>
- retrospektiva 1869-2001, výjimka 1940
- data trhu práce: úřady práce
- Centrální registr obyvatel, Ministerstvo vnitra ČR
- statistické údaje o živících osobách, zemřelých osobách
- nejčastější jména a příjmení v ČR
- statistický přehled o počtu občanů ČR a cizinců v evidenci s trvalým pobytem

8. Zdravotnictví

- Národní zdravotnický informační systém (NZIS)
- Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
- patří sem:
 - Národní registr hospitalizací
 - Národní registr rodiček
 - Národní registr novorozenců
 - Národní registr vrozených vad
 - Národní registr potratů
 - Národní onkologický registr
 - Registry hygienické služby
 - krajské hygienické správy
 - ARI – Registr akutních respiračních infekcí

- PiVo – Registr pitné vody

9. Sídla

- krom SLDB dále
- Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
- MPSV ČR
- Informační systém katastru nemovitostí (ISKN)
- Registr sčítacích obvodů

10. Průmysl, zemědělství

- SLDB 1991, 2001
- ČSÚ: OKEČ (odvětvová klasifikace ekonomických činností)
- Registr ekonomických subjektů
- Agrocensus (1995, 2000, 2005) – zemědělská sčítání, ČSÚ
- Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin
- ČÚZK, Katastr nemovitostí
- Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky (VUZE. www.vuze.cz), databáze vymezující zemědělské výrobní oblasti
- Státní zemědělský intervenční fond (SZIF): Seznam příjemců hlavních dotací z fondů EU
- Centrální registr dotací (CEDR): státní rozpočet 1999-2004, podíl dotací směřujících do zeměd. aktivit v jednotlivých obcích

11. Doprava

- Ředitelství silnic a dálnic, ŘSD, www.rsd.cz
- databáze:
 - uzlový lokační systém
 - neproměnné parametry
- Celostátní sčítání dopravy 2005

12. Cestovní ruch a kultura

- ČSÚ:
 - kapacity objektů cestovního ruchu
 - příjezdy zahraničních návštěvníků
- Agentura regionálního rozvoje
- rejstříky kulturních zařízení, Ministerstvo kultury ČR, www3.mkcr.cz
- Národní památkový ústav

13. Školství

- MŠMT
- evropské srovnání: EURYDICE, www.eurydice.org
- Ústav pro informace ve vzdělávání (UIV)
- výběr z adresáře škol a školských zařízení <http://founder.uiv.cz/registr/>

Údržba geometrických dat

- změna formátu:
- při vkládání dat do db je někdy třeba změnit formát souboru s daty na formát, který je db požadován
- menší problémy u rastrových dat
- většinou se musí upravit hlavička

DATOVÉ FORMÁTY

- Formáty pro rastrová data
- komprese = zmenšení velikosti datových souborů rastru x není zmenšení velikosti rastru !
- a) ztrátová komprese – zmenšuje na úkor kvality
- b) bezztrátová komprese
- typy komprese (LZW, Packbits)

JPEG (.jpg) – nejrozšířenější, ztrátová komprese, klasika v digitální fotografii
 TIFF (.tif) – často využívaný pro rastry v GIS (ortofota), + .tiff (umístovací soubor)
 microsoft BMP (.bmp) – široká podpora, velké soubory
 GIF (.gif) – bezztrátová komprese LZW
 PNG (.png) – vylepšuje chyby GIF

editační funkce polohových dat:

- nově pořízená data vždy obsahují chyby (nenapojené čáry, chybějící body atd.)
- potřeba aktualizovat data a kontrolovat jejich kvalitu
- základní úpravy geometrických dat – odstraňování a opravování chybných souřadnic, vkládání nových souřadnic
- urovnávací funkce – odstranění drobných rozdílů v poloze dat podle přesnější šablony – odstranění štěpín – ruční i automatické techniky
- napojení linie, body, polygonu – snapping
- navázání hran - při spojení souborů ze sousedních území (mapových listů) – čáry na sebe přesně nenavazují
- vytvoření topologických vazeb

Generalizace

- za účelem generalizace a snížení objemu dat – u čar chceme snížit počet bodů, které jí popisují
- různé metody – vynechání každého n-tého bodu nebo použití koridoru (koridor ve směru prvního vektoru, kde čára opustí koridor, přidá se další bod, ostatní jsou vynechány, atd.)
- některé jednoduché tvary čar se dají ukládat jako kombinace matematických funkcí (přímka, kuželosečka atd.) – výsledná funkce aproximuje tvar čáry – křivková (spline) funkce

geometrické transformace

- ztotožnění – chceme mít data v jiném souřadnicovém systému; musíme porovnávat dva soubory (řídící a podřízený); transformace pomocí vícovacích bodů – jejich souřadnice se odečtou v obou souborech a použijí se pro stanovení transformační funkce
 - použití kontrolních (vícovacích) bodů
- u rastrových dat je při porovnávání souborů navíc nutné dodržet shodnou velikost a tvar buněk – pokud tomu tak není, musí se provést převzorkování – změnit rozměr a velikost pixelu u jednoho souboru

Údržba atributů:

- editační funkce atributů:
 - odstranění, změna atributu
 - převzetí dalších popisných dat – funkce na připojení souborů (prim. klíč)

Zdroje chyb v GIS

- chyby jsou součástí dat; nelze je vyloučit, ale je nutné umět s nimi pracovat a mít je pod kontrolou - každý datový soubor je zatížen chybou
- chyba je hlavním určujícím faktorem kvality na úrovni dat i databáze
- snaha o co nejmenší chybu nemusí být vždy ekonomicky efektivní (velikost chyby a cena za vytvoření a spravování databáze jsou v protiváze)

každá operace je zdrojem chyby

Chyby při sběru původních dat:

- terénní měření – chyba způsobené technickými parametry přístroje, způsobem jeho obsluhy nebo nepřesnostmi při zápisu naměřených hodnot
- chybná analýza družicových dat – interpretace druž. dat obsahuje chyby v klasifikaci a ve stanovení polohy hranic tříd
- chyby při vytváření map a vrstevnic

Chyby převzatých dat (map):

- nepřesnosti v poloze objektů (posun železnice vedle silnice atd.)
- chyby vyplývající z použití map různých měřítek – způsobí neprovázanost databáze
- zastaralost dat
- chyby v popisu mapy

Chyby při pořizování dat

- vliv chyby přístroje, operátora (způsobí polohovou chybu špatnou fixaci listu na digitalizačním stole nebo při vektorizaci)
- nepřesnost při vektorizaci nepřesně určených hranic – chlupaté hranice nahrazeny čarou
- chyba v popisných datech při špatném manuálním zadání hodnoty atributu
- zjišťování popisných dat (hodnot atributů) je zatíženo také např. chybou přístroje, nahodilou chybou
- chybně definované objekty a třídy

Chyby při ukládání dat

- nedostatečná numerická přesnost počítače
- nesprávně použítá komprese dat
- chybný výběr formátu dat – vektor x rastr
- chyba medií

Chyby při užívání dat

- převody z vektoru na rastr a naopak
- spojování tříd
- generalizace
- interpolace
- nevhodný výběr vzorku pro určení přesnosti

Chyby z nesprávného použití výsledku

- nesprávné použití výsledku analýzy GIS
- nesprávně pochopená informace

Metadata

- metadata - data o datech ve strukturovaném zápisu
- metadata – formální popis dat

Metadata – důvody k jejich existenci

- existují dobré důvody k vytváření metadat
- pozorujte hypotetický rozhovor dvou Američanů

Metadata – důvody k jejich existenci

- konverzace v ukázce může vést k dosažení výsledku efektivněji použitím internetu, databázi a vyhledávacích jazyků
- podmínkou je, že každá datová sada (vrstva) bude provázána od svého vzniku metadatou popisující jak okolnosti jejího vzniku, tak kvalitu a omezení
- využití
 - odlišení kvalitních a nekvalitních dat
 - zabránění duplicit v datech (pokud vím, že data již existují, nebudu je vytvářet znovu)
 - ekonomický efekt
 - posouzení vhodnosti dat pro zvažovaný účel

Standardy metadat

- strukturace (tedy požadované položky zápisu – pořadí a obsah) dána standardy
- příklad standardu: Dublin Core
- 16 základních elementů pro popis digitálních objektů

Standardy metadat

- stanoví minimální obligatorní obsah metadat
- standard ISO, CEN, FGDC

Prostředky pro práci s metadatami

- potřebujeme prostředky pro zápis metadat a vyhledávání v jejich databázích
- zápis metadat je možný s pomocí speciálních aplikací a programů (např. ArcCatalog)

- Úkol: prozkoumejte ArcCatalog a jeho nástroje pro tvorbu metadat. V jakých standardech lze metadata v ArcCatalogu tvořit?

Metainformační systémy

- metainformační systémy – metadatové systémy - poskytující informace o obsahu a kvalitě jednotlivých geoprostorových databází
- umožňují sběr metadat, jejich zobrazení a vyhledávání dle vkládaných kritérií
- přístupné přes veřejná internetová rozhraní nebo pouze v rámci podnikové sítě (neveřejně)
- např. MIDAS, MICKA, ESRI Metadata Explorer

Metainformační systémy

- <https://maps.kraj-lbc.cz/metadata/>
- <http://gis.kraj-jihocesky.cz/metadata92/explorer.jsf>

Pro samostudium

- RŮŽIČKA, J. 2002. Metadata v procesu realizace GIS projektu [online]. Ostrava, VŠB – Technická univerzita Ostrava [cit. 2007-10-31]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2002/Sbornik/Referaty/ruzickar.htm
- MAIER, Karel a kol. 2003. Geografická data, metadata a územní plánování [online]. Praha, ČVUT – FA [cit. 2007-10-31]. Dostupné z: http://www.uur.cz/images/publikace/uur/2003/2003-06/02_geodata.pdf
- FRANK, A. Panel – GI kompendium. Vienna, 2000. 140 s. ISBN 3-901716-22

2.8 Tvorba tematického datového modelu - modelový příklad

Datový model vlastností povrchů ovlivňujících chování kapaliny (propustnost)

Ukažme si příklad myšlenkového postupu tvorby konkrétního tematického datového modelu pro modelování povrchů z hlediska jejich vlastností ovlivňujících propustnost pro kapaliny. V příkladu budeme vycházet z konceptu tvorby prostorových datových modelů tak, jak je v tomto textu teoreticky vyloženo v předcházející kapitole. Proces tvorby datového modelu je dělen do tří postupných kroků: teoretického (tvorba konceptuálního modelu), logického (výsledkem je návrh logického uspořádání modelu) a fyzického, jehož výsledkem je konkrétní vytvořený model ve zvoleném digitálním formátu dat.

1. Konceptuální model

Účelem chystaného datového modelu bude modelovat chování povrchu části reliéfu při náhodné havárii auta transportujícího kapalnou látku. Model bude použitý ve výzkumu rizik při transportu nebezpečných látek. Cílem prostorových analýz bude získat informace o rozsahu rozlivu z havarovaného auta unikající kapaliny. Bude tedy třeba co nejpodrobněji posat tvary reliéfu, které budou rozhodující o směru odtoku a jeho dosahu. Kvalita povrchu bude mít vliv na množství vsakující se kapaliny. Předpokládáme, že čím více bude povrch kapalině odolný, tím větší rozsah bude mít její rozliv. Dále potřebujeme zjistit, jaké následky bude mít případná havárie v kontaktu s životním prostředím. Datový model tedy musí obsahovat popis jednotlivých složek životního prostředí.

2. Logický model

Digitální datový model by měl vytvořit datovou základnu pro tvorbu digitální mapy krajiny s důrazem na vlastnosti povrchů ovlivňující chování uniklé kapaliny. Model by měl obsahovat geodata o těch složkách krajiny, které jsou v tomto směru relevantní:

- geologické podloží
- reliéf
- půdy
- vodstvo
- biota

Dále je potřebné získat data o antropogenním využívání krajiny (výtvarů člověka), konkrétně o:

- zemědělské aktivitě (způsob obhospodařování orné půdy, vymezení luk a pastvin)
- lesním hospodaření
- vodohospodářských dílech (meliorace apod.)
- komunikacích (silnice, železnice, komunikační tvary reliéfu)
- zastavěné půdě

Tvorba digitálního datového modelu je realizována integrací jednotlivých vrstev (navrstení) představovaných soubory tematicky a geometricky totožných prvků. Cílem je vytvoření homogenních areálů popsatečných souborem parametrů výchozích dat. Data budou reprezentována ve vektorovém formátu v liniových nebo plošných prvcích.

Liniové prvky: vodní toky, vodohospodářská díla (meliorační kanály), komunikace (železnice, silnice).

Plošné prvky: vodní plochy, geologické podloží, biota (chráněná území přírody a krajiny, územní systém ekologické stability, území chráněná legislativně v projektu NATURA 2000 - ptačí a habitatové rezervace, zemědělská půda, orná půda, zastavěná půda.

Reliéf bude reprezentován jednak ve vektorovém formátu dat (bodově výškové kóty, liniově vrstevnice a terénní tvary), dále ale z vektorových dat analyticky odvozeném digitálním modelem reliéfu ve formátu TIN (triangulated irregular network, model reliéfu vektorové povahy reprezentace dat) a ve formátu GRID rastrového formátu.



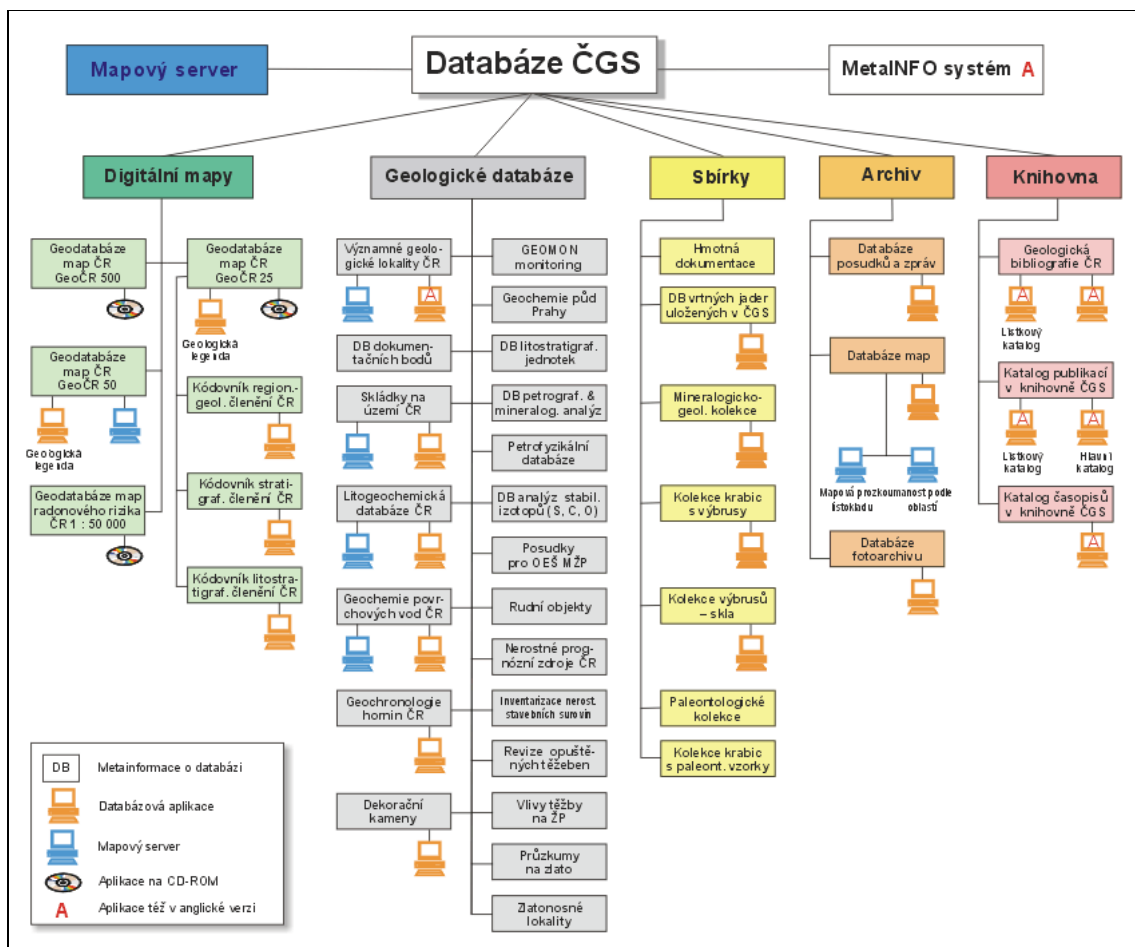
Obr. 1 Sendvičový model integrace vrstev v prostředí geografických informačních systémů

Zdroje dat pro tvorbu datového modelu - dostupné geoinformační databáze pro tvorbu modelu

Pro tvorbu digitálního datového modelu je vhodné využít existujících geoinformačních databází o území České republiky. Tyto databáze by bylo možné v základě rozdělit do dvou skupin podle typu organizace, která data sbírá a spravuje: (a.) veřejnoprávní a (b.) privátní. Především veřejnoprávní instituce (ministerstva, jimi zřizované příspěvkové organizace, samospráva) spravují rozsáhlé databáze prostorových dat a informací, jejichž výhodu lze spatřovat jednak v nižší pořizovací ceně dat a dále v garanci za správnost a aktuálnost předané informace.

a. **polohopis:** pro stanovení základního polohou je vhodné použít katastrální mapu nebo ortofotomapy.

b. **geologie:** Informace o charakteru horninového prostředí (geologického podloží) shromažďuje Česká geologická služba (ČGS) pověřená výkonem státní geologické služby v České republice. ČGS pracuje s největší databází geologických dat na území ČR. Ve své databázi má data analogová (nutná před vlastním vstupem do datového modelu projektu digitalizovat) i digitální (Obr. 2).



Obr. 2: Datové zdroje České geologické služby (<http://www.geology.cz/extranet/geodata/database>)

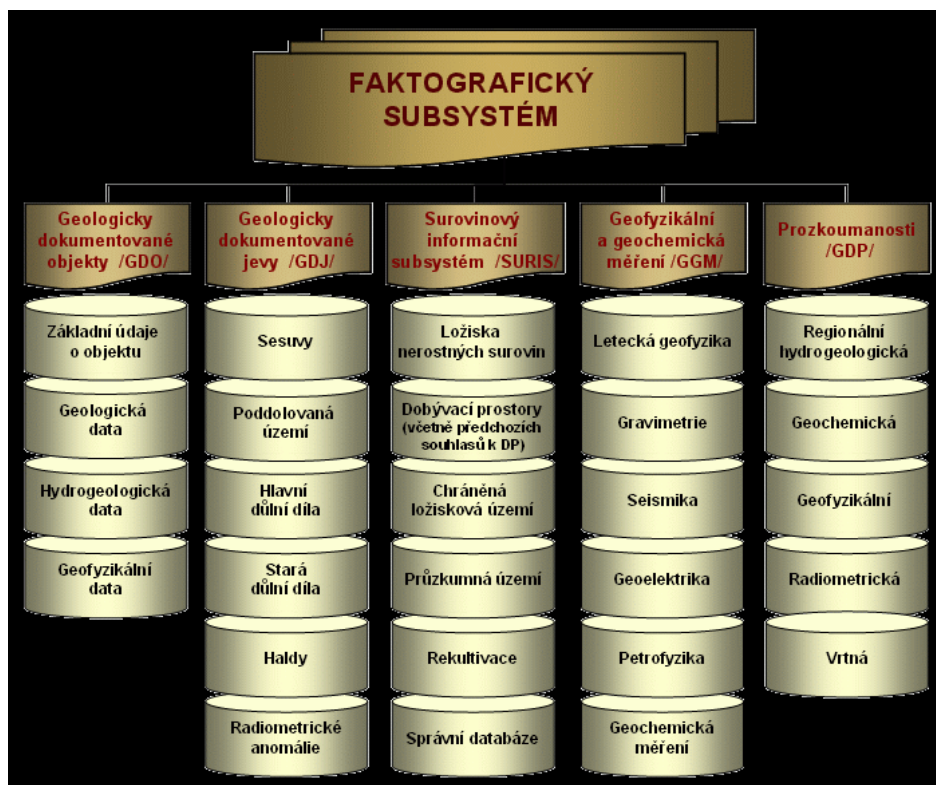
Pro účely projektu (podrobnost) jsou vhodné tyto databáze:

- **Soubor geologických a účelových map 1 : 50 000:** v současné době je dokončena digitalizace pro celé území ČR, obsahuje mapy kvartérních sedimentů rozlišených dle jejich geneze, mapy hydrogeologické mapy půdní a další.
- **GeoČR50:** databáze geologických map ve formátu Microstation DGN, vznik digitalizací geologických map 1 : 50 000.
- **GeoČR25:** databáze geologických map ve formátu Microstation DGN, vznik digitalizací geologických map 1 : 25 000, digitalizace hotova pouze pro 50% území ČR.

Z dalších databází ČGS lze zvážit využitelnost některých dalších databází, např. registr skládek. Data jsou přístupná za úhradu dle platného ceníku, některá zdarma ve formátu WMS (webová mapová služba). Všechna data jsou v souřadném systému S-JTSK.

Druhou organizací spravující data o geologii území je **Geofond ČR**. Je organizační složkou státu a shromažďuje a archivuje pro něj výsledky geologických prací z celého území ČR (Obr. 3). Ve vztahu k tématu řešeného projektu se jeví zajímavé především tyto databáze:

- Databáze hydrogeologických objektů (hydrovrty, prameny, studny, na kterých byly provedeny speciální hydrogeologické práce)
- Databáze poddolovaných území
- Databáze hlavních důlních děl
- Databáze starých důlních děl
- Databáze sesuvů a jiných nebezpečných svahových deformací



Obr. 3: Faktografický subsystém České geologické služby – Geofond (<http://www.geofond.cz/IS/fakta.html>)

c. reliéf: pro získání dat o charakteru reliéfu v žádoucí podrobnosti lze využít projekt ZABAGED (Základní báze geografických dat). Garantem projektu Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK). Jedná se o digitální topografický model území České republiky odvozený z mapového obrazu Základní mapy ČR 1 : 10 000. Obsah ZABAGED tvoří 106 typů geografických objektů. Data ZABAGED® se poskytují po celých mapových listech v kladu ZM 10. Formát dat je vektorový (DGN, SHP, GML), souřadnicový systém S-JTSK, WGS84 nebo S-42.

d. půdy: podkladem pro digitální datový model projektu může být:

- Syntetická půdní mapa ČR 1 : 200 000 vydaná Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy (VÚMOP, www.vumop.cz) Praha v roce 1993
- Půdní mapy ČR 1 : 50 000 (rastrové obrazy)
- celostátní databáze BPEJ (bonitovaných půdně-ekologických jednotek), databázi spravuje VÚMOP, formát Microstation; kód BPEJ stanovuje údaj o klimatickém regionu, půdní jednotce, kombinaci svažitosti a expozice, kombinaci hloubky půdy a skeletovitosti.

e. vodstvo: základní databázi spravovanou ministerstvem zemědělství a životního prostředí je Informační systém veřejné správy – voda (ISVS-VODA). Objekty ISVS-voda jsou stanoveny dle vyhlášky 7/2003 Sb., o vodohospodářské evidenci. Součástí informačního systému jsou tyto evidence využitelné ve vztahu k tématu projektu:

- Evidence vodních útvarů: včetně silně ovlivněných vodních útvarů a umělých vodních útvarů
- Evidence ochranných pásem vodních zdrojů
- Evidence vodních děl k vodohospodářským melioracím pozemků (stavby k zavlažování pozemků, stavby k odvodňování pozemků)
- Evidence záplavových území

Data ve vektorovém digitálním formátu (ESRI SHP) jsou dostupná zdarma v podobě Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). Jedná se o tematickou vodohospodářskou nadstavbu ZABAGED v referenčním měřítku (s polohovou přesností) 1 : 10 000. Databázi spravuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV T.G.M., www.vuv.cz/oddeleni-gis/).

3. Fyzický model

Model bude fyzicky vytvořen ve formátu topologické prostorové databáze ESRI File Geodatabase v programu ESRI ArcGIS 10.0. Pro jednotlivé vrstvy (Obr. 1) budou vytvořeny třídy prvků (Feature Class). Nebudou tvořeny žádné datové sady (Dataset), ani tologická pravidla.

2.9 Kontrolní otázky a náměty pro další studium

Prostudovali jste s úspěchem text této kapitoly? Pokuste se o zodpovězení těchto otázek a vyřešení těchto úkolů.

1. Máte za úkol navrhnout a připravit datový model území Liberce. Navrhněte dvě vrstvy s diskrétními hodnotami a dvě vrstvy s kontinuálními hodnotami.
2. Máte za úkol změnit prostorové rozlišení rastru jeho zvětšením. Původní rozlišení je 10 m a tento soubor na disku počítače představuje 10 MB dat. Jak bude velký soubor dat na disku počítače, pokud převzorkujete rastr na rastr o rozlišení 5 m?

3 Prostorové analýzy

Především kapitoly definovaly prostorová data a proces jejich vzniku v digitálním formátu s využitím technik tvorby prostorových datových modelů. Zajištění metodicky správného vzniku datového modelu představujícího určitou část reality je nezbytnou podmínkou pro další využití počítačové techniky k manipulaci s daty. Data v prostředí GIS potřebujeme spravovat. K tomu slouží základní operace známé z jakéhokoli jiného souborového systému (tedy jejich kopírování, vytváření, přejmenování, opatřování metadaty, přesouvání, konverze a editace). Podstatnou částí geografických informačních systémů jsou ale analýzy prostorových dat či **prostorová analýza**. Označujeme tak soubor technik, které prostorovým datům přidávají informaci o jejich významu. Nejzákladnějšími prostorovými otázkami jsou dotazy na polohu, tedy "Kde to je?" a vlastnost prvku "Jaké to je?". Později se zajímáme o to "Proč to takové je?" a hledáme důvody způsobu chování (vlastnosti) jednoho prvku a odlišného chování (vlastnosti) jiného prvku stejné třídy (např. hledáme vysvětlení pro výskyt onemocnění v jednom okrsku města, zatímco v jiném se nevyskytuje). Toto hledání nezávislých proměnných je nazýváno **regresivními a korelačními analýzami** a patří k sofistikovaným metodám prostorových analýz využívajících aparát statistiky. O hledání korelujících jevů a vlastností se lze ale pokoušet i vizuální analýzou dat, která, ač může být založena na pouhém využití lidského zraku a mozku (tedy přemýšlení s využitím znalostí a zkušeností experta pracujícího s GIS), patří mezi snadné, ale zároveň i účinné metody prostorové analýzy dat. Na ukázkový případ tohoto druhu analýzy je upozorněno v jedné z následujících kapitol.

V neposlední řadě uvedme, že analyzovat prostorová data musí i tvůrce mapy (v ideálním případě vybavený kompetencemi kartografa) při vytváření digitálního kartografického modelu a mapy, jak o tom hovoří např. Kraak a Ormeling v jejich monografii *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (Second Edition 2003) a široce diskutuje i Longley-Goodchild-Maguire-Rhind (2011). Pouze poučený uživatel GIS se znalostí prostorových konceptů a metod kartografie může zvolit vhodnou kartografickou metodu a znak pro interpretaci vlastností v mapě zobrazovaných jevů s tím, že maximálně využije možnosti graficky vyjádřit prostorovou zákonitost. Takto vytvořená mapa se může stát prostředkem pro další prostorové analýzy, při kterých budou hledány korelující jevy a vzory v distribuci prostorových jevů. Stejní autoři ve shodě s celou komunitou expertů GIS připomínají, že "efektivní prostorové analýzy vyžadují inteligentního uživatele, nikoliv pouze výkonný počítač" (Longley-Goodchild-Maguire-Rhind 2011).

● CÍLE KAPITOLY

Kapitola vás seznámí:

- se základními pojmy analýz prostorových dat
- se třemi geografickými koncepty, od kterých se odvozují všechny prostorové analýzy

Po dokončení studia této kapitoly budete:

- umět definovat prostorové analýzy geografických dat
- znát tři základní koncepty prostorových analýz - koncept polohy, vzdálenosti a plochy
- znát techniky a metody prostorové analýzy vektorových i rastrových dat

Prostorovou analýzou rozumíme soubor takových technik, jejichž výstupy vznikají v závislosti na poloze studovaných jevů.

Základ prostorových analýz je v prostorovém konceptu. Pro pojetí metod prostorových analýz jsou rozhodující tři základní prostorové koncepty:

1. koncept polohy,
2. koncept vzdálenosti a
3. koncept plochy.

Ačkoliv v geografických informačních systémech pracujeme s prostorovými a v užším smyslu pojmů s geografickými daty, techniky prostorových analýz jsou uplatnitelné ve studiu jakýchkoli, tedy i negeografických prostorových systémů. Dáváme proto přednost pojmu „prostorové analýzy“ před „geografické analýzy“, jakkoliv (jak připouští Goodchild In Shekhar-Xiong 2008) pojmy analýzy prostorových dat, prostorové analýzy a geografické analýzy mohou být často bez problémů zaměňovány. Příkladem jiných oborů, ve kterých lze uplatňovat metody prostorových analýz, může být neurologie (studium mozku a neurálních sítí), genetika (studium lidského genomu) nebo astrofyzika a výzkum vesmíru. Intenzivní zájem o prostorové analýzy se datuje do 60. let 20. století, kdy byla na vrcholu tzv. kvantitativní revoluce v geografii.

Prostorové analýzy jsou pro geografické informační systémy klíčovou částí oboru. Tento význam plyne ze skutečnosti, že jsou to právě prostorové analýzy, které prostorovým datům přidávají hodnotu jejich přeměnou v použitelnou informaci.

Definice pojmu prostorová analýza

[1] Prostorové analýzy jsou souborem technik jejichž výsledky závisí na poloze studovaného objektu nebo jevu (Longley-Goodchild-Maguire-Rhind 2011).

[2] Analýzy prostorových dat odkazují na soubor technik navržených pro hledání prostorových vzorů, detekování anomálií nebo testování hypotéz a teorií prostorových dat (Goodchild In Shekhar-Xiong 2008).

3.1 Metody prostorových analýz

Metody prostorových analýz se začaly formulovat ještě před formulováním GIS jako samostatného vědního oboru. Jedná se často o zcela jednoduché široce využívané metody práce s prostorovými daty, které známe ze studia a z manipulace s analogovými – papírovými mapami. Příkladem takových metod jsou metody kartometrických analýz obsahu map spočívající v měření délek liniových prvků nebo ploch plošných prvků. Mezi různými vlastnostmi stejných objektů nebo různých objektů lze hledat vztahy a vysvětlení příčin zaznamenaných rozdílů a korelace studovaných jevů. Na papírových mapách lze vizuální analýzou a interpretací hledat vzory v distribuci (rozmístění) objektů a jevů.

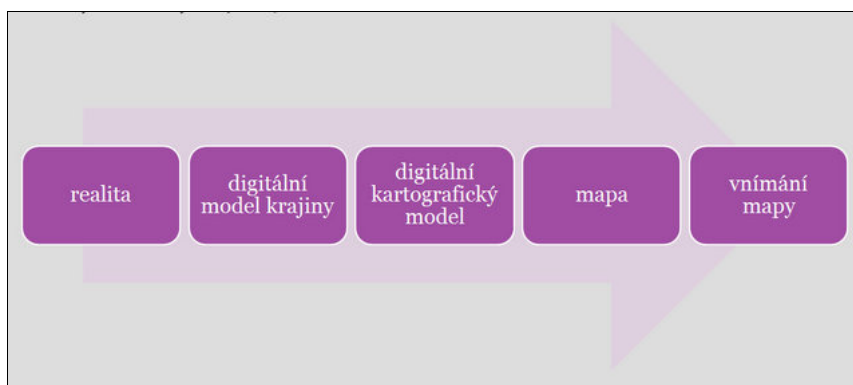
Stejně metody prostorové analýzy papírových map, které byly prováděny a stále je možné je provádět vizuálně bez použití počítače (ať již nad papírovými nebo i elektronickými mapami na monitorech a tabletech) lze provádět nad digitálními daty v prostředí počítače jejich automatizováním. V počítači prováděné prostorové analýzy mají ve srovnání s těmi „lidským okem a mozkem“ řešeními mohou být rychlejší, přesnější a spolehlivější. Přesto je nutné pamatovat na to, že efektivních prostorových analýz (tedy přesných, spolehlivých, správných a rychlých) lze dosáhnout jen v komplexu s jejich inteligentním uživatelem. Pouhý výkonný počítač nikdy nenahrazuje lidskou zkušenost a znalost specifických chování jednotlivých vlastností studovaných prostorových objektů a jevů. Nároky na odbornost uživatelů narůstají s množstvím aplikací, ve kterých se GIS používají k prostorovým analýzám dat. Základem odbornosti zůstávají znalosti a dovednosti z oborů geoinformatiky a kartografie. Pro výběr vhodných analytických kroků, pro interpretaci dosažených výsledků i pro volbu správně vizualizačních metod jsou nezbytné znalosti metodologie výzkumu aplikačních oborů. Bez těchto znalostí může docházet buďto ke zcela špatným interpretacím, nebo i k interpretacím správným, ale díky chybějícím expertním znalostem nejsou metody prostorových analýz využity v takové šířce a hloubce, jak by to bylo možné například v týmu s expertem na danou aplikační oblast. Právě ve využívání funkčních interdisciplinárních týmů je velký potenciál prostorových analýz a GIS obecně.

Tvorba tematické mapy jako prostorová analýza

Jak připouští řada autorů (např. Longley...), existuje část geoinformatické komunity s tendencí přehlížet význam tvorby (tematických) map jako součást aplikací GIS. Těžiště významu GIS spatřují v sofistikovaných, komplexních, matematicky podložených prostorových analytických metodách. Oponovat názoru, že i "méně sofistikované" metody tvorby tematických map patří k analytickým metodám prostorových dat lze dvěma argumenty:

1. Součástí funkcí GIS je zajištění výstupů, tedy vizualizace geografických dat. Převažující metodou vizualizací jsou mapy, jejichž tvorbu sice řeší programy GIS automatizovaně a poloautomatizovaně, nicméně i zde, stejně jako v případě prostorových analýz, lze tvrdit, že pouze poučený, vzdělaný uživatel ovládající počítač je zárukou vzniku hodnotné a správné mapy.
2. Proces tvorby mapy zahrnuje fázi volby správné kartografické metody. To je možné jen naprostým pochopením zobrazovaných objektů a jevů a jejich vlastností. Tvůrce mapy tedy přiznává na základě svých znalostí prostorových datů takový kartografický znak, který odpovídá informaci, již chce předat čtenáři mapy. Bez prostorového analytického myšlení by tedy nebylo možné tvořit správné mapy (Obr. 1).

Jak oba argumenty dokládají, pro tvorbu map je nezbytné analyzovat prostorovou složku dat, metody tvorby map jsou tedy součástí prostorových analýz.



Obr. 1 Začlenění fáze analýzy prostorových dat v procesu tvorby map v geografických informačních systémech. V tomto procesu je směrem zleva doprava znázorněn proces přeměny vybrané části reálného světa (reality) v digitální prostorový datový model (v pojetí autorů tzv. digitální model krajiny). Ve stejný okamžik, kdy libovolný software geografických informačních systémů zobrazuje datovou sadu v její geometrické prostorové reprezentaci, dochází k tvorbě znakového klíče a uvedený proces se dostává do fáze tvorby digitálního kartografického modelu. Tím označujeme "mapu" v okně programu sestavenou z uživatelem zvolené kombinace vrstev a jejich prvků vyjádřených mapovým znakem podle zvolené kartografické metody odpovídající typu znázorňované a prostorově interpretované (analyzované) vlastnosti. Mapa v pravém slova smyslu vzniká až kombinováním v předchozí fázi digitálního kartografického modelu vytvořeného mapového náhledu (mapového pole) s dalšími nezbytnými kompozičními prvky map, kterými jsou především název mapy, legenda, měřítko a tiráž mapy. Vytvořená mapa je předána uživateli, který ji přidává další (a závěrečný) rozměr tohoto procesu tím, že ji na základě svých zkušeností a znalostí interpretuje (vnímání mapy).

Upraveno s využitím Kraak-Ormeling 2003

Co je a co není prostorová analýza

Pouze část analýz dat můžeme označit jako prostorovou. Příkladem lze uvést stanovení průměru a mediánu věku obyvatel v Libereckém kraji. Jednoduchým statistickým vyhodnocením získáme dva údaje. Takto provedená analýza nesleduje žádnou souvislost s prostorovou distribucí jevu. V okamžiku, kdy budeme každý jednotlivý údaj lokalizovat v dvourozměrném prostoru (souřadnicí x, y) a reprezentovat bodem, lze začít analyzovat prostorovou distribuci jevu a odpovídat na otázky:

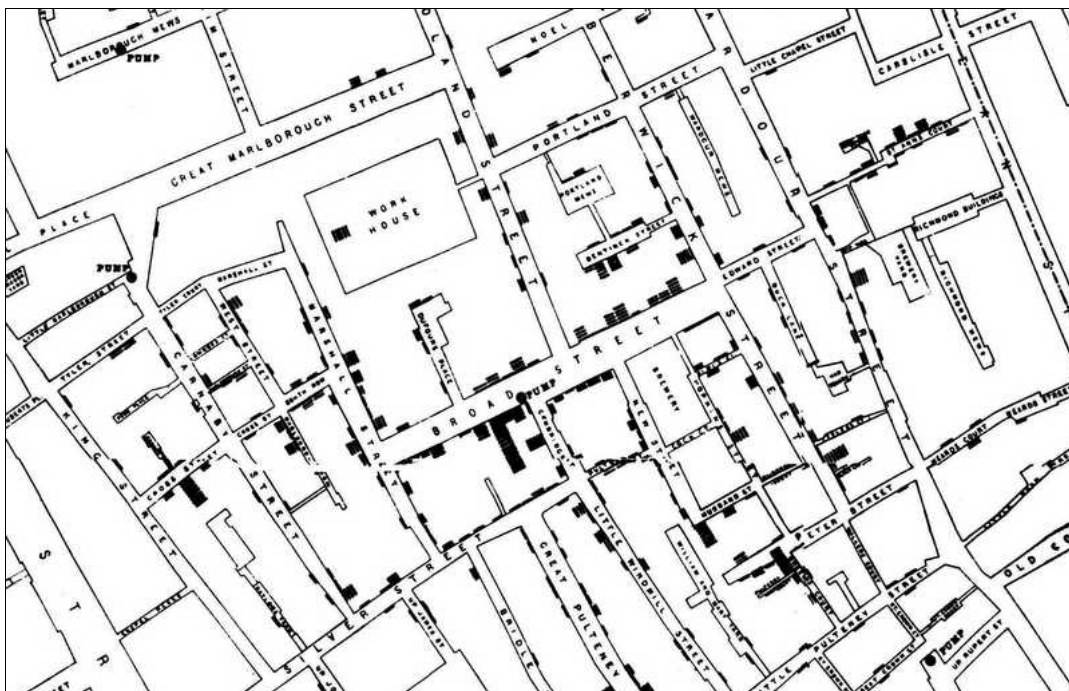
- V kterých obcích je jaký průměrný věk obyvatel?
- Které obce mají medián věku jejich obyvatel pod mediánem věku celého kraje?
- Existuje souvislost mezi průměrným věkem obyvatel obce a její vzdáleností od regionálního a subregionálního centra?
- Koreluje data věku obyvatel a nejvyššího stupně dosaženého vzdělání?

Pro položené otázky lze získat odpověď prostřednictvím dat a informací jako výstupů prostorových analýz.

Jiné vysvětlení rozdílu mezi prostorovou a neprostorovou analýzou nabízí Michael F. Goodchild (in Shekhar-Xiong 2008). Analýzy jsou prostorové pouze tehdy, když jejich výsledky nejsou invariantní (tedy neměnné) po změně polohy (relokaci) analyzovaných objektů. Jinými slovy analýza je prostorová, pokud v ní (spolu)rozhoduje poloha analyzovaných objektů.

3.2 dr. John Snow, epidemiolog a „praotec“ prostorových analýz

Pokud bychom měli zapátrat v historii po dobrých mapách, které představují v dnešních učebnicích příklady zlomových okamžiků vývoje disciplíny, narazíme v mnoha odborných textech na odkaz na mapu cholery v centrálním Londýně, jejímž autorem je John Snow (LeGates 2005, Pamuk 2006, Lonley-Goodchild-Maguire-Rhind 2011 aj.). Epidemie cholery nejsou naneštěstí jen zdravotním problémem minulosti, ale i současnosti. A to paradoxně i přesto, že dnes máme dost poznatků o způsobu šíření nemoci, jejích příčinách a možnostech, jak vypuknutí epidemie zabránit. V polovině 19. století ale převládal názor, že nemoc je šířena nezdavým vzduchem. Je tedy pochopitelné, že když v roce 1854 přišel dr. John Snow s odlišným názorem, musel se vyrovnat s odporem lékařské komunity. Přitom jeho úvaha byla z našeho dnešního pohledu prostá: četnost výskytu případů cholery se smrtelnými následky v londýnské čtvrti Soho prostorově koreluje s rozmištěním veřejných pump, ze kterých nakažení odebírali pitnou vodu. Této závislosti se povšiml v okamžiku, kdy zaznamenal výskyt cholery do domů a ulic a do stejné mapy zakreslil i veřejné pumpy (Obr. 1).



Obr. 1 Mapa výskytu smrtelných případů onemocnění cholerou v londýnské čtvrti Soho v roce 1854 do Johna Snow, lékaře, epidemiologa. Jedná se o pouhý výřez údajně původní verze mapy (v pozdější době byla často překreslována a interpretována, viz i Obr. 2), na kterém je zobrazeno okolí konatminované veřejné pumpy na Broad Street. John Snow si pečlivým záznamem všech úmrtí na následky cholery (na tomto obrázku ne nejlépe rozeznatelné čárky slivající se do černých ploch v jednotlivých domech) povšiml shlukování výskytů v okolí jediné pumpy, zatímco jiné pumpy (černý bod s textovým označením "PUMP") jsou pouze na okraji epucentra výskytu. Usoudil na vzájemnou závislost obou jevů a v následujícím období uzavřením pumpy svou domněnku prokázal.

Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Snow-cholera-map-1.jpg>

Body nemoci vytvářely klastry (shluky) v blízkosti pumpy na Broad Street. Výskyt nemoci a pump se tím ukázal jako nenáhodný, na sobě závislý. Myšlenku mu potvrdila i skutečnost, že některé domácnosti používali vlastní vodovod a nemoc se u nich neprojevila. Práce Johna Snowa není excelentním kartografickým dílem (ostatně je považován za zakladatele moderní epidomologie, nikoliv kartografie). Díky brilantnímu prostorovému uvažování však dokázal objevit prostorovou souvislost mezi výskytů smrtelného onemocnění cholery a veřejnou pumpou na Broad Street. Jeho názor se ukázal jako správný po té, co byla epidemie zastavena zastavením odebírání vody z kontaminované pumpy. Bylo vyvrácen názor, že cholera se šíří vzduchem a přijat nový a správný poznatek o jejím šíření kontaminovanou vodou. Originální mapa od Johna Snowa byla až do současnosti mnohokrát interpretována a překreslena (porovnej např. s <http://nl.wikibooks.org/wiki/Bestand:Snow-cholera-map.jpg>). Jednou z nejnovějších jsou interaktivní webové mapové mashupy, které autoři uveřejnili na začátku roku 2013 u příležitosti výročí 200 let od narození tohoto Brita (Obr. 2).



Obr. 2 Mapa s daty o výskytu cholery, které sebral a do své mapy z roku 1854 zakreslil John Snow, přepracovaná pro interaktivní podobu. Nutno uznat, že na mapě je poznat její tvorba kartografem (nebo přinejmenším dobrým grafikem) a ve výsledku je přehlednější, než její originál. Data pro vytvoření mapy jsou volně dostupná (<http://blog.rtwilson.com/updated-snow-gis-data/> nebo <http://developers.cartodb.com/examples/john-snow-s-cholera-map.html>) a lze tedy vytvořit vlastní verzi mapy (podobně, jako se o to pokusila řada jiných autorů, viz např. <http://blog.rtwilson.com/john-snows-cholera-data-in-more-formats/>). Na mapě lze jasně a vizuálně analyzovat prostorovou distribuci (vzor) výskytů nemoci do shluku s centrem v místě veřejné pumpy na Broad Street.
Zdroj: Rogers 2013

Práce doktora Johna Snowa je považována za jeden z prokazatelně doložených případů prostorové analýzy. Soudobou terminologií používanou v geografických informačních systémech bychom řekli, že hledal nezávislou proměnnou pro výskyt cholery a našel ji v rozmístění veřejných pump.

4 Aplikace geografických informačních systémů

V případě geografických informačních systémů lze stroze a přitom pravdivě konstatovat, že jejich uplatnění je široké. Dokládají to aplikace, které jsou mnohdy značně vzdálené od geografie, jejíž metody byly pro rozvoj vlastní metodologie a technik GIS rozhodující. Snad jen s malou nadsázkou, možná i bez nadsázky, lze tvrdit, že pro každé písmeno abecedy najdeme nejméně jednu oblast aplikování metod geografických informačních systémů (BOX 1). Důvodem tak

} “Množství aplikací GIS je limitováno pouze naší představivostí, jak jej lze využít.”

Jack Dangermond,

prezident firmy ESRI

—● CÍLE KAPITOLY —

Kapitola vás seznámí:

- se specifiky prostorových datových modelů nahrazujících realitu v digitálním prostředí

Po dokončení studia této kapitoly budete znát:

- rozhodnout se o míře zjednodušení vašeho datového modelu
- navrhnout prostorový datový model na příkladu ESRI geodatabase

BOX 1 Aplikace geografických informačních systémů

A

- archeologie
- agronomie

B

- botanika
- biocenologie
- biogeografie

C

- Census

D

- doprava

E

- epidemiologie
- ekologie
- ekonomika

F

- fytocenologie

G

- Geologie, Mineralogie

H

- hydrologie
- hygiena

I

- inženýrské sítě

K

- klimatologie
- krizové řízení
- kartografie
- kriminalita

L

- lázeňství
- logistika

M

- meteorologie

O

- obrana
- ornitologie
- ochrana přírody

P

- protipovodňová ochrana
- polohovací systémy
- Půdní informatika

R

- radiostanice

S

- služby

U

- uzemní plánování a rozvoj

V

- vojenství, válka

Z

- zoologie
- zdravotnictví
- zdraví
- zemědělství

4.1 Aplikace geografických informačních systémů v regionálním rozvoji a územním plánování

Metody zpracování prostorové informace v digitální formě zastřešuje geoinformatika. S jejich aplikací v praktické oblasti činnosti člověka se setkáváme ve velkém množství vědeckých disciplín i v hospodářství a veřejné správě. Sdílení digitální prostorové informace a metody jejího zpracování nabývá na významu, který při studiu praktických dopadů studia geografie nelze opomíjet. Data a i z nich získávané informace slouží v tzv. systémech pro podporu rozhodování využívaných v krizovém řízení, územním plánování, managementu privátních i státních společností.

Z dalších aplikací mají geografické informační systémy významné místo v řízení energetických a vodohospodářských soustav, řešení krizových situací jakými jsou povodně či havárie, ve správě chráněných území a geologických ložisek, v lesnictví, v meteorologii či třeba v zemědělství. Krajské úřady věnují geografickým informačním systémům patřičnou pozornost jako nástroji významně napomáhajícímu vytvářet rozvojové a koncepční dokumenty kraje – územní plány, koncepce rozvoje kraje či třeba optimalizace dopravní obslužnosti. Obdobně se setkáváme s užíváním GIS na všech úrovních státní správy a samosprávy.

Krizové řízení

Geografické informační systémy pomáhají efektivně koordinovat zajištění pomoci obyvatelstvu v případě krizových situací, jakými jsou požáry, průmyslové havárie, povodně. V příhraničních regionech, kupříkladu na Ostravsku, pomáhají zajistit v případě potřeby pomoc záchranářských sborů v blízkém Polsku. Zásahová vozidla vyjíždějící poskytnout rychlou lékařskou pomoc nebo zakročit proti požáru jsou ve velkých městech světa již běžně navigována za pomoci GIS, které se starají o vyhledání aktuálně nejrychlejší trasy.

Mezi krizové situace časté pro území našeho státu patří povodňové stavy. Pro minimalizování škod se připravují tzv. povodňové plány, které zahrnují jak mapové podklady, tak i textové části. Jejich digitální podoba připravovaná již za pomoci nástrojů GIS pro modelování povodňových situací, se obecně nazývá jako digitální povodňový plán. Elektronické mapy připravené v GIS mají tu výhodu, že lze jejich obsah pružně upravovat dle nových skutečností, které se v případě povodňových stavů vyvíjí mnohdy velice dynamicky. Pro starosty je dnes již nemyslitelné, že by v případě ohrožení jejich obce povodňovou vlnou nesledovali v pravidelných hodinových intervalech hláskou a předpovědní službu Českého hydrometeorologického ústavu (http://hydro.chmi.cz/ips_ihc4/) o průtocích říčním korytem nad jejich územím a Vodohospodářský informační portál spravovaný Ministerstvem zemědělství ČR (<http://www.povodi.cz/>). Díky tomu mohou přijímat rozhodnutí o případných opatřeních. Digitální povodňové plány krajů a měst obsahují vymezení zátopových území v případech x-leté vody. V těchto územích je následně omezoována hospodářská činnost a výstavba (<http://maps.kraj-lbc.cz/mapserv/dpp/>).

Územní rozhodování a regionální rozvoj

Územní plány, vznikající jako jedny z nejdůležitějších koncepčních dokumentů každé obce, byly po dlouhou dobu připravovány výhradně za pomoci tzv. CAD (Computer Aided Drawing/Design) systémů. Ty dokázaly připravit co do přesnosti precizní mapové přílohy, ale digitální data zůstávala dále téměř bez užitku. Dnes vznikající územní plány jsou zpracovávány stále častěji nástroji GIS. Využívány jsou přitom nejrozličnější prostorové analytické nástroje GIS. Vzniklé datové vrstvy jsou i v období po vzniku územního plánu využívány jako podklad pro další rozvojové dokumenty a pomáhají hledat řešení územních problémů. Zcela bez výjimky hrály hlavní roli GISy při pořizování územních plánů všech vyšších územně správních celků ČR. Takto vzniklé datové sady jsou nadále intenzivně využívány napříč všemi odbory krajských úřadů k vytváření dalších tematických vrstev potřebných pro nejrůznější územní rozhodnutí. Data GIS o území spravovaném příslušným krajským úřadem jsou prezentována veřejnosti na internetu pomocí tzv. mapových serverů.

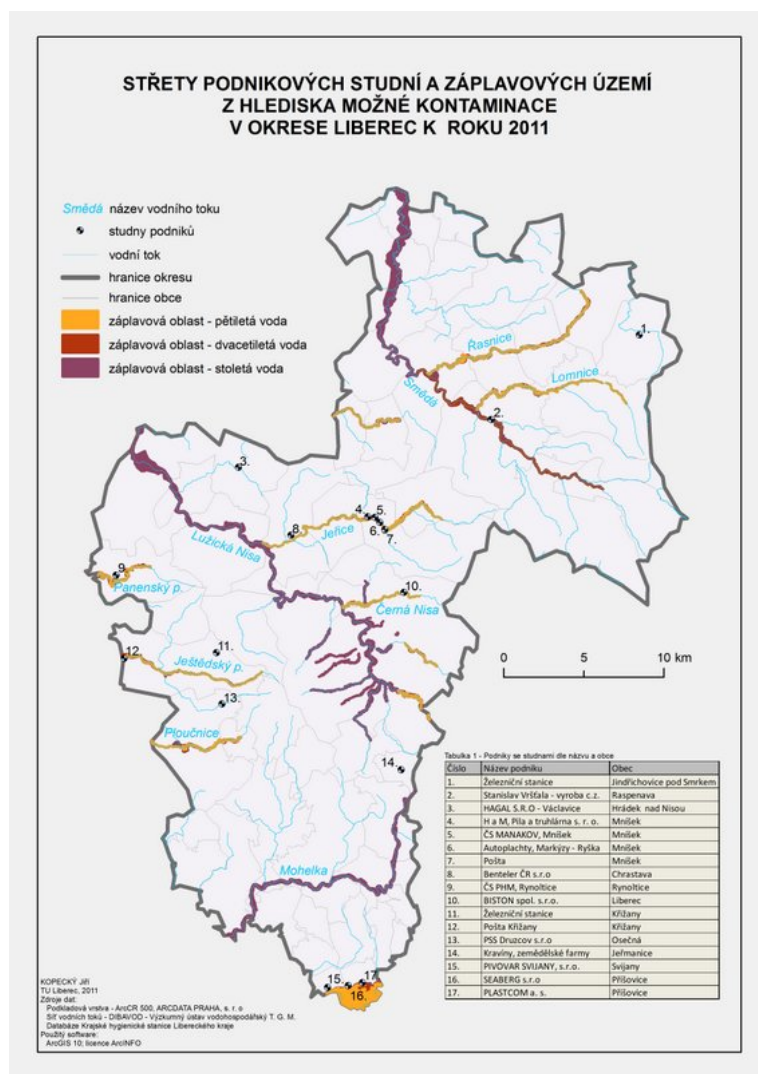
4.2 Aplikace GIS a prostorových analýz v geografii medicíny

Geografie medicíny je definována jako odvětví humánní geografie zabývající se geografickými aspekty zdraví, nemocí a zdravotní péče (Shekhar-Xiong 2008). Data používaná pro studium prostorovosti uvedených jevů jsou studována jako bodová (tedy bodové výskyty jednotlivých onemocnění apod.) nebo agregovaná za regionální jednotky (např. výskyt rakoviny na 1000 obyvatel v obci). Studována je prostorová distribuce nemocí a úmrtí a hledány jsou korelující jevy, které by označovaly kombinaci různě významných příčin. Jedním z prvních vědců, který se úspěšně pokusil o korelační analýzu, tedy o nalezení nezávislé proměnné pro výskyt smrtelných onemocnění cholerou byl v 19. století dr. John Snow, který prostorové analytické myšlení uplatnil při vypuknutí epidemie cholery v londýnské čtvrti Soho v roce 1854 (více viz [samostatná kapitola](#)). Od té doby se posunuly metody mimo jiné směrem k používání digitálních datových modelů a provádění prostorových analýz v počítačovém prostředí. Podobné úvahy o zákonitostech v prostorových vzorech výskytu nemoci ale vedou experty k používání metod testování hypotéz, víceúrovňového modelování, regrese analýz více proměnných. Povahy studovaných jevů vyžaduje pozornost časovým řadám a studiu kvality životního prostředí (geologie, geohydrologie, pedologie).

Využití geografického informačního systému v práci Krajské hygienické stanice

Příklad aplikace 1: zpracování dat lymeské boreliózy od roku 2001 do současnosti v podobě mapových výstupů. Cílem bylo získat zobrazení incidence lymeské boreliózy v místech nákazy, incidence v závislosti na klimatických oblastech a na reliéfu a výskytu vodních toků. Výstupem byly tři mapy. Využití na krajské hygienické stanici je v rámci prezentací, zpracovávaných zpráv, informací lékařům a na webovské stránce.

Příklad aplikace 2: zpracování dat podniků, které mají vlastní studnu a které disponují chemickými látkami. Cílem bylo získat zobrazení studní v okrese Liberec, jejich umístění z hlediska možných záplav. Navíc pomocí GIS jsme chtěli lokalizovat podniky s chemickými látkami v okrese Liberec a v Liberci a namodelovat možné kontaminace při havárii vůči vodním zdrojům a vodovodům. Výstupem jsou čtyři mapy. Využití map bude při státním zdravotním dozoru, při prezentaci a jejich využití je i v práci Hasičského záchranného sboru Libereckého kraje.



Obr. 1 Střety podnikových studní a záplavových území z hlediska jejich možné kontaminace v okrese Liberec k roku 2011. Příklad jednoduché prostorové analýzy vytvořené jako výstup digitalizace tabulkových negeometrických dat Krajské hygienické stanice v Liberci do formátu prostorového datového modelu GIS ESRI File geodatabase. V elektronické podobě nyní slouží libereckým hygienikům k analyzování možného ohrožení a nezbytného omezení používání studní k odběru vody v případech povodňového ohrožení (Zdroj: Jiří Kopecký, FP TUL, 2011)

Etický aspekt používání geografických informačních systémů při studiu nemocí a zdraví

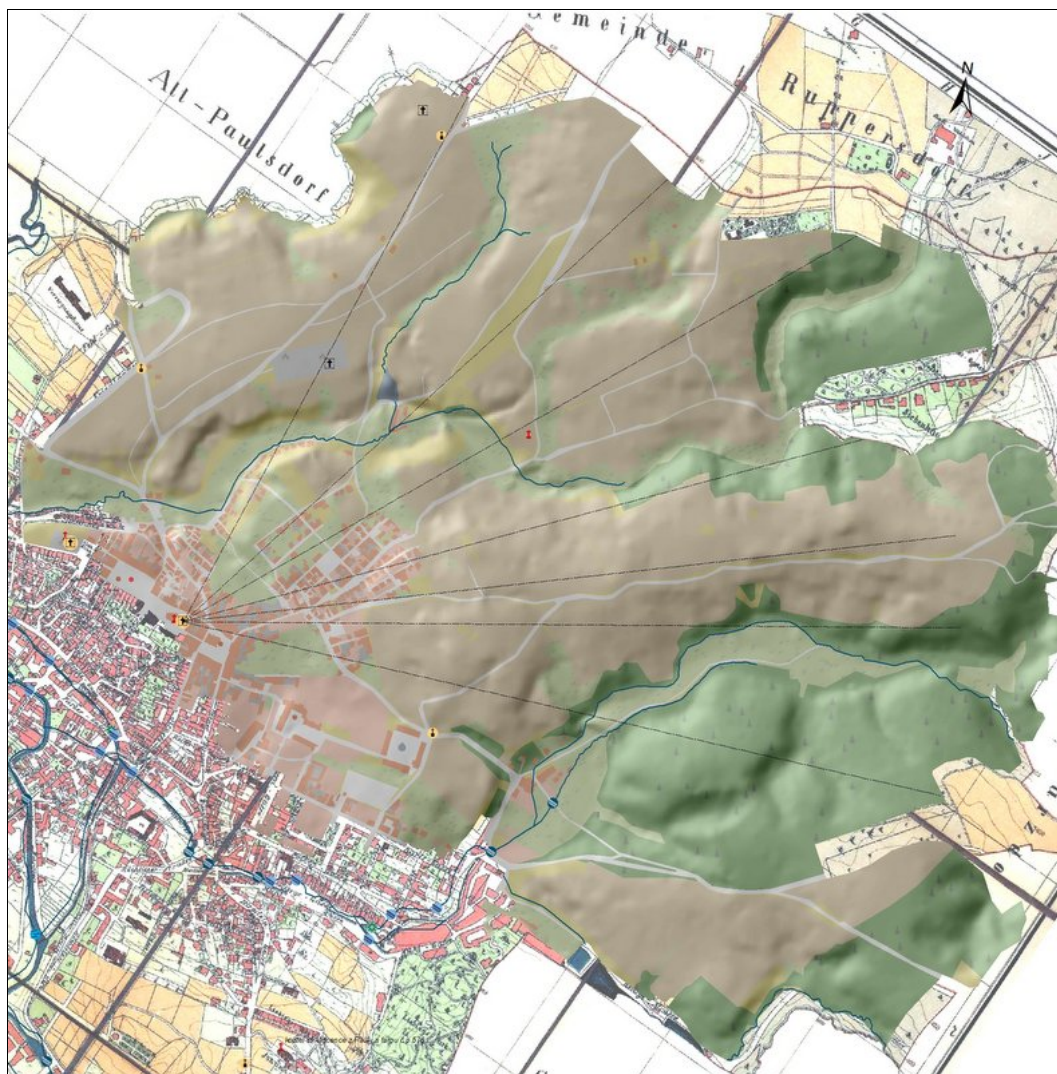
Data používaná ve výzkumu prostorovosti nemocí a zdraví patří mezi data a informace, se kterými je nezbytné zacházet s nejvyšší opatrností. Většina dat patří mezi citlivé osobní údaje, které je nutné chránit pro ochranu soukromí lidí. Výsledky prostorových analýz nemocí mají pozitivní dopad na lidské zdraví v případech, kdy se touto cestou prokáže příčinná souvislost (korelace) s jinými jevy a vlastnostmi objektů, a kdy odstranění negativních jevů povede k snížení až odstranění rizik vzniku onemocnění. Na druhou stranu jsou informace získané prostorovou analýzou zdravotnických dat zneužitelné díky neodborné manipulaci s nimi zahrnující neexpertní a zcestnou interpretaci získaných výsledků. Příkladem uvedme závažnost a citlivost informací získaných prostorovou analýzou výskytu onemocnění rakovinou v městě Liberci. Pokud by taková prostorová analýza byla provedena a výsledná mapa by se dostala na veřejnost a médiím, zcela jistě by vznikla řada neodborných interpretací a manipulujících závěrů. Mohla by být prozrazena identita pacientů, mohlo by dojít ke snaze změnit bydliště, následnému zvýšenému prodeji nemovitostí a ztrátě jejich hodnoty. Přitom by nemuselo být prokázáno, že výskyt onemocnění souvisí se stavem životního prostředí v dané lokalitě, pacient mohl být ovlivněn životním prostředím v

místě pracoviště nebo předcházejícího bydiště.

4.3 Aplikace geografických informačních systémů při zkoumání historie a časových změn

Běžné prostorové datové modely a analýzy prostorových dat pracují s prostorem v souřadnicích x a y , případně s třetí souřadnicí představující nadmořskou výšku (souřadnice z). Obor *History GIS* (Knowles-Kelly-Hillier 2008, Von Lünen-Travis 2013), tedy geografické informační systémy v historii, přidává ke studiu prostoru časový rozměr. Tento relativně nově se rozvíjející obor geografických informačních systémů se zabývá studiem starých map a využitím metod digitální kartografie a prostorových analýz. Zatímco geografické informační systémy studují prostorová data za účelem zjistit a popsat prostorové souvislosti v jejich distribuci, historický GIS krom jejich distribuce v prostoru studuje i jejich distribuci v čase (Knowles, Hillier, 2008). Data získaná studiem starých map, historických leteckých snímků, sborníků, adresářů a jiných textových, tabulkových a obrazových archivních dokumentů, lze analyzovat stejnými metodami, které se používají na současná data. Pomocí digitální kartografie a oboru web GIS lze mapové sbírky uložené v archivech digitalizovat a bezpečně sdílet s odbornou, ale i laickou veřejností. Předmětem studia se stávají časové řady dat a jejich analýzy.

Získané informace ukazují na změny ve využívání půdy (BOX 1, například porovnáním map stabilního katastru a současné krajinné struktury, Obr. 1), změny v říční síti a využívání pozemních a podzemních vod, vývoj komunikací (silnic a cest) nebo vývoj zastavěného území ve struktuře obce (Obr. 2).



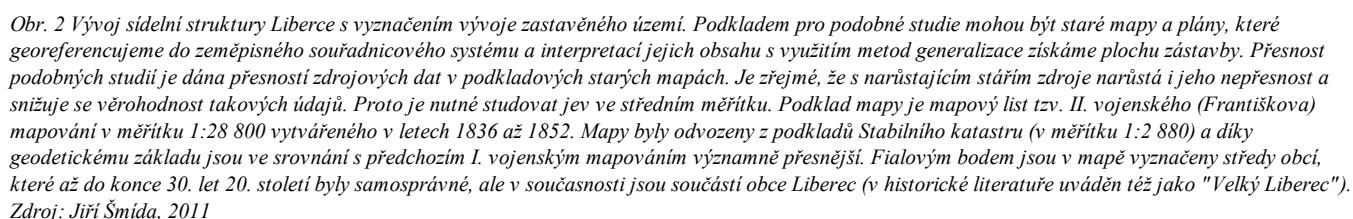
využití půdy	druh
jiné (neurčené)	splav
zahrady	mlýn
louky	lávka přes potok
pastviny	most přes řeku
pole (role)	nádrž, studna, cisterna
lesy	boží muka
zastavěné plochy	kaple
vodní plochy	kostely
hřbitov	kříž
silnice, ulice	milník

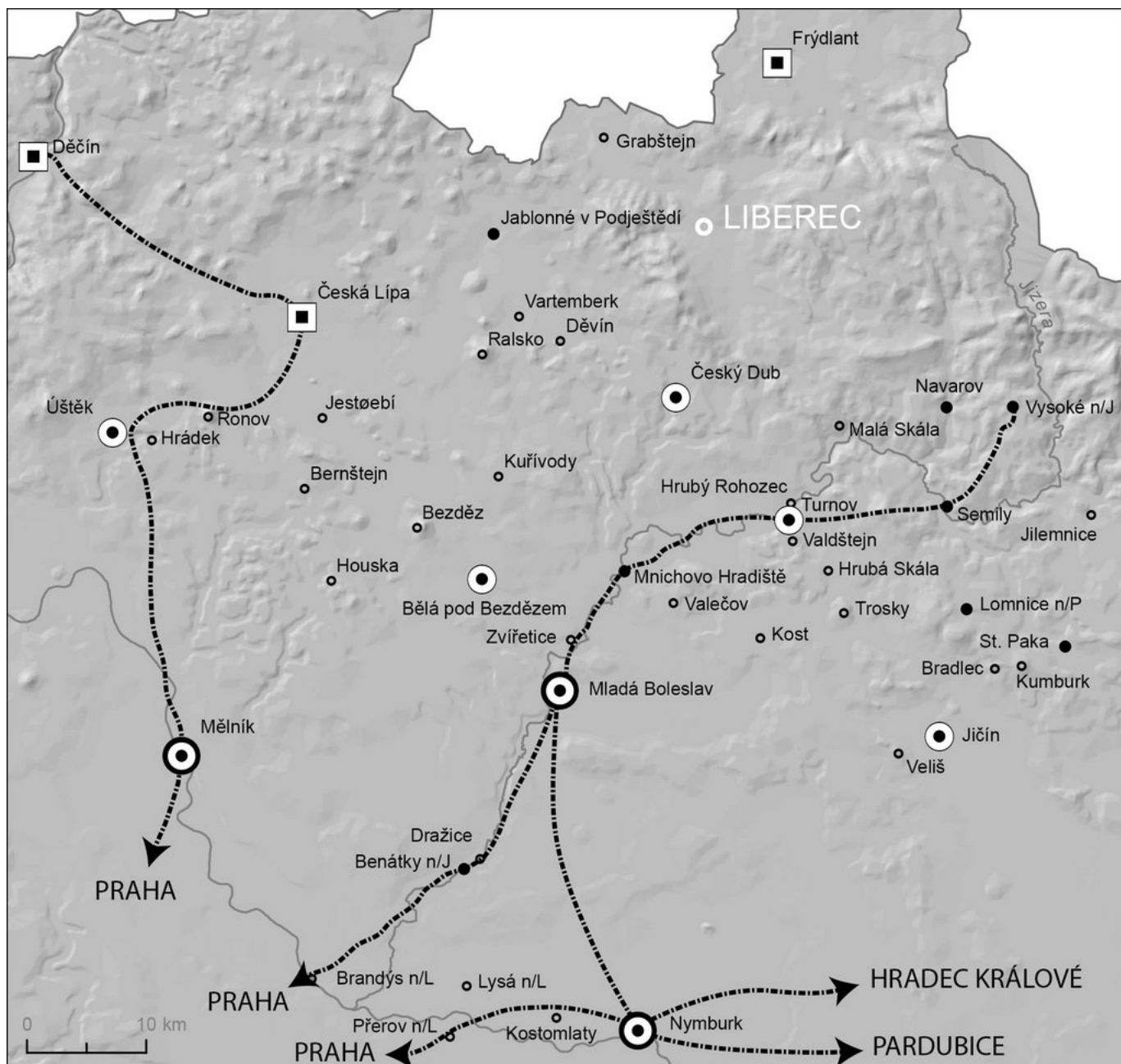
Obr. 1 Liberec, land use v severní části města vytvoření analýzou a digitalizací map Stabilního katastru (1826-1843). Mapa je doplněna o říční síť ze stejného zdroje a bodové objekty představující objekty využívání vody (splavy, mlýny, dále mosty a lávky přes řeku a nádrže, studny a cisterny) a sakrální památky (drobné sakrální památky jako boží muka, kaple a kříže, dále kostely). Říční síť získaná ze zákresů do map podle stavu před melioracemi a jinými antropogenními úpravami ukazuje na původní reliéf modelovaný povrchovými toky a je v případě méně přesných výškopisných dat použitelná k zpřesnění současného reliéfu (budeme-li uvažovat, že i když některými místy v současnosti vodní tok neprotéká nebo je ve svém průběhu upraven, v minulosti pretákal a ovlavnil tak profil údolí; vodní toky se používají při výpočtech digitálních modelů reliéfu pro jeho zpřesnění, vycházíme z úvahy, že v místě vodního toku je nejnižší místo na příčném profilu údolí a na obě strany od něho nadmořské výšky rostou). V podkladu vektorové mapy land use (vysvětlení pojmu viz BOX 1) je jiná stará mapa představující plán města Reichenberg (Liberec) z roku 1901, tzv. Sittého plán.

Zdroj: Šmída, Jiří 2012

- Analýzou starých map lze vyčíst historické jevy v území (např. využívání krajiny v minulosti, historické trasování vodotečí, historická cestní síť, plužiny, urbanistická struktura sídel, lokalizace samot, historické aleje, remízy, meze apod.)
- Porovnáním/ překryvem těchto zjištěných historických jevů v území se současným stavem (ze současných RZM, leteckých snímků) lze identifikovat znaky krajinného rázu kulturní a historické charakteristiky. Zpravidla se jedná o zachovalost cestní sítě, zachovalost trasování vodotečí, tradice způsobu využívání území, dochovaný charakter a rozvoj sídel, zánik, případně vznik samot.
- Znaky kulturní a historické charakteristiky krajinného rázu, které vykazují vysokou zachovalost či prezentují historickou stopu vývoje území je možné následně klasifikovat jako znakv jedinečné či význačné z pohledu ценности v daném území.

Společně s pojmem *land use* se objevuje pojem *land cover*. Oba pojmy jsou odlišné a nelze je zaměňovat.





Klaudianova mapa
rekonstrukce

- královské město pod obojí
- panské město pod obojí
- panské město katolické
- městečka
- hrady, tvrze, zámky, kláštery
- obchodní cesty

Obr. 3 Rekonstrukce Klaudiánovy mapy Čech z roku 1518. Mapa Mikuláše Klaudiána je považována za nejstarší dochovanou (známou) mapu českého území. Vytvořena byla mladoboleslavským lékařem a obsahuje prostorový obraz tehdejšího stavu našeho státu. Z jejího obsahu lze vyčíst rozmístění a význam měst a významných obchodních cest. Mapa vznikala bez geodetických základů pouze na základě osobních autorových nebo od jiných obchodníků a cestovatelů převzatých zkušeností. Tomu odpovídá velká prostorová nepřesnost. Zajímavější ale je výběr do mapy zanesených sídel, který nám říká lecos o významu jednotlivých sídel. V tomto smyslu je povšimnutí hodné, že v mapě není zakreslen Liberec (na této rekonstrukci mapy je uveden pro orientaci uživatele v mapě). Narodil od originální mapy je v její rekonstrukci použito přesného podkladu a všechny prvky jsou zaneseny do správných prostorových souřadnic. Výběr je limitován podle prvků uvedených v originále (včetně vodstva, ze kterého je v této severní části mapy uvedena pouze Jizera jako přítok Labe s jejím pramenem v Jizerských horách - ty nejsou Klaudiánem popsány, ale jejich tvar je v mapě poměrně dobře rozeznatelný; hory jsou zakresleny symbolicky siluetami stromů).

Zdroj: Jiří Šmida, Zuzana Koňasová 2011

5 Literatura a zdroje (použitá a doporučená k dalšímu studiu)

- Arctur, David, Zeiler, Michael, 2004. *Designing Geodatabases. Case Studies in GIS Data Modeling*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN 978-1-58948-021-6.
- Berry, Joseph K., 2013. *Beyond Mapping III. Compilation of Beyond Mapping columns appearing in GeoWorld magazine 1996 to 2013*. [online]. 12. 4. 2013 [vid. 13. 4. 2013]. Dostupné z: <http://www.innovativegis.com/basis/mapanalysis/Default.htm>
- BRILL, J., 2013. Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). In: *Suomi National Polar-orbiting Partnership* [online]. 12. 4. 2013 [vid. 13. 4. 2013]. Dostupné z: <http://npp.gsfc.nasa.gov/viirs.html>
- Fuchs, Pavel, Novák, Jan, Saska, Tomáš, Šmída, Jiří, Dvorák, Z., Kelemen, M., Soušek, R., 2010. *Simulation of dangerous substances outflows into the environment because of traffic accidents by dangerous substances transport*. Sborník příspěvků z konference „The 14th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics“. Orlando, 2010. ISBN-13: 978-1-934272-97-8 (Collection), ISBN-13: 978-1-934272-98-5 (Volume I).
- GARNER, R., 2012. Landsat overview. In: *Landsat. Landsat Data Continuity Mission* [online]. 15. 10. 2012 [vid. 4. 4. 2013]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/overview/index.html
- GARNER, R., 2013. A Closer Look at LDCM's First Scene. In: *Landsat. Landsat Data Continuity Mission* [online]. 21. 3. 2013 [vid. 4. 4. 2013]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/news/first-images-feature.html
- Knowles, Anne Kelly, Hillier, Amy, 2008. *Placing history: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN: 978-1-58948-013-1.
- Knowles, Anne Kelly, 2002. *Past Time, Past Place. GIS for History*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN: 1-58948-032-5.
- Košková, Irena, Modrý, Martin, Šmída, Jiří, 2008. *Atlas životního prostředí Libereckého kraje*. Liberec, Liberecký kraj, ISBN 978-80-254-2872-6.
- Kraak, Menno-Jan, Ormeling, Ferjan, 2003. *Cartography: Visualization of Geospatial Data. Second edition*. Harlow, Essex: Pearson Education Limited. ISBN: 978-0-13-088890-7.
- LeGates, Richard, 2005. *Think Globally, Act Regionally. GIS and Data Visualization for Social Science and Public Policy Research*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN 978-1-58948-124-4.
- Longley, Paul A., Goodchild, Michael F., Maguire, David J., Rhind, David W., 2011. *Geographic Information System & Science. Third Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-72144-5.
- NSIDC, 2013a. A fractured winter. In: *Arctic Sea Ice News & Analysis* [online]. 25. 3. 2013 [vid. 13. 4. 2013]. Dostupné z: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2013/03/>
- NSIDC, 2013b. Media Advisory: Arctic sea ice reaches maximum extent. In: *National Snow & Ice Data Center: Press Room* [online]. 25. 3. 2013 [vid. 13. 4. 2013]. Dostupné z: http://nsidc.org/news/press/201303_MaximumPR.html
- NSIDC, 2013c. Dynamics: Circulation. In: *All about Sea Ice* [online]. neurčeno [vid. 13. 4. 2013]. Dostupné z: <http://nsidc.org/cryosphere/seaice/processes/circulation.html>
- Nyerges, Timothy L., Jankowski, Piotr, 2010. *Regional and urban GIS: a decision support approach*. New York: The Guilford Press. ISBN 978-1-60623-336-8.
- Pamuk, Ayşe, 2006. *Mapping Global Cities. GIS Methods in Urban Analysis*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN 1-58948-143-7.
- Popoková, K., Šmída, J., Rydvalová, P., Žižka, M., 2011. *Atlas ekonomických ukazatelů. Cesta poznání k odpovědnému rozhodování o rozvoji obce*. Karel Mařík - Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-074-4.
- Poštoľka, V., Šmída, J. (eds.), 2008. *Územně analytické podklady v praxi*. Technická univerzita v Liberci, Liberec, 114 s., ISBN 978-80-7372-354-5.
- Poštoľka, V., Šmída, J., 2006. *Źródła informacji o środowisku województwa libereckiego i Euroregionu Nisze – Nisa – Nysa (Sources of information on the environment of the Liberec County and the Nisze-Nisa-Nysa Euroregion)*. In: Furmankiewicz, M., Jadczyk, P. (eds.): *Problems of cooperation for eco-development of the Sudetes*. Muzeum Przyrodnicze w Jeleniej Górze, Jelenia Góra, s. 27–48.
- RÓCCHIO, J. R., 2013. A Landsat Timeline. In: *National Aeronautics and Space Administration* [online]. 2. 4. 2013 [vid. 4. 4. 2013]. Dostupné z: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/timeline.html>
- Saska, T., Novák, J., Šmída, J., Havlíček, J., Soušek, R., 2010. *GIS software tools application for dangerous goods transport risk evaluation*. Sborník příspěvků z konference „Reliability, Risk and Safety - ESREL“. Rhodes, 2010. ISBN 978-0-415-60427-7.
- Shekhar, Shashi, Xiong, Hui, 2008. *Encyclopedia of GIS*. New York: Springer Science+Business Media, LLC. ISBN: 978-0-387-35973-1.
- ŠÍMA, Jiří, 2011. Terminologický oršek: Jak správně používat výrazy "land use" a "land cover"? In: *GeoBusiness: GIS, GPS, mapy, katastr, DPZ – geoinformatika pro praxi (časopis a web)* [online]. 18. 4. 2011 [vid. 6. 3. 2013]. ISSN 1802-4521. Dostupné z: <http://www.geobusiness.cz/2011/04/terminologicky-orsek-jak-spravne-pouzivat-vyrazy-land-use-a-land-cover/>
- Šmída, J. 2011. *Liberec na starých mapách*. In: Umlauf, V. (ed.). *Střed Liberce v proměnách staletí*. Technická univerzita v Liberci, s. 43-58. ISBN 978-80-7372-804-5.
- Šmída, J., 2008. Aspects of electronics atlas creation [CD-ROM]. In: *Sborník sympozia GIS Ostrava 2008*, 27.–30. 1. 2008. VŠB-TU Ostrava, ISBN 978-80-254-1340-1.
- Šmída, J., Hilbert, H., 2010. *Typ a intezita antropogenních proměn krajiny*. [1:120 000]. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- Šmída, J., Hilbert, H., 2011. *Environmentální zátěž bioty, obec s rozšířenou působností Liberec, 2011*. [1:100 000]. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- Šmída, Jiří. Kurz Webová kartografie [online]. Liberec : FRVŠ, 2008 [cit. 2010-09-28]. Dostupné z WWW : <http://moodle.kge.tul.cz/course/view.php?id=176>.
- TAYLOR, M., 2012a. Operational Land Imager (OLI). In: *Landsat. Landsat Data Continuity Mission* [online]. 12. 10. 2012 [vid. 4. 4. 2013]. Dostupné

z: http://lcm.gsfc.nasa.gov/spacecraft_instruments/oli.html

TAYLOR, M., 2012b. Thermal Infrared Sensor (TIRS). In: *Landsat. Landsat Data Continuity Mission* [online]. 12. 10. 2012 [vid. 4. 4. 2013]. Dostupné z: http://lcm.gsfc.nasa.gov/spacecraft_instruments/tirs.html

VOILAND, A., 2013. Extensive Ice Fractures in the Beaufort Sea. In: *NASA Earth Observatory* [online]. 29. 3. 2013 [vid. 12. 4. 2013]. Dostupné z: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=80752>

Von Lünen, Alexander, Travis, Charles (Eds.). *History & GIS: Epistemologies, Considerations and Reflections*. Springer: Dordrecht, 2013.

Wade, Tasha, Sommer, Shelly (Eds.), 2006. *A to Z GIS. An illustrated dictionary of geographic information systems*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN 978-1-58948-140-4.

Zeiler, Michael, Murphy, Jonathan, 2010. *Modeling Our World, Second Edition. The Esri Guide to Geodatabase Concept*. Redlands, California: ESRI Press. ISBN 978-1-58948-278-4.

