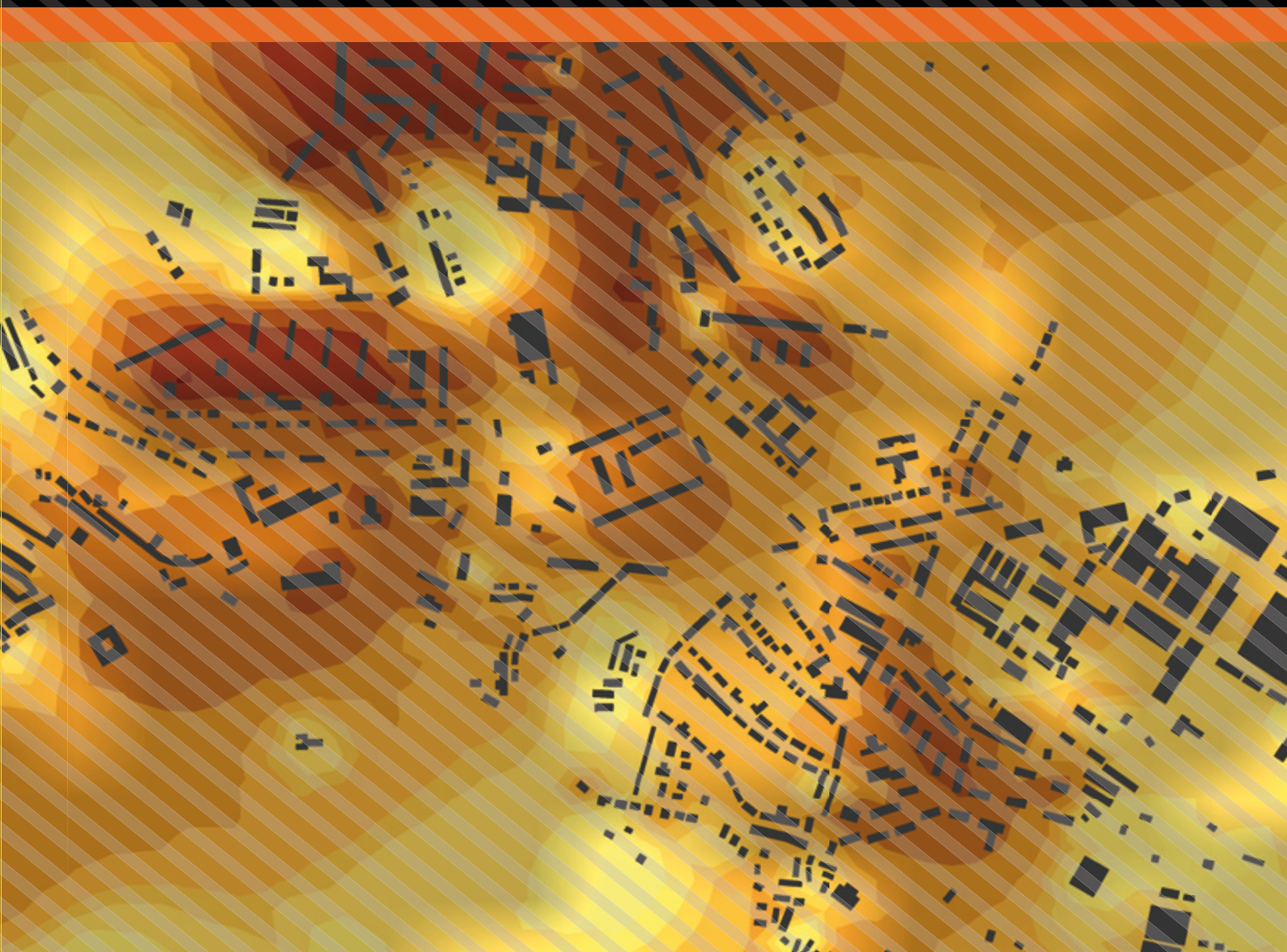


GEOINFORMATIKA

Tomáš Oršulák - Jan Pacina



GEOINFORMATIKA

Tomáš Oršulák - Jan Pacina



Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny

Publikace byla financována z projektu CZ.1.07.2.2.00/07.0053 „Inovace geograficky orientovaných studijních oborů s cílem zvýšit míru uplatnění absolventů na trhu práce“ (řešitel T. Oršulák).

Autoři tímto děkují za podporu.

Recenzenti: Ing. Karel Jedlička PhD., Ing. Radek Fiala Ph.D., ing. Jakub Šilhavý

Vydání: první

Počet stran: 60

Předtisková příprava a tisk: Centrum digitálních služeb MINO, Ústí nad Labem

© Tomáš Oršulák, Jan Pacina

Ústí nad Labem 2012

ISBN 978-80-904927-5-2



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

UNIVERZITA
J. E. PURKYNĚ
V ÚSTÍ NAD LABEM



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘEDMLUVA

Milí studenti, do rukou se Vám dostává jedna ze čtveřice studijních opor, která byla vytvořena v rámci projektu CZ.1.07.2.2.00/07.0053 „Inovace geograficky orientovaných studijních oborů s cílem zvýšit míru uplatnění absolventů na trhu práce“. Publikace slouží jako podpora nových nebo inovovaných kurzů (Geoinformatika, 3D modelování a virtuální realita, 3D modelování v územním plánování a regionálním rozvoji a virtuální realita v územním plánování a regionálním rozvoji), zčásti je možné je využít i v dalších geoinformačně zaměřených předmětech vyučovaných na univerzitě J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.

Publikace Geoinformatika se po úvodu do geoinformatiky a geografických informačních systémů věnuje 3 nejdůležitějším technologiím: dálkový průzkum Země, globální polohovací systémy a mobilní technologie. Na následujících 66 stranách představuje základy problematiky a doplňují je případové studie a výběr literatury, která je z hlediska autorů pro danou problematiku zásadní. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že popisovaná témata jsou v dynamickém vývoji, proto studenti musí informace z těchto publikací doplňovat samostudiem odborných článků a monografií.

Obsah

GEOINFORMATIKA.....	8
Úvod	9
Geografické informační systémy (GIS).....	13
Geoinformatika.....	13
Modelování prostorových objektů	15
Reprezentace prostorových objektů.....	16
Sběr, uložení a příprava dat.....	18
Zpracování dat.....	20
Vizualizace dat	20
Zdroje	21
DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ	22
Úvod	23
Elektromagnetické záření.....	24
Interakce s atmosférou	26
Interakce mezi zářením a objekty	27
Satelity a senzory	29
Zpracování a analýza snímků.....	31
Zdroje	38
GNSS (GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ DRUŽICOVÝ SYSTÉM)Úvod	39
Úvod	40
Historie GPS	40
Struktura systému GPS	40
Signály vysílané družicemi GPS.....	42
Přijímač GPS, výpočet polohy	43
Okolnosti ovlivňující přesnost GPS	45
Metody GPS měření.....	46
Ostatní navigační systémy	48
Zdroje	50
MOBILNÍ TECHNOLOGIE.....	51
Profesní aplikace	52
Volnočasové aplikace.....	54
Zdroje	55
PŘÍPADOVÉ STUDIE	56
DPZ – Analýza povodí řeky Kongo.....	56
Zdroje	60
GPS – mapování polohopisu.....	61

Seznam obrázků

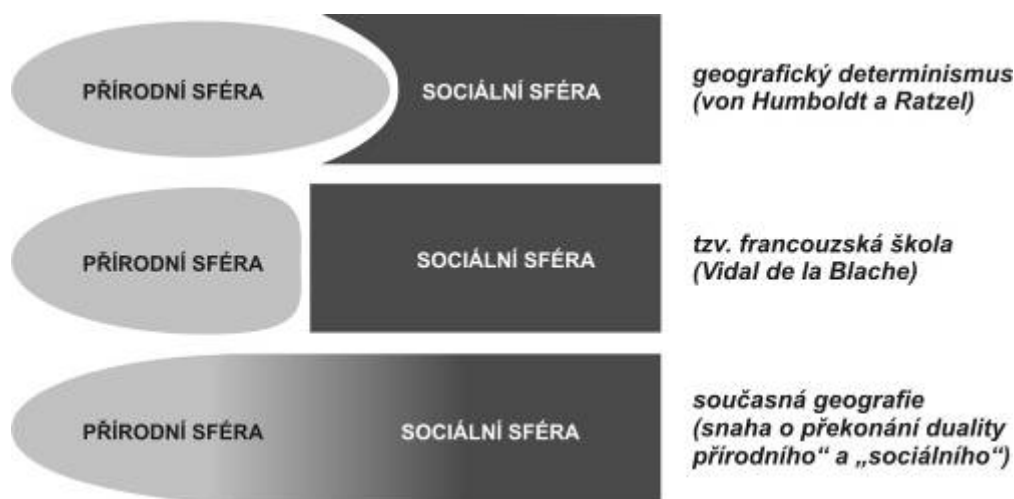
Obrázek 1 Geografický determinismus, resp. indeterminismus	9
Obrázek 2 Vztah mezi geoinformatikou a geografii.....	10
Obrázek 3 Struktura GIS jako technologie.....	13
Obrázek 4 Proces získání informace	14
Obrázek 5 Rastrová a vektorová reprezentace základních geometrických objektů	17
Obrázek 6 Typy rastrových buněk.....	18
Obrázek 7 Perspektivní zobrazení soutoku Labe a Bíliny v Ústí nad Labem (barevná hypsometrie)	21
Obrázek 8 Princip fungování DPZ	23
Obrázek 9 Elektromagnetické záření.....	24
Obrázek 10 Vlnová pásma využívaná v DPZ	25
Obrázek 11 Detail viditelné části spektra.....	26
Obrázek 12 Rozptyl a pohlcování elektromagnetického vlnění	27
Obrázek 13 Interakce s objekty a typy odrazu - zrcadlový a difuzní.....	27
Obrázek 14 Odrazivost listů a IR snímek vegetace a vod	28
Obrázek 15 Odrazivost vody	28
Obrázek 16 Spektrální odezva vody a vegetace.....	29
Obrázek 17 Poloha geostacionární družice, pohyb subpolární družice a oblast, kterou snímají díky rotaci Země.....	30
Obrázek 18 Vliv IFOV na snímek.....	31
Obrázek 19 Vlevo jednopásmový snímek - vpravo snímek vzniklý kombinací pásem R, G, B.....	32
Tabulka 1 Porovnání analogového a digitálního přístupu	33
Obrázek 20 Radiometrická korekce	34
Obrázek 21 Striping a dropped lines.....	34
Obrázek 22 Histogram obrazu.....	35
Obrázek 23 Princip linear kontrast stretch a histogram-equalized stretch.....	35
Obrázek 24 Princip konvoluce.....	36
Obrázek 25 Princip řízené a neřízené klasifikace.....	37
Obrázek 26 Segmenty GPS	41
Obrázek 27 Konstelace družic GPS (Země a dráhy v měřítku)	41
Obrázek 28 Souřadnicový systém WGS 84 a rovinné souřadnice Northing a Easting.....	44
Obrázek 29 Multipath GPS signálu.....	45
Obrázek 30 Konstelace družic ovlivňující přesnost měření	46
Obrázek 31 GPS anténa pro opakované měření na bodě	47
Obrázek 32 Sít referenčních stanic CZEPOS.....	48
Obrázek 33 Princip metody RTK.....	48
Obrázek 34 Prostředí ArcPad 8.....	52
Obrázek 35 Schéma využívání mobilních technologií	53
Obrázek 36 Aplikace ekvalizace histogramu na pásmo 1	56
Obrázek 37 Kombinovaný snímek z pásem R, G, B a výsledný snímek po úpravě histogramu.....	57
Obrázek 38 Kombinovaný snímek v nepravých barvách - pásma R=7, G=4, B=2.....	58
Obrázek 39 Vstupní RGB snímek, výsledek neřízené klasifikace, výsledek klasifikace s upravenými barvami.....	59
Obrázek 40 Selektce trénovacích množin	59
Obrázek 41 Výsledek řízené klasifikace	60
Obrázek 42 Výsledek hranového operátoru Sobel a překrytí s klasifikovaným snímkem.....	60
Obrázek 43 Výběr bodů při mapování komunikace a hranice lesa.....	61
Obrázek 44 Výběr bodů při mapování okraje lesa a vodní plochy.....	61
Obrázek 45 Přidání nového toolboxu	62
Obrázek 46 Výsledek vektorizace	63

GEOINFORMATIKA

Úvod

Předkládaný text je nutně interdisciplinární ať již z důvodu zaměření na cílovou skupinu – studenti geografie, tak z hlediska použitých metod (geoinformatika). Pro geografii považujeme za životně důležité tyto mechanismy zkoumat geoinformatickými metodami, jako např. dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu, nebo používat moderní statistické metody sledující prostorové pravidelnosti nebo naopak výjimečnosti. Tento stav je výsledkem současného i historicky prolínajícího se vývoje geografie a geoinformatiky.

Vzájemné vztahy mezi sociální a přírodní sférou jsou zkoumány již od antiky. Vědecký rámec zkoumání těchto vztahů dává na konci 19. století F. Ratzel, který definuje tzv. geografický determinismus. Ratzel obecně přeceňuje význam přírodního prostředí, když tvrdí, že „Země, tj. přírodní prostředí, je neměnné a každému člověku je souzeno žít na určitém místě zemského povrchu a podřídit se tamním přírodním zákonům“. Názorový protipól k jeho postoji na přelomu 19. a 20. století zastával francouzský geograf Paul Vidal de La Blache, který představuje geografický indeterminismus jako myšlenku nezávislosti člověka na přírodních podmínkách, resp. geografické prostředí je jen rámcem pro rozvoj společnosti a hybnou silou změn geografického prostředí je svobodná vůle člověka (obrázek 1).



Obrázek 1 Geografický determinismus, resp. indeterminismus

Pramen: (Anděl a kol., 2005)

V období mezi válkami a především po 2. světové válce se ve výzkumu krajiny začíná projevovat pozitivismus¹ a probíhá především matematizace a informatizace – využívání statistických analýz ve výzkumu stavu a vývoje krajiny. Velký vliv na tuto skutečnost má především rozvoj výpočetní techniky a dálkového průzkumu Země. Přičemž dálkový průzkum Země se profiluje jako budoucí hlavní zdroj informací o krajině a výpočetní technika jako nástroj, který je tyto informace schopen uchovat a zpracovat. Tento příhodný stav využívají geografie nebo nově vznikající obory, jako např. geografické informační systémy nebo krajinná ekologie², která díky zkoumání leteckých snímků rozšiřuje biologické zkoumání krajiny o studium geografických prostorových vztahů.

Historicky má geoinformatika velmi blízko k Schaeferovu (1953) vědeckému pojetí geografie, které představil ve článku *Exceptionalism in geography: a methodological examination*. Podle Schaefera musí geografie věnovat pozornost prostorovému rozložení jevů, a nikoliv jevům samotným. Podobně mají geografa zajímat prostorové vztahy a nikoliv již vztahy ostatní. Jde o názor

¹ Založen filozofem Augustem Comtem (1798–1857), představuje 1. skutečně vědeckou metodologii. Klade důraz na empirické pozorování jako metodu, na které lze sestavit jediný skutečný obraz světa.

² Termín krajinná ekologie používá poprvé v roce 1939 Carl Troll (Lipský, 1999).

zdůrazňující autonomii „prostorového“, který se značně rozšířil během tzv. kvantitativní revoluce a vedl k pojetí geografie jako prostorové vědy (Sýkora, 2008).



Obrázek 2 Vztah mezi geoinformatikou a geografii

Pramen: autor

V souvislosti s pozitivismem a rozvojem informatiky se zároveň objevuje i kritika pozitivismu s důrazem na negativa redukcionismu³.

V geografii se v reakci na kritiku pozitivismu (závislost na datech a empirii) rozšiřují kvalitativní metody výzkumu a holistický⁴ přístup ke zkoumání krajiny. Významným prvkem zachování a rozvoje pozitivismu v geografii (v oblasti statistických a prostorových analýz) se stává dynamický rozvoj geografických informačních systémů a později i samostatné vědy geoinformatiky.

Plnohodnotné propojení „přírodního“ a „sociálního“ je úspěšné až v novější době v souvislosti s problémy globalizace (Hampl, 1998) a také díky geoinformatice, která umožňuje některé problémy globalizace zkoumat efektivněji a mnohem komplexněji. Pro moderní fyzickou geografii je nosné hledisko ekologické s rozšiřujícím se zájmem o sociální důsledky. Obdobně se sociální geografie intenzivně zajímá i o otázky životního prostředí. Lze hovořit o překonání silné duality „přírodního“ a „sociálního“ a o postupné interakci společnosti a přírody vrcholící v úsilí po vytvoření kvalitativně vyššího vztahu společnosti k přírodě, vztahu kooperačního typu (princip udržitelného rozvoje) (Anděl a kol., 2005).

V 80. letech se projevuje vliv tzv. geografického realismu – myšlenkového směru, který dává důraz na ověřování teoretických závěrů v praxi a tím rozvoji terénního výzkumu. Na tuto skutečnost reagovala praxe krajinného plánování v zahraničí s vyspělým plánováním podpořeným komplexními datovými zdroji a zájmem veřejnosti.

Na konci 20. století postmoderní geografie znovu objevuje regionální výzkum – prosazují se lokálně zaměřené projekty na menší území. Při jejich analýze je možné zjistit, že významná část takových studií je zaměřena na výzkum především periferních, popřípadě suburbánních, prostor a metodicky je pak opřena především o analýzy změn využití území a krajinného pokryvu (Land use / Cover Change). V rámci těchto prací se objevují metodické koncepce regionální identity a reaktivace kulturní paměti v krajinném plánování, resp. při tvorbě alternativních scénářů budoucího vývoje krajiny (Oršulák a kol., 2007).

V našich podmínkách začaly být od 80. let 20. století zpracovávány komplexní studie věnované městským krajinám a jejich rozvoji. Studie zpracovávané ve Výzkumném ústavu výstavby a architektury byly známy jako generely životního prostředí měst a integrovaly poznatky o fyzickogeografických podmínkách s populačními a kulturně-historickými charakteristikami (Anděl a kol., 1992).

³ Redukcionismus jako myšlenkový směr, který se snaží zkoumat celek jako soubor jednotlivých částí.

⁴ Holistický přístup – krajinu jako systém nelze zkoumat na základě analýzy jednotlivých částí, ale zkoumáním krajiny jako systému (jeho vazeb, procesů a principů) (Sklenička, 2003).

Na přelomu 20. a 21. století se výzkum krajiny zintenzivňuje, především díky rozvoji kvalitativních a kvantitativních metod v geografických informačních systémech, dálkového průzkumu Země a zapojení veřejnosti do tvorby krajiny. Významnou akcí, která dává důraz na integraci a interdisciplinaritu poznatků v krajinném plánování, byl workshop (*From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of Integration, Education and Application*) ve Wageningenu v Nizozemí v roce 2005. Workshop především ukázal směr moderního výzkumu krajiny ve smyslu implementace integračních koncepcí.

Mimo integraci přírodních a sociálních složek krajiny je podstatné také hledání vývojových trajektorií interakcí těchto složek a jejich projekcí do budoucnosti. Metodicky vycházejí multitemporální výzkumy krajiny zpravidla z dat evidence pozemků⁵ (Kupková, 2001), starých digitalizovaných kartografických podkladů (Brůna a kol., 2003) a vektorizace a interpretace leteckých snímků (Prchalová, 2001), což odpovídá statistickému základu hodnocení změn využití krajiny a krajinného pokryvu a charakteru geografických informačních systémů jako nástroje pro práci s rozsáhlými datovými soubory. Současné geoinformatické technologie však nabízejí širší spektrum aplikací integrujících socioekonomická a environmentální data včetně vícerozměrných vizualizací a modelování scénářů vývoje krajiny formou implementace historické i současné fotodokumentace do modelů (Oršulák a kol., 2007).

Dalším vývojovým a technologickým stupněm při zobrazování krajiny je využití prostředí virtuální reality. Zajímavým z pohledu vývoje virtuální reality se jeví fakt, že již od počátku (období 50. let 20. století) se virtuální realita používá k zobrazování krajiny, a přesto se pro praktické využití při plánování krajiny implementuje až od začátku 21. století.

Využívání virtuální reality při plánování krajiny je vhodné nejenom díky své podstaty „umožnění tvorby reálných alternativních scénářů vývoje krajiny“, ale především pro zefektivnění vztahů mezi zástupci měst a regionů, odborníky, developerem a veřejností. Využití virtuální reality přináší výhody i díky možnosti WYSIWYG – „What you see is what you get“⁶ (Co vidíš, to dostaneš), nebo jak jmenované nazývají odborníci z Arizonské státní univerzity – „Decision Theatre“ (Divadlo rozhodování).

Dynamický vývoj geografických informačních systémů ve se projevil především ve využití a rozvoji aplikačních metod a technologií v rámci jiných vědních oborů. Tlak na význam aplikační povahy GIS, jako nástroje na řešení problémů, se projevil i v chápání významu geografických informačních systémů a ve vzniku nového vědního oboru geoinformatiky. Nově se definuje také chápání vztahu mezi GIS a geoinformatikou. Jeden z názorů tvrdí, že GIS jsou jednou z geoinformačních technologií, obdobně jako např. dálkový průzkum Země, globální polohové systémy, virtuální realita atd. Další z názorů vidí vztah bližší, když tvrdí, že geoinformatika se věnuje zpracování geografické informace pomocí GIS.

Tyto jisté problémy při definování některých pojmů nás vedly k uvedení výběru definic pojmů geoinformatika, GIS a příbuzných oborů. I Zkratka GIS může být zavádějící, v zahraničí se GIS používá jak pro geografické informační systémy, tak i pro „Geographic Information Science“. V této publikaci, ale bude vždy používána v prvním významu.

GIS je soubor prostředků pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analyzování a zobrazování prostorových údajů z reálného světa z hlediska: 1. jejich polohy vzhledem k souřadnicovému systému; 2. jejich popisných – atributových vlastností; 3. jejich topologie. (Burrough, 1986)

⁵ Kolektiv autorů okolo doc. Ivana Bičíka z Karlovy univerzity Praha.

⁶ WYSIWYG je znám spíše pod významem určitého typu GUI v oblasti aplikačního softwaru. Autor význam pro účely této práce rozšiřuje a využívá jej pro tvorbu možných scénářů krajiny.

GIS je organizovaný soubor počítačového hardwaru, softwaru a geografických údajů navržený na efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací. (ESRI)

GIS je kolekce počítačového technického vybavení, programového vybavení geografických údajů a personálu, určená k účinnému sběru, ukládání, údržbě, manipulaci, analýze a zobrazování všech forem geograficky vztažené informace. (Neumann, 1996)

Geoinformatika je vědecká a technická disciplína, jejímž předmětem jsou prostorové údaje a která se soustřeďuje na jejich sběr, ukládání, manipulaci s nimi a jejich zprostředkování. (Neumann, 1996)

Geoinformatika je aplikovaná informatika zaměřená na řešení specifických problémů v geovědách se speciálním důrazem na geografickou polohu objektů. Geografické objekty, které geoinformatika zkoumá mají definovanou geometrii, topologii, tematický popis a dynamiku. (Streit, 1997)

Geoinformační technologie – specifické informační technologie určené pro získávání, ukládání, integraci, analýzu, interpretaci, distribuci, užívání a vizualizaci geodat a geoinformací.

Geografie zkoumá prostorové rozmístění a vzájemné vztahy objektů a jevů v krajinné sféře.

Topografie je vědní obor zkoumající povrch Země z geometrického hlediska a zkoumá jednotlivé způsoby mapování.

Geodézie je vědní obor zkoumající rozměry, tvar, gravitační pole Země, metody měření na jejím povrchu. Geodézie se člení na vyšší a nižší. Vyšší se zabývá určováním rozměrů a tvaru Země, nižší vyměřuje části zemského povrchu za účelem jeho znázornění na mapách.

Fotogrammetrie se zabývá určováním polohy a rozměrů objektů na zemském povrchu které jsou zobrazeny na fotografických snímcích.

Geografická kartografie je systémové mapování přírodních a společenských územních komplexů a jejich komponentů. (Skokan, Úvod do teorie geografie, Ústí nad Labem 1998). Zpracovává především mapy malých a středních měřítek.

Blíže se již budeme věnovat pouze geoinformatice a GIS.

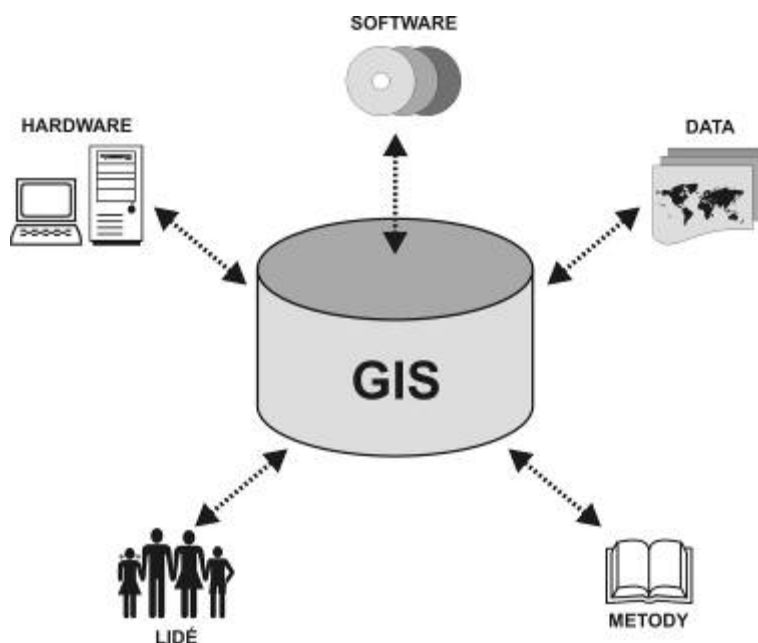
Geografické informační systémy (GIS)

Význam pojmu geografické informační systémy se stále vyvíjí, přesto je možné na základě studia literatury vymezit pojem GIS ve 4 rovinách (Hofierka, 2003):

1. prostorově lokalizovaný soubor dat, popř. tematických map;
2. nástroj na řešení aplikačních úloh v geografii;
3. část systému na podporu prostorového rozhodování⁷;
4. nástroj výzkumu a modelování geografických informací.

Jiní autoři, např. Voženílek (2000), chápou význam pojmu GIS v následujících 3 oblastech:

1. GIS jako technologie (prostředky pro provoz aplikace);
2. GIS jako aplikace (informační systém, software);
3. GIS jako vědní obor⁸.



Obrázek 3 Struktura GIS jako technologie

Pramen: autor

Geoinformatika

Geoinformatika je svou povahou nutně interdisciplinární a zaujímá klíčovou úlohu v mnoha vědách (geografie, geologie, kartografie, geodézie, DPZ ...):

Geoinformatický výzkum se zaměřuje na následující klíčová témata:

- získávání digitálních geografických dat;
- globální polohové systémy (GPS);
- geografické informační systémy (GIS);

⁷ Tzv. Spatial Decision Support System = GIS + Decision Support System.

⁸ V tomto případě je GIS = Geographical Information Science v ČR je často nahrazován geoinformatikou.

- systémy pro podporu rozhodování;
- simulační modely a prognostické modely;
- digitální kartografické systémy;
- vícerozměrná vizualizace;
- virtuální realita.

Klíčovými pojmy geoinformatiky jsou:

INFORMACE – zpráva (údaj), která vyjadřuje určitý stav, slouží k nějakému cíli, nebo vyvolává nějakou akci.

DATA – vyjádření (reprezentace) skutečnosti, schopné přenosu, interpretace či zpracování.



Obrázek 4 Proces získání informace

Pramen: autor

PROSTOR – definování je velmi složité, někdy se zjednodušeně definuje jako „rámec, kde existují věci“. Podmnožinou prostoru je tzv. geografický prostor. Geografický prostor je soubor geografických objektů lokalizovaných na části povrchu Země, které se zapojují do geografických procesů nebo soubor poloh s danými vlastnostmi.

Specifika prostorových objektů:

- geografická poloha;
- prostorové vztahy – člověk se již od narození snaží chápat prostorové vztahy, proto mu připadají samozřejmé a vnímá je intuitivně >> pro počítačové zpracování, je však musí přizpůsobit = formalizovat; problémem je, že není možné zachytit všechny vztahy v krajinné sféře (nejsložitější systém);
- atributové vlastnosti;
- změny v čase (dynamika).

GEOOBJEKT – je prostorový reálný nebo imaginární objekt, který se vztahuje k určité části prostoru v krajinné sféře. Geoobjekty se od sebe odlišují svými vlastnostmi jako: geometrie, topologie, atributy a dynamikou

Specifikace vlastností:

1. vztahených ke geometrii objektu (vzdálenost bodů atd.)
2. vázající se na negeometrické informace (spojení mezi lokalitami atd.)
 - tyto vlastnosti se nazývají topologické
 - typy topologických vlastností:
 - konektivita – spojitost (connectivity)
 - orientace – směr (orientation)
 - přilehlost – sousednost (adjacency)
 - obsahování (containment)

3. atributové (neprostorové) vlastnosti – popisují geoobjekty za pomoci atributů (např. atributem u říční sítě může být splavnost, čistota vody, ...)
4. změny v čase – mohou se týkat jak geometrie, topologie tak tematického obsahu, čas se většinou považuje za jednorozměrný (chápeme na rozdíl od prostoru, „předtím a potom“)

GEOGRAFICKÁ INFORMACE je interpretována na základě zpracování dat získaných z primárního nebo sekundárního zdroje dat. Každá informace má 4 části popisu:

1. geometrický (určení prostorové polohy);
2. topologický (vztah polohy k jiným objektům);
3. tematický;
4. dynamický (vývoj v čase) popis objektu.

Geografická informace může být uložena a zpracována ve 4 formách:

1. numerická (při statistické analýze);
2. textová (popis);
3. obrazová;
4. multimediální.

GEODATA – jsou definována jako formální přepis geografické informace, ve formě čísel a znaků vhodných pro počítačové zpracování.

Modelování prostorových objektů

Základním a nezbytným přístupem pro výzkum krajinné sféry je tvorba modelů. Nutnost tvorby těchto modelů vyplývá z nemožnosti zpracovat všechny prvky a jejich vztahy v krajinné sféře v reálné složitosti a komplexnosti, proto se některé procesy v krajinné sféře zkoumají pomocí vytvořených modelů.

Modelem chápeme abstraktní konstrukci, která napodobuje realitu, resp. její část (jen objekty a vztahy, které jsou pro daný model důležité). Cílem modelování je snaha poznání chování reality za určitých situací. Hodnotu modelu určuje schopnost zachování struktury reality. Konkrétním a obecně používaným modelem je např. mapa nebo mapě příbuzná zobrazení.

Každý model má tyto vlastnosti:

- izomorfismus (každý prvek modelu odpovídá jednomu prvku předlohy);
- homomorfismus (každému prvku modelu odpovídá část předlohy, ale ne naopak);
- determinizmus (schopnost rozeznávání vlastností).
- metrika modelu (minimální hodnota, na jakou lze na modelu rozlišit dva stavy určité proměnné);
- nevyhnutelná variabilita (určuje limitu = hranici homomorfního zjednodušení).

Modely je možné členit na základě úrovně abstrakce reality, kterou modelují, přičemž jsou známy dva přístupy (Tuček, 1998):

1. realita;
2. datový model (abstrakce reálného světa, která zahrnuje jen ty vlastnosti reality, které jsou pro daný model důležité);

3. datová struktura (reprezentace datového modelu diagramy, strukturami záznamů tak, aby odrážely způsob záznamu údajů v počítačových souborech);
4. struktura souborů (reprezentace datové struktury na paměťovém médiu počítače);

nebo

1. fyzický model (geograf. údaje uspořádány do podoby zpracovatelné počítačem);
2. databázové (logické datové) modely (pro zjednodušení práce s geografickými informacemi)
3. relační (uspořádává údaje do tabulek – relací);
4. objektově orientovaný model (lépe odpovídá lidskému chápání geoobjektu);
5. konceptuální modelování (výběr vztahů a objektů z prostoru, jejich atributů a způsob jejich geometrické reprezentace).

Z hlediska přístupu k modelování prostoru jsou známy dvě metody popisu reality (založená na polích a založená na objektech).

1. Založená na polích:
 - rozdělené území do plošných elementů (poloh, polí) jejichž počet musí být konečný;
 - nepravidelně rozmístěné (nejvíce z terénního měření);
 - pravidelná rastrová struktura (nejčastěji např. u DPZ).
2. Založená na objektech:
 - prostor je rozložen na objekty (entity), které nevyplňují celý prostor a jsou identifikovatelné, relevantní (potřebné) a popsitelné (mít vlastnosti).

Reprezentace prostorových objektů

Každý vytvořený model je zároveň i reprezentací modelu reality. Na základě metod modelování prostoru a jejich transformace do počítačového zpracování se vyvinuly dva rozdílné způsoby reprezentace (vektorová, rastrová).

Před nástupem počítačových technologií (zčásti i teď) byly geografické informace pro potřeby praktického využití reprezentovány pomocí dvojrozměrných analogových modelů – map. Analogové mapy plnily a plní dvě základní úlohy: úložiště informací a přenos těchto informací od autora k uživateli. Současné splnění těchto dvou základních úloh vedlo k určitým omezením při tvorbě obsahu a podoby mapy.

Počítačové zpracování map je specifické oddělením úloh uložení dat a jejich vizualizace resp. reprezentace. Mapa pak může být individuálním výstupem z databáze. Tato významná výhoda sebou přinesla i jisté problémy, např. bylo třeba objekty a vztahy na mapě transformovat do počítačem zpracovatelné podoby.

Obecně dnes existují dva způsoby reprezentace prostorových informací v digitální podobě:

1. rastrová;
2. vektorová.

Vektorová reprezentace

Vektorová reprezentace je založena na objektovém pojetí prostoru (objekt + atributy).

V rámci vektorové reprezentace můžeme vyčlenit tyto základní geometrické objekty:

- BOD, který je definován souřadnicemi;

- spojnice mezi dvěma body (resp. také sekvence sousedících úseček) se nazývá LINIE;
- uzavřená linie (nebo řetězec linií) se nazývá PLOCHA;

Jiné definování typů objektů je založeno na jejich topologii (vztazích mezi objekty):

- UZEL (topologická reprezentace bodu, je na začátku a konci každé linie);
- HRANA (topologická reprezentace linie, je součástí linie nebo hranice mezi plochami);
- ŘETĚZEC (složený z jednotlivých úseček);
- POLYGON (plocha ohraničená řetězcem linií).

Každý objekt je charakterizován atributy. Z hlediska vyjádření atributů je možné použít dvě metody (vrstvou a objektovou).

1. Vrstvová (klasická) metoda:

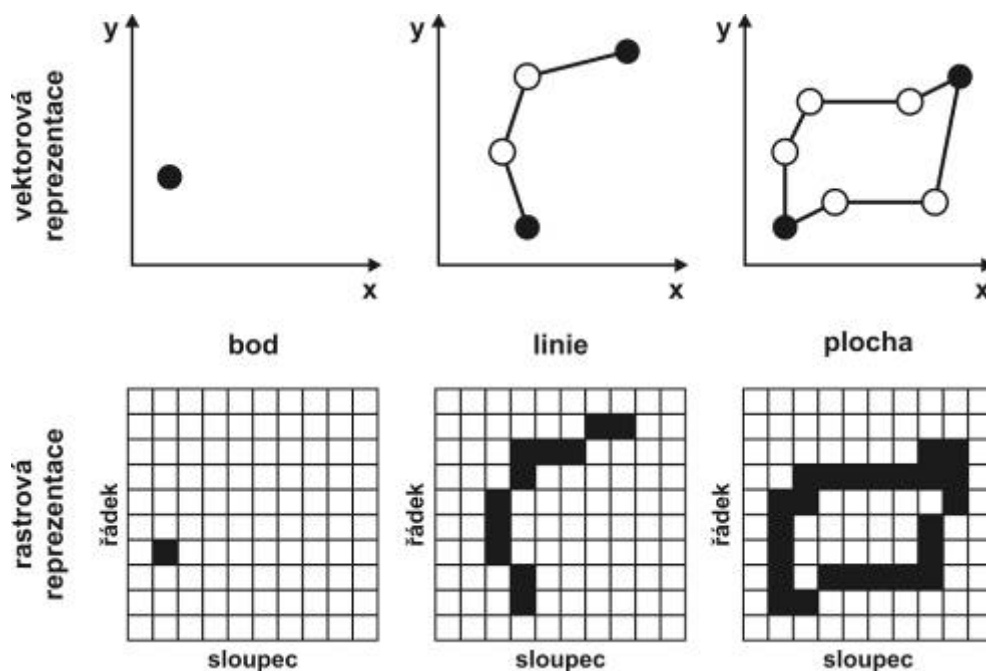
- vytváření vrstev (COVERAGE), tedy uspořádání tematicky příbuzných dat do vrstev;
- vrstvy jsou vytvářeny jen z geometricky podobných objektů;
- vrstvy se můžou kombinovat a vytvářet nové geoobjekty.

2. Objektová metoda

- každý geoobjekt má vlastní geometrii, topologii, tematiku atd.;
- objekty se sdružují do tříd;
- je možné vytvářet hierarchické vztahy mezi objekty;
- atributy a metody je možné dědit.

Podle způsobu ukládání dat se vektorové datové modely dělí na:

- špagetový;
- topologický;
- hierarchický.



Obrázek 5 Rastrová a vektorová reprezentace základních geometrických objektů

Pramen: autor

Rastrová reprezentace

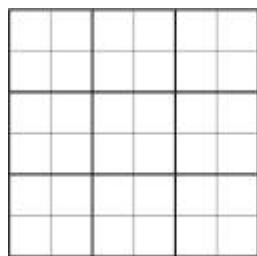
Rastrová reprezentace vychází z polohově definovaného prostoru a objekty jako takové v prostoru neexistují. Plocha je tvořena mozaikou jednotlivých polí (elementů), které dělí prostor:

1. pravidelně

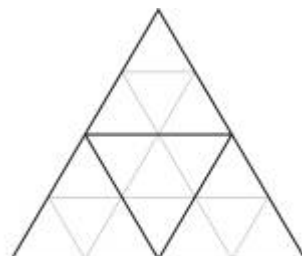
- tvar buněk (polí) je přesně definován a vždy stejný):
 - čtverec;
 - trojúhelník;
 - šestiúhelník;
- velikost buněk může být konstantní nebo se měnit např. na základě hierarchického členění);

2. nepravidelně (buňky různého tvaru a velikosti).

Nejčastěji se používá dělení na čtverce, protože je pro mnoho aplikací nejvýhodnější (např. kartézská soustava souřadnic, ...), buňky se pak ve čtvercovém dělení nazývají pixely (v trojrozměrné buňce voxely).



čtvercové buňky



trojúhelníkové buňky



šestiúhelníkové buňky

Obrázek 6 Typy rastrových buněk

Pramen: autor

Sběr, uložení a příprava dat

Jednou ze specifických vlastností GIS je práce s geografickými informacemi. Tyto informace se získávají zpracováním dat z krajinné sféry. Nejčastěji se zdroje dat rozdělují na primární a sekundární.

Pod pojmem primární zdroje dat rozumíme nejčastěji data získaná přímým měřením v terénu. Měřením je nutné získat většinou všechny prvky geoobjektu – geometrickou, topologickou atd. Následně při zpracování můžeme použít již jen jejich výběr např. jen geometrickou složku.

Základní způsoby získání primárních dat jsou:

- terénní průzkum (geodetické měření, GPS, statistické, popř. tematické měření);
- dálkový průzkum Země (letecké, popř. družicové snímkování).

Z hlediska objemu získaných dat výrazně převažuje dálkový průzkum Země, který v některých případech úplně nahradil terénní měření – např. u tvorby základních topografických map.

Sekundární zdroje dat se využívají tam, kde z nějakého důvodu není možné využít primární zdroj dat. S rozvojem dálkového průzkumu Země se tak děje především u analogových leteckých snímků a historických analogových map, které se digitalizují a následně v případě potřeby vektorizují pro účely zpracování v GIS.

Pro efektivní a finančně co nejméně náročný sběr dat je nutné dodržet sled několika základních kroků:

1. plánování (zdroj, čas, náklady, vybavení, ...);
2. samotný sběr (primární, sekundární);
3. úprava dat (souřadnicový systém, ...);
4. vyhodnocení a vytvoření databáze.

Databázové systémy

Databáze je určitá uspořádaná množina informací (dat) uložená na paměťovém médiu. V širším smyslu jsou součástí databáze i softwarové prostředky, které umožňují manipulaci s uloženými daty a přístup k nim. Tento systém se v české odborné literatuře nazývá systém řízení báze dat (SŘBD, resp. v anglické podobě DBMS - database management system) (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Databáze>).

Z hlediska způsobu ukládání dat a vazeb mezi nimi můžeme rozdělit databáze do základních typů:

- Síťová databáze;
- Hierarchická databáze;
- Relační databáze (např. MySQL);
- Objektová databáze;
- Objektově relační databáze (např. PostgreSQL – Berkeley).

Relační databáze

Relační databáze je databázový systém, který je založen na relačním modelu dat a relační algebře. Data jsou uspořádána do tabulek (relací), nad kterými jsou definovány přípustné operace. Řádky se nazývají záznamy (record) a sloupce atributy, buňky se nazývají pole. Každý sloupec má definovaný datový typ, kterých je omezené množství (nejčastěji 6):

- řetězec;
- datum;
- čas;
- číslo (více typů) atd.

Software pro řízení databáze se obvykle nazývá Relational database management system, zkráceně RDBMS. Jazykem pro ovládání databáze je SQL, dotazovací strukturovaný jazyk.

Objektová databáze

Pro objektové databáze neexistuje žádný oficiální standard. Důraz ODBMS (Object-oriented database management system) je na přímou korespondenci mezi objekty a objektovými vztahy v aplikaci napsané v objektově orientovaných jazycích a jejich uchovávání v databázi.

Objektově relační databáze

Datový model, který má třídy (objekty) s atributy a metodami a integritními omezeními, každý objekt má identifikátor. ORDBMS je specifikována v rozšíření SQL standardu — SQL3. Do této kategorie patří např. Informix, IBM, Oracle a Unisys.

Zpracování dat

Zásadním úkolem po získání dat je jejich zpracování pro potřeby práce v GIS. Zpracování dat je závislé na:

- formátu dat (analogové, digitální);
- zdroji dat (primární, sekundární);
- typu výběru reprezentativních vzorků dat;
- cílové skupině;
- národních zvyklostech (zobrazení, jazyk) atd.

Po základním zpracování dat pro účely využití v rámci GIS je možné přistoupit k tzv. prostorovým analýzám, které jsou zásadní pro využití GIS.

Prostorové analýzy lze dělit na:

- statistické analýzy;
- mapovou algebru;
- vyhledávání na základě dotazů;
- interpolační metody;
- analýzy vzdálenosti;
- síťové analýzy.

Vizualizace dat

Většinou posledním krokem zpracování dat v GIS je jejich vizualizace. Typy vizualizace lze členit na papírové, hmotné a digitální.

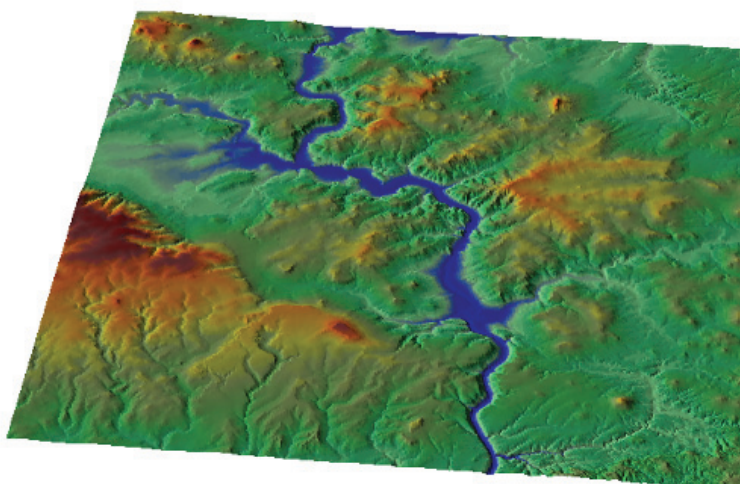
Digitální typ vizualizace dále můžeme členit na:

- interaktivní, neinteraktivní;
- statické, dynamické;
- rovinné a prostorové atd.

Důležitým poznatkem je fakt, že geografické informační systémy nejsou primárně určené pro tvorbu map. Přesto v nich výrazná většina uživatelů mapy tvoří.

Geografické informační systémy mají v sobě zabudované nástroje pro tvorbu map. Přesto je nutné konstatovat, že existují problémy při snaze vytvořit kartograficky správnou mapu např. nemožnost vytvořit kartograficky správnou legendu pro diagramy, problémy se zjednodušováním linií, někdy s počestěním severky atd.

I přes skutečnost, že nejmasovějším výstupem z GIS je mapa se stále častěji objevují i 3D výstupy. GIS nástroje umožňují export do VRML, popř. jiných 3D formátů. Stále běžnější bývá využívání programových prostředků, jako je např. Google Earth atd.



Obrázek 7 Perspektivní zobrazení soutoku Labe a Bíliny v Ústí nad Labem (barevná hypsometrie)

Pramen: autor

Zdroje

Anděl, J. a kol. (1992): Generel životního prostředí Klášterce nad Ohří. Výzkumný ústav výstavby a architektury, Ústí nad Labem, 92 s.

Anděl, J., Balej, M. (2005): Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny I. MINO, Ústí nad Labem, 202 s., ISBN 80-238-9682-2.

Brůna, V. a kol. (2003): Povodí Horní Blanice v prostředí GIS - Využití historických mapových podkladů pro sledování změn krajinného pokryvu. Studie pro OEK MŽP ČR. Ústí nad Labem, s. 43.

Hampl, M. (1998): Realita, společnost a geografická organizace: hledání integrálního řádu. Praha, DemoArt, s. 110.

Kupková, L. (2001): Analýza vývoje české kulturní krajiny v období 1845 – 2000. Disertační práce. PŘF UK Praha, s. 218.

Oršulák, T., Raška, P., Sucheč, S. (2007): Rekonstrukční vícerozměrná geovizualizace městských krajin: příkladová studie a perspektivy. Historická geografie 34, HÚ AV ČR, Praha, s. 334-350, ISSN 0323-0988.

Prchalová J. (2001): Využití leteckých snímků pro hodnocení vývoje krajiny. Acta Universitatis Purkynianae. Studia Oecologica XII., Univerzita J. E. Purkyně, Ústí n. L., s. 113-116.

Sýkora, L. (2008): Idiografická nebo nomotetická koncepce v geografii: kontraproduktivní spor o povahu a podstatu poznání. In: Geografický časopis, 60, č. 3, s. 299–315.

Tuček, J. (1998): GIS. Geografické informační systémy. Principy a praxe. Praha: Computer Press, ISBN 807226091X.

Voženílek, V. (2000): Geografické informační systémy. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství UP, 168 s. ISBN 80-7067-802-X.

DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Úvod

Pro Dálkový průzkum Země (DPZ) existuje mnoho definic. My si na úvod několik z nich uvedeme:

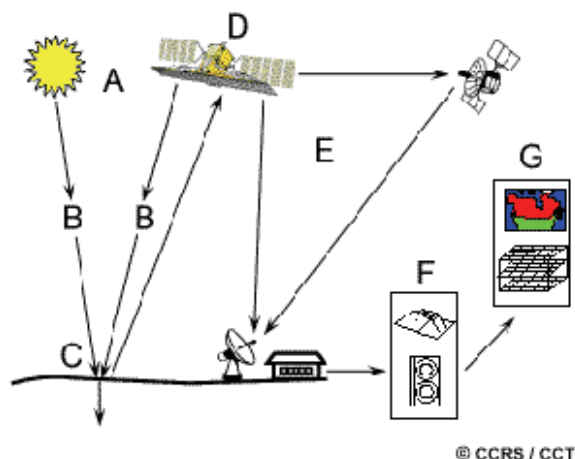
Dálkový průzkum Země je věda i umění získávat užitečné informace o objektech, plochách či jevech prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu. (Lillesand, Kiefer)

Dálkový průzkum je shromažďování informací o přírodních zdrojích s využitím snímků pořízených senzory umístěnými na palubách letadel nebo družic. (Bob Ryerson)

Dálkový průzkum je skupina technik, zabývající se pořizováním snímků a jiných forem dat, pořízených měřením na dálku, zpracováním a analýzou těchto dat. (Resors)

Tato kapitola byla vypracována na základě materiálů dostupných na [[2]].

DPZ je v principu založen na interakci mezi dopadajícím zářením a objektem zájmu. To je ukázáno na obrázek 8, kde je obsaženo sedm částí popisující princip DPZ. Musíme však brát v úvahu, že DPZ zahrnuje i snímání energie, kterou objekty vyzařují.



Obrázek 8 Princip fungování DPZ

Pramen: [[2]]

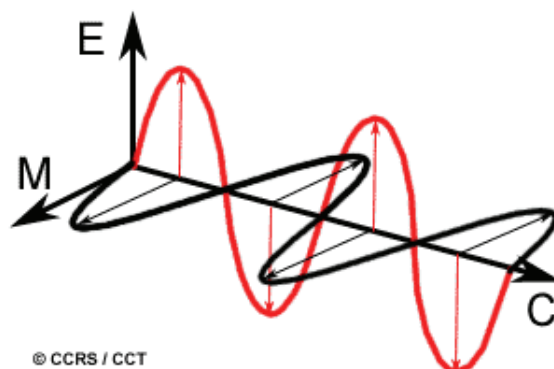
1. *Zdroj elektromagnetického záření (A)* – první požadavek pro DPZ je zdroj energie, který ozařuje předmět zájmu.
2. *Záření a atmosféra (B)* – při šíření energie od zdroje k objektu zájmu přichází do kontaktu s atmosférou, kterou prochází. K interakci s atmosférou pak dochází ještě jednou, když se odražená energie šíří od objektu zájmu k senzoru.
3. *Interakce s objektem zájmu (C)* – při ozáření objektu zájmu dochází k interakci s objektem v závislosti na vlastnostech objektu a typu záření.
4. *Zaznamenání energie senzorem (D)* – když je energie od objektu odražena (popřípadě objektem vyzářena) je zapotřebí senzor (vzdálený, který není v přímém kontaktu s objektem), aby zaznamenal elektromagnetické záření.
5. *Přenos, příjem a zpracování (E)* – informace o energii zaznamenané senzorem musí být přenesena (většinou elektronicky) do stanice, kde následně dojde ke zpracování.
6. *Vyhodnocení a analýza (F)* – zpracovaný obraz je vyhodnocen – vizuálně nebo digitálně k získání informací o objektu, který byl ozářen.

7. *Aplikace (G)* – finální části DPZ je dosaženo, pokud jsme schopni využít informaci získanou ze snímků, abychom objektu lépe porozuměli, získali nové informace, nebo ho využili k řešení dalších úloh.

Těchto sedm částí popisuje princip DPZ od začátku do úplného konce. V rámci tohoto učebního textu se s jednotlivými částmi seznámíme podrobněji.

Elektromagnetické záření

Hlavní požadavek pro DPZ je *zdroj energie*, kterým *ozáříme* objekt zájmu (pokud snímaná energie není objektem přímo vyzařována). Tato energie je ve formě elektromagnetického záření.



Obrázek 9 Elektromagnetické záření

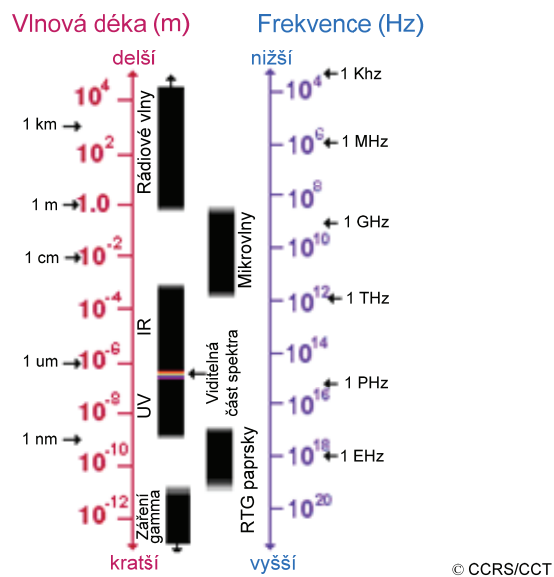
Pramen: [2]

Elektromagnetické záření se skládá z *elektrického pole* (E), které má proměnlivou amplitudu (maximální výchylku) ve směru kolmém na směr záření a z *magnetického pole* (M) orientované kolmo k elektrickému poli i směru šíření záření. Obě pole se šíří rychlostí světla (c). Elektromagnetické záření má dva důležité parametry, které jsou důležité pro porozumění principu DPZ:

- *vlnová délka* – značená λ se měří v metrech, nebo jednotkách z metrů odvozených,
- *frekvence* (ν) – se měří v Hertzech (Hz),
- jejich vzájemný vztah: $c = \lambda \cdot \nu$ → kratší vlnová délka = vyšší frekvence, delší vlnová délka = nižší frekvence.

Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum má rozsah od krátkých vlnových délek, kde hodnoty λ začínají od $\lambda = 10^{-16}m$ (gamma a x-záření) až k dlouhým vlnovým délkám, které nejsou shora nijak omezeny - viz obrázek 11 (např. mikrovlny a rádiové vysílání). Pouze určitá části spektra se využívá k DPZ. Jedná se o UV záření, viditelnou část spektra, Infračervené záření a mikrovlny. Jejich charakteristiky jsou ukázány na obrázek 10.



Obrázek 10 Vlnová pásma využívaná v DPZ

Pramen: [2]

UV záření (400 – 100nm):

- Nejkratší vlnová délka využívaná v DPZ.
- Záření se nachází v části spektra vedle fialové barvy viditelné části spektra – odtud pochází název tohoto záření (Ultra Violet – Ultra fialové) – viz obrázek 11.
- Některé materiály na Zemi – skály, minerály – vyzařují viditelné světlo, když jsou ozářeny UV zářením.
- Je výrazně pohlcováno atmosférou.
- Použití: vyhledávání ložisek zlata, monitorování ropných skvrn, geologické aplikace.

Viditelné spektrum (0.4 – 0.7μm):

- Můžeme zaznamenat pomocí očí (naše senzory).
- Velmi malé v porovnání s celou šíří spektra.
- Jediná část spektra, kterou můžeme asociovat s barvami
- Modrá, zelená a červená jsou primární barvy viditelné části spektra. Žádná primární barva nemůže být vytvořena ze dvou ostatních.
- Zdrojem je pouze Slunce = zaznamenávání pouze v denních hodinách
- Nejvyužívanější především z historického hlediska – v mnoha aplikacích není jeho použití nejvýhodnější.

Infračervené záření (Infra Red):

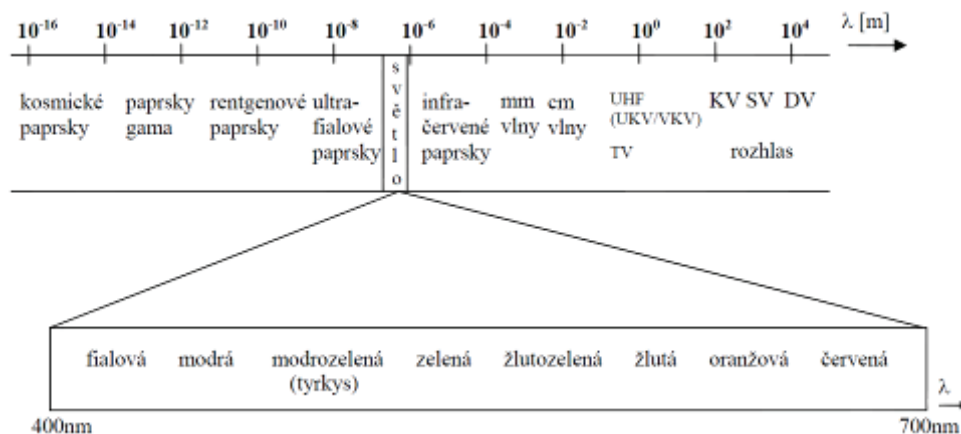
IR záření můžeme rozdělit do dvou kategorií v závislosti na charakteru záření:

- odražené IR (0.7 – 3μm) – využívá se podobně jako viditelná část spektra,
 - Blízké infračervené záření
 - Lze zaznamenat jak konvenčními fotografickými metodami, tak i elektronicky.
 - Méně pohlcováno atmosférou.

- Voda se v tomto pásmu chová jako černé těleso.
- Využití – studium topografie a vegetace, lesnictví, zemědělství.
- Střední infračervené záření
 - Využití k rozlišení druhů vegetace, rozpoznávání ledu a sněhu, odlišení oblačností a studium zdravotního stavu vegetace.
 - Mnoho minerálů má v této oblasti charakteristický absorpční pás.
- termální (emitované) IR (3 – 100μm) – přímo vyzařované Zemí formou tepelného záření.
 - Využití k zjišťování povrchové teploty oceánů, tepelné znečištění řek a jezer a krajiny a k lokalizaci lesních požárů.

Mikrovlny (1mm – 1m):

- Nejdelší vlny využívané v DPZ, které využívají především aktivní systémy – radary.
- Využití: studium reliéfu, plovoucích ledů, geologie, lesnictví, zemědělství.
- Pomocí mikrovlnných aktivních systémů lze získat i neobrazová data – informace o výškových poměrech, o řadě meteorologických prvků, atd.



Obrázek 11 Detail viditelné části spektra

Pramen: [3]

Interakce s atmosférou

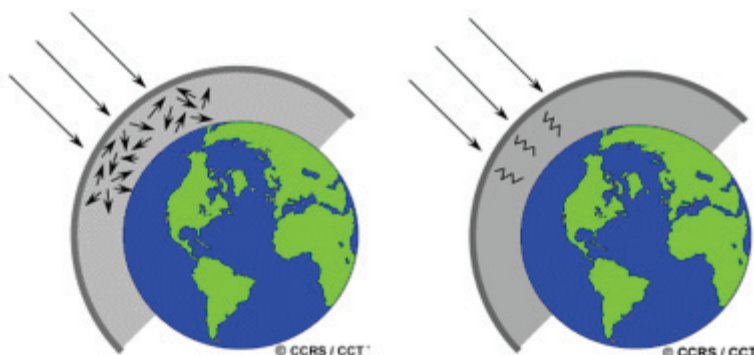
Předtím, než záření použité pro DPZ dosáhne povrchu Země, musí projít atmosférou. Částice a plyny v atmosféře mohou procházející záření ovlivnit. Tyto jevy jsou způsobeny mechanismy *rozptylu* a *pohlcování*.

Rozptyl se objevuje, když částice nebo větší molekuly plynu přítomné v atmosféře ovlivňují elektromagnetické záření a odkloní ho od původní cesty. Vliv rozptylu závisí na vlnové délce záření, množství plynů a vzdálenosti, kterou záření prochází letí skrz atmosféru. Existují tři typy rozptylu:

- Rayleighův (molekulární) rozptyl – pokud jsou částice v atmosféře menší než λ . Způsobuje modrou barvu oblohy, barevné západy a východy slunce.
- Aerosolový rozptyl – způsobují částice obdobné velikosti jako λ (prach, pyl, kouř a vodní pára).
- Neselektivní rozptyl – způsobují velké částice (vodní kapky, velké kusy prachu). Výsledkem je bílá barva oblaků a mlhy.

Pohlcování je druhým hlavním mechanismem ovlivňujícím elektromagnetické záření procházející atmosférou. Na rozdíl od rozptylu je zde energie záření pohlcována molekulami. Nejvýznamnější absorbenty jsou:

- ozón – absorbuje UV záření,
- oxid uhličitý – způsobuje tzv. *skleníkový efekt*, protože silně absorbuje záření v infračerveném spektru.



Obrázek 12 Rozptyl a pohlcování elektromagnetického vlnění

Pramen: [2]

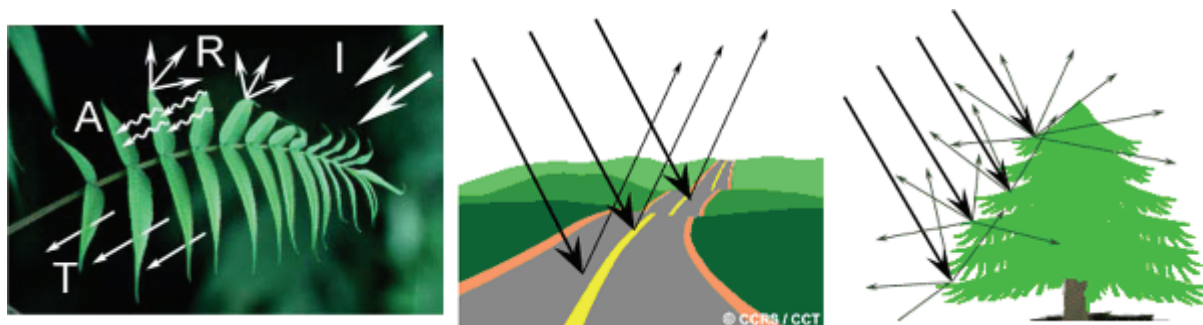
Interakce mezi zářením a objekty

Záření, které není pohlcené nebo rozptýlené v atmosféře, dosáhne zemského povrchu, kde dochází k interakci s objekty. Existují tři typy interakce při dopadu záření (**I**) – viz Obrázek 13:

- *absorpce* – absorption (**A**),
- *průchod* - transmission (**T**),
- *odraz* - reflection (**R**).

Celkové dopadající záření bude reagovat s objektem těmito třemi typy interakce. Poměr jednotlivých typů bude záležet na vlnové délce záření, materiálu a stavu objektu.

K absorpci (**A**) dochází, když je záření pohlceno objektem, zatímco k přenosu (**T**), když záření objektem projde. Za odraz (**R**) považujeme, když je záření odraženo od objektu a je přesměrováno. V DPZ nás zajímá měření záření, které je od objektů odraženo. Rozlišujeme dva typy odrazu, které reprezentují dva extrémy odrazu záření od objektu: *zrcadlový odraz* a *difuzní odraz*.



Obrázek 13 Interakce s objekty a typy odrazu - zrcadlový a difuzní

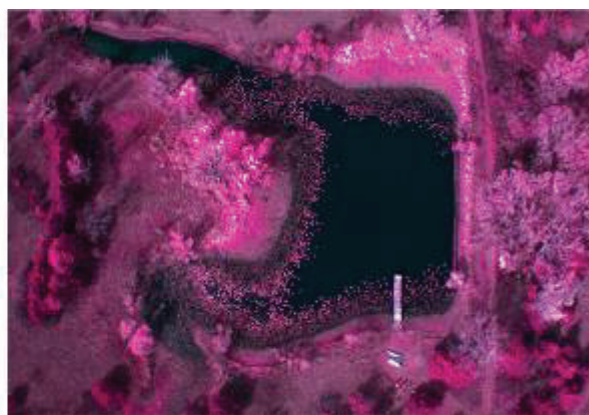
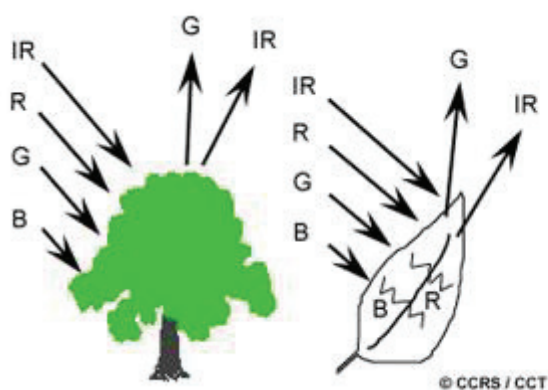
Pramen: [[2]]

Na hladkém povrchu dochází k zrcadlovému odrazu, , kdy je většina energie odražena od povrchu v jednom směru. K *difuznímu* odrazu dochází u objektů s hrubým povrchem a energie je zde odražena do všech směrů. Většina zemského povrchu leží v rozmezí mezi „perfektně zrcadlovým“ a

„perfektně difuzním“ odrazem. Jestli vybrané objekty odráží *zrcadlově* nebo *difúzně* záleží na hrubosti povrchu objektu v porovnání s vlnovou délkou použitého záření. Pokud je vlnová délka o mnoho menší, než jsou změny povrchu nebo částice, ze kterých je povrch složen – bude převažovat zrcadlový odraz. Např. jemný písek bude mít vlastnosti hladkého povrchu při použití dlouhovlnných mikrovln a naopak hrubého povrchu při použití viditelného záření.

Nyní se podíváme na několik příkladů, jak se jeví objekty na zemském povrchu ozářené viditelným a infračerveným zářením:

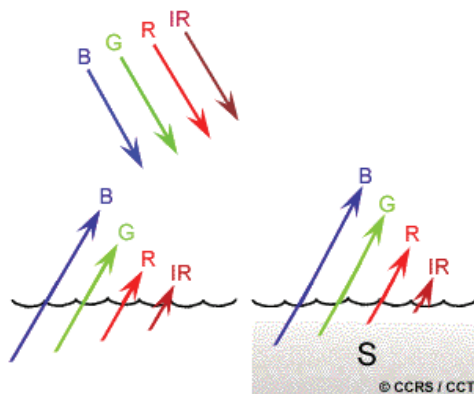
- **Listy** – chlorofyl obsažený v listech silně absorbuje záření ve vlnových délkách červené a modré barvy, ale odráží vlnovou délku barvy zelené. Listy vypadají „zelenější“ v létě, když je obsah chlorofylu maximální. Na podzim začíná chlorofyl v listech ubývat, čímž klesne absorpce modré a zelené barvy a tím dochází ke zvýšení odrazu vlnových délek červené barvy. To způsobuje zabarvení listů do červené a žluté barvy (žlutá je kombinací červené a zelené). Vnitřní struktura zdravých listů funguje jako kvalitní difúzní odrazový materiál pro blízké infračervené záření. Měření blízkého IR záření je jedním ze způsobů zjišťování zdravotního stavu vegetace.



Obrázek 14 Odrazivost listů a IR snímek vegetace a vod

Pramen: [[2]], [[1]]

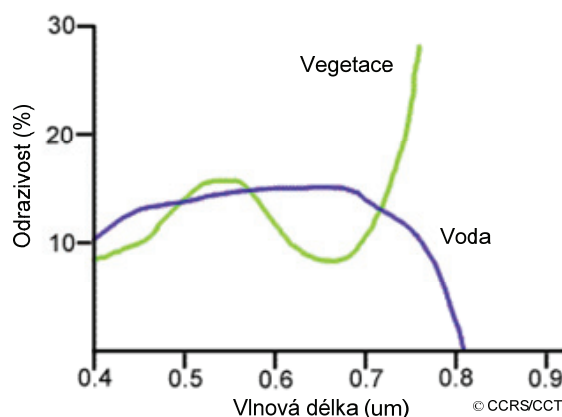
- **Voda** – viditelné záření s delší vlnovou délkou a blízké IR je vodou absorbováno více, než viditelné krátkovlnné záření. Proto voda typicky vypadá modrá, nebo modrozelená díky silnější odrazivosti těchto kratších vlnových délek a tmavá při zobrazení v blízkém IR pásmu. Přítomnost částic v horních vrstvách vody zlepšuje odrazivost, proto je voda na snímcích vidět jasněji. Pokud jsou ve vodě obsaženy sinice, tak voda vypadá zelená. To je způsobeno přítomností chlorofylu v sinicích.



Obrázek 15 Odrazivost vody

Pramen: [[2]]

Na těchto příkladech můžeme vidět, že v závislosti na typu sledovaného objektu a použité vlnové délky můžeme sledovat jeho rozdílné pohlcování, přenos a odraz. Měřením odražené (nebo vyzářené) energie objektů v různých vlnových délkách můžeme vytvořit tzv. *spectral response* (spektrální odezvu) pro zkoumaný objekt. Vzájemným porovnáním různých typů odezev od rozdílných objektů můžeme mezi těmito objekty rozlišovat, i když při použití pouze jedné vlnové délky bychom rozdíl mezi nimi nebyli schopni identifikovat. Např. voda a vegetace mají podobnou odezvu ve viditelné části spektra, ale jsou většinou dobře rozlišitelné v IR pásmu.



Obrázek 16 Spektrální odezva vody a vegetace

Pramen: [2]

Satelity a senzory

V předchozím textu jsme se několikrát zmínili o Slunci jako zdroji energie (záření). Slunce poskytuje velmi vhodný zdroj energie pro DPZ - energie je buď *odražena* (pro viditelné části spektra), nebo absorbována a pak znovu *vyzářena* (termální IR). Metody DPZ, které využívají přirozeně dostupnou energii, se nazývají *pasivní*. Tyto metody mohou být použity, pouze pokud je povrch ozářen Sluncem. Energie, která je přirozeně vyzařována (jako např. termální IR) může být zaznamenávána ve dne i v noci, dokud je zdroj záření silný natolik, aby mohl být zaznamenán.

Aktivní senzory si zajišťují vlastní zdroj záření. Senzory vysílají záření k objektu zájmu a odražená energie je opět zaznamenána senzorem. Výhodou aktivních senzorů je možnost pracovat nezávisle na denní době. Mohou používat vlnové délky, které nejsou v dostatečné míře dostupné ze Slunce (jako např. mikrovlny).

Senzory mohou být umístěny na Zemi, ve vzduchu, nebo na oběžné dráze Země. Pozemní senzory (umístěné na výsuvném rameni) se používají ke sběru detailních informací, které nemohou být zaznamenány ze vzduchu. Nosiče snímačů ve vzduchu mohou být letadla a družice. Obecně můžeme klasifikovat systémy pořizování dat dle následujících kritérií:

Obecné dělení

- druh nosiče: model letadla, letadlo, balón, družice, pozemní systémy,
- část spektra: panchromatické, IR, termální IR, radarové, multispektrální, hyperspektrální,
- osa záběru: svislá, šikmá, boční,
- zorné pole: širokoúhlé, normální, s dlouhým ohniskem

Oběžné dráhy družic DPZ

Rovníková oběžná dráha (geostacionární):

- výška družice je cca 36 tis. km,

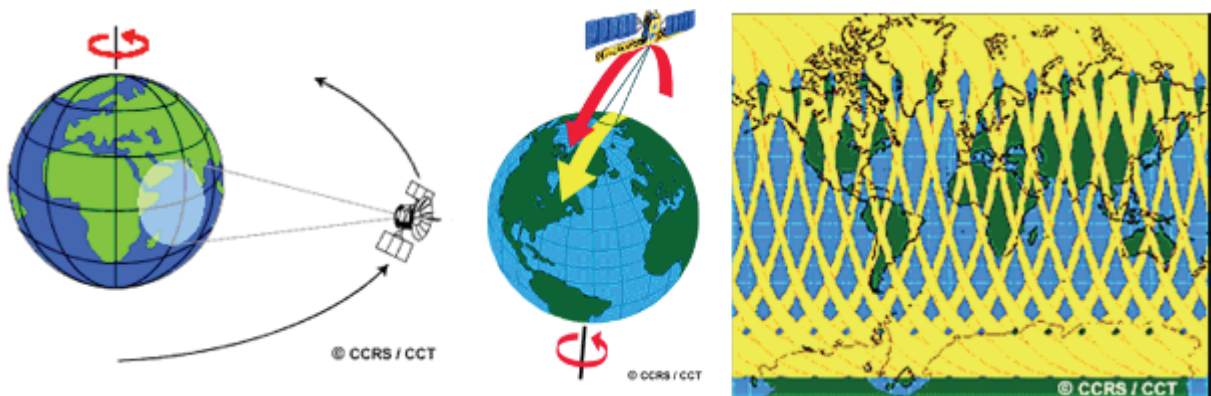
- úhlová rychlost je rovna rychlosti rotace Země = družice se otáčí zároveň se Zemí (snímá stále stejné místo),
- prostorové rozlišení snímku je malé ale s vysokou frekvencí,
- vhodné pro sledování atmosférických jevů

Šikmá oběžná dráha

- dráha družice svírá s rovinou rovníku úhel 30-65° a výška letu je několik set km,
- vyšší zeměpisné šířky nelze snímat, proto se pro systémy primárně určené pro pořizování obrazových dat

Subpolární oběžné dráhy

- dráha družice svírá s rovinou rovníku úhel 80 – 100° a výška letu je 700 – 1000 km,
- doba oběhu závisí na výšce letu – přibližně 2 hodiny,
- dráha je volena tak, aby orientace dráhy vůči slunci byla neměnná.



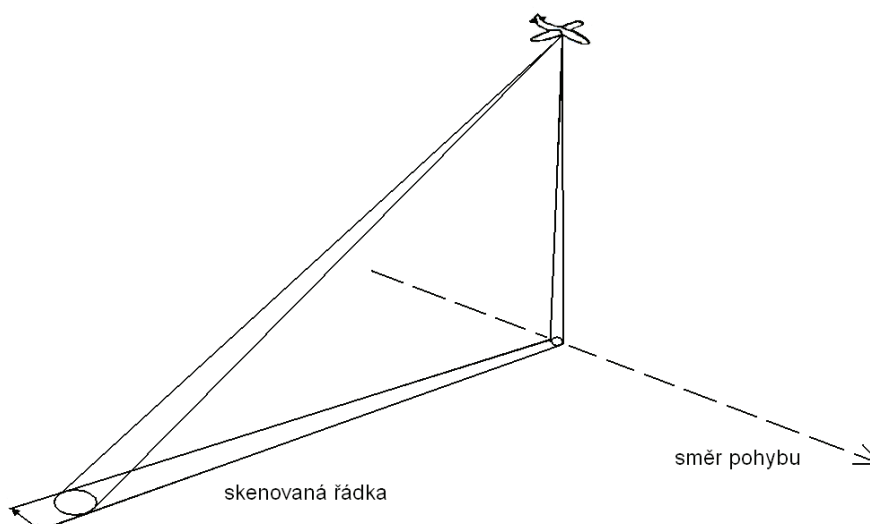
Obrázek 17 Poloha geostacionární družice, pohyb subpolární družice a oblast, kterou snímají díky rotaci Země

Pramen: [2]

Rozlišení dat

Detail rozpoznatelný na snímku je závislý na *prostorovém rozlišení* senzoru a odpovídá velikosti nejmenšího objektu, který je možný zaznamenat. Prostorové rozlišení senzorů záleží zejména na IFOV (Instantaneous Field of View) – okamžitý úhel záběru.

IFOV je kužel viditelnosti senzoru a určuje plochu zemského povrchu, která je vidět z dané výšky v určitém časovém intervalu. Plocha viditelné oblasti je závislá na vzdálenosti od senzoru k aktuálně snímané části zemského povrchu. S vyšší vzdáleností roste i velikost snímané oblasti a tím klesá prostorové rozlišení - viz obrázek 18. Plocha zaznamenaná senzorem určuje *rozlišení* snímku a definuje maximální prostorové rozlišení senzoru. Pro zaznamenání homogenního objektu je potřeba, aby jeho velikost byla stejná, nebo vyšší než maximální rozlišení senzoru.



Obrázek 18 Vliv IFOV na snímek

Pramen: [[3]]

Spektrální rozlišení senzoru definuje počet spektrálních pásem, jejich šířku a střední hodnotu vlnové délky pásma.

Radiometrické rozlišení určuje počet rozlišitelných úrovní signálu v jednom pásmu (1, 4, 8, 10, 12, 16 bitová data).

Časové rozlišení definuje interval mezi jednotlivými snímky stejného území. Geostacionární družice snímají cca každých 30 minut, zatímco satelity obíhající po oběžné dráze jednou za několik dní. Dobu je možné zkrátit natočením senzoru. Snímání stejných oblastí slouží ke studiu dynamických jevů.

Systémy pořizování dat

Na oběžnou dráhu již bylo vypuštěno velké množství satelitů se specifickou funkcí, různým spektrálním a prostorovým rozlišením, sbírající nejrůznější typy dat. Podrobný popis nejznámějších systémů pro pořizování dat nejdeme např. v [[2]], zde si uvedeme pouze jejich názvy:

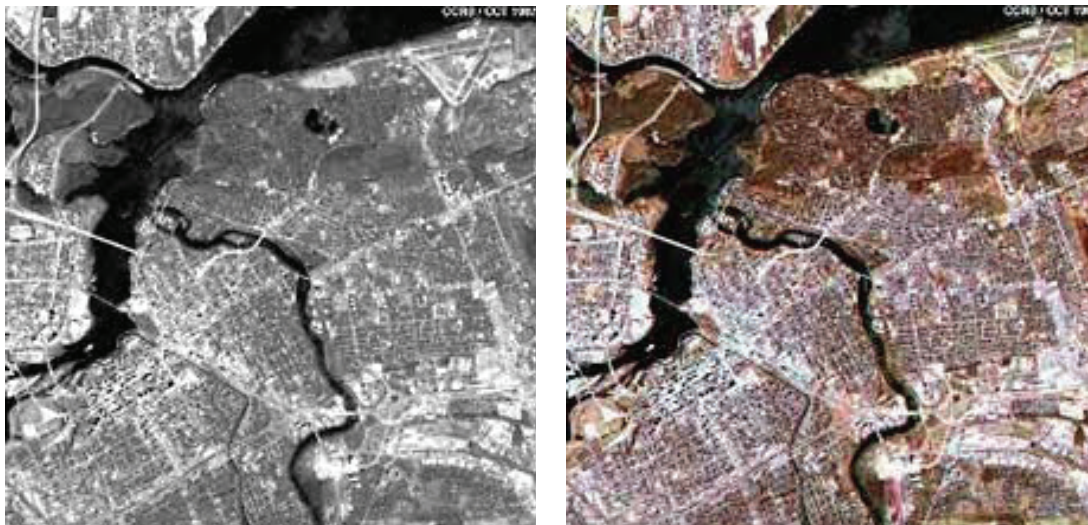
- Landsat,
- SPOT,
- IKONOS,
- QuickBird,
- IRS,
- meteorologické družice (Meteosat, NOAA).

Zpracování a analýza snímků

Detekci elektromagnetické energie můžeme provádět buď fotograficky, nebo elektronicky (digitálně). Fotografický proces k záznamu změny energie využívá chemické reakce na povrchu světlocitlivého filmu. Elektronický záznam využívá senzory, které zaznamenávají elektromagnetické záření jako matice hodnot v digitální formě.

Při použití digitálního záznamu je snímek tvořen *pixels*, které reprezentují jas snímané oblasti numerickou hodnotou. Analogovou fotografii můžeme skenováním převést do digitální formy.

Snímací senzory zaznamenávají jednotlivá pásma (band), kterým se také říká *kanály* (channel). Jednotlivá pásma můžeme kombinovat a získat tak zobrazení v nepravých barvách (např. R – red, G – green, B – blue = barvy tak, jak je vnímá lidské oko).



Obrázek 19 Vlevo jednopásmový snímek - vpravo snímek vzniklý kombinací pásem R, G, B

Pramen: [2]

Abychom mohli využít informace, které nám přináší DPZ, musíme být schopni získat smysluplné informace ze získaných snímků, což zahrnuje identifikaci a měření různých předmětů na snímku za účelem získání potřebných informací. Jednotlivé objekty zájmu v DPZ jsou libovolné oblasti na snímku, které mohou být body, linie, nebo oblasti. To zahrnuje např., mosty, silnice, velké vodní plochy, zalesněné porosty, nebo třeba i autobus na parkovišti. Pro objekty dále platí že musí být určitelné, tzn. musí být v kontrastu s ostatními prvky na snímku.

Velká část interpretace a identifikace objektů v DPZ na analogových a digitálních snímcích je prováděna vizuálně na základě pohledu na snímek (fotografii), nezávisle na typu použitého senzoru.. Na digitálních datech můžeme provádět *digitální zpracování obrazu* a *analýzy* – např. automatické rozpoznávání objektů (většinou je nutná asistence operátora)

Analogový přístup	Digitální přístup
využíván hlavně v počátcích DPZ minimální požadavky na výbavu subjektivní	nutný speciální a drahý SW analýza více spektrálních pásem najednou více objektivní, více konzistentní výsledky – nutná verifikace výsledků (může být složitá)

Tabulka 1 Porovnání analogového a digitálního přístupu

Při vyhodnocování snímků se hodnotí následující prvky vizuální interpretace:

- *odstín* (tone) = relativní jas objektu na snímku. Je to hlavní element pro rozlišování mezi objekty na snímku. Rozdíly v odstínu umožňují identifikaci tvaru, textury a struktury zkoumaného objektu,
- *tvar* (shape) = odpovídá obecné formě, struktuře nebo obrysu individuálních objektů. Může být výrazným vodítkem pro interpretaci – ostré a pravidelné hrany jsou typické pro obydlené, nebo zemědělské oblasti, přírodní útvary (lesy) jsou nepravidelného tvaru,
- *struktura* (pattern) = prostorové rozložení viditelných objektů,
- *textura* (texture) = rozložení a frekvence variace odstínů v určitých oblastech snímku.
- *stín* (shadow) = pomáhá při interpretaci profilu a relativní výšky cíle, což usnadňuje identifikaci. Snižuje ovšem možnost interpretace cílů v oblastech zakrytých stínem.
- *asociace* (association) = bere v úvahu ostatní rozpoznatelné objekty v sousedství zkoumaného objektu.

Při zpracování *digitálních* družicových snímků postupujeme ve čtyřech hlavních krocích: předzpracování snímku, zvýraznění snímku, obrazové transformaci a klasifikaci snímku a analýze.

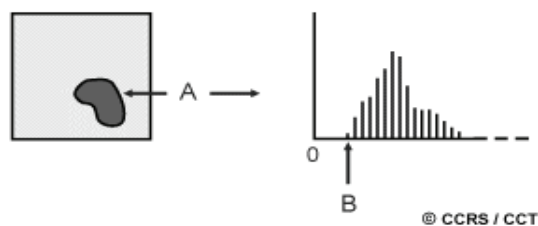
Předzpracování obrazu (Preprocessing)

Operace předzpracování obrazu jsou zodpovědné za opravu specifických radiometrických a geometrických distorzí dat:

- radiometrické korekce – opravy pro nepravidelnosti senzoru, konverze dat tak, aby přesně reprezentovala odražené nebo emitované záření měřené senzorem,
- geometrické korekce – opravy zkreslení dat vznikající při snímkování, transformace souřadnic.

Radiometrické korekce jsou závislé na typu senzoru a podmínkách při snímání. Užitečné bývá konvertovat/kalibrovat data na známou hodnotu záření. Díky tomu můžeme lépe porovnávat různé zdroje dat. V jedné z předchozích kapitol jsme hovořili o *rozptylu záření* při průchodu atmosférou – ten omezuje a zeslabuje část energie, která ozařuje zemský povrch. Na odstranění vlivu rozptylu můžeme aplikovat metody atmosférické korekce (modelování podmínek v atmosféře v průběhu sběru dat), nebo pouze výpočetní korekci přímo v datech.

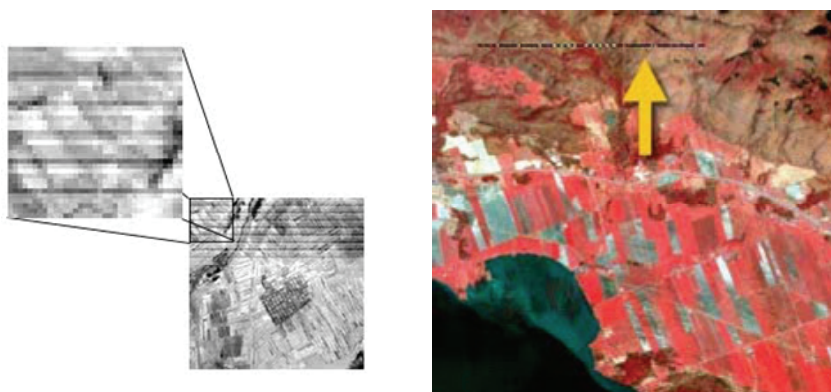
Příkladem takové korekce může být metoda *průzkumu hodnot zaznamenaného jasu* – v oblasti stínu, popř. velmi tmavého objektu (jako např. jezero – A) určit minimální hodnotu jasu (B) – viz obrázek 20. Korekce je poté aplikována odečtením minimální zjištěné hodnoty jasu (B) (pro každé pásmo) od všech pixelů daného pásma. Rozptyl je závislý na vlnové délce, proto se budou minimální hodnoty jasu pro každé pásmo lišit. Při této korekci vycházíme z předpokladu, že v případě čisté atmosféry tyto objekty (např. stín) mají velmi malé hodnoty jasu (skoro nulové). Pokud tedy zjistíme hodnoty vyšší než 0, je toto výsledek atmosférického rozptylu.



Obrázek 20 Radiometrická korekce

Pramen: [[2]]

Další chyby v obraze mohou vznikat kvůli nepravidelnostem nebo chybám způsobených senzory. Běžnou chybou je *striping* (proužkování) a *dropped lines* (zapomenuté linie). Tyto chyby musí být odstraněny ještě před započítím klasifikace snímku, jinak by docházelo k nepřesnostem při vyhodnocování. *Striping* byl častý u dřívějších Landsat MSS s ohledem k různorodosti a směru (drift) v odrazu šesti senzorů, které měl MSS.



Obrázek 21 Striping a dropped lines

Pramen: [[2]]

Mezi geometrické korekce patří georeferencování získaných snímků do potřebného souřadnicového systému. Pro georeferencování se používá identických bodů – tzv. *ground control points* (GCP), u nichž jsou známy souřadnice v požadovaném souřadnicovém systému. Těmto GCP pak přiřazujeme odpovídající body ze zpracovávaného snímku. Popis georeferencování však přesahuje rámec tohoto učebního textu – toto téma je však důkladně rozebráno ve většině GIS publikací.

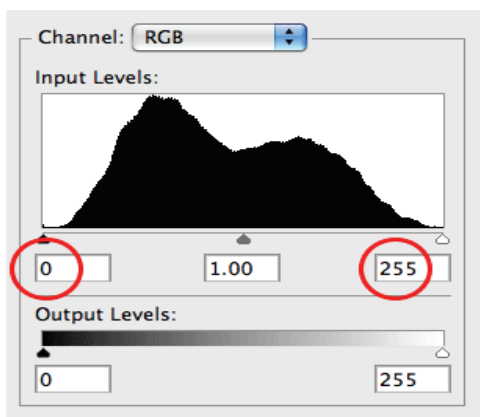
Zvýraznění snímku (Image Enhancement)

Zvýraznění obrazu se používá pro jednodušší vizuální interpretaci a porozumění snímku, protože i po provedení operací preprocessingu nemusí být obraz ideální pro vizuální interpretaci. Velká výhoda digitálního DPZ je možnost manipulovat s hodnotami jednotlivých pixelů snímku. S ohledem k velmi široké *spectral response* různých objektů (lesy, pouště, ledovce, atd.) žádná radiometrická korekce neupraví rozsah jasů v daném snímku pro optimální zobrazení pro všechny sledované cíle. Pro každý snímek je tedy nutné provést individuální úpravu rozsahu a rozložení jasu.

V surovém (RAW) zpracování snímku jsou použitelná data uložena pouze v omezeném rozsahu využitelných číselných hodnot (256 úrovní). –Základem k operacím zvýraznění snímku je porozumění *histogramu obrazu*..

- *histogram* je funkcí jasu. Vyjadřuje četnost bodů s daným jasnem, ze kterých se skládá obraz [3],
- hodnoty jasu (např. 0 - 255) jsou zobrazeny podél osy X,

- četnost výskytu každé hodnoty je pak zobrazena v ose Y.



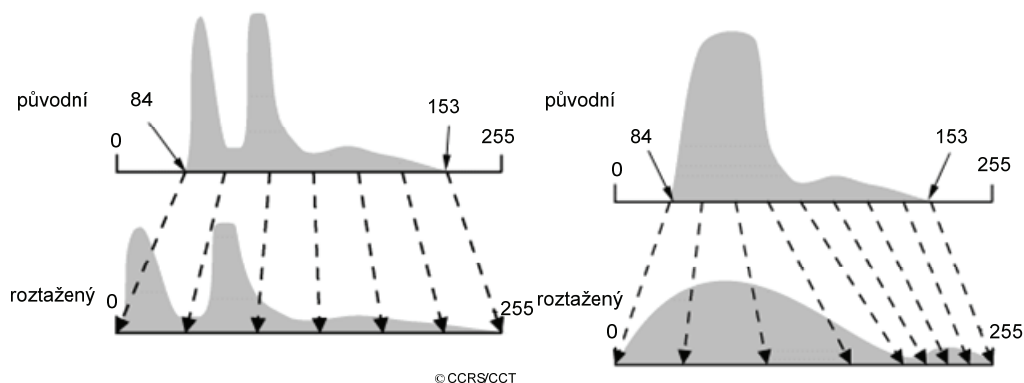
Obrázek 22 Histogram obrazu

Pramen: autor

Změnou rozsahu hodnot jasu obrazu, které jsou reprezentovány histogramem, můžeme aplikovat různé vylepšení. Existuje mnoho různých metod vylepšení kontrastu a detailu dat (tzv. ekvalizace histogramu).

Linear contrast stretch je nejjednodušší metoda vylepšení kontrastu snímku. Identifikujeme nejnížší a nejvyšší hodnotu jasu a provedeme transformaci, která roztáhne tento rozsah hodnot jasu přes celý interval. V našem případě je minimální hodnota histogramu zpracovávaného obrazu 84 a maximální 153. Těchto 70 hodnot pokrývá méně než čtvrtinu z celkového rozsahu 256 hodnot. Transformace *linear stretch* rovnoměrně roztáhne původní rozsah tak, aby pokrýval plný rozsah hodnot od 0 do 255. Tato transformace histogramu pomáhá ke zlepšení vizuální interpretace snímku. Rovnoměrné roztažení histogramu není vždy nejlepším řešením – obzvláště, když vstupní rozsah není rovnoměrně rozložen.

V takovém případě můžeme použít např. metodu *histogram-equalized stretch* (egalizace histogramu). Tato transformace hodnot jasu přiřadí širší interval hodnot častěji zastoupenému jasu, čímž jsou zvýrazněny oblasti, které mají na snímku větší výskyt. Tuto operaci zvýraznění obrazu můžeme také aplikovat na určitou část histogramu, která nás zajímá. Např. máme snímek ústí řeky, na jehož histogramu voda zaujímá hodnoty od 40 do 76. Pokud bychom chtěli zvýšit detaily ve vodě (např. abychom určili množství rozpuštěných sedimentů), tak roztáhneme část intervalu histogramu, reprezentující vodu (40 až 76) na celý rozsah histogramu od 0 až 255. Všem hodnotám menším než 40 bude přiřazena hodnota 0 a větším než 76 hodnota 255 čímž se ztratí informace v těchto oblastech. Dojde však ke zvýraznění informace v rámci vodního toku.



Obrázek 23 Princip linear kontrast stretch a histogram-equalized stretch

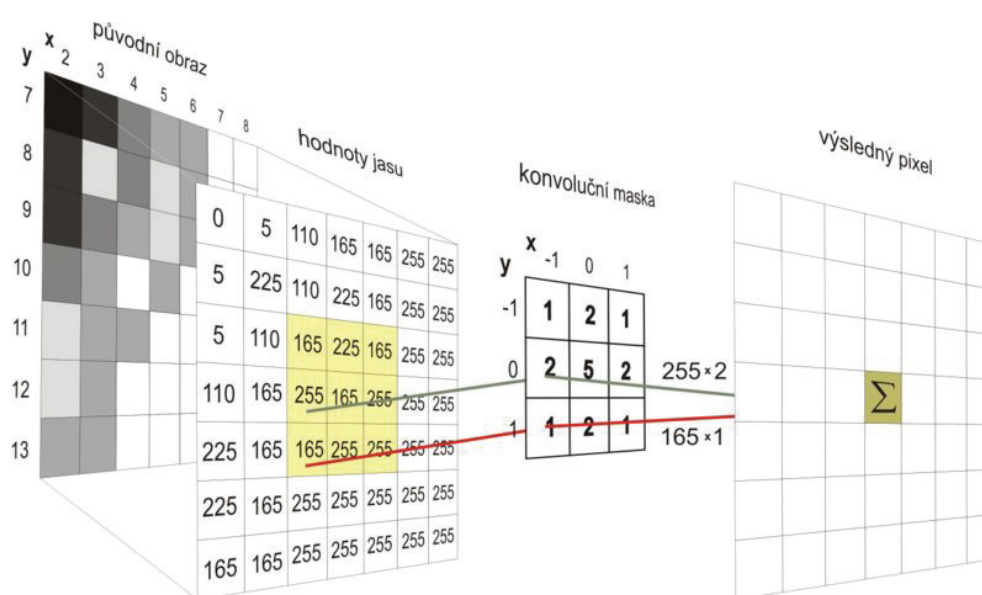
Pramen: [[2]]

Další množina funkcí, které se zaměřují na vylepšení vzhledu obrazu, se nazývá *prostorová filtrace* (spatial filtering). Jejich vlastností je zvýraznění, nebo potlačení specifických prvků obrazu, v závislosti na jejich *prostorové frekvenci* (spatial frequency). Prostorová frekvence souvisí s konceptem textury obrazu – odpovídá frekvenci variací odstínů, které se objevují v obraze:

- *hrubě texturované* oblasti obrazu, kde dochází k náhlé změně odstínu na malém území, mají vysokou prostorovou frekvenci,
- *hladce texturované* oblasti s lehkou změnou odstínů mají nízkou prostorovou frekvenci.

K prostorové filtraci se využívá principu konvoluce s použitím konvoluční masky o různých velikostech (např. 3x3, 5x5, atd.) – viz obrázek 24.

- *low-pass filter* se používá ke zvýraznění větších, homogenních oblastí, které mají stejný odstín. Redukuje detaily a opticky vyhladí snímek. Používají se funkce jako např. průměr
- *high-pass filter* se používá k doostření detailů snímku.



Obrázek 24 Princip konvoluce

Transformace obrazu (Image Transformations)

Transformace obrazu zahrnují manipulace s jednotlivými snímky, popřípadě s vícespektrálními snímky identické oblasti, pořízené s časovým rozestupem. Pomocí transformací obrazu pak vytváříme ze dvou a více snímků nové snímky, které vyjadřují požadované prvky nebo vlastnosti lépe než snímky původní.

Při základních transformacích obrazu aplikujeme na snímky jednoduché aritmetické operace a principy, které známe např. ze zpracování rastrových dat pomocí operací mapové algebry v prostředí GIS.

Často se používá *odečítání snímků* k identifikaci změn, ke kterým došlo v intervalu mezi pořízením jednotlivých snímků. U georeferencovaných snímků odečítáme hodnoty jasu navzájem si odpovídajících buněk (lokální funkce mapové algebry). Tento typ obrazové transformace můžeme použít např. pro mapování změn v zástavbě, nebo v oblastech kde dochází k odlesňování krajiny.

Jednou z nejběžnějších transformací aplikovaných na snímky je tzv. *spectral rationing* (ratio = poměr). Tuto transformaci si ukážeme v následujícím příkladu:

Zdravá vegetace odráží silně v blízkém IR pásmu a absorbuje ve viditelném RED pásmu. Ostatní typy povrchu (hlína, voda, sníh) odráží přibližně stejně v blízkém IR i RED pásmu. Při použití snímků

z Landsat – pásmo 7 (blízké IR) a pásmo 5 (RED) – vydělíme pásmo 7 pásmem 5 = výsledek nám určí hodnoty vyšší než 1 pro vegetaci a hodnoty kolem 1 pro hlínu a vodu. Tím získáme zvýraznění vegetace od ostatních prvků a také můžeme lépe vyhodnotit oblasti s poškozenou vegetací – ratio bude nižší než u zdravé vegetace.

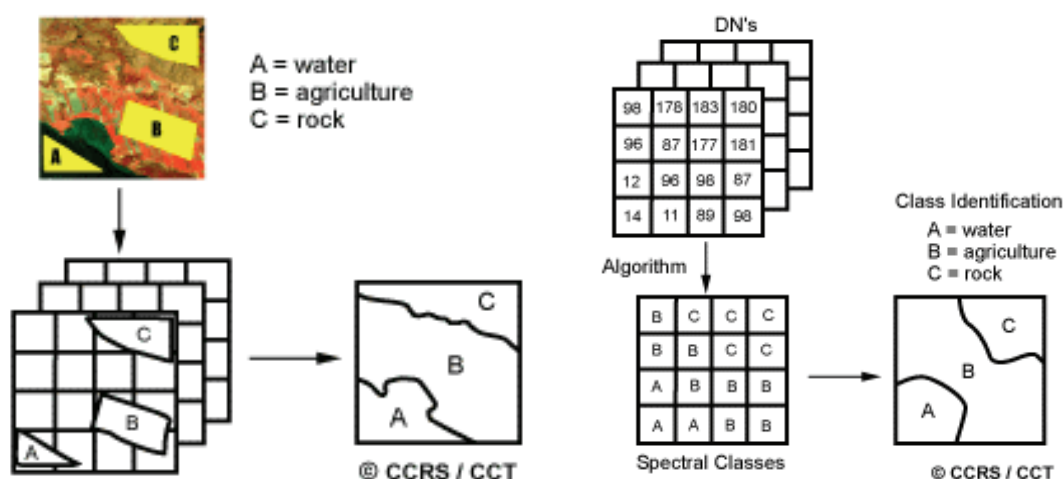
Další výhodou je, že se díváme na poměry hodnot jasu a ne přímo na hodnoty, tím docílíme redukce nerovnoměrného osvětlení scény.

Byly navrženy i složitější poměry (ratio) mezi různými senzory a jejich spektrálními pásmy, které sloučí k monitorování stavu vegetace. Velmi rozšířená obrazová transformace tohoto typu je *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), která se používá pro sledování vegetace v kontinentálním a celosvětovém měřítku s použitím Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) senzor na sérii satelitů NOAA.

Klasifikace snímků

Operátor klasifikující objekty snímku používá prvky vizuální interpretace představené v úvodu této kapitoly, aby identifikoval homogenní skupiny pixelů reprezentující typy půdního krytu. *Digitální klasifikace snímků* využívá spektrální informaci reprezentovanou hodnotami v jednom nebo více spektrálních snímcích. Cílem této klasifikace je každý pixel snímku zařadit do určité tematické třídy (např. voda, jehličnatý les, kukuřice, ...). Běžné klasifikační procedury mohou být rozděleny do dvou hlavních tříd, dle metody klasifikace:

1. *Řízená klasifikace* – operátor definuje ve snímku homogenní reprezentativní vzorky rozdílných typů půdního krytu. Tyto vzorky se nazývají *trénovací množina*. Výběr vhodných trénovacích oblastí záleží na operátorově zkušenosti a znalosti daného území. Numerické hodnoty ze všech pásem se použijí k „trénování“ algoritmu pro rozpoznávání jednotlivých tříd. Následně algoritmus přiřadí každému pixelu snímku příslušnost do jedné z definovaných tříd.
2. *Neřízená klasifikace* – v principu funguje opačně než *řízená klasifikace*. Operátor stanoví, na kolik tříd se má snímek rozklasifikovat. Na data je aplikován *clustering algorithm* (shluková analýza). Pixels s podobnou charakteristikou jsou seskupeny do shluků a následně rozklasifikovány do předem definovaného počtu tříd.



Obrázek 25 Princip řízené a neřízené klasifikace

Pramen: [2]

Zpracované a vyhodnocené snímky se dále analyzují pomocí nástrojů GIS. Ve výsledku totiž získáme rastrová data, na která můžeme aplikovat funkce mapové algebry, převádět prvky do vektorové reprezentace, popřípadě data vizualizovat pomocí digitálních modelů terénu.

Zdroje

- [1] Academic Web Courses Faculty, Emporia State University [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: <http://academic.emporia.edu/>
- [2] Natural Resources Canada, Remote Sensing Tutorials [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php#tutor
- [3] ŽELEZNÝ, M.: Dálkový průzkum Země. [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: <http://www.kky.zcu.cz/uploads/courses/dpz/DPZ-prednasky.pdf>
- [4] WIKIPEDIE. Otevřená encyklopedie. Konvoluce [online]. [2010-05-30]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Konvoluce>

GNSS (GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ DRUŽICOVÝ SYSTÉM)

Úvod

S globálním navigačním družicovým systémem (GNSS) se v dnešní době setkáváme téměř na každém kroku. K určení polohy je používají velké oceánské lodě i malé jachty, dopravní letadla, ale i paraglidisté. V autě nás navede (s využitím mapových podkladů) k nejbližší benzinové pumpě, nebo předem zadané adrese. V přírodě nás bezpečně dovede k cíli mezi horskými masivy a v mlze ukáže cestu domů. Geodeti ji používají k určení polohy bodu s přesností na několik milimetrů a sousedovi řídí sekačku na zahradě. Pomocí GPS můžeme zaměřit polohu stromů, rašelinišť nebo archeologických nálezů a data následně zpracovat v GIS. GPS přijímač je dnes integrovaný do multimediálních přehrávačů, PDA, mobilních telefonů a hodinek. Můžeme s ním běhat po lese a hledat „poklady“, provádět seriózní výzkum, nebo ho používat jako pracovní nástroj. Následující text má za úkol přiblížit tuto technologii a seznámit se základními principy. Při vypracování této kapitoly jsme vycházeli zejména z [[7]] a [[8]].

Historie GPS

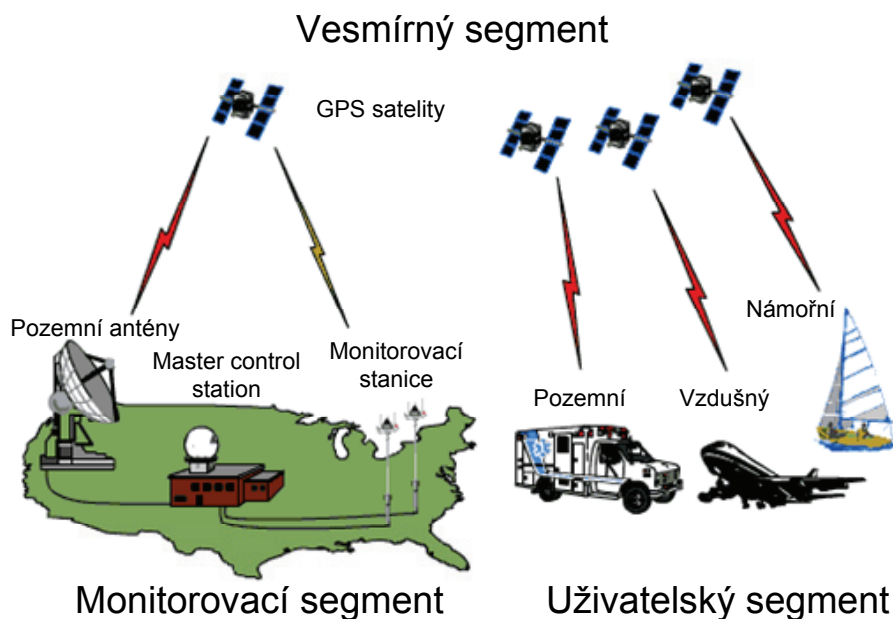
Důvod vzniku GPS (Global Positioning System) byla v 60. letech snaha USA o přesné zaměření polohy jaderných ponorek. Před vybudováním systému družicové navigace tak, jak ji známe dnes, se k určování polohy používal systém radiové triangulace LORAN (LONg RANge Navigation). Systém určoval pouze zeměpisnou šířku a délku a v dosahu dvou vysílačů byla přesnost okolo 300m. Přesnost byla dále degradována atmosférickými podmínkami. V roce 1964 se začala používat družicová navigace využívající Dopplerův posun – TRANSIT. Signál se měnil s polohou satelitu na obloze a poloha se určovala ze změny frekvence signálu. Pro určování výšek byla dostupná decimetrová přesnost. Systém se definitivně přestal používat v roce 1996.

V roce 1973 byl americkým ministerstvem obrany zřízen Joint Program Office, který měl za úkol vývoj a realizaci kosmického navigačního systému. Výsledkem jejich aktivit je Navigation System with Timing and Ranging (NAVSTAR) Global Positioning System (GPS). V roce 2000 (10. května) americký prezident Bill Clinton zrušil záměrnou chybu, která do signálu pro civilní uživatele vkládala umělé snížení přesnosti určení polohy a od té doby začíná boom využití GPS i v civilním sektoru.

Struktura systému GPS

Systém GPS je tvořen třemi základními segmenty:

- kosmickým (space segment),
- monitorovacím a řídicím (ground segment),
- uživatelským (user segment).



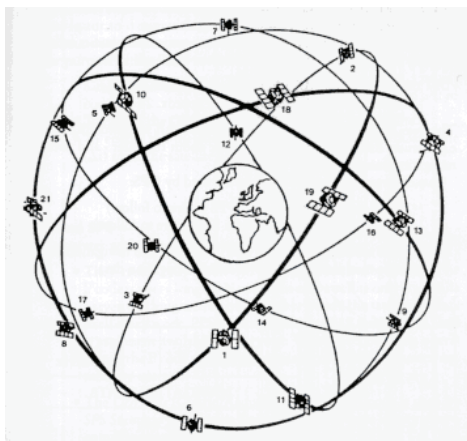
Obrázek 26 Segmenty GPS

Pramen: [1]

Kosmický segment

Kosmický segment je tvořen ze satelitů, jejichž kompletní konstelace se skládá celkem z 24 až 32 satelitů. Tyto satelity poskytují kontinuální, globální navigační a polohovací technologii za všech povětrnostních podmínek. [7]

Satelity obíhají v 6 dráhových rovinách – každá dráha obsahuje 4 – 5 satelitů. Sklon dráhy je přibližně 55,5 úhlových stupňů a družice oběhne Zemi za přibližně 12 hodin. Poloha a rozmístění satelitů je připravena tak, aby v každém místě na Zemi bylo vidět vždy na minimálně 4 satelity. V normálních podmínkách je však přímá viditelnost na více družic a velmi často i na maximum – 12 družic. Každá družice obsahuje přesné hodiny, které jsou synchronizovány s atomovými hodinami umístěnými v řídicím segmentu. .



Obrázek 27 Konstelace družic GPS (Země a dráhy v měřítku)

Pramen: [4]

Monitorovací a řídicí segment

Kontrolní segment se skládá z pozemních stanic rozmístěných podél rovníku. Existují tři typy pozemních stanic:

- master control station v Coloradu, USA,
- šest monitorovacích stanic bez obsluhy,
- čtyři velké pozemní antény – vysílají příkazy a data satelitům a přijímají od nich dálkové měření.

Monitorovací stanice přijímají signál z družic, ten je dále odeslán do *master control station*, kde je signál analyzován. Pokud je zapotřebí udělat nějakou změnu (např. upravit dráhu satelitu) je vyslán signál pomocí *pozemní antény*.

Uživatelský segment

Uživatelský segment tvoří koncoví uživatelé GPS. Z přijatého signálu GPS přijímač spočítá přibližnou polohu, rychlost a čas. Pro určení polohy ve 2D (pouze x, y) stačí přijímat signál ze tří družic. Pro navigaci ve 3D je nutné přijímat signál minimálně ze čtyř družic. Obecně platí, že při příjmu signálu z více družic dochází k přesnějšímu výpočtu hodnot (x, y, z, v, t). GPS v uživatelském segmentu má mnoho aplikací – podle [[7]] je můžeme rozdělit na:

- *navigaci* – na souši, moři, ve vzduchu, v kosmu, rekreační navigace, kinematická měření a navigace robotů,
- *měření a polohování* – katastrální měření, geodetické sítě, polohování letadel, sledování deformací, fotogrammetrie, LIDAR, hydrografická měření, a mnoho dalšího.

Signály vysílané družicemi GPS

Podle [7] každá družice vysílá signál, který se skládá ze *dvou sinusových nosných vln* (carrier) L1 a L2, jejichž frekvence je odvozena ze základní frekvence družicového oscilátoru – 10,23Mhz. Obě nosné vlny jsou modulovány binární dvoufázovou modulací – dvěma pseudonáhodnými kódy – C/A kódem a P-kódem.

- C/A kód moduluje pouze L1 – jedná se o sekvenci nul a jedniček, každá družice generuje svou vlastní sekvenci (vlastní C/A kód). Kód má krátkou vlnovou délku (300m).
- P-kód moduluje nosnou vlnu L1 i L2 a jeho struktura je složitější – díky tomu poskytuje přesnější výpočty vzdálenosti družice–přijímač. P-kód je možné uzamknout (např. v případě vojenského konfliktu) – tzv. Selective Availability. Pro určování polohy ho pak mohou používat pouze autorizovaní uživatelé. Uzamčený P-kód se potom nazývá Y-kód. Není ovlivňován průchodem ionosférou a je méně náchylný na šumy. Vlnová délka P-kódu je 30m.

Další složka signálu je navigační zpráva – zde jsou obsaženy základní informace o každém satelitu. Podle [[10]] se skládá ze tří hlavních komponent, které obsahují:

1. GPS datum a čas, statut satelitu a informaci o jeho stavu (zdraví),
2. orbitální informace, které se nazývají *efemeridy* a umožňují přijímači vypočítat polohu družice,
3. almanach = informaci o všech satelitech na orbitu, jejich poloze a informaci o jejich kódech (C/A, P).

V současnosti se do nových družic implementuje vysílání nových typů signálu – L1C, L2C a L5, které přinesou zvýšení přesnosti měření.

Důvody pro takto složitou strukturu signálu jsou následující [[7]]:

- *mnoho uživatelů* – autorizovaní a neautorizovaní uživatelé,
- *navigace v reálném čase* – měří se na více družic, neurčitost v určených délkách, polohy družic,

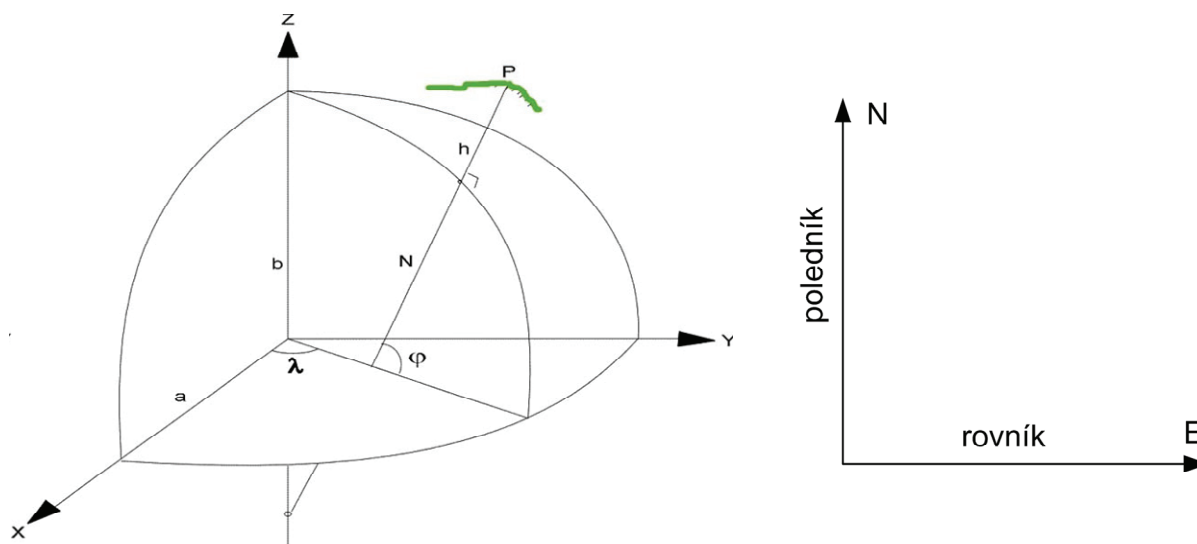
- *šíření signálu* – poruchy způsobené průchodem signálu atmosférou, sdílení frekvence signálu s jinými uživateli,
- *civilní vs. armádní uživatelé* – omezování přesnosti.

Přijímač GPS, výpočet polohy

GPS přijímač přijímá signál z družic, na jehož základě počítá polohu. Obecně se GPS přijímač skládá z několika hlavních částí – anténa, hodiny, ... GPS přijímače můžeme rozdělit podle různých kritérií:

1. Počet kanálů:
 - jednokanálové – přijímač přijímá signál vždy pouze z jedné družice, v intervalu 1s přepíná mezi družicemi (spíše starší přístroje),
 - vícekanálové – přijímač přijímá signál naráz ze všech dostupných družic – v dnešní době jsou přijímače i 40 kanálové, což je příprava na další navigační systémy (GLONAS, GALILEO).
2. Typ měřených dat:
 - kódové měření – pracuje pouze s C/A kódem, přesnost 3–6 metrů,
 - fázová měření – pracuje přímo s fází nosných vln L1 a L2, přesnost v řádu milimetrů, umožňuje postprocessing.
3. Uživatelé:
 - geodézie – přesné měření (fázové), postprocessing dat, kombinace GPS s totální stanicí, diferenciální metody GPS,
 - armáda – možnost uzamčení P-kódu – znemožnění civilního využití,
 - civilní – autonavigace, turistika, geocaching,
 - další možné – fotogrammetrie, kosmická navigace, ...

Abychom mohli určit polohu přijímače, musíme mít definovaný souřadnicový systém. Systém GPS NAVSTAR svou polohu primárně udává v geodetickém systému WGS 84 (World Geodetic System 1984), který je standardem NATO a od roku 2006 i standardem Armády ČR. Tento souřadnicový systém má počátek v těžišti Země (*geocentrický*) a je pevně spojený se Zemí (tzn. rotuje s ní). Souřadnicový systém WGS 84 je ukázán na obrázek 28. Země je zde nahrazena elipsoidem, konkrétně elipsoidem WGS-84, na kterém je poloha bodu P určena buď pomocí zeměpisných souřadnic φ a λ nebo kartézskými souřadnicemi XYZ (viz obrázek 28). GPS přijímač zobrazuje souřadnice rovinné (využívá zobrazení elipsoidu na kouli). Hodnoty souřadnic jsou uvedeny jako N (Northing) a E (Easting). Tyto osy jsou vloženy do obrazu nultého poledníku a rovníku – viz obrázek 28. Souřadnice mohou mít následující tvar: N 50°29.044' a E 013°39.153' doplněné o nadmořskou výšku. Jedná se o úhlové hodnoty, včetně úhlových minut a jejich tisícín. Pro popis drah GPS družic se používá *geocentrický nebeský rámec*, který je *Earth fixed* (nerotuje se Zemí).



Obrázek 28 Souřadnicový systém WGS 84 a rovinné souřadnice Northing a Easting

Pramen: [5]

Výpočet polohy přijímače je na výpočtu vzdálenosti družice–přijímač. Jak jsme již uvedli, pro výpočet ve 2D musíme přijímat signál minimálně ze tří družic, pro výpočet ve 3D (souřadnice Z) musíme přijímat signál ze čtyř družic. Situaci si můžeme představit tak, že jednotlivé družice tvoří podstavu čtyřbokého jehlanu a vrchol jehlanu je GPS přijímač. Po zjištění vzdálenosti družice–přijímač se výpočet polohy provede protínáním z délek.

Zjednodušeně můžeme říci, že signál vysílaný družicí definuje kulovou plochu, jejíž poloměr odpovídá vzdálenosti družice–přijímač. Pro výpočet 3D polohy (X, Y, Z) obvykle stačí průsečík tří kulových ploch (signál přijímaný ze 3 tří družic). Kromě třech neznámých souřadnic však máme ještě další neznámou – čas. Proto potřebujeme ještě další, čtvrtou družici a řešíme soustavu rovnic o čtyřech neznámých. Můžeme tedy říci, že pro výpočet souřadnic ve 3D je vhodné přijímat signál minimálně ze čtyř družic (pro dosažení vyšší přesnosti je pak zapotřebí signál z více družic)..

Polohu GPS přijímače můžeme vypočítat pomocí následujících metod:

1. *Kódová měření* – pro tento typ měření se používají kódová data (C/A). V navigační zprávě je obsažen čas vyslání signálu družicí. GPS přijímač má své vlastní hodiny a vzdálenost družice–přijímač je určena z rozdílu časů vyslání a přijetí signálu (tzv. *tranzitního času*). Hodiny v přijímači nejsou plně synchronizovány s atomovými hodinami na družici a to způsobuje nepřesnost v kódovém měření. Signál se šíří rychlostí $c = 299\,792\,458$ m/s a chyba 1 ns odpovídá zhruba 0,3 m v určení vzdálenosti. Polohová přesnost kódových měření je při běžném užívání 3–6 metrů. Kódová měření využívají jednodušší typy GPS přijímačů (např. turistické).
2. *Fázová měření* – pracují přímo s nosnými vlnami L1 a L2. Výpočet polohy GPS přijímače je na rozdíl od kódových měření přesnější – v řádu milimetrů. U fázových měření však není možné zjistit čas vyslání signálu družicí. Princip měření vzdálenosti družice–přijímač je postaven na zjišťování počtu sinusových vln nosného signálu. Podle [[8]] proto fázová měření vykazují určitou *nejednoznačnost* (z ang. ambiguity), rovnající se počtu celých vlnových délek nosné vlny nacházející se mezi přijímačem a družicí. Velice přesně je přijímač schopen určit jen desetinnou část vlny. Pro nalezení celočíselné nejednoznačnosti byla vypracována celá řada postupů, umožňujících určit tuto hodnotu buďto při následném zpracování v kanceláři, nebo při vyhodnocení v reálném čase.
3. *Dopplerovské měření* – pracuje na stejném principu, jako byl popsán u systému TRANSIT. V dnešní době se dopplerovské měření používá k určení rychlosti, jakou se přijímač pohybuje.

Okolnosti ovlivňující přesnost GPS

V závislosti na způsobu měření technologií GPS existuje řada okolností, které mají vliv na výslednou přesnost. Obecně můžeme chyby rozdělit do tří skupin:

- chyby vznikající na družicích,
- chyby při přenosu signálu,
- chyby GPS přijímače a zpracování signálu.

Chyby vznikající na družicích mohou být *nezáměrné* – např. špatná synchronizace atomových hodin, chybné určení polohy družice, nebo vypočtení její dráhy. Do signálu družice se ovšem mohou vkládat i *záměrné chyby*, které ovlivňují přesnost v určení polohy:

- *selective availability (SA)* – je zavádění záměrných chyb do signálu družic. Může se jednat o chybnou informaci o poloze družice, popřípadě posunu času na družici. SA ovlivňuje přístroje, které počítají polohu z C/A kódu. SA byl do signálu družic zařazen, aby GPS navigace nemohla sloužit k teroristickým útokům, navádění raket nepřítele. Toto omezení však platí pouze pro civilní uživatele – americké vojenské jednotky umí SA ze signálu družic odstranit. SA byla 2. května 2000 definitivně ze signálu odstraněna, což nastartovalo velmi rychlý rozvoj všech odvětví využívající GPS.
- *anti-spoofing* – byl jako šifrování fázových dat zaveden na začátku roku 1994. Od té doby je P-kód uzamčený pouze pro autorizované uživatele (uzamčený P-kód = Y-kód).

Průchod signálu atmosférou je ovlivněn dvěma vrstvami atmosféry:

- *troposféra* – má značný vliv na průchod signálu, podmínky v troposféře se dají velmi dobře modelovat z dostupných meteorologických dat = eliminace chyby,
- *ionosféra* – vliv je závislý na kmitočtu vln = dá se eliminovat použitím L1 a L2 (různé frekvence).

Další chybou, která vzniká při cestě signálu k přijímači je *multipath* (mnohacestný odraz). Multipath vzniká odrazem signálu družice od objektů v blízkosti GPS přijímače. Může se jednat např. o budovy, kovové konstrukce, skály, listy stromu. Přijímač pak přijímá z jedné družice přímý signál a zároveň i ten odražený. To může způsobovat chybu při výpočtu vzdálenosti družice–přijímač. Multipath nelze numericky modelovat a musí se tedy eliminovat vhodnou volbou umístění GPS přijímače, popřípadě volbou vhodné antény u přijímačů s externí anténou.



Obrázek 29 Multipath GPS signálu

Pramen: [14]

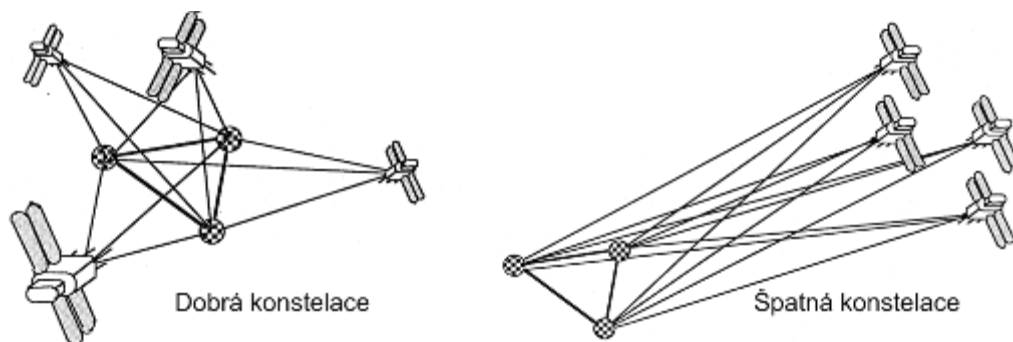
Jak jsme se již v předchozím textu zmínili, vliv na přesnost má i počet viditelných (observovaných) družic. Pro určení polohy ve 3D je potřeba přijímat signál minimálně ze 4 družic – více viditelných družic na orbitu zvyšuje i přesnost určení polohy (máme k dispozici více měření). V souvislosti s viditelností družic přesnost ovlivňuje i jejich konstelace. V ideálním případě bychom měli mít jednu družici v nadhlavníku a další tři rovnoměrně rozmístěné na obloze. Špatná konstelace družic je naopak taková, kdy jsou družice moc blízko u sebe, nebo leží v linii.

Měřítkem přesnosti určování polohy je *Dilution Of Precision* (DOP). Jedná se o bezrozměrný parametr, který charakterizuje vliv geometrie konstelace družice–přijímač. Hodnota DOP byla důležitá v době, kdy nebyla kompletní konstelace družic – měření se muselo plánovat dopředu. Snažíme se, aby hodnota DOP byla co nejmenší [7]. U DOP se určuje několik charakteristik – HDOP, VDOP, PDOP a TDOP – horizontální, vertikální, poziční a časová (temporal). Hodnota PDOP se určí např. dle:

$$PDOP = \frac{1}{V},$$

kde V je objem čtyřstěnu (tetrahedronu) tvořený stanicí a družicemi.

Chyby způsobené přijímačem mají formu šumu, který může být způsoben anténou, kabely, nebo zesilovačem. Podle [7] mají přijímačové chyby zhruba velikost 1 % vlnové délky přijímaného signálu (velikost chyby - C/A kód cca 3m, P-kód 30cm).



Obrázek 30 Konstelace družic ovlivňující přesnost měření

Pramen: [13]

Metody GPS měření

Jednotlivé metody GPS měření se liší podle účelu a podle požadované přesnosti.

Statické metody

Statické metody se používají pro měření souřadnic vybraných objektů v terénu. Obecně je podle [7] můžeme rozdělit na:

- *jedno měření* – na každém stanovišti se měří pouze jednou, využívají se přístroje zpracovávající signál L1 i L2 (tzv. dvoufázové) a pro výpočet polohy bodu se využívá kombinace kódových i fázových měření. Měření trvá cca 10 minut – je nutné použít metody pro rychlý výpočet *ambiguit* (počet sinusových vln mezi družicí a přijímačem).
- *opakovaná měření* – měření se opakuje po 50–120 min, kdy se změní konstelace družic. Podmínkou je dobrá centrace antény – použití např. geodetické trojnožky a externí GPS antény.



Obrázek 31 GPS anténa pro opakované měření na bodě

Pramen: [6]

U klasických turistických GPS přijímačů se můžeme setkat s metodou průměrování souřadnic. Toho využijeme, když budeme chtít zaměřit polohu bodu v terénu a nemáme k dispozici kvalitní geodetickou výbavu. GPS přijímač položíme na zvolený bod a zapneme měření. Přístroj každou vteřinu změří polohu a porovná ji s dosud známým měřením. Výsledné souřadnice jsou potom průměrem z provedených měření. Přesnost určení polohy bodu s využitím tohoto typu měření může být až 1–2 metry (v závislosti na viditelnosti a konstelaci družic). Pro zaměřování lomových bodů zájmové oblasti, případě dalších bodů v terénu je tato přesnost postačující.

Kinematické metody

Pomocí kinematických metod měříme trajektorii pohybujícího se objektu. Toho se využívá např. při sledování pohybu letadel, námořních lodí a např. i sledování pohybu služebních vozidel. Výstupy z kinematických metod mohou být následně zpracovány v GIS.

Do této skupiny můžeme zařadit i tzv. *semikinematické metody*. Tyto metody využívají pohybující se anténu, která neustále přijímá data ze satelitů. V průběhu měření se nepočítá trajektorie pohybu, ale pouze souřadnice vybraných bodů.

Diferenciální GPS (DGPS)

Metoda diferenciální GPS funguje na principu oprav GPS měření v terénu. Vycházíme z myšlenky, že vliv chyb (atmosféra, hodiny, dráhy, ...) je v dané oblasti o poloměru cca 40–50 kilometrů shodný. DGPS využívá síť stanic, které jsou rovnoměrně rozmístěné a které provádějí měření 24 hodin denně. Můžeme však použít i naši vlastní referenční stanici, kterou umístíme v terénu. Každá GPS stanice (resp. její anténa) je umístěna na bodě, jehož souřadnice jsou známy a přesně určeny (např. geodeticky). Referenční stanice z rozdílu změřené polohy a známé polohy spočítá korekce, které jsou ve formě navigační zprávy odesílány GPS přijímačům pracujícím v terénu. Přenos oprav z referenčních stanic je zajištěn pomocí formátu RTCM, který je přenášen pomocí pozemního rádiového spojení, mobilními telefony, atp. Data z referenčních stanic je možné stáhnout i z Internetu a data změřená v terénu následně opravit při kancelářském zpracování (postprocessing). Při tomto zpracování měřených dat můžeme získat polohovou přesnost až v milimetrech.

- Mezi celosvětové DGPS sítě patří např. IGS.
- Evropský systém, který zahrnuje více jak 100 referenčních stanic – EUREF.

- Národní systém, používaný v rámci ČR – CZEPOS.

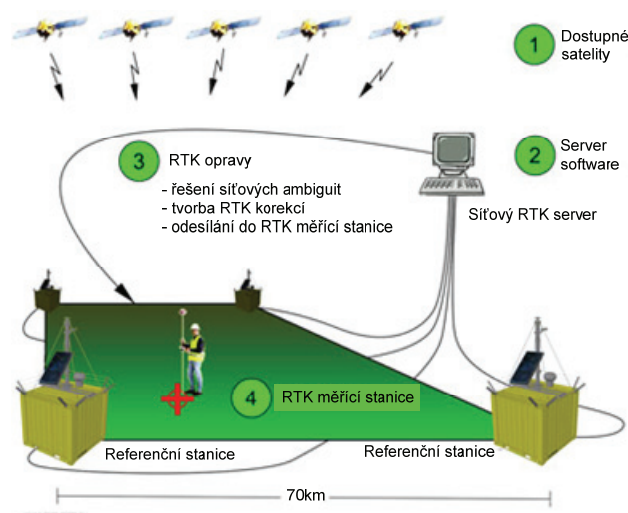


Obrázek 32 Síť referenčních stanic CZEPOS

Pramen: [1]

Real Time Kinematics (RTK)

RTK funguje na podobném principu jako DGPS. Používá se při terénním měření, kdy na bodě o známých souřadnicích umístíte GPS přijímač připojený k počítači (notebook), který počítá opravy. S druhým GPS přijímačem (obvykle anténa na výtyčce + GPS přijímač v batůžku) měříme v terénu. Korekce se mezi referenčním a terénním GPS přijímačem přenášejí např. pomocí GPRS modemu, popřípadě se aplikují při následném postprocessingu dat.



Obrázek 33 Princip metody RTK

Pramen: [11]

Ostatní navigační systémy

Výše popsaný GPS NAVSTAR není jediný navigační systém používaný pro družicovou navigaci. Světové mocnosti, ve snaze nebýt závislé na GPS NAVSTAR budují své vlastní družicové navigační systémy.

GLONASS

GLONASS je družicový navigační systém, který v roce 1976 začal budovat Sovětský svaz, a následně tuto úlohu převzalo Rusko. Systém GLONASS by měl mít v plné konfiguraci 24 družic ve 3 drahách. Podle [12] byla kompletní konstelace družic dokončena v prosinci 1995. Díky špatné ekonomické situaci v Rusku bylo v roce 2002 na orbitu pouze 8 funkčních satelitů. V současné době je k dispozici 18 funkčních satelitů a 3 se připravují na spuštění [3].

GLONASS používá geografický referenční systém PZ90.02, který je podobný ITRF2000 (The International Terrestrial Reference Frame). Počátek souřadnicového systému ve středu Země a zeměpisné souřadnice jsou vyjadřovány pomocí šířky a délky [9]. Nové GPS přijímače umožňují při přepočtu parametrů příjem signálu ze satelitů GPS NASTAR i GLONASS.

Galileo

Navigační systém Galileo je připravován Evropskou unií a měl by být ekvivalentem amerického GPS NASTAR a ruského GLONASS. Galileo měl být původně plně funkční v roce 2010, namísto toho se start systému odsouvá na rok 2014. Systém by mělo tvořit celkem 30 družic (27 + 3 záložní) ve třech drahách. Doposud byly do vesmíru vypuštěny pouze dvě družice, na kterých se testují v budoucnu dostupné služby.

Compass

Compass je družicový navigační systém, který připravuje Čína. Systém se bude skládat z 35 satelitů a bude poskytovat signál pro civilní využití a s vyšší přesností pro vojenské účely.

Zdroje

- [1] CAASD [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z:
http://www.caasd.org/proj_images/satnav/segment.gif
- [2] CZEPOS, Česká síť permanentních stanic pro určování polohy [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/>
- [3] GLONASS Constellation Status. UNB Geodesy and Geomatics Engineering, [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: <http://gge.unb.ca/Resources/GLONASSConstellationStatus.txt>
- [4] ESA, See and Space [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z:
<http://www.eso.org/public/outreach/eduoff/seaspace/navigation/navgps/navgps-1.html>
- [5] Labor Geoinformatik Dresden [online].[cit 2010-05-30]. URL: http://www2.htw-dresden.de/~fegis/DA/DA_JINDRA_2007/bilder/wgs84.jpg
- [6] NOAA Celebrates 200 years [online].[cit 2010-05-30]. URL:
http://celebrating200years.noaa.gov/transformations/ht_mod/image6_650.jpg
- [7] NOVÁK, P.: *Přednášky z předmětu KMA/GPS* [online].[cit 2010-05-30]. URL:
<http://gis.zcu.cz/?page=gps>
- [8] RAPANT, P. (2002): *Družicové polohové systémy*. VŠB Ostrava. ISBN: 80-248-0124-8
- [9] REVNIVYKH, S. (2008): *GLONASS Update*. PNT Information Navigation Center, The Russian Federation.
- [10] GPS signals,Wikipedia, Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_signals
- [11] South Australian CORS Network, RTK [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z:
<http://www.cors.com.au/technical-info/network-rtk>
- [12] ŠUNKEVIČ, M.: *Ruský globální družicový navigační systém GLONASS* [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GLONASS>
- [13] WELLS, D. et al. (1999): *Guide to GPS positioning*. Canadian GPS Associates.
- [14] Wikimedia [online].[cit 2010-05-30]. Dostupné z:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Gps-multipath-effect.png>

MOBILNÍ TECHNOLOGIE

S rozvojem techniky a miniaturizací přístrojů dochází k rozvoji mobilních technologií. Do terénu tedy vyrážíme vybaveni zařízením PDA nebo SmartPhone (telefon vybaven operačním systémem), které obsahují GPS přijímač, aplikaci pro mobilní GIS, fotoaparát pro sběr obrazových záznamů z měření, připojení k Internetu (EDGE, 3G sítě) pro synchronizaci dat se serverem a popřípadě ke stahování potřebných dat (GPS korekce, WMS/IMS vrstvy). Obecně můžeme mobilní technologie rozdělit na:

- *profesní* – mapování v terénu, sběr GIS dat a analýzy, krizové řízení, ...
- *volnočasové* – využití mobilních aplikací např. pro turistickou navigaci, geocaching.

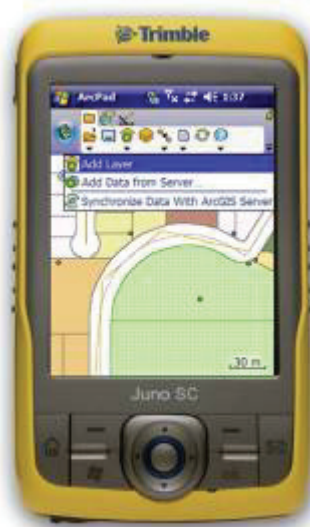
Profesní aplikace

Mobilní technologie využívají verze GIS produktů upravené pro mobilní zařízení. Můžeme zde najít aplikace komerčních výrobců, ale i aplikace dostupné zdarma.

Komerční aplikace

Jednou z nejrozšířenějších aplikací pro mobilní sběr dat je ArcPad od firmy ESRI. Jedná se o zjednodušenou verzi jejich produktu ArcMap, určenou pro klasické pracovní stanice. ArcPad obsahuje funkce pro správu, zobrazení a sběr dat tak, jak je známe z ArcMap – pouze lehce modifikované s ohledem k velikosti displeje mobilního zařízení.

S mobilním GIS s technologií ArcPad tedy data můžeme sbírat, editovat a zobrazovat. Pokud máme připojení k Internetu, můžeme data synchronizovat pomocí ArcGIS serveru s databází přímo z terénu. ArcPad spolupracuje s interním hardware daného zařízení a díky tomu je možné zpracovat měření GPS a k datům přidat pořízené fotografie. Nově⁹ od verze 10 je možné přistupovat k IMS/WMS mapovým službám.



Obrázek 34 Prostředí ArcPad 8

Pramen: [[2]]

ArcPad je komerční produkt. Jeho instalace se provádí na pracovní stanici a následně do mobilního zařízení. Použití je limitováno na zařízení pracující s operačním systémem Windows – pracovní stanice Windows XP, Vista, 7 a mobilní zařízení s Windows Mobile 5.0 až 6.5. Pro přípravu dat (tvorba projektu, komprese rastrů) a pro následující zpracování jako je synchronizace dat s geodatabází, editace, publikace na Internetu, je vhodné použít související produkty firmy ESRI. Toto řešení pak může být efektivní, jelikož využívá produkty jedné řady:

⁹ červenec 2010

- ArcMap – příprava a zpracování dat,
- ArcPad – sběr dat v terénu,
- ArcGIS Server – publikace dat na Internetu, online synchronizace při práci v terénu.

Na druhou stranu musíme brát v úvahu pořizovací náklady – ArcPad single licence 700 \$ a ArcGIS v úrovni ArcView 1500 \$¹⁰.

Firma ESRI dále nabízí produkt ArcGIS Mobile, který dále rozšiřuje funkcionalitu mobilních zařízení ve spolupráci s ArcGIS Serverem. Pomocí technologie ArcGIS Server pro mobilní zařízení můžete vytvářet specializované aplikace pro mobilní GIS. Tyto aplikace podporují mobilní mapování, GPS, bezdrátovou synchronizaci, replikaci dat GIS a editační možnosti na řadě zařízení určených do terénu (např. mobilní telefony, Pocket PC, Tablet PC), které jsou vybaveny technologií Microsoft Windows Mobile. [1]

Nově bude k dispozici aplikace ArcGIS for iPhone, která bude umožňovat prohlížení map, sběr dat, práci s atributovými daty a GIS analýzy využívající geoprocessing.

Další produkty z této kategorie jsou např. PocketGIS, HGIS, a další.



Obrázek 35 Schéma využívání mobilních technologií

Pramen: [1]

Nekomerční aplikace

Na Internetu je dostupná celá řada aplikací pro mobilní GIS, které je možné pořídit a provozovat zdarma. Tyto produkty bývají dostupné pro různé operační systémy (Linux, MAC) a jejich vývoj je soustředěn na univerzitní pracoviště, nebo se mu věnuje skupina nadšených programátorů. Do této skupiny můžeme zařadit např. GIS GRASS v kombinaci s Quantum GIS [2], Mobile GIS tvořen na Technical University of Denmark [4], nebo připravovaný multiplatformní Mobile Solutions – Mobile GIS, tvořený v rámci OSGeo [5].

¹⁰ Ceny převzaty z www.esri.com – červen 2010.

Volnočasové aplikace

S rozšířením mobilních zařízení vzniká i množství aplikací, které je možno využívat zdarma, nebo za poplatek. Při volnočasových aktivitách můžeme používat PDA zařízení, SmartPhone, nebo i klasické mobilní telefony, podporující Java aplikace. Nové mobilní telefony mají zabudovaný GPS přijímač, popřípadě se s většinou telefonů možné použít externí GPS modul, připojovaný přes Bluetooth.

Velmi oblíbeným nástrojem pro práci s mapami v mobilním telefonu, nebo v zařízení PDA jsou Google mapy. Připojením na stránku *m.google.cz* můžeme používat Google mapy obdobně, jako z našeho počítače – je však nutné mít zřízený datový paušál u vašeho mobilního operátora – veškerá data se stahují z Internetu. Dostupné jsou v podstatě všechny služby, které Google mapy nabízejí – výpočet trasy (pěší, auto), vyhledání bodů zájmu (POI), s použitím GPS zobrazuje aktuální polohu a pomocí funkce Google Latitude můžeme zobrazovat i aktuální polohu svých přátel, kteří jsou online¹¹.

Mapy zdarma představila firma Nokia. Svůj produkt OviMaps nabízí pro své telefony vyšších řad, a vybrané telefony platformy S60 a S40. Od ledna 2010 Nokia nabízí zdarma pro tyto mapy i hlasovou auto navigaci a navigaci pro pěší. Tyto funkce byly dříve zpoplatněny. V aplikaci je také přístupný průvodce Lonely Planet a Michelin, které můžeme využít při cestování. Aplikaci Ovi Maps můžeme stáhnout z [6].

Mezi uživateli je také velmi oblíbená aplikace OziExplorer, která umožňuje zobrazovat georeferencované rastrové mapy – pro navigaci v terénu je tedy možné použít vaší oblíbenou turistickou mapu, nebo si pro cestu do neznámé oblasti připravit vlastní mapové podklady. Aplikace je však zpoplatněna – cca 70 €.

Z aplikací využívající GPS navigaci pro telefony bez operačního systému, které je možné využít např. i pro geocaching, vybíráme následující:

- *Locify* (www.locify.com) – umožňuje běžné funkce navigace, pro případ geocachingu umožňuje stažení popisů nejbližších cache (z angl. *listing*) v okolí, jejich zobrazení na Google mapách a mnoho dalších aplikací. Vyžaduje však datový tarif u mobilního operátora.
- *Trekbuddy* (<http://www.trekbuddy.net>) – je obecná aplikace pro navigaci, zobrazování rastrových map, ukládá prošlou trasu a v omezené míře se dá využít i pro geocaching.
- *Handy Geocaching Arcao* (<http://hg.destil.cz/>) – je dle zkušeností z www.geocaching.cz jedna z nejlepších aplikací vhodná pro geocaching. Pro navigaci k jednotlivým cache nevyžaduje datové připojení, můžeme si do ní stáhnout informace o jednotlivých cache a navíc umožňuje standardní navigační funkce.

¹¹ Používání této služby však představuje určité bezpečnostní riziko – případný neautorizovaný uživatel zná informace o vaší poloze.

Zdroje

- [1] ArcGIS Mobile, ArcData Praha. [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z:
<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/esri/gis-do-terenu/arcgis-mobile/>
- [2] ESRI news [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z:
<http://www.esri.com/news/arcwatch/0609/graphics/arcpad8-1-lg.jpg>
- [3] GRASS GIS on Handhelds [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z:
<http://grass.itc.it/platforms/grasshandheld.html>
- [4] Mobile GIS, Sharp GIS [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z:
<http://www.sharpgis.net/page/Mobile-GIS.aspx>
- [5] Mobile Solutions, OSGeo [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z:
http://wiki.osgeo.org/wiki/Mobile_Solutions
- [6] Ovi Maps, Nokia [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z: <http://maps.nokia.com/services-and-apps/ovi-maps/free-downloads#/default/>

PŘÍPADOVÉ STUDIE

DPZ – Analýza povodí řeky Kongo

Tato případová studie (včetně cvičných dat) je převzata a přepracována z evropského vzdělávacího projektu Eduspace [0].

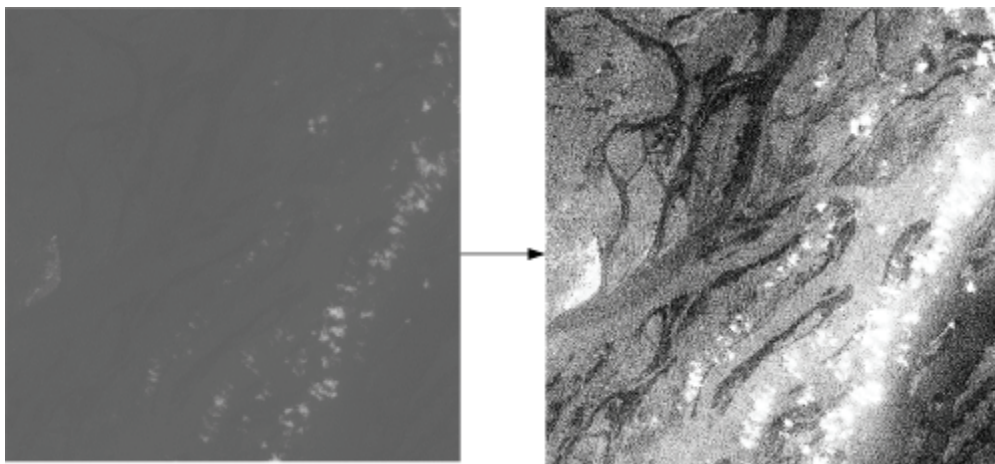
Pro zpracování této případové studie budeme potřebovat data, která jsou uložena v adresáři /Applikace/DPZ a dále software LEOWorks – software použitelný na zpracování družicových snímků, který je pro výukové účely zdarma. Instalační soubor nalezneme v adresáři /Applikace/DPZ/LEOworks.

K dispozici máme data ze satelitu Landsat 7 ETM. Hlavní úkoly satelitů Landsat jsou monitorování životního prostředí, přírodních pohrom, využití půdy a regionální plánování, kartografie a hledání ropy a minerálů. Landsat 7 snímá povrch v osmi spektrálních pásmech – viditelné světlo (pásma 1, 2, 3), dvě blízká IR a jedno střední IR pásmo (4, 5, 7) a vyzářené teplo (termální pásmo - 6). Pozemní rozlišení je 15 m pro černobílé snímky pásma 8, 30 m pro pásma 1 až 5 a 7 a termální pásmo ve spektrálním pásmu 6 má rozlišení 80 m.

V rámci tohoto cvičení si vyzkoušíme kombinaci multispektrálních snímků, řízenou klasifikaci snímku, neřízenou klasifikaci snímku a aplikaci hranových detektorů.

Načtení a úprava vstupních dat

V programu LEOWorks načteme data pomocí *File>Open*. Načteme data po jednotlivých pásmech – Congo_Landsat_Band_1.tif až Congo_Landsat_Band_8.tif. U všech snímků musíme provést vylepšení jasu a kontrastu. Vybereme první ze snímků Congo_Landsat_Band_1.tif a zvolíme *Enhance>Histogram Equalization*. Obraz se změní – a takto převedeme všechny otevřené snímky.



Obrázek 36 Aplikace ekvalizace histogramu na pásmo 1

Pramen: autor

Každý ze snímků zobrazuje jinou část elektromagnetického spektra mezi 0,45 μm a 12,5 μm (viditelné světlo je v intervalu 0,45 μm až 0,7 μm).

- Podívejte se na snímky a zkuste je rozdělit do dvou skupin podle podobného vzhledu. Berte v potaz zvlášť vodu a vegetaci v severozápadním rohu.
- Můžeme tyto dvě skupiny identifikovat i podle vlastností jednotlivých Landsat pásem?
- Jaká je speciální vlastnost snímku congo_landsat_pan.tif?

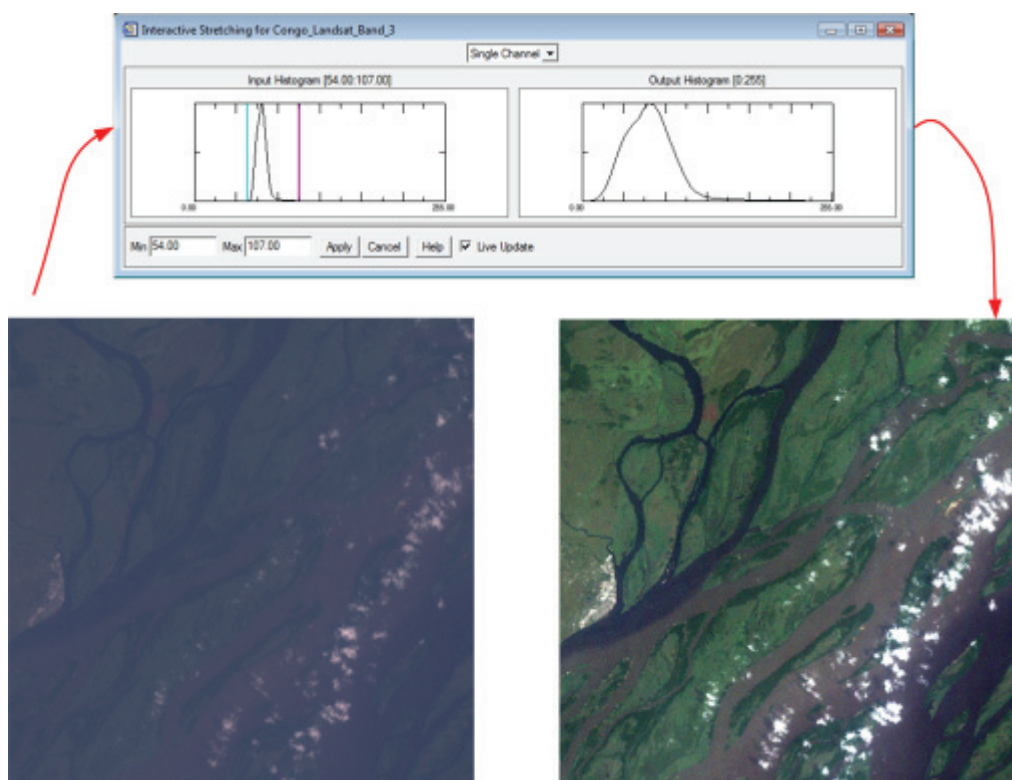
Multispektrální kombinace snímků

Pro lidské oko je složité rozlišovat detaily v šedotónových snímcích. Je proto užitečné zkombinovat 3 šedotónové snímky do jednoho RGB barevného. RGB znamená červená (kanál 3), zelená (kanál 2) a modrá (kanál 1) a používá aditivní systém mísení barev. Barvy objektů na snímku závisí na typu spektrálních pásem, které se použijí pro kombinaci. Různé kombinace umožňují různé zobrazení objektů zájmu.

True-color combination (kombinace pravých barev) je kombinace červené, zelené a modré. Tato kombinace spektrálních pásem vytvoří snímek velmi podobný barevné fotografii.

Pro zpracování tohoto cvičení využijeme snímky bez aplikace *ekvalizace histogramu* – bude tedy vhodné otevřít všechny snímky znovu. Následně zvolíme z menu *Image>Combine from>Red Green Blue* – v následujícím okně vybereme snímky *Congo_Landsat_Band_1.tif* až 3. Kde pásmo 3 použijeme u RED, pásmo 2 u GREEN a pásmo 1 u BLUE.

Výsledný obraz je v přirozených barvách (true-color) vytvořený ze tří pásem viditelného spektra, ale není dostatečně kontrastní, protože na začátku byla použita neupravená data. Vybereme tedy první použitý snímek *Congo_Landsat_Band_3.tif* a použijeme funkci *Enhance>Interactive Stretching* – jedná se o metodu předzpracování dat – interaktivní roztažení histogramu. Otevře se nám okno s aktuálním histogramem obrazu – posuneme levý modrý posuvník v okně *Input Histogram* na začátek histogramu a to samé provedeme s červeným posuvníkem zprava a klikneme *Apply*. Všimněte si změn ve výsledných datech. To samé teď provedeme i ostatními snímky pásma 2 a 1.



Obrázek 37 Kombinovaný snímek z pásem R, G, B a výsledný snímek po úpravě histogramu

Pramen: autor

False-Colour combination (kombinace nepravých barev) slouží ke zvýšení interpretability satelitních snímků. Ve většině případů se používá minimálně jeden infra kanál. Pro zobrazení snímků v nepravých barvách vyzkoušíme následující kombinace pásem:

- R = 2, G = 4, B = 7,
- R = 7, G = 4, B = 2,

- R = 1, G = 2, B = 4,
- R = 4, G = 2, B = 1.

Data upravte stejným způsobem (pomocí roztažení histogramu) jako u snímku v pravých barvách.

- Jak se liší barvy jednotlivých objektů snímku od snímku v pravých? Který typ snímku byste preferovali pro identifikaci různých objektů?
- Zkuste si na snímku rozlišit 5 tříd – les, keře, čistou vodu, vodu se sedimenty a mraky.



Obrázek 38 Kombinovaný snímek v nepravých barvách - pásma R=7, G=4, B=2

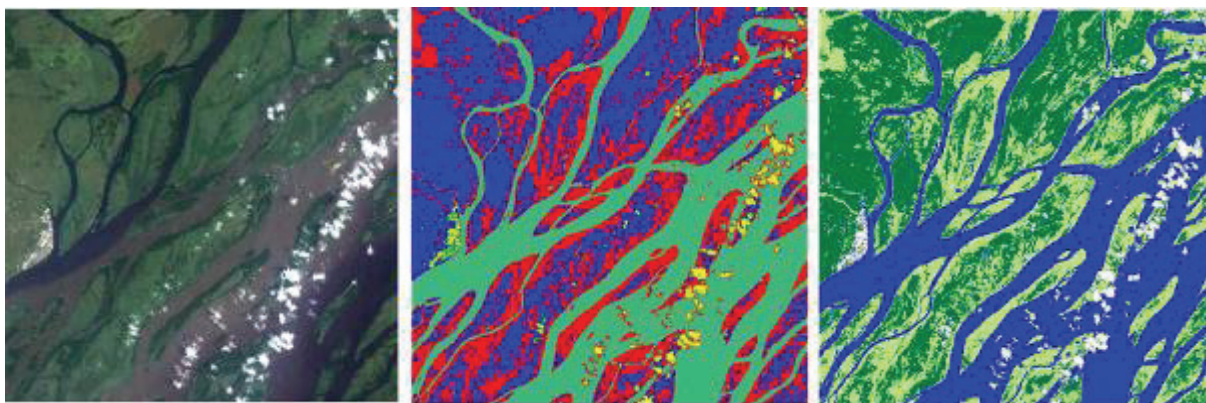
Pramen: autor

Neřízená klasifikace snímku

Relativně jednoduchou klasifikací snímku je neřízená klasifikace. Všechny pixely snímku jsou klasifikovány do předem definovaného počtu tříd na základě shodných hodnot jasu pixelů. Pro neřízenou klasifikaci použijeme snímky pásma 1 až 5 a 7. Pokud je ještě nemáme otevřené, tak je všechny načteme.

Vybereme *Multivariate Analysis>Unsupervised Classification* a vybereme všechny snímky. Jako počet tříd (*No. of Classes*) zvolíme 5 a počet iterací (*No. of Iterations*) zvolíme 10. Iterace je opakování sekvence počítačových příkazů, dokud není dosaženo určité podmínky. Výsledný obrázek si uložíme pod názvem *congo_unsupervised.tif*. Ke snímku přidáme legendu pomocí *Image>Add Legend*.

- Zkuste pojmenovat všechny třídy klasifikovaného snímku porovnáním s true-color snímek *Congo_Landsat_Band_321.tif* a také s pomocí snímku získaného z multispektrální kombinace snímků.
- Pomocí *Edit LookUp Table (LUT)* zkuste nastavit pro každou třídu odpovídající barvu a název v legendě.
- Zkuste neřízenou klasifikaci spustit znovu a nastavit např. 4. nebo 6 tříd s 10 iteracemi a 5 tříd se 3 a 25 iteracemi.

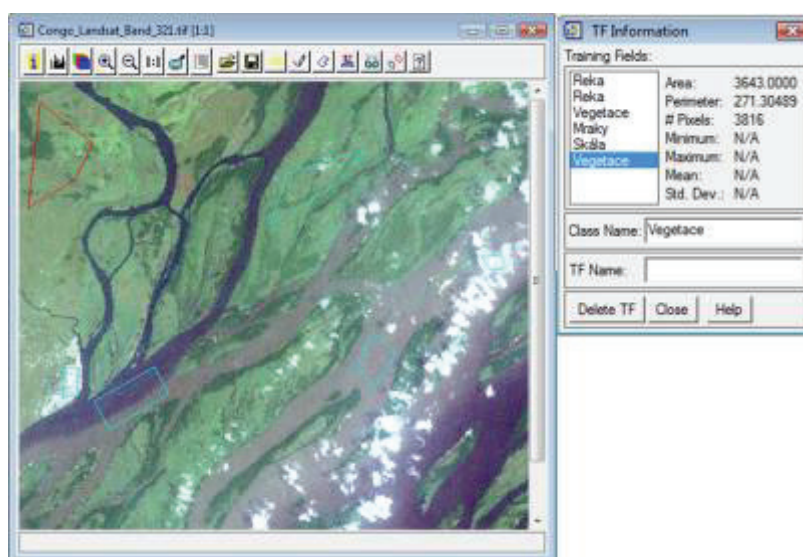


Obrázek 39 Vstupní RGB snímek, výsledek neřízené klasifikace, výsledek klasifikace s upravenými barvami

Pramen: autor

Řízená klasifikace snímku

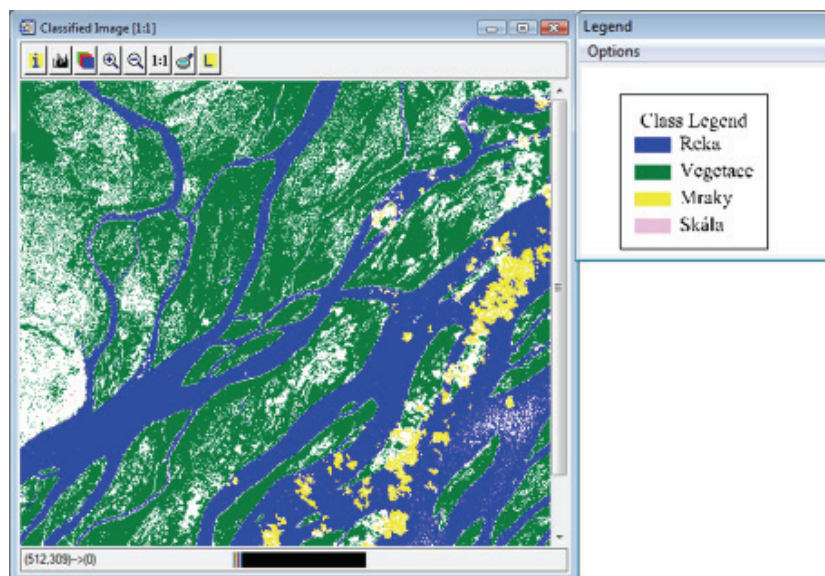
Při řízené klasifikaci snímků musíme nejdříve definovat trénovací množiny. Klasifikaci provedeme na stejných vrstvách jako neřízenou klasifikaci a pro výběr trénovacích množin otevřeme navíc snímek *Congo_Landsat_Band_321.tif*. Vybereme tedy RGB snímek a v menu zvolíme *Multivariate Analysis>Supervised Classification>Select Training Fields*. V nástrojové liště snímku se objeví další ikony a my pomocí ikony polygonu definujeme oblasti, které mají signifikantní znaky pro jejich určení (voda, vegetace, ...).



Obrázek 40 Selektce trénovacích množin

Pramen: autor

Pro klasifikaci snímku existuje několik algoritmů – k dispozici máme *Multivariate Analysis>Supervised Classification>Paralellpiped* a *Maximum Likelihood*. Při řízené klasifikaci můžeme vyzkoušet oba typy algoritmů. Ve výsledku analýzy můžeme vidět hodně bílého místa – znamená to, že se pixely nepodařilo klasifikovat do žádné z definovaných tříd.



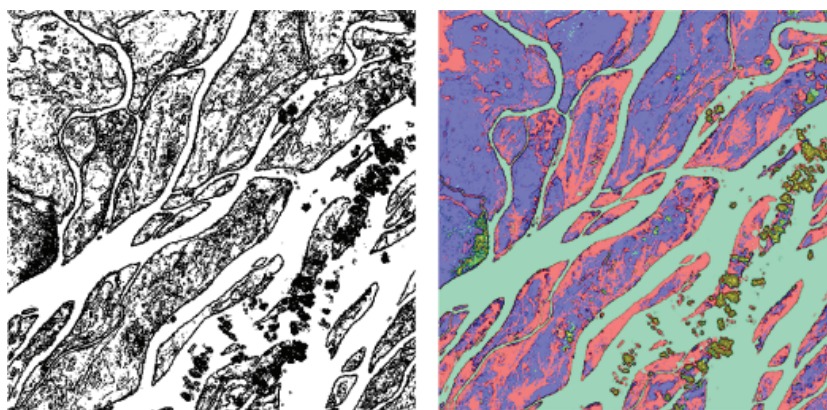
Obrázek 41 Výsledek řízené klasifikace

Pramen: autor

Aplikace hranových detektorů

Pro aplikaci hranových detektorů použijeme snímek Congo_Landsat_Band_7.tif. Histogram snímku upravíme pomocí *Interactive Stretching*. Vybereme *Enhance>Filter>Find Edges>Sobel* a následně *Image>Invert* – tím získáme pouze kresbu hran. Snímek můžeme dále upravovat pomocí *Enhance>Interactive Stretching* (odstranění méně výrazných hran) a uložíme výsledek jako *congo_contour.tif*.

Otevřeme výsledný snímek z neřízené klasifikace a převedeme ho do RGB - *Image>Convert to...>Red Green Blue*. Pomocí funkce *Image>Transparent Overlay* položíme tyto dvě vrstvy přes sebe – *Background Image* vybereme *congo_contour.tif* a jako *Foreground Image* klasifikovaný snímek + nastavíme 25% průhlednost. To nám zajistí vizuální rozdělení tříd snímku.



Obrázek 42 Výsledek hranového operátoru Sobel a překrytí s klasifikovaným snímkem

Pramen: autor

Zdroje

[1] Congo river basin, ESA Eduspace [online].[cit 2010-06-11]. Dostupné z: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Earth_EN/SEMUE0WX3RF_0.html

GPS – mapování polohopisu

Na Lesné v Krušných horách proběhlo mapování polohopisu metodou GPS. K dispozici máme část změřených dat, na kterých si vyzkoušíme zpracování dat z GPS měření. V rámci mapování byly (mimo jiné) mapovány následující prvky polohopisu:

- komunikace,
- hranice lesa,
- louky,
- vodní toky,
- vodní plochy.

Pro mapování jednotlivých prvků polohopisu byla stanovena metodika sběru bodů – vybíraly se výrazné lomové body tak, aby co nejlépe popisovaly tvar mapovaných objektů – viz Obrázek 43 a Obrázek 44. Pro všechny prvky byla sbírána i atributová data – s těmi však nebudeme v rámci tohoto výukového textu pracovat.



Obrázek 43 Výběr bodů při mapování komunikace a hranice lesa

Pramen: autor



Obrázek 44 Výběr bodů při mapování okraje lesa a vodní plochy

Pramen: autor

Data z GPS přijímače máme k dispozici ve formátu GPX – což je otevřený výměnný formát dat, který je možné zpracovat pomocí mnoha aplikací na Internetu – např. převod do shapefile, publikace na Google Earth, výpočet statistik z prošlé trasy, aj. V našem případě budeme chtít data zpracovat v GIS – změřené lomové body prvků polohopisu vektorizovat a porovnat výsledek s ortofoto snímkem. Pracovní postup bude následující:

1. Převod dat z formátu GPX do shapefile.
2. Transformace dat ze souřadnicového systému WGS84 do JTSK.

3. Vytvoření vrstev pro vektorizaci prvků polohopisu (cesty.shp, vodni_toky.shp, les.shp, louky.shp, rybniky.shp).
4. Vektorizace prvků polohopisu na základě atributů z GPS dat (ve sloupci *name*)
5. Porovnání výsledku s ortofoto snímkem z portálu <http://geoportal.cenia.cz>

Data ve formátu GPX jdou načítat do prostředí ArcMap pouze ve verzi ArcInfo. Pokud máme k dispozici pouze nižší verzi (ArcView), musíme použít nějaký externí konvertor. K dispozici máme např. rozšiřující Toolbox v adresáři \Aplikace\GPS_GIS\GPX_toolbox.

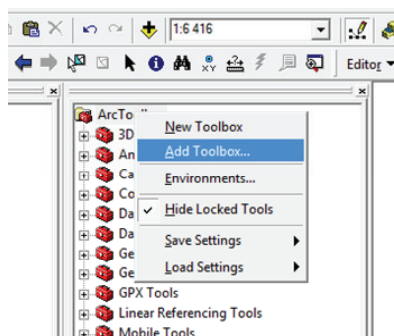
Pomocí GPX Toolboxu můžeme data importovat do formátu shapefile. Pokud by konverze byla problematická, jsou v adresáři připravena i převedená data. Následně musíme data transformovat do JTSK – k tomu použijeme funkci *Data Management Tools>Projections and T.>Feature>Project* z ArcToolboxu.

V ArcCatalogu vytvoříme nové vrstvy v souřadnicové systému JTSK:

- cesty.shp – liniové téma,
- vodni_toky.shp – liniové téma,
- les.shp – polygonové téma,
- louky.shp – polygonové téma,
- rybniky.shp – polygonové téma.

Transformovaná data vektorizujeme do vytvořených vrstev, které si načteme – informace o tom, který lomový bod náleží ke kterému prvku polohopisu, najdeme v atributové tabulce vstupních bodů, ve sloupci *name*. Typy vstupních bodů si můžeme od sebe oddělit např. atributovým dotazem.

Výsledek porovnáme s ortofoto snímkem, který načteme jako IMS vrstvu z <http://geoportal.cenia.cz>.



Obrázek 45 Přidání nového toolboxu

Pramen: autor



Obrázek 46 Výsledek vektorizace

Pramen: autor



CEVRAMOK

Katedra geografie PřF UJEP
U Panského dvora 986/3
400 96 Ústí nad Labem
web: <http://cevramok.ujep.cz>



„Tento projekt je součástí IPRM Ústí nad Labem – Centrum“

CZ.1.07.2.2.00/07.0053

Inovace geograficky orientovaných studijních oborů s cílem zvýšit míru uplatnění absolventů na trhu práce