



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA



MODELOVÁNÍ A INTERPRETACE DAT

Ing. Václav Šafář Ph.D.
doc. Ing. Roman Kapica, Ph.D.

Ostrava 2021



Toto dílo podléhá licenci [Creative Commons Uved'te původ-Zachovejte licenci 4.0 Mezinárodní License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

OBSAH

OBSAH	1
1 GEODATA DEFINICE - GRAFICKÁ DATA, NEGRAFICKÁ DATA.....	7
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	7
1.1.1 GRAFICKÁ GEODATA	7
1.1.2 NEGRAFICKÁ GEODATA.....	8
1.2 ROZDĚLENÍ A POJMY SOUVISLÉ S GEODATY	8
1.2.1 DIMENZE DAT	8
1.2.2 ZÁKLADNÍ POJMY	8
2 LEGISLATIVNÍ RÁMCE PRO GEODATA.....	10
2.1 MEZINÁRODNÍ STANDARDIZAČNÍ ORGANIZACE	10
2.2 INICIATIVA INSPIRE.....	11
2.3 OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM.....	11
3 GEODATA A BUDOVÁNÍ INFORMAČNÍ SPOLEČNOSTI	13
3.1 AKTUÁLNÍ STAV V ČR.....	13
3.2 LEGISLATIVNÍ ZÁKLAD GEODAT	14
3.2.1 Legislativu a jiné vrcholové normativní a metodické dokumenty ČR	14
3.2.2 vybrané metodické dokumenty.....	15
3.2.3 vybrané normy.....	15
3.2.4 Legislativa a jiné metodické dokumenty.....	15
3.2.5 Metodické dokumenty.....	15
3.2.6 Dokumenty k problematice DTM.....	16
3.2.7 Vybrané dokumenty k problematice BIM.....	16
4 ZÁKLADNÍ NÁSTROJE DATA MINING V OBECNÉ ROVINĚ.....	17
5 ZÁKLADNÍ POSTUPY DATA MINING V OBLASTI GEODAT.....	19
5.1 HLAVNÍ ZDROJE GEODAT A JEJICH ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY	19
5.2 SESTAVENÍ TÝMŮ PRO DATA MINING.....	20
5.3 ZÁKLADNÍ PRAVIDLA INTERPRETACE GEODAT	21
6 INTEGRACE GEODAT, METADATA A TEZAURY	23
6.1 METADATA A METADATOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY	23
6.2 METADATOVÝ POPIS	24
7 INTERPRETACE DAT V OBECNÉ ROVINĚ.....	26
7.1 INTERPRETACE A PRESENTACE DAT	26
7.2 FEED BACK INTERPRETACE	27
8 DATA MINING A INTERPRETACE GEODAT PRO SPECIÁLNÍ ÚČELY	29
8.1 ANALÝZA DAT V DATA MINING	29
8.2 PRAKTICKÉ POSTUPY DATA MINING NAD ZÁKLADNÍMI BÁZEMI PROSTOROVÝCH DAT.....	30

9	INTERPRETACE LETECKÝCH SNÍMKŮ A OBRAZOVÝCH DAT.....	32
9.1	INTERPRETACE OBRAZU	32
9.2	INTERPRETAČNÍ KLÍČE	35
10	NÁSTROJE K INTERPRETACI OBRAZOVÝCH DAT.....	36
11	POSTUPY INTERPRETACE DAT LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ.....	39
12	ZÁKLADY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ	42
12.1	ZÁKLADNÍ POJMY V MATEMATICKÉM MODELOVÁNÍ.....	42
12.2	POPIS REÁLNÉHO SYSTÉMU POSTUPY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ	43
12.3	PODMÍNKY ÚSPĚŠNÉHO NASAZENÍ METOD MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ	44
13	POSTUPY 3D MODELOVÁNÍ VE PROSPĚCH PROJEKTOVÁNÍ	46
14	VIZUALIZACE TERÉNU A TERÉNNÍCH PŘEDMĚTŮ	48

POKYNY KE STUDIU

Pro předmět MODELOVÁNÍ A INTERPRETACE DAT magisterského studijního oboru Inženýrská geodézie jste obdrželi studijní materiály pro presenční studium.

PREREKVIZITY

Nejsou

CÍL PŘEDMĚTU

Předmět je zaměřen na problematiku interpretace grafických (vektorových i rastrových) a negrafických atributů dat prostorově identifikovatelných informací vytvořených distančními i kontaktními metodami mapování. V rámci předmětu budou studovány metody a postupy data mining a obecná tvorba analytických dotazů nad veřejnými (digitální katastr ČR, RUAIN, Geoinfostrategie ČR, Národní infrastruktura prostorových informací, INSPIRE, SZP EU) i soukromými geodatabázemi vytvořenými všemi metodami sběru dat (geodetickými, fotogrammetrickými, laserově skenovacími, metodami dálkového průzkumu Země a postupy místního šetření v terénu a sběru dat dotazníkovými šetřeními). Zvláštní pozornost bude věnována interpretaci obrazových (rastrových) dat. V předmětu budou vysvětleny základní postupy matematického modelování geodat pro potřeby realizace produktů virtuální reality a prostorové analýzy těchto dat ve prospěch projektování a rozhodovacích procesů ve výstavbě na úrovni státní správy a samosprávy.

PO PROSTUDOVÁNÍ PŘEDMĚTU BY MĚL STUDENT BÝT SCHOPEN:

Výstupy znalostí:

Student získá znalosti a informace o významu interpretačních technik a vytěžování současných rozsáhlých databází jak dB soukromých firem, které provádí vytěžování dat geodatabází (tzv. data mining) ve prospěch velkých obchodních řetězců a subjektů státní zprávy (například analytické úlohy zjišťování pohybu obyvatel na základě elektronických identifikátorů pohybu - elektronických platebních karet, mobilních telefonů, GPS systémů se záznamem pohybu vozidel, identifikátorů prostorové polohy prvků IZS a dalších). Student bude mít rovněž přehled o klasických interpretačních technikách vytěžujících obrazová geodata v propojení s negrafickými záznamy atributů v geodatabázích k vyššímu stupni automatizace tvorby map. Student se seznámí se základy modelování virtuální reality.

Výstupy dovedností:

Student bude umět shromáždit, validovat a analyzovat dostupná data ze všech zdrojů a interpretovat je a posoudit jejich kvalitu vůči požadavkům konkrétního projektu.

PŘI STUDIU KAŽDÉ KAPITOLY DOPORUČUJEME NÁSLEDUJÍCÍ POSTUP:

Po ukončené přednášce by se student měl seznámit s literaturou doporučenou a prostudovat příslušné odkazy v návaznosti na cvičení v kterých budou využívány při sběru a analýzách dat geodatabázových serverů.

ZPŮSOB KOMUNIKACE S VYUČJÍCÍMI:

Vyučující předá na počátku semestru zadání semestrálního projektu na dané téma z oblasti data mining. Projekt bude vyučujícím konzultován v průběhu semestru a bude odevzdán studenty

vyučujícímu před započatím zkouškového období. Výsledky budou studentům zaslány mailem prostřednictvím IS EDISON.

KONZULTACE BUDOU PROBÍHAT S GARANTEM PŘEDMĚTU ČI PŘEDNÁŠEJÍCÍM:

- *na společných tutoriálech,*
- *nebo individuální konzultace po předchozí domluvě emailem či telefonicky.*

Garant předmětu: Ing. Miroslav Novosad, Ph.D.

Přednášející: Ing. Václav Šafář, Ph.D.

Kontakty: vaclav.safar@vsb.cz, miroslav.novosad@vsb.cz

1 GEODATA DEFINICE - GRAFICKÁ DATA, NEGRAFICKÁ DATA



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly se:

- seznámíte se s definicí pojmu grafických a negrafických dat
- seznámíte se základy problematiky a návazností odborných termínů v oblasti geodat



Výklad

1.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Geografická data dále geodata tvoří objekty (geoobjekty), které jsou obvykle organizovány v konkrétním geografickém informačním systému, který je informačním systémem pro zobrazení a správu geodat. Geografický informační systém (GIS) je technologie a nástroj, který používá a zpracovává údaje polohově vázané k povrchu Země, je schopený pracovat s digitálními mapami i s popisnými databázemi, propojit prostorové grafická a negrafická data a databázové údaje, vyhodnocovat požadavky, které kombinují klasické databázové dotazy s geografickými údaji, vyhledávat a analyzovat databázové údaje prvků a výsledky pak přehledně zobrazit ve formě mapových výstupů, sestav, apod. GIS není počítačový systém na tvorbu map, ačkoli je může také vytvářet. Reprezentace reálného světa v prostředí GIS sice vychází z jevů a objektů, které jsou přítomny ve své skutečné podobě v krajinné sféře, včetně jejich vlastností tedy z reálně existujících objektů, nicméně GIS nepracují s reálnými objekty jako takovými, ale s jejich zjednodušenou podobou datového modelu uspořádanou v odpovídající datové struktuře. Datový model zahrnuje pouze ty vlastnosti reálného světa, které jsou pro řešení úkolu prostřednictvím dané aplikace nezbytné, jde o zjednodušení jak ve smyslu výčtu objektů, tak ve smyslu jejich geometrické reprezentace. Datová struktura reprezentuje datový model v databázi tak, aby navržený datový soubor, struktura záznamů a polí, odrážel způsob uložení dat v počítačových systémech. Geodata lze tedy v nejjednodušeji rozdělit na data grafická a negrafická.

1.1.1 GRAFICKÁ GEODATA

Grafická geodata (prostorová) popisují buď reálně existující objekty a jejich prostorové umístění, které mají vztah k určitému místu a určitému datu např. Inženýrské sítě, komunikace,

dopravní značení a nereálné objekty, představující určitý pohled na území z nějakého specifického hlediska jako je například hranice katastrálního území (respektive jakékoliv hranice), určení funkcionality plochy v územně analytických podkladech. Grafická data můžeme rozdělit na data topologická a geometrická. Topologie je matematický obor zabývající se přesným definováním prostorových vztahů a slouží k identifikaci spojení mezi jednotlivými prvky. Mezi základní topologické prvky patří bod, linie a polygon. Topologická data popisují vzájemné vztahy geoprvků a jejich částí. Geometrická data vyjadřují kvantitativní povahu a využívají se k vyjádření polohy geoprvků pomocí souřadnicového systému. K jejich zápisu se využívají dva datové formáty: vektorový a rastrový. Negrafická data slouží k popisu dílčích geoprvků formou názvů, rozměrů, vlastnických vztahů, objemu apod.

1.1.2 NEGRAFICKÁ GEODATA

Negrafická geodata (neprostorová, tematická) jsou atributy, kterými jsou popsány existující objekty obvykle ve formě tabelovaných údajů (nebo databázových systémů) k existujícím i nereálným objektům. Zjednodušeně řečeno lze říci že negrafická geodata jsou popisy grafických geodat.

1.2 ROZDĚLENÍ A POJMY SOUVISLÉ S GEODATY

Součástí reálného světa, který pro potřeby prostorových (geografických) informačních systémů zjednodušujeme, jsou prostorové objekty - geodata.

1.2.1 DIMENZE DAT

Pro potřeby geometrického modelování prostorových objektů v GIS uvažujeme o objekty těchto dimenzí:

- bezrozměrné – objekty, které mají v prostoru definovanou polohu, nikoliv však délku nebo plochu, tj. jedná se o body (př. vrcholy, stromy, autobusové zastávky),
- jednorozměrné – liniové objekty, které mají pouze definovanou délku (př. silnice, vodní tok),
- dvourozměrné – jedná se o plošné objekty, které mají definovanou délku i šířku a jsou ohraničeny nejméně třemi jednorozměrnými objekty (př. parcely),
- trojrozměrné – objekty mají délku, šířku a výšku nebo hloubku.

Data jsou stěžejním prvkem každého geografického informačního systému a dnes představují převážnou část veškerých nákladů vynaložených na budování informačních systémů obecně a geografických informačních systémů zvlášť.

1.2.2 ZÁKLADNÍ POJMY

- údaj – základní jednotka informačního popisu objektu reálného světa, která je zpravidla zaznamenaná v neformalizované podobě
- data – obrazy vlastností objektů, které jsou vhodně formalizované pro přenos, interpretaci nebo zpracování lidmi nebo počítačovou technikou
 - analogová data – data zobrazená fyzickou spojitě proměnnými veličinami, jejichž hodnoty vyobrazení jsou přímo úměrná datům reálného světa - mapy

- digitální data – data zobrazená číslicemi, případně zvláštními znaky, znakem mezery na záznamových médiích
- geodata – polohou lokalizovatelná prostorová data, která jsou určena svým geometrickým tvarem a polohou na zemském povrchu tedy se známou geografickou polohou danou souřadnicemi
- informace – význam, který přisuzujeme datům; informace mohou být považovány jako výsledky zpracování dat, ale zároveň mohou být hned využity jako vstupní data
- metadata – data popisující datové prvky, modely a struktury (obsah, reprezentaci, rozsah, referenční systém, kvalitu, aspekty využití aj.)
- entita – libovolný objekt (abstraktní - vrstevnice či konkrétní - silnice) reálného světa, o kterém je v databázi uložena informace; typ entity je seskupení podobných jevů, které by měly být reprezentovány a uloženy jedinečným způsobem (př. nadmořská výška, vegetace aj.)
- geoprvek – základní prostorová entita, která je dále nedělitelná na jednotky stejného typu a která je popisována prostorovými daty



Shrnutí pojmů:

- **grafická a negrafická data, dimenze dat, data analogová a digitální, metadata**



Otázky:

- Jak se dělí geodata?
- Co jsou analogová a digitální data?
- Vysvětlete základní pojmy a dimenze dat.



Použitá literatura:

- MACHALOVÁ Jitka. Prostorově orientované systémy pro podporu manažerského rozhodování. 1.vydání. Praha: C.H.Beck, 2007, 145 s. ISBN 978-80-7179-463-9
- ArcGIS Help: online [hřp://desktop.arcgis.com/en/arcmap/](http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/)
- Dobešová Z., (2004) Databázové systémy v GIS. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 80-244-0891-0 Geleth, J. (2013).
- RAPANT Petr. Úvod do geografických informačních systémů, VŠB - TU Ostrava, 2002.

2 LEGISLATIVNÍ RÁMCE PRO GEODATA



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly se:

- seznámíte s standardizačními postupy norem řady ISO 191
- pochopíte obsah pojmu INSPIRE a jeho naplnění v České republice
- seznámíte se s platformou OGS



Výklad

2.1 MEZINÁRODNÍ STANDARDIZAČNÍ ORGANIZACE

Mezinárodní standardizační organizace ISO standardizuje i některé oblasti geodézie, kartografie a GIS. V rámci ISO se problematikou geodat zabývá technická skupina ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics, která v tuto chvíli registruje 66 standardů v oblasti geodat a GIS. Obecně lze říci, že v rámci ISO začíná číslování standardů pro prostorové informace číslovkou 19 (např. 19119, 19120, ...). Standardy ISO jsou často zmiňovány ve státních normách (např. směrnice INSPIRE blíže níže). Mezi nejvíce hlavní odkazované a používané standardy patří následující ISO normy:

- ISO 19115:2003, Geographic Information – Metadata
- ISO 19115:2003/Cor 1:2006, Geographic information – Metadata - Corrigendum 1
- ISO/TS 19139:2007, Geographic information – Metadata – XML schema implementation
- ISO 19115-2:2009, Geographic information – Metadata – Part 2: Extensions for imagery and gridded data.
- ISO/TS 19139-2:2012, Geographic information - Metadata - XML schema implementation - Part 2: Extensions for imagery and gridded data
- ISO 19115-1:2014, Geographic information – Metadata – Part 1: Fundamentals
- ISO/TS 19115-3, Geographic information – Metadata – Part 3: XML schema implementation for fundamental concepts
- ISO 19136:2007 Geographic information – Geography Markup Language (GML)
- ISO 19142:2010 Geographic information – Web Feature Service

2.2 INICIATIVA INSPIRE

Iniciativa INSPIRE se stala evropskou směrnicí po jejím schválení Evropským parlamentem v listopadu roku 2006. Směrnice INSPIRE a její přijetí představuje klíčový moment pro tvorbu infrastruktury prostorových informací v Evropské Unii. INSPIRE podporuje harmonizaci prostorových formátů dat, dostupnost datových sad a schopnost vyhledat různé datové sady. INSPIRE je založena na souboru základních principů:

- data by měla být sbírána pouze jednou a udržována na té úrovni, kde je sbírání dat nejúčinnější;
- mělo by být možné propojit prostorové informace z různých evropských zdrojů a mezi mnoho uživatelů a aplikací;
- mělo by být možné pro informace sebrané na jedné úrovni jejich sdílení do všech ostatních úrovní;
- na všech úrovních by mělo být dostatečné množství geodat za podmínek, které umožní jejich rozsáhlé použití;
- mělo by být snadné najít, která geodata jsou dostupná, která se hodí pro zvláštní použití a za jakých podmínek mohou být získána a používána;
- geodata by měla být snadno pochopitelná a interpretovatelná. Směrnice zajišťuje vytvoření evropské prostorové informační infrastruktury, která zpřístupní uživatelům integrované prostorové informační služby. Tyto služby by měly umožnit uživatelům pomoci při vyhledávání a zpřístupňování geografických informací z široké škály zdrojů, od místní úrovně ke globální úrovni, interoperabilní cestou. Datové sady musí vyhovovat standardům, které zajistí propojení s daty z jiných zemí a z podkladů různých měřítek.

2.3 OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM

Open Geospatial Consortium (OGC) je mezinárodní standardizační organizace pro oblast prostorových dat a služeb, která funguje na relativně otevřené bázi. Standardy jsou vyvíjeny v rámci relativně otevřeného procesu. Po svém schválení jsou bez omezení dostupné všem a jsou v praxi vždy implementovány. Jednotlivé pracovní skupiny v rámci OGC pracují na problémech, které identifikovaly jako potřebné. OGC standardizuje oblast datových formátů, ale především webových služeb. Webová služba je služba popsána formátem WSDL (Web Services Description Language), kterou lze automaticky interagovat pomocí vlastního naprogramovaného software. Webová služba OGC je na XML založený komunikační protokol. Některé standardy byly akceptovány i organizací ISO. OGC Open Web Services (OGC OWS) je soubor standardů komunikačních protokolů postavených na značkovacím jazyku XML popisujících komunikaci mezi serverem a klientem. Server nabízí prostřednictvím služeb data, vykreslené mapové dlaždice či výpočetní služby, na které klient může dosáhnout. Vlastnosti společné všem službám lze nalézt ve specifikaci Web Service Common. Ta popisuje zejména XML kódování metadat dalších webových služeb a některé společné charakteristiky. Všechny standardy podporují více typů dotazů klienta na server (tzv. requestů). Základním dotazem je vždy dotaz GetCapabilities - server v odpovědi zformátované jako dokument XML vrátí metadata, o jeho provozovateli a dostupných službách. Přehled nejdůležitějších standardů OGC:

- [OGC Web Map Service - WMS](#)
- [OGC Web Map Tiled Service - WMTS](#)
- [OGC Web Feature Service - WFS](#)
- [OGC Web Coverage Service - WCS](#)
- [OGC Web Processing Service - WPS](#)
- [OGC Rest API](#)
- [OGC GeoPackage](#)
- [GML](#)
- [KML](#)
- [OGC Sensor Observation Service](#)
- [OGC Catalogue Service for Web](#)
- [Simple Features](#)

Národní rámce pro geodata nejdou ve všech případech přesně za výše popsanými normami a legislativními akty. Národní normy a předpisy vycházejí z jednotlivých resortních organizací a lze je nalézt na serverech organizací a ministerstev (ČÚZK, MV ČR, MMR ČR a dalších).



Shrnutí pojmů:

- **normy řady ISO 191, INSPIRE, OGS**



Otázky:

- Vysvětlíte posloupnost a návaznost norem řady ISO.
- Co je podstatou INSPIRE a jak je realizována a kým v ČR?
- Co je OGS?



Použitá literatura:

- literatura, zdroje a prameny v textu kapitoly

3 GEODATA A BUDOVÁNÍ INFORMAČNÍ SPOLEČNOSTI



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- zjistíte: co je DIGEST, ZABAGED, DMÚ, CPD a jak a proč tyto databáze vznikaly a jsou dodnes aktualizovány



Výklad

3.1 AKTUÁLNÍ STAV V ČR

ČR se již nachází ve stavu informační společnosti. Toto tvrzení je podloženo tím, že informace, data a geodata obzvláště již mají v současné době často větší význam než další základní ekonomické zdroje jakými jsou půda, kapitál a práce. Z počátku zanedbávaná oblast informatik zabývající se prostorovými daty se dnes uplatňuje v téměř všech oborech lidské společnosti. Budování a rozvoj informačních systémů a GIS přináší stále větší nároky na organizaci datových zdrojů, která podporuje jejich efektivní využívání. Budování národní infrastruktury pro prostorové informace, databází prostorových dat, standardů, metodik, metod a postupů, organizací a osob spojených s geoinformatikou je v současné době akcelerováno jak ze strany vlády ČR, tak ze strany státní správy a samosprávy, protože již nastal stav, že bez dostatečných, validovaných, pravdivých geodat nelze rozhodnout většinu procesů s kterými přichází především na ORP státní správa a samospráva do styku a které musí řešit. Geodata jsou jak předmětem zájmu jejich pořizovatelů tedy geodetů, fotogrammetrů, odborníků na letecké, pozemní laserové skenování, kartografů tak i odborníků na analýzy dat geoinformatiků, kteří v rámci práce s GIS systémy a technologiemi zprostředkovávají vhodným způsobem grafická i negrafická data politikům a úředníkům za pomoci geoinformačních technologií. Prostorová data mají oproti neprostorovým datům svá specifika. Způsoby zpracování prostorových dat prošly bouřlivým vývojem. Současný vývoj v oblasti práce s prostorovými daty ukazuje, že jejich zpracování nemůže opomíjet poznatky získané z dlouhodobého vývoje zpracování neprostorových dat. Principy, které jsou platné pro neprostorová data bylo však potřeba patřičně upravit a doplnit o specifika prostorových dat. Nezbytným doplňkem pro přesnou a korektní identifikaci, verifikaci a interpretaci prostorových dat jsou jejich metadata. Metadata pro prostorová data se řídí stejnými principy jako metadata pro neprostorová data. Mají však svá specifika, jejichž formulování (popis, struktura) procházeli poměrně dlouhodobým vývojem (viz například postupy naplňování norem ISO řada 191 a realizace směrnice INSPIRE). Metadata pro prostorová data mají za úkol především popsat

prostorová data. Metadata pro prostorová data by měla být organizována (spravována) s využitím metainformačních systémů. Metainformační systémy umožňují správu, prezentaci a analýzu metadat pro prostorová data. Rozvoj informační společnosti může být významně podpořen existencí metainformačních systémů a především veřejných metainformačních systémů, které prezentují metadata veřejnosti (především odborné, ale i laické). Tento postup pak vede k možnostem násobného využití dat v oblastech data miningu, crowdsourcing, rozhodování v NRT a postupech vizualizace (VR).

3.2 LEGISLATIVNÍ ZÁKLAD GEODAT

Na národní úrovni byly vytvořeny zákony, normy a vyhlášky, které jsou závazné pro stát a orientační pro budovatele informačních systémů a tvůrce geodat které lze rozdělit na:

3.2.1 Legislativu a jiné vrcholové normativní a metodické dokumenty ČR

- Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v aktuálním znění
- Zákon č. 365/2000 Sb. ze dne 14. září 2000, o informačních systémech veřejné správy a o změně některých dalších zákonů, v aktuálním znění
- Zákon č. 320/2016 Sb., o úřadu pro přístup k dopravní infrastruktuře, v aktuálním znění
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů,
- Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání
- Usnesení vlády České republiky ze dne 8. října 2014 č. 815 o Strategii rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v České republice do roku 2020 [online]. [cit. 2015_01_10]. URL: http://www.mvcr.cz/soubor/uv_815_2014.pdf.aspx
- Akční plán Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v ČR do roku 2020 (AP GISTR) schválená verze, říjen 2015, dostupné z <http://www.mvcr.cz/clanek/geoinfostrategie.aspx>
- Usnesení vlády č. 958, o významu metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení, ze dne 2. listopadu 2016.
- Usnesení č. 2 Rady vlády pro stavebnictví České republiky ze dne 13. října 2015 https://issuu.com/czbim/docs/material_vyznam-metody-bim
- Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, kterou se provádí zákon 200/1994 Sb. o zeměměřičství
- Zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 357/2013 Sb., Katastrální vyhláška
- Vyhláška č. 500/2006 Sb. O územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření v platném znění
- Vyhláška č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce a soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr
- Zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, do kterého je transponována Směrnice EP a Rady č. 2007/2/ES ze 14. 3. 2007 o zřízení infrastruktury pro prostorové informace v ES (INSPIRE), dále s INSPIRE související nařízení.
- Vyhláška č. 233/2010 Sb., o základním obsahu technické mapy obce
- Vyhláška ČÚZK 393/2020 o digitální technické mapě kraje, září 2020

- Zákon č. 111/2009 Sb., o základních registrech
- návrh Zákona o informačním modelu stavby, informačním a digitálním modelování a změně některých zákonů, říjen 2020
- věcný záměr Zákona o Národní infrastruktuře pro prostorové informace (NIPI), říjen 2020

3.2.2 vybrané metodické dokumenty

- Koncepce zavádění metody BIM v ČR schválena vládou 26.9.2017 Dne 25. září 2017 vláda ČR usnesením č. 682 <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/>
- Pořizování územně analytických podkladů – metodický návod kolektiv autorů MD
- Akční plán k Národní strategii kybernetické bezpečnosti České republiky na období let 2015 až 2020 www.GovCERT.CZ, Praha 2017
- Katalog objektů ZABAGED®, verze 4.0, Zeměměřický úřad, Praha, č. j. ZÚ-02626/2020-13600, 2020, květen 2020, dostupné z https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2020.pdf

3.2.3 vybrané normy

- EN ISO 16739 (73 0100) Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu, Duben 2017 dostupné z: <https://eshop.normservis.cz/norma/csneniso-16739-1.4.2017.html>
- EN ISO 19101 – Geographic information — Reference Model dostupné z: <https://www.iso.org/standard/26002.html>, <https://shop.normy.biz/detail/96781>
- ČSN EN ISO-19157 Geografická informace – Kvalita dat
- Geographic Information – Place Identifier (PI) architecture ISO 1955:2012
- ČSN ISO 19139 Geografická informace - Metadata - Implementace schématu XML
- ČSN ISO 19115 Geografická informace – Metadata,
- ISO/AWI 19166 BIM to GIS conceptual mapping (B2GM) – preparation stage
- ISO 15686-4 Building Construction – Service Life Planning
- ČÚZK – TERMINOLOGICKÁ KOMISE (2016) Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. *on-line+. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- ŠÍMA J., Terminologický výkladový slovník pro potřeby realizace Akčního plánu Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v České republice do roku 2020. *on-line]. (2016) Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/soubor/terminologicky-slovník-geoinfostrategie-pdf.aspx>
- ŽÁK J. a kol., Terminologický výkladový slovník BIM, pracovní dokument SFDI, Praha 2017

3.2.4 Legislativa a jiné metodické dokumenty

- Směrnice 2014/24/EU ze dne 26. února 2014 o zadávání veřejných zakázek a o zrušení směrnice 2004/18/ES
- Směrnice evropského parlamentu a rady 2007/2/ES ze dne 14. března 2007 o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (INSPIRE)

3.2.5 Metodické dokumenty

- OGC (2011) OpenGIS Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. Open Geospatial Consortium Inc. [on-line+. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>
- ČÚZK - Analýza stanovení jednotného referenčního polohového a výškového souřadnicového systému včetně způsobů transformace Praha 201, realizační výstup opatření O38, O36 GISTR dostupné z <http://www.mvcr.cz/clanek/geoinfostrategie.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- Popis dat ZABAGED, Zeměměřický úřad, Praha, leden 2007
- Standard sledovaných jevů pro územně analytické podklady obcí, Metodický návod k příloze č. 1 části A vyhlášky č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací

dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti. Ústav územního rozvoje, Brno, únor 2013

- Terminologický výkladový slovník pro potřeby realizace Akčního plánu Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v České republice do roku 2020
- ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance
- Guide on the application of the common specification of the register of Infrastructure ERA/GUI/RINF/IU v. 0.82, Paris 21/08/2014

3.2.6 Dokumenty k problematice DTM

- Metodický návod pro pořizování dat DTM kraje, GEOREAL, spol. s r.o., T-MAPY, spol. s r.o. Západočeská univerzita v Plzni, září 2019 řešení projektu: TITSMV705 - Jednotný výměnný formát Digitální technické mapy (JVF DTM)
- ŠOUŘEK a kol. Struktura JVF DTM verze JVF v.1.0 DTM 1.4.0 , GEOREAL, spol. s r.o., květen 2020

3.2.7 Vybrané dokumenty k problematice BIM

- ŠAFÁŘ V. a kol , Návrh plánu realizace BIM, Expertní výkonný tým SFDI pro BIM, Praha, pracovní verze únor 2018
- ŽÁK J. Společné datové prostředí Common Data Environment (CDE) Expertní výkonný tým SFDI pro BIM, Praha, pracovní verze únor 2018
- KLEE L. Metodika BIM protokolu pro smluvní standard FIDIC, Expertní výkonný tým SFDI pro BIM, Praha, pracovní verze únor 2018
- DUFEK Z. a kol., BIM pro veřejné zadavatele, Leges, Praha 2018, ISBN 978-80-7502-285-1



Shrnutí pojmů:

- **současný stav geodat v české republice, rozvoj digitální technické mapy ČR, digitální mapa veřejné správy, stavební řízení, vzájemné vztahy databází a registrů státní správy a samosprávy, návaznost legislativních dokumentů**



Otázky:

- Popište stav přípravy a tvorby geodat v rámci tvorby DTM.
- Co tvoří základní legislativní rámec pro tvorbu DTM?
- Popište požadavky kladené na vlastnosti DTM?



Použitá literatura: shrnutá v textu kapitoly

4 ZÁKLADNÍ NÁSTROJE DATA MINING V OBECNÉ ROVINĚ



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- **zjistíte, co je předmětem a obsahem pojmu data mining**
- **seznámíte se výčtem vlastností se SW nástroji pro data mining**



Výklad

Data mining (dolování dat) se kdysi nazývalo průzkumná analýza dat. Množství dat generovaných z pohybu obyvatel (sledování pohybu osob dle pohybu v síti mobilního operátora) jejich identifikace při nákupech na pokladnách, ze skenování jejich pohybů turnikety a z tematicky specifických databází v rámci celé společnosti jsou prozkoumány, analyzovány, redukovány a znovu použita všechna data zaznamenávaná z těchto zdrojů. Hledání požadované odpovědi (na informaci pro kterou se ten který případ zjišťování provádí) se vede napříč různými modely navrženými pro předpovídání prodejů, marketingových reakcí a zisku. Klasické statistické přístupy jsou základem metody data mining. Používají se také automatizované metody umělé inteligence (AI). Systematické zkoumání klasickými statistickými metodami je však stále základem data mining. Některé z nástrojů vyvinutých v oblasti statistické analýzy jsou využívány prostřednictvím automatizovaných procesů (s určitým podílem interakce lidského řízení procesů) při zpracování dat. Při těžbě dat byla postupně použita celá řada analytických počítačových modelů. Mezi standardní typy modelů v dolování dat patří regrese (normální regrese pro predikci, logistická regrese pro klasifikaci), neuronové sítě a rozhodovací stromy.

Data mining (někdy nazývaný rovněž modelováním nebo analýzou dat, což jsou však jen eufemistické zkratky pro postupy zpracování dat sice vedoucím k získání přidané informační hodnoty ale pohybujícím se často v neveřejných databázích) je obvykle činnost, která z veřejných, firemních nebo i soukromých databází, které lze využít a jsou legálně k dispozici (ale často z výsledků postupů data mining některých firem i v České republice vyplývá, že byla zpracovávána data, která velmi pravděpodobně byla neveřejná a je poměrně jasné z výsledku činnosti těchto firem že jejich podnikání je velmi na hraně zákona - především Zákona na ochranu osobních údajů). V obecné rovině data mining slouží v prvotním účelu hledání dosud neobjevených (nepublikovaných, alternativních) vztahů mezi velkými objemy dat a jejich transformací do informace s významně vyšší

hodnotou. Tento prvotní účel dobře popisuje anglický termín, jde o to z velkého množství hlušiny vydolovat to správné zrnko pravdy s vysokou informační hodnotou. Postupy data miningu využívají specifické algoritmy, statistické analýzy, umělou inteligenci a databázové systémy. Cílem data miningu je extrahovat informace z obrovských datových souborů a převést je do srozumitelné struktury pro budoucí použití. Spolu s těmito primárními službami poskytují některé systémy data miningu pokročilé funkce včetně procesů skladování dat a tvorby KDD (Knowledge Discovery in Databases - postup nalezení nejužitečnějších znalostí ze souborů Big data). K dispozici je pro data mining v obecné rovině k dispozici desítky různých softwarových nástrojů které zpracovávají informace různými způsoby což při výběru nejvhodnějšího nástroje komplikuje situaci při jeho výběru a nasazení na konkrétní projekty v oblasti data mining. Na trhu jsou nástroje pro data mining jak bezplatné, tak komerčně proprietární softwary. Softwary pro data mining jsou obvykle prediktivní analytické systémy, které v modelu klient/server poskytují integrované prostředí pro deep learning, data mining, machine learning a prediktivní analýzu. Softwary jsou obvykle vybaveny rozsáhlými možnostmi vizualizací výsledků jak v podobě tabulek a grafů, tak vytěžených textů výsledné prediktivní analýzy. Obecně je cílem, aby odezva na vyslovenou hypotézu, respektive dotaz umožnila uživatelům rychlejším porovnáním a analýzou dat učinit chytřejší rozhodnutí v krátkém čase. Několik zástupců softwarů data mining:

- Oracle Data Mining dostupné na : <https://www.oracle.com/database/technologies/data-mining-pl/sql.html>
- DataMelt příklady data mining ke stažení na <https://datamelt.org/?id=all-examples>
- IBM Cognos výuka pro začátečníky na https://www.youtube.com/watch?v=tw9rajFFt_Q
- SAS data miner náhled možných uživatelů postupů data mining na: https://www.sas.com/cs_cz/industry.html
- Teradata české zastoupení a možnost konzultací na <https://www.teradata.co.uk/About-Us/Contact/Czech-Republic>



Shrnutí pojmů:

- **data mining a jeho prostorové analýzy**
- **data mining a prostorová data**



Otázky:

- C to je data mining a co vede státní správu k jejímu používání (uved'te příklad)?



Použitá literatura:

- DAVID L. O., DURSUN D., Advanced Data Mining Techniques, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008 , ISBN: 978-3-540-76916-3
- RODRIGUEZ W., LAST M., KANDEL A., BUNKE H. Geometric approach to data mining, International Journal of Image & Graphics 2, 2001, p. 363–386.

5 ZÁKLADNÍ POSTUPY DATA MINING V OBLASTI GEODAT



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- zjistíte jaké jsou základní zdroje geodat, v jakých oborech je hlavní využití geodat
- seznámíte se s základními pravidly a vztahy disjunkce, překrytu, průniku, rovnosti, nebo identity části prvků



Výklad

5.1 HLAVNÍ ZDROJE GEODAT A JEJICH ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

Data mining geodat je technika, jak zjistit znalosti z obrovského geoprostorového datového souboru pro extrakci neznámého, nezbytného prostorového vztahu, trendů nebo vzorů, které nejsou výslovně uloženy v prostorové databázi. Dynamický růst geodat v poslední době způsobil velký tlak na vývoj inovativních technologií data mining pro velké geodatabáze. Úkol je to nelehký proto, že informační systém (GIS) obsahuje heterogenní data z multidisciplinárních zdrojů navíc v různých formátech. Rychle rostoucí počet geodat získaných jak terestrickými metodami měření, tak leteckými a satelitními senzory generují obrovský objem dat (například každé místo Země je každý den nasnímkováno v oblasti viditelného záření v prostorovém rozlišení 2,5m a každý týden s prostorovým rozlišením 0,8m - v rozlišení 10m až 300m je celý povrch Země nasnímkován každý týden několikrát - meteorologické snímky jsou snímkovány každých 30 minut ...) vztahující se ke skutečnému světu a přírodním zdrojům, jako je půda, voda, teplota, vegetace, lesní porost atd. Data mining a "odvozování informací" z geodatabází získalo na popularitě především u velkých obchodních řetězců a národohospodářů při hodnocení možných investičních záměrů ve vybrané lokalitě. Rychlý přírůstek dat, informací a komunikace mezi zdánlivě nesourodými systémy vytvořil objemná data o zemském povrchu a atmosféře. Programátoři geodatabází a GIS systémů vyvíjí platformu data mining analýzu velkého množství dat o Zemi s cílem zvýšit výtěžnost dat výkonných družicových senzorů. Obrovské množství dat GIS je shromažďováno v numerických, textových, grafických a analogových formách ze:

- senzorů družicových snímků a leteckých snímků
- geodetických měření
- laserových skenovacích aparatur

- zařízení jako jsou aparatury k zaznamenání polohy (GNSS) ve vozidlech
- identifikace polohy jednotlivce pomocí nalezení jeho pohybu v čase podle detekce jeho mobilních zařízení v síti mobilních operátorů,
- identifikace polohy osob na základě jejich platebních karet a automatizovaného připojování k WiFi sítím v budovách,
- rozpoznávání obličejů a automatizované určování trajektorie pohybu osob v kamerových systémech, která zaznamenávají prostorovou situaci v reálném čase.

GIS data přijatá z těchto heterogenních zdrojů jsou ukládána v dílčích souborech s informacemi o poloze (v některém ze souřadnicových systémů) a prostorově související datový soubor přijatý z výše uvedených heterogenních komponent vzájemně propojených a poskytujících prostorové informace o poloze, propojení s ostatními geodaty již uloženými a popisem negrafických (atributových) funkcí. Prostorově umístěný datový soubor poskytuje informace o tom, co, kdy a kde. GIS jako takový má význam v analýze související s data mining. Hlavními úlohami současnosti je vytěžit data pro řešení úloh:

- analýza dopravních rizik,
- analýza rozsáhlých požárů
- analýza zalesnění,
- klasifikace zemědělské půdy,
- analýza železnic a dopravních infrastruktur,
- systémy manipulace se zbožím - skladování a zásobování,
- systémy cílené reklamy a nabídky zboží firmám a jednotlivcům
- cestovní ruch,
- vojenství,
- geologie,
- monitorování kvality půdy,
- monitorování vodních zdrojů a odlesňování.

5.2 SESTAVENÍ TÝMŮ PRO DATA MINING

Grafická prostorová data jsou o otázce, kde? Zatímco negrafická data atributů jsou o tom, co? Každý geoprvek obsahuje informace o svém prostorovém, geometrickém uspořádání i o negrafických atributových datech, tedy o vlastnostech sebe sama. Například entita prostorového bodu je v GIS reprezentována georeferenčním umístěním používajícím zeměpisnou šířku, délku a nadmořskou výšku a negrafických attributech tohoto prostorového bodu vztahující se k němu jako například pokud je bod bodem trigonometrickým určeným v nějakou souřadnou soustavě v geodatabázi jsou k němu přidány i negrafické informace o tomto bodě například typ stabilizačního materiálu, charakteristiky podzemní stabilizace, popis příjezdu k tomuto trigonometrickému bodu z veřejné komunikace, kdy byl bod zřízen atd.. Geodatabáze se používá k ukládání kolekce geografických datových sad, které mají tři prvky - prostor, téma a čas. Geoobjekt je charakterizován jako čára, bod a mnohoúhelník, nebo prostorový tvar (nejmenší prostorový tvar - tetraedr) vztahující se k geoobjektu v databázi. Při postupech data mining je nutná spolupráce řady profesí. Tým je obvykle složen:

- z terénních specialistů kteří prováděli sběr dat pro pomoc při vytváření a porovnávání grafických i negrafických dat,
- ze specialistů definujících výběr a reprezentaci dat pro data mining z geodatabáze ve smyslu optimálního výběru z dostupných formátů a dostupných datových sad,
- z vyhodnocovatelů leteckých snímků a družicových dat schopných a znalých metod automatické extrakce dat z obrazových dat,

- z expertů na formulování dotazů pro data mining se schopností identifikace nesprávných odpovědí na dotaz - s přísnou kritikou svých vlastních odpovědí,
- z ekonomického experta schopného posoudit úměrnost investic do data miningem hledaných údajů, které nejsou relevantní nebo efektivní pro zodpovězení dotazu v procesu dolování (naplnění cílů výzkumu) nebo rozhodování

Data mining v oblasti geodat umožňuje:

- rozpoznat prostorový datový soubor, zjistit vztah mezi grafickými charakteristikami geoprůvků a negrafickými informacemi (atributy) geodat z jiných datových souborů,
- budování prostorového knowledgebase i prostřednictvím deep learning,
- optimalizaci postupně dotvářených dotazů machine learning,
- reorganizaci prostorových dat a restrukturalizace vlastní geodatabáze pro rychlejší odpovědi,
- odpovědět na kvalifikovaný dotaz

5.3 ZÁKLADNÍ PRAVIDLA INTERPRETACE GEODAT

Prostorová data pomocí tradičních metod data mining jako je jako asociace, klasifikace, shlukování, detekce trendů, outliers generuje zajímavá fakta. Techniky data miningu geodat se zabývají grafickými geoobjekty a jejich negrafickými atributy mezi sousedními objekty a jejich prostorovými vztahy, s cílem najít třídu, vytvořit shluková pravidla pro detekci odlehlých hodnot a odchylky trendů a nalézt asociaci pro extrakci víceúrovňových topologických vztahů. Základní operace data miningu geodat zahrnují operace které jsou korektní k základním topologickým pravidlům. Pokud vezmeme dvojdimensionální prostor pak mezi dvěma prostorovými objekty A a B skládajících se z množiny bodů v ploše pak tyto dva objekty mohou mít vztahy disjunkce, překrytu, průniku, rovnosti, nebo identity části prvků. Na základě těchto pravidel lze definovat základní pravidla pro geodata:

- pravidla prostorového atributu např. průměrná cena produktu v místě
- pravidla prostorové diskriminace, které popisují rozdíly mezi různými třídami dat např. v Brně je průměrná cena produktu 20 000,Kč zatímco v Ostravě 10 000,Kč.
- pravidlo charakterizace - jedná se o proces nalezení popisu datové sady nebo její podskupiny, je nezbytným základem pro možné vyslovení dotazu postupem data mining.
- pravidlo detekce trendu, je považováno za nepřetržitou změnu v jedné nebo více hodnotách negrafických atributů geoobjektů, když se vzdálí od jiného geoobjektu, jednou z technik detekce trendů je postup předpovídání polohy na základě studia jeho předchozího pohybu.
- pravidla prostorového přidružení, jedná se o důsledky vazby mezi jednou sadou dat s jinou datovou sadou, objevuje a odhaluje vztahy z prostorově související datové sady a používá se k popisu vzorců databáze. Používá se k nalezení výskytu události Y v sousedství jiné události X v časoprostorových datech (georeferenční předchůdce a georeferenční důsledky)
- pravidla prostorová klasifikace, používají se pro rozdělení sad prostorových objektů, geoobjekty lze klasifikovat pomocí negrafických atributů, prostorových predikátů nebo grafických a negrafických atributů, klasifikuje atributy objektu spolu se sousedními objekty s jejich prostorovými vztahy
- pravidla prostorového klastrování se používají ke zjištění podobnosti mezi sadou prostorových dat souvisejících s vlastnostmi nalezenými ve skutečných prostorových datech, sada podobných prvků je seskupena do jednoho shluku a prvky z různých shluků nejsou podobné, prostorové shlukování je založeno na vztahu vzdálenosti a směru, používané techniky prostorového klastru sahají od metody rozdělení, hierarchie, hustoty a mřížky.

Několik zástupců nástrojů pro data mining v oblasti geoprostorových databází DBMiner, GeoMiner. Jde o nástroje s otevřeným zdrojovým kódem, které se používají pro dolování dat a jazyk dotazů, pro geodata mining. GeoDA je také otevřený zdrojový jazyk založený na jazyce Python, který

podporuje statistiku prostorové autokorelace a prostorovou regresi. ArcGIS (ArcView, ArcInfo, ArcEditor) je placený nástroj vyvinutý společností Environmental Systems Research Institute (ESRI), který se používá pro rozhraní Web API, Python, .NET a používá se pro funkce prostorové analýzy a modelování. Zahrnuje povrch, síťovou analýzu, overlay, interpolační analýzu a geo-statistické modelovací techniky.



Shrnutí pojmů:

- **základní zdroje geodat, vysvětlení pojmů interpretace geodat, pravidla sestavení týmu expertů, srovnávací analýzy, řízení výběrů přes prostorovou polohu geoprisku**



Otázky:

- Vyjmenujte a charakterizujte hlavní zdroje geodat pro data mining.
- Které hlavní úlohy jsou řešeny postupy data mining ve státní správě a v soukromých podnicích?
- Z jakých expertů se skládá tým pro data mining? Zdůvodněte jejich postavení v týmu.
- Jaká jsou základní pravidla pro interpretaci geodat



Použitá literatura:

- RŮŽIČKOVÁ, Martina. Datamining v knihovním systému Koha na příkladu Městské knihovny v České Třebové [online]. Brno, 2020 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/bublk/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Martin KRČÁL.
- C. Da Cunha, B. Agard, A. Kusiak (2006). Data mining for improvement of product quality, International Journal of Production Research 44:18/19, 4041–4054.
- S. Daskalaki, I. Kopanas, M. Goudara, N. Avouris (2003). Data mining for decision support on customer insolvency in the telecommunications business, European Journal of Operational Research 145, 239–255.
- D. Delen, E. Sirakaya (2006). Determining the efficacy of data mining methods in predicting gaming ballot outcomes, Journal of Hospitality and Tourism Research 30:3, 313–332.

6 INTEGRACE GEODAT, METADATA A TEZAURY



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- zjistíte co jsou metadata, co je standard Dublin Core Metadata Element Set,
- nabudete informací o obsahu datasetu,
- zjistíte co je tezaurus a možnosti jeho integrace do postupů georeferencování a vyhledávání informací v rámci data mining



Výklad

6.1 METADATA A METADATOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY

Vzájemné integrace datových sad jsme schopni na základě použití metadat. Potřeba metadat se objevila již v době, kdy byly pořizovány první rastrové mapové podklady a digitální data vůbec. Tehdy se začala objevovat i poptávka po informacích o prostorových datech. Tyto informace tak vlastně navazují na mimorámové údaje map v analogové podobě, které poskytovaly obdobným způsobem zásadní informace o prostorových datech. Metadata lze definovat jako data o datech nebo datových sadách, tedy jako množinu informací popisujících daná data. Jde o popis obsahu, reprezentaci, geografický a časový rozsah, prostorové reference, jakost a správu sady geografických dat. Je důležité, že právě metadata umožňují integrovat geodata z různých datových sad a zdrojů (organizací, segmentů veřejné správy apod.), čímž naplňují jeden z hlavních principů a požadavků na interoperabilitu dat a informačních systémů (především charakteru GIS). Pro správu metadat se používá metainformační systém. Metainformační systém (MetaIS) je informační systém, který dokáže sofistikovaně pracovat s metadaty a vyřizovat požadavky na něho kladené a vytvořit tak předpoklady pro postupy data mining. Důležitými charakteristikami MetaIS jsou především tyto operace nad metadaty:

- identifikace metadat (schopnost zpracovat neomezené množství metadat),
- verifikace metadat (ověření správnosti testováním),
- interpretace metadat (zpracování obsahu metadat, validita),

- distribuce metadat (prezentace ve vhodné formě).

Uživatelé MetaIS mohou vyhledávat metadata o požadovaných datových sadách s využitím standardních vyhledávacích mechanismů. MetaIS většinou publikuje svá metadata prostřednictvím služby WWW. Metadatových standardů je několik, nejpoužívanější jsou normy řady ISO zmíněné v kapitole 2.. Další normou pro tvorbu metadat je tzv. Dublin Core. Dublin Core je standard určený k vytváření metadat dokumentů na internetu. Vychází z knihovnických systémů. Jde o jednoduchý systém složený z několika položek s prefixem „DC“. Je možno vytvářet další podtřídy rozšířením předdefinovaných pomocí tečky. Tato metadata je možno vkládat do hlaviček HTML dokumentů. Existují vyhledávače, které je umí zpracovávat a tak poskytovat tříděné informace na rozdíl od „textových“ webových vyhledávačů. Standard Dublin Core obsahuje základní sadu patnácti prvků (Dublin Core Metadata Element Set), z nichž žádný není povinný:

- Název
- Tvůrce
- Předmět
- Popis
- Vydavatel
- Příspěvatel
- Datum
- Typ
- Formát
- Identifikátor
- Zdroj
- Jazyk
- Vztah
- Pokrytí
- Práva

6.2 METADATOVÝ POPIS

Pro všechny normy pro metadata platí že základní (implicitní) jednotkou pro metadatový popis je datová sada (dataset). Normy umožňuje také popisovat metadata jednotlivé třídy geoprvků (feature types), třídy atributů (feature attributes), instance geoprvků (feature instances) a atributů (attribute instance). Je uplatněn také mechanismus pro popis jednotlivých listů mapového díla (tiles) nebo pro definování vzájemné hierarchie (superset, subset). Vazbou mezi systémy pro vyhledávání a třídění informací v počítačovém prostředí a obsahem geodatabází je otázkou MetaIS a vytvořením vhodného tezauru jako podpory pro usnadnění prvotního vyhledávání a analýz metadat a následně vytěžení vlastní databáze. Tezaurus je řízený slovník (controlled vocabulary) který s rozvojem Internetu dal šanci orientovat se v rychlém nárůstu objemu dostupných informací a to nejen databází obsahujících vědecké texty, ale i běžných publikací jako jsou noviny, časopisy, krásná literatura i osobní zápisky řady lidí ve formě webových stránek. Zvýšený objem dostupných dat výrazně zkomplikoval vyhledávání relevantních informací, obzvláště pro běžné koncové uživatele. Tezaury lze používat k indexování, ukládání, případně vyhledávání záznamů vysokou rychlostí podle předem dohodnutých hierarchických pravidel řazených termínů, výkladů a pravidel. Tezaury mohou pracovat v kombinaci s řadou různých vyhledávacích algoritmů a lze je využít ke zlepšení výsledků vyhledávání v různých typech záznamů a zvýšit tak účinnost data mining. Tezaury se mohou pro zvýšení své využitelnosti různým způsobem sdružovat do multitezaurových systémů, např. do multitezaurových prostředí, přepínacích tezaurových systémů, složených tezaurů apod. Tezaurus lze využít jak k

vyhledávání, tak k indexování záznamů. Při indexování jsou záznamy označovány pomocí řízených termínů. Při vyhledávání může uživatel buď manuálně zadat všechny vyhledávané řetězce nebo zadá jeden termín a systém automaticky zahrne všechna synonyma a gramatické tvary termínu. Integrace tezaurů nabývá na významu se vzrůstajícím počtem existujících tezaurů. Tento jev je podmíněn nutností pokrýt všechny vědy, případně vědní disciplíny u věd komplikovanějších (jako např. fyzika, geografie a geoinformatika). Řešením je tvorba několika tezaurů. Ty se mohou v určitých termínech vzájemně překrývat, případně mohou mít shodné termíny zpracované v rozdílné kvalitě (stejně tak jako v atlasech bývají mapy, jejichž obsah se překrývá, ale měřítko je odlišné). Tezaury je možné integrovat třemi hlavními způsoby: federace (federation), sjednocení (unions) a spojení (couplings). Prostorové tezaury ve většině případů nebývají samostatně distribuovány, setkáme se s nimi proto zejména v podobě webové služby – tj. pomocí adresovatelného middle-ware serveru podporujícího georeferencování a vyhledávání. Rozlišujeme dva základní modely prostorového tezauru: jednoduchý seznam názvů (se všemi problémy z toho vyplývajících – jako např. neunikátnost) nebo model spojující název s lokací (jako např. index v atlasu). Zároveň je třeba tento model informace strukturovat – vytvořit tzv. hierarchický tezaurus. Pak můžeme snadno prozkoumávat vztahy mezi jednotlivými názvy. Na straně druhé však stále nezaručujeme unikátnost názvů a obtížně vztahujeme názvy k ostatním lokátorům – jako např. PSČ. Prostorový tezaurus by měl vždy obsahovat přinejmenším: unikátní identifikátor geografického prvku, geografický název, typ geografického prvku (jako např. jezero) a prostorové umístění.



Shrnutí pojmů:

- **integrace datových sad a metadata**
- **metadatové popisy a tezaurus**



Otázky:

- Co jsou metadata k čemu slouží ?
- Jak jsou metadat organizována a na základě čeho se v nich vyhledává při použití geodat?
- Co to je tezaurus, uveďte dimenze tezauru.



Použitá literatura:

- MACHALOVÁ JITKA. PROSTOROVĚ ORIENTOVANÉ SYSTÉMY PRO PODPORU MANAŽERSKÉHO ROZHODOVÁNÍ. 1.VYDÁNÍ. PRAHA: C.H.BECK, 2007, 145 S. ISBN 978-80-7179-463-9
- CHARVÁT KAREL, KOCÁB MILAN, KONEČNÝ MILAN A KUBÍČEK PETR. GEOGRAICKÁ DATA V INFORMAČNÍ SPOLEČNOSTI. ZDIBY 2007, ISBN 978-80-85881-28-8

7 INTERPRETACE DAT V OBECNÉ ROVINĚ



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- **upřesníte si postavení fotogrammetrických metod při sběru dat pro geodatabáze a jejich postavení vůči ostatním postupům sběru dat**



Výklad

7.1 INTERPRETACE A PRESENTACE DAT

V případě interpretace dat a to nejen geodat je potřeba odlišit dva termíny a to interpretace dat a prezentace dat:

- prezentací dat se rozumí popis třídění dat a jejich dalších analýz, komentáře tabulek, grafů a provedených operací
- interpretace dat je výklad zjištěných výsledků (vysvětlení, co znamenají, co z nich vyplývá, jaké závěry a jaká opatření lze na základě interpretačních postupů doporučit)

Tyto dvě roviny práce s daty se ale v kvalitativních analýzách geodatabází neodlučitelně prolínají. U kvantitativních zkoumání je pak užitečné nejprve prezentovat výsledky a teprve potom vyslovit závěry, názory a doporučení. Je potřeba dávat si pozor na to, že vše zjištěné je jen jakási tendence, jistý náznak, možný trend a na žádné údaje (podpořené kvantitativním či kvalitativním přístupem) nelze přísahat, tvrdit, že to tak jednoznačně je. To znamená, že si musíme dát pozor na chyby při interpretaci. K vyjádření jisté neurčitosti výsledného zjištění použijeme následujících dvou principů:

- stochastická zákonitost - vyjadřuje, že pravděpodobnost stojí v podstatě tohoto zákona, realita je pravděpodobná
- statistická souvislost – prokázána jen s jistou spolehlivostí

Vlastní interpretací rozumíme způsob výkladu, pochopení, objasnění výsledků výzkumu respektive našeho šetření nad geodatabázemi. Můžeme o ní také mluvit jako o přepisu empirických dat do teoretického jazyka, vysvětlení dat, explanaci. Jedná se o porozumění nějakému empirickému materiálu. Interpretace se týká dat, která jsou vyjádřena např. v podobě statistických tabulek, korelačních a jiných koeficientů. Všude, kde se setkáváme s interpretací, musíme počítat s rizikem

chyb (při každé interpretaci musíme myslet na všechny možné zdroje chyb). Postupy umění výkladu, interpretace a porozumění novým informacím které interpretace datové sady poskytne se zabývá hermeneutika. V podstatě se jedná se o výzkum a studium interpretačních teorií a porozumění textu. Hermeneutickým kruhem se rozumí princip, který vyjadřuje, že částem můžeme rozumět pouze z celku, avšak celek je nám přístupný jen skrze části. Ani celek, ani jednotlivé části nemohou být tedy pochopeny zvlášť. Každá interpretace je ovlivněna těmito faktory:

- osobností respondenta – cílový soubor (výběr, reprezentativnost skupiny respondentů), je potřeba brát v potaz odlišnosti (demografie, vývojová psychologie ad.).
- osobností interpretujícího – interpretace může být subjektivní, výsledky mohou být díky ní zkreslené, záleží na očekávání interpretujícího, jeho motivaci, roli hodnotitele, existuje zde i možnost neetického chování.
- stresem, prokrastinace – interpretující by měl dbát na relaxaci, využívat introspekci, rozpoznat náznaky prokrastinace

7.2 FEED BACK INTERPRETACE

Nepostradatelnou součástí interpretace je zpětná vazba, která má hodnotící charakter. Je nutné vytvořit o ni zájem u respondentů a využít ji pro ně jako motivační nástroj. Společně s výsledky slouží jako odměna pro respondenty. Zpětná vazba velmi podstatně ovlivňuje pracovní klima a chuť respondentů do dalších průzkumů. Během interpretace se můžeme setkávat s různými chybami interpretace:

- Nepravá korelace – nezahrnutý aspekt C ovlivňuje znak A i znak B a tím vytváří zdánlivou spojitost (nezahrnutá proměnná).
- Vývojová sekvence – zdá se, že A ovlivňuje B, ale ve skutečnosti na A působí proměnná C, která není do šetření zahrnuta.
- Chybějící střední člen – vidíme působení A na B, ale už není patrné, že příčinou změn B není bezprostředně A. A nejprve působí na C, které nebylo zahrnuto do šetření, a teprve C působí na B (např. delikventi pocházejí z bohatých rodin, C=rodiče nemají na potomka čas, ten hledá náhradu vztahů v partě).
- Dvojitá příčina – na B nepůsobí pouze A, ale také proměnná C, která nebyla zahrnuta (př. na výsledcích studia se nepodílí pouze píle, ale také jeho okolí, které mu pomáhá).
- Nezbytným krokem statistických analýz, je hledat pro zjištěné statistické souvislosti relevantní interpretace, jejich logická vysvětlení v souvislostech skutečnosti.
- Pro deskripci také není adekvátní užívat hodnotící výrazy
- Postupy interpretace informací a dat v sobě vnitřně nesou dva obecné přístupy ke studiu většiny otázek souvisejících i s problematikou geodat. Jde o Indukci a dedukci.

Indukci lze definovat jako postup od jednotlivých dat k jejich zobecňování, či postup od konkrétního, daného k abstraktnímu, zobecňujícímu. Napomáhá formulovat všeobecně platná pravidla, principy a zákonitosti. Indukce umožňuje použít dostupné informace k vytvoření vědeckých teorií. Je také nástrojem kauzální analýzy. Základy induktivního vyvozování závěrů o příčinách jevů - podle J. S. Milla:

- metoda shody - užíváme v případě, že víme, za kterých podmínek jev nastává. Sledujeme nějaký jev za měnících se okolností a vidíme, že za přítomnosti některých okolností jev nastane, jindy nenastane (příčinná souvislost). Takto vyvozený závěr je pravdivý, ale nemusí být jediný => alternativní vysvětlení metoda shody nedokáže vyloučit.
- metoda rozdílu - použijeme, pokud víme, kdy jev nenastává. Pokud nastane situace, ve které se určitý jev objeví, a situace, ve které se tento jev neobjeví, a tyto situace mají všechny

okolnosti kromě jediné společné, potom tuto okolnost můžeme považovat za příčinu nebo část příčin jevu.

- metoda souhlasu a rozdílu - v tomto případě se jedná o kombinaci metody shody a metody rozdílu. Pravděpodobnost induktivního závěru není absolutní, ale jen pravděpodobná, protože zobecňuje z dostupných dat, ale nikdy nemáme data všechna => zobecňujeme i na data, která nám nejsou dostupná.
- metoda původní variace - představme si situaci, kdy měníme intenzitu okolnosti a ostatní okolnosti udržujeme konstantní (nezměněné). Pokud se úměrně dané okolnosti mění i intenzita sledovaného jevu, tak mezi danou okolností a jevem existuje kauzální spojení.
- metoda zbytků - tato metoda je málo používána.

Dedukci lze definovat jako postup od obecného výroku k formulování specifických důsledků tohoto výroku. Dedukci obvykle používáme, když není možno dokázat pravdivost teorie, můžeme se ji pokusit vyvrátit konkrétním příkladem. Termín falzifikace (zfalesnění, vyvrácení) vědecké teorie, tj. nehledáme cesty, jak teorii potvrdit, ale naopak: formulujeme předpoklady, situace, které pokud nastanou, teorii s úplnou jistotou vyvrátí. Pravidlo že teorie, která by byla konečnou pravdou, jen čeká na to, kdy bude nahrazena lepší teorií. Tudíž se jedná o cyklus zrodu a zániku vědeckých teorií přibližujících se pravdě.

Ve vědeckém poznání můžeme ale využít i kombinaci deduktivního přístupu s přístupem induktivním.



Shrnutí pojmů:

- **interpretace dat, dedukce, induktivního vyvozování závěrů o příčinách jevů zpětná vazba a hodnocení příčin jevů**



Otázky:

- Co je presentace a co je interpretace dat?
- Jak se míra entropie váže k stochastické zákonitosti a statistické souvislosti
- Co je induktivně deduktivní metoda zkoumání a jak jí použít v data mining?



Použitá literatura:

- Finn, V.K. J.S. Mill's inductive methods in artificial intelligence systems. Part I. Sci. Tech.Inf. Proc. 38, 385–402 (2011). <https://doi.org/10.3103/S01476882110600>
- "Mill's Methods of Induction ." Encyclopedia of Philosophy. Encyclopedia .com. (April 15, 2021) <https://www.encyclopedia.com/humanities/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/mills-methods-induction>

8 DATA MINING A INTERPRETACE GEODAT PRO SPECIÁLNÍ ÚČELY



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- uvědomíte si že ať šáhnete po čemkoliv někdo to udělal před vámi



Výklad

8.1 ANALÝZA DAT V DATA MINING

Úkolem analýzy dat v rámci data mining geodat je především redukce, organizace, syntéza a sumarizace informací s cílem dát výsledkům význam a provádět úvahy podporované validní evidencí obsahu grafických a negrafických dat v geodatabázi. Již v průběhu sběru data vyhodnocujeme informaci, kterou data zprostředkují z pohledu celého obsahu metadat, kterým musí informace o geoobjektu jako samostatné entitě vyhovět (předpisy pro sběr mapových dat a negrafických informací). Analýza kterou musíme provést před započítáním tvorby odpovědi na dotaz směrem k geodatabázi spočívá v rozboru dat a jejich syntéze a plného uplatnění a vyhovění předpisu tvorby geoobjektu a naplnění geodatabáze všemi atributy (negrafickými údaji o geoprvcu). Ve statistické analýze začínáme identifikací proměnných. Rozlišujeme nezávisle a závisle proměnné. Nezávisle proměnné mohou být kontrolované, jestliže jsme schopni jimi manipulovat. Závisle proměnné jsou ovlivňovány nezávisle proměnnými. Závisle proměnné jsou často cílové (výstupní) proměnné nějaké intervence. Analýza závisí na tom, na jaké škále proměnné měříme. V kvantitativním výzkumu používáme obvykle statistické metody analýzy dat. Popisná statistika se používá k sumarizaci a zobrazení dat a k charakterizaci zkoumaných skupin. Statistika se zabývá zobecněním popisu na větší skupinu. Rozlišujeme jednorozměrnou, dvourozměrnou a vícerozměrnou statistiku. Příklady třech typů statistické analýzy pomocí formulované výzkumné otázky. Volba technik analýzy závisí na položené výzkumné otázce. V kvalitativním výzkumu provádíme nenumeričnou analýzu dat s cílem zachytit zajímavá témata a vztahy v kvalitativních datech a navrhnout hypotézy. Rozmanitost kvalitativních metod sběru dat a strategií výzkumu v oblasti geodat je reflektována různými způsoby analýzy a interpretace dat. Proces analýzy je v interakci s procesem sběru dat. Oba procesy v kvalitativním výzkumu probíhají často paralelně (v kvantitativním výzkumu probíhají sekvenčně). Prvky

kvalitativní analýzy jsou: redukce a kódování dat, reorganizace a zobrazení dat, fáze porozumění datům pomocí dedukce a indukce.

8.2 PRAKTICKÉ POSTUPY DATA MINING NAD ZÁKLADNÍMI BÁZEMI PROSTOROVÝCH DAT

V praktické rovině je jedním ze základních cílů společností zabývajících se data mining technologiemi vnořit do stávajícího informačního systému firmy klienta a jeho obvykle obchodních databází (databáze dodavatelů, databáze odběratelů, partnerů atd.) prostorový kontext a na základě obecného datového přístupu k datům klienta získat okamžitý přehled o prostorových ukazatelích jeho databází. Následně se firmy snaží všechna prostorová data klienta uspořádat do jednoho logického vícerozměrného datového modelu. Při této činnosti ihned po této etapě dochází k připojení všech veřejně dostupných geodatabází pomocí WMS služeb (RUAİN, katastr ČR, podkladové mapy Zeměměřického úřadu, VÚV T.G.M., v.v.i., VÚMOP, v.v.i. , a dalších veřejných poskytovatelů dat - krajů, ORP, MŽP, MV, ...) a systém se stane opravdu datově BIG přestože 80% data není jeho přímým obsahem. Na základě požadavků na informace jsou za permanentní kooperace expertů (viz kapitola 5) sestavovány dotazy, které jsou odsouhlaseny klientem. Následně se vyberou potřebné geodatabáze podle charakteristik metadat a nastaví se vhodná kombinace datových filtrů, která by však neblokovala možné alternativní odpovědi. Neomezenou úroveň podrobnosti a různé typy vizualizací výsledných odpovědí na vznesený dotaz je poměrně standardním podmínkou interpretace výsledku. Předdefinované datové modely a sestavy pro standardní obchodní případy se používají k rychlému vyhledání odpovědí na často směřující otázky na geodatabáze. Obvykle jsou nabízena řešení, která nevyžadují od zadavatele žádné SW ani HW požadavky, vše se vykonává na cloudu dodavatele a jsou tedy přístupná 24 hodin denně a zadavatel je připojen pouze jako tenký klient s jednoduchými výpočetními prostředky, což je základní předpoklad, aby výsledky data miningu mohli využívat okamžitě i nejnižší stupně rozhodování v podniku. Na standardní opakující se dotazy se obvykle vytvoří aktualizací okno, přes které obsluha na straně klienta pouze odebírá aktuální data, neboť úlohy jsou spouštěny automaticky po uplynutí předepsané doby. Druhou možností je po sestavení a "zajetí" týmu zadavatele a odběratele vytvářet smysluplné dotazy na geodatabáze, které přispějí k zrychlení a zefektivnění rozhodovacích procesů v organizaci (firmě, ministerstvu, státním nebo samosprávném úřadě). Reálné sektory, které využívají expertních dotazů pro zlepšení hodnocení stavu nebo predikce vývoje v nadcházejícím období jsou například:

- cílené reklamní a mediální plánování pro zvýšení obrátu na lokálním trhu (úrovni kraje),
- bankovníctví a pojišťovnictví v oblasti nemovitostí, pojištění úrody (predikce výnosů z aktuálních družicových obrazových dat),
- predikce ceny komodit na základě data mining postupů v oblasti vinařství, ovocnářství, obilnářství
- optimalizace systému rozvozu jídla a dodávek potravin,
- dynamická optimalizace systému rozvozu zboží a poštovních zásilek,
- tvorba map nápadu trestné činnosti a návrhy opatření k snížení nápadu trestné činnosti,
- zpeněžení dat o mobilitě občanů v případě výstavby obchodů a investičních celků z iniciativ obcí a měst,
- geomarketing,
- optimalizace pobočkové sítě,
- socio-demografické a ekonomické údaje pro výpočet lokálního potenciálu a podílu na trhu,
- data z mobilních zařízení zobrazují nejpreciznější statistiky provozu a dalších informací o mobilitě,



Shrnutí pojmů:

- **analýza geodat v rámci data mining, její problémy a souvislosti s primárním sběrem geodat**
- **praktické postupy vytěžení dat s veřejnoprávních databází a analýzy nad nimi vytvářené**



Otázky:

- Jak se podílí obor geodézie a kartografie na data mining?
- Uveďte postupy analýzy geodat na základě veřejně dostupných dat?
- Jaký je cíl data miningu?



Použitá literatura:

- SUDMAN,S. - BRADBURN,N.M., Asking Questions. A Practical Guide to Questionnaire Design, San Francisco - ,Jossey-Bass 1982
- CHAPMAN P., CLINTON J. KERBER R.,KHABAZA T., REINARTZ T., SHEARER C., WIRTH R. CRISP-DM 1.0 SPSS , 2000 SPSS, Inc. CRISPMWP-1104, dostupné na <https://the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>
- <https://www.datamind.cz/cz/blog/Data-mining-kde-se-vzal-a-co-dovede>
- https://inseaddataanalytics.github.io/INSEADAnalytics/CRISP_DM.pdf
- BOSNJAK, Zita & Grljevic, Olivera & Bošnjak, Saša. (2009). CRISP-DM as a framework for discovering knowledge in small and medium sized enterprises' data. 509 - 514. 10.1109/SACI.2009.5136302.

9 INTERPRETACE LETECKÝCH SNÍMKŮ A OBRAZOVÝCH DAT



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- se seznámíte s postupy interpretace leteckých snímků a obrazových dat DPZ
- poznáte co jsou základní interpretační znaky leteckých snímků a obrazových dat



Výklad

9.1 INTERPRETACE OBRAZU

Zásady interpretace obrazu jsou vyvíjeny již více než 150 let. Nejzákladnějšími principy jsou tyto elementární obrazové prvky: poloha, velikost, tvar, stín, odstín/barva, struktura, vzor, výška/hloubka a místo/situace/asociace. Jedná se o běžně používané analýzy při interpretaci leteckých fotografií nebo analýzy obrazu. Dobře vyškolený fotografický interpret (vyhodnocovatel) dokáže ze základních prvků při analýze získat mnoho dalších cenných informací. Avšak i začátečník může jemu neznámý objekt, s ohledem na tyto prvky analyzovat a stanovit jeho význam ve vztahu k jiným objektům nebo jevům na leteckém snímku. Interpretace je výzkumná metoda, která zkoumá předměty a jevy na snímcích zobrazené a na jejich základě usuzuje na ty, které na nich zobrazeny nejsou. Proces rozpoznávání geoobjektů na snímcích a obrazových datech družic probíhá u vyhodnocovatele ve třech krocích - zjištění, - rozpoznávání, -hypotéza o typu geoobjektu. Rozpoznání geoobjektů na snímcích je založeno na využití interpretačních znaků které dělíme do tří skupin. Znaky existující na snímku i v reálném světě. Znaky existující pouze na snímku a znaky vyjadřující vztahy interpretovaných prvků mezi sebou a zrychlující proces interpretace. Základními interpretačními znaky leteckých snímků a obrazových dat družic jsou:

- **poloha** - existují dva základní způsoby získání přesné polohy geoprvku ve formě souřadnic a to přímé měření geoprvku v lokalitě za použití tradičních geodetických metod (standardních a GNSS) a metod terestrických (stacionárních a mobilních) laserově skenovacích nebo nepřímé metody sběru dat z letecké fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země
- **velikost** - velikost objektu je jednou z nejvíce charakteristických vlastností a jedním z nejdůležitějších prvků pro pravdivou interpretaci geobjektu, nejčastěji se měří délka, šířka a obvod. Aby bylo možné provést interpretaci úspěšně, je nutné znát měřítko snímku. Měření

velikosti neznámého objektu umožňuje vyhodnocovateli (interpretorovi) vyloučit možné alternativy. Pro interpretaci je vhodný způsob měření velikosti několika známých objektů za účelem srovnání s objektem neznámým. Například rozměry sportovních hřišť jako jsou standardní na celém světě. Pokud jsou objekty tohoto typu vidět na snímku, je možné určit velikost neznámého objektu jednoduchým srovnáním.

- **tvar** - existuje nekonečné množství jedinečně tvarovaných přírodních a umělých objektů na světě. Najde se několik příkladů stejného tvaru, například trojúhelníkový tvar mají moderní proudové letouny a také tvar budov je na severní polokouli prakticky stejný. Lidé změnili krajinu velmi zajímavým způsobem, který dal tvar mnoha objektům, ale svým vlastním způsobem formoval i tvary krajiny v přírodě. Typické tvary přírodních objektů často prozrazují genezi či původ (pohoří, synklinály, antiklinály). Typickými tvary se na snímcích zobrazují například typy pobřeží, typy ústí řek, typy říční sítě apod.. Obecně platí, že rovné, přímočaré tvary jsou lidského původu. Příroda vytváří jemnější a zaoblenější tvary. Tvar objektu může prozrazovat jeho původ. Na snímcích se objekty zobrazují především svými půdorysnými tvary. Pouze výškové budovy (apod.) podléhají radiálnímu zkreslení a padají od středu ke stranám.
- **stín** - podle délky stínu a okamžiku snímání je v rovinatém nebo mírně zvlněném území možné určit výšku objektu na leteckých snímcích. Snímáním nebo pozorováním při velmi šikmém slunečním světle jsou například při letecké archeologii odhalovány stíny, které indikují mírné vyvýšeniny terénu a tudíž relikty zaniklého osídlení. To je však postup pro speciální disciplínu letecké archeologie. Naproti tomu prakticky všechny letecké snímky jsou snímány do 4 hodin od slunečního poledne, aby se zabránilo rozšíření stínů na snímcích. To proto, že stíny mohou zakrýt další předměty, které by jinak mohly být identifikovány. Na druhou stranu, může být stín objektu klíčem k identitě tohoto objektu (komíny, věže, památníky). Stín na snímcích může být stín vlastní – část objektu zastiňuje jinou část téhož objektu (zastíněná část koruny stromu). Druhým typem stínu je stín vržený – např. stíny budov, stín stromu na zemi. Na leteckých snímcích velkého měřítka mohou vržené stíny podle charakteristického tvaru sloužit například k rozpoznání jednotlivých druhů stromů.
- **odstín a barva** (tedy barevný tón, jas a sytost) - skutečné povrchy na zemi jako vegetace, voda a holá půda odrážejí různé podíly energie v modré, zelené, červené a infračervené části elektromagnetického spektra. Interpret může dokumentovat množství energie odražené od každého materiálu podle specifických vlnových délek a vytvořit takzvanou spektrální signaturu. Obvykle jsou pro interpretaci používány barevné snímky, protože na rozdíl od odstínů šedé člověk rozpozná více různých barev (v řádech tisíců). Skutečná a přirozená barva objektů v procesu interpretace velmi napomáhá. S výhodou pro cílenou interpretaci (například druhové skladby lesa) se využívá snímků v nepřirozené barvě, které vznikají, pokud je do barevné syntézy (u barevného snímku RGB) zařazen alespoň jedno pásmo pořízené mimo obor viditelného záření (například IrRG). Běžně používaná barevná syntéza, která podává plochy pokryté vegetací v odstínech červené barvy se někdy označuje jako CIR (clouded infrared). takto pořízená syntéza v nepravých barvách může zdůrazňovat rozdíly mezi povrchy podobných vlastností v syntéze RGB a to rozdělením na biotické a abiotické prvky ve snímku.
- **tón objektu** - tón nahrazuje na snímcích skutečnou barvu objektů. Tón odpovídá velikosti zaznamenané radiometrické charakteristiky. V optické části spektra (viditelné a blízké infračervené záření) jsou objekty málo odrážející podány tmavými tóny, povrchy výrazně odrážející mají světlé tóny. U některých termálních snímků bývají světlými tóny prezentovány chladné povrchy a tmavými tóny povrchy teplé. Tón povrchů na radarových snímcích je ovlivňován především jejich drsností a také obsahem vody. V některých případech je tón určitých částí povrchů výrazně modifikován vzájemnou polohou snímaného povrchu, polohou družice v době snímání a polohou Slunce, konfigurací terénu apod. Tón objektů stejného druhu je významně ovlivňován dynamickými parametry jako je např. vlhkost. U leteckých snímků může být ovlivňován tón objektu i tzv. vignetací objektivu.
- **textura** - textura je definovaná jako "vlastnost umístění a uspořádání opakování tónu nebo barvy v obraze." Často se používají k popisu textury používají přídavná jména jako například

hladké (jednotné, homogenní), střední a hrubé (hrubý, heterogenní). Textura je tvořena jednotlivými elementy povrchů, které lze zjistit, ale nelze je rozpoznat. Jednotlivé elementy tvoří např. stromy či polní plodiny, které pak vytvářejí jednotnou strukturu povrchu daného geoobjektu (např. pole s obilninami lze snadno odlišit od pole s širokořádkovými plodinami).



Constance Babington Smith who ran the Aircraft Section – she and her team found the V-1.

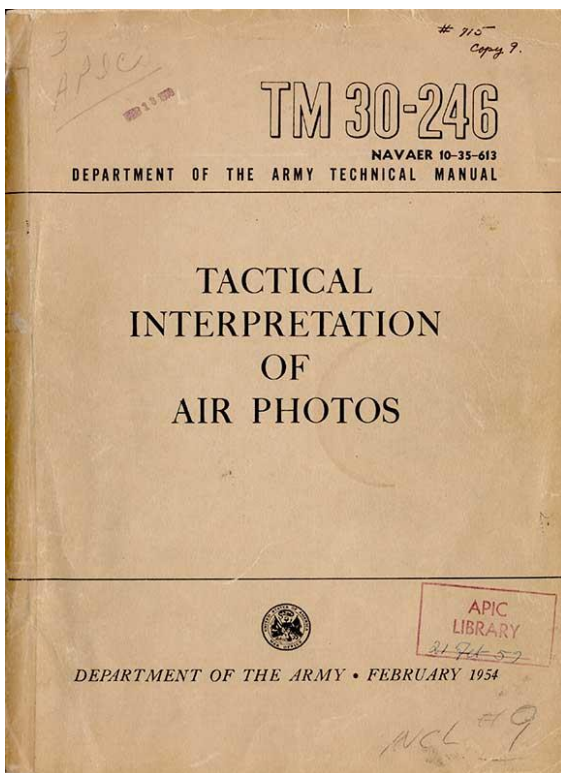
Řada druhů povrchů vytváří typickou texturu. Je důležité si uvědomit, že textura je produkt škály. Ve velkém zobrazeném měřítku mohou objekty vypadat, že mají střední texturu. Ale po zmenšení měřítka se může textura jevit jako jednotná nebo hladká.

- **struktura** - struktura definuje prostorové uspořádání jednotlivých prvků, které ve svém celku tvoří objekty vyššího řádu. Příkladem může být pravidelná struktura ulic v městské zástavbě, či sad tvořený pravidelnými řadami stromů. Na rozdíl od textury lze jednotlivé elementy struktury nejen zjistit ale i rozpoznat. Struktura a textura spolu úzce souvisejí přes měřítko snímků. Se zmenšujícím se měřítkem se struktura (pravidelné uspořádání prvků) mění na texturu (tónovou proměnlivost). Struktura nemusí být pouze pravidelná. Může se jednat též o typické uspořádání prvků tvořících hierarchicky vyšší celek. Jednotlivé objekty jsou potom spojeny funkčními vztahy (budovy tvoří továrnu) nebo například oblačné systémy tlakových níží, teplé či studené fronty jsou tvořeny typickými druhy oblačnosti.

- **výška a hloubka** - výška a hloubka, také známá jako "elevace" a "měření hloubky" (bathymetry), jsou jedním z diagnostických prvků fotografické interpretace. To proto, že určitý objekt, například budovy nebo elektrické sloupy, které se tyčí nad krajinou projevují určitý radiální reliéf. Tyto objekty též vrhají stín, který také může poskytnout informace o jejich výšce a převýšení. Dobrým příkladem toho jsou budovy většího města.

- **místo** (situace, asociace) - místo má unikátní fyzikální vlastnosti, které může zahrnovat výšku, sklon a typ povrchu (např. tráva, les, voda, holá půda). Místo může mít také socioekonomické charakteristiky, jako například hodnotu pozemků a blízkost vody. Situace odkazuje na to, jak jsou objekty na snímku organizovány a "leží" ve vztahu k

sobě navzájem. Většina tepelných elektráren má topivo v dostupné vzdálenosti nebo velké nákupní středisko - se obvykle skládá z několika velkých budov, obrovského parkoviště a leží v blízkosti hlavní silnice a křižovatky.



9.2 INTERPRETAČNÍ KLÍČE

Interpretační klíče vyjadřují vztahy mezi vzhledem objektů na snímku a jejich skutečným vzhledem při pozemním pozorování, plní tedy funkci „slovníku“. Klíče jsou nejčastěji vytvářeny pro určitou skupinu objektů či pro omezený region (například střední Evropy). Existují klíče výběrové - komentované výřezy snímků, které jsou řazeny podle příbuzných skupin jevů a postupují od obecného ke zvláštnímu v rámci jednotného měřítka. Druhým typem klíčů jsou klíče vylučovací (dichotomní) – textové, mají formu rozhodovacího stromu a jsou podobné jako klíče rozpoznávání rostlin. V české republice byl pro vnitřní potřebu VGHMÚř v Dobrušce vytvořen asi nejobsažnější klíč pro interpretaci leteckých snímků pro střední Evropu.



Shrnutí pojmů:

- **interpretace obrazů DPZ a leteckých snímků**
- **interpretační znaky geoobjektů**
- **interpretační klíče**



Otázky:

- Typickými postupy interpretace jsou?
- Popište postup vnímání a interpretace obsahu družicových a leteckých obrazových dat.
- Uveďte charakteristiky určujícími úroveň rozpoznávání entit při sběru dat metodami DPZ a leteckého snímkování.



Použitá literatura:

- Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring. Hoboken, NJ : 4th Edition, John Wiley & Sons, ©2004, Susan L Ustin; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 735 p.
- <https://opac.unob.cz/documents/65518?back=https%3A%2F%2Fopac.unob.cz%2Fauthorities%2F87112&group=448,65698,65518,170,68785,65358,65359,447,154,412>
- Halounová, Lena. Dálkový průzkum Země / Vyd. 1. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2005. 192 s.ISBN 80-01-03124-1
- Richards, J.A.; and X. Jia (2006). Remote sensing digital image analysis: an introduction, 4th ed., Springer. ISBN 3-540-25128-6.

10 NÁSTROJE K INTERPRETACI OBRAZOVÝCH DAT



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- **zjistíte jaký je postup organizace sběru prostorových dat**
- **zjistíte obsah jednotlivých etap projektu mapování**



Výklad

V posledních 15 letech se dostalo jak odborníkům mnoha profesí, tak i široké veřejnosti nebývalé možnosti přístupu k obrazovým datům získaným leteckým snímkováním nebo obrazovým datům družicových záznamů. Možnost pracovat s leteckými snímky požadovaného místa či oblasti na území České republiky prostřednictvím vhodné programové aplikace, považujeme v současnosti za samozřejmost. Aktuální a případně i historické letecké snímky, spojené do mozaiky, se staly běžnou součástí databází prostorových dat, publikovaných elektronicky institucemi veřejné správy či firmami. Záměrem uživatelů, kteří cíleně pracují s takovým typem obrazových dat, je data vyhodnotit a získat požadovanou informaci. Metody a prostředky, které se k vyhodnocení používají, odpovídají potřebám a požadavkům uživatelů. Uživatel, který vyhodnocuje obrazová data v rámci potřeb své profese, přistupuje k této činnosti obvykle s hlubšími znalostmi a mnohdy využívá sofistikované postupy a technologické prostředky a softwarové vybavení pro usnadnění interpretace a zefektivnění práce při vyhodnocení snímků a družicových obrazových dat standardními postupy vizuální interpretace. Programové vybavení umožňující hromadné zpracování dat z interpretačního pohledu je obvykle sestava několika programů pro řešení analýzy a klasifikace leteckých a družicových snímků, které zahrnuje škálovatelnou serverovou konfiguraci pro náročné výpočtové úlohy a jejich automatizaci a klientský přístup pro návrh a ladění klasifikačních schémat, dávkové zpracování a správu a kontrolu celého klasifikačního modelu. Jsou však i programová řešení dostatečně silná, která umožní i méně zkušenému uživateli efektivně a rychle interpretovat snímky a za podpory softwarového vybavení vytvářet vysoce kvalitní klasifikace obrazových dat pro geoportály nebo jako produkci dat pro klienta a to bez nutnosti se učit složitému technologickému postupu. Hlavní částí softwarového uspořádání programů a jádrem řešení jsou technologie pro objektově orientované vyhodnocení obrazových dat. Tyto technologie obvykle umožňují efektivní a komplexní analýzu dat v automatizované formě s tím že úvodní část programu je určen především pro vytváření a vývoj bází pro objektovou klasifikaci a interpretaci geoobjektů a jejich převedení do funkčního klasifikačního modelu, který je dále možné převést do hotového řešení v jednoduchém grafickém

prostředí i menšího GIS. Programy i v odlehčených verzích obsahují kompletní řadu funkcí a nástrojů zaměřených na segmentaci a následnou klasifikaci leteckých a družicových snímků. Řešení pro produkčně orientované zpracování obrazových dat umožňuje uživateli přípravu dávkového zpracování založeného na klasifikačních schématech a modulech. Jednoduché a intuitivní uživatelské prostředí nevyžaduje obvykle žádné programátorské znalosti. Uživatelé si přesto mohou navrhnout řešení pro extrakci funkcí pro transformaci surových družicových a leteckých snímků do podoby vektorových nebo rastrových na geodat. Programy jako například eCognition firmy Trimble umožňují radikální odklon od konvenčních přístupů k analýze dat díky své schopnosti emulovat kognitivní schopnosti lidské mysli a vůči vstupním snímkům a obrazovým scénám. Na základě patentovaných procesů segmentace a klasifikace snímků byla vyvinuta robustní metoda vykreslování znalostí získaných procesy machinery learning a deep learning v sémantické síti. Technologie zkoumá pixely obrazu ne izolovaně, ale v kontextu. Vytváří iterativně obrázek a rozpoznává skupiny pixelů jako geobjekty. Stejně jako lidská mysl používá barvu, tvar, strukturu a velikost objektů, jakož i jejich kontext a vztahy, aby vyvodil stejné závěry a závěry jako zkušený vyhodnocovatel leteckých snímků, ale přidal výhody automatizace a standardizace a rychlosti. Dynamická analýza programu klasifikuje a analyzuje snímky, vektory a bodové mraky pomocí všech sémantických a metadatových informací potřebných k jejich správné interpretaci. Spíše než zkoumání samostatných pixelů nebo bodů rozptyluje význam z konotací objektů a vzájemných vztahů, nejen se sousedními objekty, ale v objektů obsažených v různých datových sadách tedy různých vstupních datech shromážděných k analýze na cloudu. Program rovněž rozpoznává obrazové informace na základě machine learning a deep learning strojové, které lze snadno integrovat do automatizovaných pracovních postupů. Tyto informace však přidávají významnou hodnotu tím, že vytvářejí silnou kognitivní síť v řadě iteračních segmentačních a klasifikačních kroků. To dramaticky zvyšuje hodnotu inteligence a informací extrahovaných z dat. Extrahované informace jsou navíc plně kvantifikovány a kvalifikovány tak, aby vyhovovaly specifickým požadavkům uživatele. Je-li potřebné vytvořit analytické řešení, je možné flexibilně kombinovat kroky interpretace obrazu, jako je vytváření objektů (segmentace), klasifikace objektů (založené na znalostech, fuzzy logice, machine learning), detekce objektů (přizpůsobení šablony) a modifikace objektů (fusing, vyhlazování, ortogonalizace, zjednodušení) do sady pravidel nebo dokonce do nové aplikace (sada pravidel s uživatelským rozhraním) k vyřešení problému analýzy. Výsledkem je jedinečný přístup k překladu modelů z mysli vyhodnocovatele do počítačově srozumitelného kódu (sady pravidel) nebo do individuální aplikace. Softwary obvykle spojují celou řadu geoprostorových dat, jako jsou spektrální rastrová data, 3D cloudová data bodů a tematická data z vektorových vrstev GIS. Snímky jsou ve vztahu k bodovým mračenům laserových měření, vektory jsou vztaženy ke snímkům a všechny tři typy geodat jsou ve vzájemném vztahu. Uživatel může využívat plný výkon svých vstupních dat nezávisle na typu a zdroji dat.



Shrnutí pojmů:

- **interpretace obrazových dat**



Otázky:

- Jak pracují programy podporující interpretaci leteckých snímků a obrazových dat

DPZ?

- Co to je deep learning a jaké jsou jeho metody v oblasti interpretace obrazových dat?
- Jak by jste popsali použití NN a AI v oblasti interpretace obrazu leteckých snímků?



Použitá literatura:

- <https://www.datamind.cz/cz/blog>
- ArcGIS Help: online <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>
- Kartografie e-learningový portál o tvorbě map: online <http://kartografie.fsv.cvut.cz/>
- RAPANT P., (2006) Geoinformačka a geoinformační technologie. VŠB TU Ostrava, 500 s., ISBN 80 248 1264 9.

11 POSTUPY INTERPRETACE DAT LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly se

- seznámíte s postupy interpretace dat laserového skenování



Výklad

V posledních letech zaznamenaly geoinformační technologie pro pořizování primárních dat obrovský rozmach. Jedná se zejména o pozemní a letecké laserové skenování. Letecké laserové skenování celosvětově již částečně nahrazuje leteckou fotogrammetrii, která v minulých letech dominovala (vedle DPZ) v oblasti velkoplošného geodetického pořizování informací o zemském povrchu. Stejně tak rychle se rozvíjí i pozemní skenování, kdy přední výrobci těchto technologií uvádějí na trh stále dokonalejší zařízení. Protože pořizovací ceny neustále klesají, stávají se tzv. laser scannery stále dostupnějšími. Současně s tímto trendem se však stále častěji setkáváme s novým fenoménem, totiž velkým množstvím dat a velmi často nezpracovaných a nesloužících k předpokládanému účelu. Produkty laserového skenování, kterými jsou mračna bodů (point clouds) přinášejí v případě optimálních podmínek při jejich pořizování vynikající informace o prostorovém umístění zájmových objektů. Zároveň však představují velké objemy dat pro jejich následné zpracování. Úhelným kamenem jejich zhodnocení je však jejich správná interpretace dat do tvaru, který je vhodný pro další praktické využití. Výsledkem pozemního nebo leteckého laserového skenování je tzv. mračno bodů. Jedná se o prostorově orientované bodové objekty, které svou polohou a charakteristikami popisují předmětné zájmové objekty. Na provádění této metody zaměřování je připraveno množství metodických materiálů a postupů. Obecně lze konstatovat, že primární výsledek laserového skenování nebyl donedávna pro běžného uživatele jednoduše použitelný. Hlavními důvody byla značná velikost dat a skutečnost, že tzv. mračna bodů jsou ukládána ve specifických datových formátech, které běžné CAD, GIS a další grafické programové systémy nepoužívaly. V současné době jsou do těchto programových nástrojů, které se zabývají zpracováním geodat vkládány funkce i pro práci s mračky bodů. Například společnost Autodesk již třetím rokem do svého software začleňuje základní nástroje pro načtení a základní úpravy bodových mračen. Uživatel tak má možnost načtení mračna bodů včetně jejich LIDAR klasifikace a následného vytvoření digitálního modelu terénu, digitálního modelu zástavby a vegetace. Zajímavé výsledky přináší programový modul pro Autocad "Shape Extractor", která mimo jiné nabízí funkce pro vytváření tvarů - hran (následně celých 3D těles) z mračen bodů. Pro pokročilé zpracování výsledků pozemního laserového skenování

existuje celá řada softwarových produktů. Na prvním místě je nutné zmínit kvalitní programové vybavení od samotných výrobců laserových skenerů. Jedná se např. o Scene od FARO nebo program Cyclon od firmy Leica. Velmi kvalitní jsou softwarové nadstavby KUBIT a CARLSON pro AutoCAD CIVIL 3D. Laserové skenování nabízí tyto základní způsoby využití rozdělené podle nosiče skeneru:

- letecké laserové skenování ALS (Airborne LIDAR System)
- pozemní (statické) laserové skenování TLS (Terrestrial LIDAR System)
- mobilní laserové skenování MLS (Mobile LIDAR System)
- skenování ručním skenerem (Handyscan)

Výsledným produktem leteckého laserového skenování, kdy hovoříme o tzv. LIDAR technologii (angl. Light Detection And Ranging) je suma prostorově orientovaných bodů, kterou nazýváme mračno bodů. Tento výsledný tvar se vyznačuje tím, že poskytuje informace v rychlém čase a vysoké přesnosti s vysokou hustotou rozmístěných bodů. Tato skutečnost přináší další charakteristickou vlastnost takto pořízených dat, kterou je jejich velký datový objem. Další jejich vlastností je to, že zaměřené body jsou v primárním tvaru předány jako jeden celý blok, který obsahuje zemský povrch a nadzemní objekty. Těmi jsou zejména budovy, vegetace, vybavení infrastrukturou a další útvary (např. hejna ptáků, automobily). Proto je nutné v naprosté většině případů provést přípravu těchto dat pro jejich další zpracování. Obecně lze prohlásit, že neexistuje univerzální pracovní postup pro zpracování dat laserového skenování (pozemního i leteckého). Kvalita výsledného produktu (ať samotného mračna bodů tak separovaných 3D modelů geoobjektů) je dána kvalitní přípravou projektu leteckého skenování. Právě při přípravě projektu musí být zohledněn jeho hlavní cíl a účel. Pořízení dat probíhá případ od případu v různých klimatických podmínkách, s různými parametry vlastního skenování – snímkování a v neposlední řadě je nutné počítat s různorodými dispozicemi jednotlivých zájmových lokalit. Zpracovatel projektu skenovacího letu určí, v jakých náletových osách a z jaké výšky bude měření probíhat. Obvykle je prováděno laserové skenování simultánně s fotogrammetrickým snímkováním středněformátovou kamerou. To může být velmi důležitým faktorem při interpretaci bodových mračen. Při manuálním vyhodnocování např. obrysů jednotlivých budov je nasazení softwaru, který kombinuje funkce pro práci s objekty mračen bodů a stereofotogrammetrie velmi účelné. Výrazně zvyšuje možnost orientace, identifikace zájmových objektů a přesnost jejich interpretace. Charakteristika zájmové lokality z hlediska morfologie terénu i typu nadzemních objektů nebo i vodních ploch zásadně ovlivňuje stanovení postupu zpracování a nastavení parametrů pro nasazené softwarové nástroje. Základní postup při zpracování těchto dat je následující:

- analýza dat obsahující mračna bodů a stanovení postupu jejich zpracování
- detekce a odstranění šumů
- identifikace bodů vegetačního krytu
- identifikace bodů střech budov s následným určením jejich průniku s terénem
- určení bodů zemského povrchu
- manuální interpretace povinných spojnic (breaklines) digitálního modelu terénu a dalších objektů
- manuální kontrola a dopracování projektu
- příprava odseparovaných objektů k dalšímu zpracování např. v CAD systémech

Přehlednou informaci o výškovém rozložení bodů v rámci bodového mračna poskytují histogramy četnosti vyjádřené hypsometricky ve zvolených horizontech. Obecně lze konstatovat, že automatický výběr bodů z bodových mračen (toto analogicky platí i při automatickém sběru dat za použití metody digitální fotogrammetrie) přináší určitá úskalí. Existuje určitá skupina objektů, jejichž

identifikace je pro software, prostřednictvím kterého jsou tyto operace prováděny obtížnější. Proto je vždy namísto manuální kontrola s následnou korekcí takto vzniklých chyb. Automatické vytváření hran terénu je současnými specializovanými softwary nabízeno v různých variacích. Principem je vytvoření trojúhelníkové sítě z bodů do formy tzv. objektu Mesh. Následně proběhne výpočet interpretace směrů normál jednotlivých trojúhelníkových plošek. Operátor poté nastaví pomocí RGB souřadnic barevnou výplň plochy na jejíž hranici bude položena 3D polylinie tvořící hranu terénního reliéfu nebo terénního předmětu.

Závěrem je možné konstatovat, že neexistuje jedno univerzální řešení pro zpracování a interpretaci dat laserového skenování. Vždy je nutné vzít v úvahu skutečnost, jakému účelu bude výsledek projektu sloužit a následně zvolit odpovídající postup práce. Jeho dobrý výsledek je zásadním způsobem ovlivněn již jeho přípravou a parametry samotného snímkování. Vždy je však nutné vzít v úvahu skutečnost, že určitou část projektu bude nutné zpracovat manuálním způsobem včetně pečlivé manuální kontroly. Zásadní roli při zpracování dat z laserového skenování hraje zkušenost a zručnost zpracovatele. Na samotný závěr nelze než konstatovat, že laserové skenování a metody zpracování jeho produktů prochází prudkým vývojem a možnosti jeho uplatnění narůstají i v dalších oborech lidské činnosti.



Shrnutí pojmů:

- **rozdělení postupů sběru dat laserového skenování ve vztahu k interpretaci dat z těchto technologií ve prospěch data mining**
- **základní postupy zpracování dat laserového skenování, možné alternativy a kombinace ručního a automatizovaného postupu interpretace**



Otázky:

- Jaké jsou typické postupy sběru dat laserovým skenováním a vztah takto pořízených dat k možnostem interpretace podrobných bodů mapování z mračen bodů?
- Popište postup interpretace laserových dat v obecné rovině.



Použitá literatura:

- RICHARDS John A., XIUPING, Jia. Remote sensing digital image analysis. Springer, Berlín, 2006. ISBN 978-3-5402-5128-6
- TOMKOVÁ, Michaela. Klasifikace dat leteckého laserového skenování v pískovcových skalních městech. 2018. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie
- BRÁZDIL K., a kol. technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace, dost: https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G.pdf

12 ZÁKLADY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly se

- **seznámíte s pojmem matematického modelu jako abstraktní strukturou**
- **zjistíte jak matematické modely umožňují odhalit skryté vazby mezi entitami a jak jsou provázány s metodami data mining**



Výklad

12.1 ZÁKLADNÍ POJMY V MATEMATICKÉM MODELOVÁNÍ

Matematické modelování proniklo do různých oborů přírodních, technických, ekonomických i sociálních věd a stalo se důležitým pomocníkem při modelování a simulacích systémů, analýzách a předvídání různých procesů, jevů, chování druhů a stavů společenstev. Matematické modely se používají prakticky ve všech vědách a rozvoj jednotlivých věd je na jejich využívání bezprostředně závislý. Stupeň matematizace vědního oboru je uznávaným měřítkem jeho kvality a zárukou rozvoje. V oblastech přírodních a fyzikálních věd, technice, ekonomii, managementu, marketingu, sociálních a společenských vědách se používá velké množství různých typů matematických modelů, které můžeme klasifikovat podle různých hledisek. Matematické modely poskytují srozumitelný popis všech relevantních faktorů dané situace a umožňují odhalit podstatné vztahy mezi prvky studovaného systému. Za jistých podmínek lze za systém považovat např.:

- reálný objekt (geoobjekt, obecněji geodata),
- projekt reálného objektu (geoobjekt který dosud neexistuje - projektovaná konstrukce),
- proces (komplex procesů - postupy výběru a identifikace geoobjektů),
- problém (komplex problémů - stav určitosti a validita řešení postupů extrakce obrazů)
- soubor informačních, regulačních a řídicích aktivit sestávající z předchozích bodů (informační systém, řídicí systém, komunikační systém, regulační systém).
- informační a komunikační technologii (ICT)

Matematický model je abstraktní model, který využívá matematického zápisu k popisu chování systému. Matematický model transformuje model do matematického zápisu, který má následující výhody:

- formalizaci zápisu danou historickým vývojem,
- přesná pravidla pro manipulaci s matematickými symboly,
- možnost využití ICT pro zpracování vytvořeného modelu.

12.2 POPIS REÁLNÉHO SYSTÉMU POSTUPY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ

I přes velký potenciál matematického zápisu není možné popsat reálné systémy, objekty či procesy, které jsou velmi komplikované. Proto musíme nejdříve identifikovat nejdůležitější části zkoumaného systému, který budeme modelovat a ty musí vytvářený model popisovat. Ostatní prvky systému můžeme buď zcela vyloučit nebo podstatně zjednodušit. Matematický model obvykle popisuje systém s pomocí množiny proměnných a množiny rovnic, které určují vztahy mezi nimi. Hodnoty proměnných mohou být např. reálná nebo celá čísla, booleovské hodnoty nebo textové řetězce. Proměnné reprezentují nějaké vlastnosti systému, např. u měřených výstupů systémů mohou být výstupní signály, vzorkovaná data, výskyt dané události či jevu (ano/ne), apod. V každém matematickém modelu můžeme rozlišit tři základní skupiny objektů, ze kterých se model skládá. Jsou to:

- proměnné a konstanty,
- matematické struktury,
- řešení

Proměnné a konstanty - v matematickém modelu uvažujeme základní skupiny proměnných: rozhodovací (řídící) proměnné, vstupní(exogenní) proměnné, stavové proměnné, náhodné proměnné a výstupní (endogenní) proměnné. Rozhodovací (řídící) proměnné Jsou obvykle známy jako nezávislé proměnné. Představují zpravidla nejdůležitější procesy modelovaného systému, které se v matematickém modelování nazývají aktivity nebo entity nebo rozhodovací proměnné. Vstupní (exogenní) proměnné ovlivňují daný systém a jejich hodnoty jsou determinovány mimo modelovaný systém. Stavové proměnné - jsou závislé na ostatních proměnných (rozhodovacích, vstupních, náhodných a exogenních proměnných). Náhodné proměnné - jsou obvykle určeny pravděpodobnostní funkcí (diskrétní proměnná) nebo hustotou pravděpodobnosti (spojitá proměnná) a představují neurčitost v modelu. Výstupní (endogenní) proměnné - jejich hodnoty jsou určeny (generovány) systémem či jeho modelem. Identifikované (pojmenované) konstanty představuje konkrétní vlastnost reálného objektu, pojmenovanou názvem a fyzikální jednotkou v níž se měří. Neidentifikované (pomocné) proměnné slouží pro formalizaci matematického zápisu, implementaci algoritmů apod. obvykle se uvažují v bezrozměrných jednotkách. Nekontrolovatelné proměnné představují procesy v systému, jejichž míry nelze zjistit (jedná se další typ neurčitosti).

Matematické struktury (omezující podmínky) -v matematických modelech se matematické struktury nazývají omezující podmínky. Dělíme je podle použitého matematického aparátu z některého odvětví matematiky:

Analytické struktury - jedná se o objekty z odvětví matematické analýzy, lineární algebry a dalších odvětví matematiky.

Geometrické struktury - matematický model je popsán grafickými prostředky: body, přímkami, rovinami, křivkami. Příklad: Geometrická interpretace a řešení úloh v modelech lineárního programování. Grafická interpretace rovnováhy nabídky a poptávky v ekonometrických modelech, atd.

Topologické struktury - modely jsou vytvářeny pomocí objektů matematické teorie grafů. Příklad: Modely maximálních průtoků v hydrografické síti povodí, nalezení nejspolehlivější cesty v grafu/síti. Dopravní a distribuční systémy zobrazené grafem. Logistické systémy popsané pomocí grafů a schémat. Topologické modely lze zpravidla ekvivalentně zobrazovat pomocí tzv. incidenčních matic (tabulek, matic souslednosti, apod.).

Arteficiální struktury - modely jsou popsány prvky programovacího jazyka. Příklad: Model systému zásob popsaný vývojovým diagramem (simulačním jazykem SIMULA 67, objektově orientovaným jazykem Smalltalk, atd.).

Kvalitativní struktury - model je popsán pomocí kvalitativních rovnic, kvalitativních nerovností nebo vágně.

Některé speciální a především již standardní struktury matematického modelu mají specifické názvy. Příklad: Cobb-Douglasova funkce. Účelová funkce. Podmínky nezápornosti. Lagrangeova funkce. Wolfovo podmínky.

12.3 PODMÍNKY ÚSPĚŠNÉHO NAsAZENÍ METOD MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ

Matematické modelování je odborná a kvalifikovaná činnost, vyžadující týmovou spolupráci odborníků z různých oblastí: odborníka z oblasti oboru řešené problematiky, specialistu v oblasti matematiky, specialistu z oblasti informatiky, apod. Pro úspěšné matematické modelování musí být splněny následující předpoklady:

- znalost metod a prostředků matematické a funkcionální analýzy, algebry a diskrétní matematiky - je důležitá při volbě správné metody řešení a modelu.
- znalost techniky modelování a zdrojů informací o modelu - úsilí vynaložené na konstrukci a využití určitého modelu z literatury musí být úměrné jeho přínosu.
- týmová spolupráce - musí existovat dostatečný prostor pro vlastní vývoj matematického modelu (iniciativa) a musí být zainteresovanost (studijní, výzkumná) na využití modelové techniky (motivace).
- výpočetní základna - všechny tři složky ICT, tj. hardware, software a komunikace musí být řešitelskému týmu k dispozici a musí být v rovnováze.
- informační a datová základna - každý model je třeba ověřit pomocí vstupních parametrů a dat, které vycházejí z konkrétních hodnověrných údajů a zdůvodněných odhadů. Údaje musí být ve formě vhodné pro ověřování modelu. Je třeba vytvářet specifické informační systémy (banky dat), které uchovávají data.
- experimentální základna - u složitých matematických modelů by měla být k dispozici i experimentální základna, kde se na ověření v praxi řešení modelu

Jeden ze základních nástrojů matematického modelování, který umožňuje práci jen se znalostmi základní vysokoškolské matematiky je <https://www.maplesoft.com/MapleEducation/>



Shrnutí pojmů:

- **matematické modelování ve prospěch data mining**
- **podmínky pro úspěšné nasazení matematického modelování v podmínkách geodat a těžba zlatého zrna data miningu**



Otázky:

- Pojednejte o vztahu matematického modelování k data mining.
- Vysvětlete podmínky úspěšného nasazení matematického modelování na konkrétní problém řešení některé z částí data mining?



Použitá literatura:

- HORÁK J., Matematické modelování, 2013, Academia
- KREJČÍ V. a kol. (2000) – Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup, NOEL 2000
- HARREMOËS P., MADSEN H. (1999) – Fiction and Reality in the Modelling World – Balance between Simplicity and Complexity, Calibration and Identifiability, Verification and Falsification, Water 1999, Science & Technology, 39(9), pp. 1-8
- GANDER W., HŘEBÍČEK J., Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and MATLAB. Springer-Verlag Berlin, 4th edition, 2004.
- MORAVEC D., Kartografické a geoinformatické modelování, Praha, Karolinum, 2001 ISBN: 80-246-0338-1
- FÁBRY J.: Matematické modelování. Professional Publishing, Praha, 2011.

13 POSTUPY 3D MODELOVÁNÍ VE PROSPĚCH PROJEKTOVÁNÍ



Čas ke studiu: 90 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly se

- **seznámíte s požadavky na dodávky geodetických měření a dat ve prospěch současných postupů projektování ve 3D**



Výklad

V současné době ještě řada projekčních kanceláří projektuje své práce v 2D, tedy výsledek jejich práce je obvykle soubor výkresů, které by na sebe měly navazovat. Tato praxe má své výhody a nevýhody. Je sice všeobecně známo, že žádná projektová dokumentace nemůže postihnout všechny složitosti, které mohou při realizaci projektu vzniknout, ale použití 3D nástrojů umožní v některých případech najít lepší řešení a snížit počet kolizí v projektu. Řešení projektu v podobě 3D, kde projektant přesně modeluje navrhovaný objekt, ukáže okamžitě všechny možné nedostatky v projektu. Pomocí různých nadstaveb CAD systémů (např. Revit, ProjectWise, Naviswork, ...) ve stavební projekci a v technologickém navrhování procesních systémů a zvýšením kvalifikace projektového týmu se výrazně zvyšuje kvalita projektové přípravy. V současné době je projektová dokumentace snadněji nebo automaticky generována přímo z 3D modelu. Práce ve 3D vytváří také lepší podmínky pro koordinaci, zvyšuje možnost prostorových rezervací jednotlivých profesí a umožňuje snadnější kontrolu pomocí detekcí kolizí. Integrované projektování (modelování), analýzy i návrh je možné držet pod kontrolou v rámci jednoho sdíleného modelu. Databázová struktura projektu usnadňuje a zefektivňuje možnost tvorby výkazů a specifikací z projektové dokumentace. Pokročilé funkce parametrického 3D modelování umožňují odborníkům všech potřebných profesí pracujících na projektu stavby, například dopravní infrastruktury, dodávat 3D modely staveb založené na relevantních datech. Jelikož projektový tým složený z odpovídajících profesí bude pracovat v univerzální modelovací aplikaci, může snadno komunikovat a sdílet chytré výstupy a udržovat integritu dat projektu v jakémkoliv okamžiku. V současné době lze modelovat existující podmínky a urychlit pracovní postupy pro dílčí návrhy projektu i projekt samotný a integrovat do projektu výsledky sběru reálných dat v terénu a to ať původního terénu nebo aktuálního stavu na stavbě při její realizaci. Tedy použití výsledků fotogrammetrie, laserového skenování tedy mračen bodů, fotografií, texturovaných mračen a 3D sítí do projektových a konstrukčních modelů je nyní bezproblémovou záležitostí. Integrace geoprostorových informací s cílem zajistit, aby byly modely přesně geoprostorově umístěny je cílem většiny moderních projekčních kanceláří, ale i dodavatele

dat pro projekci tedy geodeta (fotogrammetra, kartografa, ...). Aby zákazníci těchto profesí byly spokojeni je nutné si osvojit a pochopit jejich potřeby. Nutně je v blízké budoucnosti nutné znát jak vytvořit nejen přesné podklady ale v takové formě a formátu aby byly akceptovány komunitou projektantů. Je nutné pochopit požadavky 3D parametrického modelování, včetně modelování ploch, sítí, vlastností a prostorového modelování stavby. Podklady pro parametrické funkční komponenty s předem definovanými variantami a alternativami možných projekčních řešení je možné pouze na základě našich kvalitních, podrobných a dostatečně přesných měření. Avšak nejen podklady pro projekt přesné a obsahově správné je nutné projektantovi dodat ale i vazba a plnění normativů v oblasti geodézie musí být vyhověno. Je tedy potřeba zajistit správnou aplikaci organizačních a projekčních specifických norem a obsahově vyhovujících dat s formálními náležitostmi jakými styly pro dimenze, texty, linie, symboly detailů jednotlivých geoprvků. Jakmile jsou návrhy hotové, použijte automatizované nástroje pro kontrolu výkresů pro dosažení souladu s normami. Všemi těmito postupy a jejich dodržováním umožníte v projekční fázi animace a vizualizace projektu. Lze tedy již v prvotním výběru variant projekčních návrhů zabezpečit pro jejich projednávání realistické filmy a simulace návrhů variant. Cílem geodeta a obecně dodavatele měřických prací a dat by mělo být maximálně se zapojit do procesu projekce a to především komplexním zabezpečením těchto podkladů pro projekční kanceláře. Stav kdy geodet prodá "něco co chtěli změřit" za to že, "dodá animaci a vizualizaci, kterou potřebují" je správný vstup do finančně zajímavého světa projekčních kanceláří. Je tedy žádoucí vytvářet ve prospěch zákazníka (projekční kanceláře) realistické vizualizace včetně texturace předmětů a terénních prvků podle knihoven materiálů, osvětlení a dalších geoprvků. Je vhodné pracovat prostřednictvím analýzy a provedením vizualizace dat na modelech, na základě jejich geometrie nebo základních atributů a být ve vizualizaci schopni provést analýzu slunečního svitu a stínů v reálném světě. Je zároveň velmi vhodné vizualizovat inženýrské sítě v jejich reálném stavu v terénu včetně rozsahu mezních chyb jejich reálné prostorové polohy.



Shrnutí pojmů:

- **tvorba podkladů k tvorbě 3D modelů, 3D model jako výsledná dodávka geodeta pro projekci stavby**



Otázky:

- Jaké podklady jsou základními 3D výstupy geodeta ve prospěch projekce stavby ve 3D?
- Popište vlastními slovy jak si představujete dodávku 3D dat pro projekci stavby?



Použitá literatura:

- Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, kterou se provádí zákon 200/1994 Sb. o zeměměřičství
- Zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon)

14 VIZUALIZACE TERÉNU A TERÉNNÍCH PŘEDMĚTŮ



Čas ke studiu: 90 minut

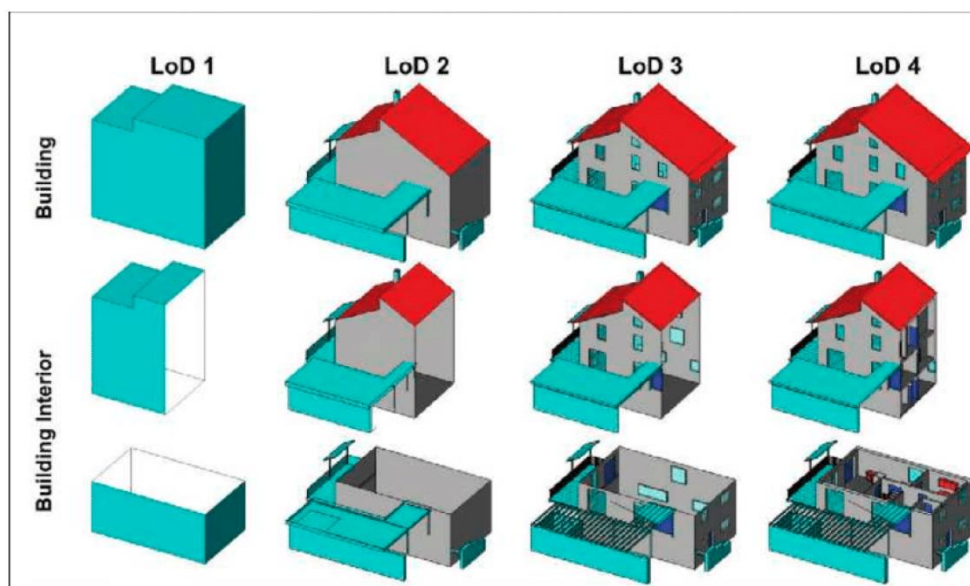


Cíl: Po prostudování této kapitoly se

- **seznámíte se s postupy vizualizace terénu a terénních předmětů z dat vytvořených fotogrammetrií a laserovým skenováním**
- **ujasníte si pojem LOD z pohledu vizualizačních technik**

Postupy sběru dat pro tvorbu digitálního modelu terénu jsou podrobně probrány v předmětu Technologie sběru prostorových dat (544-0166/01). Pro vizualizaci výškových dat existuje mnoho softwarových nástrojů (ArcScene, GRASS, Atlas, Surfer, GoogleEarth, ...), které umožňují kvalitní vizualizace výškových dat. Při vizualizaci prostorového objektu (DMT) ve 3D je každé buňce rastrového obrazu (záznamu) přiřazena hodnota nadmořské výšky, která je uložena v zápisu rastrového obrazu. Ve 3D lze vizualizovat i data typu TIN. Oproti standardním výškopisným rastrovým datům (datům výškopisu vyjádřeným pravidelným gridem, v zápisu dat je vyjádřen v úvodu souboru jen počet řádků a sloupců v souboru, krok gridu a souřadnice počátku obrazu - obvykle levého horního rohu, někdy i s informací vůči kterému místu v dané buňce - například 5x5m je tabelovaná výška buňky gridu vztažena) je soubor TIN vyjádřením přímé hodnoty výšky vůči poloze bodu (tedy každý bod je vyjádřen všemi souřadnicemi X,Y,Z kdy jednotlivé vrcholy trojúhelníků v souboru obsahují explicitně informaci o nadmořské výšce. Pro doplnění vizualizace můžeme použít i tzv. textury, což jsou obvykle rastrové vrstvy (letecký snímek, družicová obrazová data, historická mapa, ...), které zvýší atraktivnost zobrazované oblasti, tím že vůči souřadnicím bodů digitálního modelu terénu se v příslušném softwaru zobrazí na základě údajů o poloze i hodnota RGB v příslušném místě DMT. Textury se tedy tzv. namapují na podkladový DMT. Při texturaci je nutné zvážit krok gridu DMT a prostorové rozlišení rastrového obrazu které chceme použít k texturaci (je nevhodné texturovat DMT s gridem 20m ortofotomapou s prostorovým rozlišením - ground sample distance GSD o hodnotě 12,5cm). Stejně jako rastrovým texturám přiřazujeme výšky na základě polohy, můžeme přiřazovat výšky i vektorovým vrstvám. Můžeme tedy na ortofotomapou otexturovaný DTM položit soubor 3D (ale i 2D) s vektorovou kresbou lesů, zástavby, a dalších 3D terénních předmětů. V případě promítnutí 2D vektoru na DTM (tedy vytvoření 3D vektorů přiřazením k DTM jde tedy o zprostředkovaný 3D vektorový model) je vhodné všem výškám vektoru přiřadit jisté výškové odsazení nad terén aby se nám při vizualizaci neprolínali vektorové a rastrové vrstvy, kdy při prvotním promítnutí vektorů na terén mají vektory identickou výšku. Při vizualizaci reálné budovy postupujeme několika způsoby podle požadavků na detail vizualizované budovy. Obvykle vektorový (tzv. "drátěný") model budovy texturujeme pomocí šikmých leteckých snímků nebo ze snímků z mobilního snímkování a laserové skenování z vozidel nebo tzv. "měřických batohů". Úroveň a kvalita texturace a

následné vizualizace 3D objektů je dána tzv. LoD level of detail. Jsou různé stupnice z různých pramenů (hodnocení LoD podle metodik BIM, hodnocení LoD podle směrnic ICA, atd.). Nejběžnější stupnice úrovně LoD a následně detailu vizualizace terénu a terénních předmětů je na obrázku níže (Zdroj: <https://www.mdpi.com/2413-8851/3/2/39>)



Mimo výše uvedených metod získání drátového modelu budovy o příslušném stupni LoD lze vytvořit (ale pouze jednoduchý na úrovni LoD2) objekt pomocí různých nástrojů na internetu jakým je například aplikace Google SketchUp nebo Flux Studio. Výslednou vizualizaci můžeme ve většině zpracovatelských SW uložit jako filmový klip, jako například v programu ArcScene. Vizualizace terénu a terénních předmětů lze vytvářet rovněž pomocí VRML (Virtual Reality Modeling Language). Vizualizace můžeme pomocí této aplikace interaktivně prezentovat na Internetu. Vytvořené 3D scény lze v internetovém prohlížeči otevřít pomocí některého VRML přehrávače, například Cosmo, Player9, nebo Cortona 3D10 atd.. V rámci internetového prohlížeče si pak můžeme model procházet, otáčet, či jinak prohlížet. Data ve formátu VRML můžeme exportovat přímo z ArcScene nebo jiného softwarového nástroje (např. z ProjectWise z rodiny programů Bentley). Poměrně často používaným nástrojem k vizualizaci terénu, terénních předmětů a obecně geodat je standard Open Geospatial Consortium (OGC) pro publikaci a distribuci geografických - KML (Keyhole Markup Language) dat. V současné době je hojně rozšířen zejména díky aplikaci Google Earth. Soubory KML vytváříme pro vizualizaci exportem například vlastních DTM a vektorových dat z řady vektorových formátů (DGN, DWG, DXF, ...) prostřednictvím překladačů (Global Mapper, apod.). Postup vizualizace vlastních nebo převzatých dat přes Global Mapper a Google Earth a provedení animace nebo zaslání vizualizačního souboru zákazníkovi má jednu zásadní výhodu u všech produktů jde ve standardních verzích o open source softwaru. Pomocí jazyka KML můžeme vizualizovat plošné jevy (vektory, rastry), nebo prostorové modely reálných objektů (budovy, terén, stromy).



Shrnutí pojmů:

- tvorba vizualizací ze standardních veřejně dostupných dat
- speciální vizualizace zvláštních staveb
- vizualizace jako nástroj pro projednávání a presentaci projektů

pro neodbornou veřejnost



Otázky:

- Popište postupy vizualizace terénu.
- K čemu je vizualizace terénu vhodná?
- Jakým způsobem je charakterizováno rozdělení LOD budov a k čemu toto rozdělení je?



Použitá literatura:

- Inform ISO 19115 ISO 19115:2003, Geographic information – Metadata
- ISO 19119 ISO 19119:2005, Geographic information – Services
- ISO 19139 ISO/TS 19139:2007, Geographic information – Metadata – XML schema implementation



Další literatura k předmětu Modelování a interpretace dat:

- *Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání*
- *Usnesení vlády České republiky ze dne 8. října 2014 č. 815 o Strategii rozvoje infrastruktury pro pro-storové informace v České republice do roku 2020 [online]. [cit. 2015_01_10].*
- *Usnesení vlády č. 958, o významu metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení, ze dne 2. listopadu 2016.*
- *Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství, ve znění pozdějších předpisů*
- *Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, kterou se provádí zákon 200/1994 Sb. o zeměměřičství*
- *Zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů*
- *Vyhláška č. 357/2013 Sb., Katastrální vyhláška*
- *Vyhláška č. 233/2010 Sb., o základním obsahu technické mapy obce*
- *Vyhláška ČÚZK 393/2020 o digitální technické mapě kraje, září 2020*
- *Zákon 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky*
- *Zákon č. 106/1999 Sb. o svobodném přístupu k informacím*
- *Zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským*
- *Zákon č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti*
- *Zákon č. 111/2009 Sb., o základních registrech*
- *návrh Zákona o informačním modelu stavby, informačním a digitálním modelování a změně některých zákonů, říjen 2020*

- Věcný záměr Zákona o Národní infrastruktura pro prostorové informace (NIPI), říjen 2020
- Katalog objektů ZABAGED®, verze 4.0, Zeměměřický úřad, Praha, č. j. ZÚ-02626/2020-13600, 2020, květen 2020, dostupné z https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2020.pdf
- EN ISO 16739 (73 0100) Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu, Duben 2017 dostupné z: <https://eshop.normservis.cz/norma/csneniso-16739-1.4.2017.html>
- EN ISO 19101 – Geographic information — Reference Model dostupné z: <https://www.iso.org/standard/26002.html>, <https://shop.normy.biz/detail/96781>
- ČSN EN ISO-19157 Geografická informace – Kvalita dat Geographic Information – Place Identifier (PI) architecture ISO 1955:2012
- ŠÍMA J. Terminologický výkladový slovník pro potřeby realizace Akčního plánu Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v České republice do roku 2020. *on-line]. (2016) Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/soubor/terminologicky-slovník-geoinfostrategie-pdf.aspx>
- kol. KOVIN, TPS Metadata, Metadatový profil ČR pro soubory prostorových dat, sérií souborů prostorových dat a služeb založených na prostorových datech, verze 4.2, Praha, únor 2020
- Směrnice evropského parlamentu a rady 2007/2/ES ze dne 14. března 2007 o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (INSPIRE)
- OGC (2011) OpenGIS Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. Open Geospatial Consortium Inc. [on-line+]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>
- Popis dat ZABAGED, Zeměměřický úřad, Praha, leden 2007
- Terminologický výkladový slovník pro potřeby realizace Akčního plánu Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v České republice do roku 2020
- GEOREAL, spol. s r.o., T-MAPY, spol. s r.o. Západočeská univerzita v Plzni, září 2019 řešení projektu: TITSMV705 - Jednotný výměnný formát Digitální technické mapy (JVF DTM)
- ŠOUREK a kol. Struktura JVF DTM verze JVF v.1.0 DTM 1.4.0 GEOREAL, spol. s r.o., květen 2020
- DUFEK Z. a kol. BIM pro veřejné zadavatele, Leges, Praha 2018, ISBN 978-80-7502-285-1
- ČÍHAL R., Prostorový popis infrastruktury železnic a možnosti použití metody BIM při projektování železničních staveb, TUO - VŠB Ostrava GIS Ostrava 2017, ISBN 978-80-248-4029-1
- SVATÝ J., ŠPAČEK V., ŘEZNÍK T., KUBÍČEK P., Povinnosti SŽDC vůči veřejné správě v oblasti geoinformatiky, Intergraph CS Praha, Masarykova univerzita, Brno, 28. dubna 2014
- KUBÍČEK P. a kol., Certifikovaná metodika pro inovaci a vedení Základní báze geografických dat (ZABAGED®), Geografický ústav, Masarykova univerzita; Intergraph CS s.r.o., Brno, Praha, listopad 2016, Realizováno v rámci projektu TB05CUZK001 Inovace ZABAGED® dostupné z <http://www.mvcr.cz/clanek/geoinfostrategie.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>