

# **Geografické informační systémy v humánní geografii**

**Marie Novotná**

**2014**

**Tento studijní materiál vznikl v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost č. CZ.1.07/2.2.00/28.0290 „InRegion – Inovace výuky studijních oborů geografie a regionálního rozvoje s ohledem na potřeby trhu práce“.**



**Recenze:**

RNDr. Jaroslav Burian, Ph.D, Palackého univerzita v Olomouci

**Vydala Západočeská univerzita v Plzni, 2014**

**ISBN 978-80-261-0466-7**

## Obsah

1. Úvod .....	5
2. Teorie a definice .....	6
2.1 Geografický výzkum a GIS.....	6
2.2 Geografické objekty v GIS.....	9
2.3 Získávání geografických dat.....	11
2.3.1 Geodata z primárních zdrojů .....	11
2.3.2 Geodata ze sekundárních zdrojů .....	14
2.3.3 Mapové služby .....	16
2.3.4 Formáty geografických dat .....	18
2.4 Geografický projekt v GIS .....	21
2.5 Prostorové analytické metody v GIS.....	25
2.6 Základní pojmy.....	27
3. Geografické informační systémy v humánní geografii.....	32
3.1 Základní geografické metody - dotazování do databáze.....	32
Otázky a cvičení 1:.....	36
3.2 Tvorba tematických map .....	37
3.2.1 Bodové mapy - metoda teček.....	39
3.2.2 Značkové mapy a lokalizované diagramy .....	40
3.2.3 Kartogramy.....	41
3.2.4 Kartodiagramy.....	42
3.2.5 Metoda liniových značek .....	43
3.2.6 Obecná forma tematické mapy .....	44
3.2.7 Mapa využití země .....	44

3.2.8	Mapové výstupy .....	48
	Otázky a cvičení 2:.....	49
3.3	Hodnocení rozmístění geoobjektů .....	51
3.3.1	Hodnocení rozmístění bodů.....	51
3.3.2	Výpočet středních hodnot .....	52
3.3.3	Mapa hustoty .....	56
	Otázky a cvičení 3:.....	60
3.4	Tvorba povrchu (kontinuálního pole).....	61
3.4.1	Co jsou povrchy a povrchové modely? .....	61
3.4.2	Digitální model terénu vytvořený pomocí TIN.....	64
3.4.3	Tvorba modelu TIN v ArcGIS .....	66
3.4.4	Analýzy digitálního modelu terénu .....	68
3.4.5	Tvorba rastrového povrchu .....	72
3.4.6	Voronoi mapy.....	76
	Otázky a cvičení 4:.....	78
3.5	Prostorové analýzy .....	79
3.5.1	Vzdálenostní analýzy.....	79
3.5.2	Prostorové překrývání.....	86
3.5.3	Mapová algebra .....	88
	Otázky a cvičení 5:.....	92
	Kontrolní otázky .....	96
	Základní literatura .....	97
	Další zdroje dat.....	99

# 1. Úvod

Předmět Geografické informační systémy v humánní geografii je určen pro studenty, kteří chtějí využít techniky GIS pro analýzu socioekonomických informací. Předpokládáme, že studujícímu není cizí pojem geografický informační systém (GIS) a že absolvoval předmět, kde se seznámil se základy GIS. Druhým předpokladem jsou znalosti a dovednosti z geografie, a to jak z geografie humánní nebo socioekonomické geografie, tak i z geografie fyzické. Znalostmi nemyslíme, že by studující například měl vědět, že Yague del Norte je nejdelší řeka Dominikánské republiky. Takové znalosti jsou v nově pojaté geografii nepodstatné. Naopak znalostmi myslíme například, že studující ví něco o urbanizačních procesech, o lokalizačních teoriích, o mapě využití země, o předpokladech pro cestovní ruch aj. nebo zná pojmy homogenní a nodální regiony, fyzicko-geografická a socioekonomická regionalizace.

Cílem tohoto kurzu je naučit studující využívat technologii GIS při řešení různých problémů a otázek humánní geografie. Studenti by měli během kurzu získat podstatné teoretické znalosti o metodách geografických výzkumů, které lze realizovat pomocí GIS. V rámci kurzu se studující konkrétně naučí:

- používat jednoduché dotazy do prostorové databáze;
- vytvářet tematické mapy z kvantitativních socioekonomických informací;
- zpracovávat jednoduchá statistická hodnocení rozmístění geoprvků;
- vytvářet mapu využití země;
- vytvářet kontinuální pole (povrchy) z bodových nebo liniových dat a analyzovat povrchy;
- využívat digitální model terénu při geografických analýzách;
- vizualizovat geografická data pomocí trojrozměrného modelu;
- využívat prostorové překrývání (overlay) nebo mapovou algebru při geografických analýzách a syntézách;
- využívat měřicí funkce a zpracovávat vzdálenostní analýzy při geografických analýzách a syntézách;
- analyzovat dopravní síť.

Vybrané metody by měli studující zvládnout nejen teoreticky, ale především prakticky. Proto jsou v učebních textech připravena cvičení, vzorově řešená v ArcGIS s rozšiřujícími moduly. Pro zpracování cvičení však lze použít i jiný software, se kterým umí studující pracovat.

Kromě ArcGIS s rozšiřujícími moduly 3D Analyst, Spatial Analyst a Network Analyst lze například využít GeoMedia s rozšířením, MapInfo Professional, Idrisi, MicroStation GeoGraphics nebo další alternativní open source QGIS nebo MapWindow.

Data určená k řešení cvičení v jednotlivých kapitolách jsou připravena na přiloženém CD. Výsledek řešení může student porovnat se vzorovým řešením, připraveným také na CD. Používaná data jsou cvičná a nemusí neodpovídat realitě. Datové sady byly vytvořeny ze získaných datových zdrojů, ale z důvodů ochrany autorských práv byly všechny upraveny nebo pozměněny. Kurz by měl být zakončen týmovým projektem. Tým tvoří několik studentů, kteří se mezi sebou domluví a vyberou si z nabízené sady projektů jeden.

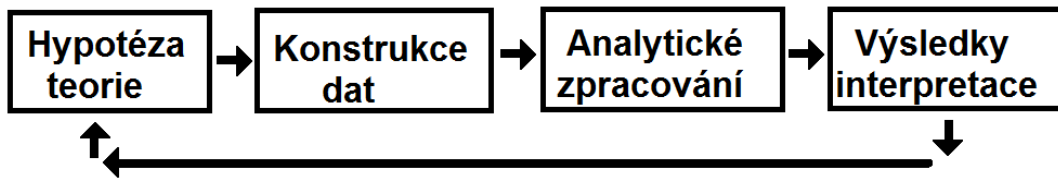
Na tomto místě bych chtěla poděkovat Českému úřadu geodetickému a katastrálnímu, Českému hydrometeorologickému ústavu a firmě ARCDATA Praha za uvolnění a poskytnutí geodat ke cvičení a úkolům.

## 2. Teorie a definice

### 2.1 Geografický výzkum a GIS

Objekt studia geografie - svět okolo nás je rozsáhlý a složitý. Svým zrakem nebo fotoaparátem či kamerou dohlédneme jen na určitou vzdálenost. Abychom pochopili fungování mnohých procesů a jevů na zemském povrchu, musíme použít model světa (mapu, globus), dnes i letecký či satelitní snímek. Chceme-li svět geograficky zkoumat, musíme jej analyzovat podle map či jiných modelů, znázorňovat do map různé jevy a ověřovat na základě těchto map a modelů různé hypotézy. Mnohé používané geografické metody jsou pracné a zde nám velmi pomáhá geografický informační systém (GIS).

**Geografie** zkoumá časoprostorové vztahy mezi objekty na zemském povrchu. Pracuje přitom s velkým množstvím různorodých informací. Tyto vlastnosti geografických informací vedly v minulosti geografie k menšímu využívání standardních výzkumných přístupů. Zdůrazňovala se jedinečnost každého území a nejčastěji používaná metoda byl systematický popis. Standardní výzkumné přístupy (obr. 1) předpokládají, že z informací jsou na základě hypotézy konstruována data. Ty jsou dále analyzována a zpracovávána, výsledkem je pak ověření nebo vyvrácení hypotézy. Z ověřené hypotézy se stává teorie. Při výzkumu lze postupovat induktivním nebo deduktivním způsobem, v obou případech využíváme k verifikaci hypotéz formalizované informace - data, v geografii pak většinou geodata.



Obr. 1 Postup při výzkumu

**Induktivní přístup** v geografii (obr. 2) vychází z rozsáhlého zkoumání, popřípadě terénního šetření. Vytvořená data jsou klasifikována a analyzována, jsou hledány zákonitosti a podobnosti procesů nebo jevů. Induktivní postup je založen na širokém shromažďování a třídění informací o zkoumaném tématu. Na základě studia zpracovaných dat jsou nalezeny určité vztahy, stanovena hypotéza a konstruován geografický model. Platnost hypotézy testujeme na příkladech. Pokud je hypotéza platná, lze ji zobecnit v podobě zákonitosti či pravidla. Induktivní přístup je náročný z hlediska požadavků na rozsáhlou empirickou práci (sběr dat).



Obr. 2 Induktivní přístup při výzkumu



Obr. 3 deduktivní přístup při výzkumu

**Deduktivní přístup** (obr. 3) spočívá v identifikaci výchozího problému, na základě vlastních teoretických znalostí zákonitostí a procesů je zformulována teorie nebo hypotéza, včetně nastínění očekávaných výsledků. Pak je hypotéza testována na základě získaných dat. U deduktivního přístupu vycházíme z principů vytvořených předcházejícími výzkumy a na jejich základě je formulována vlastní představa nebo model.

Cílem geografického výzkumu je modelovat prostor a procesy v něm, hledat obecná pravidla procesů na Zemi a jejich vzájemné vztahy a vysvětlit procesy, které vedou k pozorovanému uspořádání objektů či událostí na Zemi. Geografické informační systémy pracují s **formalizovanými geografickými informacemi**. Umožňují tyto informace vytvářet, shromažďovat, zpracovávat z nich zjednodušené modely reality a prezentovat tyto modely formou map, tabulek, trojrozměrných i vícerozměrných modelů (například můžeme sledovat časový vývoj). Pro účely geografického výzkumu je samozřejmě nedostatečné data pouze shromáždit a nějakým způsobem je prezentovat. Jádrem výzkumu musí být analýza dat a interpretace výsledků těchto analýz. V rámci analýzy porovnáváme soubory dat a hledáme souvislosti mezi jevy, které jsou zvolenými daty vyjadřovány a charakterizovány. K analýze geografických dat (geodat) se používá řada statistických i logických postupů od nejjednodušších numerických výpočtů (průměr, medián, apod.) až po prostorové analýzy a modelování. Softwarové prostředky vytvořené pro zpracování **geografických informací** obsahují velké množství procedur, které toto zpracování umožňují a jsou i z tohoto hlediska podstatným prostředkem pro zkoumání geografických dat a řešení geografických otázek.

Ve většině geografických metod lze použít geografické informační systémy (tabulka 1). Geografie se zabývá především prostorovými problémy a geografické informační systémy pracují s prostorovou informací, s její tematickou, geometrickou i topologickou složkou. V tomto kurzu se naučíme využívat různé geografické metody, které jste se už dříve učili tradičním způsobem (bez použití informačních technologií). Naučíme se i jiné metody, které bychom bez GIS využili jen stěží. Přesto je tento kurz jen výsekem možností, jak užívat GIS v humánní geografii.

kategorie	podkategorie
Tabelární zpracování geografických informací	
Tvorba grafů	
Kartografické metody	Tvorba kartogramů
	Tvorba kartodiagramů
	Tvorba lokalizovaných diagramů
	Tvorba izoliniových map
Interpretace leteckých a satelitních snímků	Tvorba mapy využití země
	Vymezování území se specifickými vlastnostmi
Statistické metody	Výpočet základních statistik
	Výpočet geografického středu
	Regresní analýza
	Korelační analýza
	Vícerozměrné statistické metody
Index geografické koncentrace	
Koeficient geografické asociace	



Vytvoření a využití digitálního modelu terénu	Zobrazení výškových poměrů území
	3D vizualizace území
	Výpočet sklonitosti
	Výpočet expozice
	Výpočet viditelnosti
	Výpočet výškových profilů
Překrývání vrstev (vektorových)	Regionalizace
	Prostorové analýzy – vyhledávání míst se zvolenými podmínkami
Mapová algebra	Regionalizace
	Prostorové analýzy – vyhledávání míst se zvolenými podmínkami
Vytváření obalových zón	
Analýza sítí	Řešení dopravní dostupnosti
	Nalezení optimální cesty
	Nalezení optimální lokality ro obsluhu více lokalit
	Výpočet deviatility a hustoty sítě

Tab. 1 Metody výzkumu v humánní geografii

## 2.2 Geografické objekty v GIS

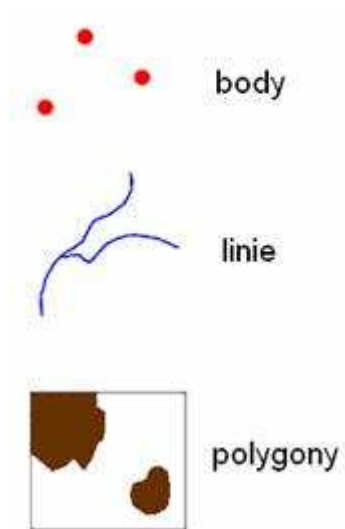
Použití různých analytických metod v geografických informačních systémech závisí na způsobu znázornění geoobjektů, na jejich vyjádření v digitální formě. Proto je důležité znát základní pravidla digitálního zpracování geografických dat.

Geografické objekty znázorňujeme nejčastěji v mapě, vytvořené ve vhodném kartografickém zobrazení. Každý znázorněný **geografický objekt** má svou **polohu**, je reprezentován určitým **tvarem** a s ostatními geografickými objekty je **propojen prostorovými vztahy** (topologickými vztahy). O každém geografickém objektu můžeme zaznamenat velké množství tematických informací různého druhu (textové, numerické, obrazové, zvukové).

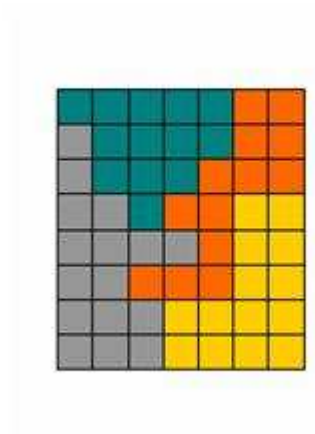
K reprezentaci geografických objektů reálného světa v dvourozměrném prostoru se používají geometrické tvary - **body**, **linie** a **plochy** (obr. 4). **Body** (points) reprezentují objekty, které mají diskrétní polohu nebo jsou příliš malé, než aby byly zobrazeny jako plochy (města v mapě malého měřítka). Skutečnými body jsou jen lokality, kde získáváme naměřené hodnoty (vrchol hory s naměřenou nadmořskou výškou, lokalita s naměřenou teplotou). **Linie** (lines) reprezentují objekty, které mají jeden rozměr (délku) významně větší než rozměr druhý. Jako linie zobrazujeme například silnice, železnice. U linií nás často zajímá jejich vzájemné propojení. V tom případě linie tvoří síť. Skutečnými liniemi jsou pak například hranice prostorových objektů. **Plochy** - polygony (areas) reprezentují většinu geografických objektů, mají rozlišitelnou plochu. Body, linie a plochy základní stavební prvky vektorové

reprezentace. V případě rastrové reprezentace (obr. 4) je základním stavebním prvkem buňka (angl. cell).

## Vektorový formát



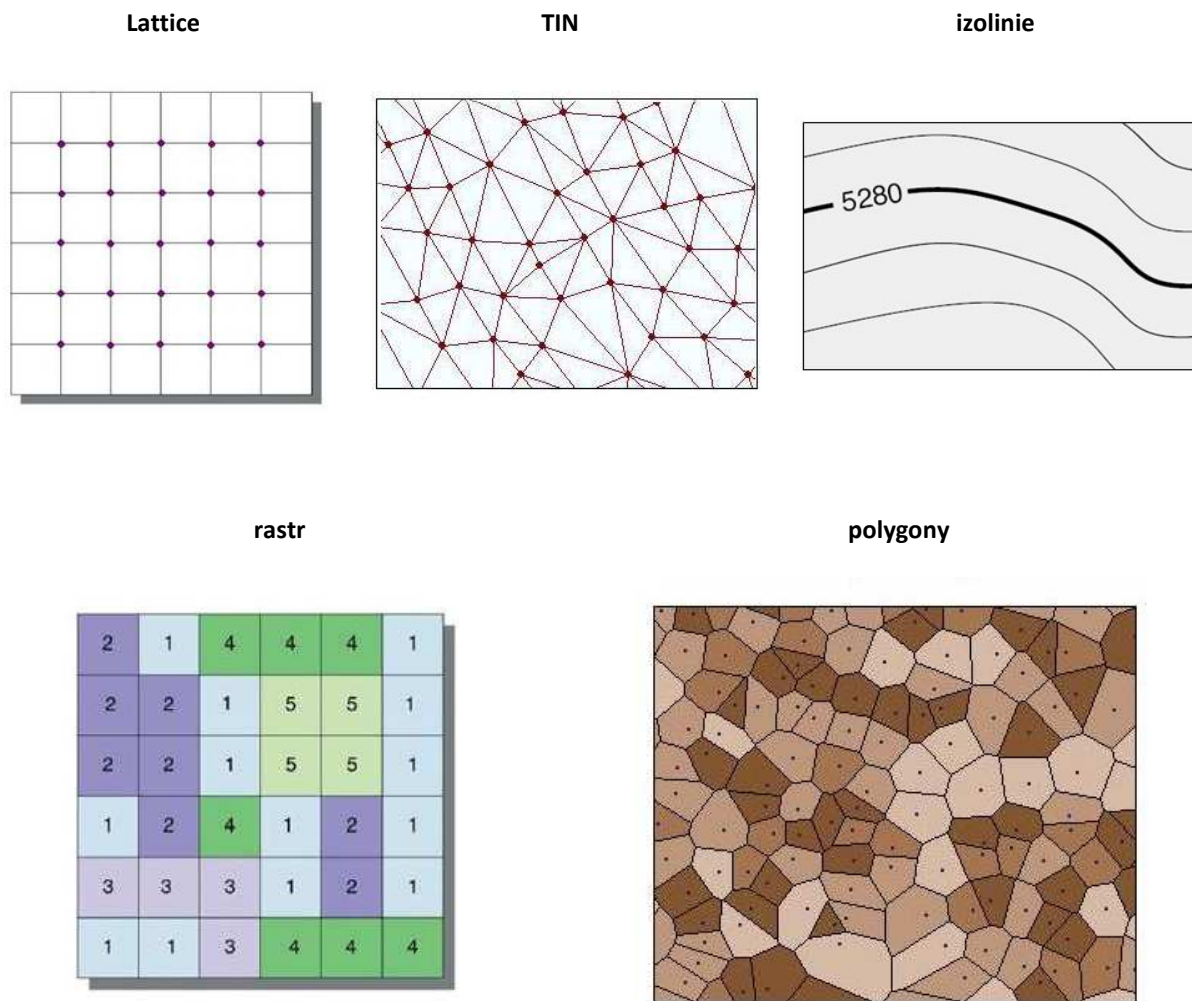
## Rastrový formát



**Obr. 4** Reprezentace geografických objektů

Další kategorií vyjádření geografické reality jsou povrchy. Některé jevy na Zemi zaujímají úplně celý vymezený prostor a mohou se měnit kontinuálně. Tyto jevy se zobrazují jako povrchy různými způsoby (obr. 5):

- pomocí pravidelné sítě bodů (angl. lattice);
- pomocí nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN);
- pomocí izolinií;
- pomocí buněk rastru (angl. cell);
- pokrytím polygony.



**Obr. 5 Způsoby zobrazení povrchů**

Pro každý typ geodat pokrývající celý zkoumaný prostor se hodí jiné zobrazení povrchu. TIN je například vhodný pro vyjádření skutečného povrchu Země, tedy reliéfu. Trojúhelníky TINu jsou tečnými plochami povrchu (dotýkajícími se povrchu). Lattice či rastrový povrch má širší využití, používá se pro modelování různých kontinuálně se měnících jevů. Tak můžete vyjádřit rozložení teplot ve výšce 2 m nad zemským povrchem, množství polétavého prachu v ovzduší či obsah chemických prvků v půdě. Zobrazující se údaje se vztahují k bodu (lattice) nebo k buňce. Pokrytí polygony se využívá u nekontinuálně se měnících jevů, například při zobrazení ploch využívání půdy.

## 2.3 Získávání geografických dat

### 2.3.1 Geodata z primárních zdrojů

Z **primárních zdrojů** vytváříme geodata sami. Primární zdroje lokalizačních (polohových) informací představují data z geodetických měření, data získaná pomocí GPS,

fotogrammetrické údaje a letecké či satelitní snímky získané dálkovým průzkumem země (DPZ). Z tematických informací jsou primárními zdroji data získaná terénním šetřením. V humánní geografii jsou to pozorování, interview nebo dotazníkové šetření.

Pomocí geodetických měření získáme nejpresnější zdroje prostorových údajů využívaných v GIS. Polohová data změřená geodetickými přístroji se dnes už ukládají přímo v digitální podobě a většina geografických informačních systémů má moduly pro vstup geodetických údajů. Pokud GIS nemá tento vstup k dispozici, zpracujeme měření specializovaným softwarem do vektorové reprezentace, kterou pak načtete do GIS. Také obsah klasických terénních zápisníků a údajů pozemních geodetických měření v analogové formě můžete přepsat do souborů, které lze načíst do GIS. Vzhledem k vysoké přesnosti jsou tyto postupy vhodné především pro vytváření a doplňování obsahu map velkých měřítek (katastrální mapy, technické mapy, plány). Použití těchto dat v humánní geografii není časté, lze je použít například při tvorbě mapy využití země velkého měřítka.

V poslední době se stále více uplatňuje zjišťování polohy objektů na Zemi pomocí globálního polohového systému (**GPS - Global Positioning Systems**). GPS<sup>1</sup> je družicový pasivní radiový systém sloužící k určení polohy, rychlosti a času v reálném čase na kterémkoli místě na Zemi (Rapant 2001). Pro určování polohy uživatele používá pasivní dálkoměrnou metodu. Vzdálenost uživatele od jednotlivých družic je určována pomocí doby potřebné k absolvování této dráhy radiovým signálem vysílaným jednotlivými družicemi. K určení rychlosti uživatele se využívá Dopplerova jevu. V současnosti existují dva družicové systémy, které lze k určení polohy využívat, americký systém GPS vyvinutý Ministerstvem obrany USA a ruský systém GLONASS (GLObalnaja Navigacionnaja Sputnikova Sistema). Americký systém se správně jmenuje NAVSTAR - NAVigation System with Time And Ranging, ale vžilo se pro něj obecné pojmenování této technologie. Třetí systém GALILEO, který by měla provozovat Evropská unie je už dlouhou dobu v přípravné fázi, měl by být spuštěn v roce 2015.

Souřadnice polohy přijímače v digitální podobě v systému WGS-84 se převádějí do GIS a umožňují zobrazit zaměřené objekty v mapě. Přesnost určení polohy závisí na typu přijímače. U turistických přijímačů se pohybuje polohová přesnost kolem 5-10 m (vlastní zjištění), u geodetických přijímačů je řádově vyšší (přesnost v řádu centimetrů). Výšková přesnost u turistických přístrojů může být často i vyšší než cca 25 m. Přijímač potřebuje přímý signál ze

---

<sup>1</sup> GPS se dnes používá pro americký systém NAVSTAR, obecně využívaným pojmem se stává globální polohový družicový systém (anglicky Global Navigation Satellite System - zkratka GNSS).

satelitů, příjmu mohou bránit domy, vysoké stromy nebo členitá terén. Zpřesnění polohových informací získaných pomocí GPS umožňuje dnes v Evropě systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service – fungující součást GALILEA)), obdoba systému WAAS v Severní Americe. Jedná se o systém tzv. diferenciálních korekcí, které umožňují zpřesnit systém GPS pod hranici tří metrů. Systém EGNOS má třicet pozemních stanic RIMS. Každá stanice monitoruje signály ze všech viditelných družic GPS (a ruských GLONASS). Výsledek monitorování je průběžně předáván zabezpečenou datovou sítí do jednoho ze tří hlavních řídicích center. V řídicím centru jsou převzatá data zpracována. Výsledkem zpracování je informace o stavu družic GPS (přesnost atomových hodin, odchylky od dráhy pohybu, výpadky) a o chybách měření zaviněných stavem zemské ionosféry. Data jsou pak předána třem vysílacím stanicím a přes ně předány satelitům na geostacionární oběžnou dráhu. Jedná se o dva satelity komunikačního systému INMERSAT nad Atlantickým oceánem (na 15,5° západní délky) a nad Indickým oceánem nad (na 64° východní délky) a o satelit ESA ATREMIS, umístěný nad Afrikou (na 21,5° východní délky). Tyto satelity vracejí data zpět k Zemi. GPS tato data načítá a koriguje podle nich údaje přijaté ze satelitů GPS. V praxi by pak chyba GPS měla být menší než 3 m. Použití systému EGNOS umožní využívat polohové informace z turistických GPS pro humánní geografii, protože tato přesnost je už postačující.

Dalším způsobem získání nových geodat je **dálkový průzkum Země (DPZ)**. Jedná se v podstatě o získávání informací o objektech jejich zkoumáním z dálky - bez přímého kontaktu s nimi. Údaje DPZ jsou obvykle získávány **leteckým** nebo **satelitním** snímkováním. Stejně tak můžeme využít snímky z vyvýšených míst na zemském povrchu. Přenos informací o zkoumaných objektech vykonává elektromagnetické záření. Podle zdroje elektromagnetického záření rozlišujeme systémy pro DPZ na:

**pasivní**, kdy senzor zaznamenává záření pocházející z přirozených zdrojů, většinou Slunce, které dopadá na zemský povrch, případně záření vyzařované Zemí, a odráží se zpět.

**aktivní**, které mají vlastní zdroj záření, vysílají jej k Zemi a po odrazu jej snímají - např. radary.

Dnes můžete získat různé letecké nebo satelitní snímky poskytované společnostmi Spot Image (družice SPOT, FORMOSAT, KOMPSAT), Eurimage (družice LANDSAT, ERS, ENVISAT, QUICKBIRD, WORLDVIEW-1 a WORLDVIEW-2) a Geoeye (družice GEOEYE-1, OrbView, IKONOS). Letecké snímky ČR je možné získat z Českého úřadu zeměměřického a

katastrálního (ČÚZK) ve formě ortofotomap. Ortofoto České republiky (Ortofoto ČR) představuje periodicky aktualizovanou sadu barevných ortofot v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (2 x 2,5 km). „Ortofoto je georeferencované ortofotografické zobrazení zemského povrchu. Na ortofotu je fotografický obraz zemského povrchu překreslený tak, aby byly odstraněny posuny obrazu vznikající při pořízení leteckého měřického snímku. Ortofota jsou barevně vyrovnaná, zdánlivě bežešvá (švy jsou vedeny po přirozených liniích). V rámci jednotlivých pásem zobrazují stav území ke stejnému roku. Do roku 2008 bylo Ortofoto ČR vytvářeno s velikostí pixelu 0,5 m. Od roku 2009 je vytvářeno s velikostí pixelu 0,25 m. Počínaje rokem 2010 je navíc snímkování prováděno digitální kamerou, což způsobilo další významné zvýšení kvality produktu.“ (Ortofoto České republiky – úvod) Družicová data lze získat nejnadhěji přes společnost GISAT.

### **2.3.2 Geodata ze sekundárních zdrojů**

Sekundárními zdroji informací jsou dříve vytvořená geodata. Můžeme je rozdělit na několik typů:

- mapy v digitální a analogové formě;
- texty;
- obrázky vytvořené jiným autorem pro jiný účel;
- informace ze sčítání, z registrů a různých tematických databází.

Zpracování informací z analogových zdrojů je věcně i časově náročné. Polohové informace v analogové formě se do GIS převádějí digitalizací nebo skenováním a následnou vektorizací. Převod tematických informací se provádí většinou doplňováním do atributové tabulky.

Geodata lze získat především z digitálně zpracovaných zdrojů od jiných zpracovatelů. Tvorbou prostorových digitálních dat se zabývají různé organizace, státní, které ze zákona udržují státní mapové díla, nebo komerční, které například zpracovávají geografická data z leteckých či satelitních snímků. Tematické informace shromažďují a zpracovávají v digitální formě například statistické úřady a různé odborné organizace či firmy.

Při získávání geodat ze sekundárních zdrojů je potřeba zjistit v jakém souřadnicovém systému byla polohová geodata vytvořena, s jakou přesností, k jakému časovému horizontu či intervalu jsou vztažena, v jakém formátu jsou dodávána, popřípadě potřebujeme znát kódování atributů. Tyto informace zjistíme z metadat.

Nejdůležitějšími zdroji geografických dat pro území České republiky jsou data zpracovávaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) a Vojenským geografickým a

hydrometeorologickým ústavem v Dobrušce (dříve nazývaný Vojenský topografický ústav v Dobrušce - VTOPÚ). Základními zdroji pro humánní geografii jsou:

- Základní báze geografických dat (ZABAGED);
- Digitální státní mapa 1:5000 - odvozená (DSMO-5) a digitální katastrální mapa (DKM);
- Digitální model území měřítka 1 : 25 000 (DMÚ 25);
- Digitální model území měřítka 1 : 200 000 (DMÚ 200);
- Digitální model reliéfu 2 (DMR 2);
- Letecké měřické negativy archivu VTOPU v Dobrušce;
- ARCČR 500;
- GEOČR 500;
- Open Street Map, data volně dostupná např. ze serveru geofabrik.de.

Tematické prostorové databáze zpracovávají také různé ústavy a organizace, tyto databáze jsou z oblasti geologie, hydrogeologie, pedologie, hydrologie, ochrany životního prostředí nebo technické infrastruktury. Můžeme je získat přímo od zpracovatele. Příkladem jsou mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd ve Zbraslavi, data silniční sítě ze Silniční databanky v Ostravě, data o geologických ložiskách z České geologické služby nebo meteorologická data z Hydrometeorologického ústavu v Praze Komořanech.

Data ze sčítání nebo demografická data získáváme jako tabulky nebo databáze od ČSÚ, který se sběrem a zpracováním těchto informací zabývá. Tyto informace jsou poskytovány ve větách, které většinou obsahují kód, přes ten lze data připojit k prostorově vymezeným jednotkám. Příkladem kódů statistických jednotek je soustava „Nomenclature des Unités Territoriales Statistique“ (NUTS), za které se vytvářejí statistické databáze v rámci Evropské unie. Některé z těchto informací lze získat přímo stažením z internetových stránek evropských úřadů a institucí. Perspektivnější způsob je získávání informací z databází přes internet, kdy pomocí jednoduchého dotazování nejprve vymezíte tematicky, časově i prostorově obsah a pak vybraná geodata stáhnete ve zvoleném formátu na svůj počítač, kde s nimi dále pracujete. Příkladem je celosvětová databáze FAOSTAT, kde jsou k dispozici data zpracovávaná Organizací pro zemědělství a výživu za jednotlivé státy světa ([faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)).

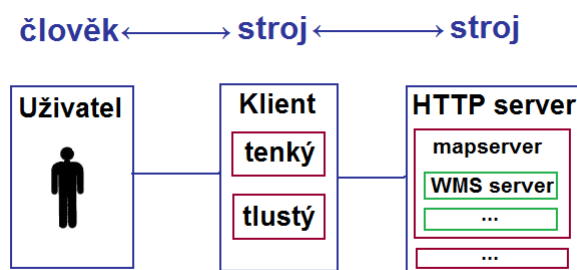
Data z registrů, které většinou vytváří a udržuje stát, jsou důležitým zdrojem tematické složky geodat. Například Český statistický úřad vede registr ekonomických subjektů, registr sčítacích obvodů, zemědělský registr a registr ubytovacích zařízení. Tematické registry

vytvářejí různé další organizace. Důležité jsou například registry, týkající se složek životního prostředí. Tuto činnost koordinuje v České republice Ministerstvo životního prostředí, zadává jednotlivým útvarům či organizacím vytvářet a udržovat tyto registry. Jedná se například o registr chráněných území, registr geologických ložisek nerostných surovin a další. Podobně Ředitelství silnic a dálnic v České republice zpracovává a udržuje aktuální databázi o silniční síti ČR. Většina těchto tematických registrů je dnes udržována v rámci geografické databáze, tedy je možné získat přímo i prostorovou složku informace.

### 2.3.3 Mapové služby

Na internetu najdete dnes velké množství geografických dat, některé je možné získat i zdarma. Při využívání těchto geodat musíme myslet více na kvalitu než na kvantitu, využívat věrohodné zdroje informací a ověřovat si je.

Webové mapové služby nám umožňují spojit v jedné mapě naše vlastní data s daty uloženými na zvláštních mapových serverech. Komunikace s těmito servery je nejčastěji zajištěna pomocí technologie klient – server (obr. 6).



Obr. 6 Technologie klient- server (Web Map Service 2010)

Člověk komunikuje s programem na vzdáleném počítači, s tzv. serverem přes program nainstalovaný na svém počítači. Připojí se pomocí zvoleného protokolu k mapové službě a může vybírat, co chceme zobrazit, dávat prostorové dotazy a může propojovat data na svém počítači s daty na serveru nebo na více serverech. Tato technologie dává velké možnosti, dostanete se snadno ke geografickým datům fyzicky i velmi vzdáleným.

Open Geospatial Consortium (OGC), mezinárodní společenství, ve kterém je zapojeno více než 300 obchodních, vládních, neziskových i výzkumných organizací na celém světě, vyvíjí a snaží se implementovat standardy pro geoprostorová data a služby. Byly vytvořeny standardy pro mapové služby. Nejčastěji se používají:

- WMS - Web Map Service;
- WFS - Web Feature Service;



- WCS - Web Cover Service;
- CAT - Web Service Catalog;
- SFS - jednoduchá funkce pro SQL;
- GML - Geography Markup Language.

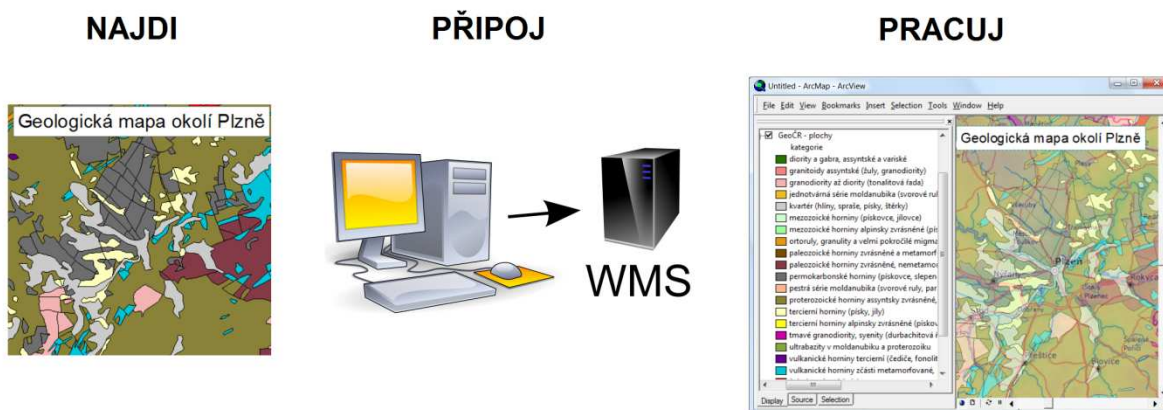
WMS je to prostředek umožňující připojit si v softwaru (CAD, GIS, aj.) geografická data (mapy, družicové snímky, ortofoto, aj.) uložená na jiném serveru. Pro připojení dat pomocí WMS potřebujeme mít na počítači připojeném k internetu program umožňující práci s WMS. Může to být například zdarma Quantum GIS, komerční Microstation nebo ArcGIS, aj. Důležité je znát typ mapové služby, kterou mapový portál umožňuje a internetovou adresu (URL) mapového serveru služby. Bez znalosti přesné adresy není možno se připojit. Adresy pro připojení lze nalézt na metadatových portálech (MŽP), webových vyhledávacích portálech (Google, Yahoo!, Seznam) nebo ve speciálních seznamech.

Samotná propojení s WMS je velmi jednoduché a dá se shrnout do tří kroků (viz obr. 7).

NAJDI: WMS server co potřebujeme

PŘIPOJ: potřebné vrstvy

PRACUJ: a prohlížejme připojená data



**Obr. 7** Komunikace pomocí mapové služby

Samotná služba probíhá většinou tak, že na našem počítači pomocí klienta vybereme, co chceme zobrazit. Klient náš požadavek předá serveru, tam se vytvoří požadovaná kompozice, která je poslána jako obrázek na náš počítač. Patrně nejvíce mapových vrstev o území Česka poskytuje geoportál provozovaný pod značkou Národní geoportál (INSPIRE) (geoportal.gov.cz).

### ***2.3.4 Formáty geografických dat***

Geografické informační systémy pracují s celou řadou vektorových i rastrových formátů. Z vektorových formátů je rozšířeným formátem shapefile, nativní formát software ESRI. Informace o typově stejných objektech jsou obsaženy v jednom shapefile. Shapefile tvoří více souborů, které mají stejný název, ale odlišnou příponu. Soubor s příponou shp v sobě nese grafickou složku geografické informace (informaci o tvaru prvků), v souboru s koncovkou dbf (databázový soubor) je pak uložena tematická složka geografické informace. Aby systém propojil grafický prvek se správnou tematickou informací, to zajišťuje soubor shx. Informaci o souřadnicovém systému nese soubor s příponou \*.prj.

Dříve každý GIS desktop měl svůj datový formát. Dnes existují formáty geografických dat, které se stávají standardy. Většina programů se také situaci přizpůsobuje a umí číst různé formáty. Ale pozor, programy často s těmito daty neumí dělat některé analýzy. Proto nejprve musíme data převést do „domácího“ formátu. Popis některých vektorových formátů ukazuje tabulka 2.

Formát	Přípona	Popis
ArcView shapefile	shp, shx, dbf, prj	Otevřený vektorový formát sw ArcView (ESRI). Obvykle se skládá ze tří souborů: shp – hlavní soubor, shx – indexové soubory a dbf – atributy, prj – udává kartografický systém. Je poměrně široce podporován i konkurenčními společnostmi.
ESRI Personal <sup>2</sup> geodatabase	mdb	spojuje prostorové údaje (geo) i ostatní data do úložiště dat databáze Microsoft Access.
File Geodatabase <sup>3</sup>	gdb	kolekce souborů ve složce na disku, kde lze uložit i spravovat prostorová a neprostorová data, vytvoří se v ArcGIS a
AutoCAD data exchange format	dxf	Otevřený vektorový formát, který je de facto výměnným standardem dat mezi různými CAD systémy. Často se používá pro přenos geometrické složky do GIS. Atributová data přenáší s velkými obtížemi.
AutoCAD format	dwg	nativní formát souborů (výkresů) programu AutoCAD, který umožňuje ukládat 2D i 3D data.
ARC/INFO export format	e00	Uzavřený výměnný formát mezi různými verzemi ARC/INFO (ESRI). Může obsahovat vektorová data, rastrová data, atributy, fonty, mapové kompozice a další.
MapInfo interchange format	mif, mid	Uzavřený výměnný vektorový formát sw MapInfo; mif obsahuje prostorová data a mid atributová data. Velice často podporován i konkurenčními systémy.
MicroStation design file	dgn	Otevřený vektorový formát sw MicroStation (Bentley), který tvoří základní prostředí systémů MGE (Intergraph) a MicroStation GeoGraphics (Bentley). Ačkoli neobsahuje atributová data, umožňuje uložit odkaz do relační databáze (MSLINK). Je velice často podporován jako výměnný formát i konkurencí.
Vector product format	vpf	Vektorový formát používaný v US Defence Mapping Agency. Obsahuje též atributy.
Geography Markup Language	gml	Formát v jazyku XML pro vyjádření geografických prvků. GML slouží jako modelovací jazyk pro geografické systémy, stejně jako otevřený formát pro výměnu geografických dat na internetu.
<b>Keyhole Markup Language</b>	kml	formát v jazyku XML je určen pro publikaci, distribuci geografických dat ( <a href="#">geodat</a> ). Ke dni 16. 4. 2008 se stal KML ve verzi 2.2 standardem <a href="#">Open Geospatial Consortium (OGC)</a> . Používá jej Google Earth.

**Tab. 2. Vektorové formáty dat**

GIS pracují také s celou řadou formátů rastrových dat, nejčastěji s formáty JPEG nebo TIFF. Formáty vstupních dat uvádíme v tabulce 3. I rastrové formáty musí být georeferencovány,

<sup>2</sup> Ukládání všech typů dat

<sup>3</sup> Ukládání všech typů dat

tedy umístěny v souřadnicích souřadnicového systému. Informace o transformaci do souřadnicového systému může být uvedena přímo v obrazovém souboru nebo může být zpracována do zvláštního souboru tzv. „world file“<sup>4</sup>, ve kterém jsou uvedeny následující informace:

5.000000000000	(velikost pixelu ve směru osy x)
0.000000000000	(úhel otočení řádek)
0.000000000000	(úhel otočení sloupců)
-5.000000000000	(velikost pixelu ve směru osy y)
492169.690845528910	(x souřadnice středu levého horního pixelu v mapových jednotkách)
5426523.318065105000	(y souřadnice středu levého horního pixelu v mapových jednotkách)

Formát	Přípona	Popis
Band interleaved by line	bil	Rastrový formát, obvyklý pro data z DPZ
Band interleaved by pixel	bip	Rastrový formát, obvyklý pro data z DPZ
Band sequential	bsq	Rastrový formát, obvyklý pro data z DPZ
Tagged image file	tiff, tif	Široce používaný rastrový formát (častý formát pro skenované dokumenty), jeho varianta GeoTIFF obsahuje i georeferenční údaje, nebo je připojen soubor TFW
Intergraph CIT, COT	cit,cot	Rastrový formát používaný firmou Intergraph. Kromě vlastních dat může obsahovat i georeferenční údaje; cit je pro černobílá a cot pro šedo tónová data.
Bentley HMR	hmr	Rastrový formát používaný firmou Bentley a programem MicroStation Descartes. Obsahuje georeferenční údaje.
Run length compressed/encoded	rlc, rle	Častý formát rastrových dat.
MrSID	sid	Relativně nový rastrový formát s vysokým kompresním faktorem (1:50). Používaný hlavně pro data z fotogrammetrie a DPZ.
Digital elevation model	dem	Standardní rastrový formát digitálního modelu terénu organizace USGS.
JPEG	jpg, jpeg	Rastrový formát s vysokým kompresním faktorem. Díky tomu, že je ztrátový, není vhodný pro černobílá (dvojúrovňová) data. Georeferenční údaje mohou být v souboru JGW

**Tab. 3. Rastrové formáty dat**

<sup>4</sup> „World file“ od firmy ESRI má stejný název jako obrazový soubor a příponu u formátu tiff tfw (mapa.tif, mapa.tfw).

Pro využívání software ESRI je důležité ukládání dat do Esri personal geodatabase a File geodatabase. Esri personal geodatabase spojuje prostorové údaje (geo) s tradičním úložištěm dat databáze Microsoft Access. Vzhledem k tomu, že jsou data uložena v databázích Access, Personal geodatabáze může mít maximální velikost 2 GB a upravovat data může v jednu chvíli pouze jedna osoba. Esri personal geodatabase vytváří tak centrální datového úložiště pro ukládání a správu prostorových dat a představuje nejen datový formát ale také komplexní informační model pro správu geografických informací. Tento informační model je realizován jako série jednoduchých datových tabulek, které uchovávají jednotlivé třídy prvků, rastrové datové sada a další atributové tabulky. Kromě toho je možné přidávat pravidla o chování a nástroje pro správu prostorových dat.

File geodatabase je formát kolekce souborů ve složce na disku, kde lze uložit i spravovat prostorová a neprostorová data. File geodatabase vytvoříme v ArcGIS a může ji použít současně více uživatelů, ale pouze jeden uživatel současně může upravovat stejná data. Formát File geodatabase se skládá ze sedmi systémových tabulek a údaje uživatelů. Uživatelská data mohou být uložena ve všech typech datových souborů: feature dataset, mosaic dataset, raster dataset, tabulka, nástroje a další. Maximální velikost souborů dat je ve File geodatabase 1 TB. Maximální velikost může být zvýšena na 256 TB pro velké soubory dat (obvykle rastry).

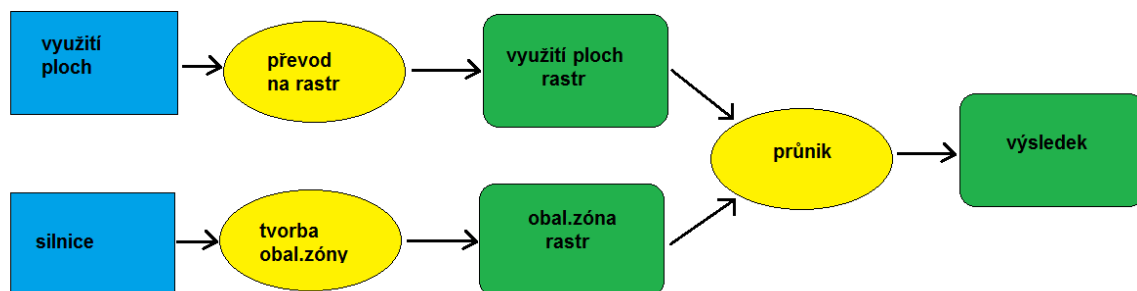
## 2.4 Geografický projekt v GIS

Geografické úlohy lze řešit v rámci **projektů GIS**. Projekt je formalizovaný postup při řešení úloh v prostředí GIS. Při tvorbě projektu postupujeme podle následujících kroků (Tuček, 1998):

1. Rozbor řešeného problému a stanovení cílů projektu, definování potřebných geodat;
2. Budování tematické prostorové databáze;
3. Zpracování geodat v rámci systému, úpravy a kontrola geodat;
4. Analýzy a syntézy geodat;
5. Tvorba kartografických, textových a grafických výstupů.

Obsahem tohoto kurzu budou především různé typy analýz. Aby výsledky analýzy byly kvalitní, nesmíme zanedbat žádnou část projektu. Rozbor řešeného problému a stanovení cílů projektu představuje definování úkolů, které budeme postupně řešit, nebo explicitní vyjádření hypotéz, které budeme ověřovat. Na základě cílů vybereme postup zpracování a

prvky prostorové databáze, které budeme využívat (datové sady). Dále zvolíme atributy, které budeme využívat. Někdy je vhodné vyjádřit postup vyjádřit graficky (obr. 8). Této části projektu je potřeba věnovat velkou pozornost. Musíme si rozmyslet, zda bude potřeba vytvářet nová geodata nebo budeme používat vybraná již dříve vytvořená sekundární geodata.



**Obr. 8 Grafické vyjádření způsobu řešení**

Při použití sekundárních geodat je potřeba podrobně prostudovat metadata, abychom si ověřili, zda datové sady a atributy jsou vhodné pro řešení vašeho úkolu. Rozborem primárních i sekundárních datových zdrojů se budeme zabývat dále.

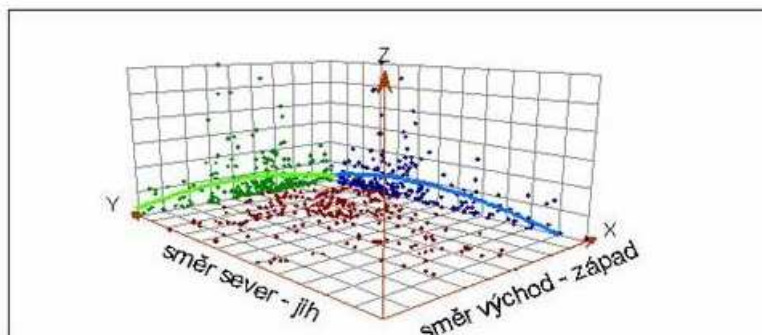
Vlastní budování databáze (obr. 9) je často velmi náročný úkol. Tato pracnost a časová náročnost odrazuje někdy od použití geografických informačních systémů při řešení odborného problému. To platí především tehdy, pokud používáme primární datové zdroje nebo pokud zpracováváme sekundární zdroje analogové (papírové mapy). Při vytváření geografických dat digitalizací papírových map musíme počítat s tím, že člověk dělá chyby. Zapomene digitalizovat nějaký objekt, nedotáhne čáru, či ji naopak přetáhne. Čím déle pracujeme, tím více chyb uděláme. Některé chyby můžeme eliminovat správným nastavením prostředí při digitalizaci, systém se pak pokouší opravit chyby sám při tvorbě topologie. Kvalita geografických dat závisí především na zpracovateli. Proto je velmi důležitá kontrola datových sad po vstupu do systému.



**Obr. 9 Budování geografické databáze**

Pro projekty využíváme většinou různé zdroje geodat, proto je potřeba provést se vstupními geodaty různé úpravy. Jde především o geometrické transformace, generalizaci geometrickou nebo logickou nebo převody mezi rastrovými a vektorovými reprezentacemi. Na kvalitním provedení těchto operací také závisí výsledky analýz. Základní úpravy, které jsme se většinou naučili v úvodním kurzu GIS, využíváme při zpracování geografických dat neustále. Jedná se o georeferencování rastrových podkladů, editaci geodat, přidávání tematických dat do atributové tabulky nebo propojování s externími daty.

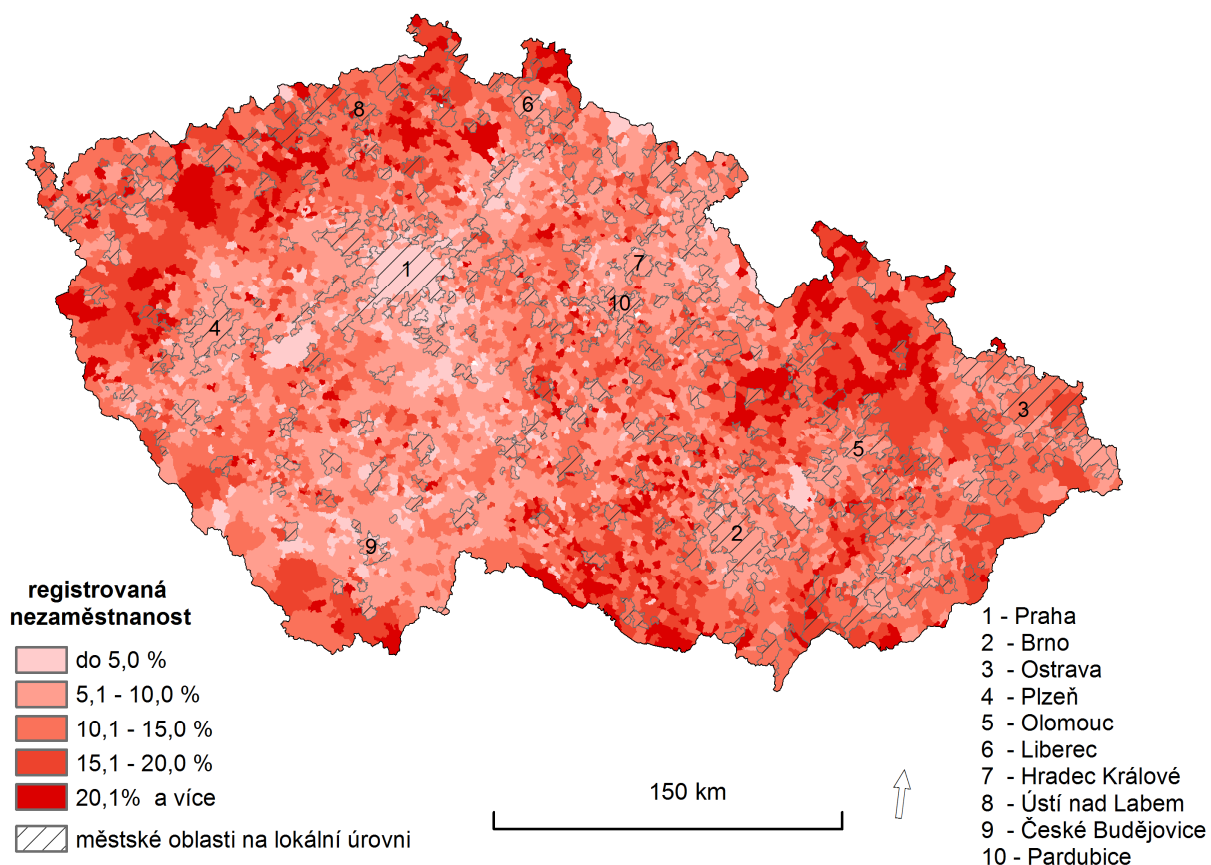
Metodám vlastního analytického zpracování dat se budeme věnovat podrobně v dalších částech tohoto kurzu. Zde uvedeme jen ty nejpodstatnější a nejčastěji využívané analytické metody, které umožňuje geografický informační systém. Pro řešení různých geografických otázek jsou podstatné dotazy do prostorové databáze, tímto způsobem můžeme například zjistit, kolik obyvatel žije do 5 km od dálnice nebo která sídla se nacházejí v námi zvoleném prostorové jednotce (například ve Slavkovském lese). V geografických pracích často analyzujeme prostorové rozmístění zvoleného jevu (obr. 10) a tato pomocí této analýzy můžeme nalézt geografické pravidelnosti. Nejčastější činností v rámci GIS je vytváření tematických map – kartogramů, kartodiagramů, lokalizovaných diagramů. Dalšími už složitějšími analýzami jsou prostorové překrývání (overlay), modelování prostorového šíření jevů, analýzy sítí a především analýzy založené na vytvořeném digitálním modelu terénu.



Zdroje dat:  
 Layer: lokality s více než 20 chatami (1991)  
 Attribute: počet chat, souřadnice z - počet chat v lokalitě

**Obr. 10 Analýza rozmístění chatových lokalit v Plzeňském kraji**

Závěrečnou částí projektu je tvorba kartografických, textových nebo grafických výstupů (obr. 11). I tomto kroku při zpracování projektu musíme opět věnovat náležitou pozornost, protože právě hotový výstup prezentuje celý projekt navenek. Kvalita výstupů závisí také na znalostech z kartografie obecně, a především pak z kartografie tematické. Problematiku tematických map v humánní geografii považujeme za velmi důležitou, že se jí budeme věnovat i v tomto kurzu.



**Obr. 11 Registrovaná nezaměstnanost v České republice v roce 2009**

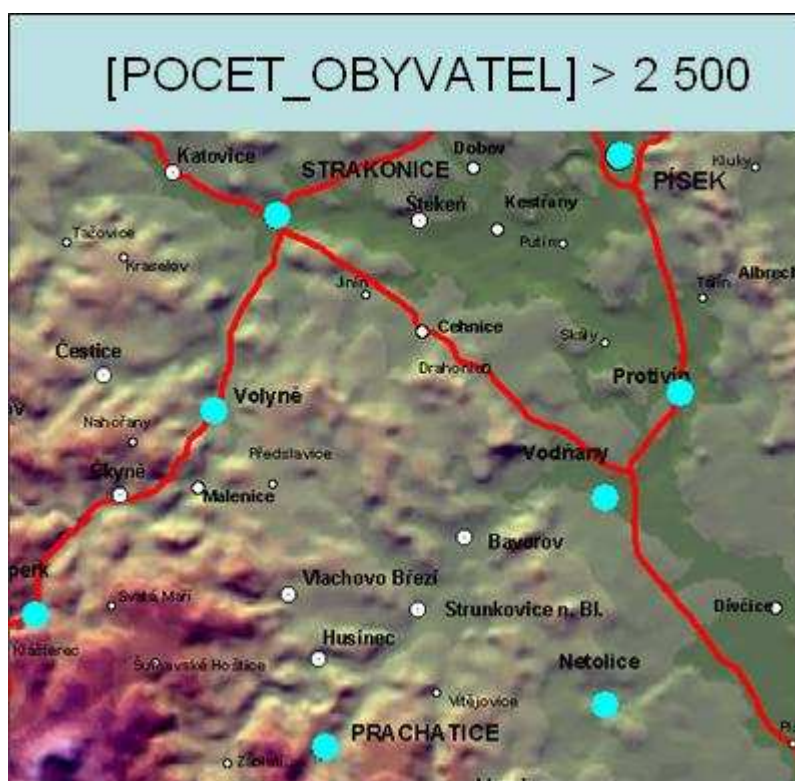


## 2.5 Prostorové analytické metody v GIS

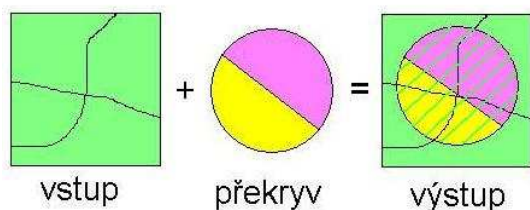
Analytické možnosti tvoří jádro GIS, tím se odlišují geografické informační systémy od ostatních systémů pracujících s grafickými informacemi. Nejpodstatnějšími z analytických funkcí jsou prostorové (geografické) analýzy. Analytické prostředky zabudované do GIS se rozvojem hardwarového vybavení stále rozšiřují. Můžeme je rozřadit do několika skupin:

dotazy do prostorové databáze a vyhledávání v ní (obr. 12);

- tvorba tematických map;
- statistické analýzy;
- prostorové překrývání (overlay) (obr. 13);
- mapová algebra (obr. 14);
- vzdálenostní analýzy - proximita a buffering (obr. 15);
- analýzy sítí (obr. 16);
- vytváření kontinuálního pole z bodových dat;
- geostatistické zpracování dat;
- analýzy povrchů (modelů terénu).



Obr. 12 Dotazy do databáze



Obr. 13 Prostorové překrývání



Obr. 14 Prostorové překrývání

Obalová zóna 2 km od želez. stanic



Obr. 15 Vzdálenostní analýzy – vytvoření obalové zóny



Obr. 16 Analýza sítí

Všechny tyto metody zpracovávají a modifikují geografické informace a jsou pro humánní geografii zdrojem i prostředkem získávání nových nebo obecnějších poznatků.

Některé z uvedených metod se v literatuře nazývají také **prostorové analýzy**. Jde o soubory technik, které jsou využívány pro analýzu a modelování lokalizovaných objektů. Jednotliví autoři však chápou pojem prostorové analýzy různě, jak vyplývá z následujících definic. **Unwin** (1981) uvádí: „Prostorové analýzy se zabývají uspořádáním prostorových dat na mapách (tedy bodů, linií, ploch, povrchů).“ **Johnston, Gregory, Smith** (1994) definuje prostorové analýzy jako „kvantitativní (hlavně statistické) procedury a techniky aplikované v lokalizačních (umísťovacích) úlohách“. **Goodchild** (1988) pak prostorové analýzy vidí jako „techniky umožňující popis uspořádání na mapách a srovnání dvou a více map s cílem identifikace jejich vztahů“.

Dnes převažují dva přístupy k prostorovým analýzám. První přístup označuje prostorovou analýzu za synonymum kvantitativní geografie. Druhý přístup považuje za prostorovou analýzu jen úlohy, které analyzují jevy stochastické povahy.

## 2.6 Základní pojmy

Využívání geografických informačních systémů a technik v těchto systémech implementovaných je spojeno s terminologií, která je pro mnohé geografy nová. Proto na tomto místě uvádíme definice používaných pojmů. Podrobnější definice lze nalézt v Šíma (2003).

Adresa	popis polohy objektu v reálném světě
Alokace	rozdělení prostoru na základě přiřazení ke střediskům (zdrojům)
Analýzy sítí	analýzy na souborech liniových objektů, zaměřená propojení a modelování pohybu po těchto liniových objektech. Nejčastějšími úkoly je výběr optimální trasy mezi dvěma či více body, alokace zdrojů a řešení dopravní dostupnosti.
ArcGIS	software zaměřený na geografické informační systémy vytvořený a distribuovaný firmou ESRI z USA
Atribut	vlastnost popisující geometrickou, topologickou nebo tematickou charakteristiku prvku, většinou je uložena v atributové tabulce
Bitová mapa	způsob prezentace obrazů v paměti počítače, každý bod obrazu (pixel) je vyjádřen v daném rastru určitým počtem bitů
Buffer (obalová zóna)	obalová zóna jednovrstevná či vícevrstevná, vytvořená kolem geografických objektů, bodů, linií nebo ploch
Buňka (pixel)	jednotka diskrétního členění prostoru, která je jednoznačně lokalizovatelná, základní prvek prostorové informace v rastrovém formátu, buňka obrazu se nazývá pixel
Centroid	bod umístěný v těžišti geoobjektu
Clearinghouse	prostředek ke komplexní obsluze existujících bází geografických dat a k nim příslušejících geografických metadat, zaměřený na prohledávání metadat na vzdálených serverech, na posouzení vhodnosti geografických dat a na přenos vybraných dat ze vzdáleného serveru na klienta.
Databáze	organizovaná a integrovaná kolekce dat, vztahující se k danému tématu, uložená v digitální formě a uspořádaná tak, aby mohla být využívána uživateli ke zvoleným aplikacím
Delaunay triangulace	body jsou vrcholy trojúhelníkové sítě, kdy do kružnice opsané každému trojúhelníku nepadne žádný jiný bod
DEM (Digital Elevation Model)	digitální výškový model, digitální model terénu pracující výhradně s nadmořskými výškami bodů

Digitální model povrchu	zvláštní případ digitálního modelu terénu konstruovaného zpravidla s využitím automatických prostředků (např. obrazové korelace ve fotogrametrii) tak, že zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm (střechy, koruny stromů apod.)
Digitální model území (DMÚ)	digitální model území, digitální topografický model, komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování, aktualizaci a distribuci digitálních informací o území, model je strukturován pomocí katalogu druhů objektů a naplněn geografickými data. Může být vytvořen z geodat topografických map v měřítcích 1:25 000, resp. 1: 200 000
DTM (Digital Terrain Model)	digitální model terénu, digitální reprezentace reliéfu zemského povrchu, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat mezilehlé body
Dynamické mapy	umožňují posunování, přibližování, dotazování se do databáze nebo zapínání a vypínání vrstev, měření vzdáleností
EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)	je systém, který doplňuje a vylepšuje vlastnosti GPS v Evropě. Využití bude mít zejména v letecké dopravě, kde se uplatní oba jeho hlavní přínosy - přesnější určení polohy a včasné varování pro případ poruchy některé družice GPS. Potěšitelné je, že vyšší přesnost měření můžeme využít všichni. Stačí nám k tomu běžný civilní přijímač označený "With WAAS". "With WAAS" je většina přijímačů Garmin i Magellan, všechny Fortuny (v módu ST) a další. EGNOS lze chápat i jako první praktickou etapu systému Galileo.
Expozice	orientace reliéfu vůči světovým stranám
Funkce mapové algebry	prostorové vymezení operací mapové algebry. Funkce se člení na lokální, fokální, zonální a globální
GALILEO	cílem projektu Galileo je vytvoření civilního evropského globálního družicového navigačního systému pro určování polohy, navigaci a poskytování časoměrných signálů. Jedná se o historicky největší evropský průmyslový projekt. GALILEO je společnou iniciativou Evropské komise (EC) a Evropské kosmické agentury (ESA).
Geodata	počítačově zpracované geoinformace, synonymum - geografická data
Geografická data	počítačem zpracované geografické informace, synonymum - geodata
Geografická informace	informace týkající se objektů a jevů implicitně nebo explicitně přidružených k místům na Zemi
Geografický medián	bod, který má souřadnice X, Y. X - ové souřadnice je prostřední hodnota na ose x a Y- ová souřadnice je prostřední hodnota na ose y
Geografický objekt	objekt na povrchu Země, definovaný polohou, rozlohou (velikostí), vlastnostmi a vztahy k jiným objektům

Geografický projekt	formalizovaný postup při řešení úloh v prostředí GIS
Geografický střed	bod, kde leží v průměru souřadnic X a v průměru souřadnic Y
Geoinformace	informace týkající se objektů a jevů implicitně nebo explicitně přidružených k místům na Zemi
Geometrické tvary	geografické objekty se zjednodušeně geometricky znázorňují jako body, linie, plochy a povrchy
GIS	geografický informační systém, počítačový systém orientovaný na zpracování geografických informací
GLONASS (Globalnaja navigatsionnaja sputnikovaja sistema)	ruský navigační systém, obdoba amerického družicového navigačního systému NAVSTAR/GPS (Global Positioning Satellite System) s celosvětovým pokrytím, který pracuje na podobném principu, využívá signály téměř shodných kmitočtů a umožňuje dosáhnout srovnatelné přesnosti určení polohy přijímače, resp. uživatele ve vzduchu, na zemi i na hladině. Mimoto poskytuje údaje výšky, rychlosti pohybu a velmi přesný jednotný čas. V systému GLONASS nyní působí celkem 24 družic.
GPS (Global Positioning System)	globální polohový systém - technologie navigace pomocí družic. Jedná se o pasivní radiový systém sloužící k určení polohy, rychlosti a času v reálném čase na kterémkoli místě na Zemi (Rapant 2001).
Histogram	je nejčastěji používaný prostředek pro grafický popis rozdělení četností hodnot spojité veličiny. Tvar histogramu má souvislost s počtem hodnot zobrazených na číselné ose. Jedná se o graf, kde se vynášejí na osu x intervaly sledované hodnoty, na osu y pak počet hodnot pro daný interval. Čím vyšší počet bodů v intervalu, tím je vyšší sloupeček histogramu.
Humánní geografie	vědní obor zabývající se časoprostorovými vztahy lidí a jejich výtvorů na zemském povrchu
Hustota	hodnota vztažená k jednotce plochy
IDW (Inverse Distance Weighting)	metoda vážené inverzní vzdálenosti, používá se k výpočtu povrchu
Interpolační metody	převod bodových hodnot do kontinuálního pole - souvislého povrchu
Koeficient relativního rozptýlení	porovnává směrodatnou vzdálenost s poloměrem kruhu se stejnou plochou jakou má studovaná oblast (ang. coefficient of relative dispersion)
Korelační kartogram	kartogramy znázorňující vzájemnou závislost různých geografických jevů, jsou zpracované na základě korelační analýzy dvou nebo několika geografických jevů rozložených v určitém prostoru

Kriging	interpolační technika, je založena na určování lokálního odhadu. Lokální odhad znamená výpočet pravděpodobné hodnoty proměnné v bodě, kde nebylo provedeno měření (bodový odhad), anebo v relativně malé ploše (blokový odhad)
Kvantitativní geografie	disciplína zabývající se různými prostorovými analýzami, tj. metodami určenými pro analýzu a modelování lokalizovaných objektů
Mapa využití země	pod pojmem mapa využití země (anglický termín "land use") rozumíme speciální souhrn technických postupů zaměřených na kartografické znázornění a kvalitativní i kvantitativní zhodnocení prostorových ekonomických jevů na zemském povrchu
Mapová algebra	nástroj, který dovoluje zpracovávat rastrové reprezentace s použitím jazyka mapové algebry. Tento počítačový jazyk je určen pro prostorové analýzy a prostorové modelování. Základ jazyka položila Dana Tomlin (1990).
Mapový server	mapový server umožňuje přístup ke geografickým datům na něm umístěných prostřednictvím internetu buď pomocí standardního webového prohlížeče, nebo pomocí speciálního programu na počítači uživatele. Uživatel má možnost získat a pracovat s geografickými data přímo v síti internet.
Metadata	popis a dokumentace zpracovávaných geodat, data o geodatech
Metoda bodových značek	bodové značky slouží k znázornění kvalitativních nebo kvantitativních vlastností bodových objektů. Podle podoby a interpretačního pojetí dělíme značky na:- geometrické, kde kvalita zobrazovaného objektu je znázorněna jednoduchými geometrickými obrazci - symbolické, připomínající svou podobou vyjadřovanou skutečnost (například zkřížená kladívka - těžba, obálka - pošta apod.)- obrázkové, opět připomínající svou podobou vyjadřovanou skutečnost (např. kresba architektonických památek apod.)- písmenové, v místě příslušné skutečnosti jsou uvedena písmena nebo číslice (například chemické značky pro naleziště nerostů, letopočty pro místa významných událostí apod.)Kvantita může být vyjádřena velikostí značky.
Metoda kartodiagramu	metoda statistických diagramů umístěných do plochy jednotky mapy a vztahující k této ploše. Diagramy mohou znázorňovat absolutní velikost vlastnosti, strukturu nebo vývoj jevů.
Metoda kartogramu	tematická mapa, kde pro každý areál je interpretována jedna nebo více relativních hodnot, vztažených k jeho ploše
Metoda kvalitativních areálů	cílem této metoda je rozlišení areálů jako oblastí kvalitativní homogenity mapovaného jevu. Příkladem jsou mapy využití země.

Metoda liniových značek	liniové značky mohou rozlišovat kvalitu jevu (barvou lze znázornit například druh silnice), kvantitu jevu (pomocí diagramových značek, konstruovaných jako pásy určité šířky) nebo dynamiku jevu (pomocí pohybových značek - vektorů, jejichž výrazovým prostředkem jsou šipky)
Metoda lokalizovaných diagramů	kartogramy umístěné na místo bodového objektu. Mohou znázorňovat strukturu jeho vývoj jevu.
metoda teček	metoda, která znázorňuje velikost jevu pomocí bodových značek. Tečka může vyjadřovat kvalitu (vyjádřeno barvou) a kvantitu (vyjádřeno množstvím teček v ploše - např. 1 bod = 100 osob, tzv. váha bodu).
ModelBuilder	nástroj v ArcGIS na vytváření graficky znázorněných postupů řešení. Vytváří se grafický model řešení, který je možno uložit nebo dále převést na script.
Primární datové zdroje	zdroje údajů, získané přímým měřením a zjišťováním na geografických objektech
Prostorové analýzy	procesy, které umožňují prostřednictvím operací, realizovaných nad geografickými daty, získat charakteristiky jimi reprezentovaných jevů
Regionalizace	postup při vytváření regionů i vlastní výsledek této činnosti
Sekundární datové zdroje	údaje zpracované již dříve nejčastěji do formy mapy nejrůznějšího druhu
Směrodatná vzdálenost	rozptyl kolem průměrného středu
Spline	interpolační technika, používá matematicky generované křivky, které modelují daný povrch. Pro metodu spline křivek je typické, že generují hladký povrch, procházející vstupními body
SQL (Structured Query Language)	databázový jazyk používaný pro řízení relačních databází, který vznikl z výzkumného projektu IBM a stal se normou v prostředí databází
Syntax mapové algebry	pravidla určující tvar zápisu v jazyku mapové algebry
Tematické mapy	vyjadřují přednostně vymezenou tematiku, obecně geografický obsah je potlačen
TIN (Triangulated Irregular Network)	nepravidelná trojúhelníková síť, model a metoda výpočtu povrchu
Topologické vztahy	vztahy mezi geografickými objekty definované na základě konektivity (vzájemného spojení) a kontinuity (vzájemné polohy)
Voronoi polygony	jinak Thiessenovy polygony, jsou vytvořeny tak, aby vzdálenost objektu k bodům ležícím uvnitř polygonu byla menší než vzdálenost k objektům v jiných polygonech
WAAS (Wide Area Augmentation System)	je systém tzv. diferenciálních korekcí, které umožňují zvýšit přesnost výpočtu pozice GPS systému. Horizontální přesnost běžný, jednofrekvenčních GPS

	přijímačů se pohybuje okolo 7-10 metrů, přesnost přístrojů s možností příjmu signálu WAAS je v případě příjmu zpřesňujícího signálu pod hranicí 3 metry. Název WAAS se používá pro pojmenování systému na území amerického kontinentu, kde je systém v provozu již delší dobu, a území Evropy se používá pro pojmenování téhož systému názvem EGNOS. V Evropě byl systém spuštěn v roce 2004.
ZABAGED (základní báze geografických dat)	digitální model území vytvořený z geodat Základních map 1:10 000

### 3. Geografické informační systémy v humánní geografii

Analytické možnosti tvoří jádro GIS, v tomto kurzu budeme probírat základní analytické funkce, které můžeme je roztřídit do několika skupin:

1. dotazy do prostorové databáze a vyhledávání v ní;
2. tvorba tematických map;
3. hodnocení rozmístění geoobjektů;
4. vytváření povrchu (kontinuálního pole) z bodových dat a analýzy povrchu;
5. prostorové analýzy, vzdálenostní analýzy - proximita a buffering, prostorové překrývání (overlay) a mapová algebra;
6. analýza sítí.

Všechny tyto metody zpracovávají nebo modifikují geografické informace a jsou pro humánní geografii zdrojem i prostředkem získávání nových nebo obecnějších poznatků. Naučíme se je používat na konkrétních případech. Možnosti jejich použití jsou daleko širší a záleží jen na samotném uživateli, jak různé geografické úkoly bude řešit.

#### 3.1 Základní geografické metody - dotazování do databáze

Nejdůležitějšími metodami používanými v geografických výzkumech je dotazování do geografické databáze. Dotazováním do databáze vybíráme geoobjekty, které splňují definovaná kritéria nebo podmínky.

Operace dotazování má tři složky:

- 1 Specifikace geoobjektů nebo atributů, kterých se operace týká
- 2 Formulování podmínek nebo kritérií, které mají být splněny
- 3 Příkaz, jak se mají vybrané geoobjekty zpracovat



Dotazy v GIS se mohou týkat atributové složky (položek v atributové tabulce), prostorové složky (geometrických objektů) nebo obou složek (kombinované dotazy). Atributové dotazy můžeme klást i v jiných databázových nebo tabulkových systémech. Atributové dotazy jsou otázky na vlastnosti objektů, např. „Které geoobjekty mají požadovanou vlastnost?“ nebo „Které geoobjekty mají požadované vlastnosti?“. Výhodou geografických informačních systémů je, že se vybrané objekty zobrazí nejen v atributové tabulce, ale také v mapovém okně.

Příklad atributového dotazu:

V databázi České republiky je téma SÍDLA s atributem POCET\_OBYVATEL. Máme za úkol vybrat všechna SÍDLA, ve kterých žije více než 2 500 obyvatel (obr. 17). Výběr můžeme provést dvěma způsoby:

1) V dotazovacím okně vyplníme dotaz pro téma SÍDLA

*([POCET\_OBYVATEL] > 2 500)*

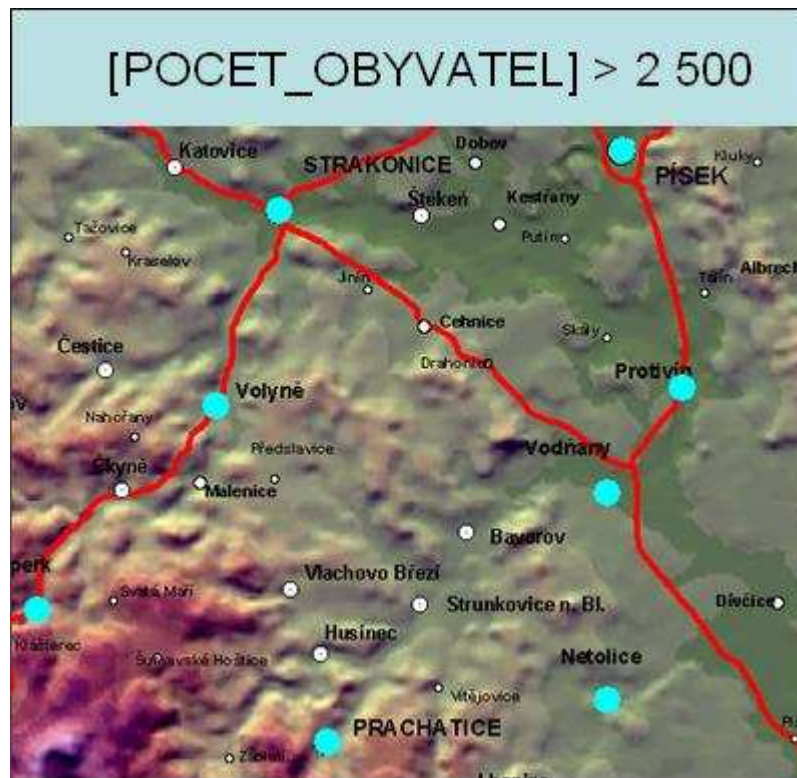
2) Pomocí dotazovacího jazyka SQL<sup>5</sup> dotaz napíšeme:

*SELECT \* FROM SÍDLA WHERE POCET\_OBYVATEL > 2 500*

Pro zpracování podmínek je možné použít matematické operátory <, >, =, <=, >=, <> (≠). Podmínky lze dále kombinovat pomocí logických operátorů (AND, OR, NOT) využívajících pravidel Booleovské logiky.

---

<sup>5</sup> SQL (zkratka angl. Structured Query Language) je speciální jazyk používaný pro práci a řízení relačních databází. Dnes je normou v prostředí databází.



Obr. 17 Výsledek atributového dotazu v mapovém okně

Druhý typ dotazů, které jsou pro GIS specifické, jsou prostorové dotazy, kterými se ptáte na lokalizaci. Příkladem prostorových dotazů jsou například dotazy typu „Co se nachází na zvoleném místě, co se nachází ve zvolené oblasti?“, „Co se nachází do 2 km od zvoleného bodu, linie nebo plochy)?“. Výběr můžeme volit několika způsoby:

- výběr kurzorem - kliknutím na objekt;
- výběr vykreslením tvaru do mapy (kružnice, obdélník, mnohoúhelník, linie);
- výběr zadáním souřadnic;
- výběr zadáním geoobjektu (bodu, polygonu, linie);

Příklad prostorového dotazu:

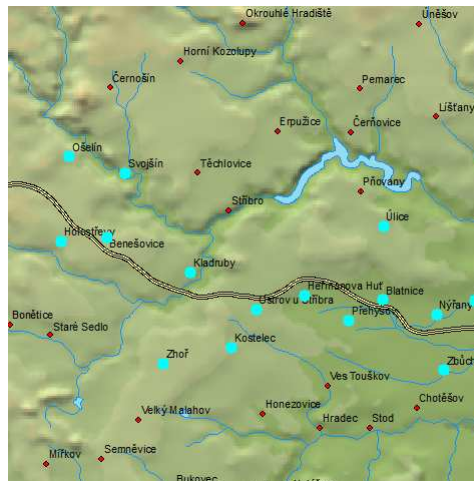
V databázi České republiky je bodové téma SIDLA a liniové téma DALNICE. Vyberte všechna SIDLA, která se nacházejí ve vzdálenosti 5 km od DALNICE (obr. 18). Úlohu vyřešíme následně:

Vybereme z bodového tématu SIDLA objekty, které se nacházejí 5 km od linií DALNICE:

```
SelectLayerByLocation SIDLA WITHIN_A_DISTANCE DALNICE 5 NEW_SELECTION
```

System vyhledává v obalové zóně 5 km od linie DALNICE, všechna SIDLA a vybere je.

FID	Shape *	SIDLAB	SIDLAB ID	NAZEV	VELKAT
227	Point	228	417	Cheznovice	2
228	Point	229	714	Tlučná	3
229	Point	230	381	Ejovice	2
230	Point	231	682	Ostrov u Stříbra	21
231	Point	232	3666	Stráž	3
232	Point	233	699	Nýřany	5
233	Point	234	683	Přehýšov	1
234	Point	235	3662	Bonětice	21
235	Point	236	389	Rokycany	6
236	Point	237	3659	Staré Sedlo	21
237	Point	238	3661	Diana	21
238	Point	239	685	Kostelec	1
239	Point	240	715	Lině	3
240	Point	241	377	Tymákov	2
241	Point	242	378	Kamenný Újezd	2
242	Point	243	386	Strašice	3
243	Point	244	432	Litice	21
244	Point	245	686	Zhoř	1
245	Point	246	713	Zbůch	3
246	Point	247	3897	Černice	21
247	Point	248	3672	Třemešné	1
248	Point	249	701	Ves Touškov	1
249	Point	250	388	Starý Plzenec	4



**Obr. 18 Výsledek prostorového dotazu v tabulce i v mapovém okně**

Dotaz na vlastnost popisovanou v atributové tabulce můžeme také kombinovat s dotazem na umístění geoobjektů. Vzniká tak kombinovaný dotaz. Ukázkou je následující příklad:

V databázi České republiky je polygonové téma OBCE s atributem PO CET\_OBYVATEL a liniové téma SILNICE s atributem TRIDA (třída silnic). Vyberte všechny OBCE, jejichž územím prochází silnice 1. třídy a žije v nich více než 5 000 obyvatel (obr. 19).

- 1 Vybereme z liniového tématu SILNICE objekty - linie, které mají vlastnost TRIDA = 1. třída:

```
SelectLayerByAttribute SILNICE WHERE TRIDA = "1. třída" NEW_SELECTION
```

- 2 Vybereme z polygonového tématu OBCE ty objekty - polygony, jejichž územím procházejí silnice 1. třídy:

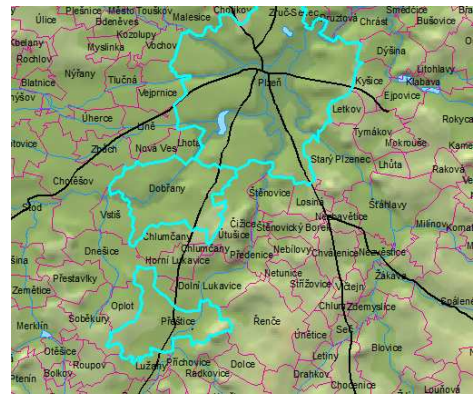
```
SelectLayerByLocation OBCE INTERSECT SILNICE NEW_SELECTION
```

- 3 Vybereme z vybraných objektů polygonového tématu OBCE ty objekty, kde žije více jak 5000 obyvatel:

```
SelectLayerByAttribute OBCE WHERE PO CET_OBYVATEL > 5000 SUBSET_SELECTION
```

Kombinované dotazy můžeme dále spojovat.

Shape *	AREA	PERIMETER	OBCE	OBCE ID	ICZUJ	NAZEV	OB91	NUTS3
Polygon	2811832,25	8865,026	344	2608	540641	Mekrouše	109	CZ0324540641
Polygon	7935471	14630,591	345	2609	541150	Kamený Jezd	597	CZ0326541150
Polygon	4268305	9974,959	346	2612	540269	Nová Ves	98	CZ0324540269
Polygon	8536511	15402,39	347	2615	559861	Zbůch	1829	CZ0325559861
Polygon	5761748,5	11625,153	348	2625	559822	Hrádek	3052	CZ0326559822
Polygon	12393862	17730,512	349	2630	558494	Ves Touškov	318	CZ0324558494
Polygon	18003546	25178,576	350	2632	540668	Honezovice	255	CZ0324540668
Polygon	125023256	65078,953	351	2633	554791	Pízeň	17300	CZ0323554791
Polygon	5251881	9798,236	352	2643	568942	Rakové	153	CZ0326568942
Polygon	3519691,25	7562,769	353	2648	578606	Lhůta	145	CZ0324578606
Polygon	83335888	65841,93	354	2658	553441	Běla nad Radouzou	1707	CZ0321553441
Polygon	9728862	15704,597	355	2660	553930	Mezhoří (dříve okres)	157	CZ0321553930
Polygon	35473856	35671,68	356	2663	557676	Dobřany	5624	CZ0324557676
Polygon	15843886	24939,549	357	2671	558486	Utušice	503	CZ0324558486
Polygon	17115586	23487,367	358	2673	554413	Velký Malahov	268	CZ0321554413
Polygon	11343425	20971,758	359	2681	554421	Vidice	201	CZ0321554421
Polygon	3277434,5	8802,172	360	2682	560235	Veselá	174	CZ0326560235
Polygon	38302560	38331,281	361	2686	553689	Hastcůň	1102	CZ0321553689
Polygon	11517813	20598,951	362	2693	559997	Mířčov	2045	CZ0326559997
Polygon	23982672	27609,616	363	2701	558427	Štáhlavy	2202	CZ0324558427



**Obr. 19 Výsledek kombinovaného dotazu v tabulce i v mapovém okně**

Předchozí dotaz provádíme postupně. Zamysleme se, zda závisí na pořadí jednotlivých dotazů. Dotazování do databáze je pro humánní geografii důležité. Zpracováváte-li například geografickou charakteristiku regionu, jsou důležitými informacemi zjištění, kolik obyvatel žije ve skupinách sídel, rozdělených podle velikosti, jaká je diferenciace obyvatel z hlediska vzdálenosti od střediska regionu či jaká je diferenciace obyvatel z hlediska vzdálenosti od železničních stanic nebo hlavních silničních tahů.

### **Otázky a cvičení 1:**

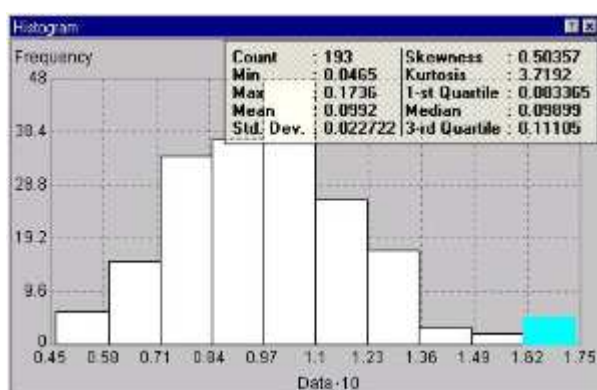
K následujícím úkolům použijte DATA1.zip.

- 1) Napište dotaz: Vyberte OBCE, kde žije více než 1000 obyvatel a méně než 5000 obyvatel.
- 2) Napište dotaz: Vyberte všechna SÍDLA, v nich žije více než 1 000 obyvatel a která jsou ve vzdálenosti do 2 km od železnice a do 5 km od silnice 1. třídy.
- 3) Zobrazte následující geodata. Použijte přitom následující geografická data - OKRES (polygon - okres Prachatice), SÍDLA (polygony - zastavěné plochy sídel), SILNICE (linie - silniční síť), ZELEZNICE (linie - železniční síť), ATRA (body - turistické atraktivity), NPS (polygon - vymezení Národního parku Šumava), KATASTR (polygony katastrálních území s údaji v atributové tabulce o ceně zemědělské půdy), SIDLAB (body s údaji v atributové tabulce o počtu obyvatel v sídlech v letech 1991 a 2001). Při vizualizaci dodržujte kartografické zásady, pro objekty volte vhodné barvy i značky. Pak odpovězte na následující otázky:
  - a. Kolik obyvatel žije ve vzdálenosti 2 km od silnice 1. třídy?
  - b. Kolik obyvatel žije na území NP Šumava?
  - c. Kolik obyvatel žije ve vzdálenosti 2 km od silnice 1. třídy a zároveň žije na území NP Šumava?

- d. Jaká je cena zemědělské půdy v katastrech Horní Vltavice a Borová Lada?

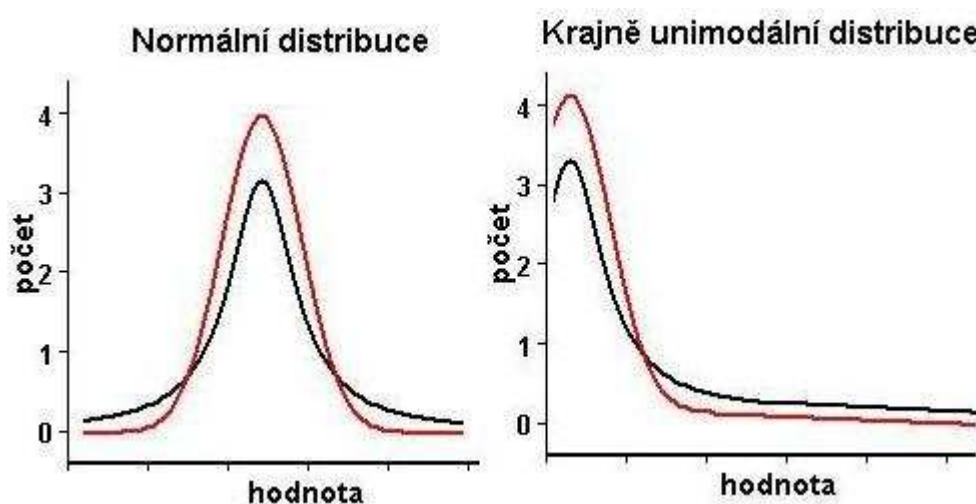
### 3.2 Tvorba tematických map

Tematické mapy jsou velmi vhodným vyjádřením prostorové diferenciace socioekonomických jevů. V humánní geografii můžeme vytvářet různé tematické mapy. Nejčastěji se využívají mapy bodové, mapy značkové, lokalizované diagramy, kartogramy, kartodiagramy, mapy s liniovými značkami nebo čarami pohybu. "Každá vytvořená mapa je pouze jednou možností z nekonečného množství map, které mohou vzniknout zobrazením stejné situace nebo stejných dat." Monmonier (2000, s. 2) GIS nám umožňuje při tvorbě tematických map postupovat kreativně, dosti experimentovat, nebo naopak nechat vše tak, jak to vytvoří systém sám. Při tvorbě tematických map bychom se měli především držet kartografických zásad, které by měly být teoreticky získány i prakticky procvičovány v rámci studia tematické kartografie. Při použití GIS k tvorbě tematických map je potřeba věnovat velkou pozornost i základní kartografické teorii, především volbě vhodného kartografického systému a měřítka vytvářené mapy. Pro každé zobrazované území je potřeba volit vhodné kartografické zobrazení. Dále je potřeba zvolit vhodný způsob zobrazovacích prostředků, a především způsob klasifikace a třídění zobrazovaných vlastností geodat. Ke správnému utřídění a vytvoření škál využíváme základní statistické charakteristiky. Nejdůležitější přitom je zobrazení histogramu, který vám ukazuje rozložení geodat podle hodnot sledované jevu (obr. 20). Přesto při tvorbě mapy závisí výsledek na vlastním zpracování. „Manipulací hranic mezi kategoriemi můžeme často vytvořit dva naprosto odlišné prostorové vzory“ (Monmonier 2000, str.155). Každý, kdo se zabývá o prostorové vyjádření různých socioekonomických ukazatelů, by měl tuto skutečnost brát v úvahu.

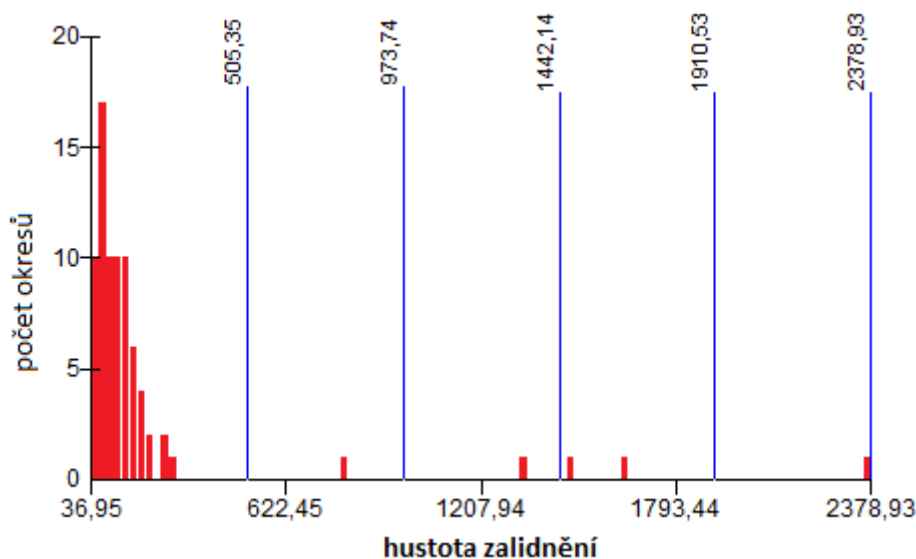


Obr. 20 Zobrazení histogramu

Histogram nám podává informaci o vnitřní struktuře sledovaného souboru geobjektů. Jeho zobrazení a analýza je základní metodou statistické analýzy před vlastním kartografickým zpracováním geodat. Pro geografická data není typické normální rozložení hodnot atributů geobjektů. Často se setkáváme se soubory geodat, které mají rozložení četností krajně unimodální a musíme k nim přistupovat jinak než k souborům s normálním rozdělením četností (obr. 21).

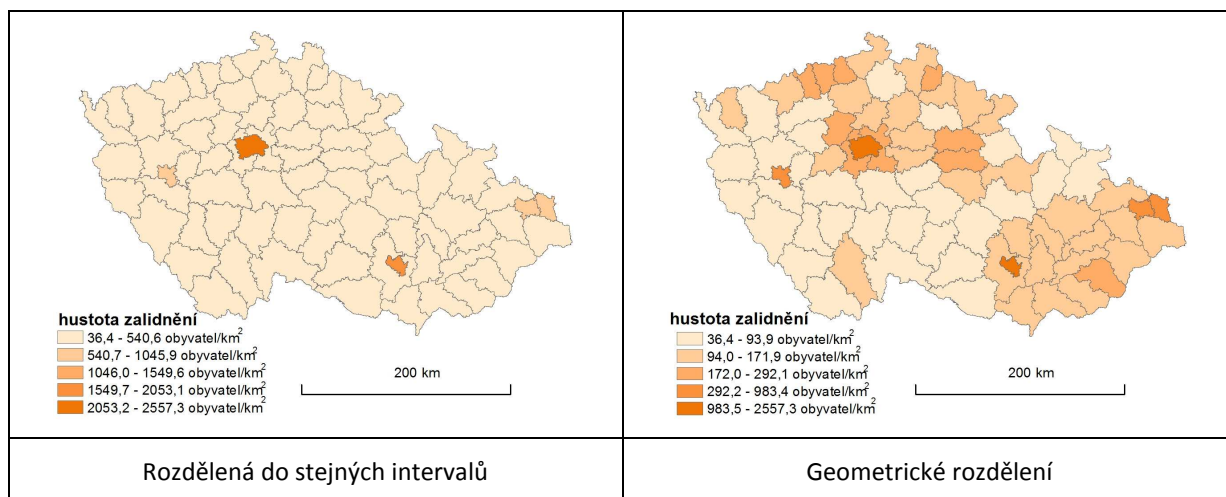


Obr. 21 Normální a krajně unimodální rozdělení četností



Obr. 22 Zobrazení histogramu hustoty zalidnění okresů ČR

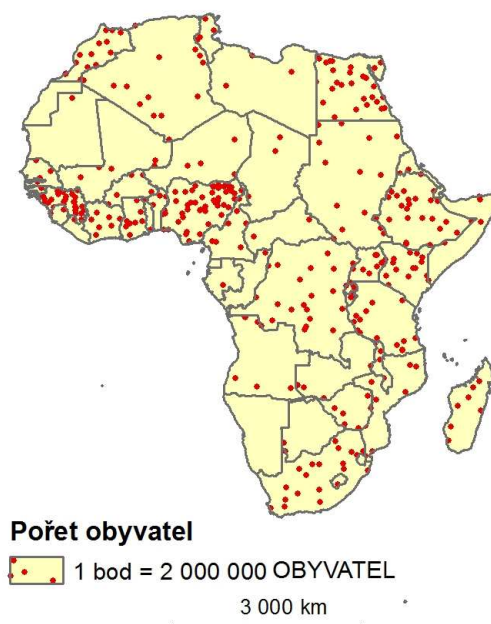
Například sledujeme-li hustotu zalidnění obyvatel v okresech ČR (obr. 21), pak většina okresů má hustotu podprůměrnou a jen několik okresů má naopak hustotu velmi vysokou. Pokud použijeme při tvorbě tematické mapy hustoty zalidnění (kartogramu) stejné intervaly, většina okresů bude zařazena v prvním a druhém intervalu, ostatní intervaly, kromě posledního budou prázdné (obr. 23).



**Obr. 23 Způsoby klasifikace okresů ČR podle hustoty zalidnění do skupin**

### 3.2.1 Bodové mapy - metoda teček

Tato metoda umožňuje znázornění rozmístění studovaného jevu pomocí nanesení bodů určité velikosti. Každý bod reprezentuje určitou číselnou hodnotu (například počet), rozmístění bodů v ploše jednotky neodpovídá skutečné kartografické lokalizaci. Mapy jsou vhodné pro znázornění počtu sledovaných jevů v jednotce. Používají se v geografii obyvatelstva (znázornění počtu obyvatel) a v geografii zemědělství (znázornění stavu dobytka, např. skotu atd.). V legendě je uvedeno, jaký počet jedinců představuje jeden bod (obr. 24).



**Obr. 24 Mapa obyvatelstva Afriky vyjádřená metodou teček**

Podobně lze vytvářet tzv. procentové bodové mapy. Každý bod v tomto případě představuje 1 % z celku. Takto sestrojené mapy ulehčují srovnání jednotek (například celosvětová

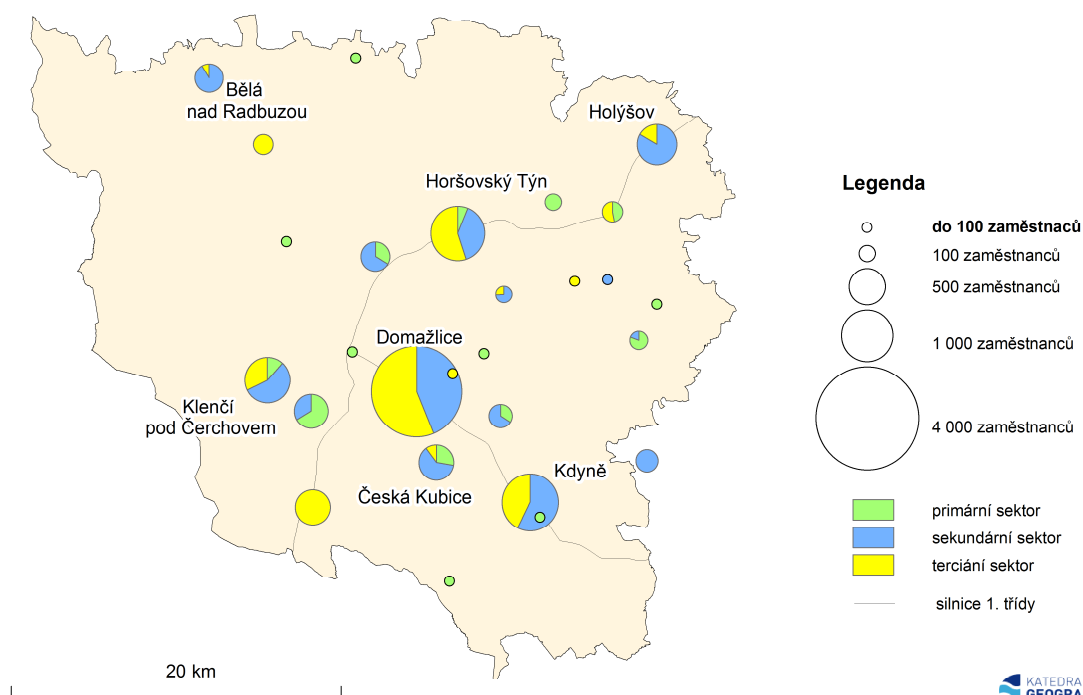
produkce kávy je 100 %, jednotlivé země budou mít tolik bodů, kolik procent kávy vyprodukují). Tyto bodové mapy se často používají v geografii zemědělství.

### 3.2.2 Značkové mapy a lokalizované diagramy

Tato technika používá různé druhy značek, které nahrazují objekty lokalizované v bodech. Používá se tedy pro znázornění bodových objektů. Značky se liší velikostí, tvarem nebo barvou. Tvar nebo barva obvykle diferencují kvalitativní stránku a odlišnost, velikost značky prezentuje kvantitu. Volba tvaru, textury i barevného tónu značky jsou jednoznačně dobrou možností vyjádření kvalitativních rozdílů, ale texturou i vhodně zvolenými barevnými tóny můžeme vyjádřit i rozdíly v míře intenzity jevu, tmavší odstín znamená větší intenzitu jevu. Značky mohou být dvourozměrné nebo trojrozměrné. Technika značek se používá například pro znázornění ekonomických aktivit v území, průmyslových odvětví, zemědělské specializace, lokalizačních faktorů pro cestovní ruch apod.

Lokalizované diagramy jsou speciální formou bodových značek, mohou znázorňovat rozmístění socioekonomických aktivit i vnitřní strukturu, např. zastoupení průmyslových odvětví ve městech, nebo vývoj v čase. Například velikost kruhu znázorňuje počet pracovních příležitostí v průmyslu ve městě, výseče kruhu znázorňují podíl jednotlivých odvětví průmyslu ve městě (obr. 25).

Ekonomické subjekty v okrese Domažlice v roce 2011  
(s počtem zaměstnanců nad 25)



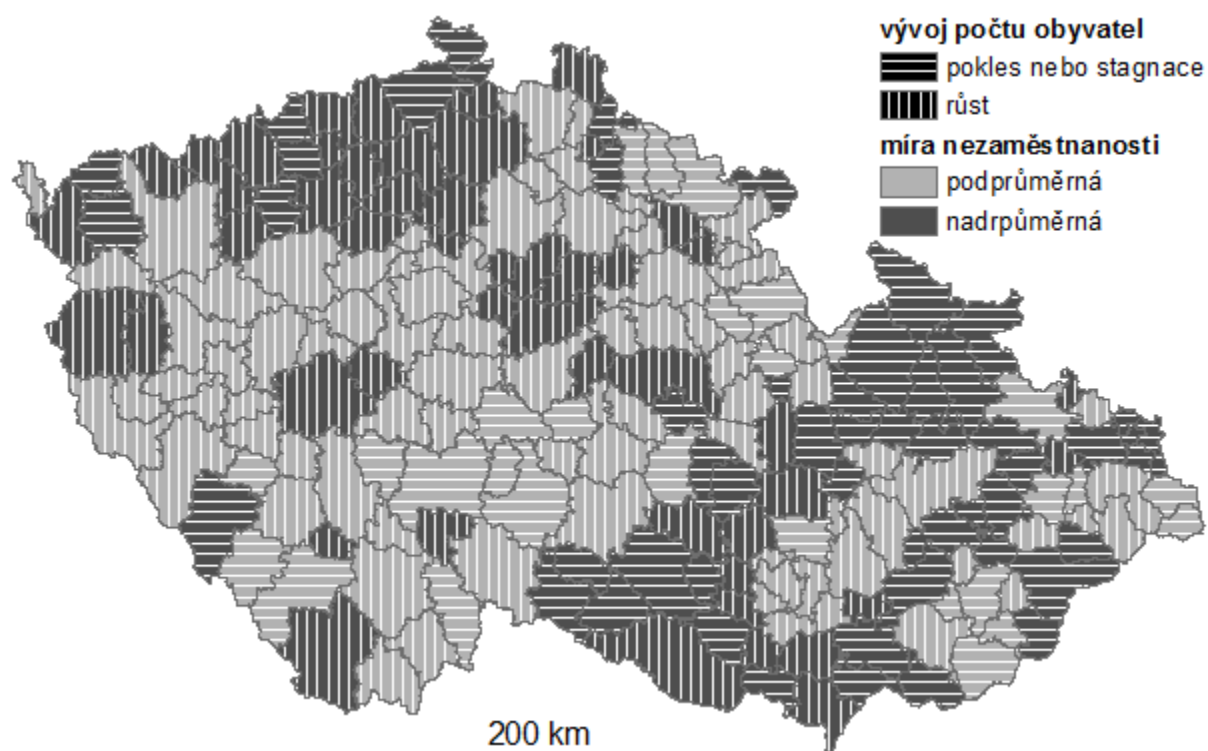
Obr. 25 Lokalizovaný diagram průmyslu v okrese Domažlice



### **3.2.3 Kartogramy**

Metoda kartogramů je nejpoužívanější metodou tematické kartografie. Kartogramy umožňují znázornit kvantitativní odlišnosti relativních hodnot ukazatelů v území. Pomocí kartogramů se vyjadřuje například hustota zalidnění, podíl orné půdy na rozloze územní jednotky a podobně. Nejvhodnější je výpočet relativních hodnot na jednotku plochy. Při tvorbě kartogramů je velmi důležité vhodně zvolit rozdělení do skupin - tříd (viz obr. 23). Důležitými druhotnými faktory při tvorbě kartogramu mohou být zaokrouhlené hranice tříd a vyrovnanější rozložení prvků do tříd. Metoda stejných intervalů, která rozděluje rozsah mezi nejmenší a největší hodnotou do stejně rozsáhlých skupin, je použitelná jen tehdy, pokud jsou hodnoty dat rovnoměrně rozložené po celém rozsahu. Druhá využitelná metoda rozdělení prvků do tříd je metody kvartilů. Při ní se seřadí hodnoty prvků podle velikosti a potom se rozdělí do tříd tak, aby všechny třídy měly stejný počet plošných jednotek. Často musíme však vytvářet vlastní klasifikaci. Extrémně vysoké a extrémně nízké hodnoty oddělené od zbytku rozdělení mohou být problémem i pro samotný program, ve kterém je kartogram zpracováván. Někdy je vhodnější s extrémními hodnotami zacházet jako s chybami nebo odchylkami a přidělit jin zvláštní znak.

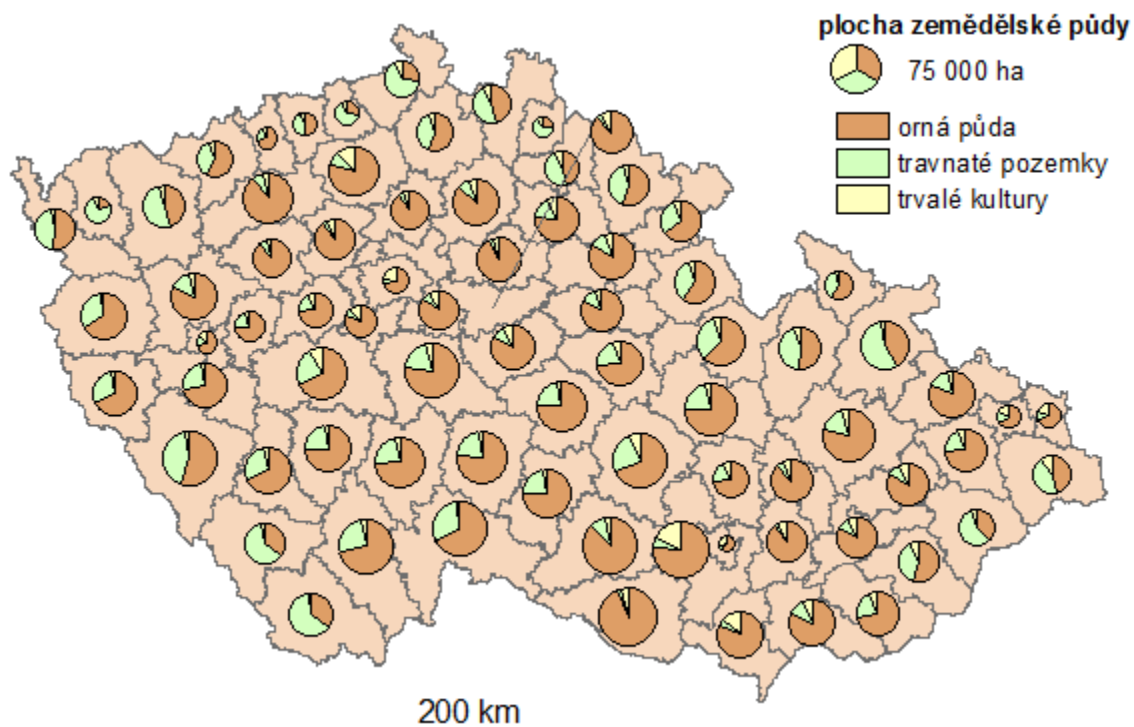
Pomocí kartogramů můžeme také vyjádřit více charakteristik. Složené kartografické interpretace mohou znázornit i vztahy mezi různými jevy, můžete vytvářet tzv. korelační kartogramy. Do mapy znázorníme intenzitu dvou jevů, intenzitu prvního jevu znázorníme sytostí barvy, intenzitu druhého jevu pak hustotou šrafování. Jiná možnost je vyjádřit první jev vodorovným šrafováním a druhý jev svislým šrafováním. Vizualně pak zjišťujete, zda se intenzita jevů mění podobně (obr. 26).



Obr. 26 Korelační kartogram – vztah mezi vývojem počtu obyvatel v letech 2001 a 2011 a mírou nezaměstnanosti v roce 2011 podle ORP v ČR

### 3.2.4 Kartodiagramy

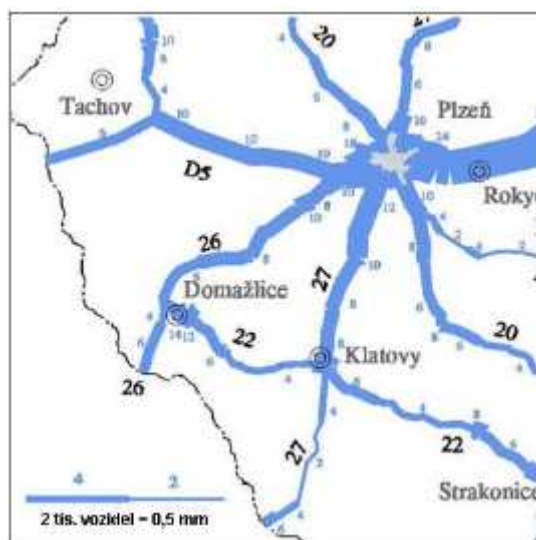
Kartodiagramem znázorňujete velikost jevu v administrativních nebo námi vymezených jednotkách. Počet obyvatel v okresech můžete znázornit velikostí kruhu (velikost kruhu je odpovídá počtu obyvatel). Diagram je umístěn uprostřed plochy jednotky nebo je se středem spojen čarou (pokud se do plochy jednotky nevejde). Kartodiagram může být podobně jako lokalizovaný diagram strukturní. Velikost kruhu znázorňuje celkovou velikost jevu, výšeče (barevné nebo různě šrafované) pak znázorňují strukturu jevu. Příkladem kartodiagramu je mapa struktury zemědělské půdy v okresech ČR (obr. 27).



**Obr. 27** Kartogram struktury zemědělské půdy v okresech ČR

Metodu kartodiagramu můžeme kombinovat s metodou kartogramu a zpracovat tak současně relativní a absolutní údaje.

### 3.2.5 Metoda liniových značek



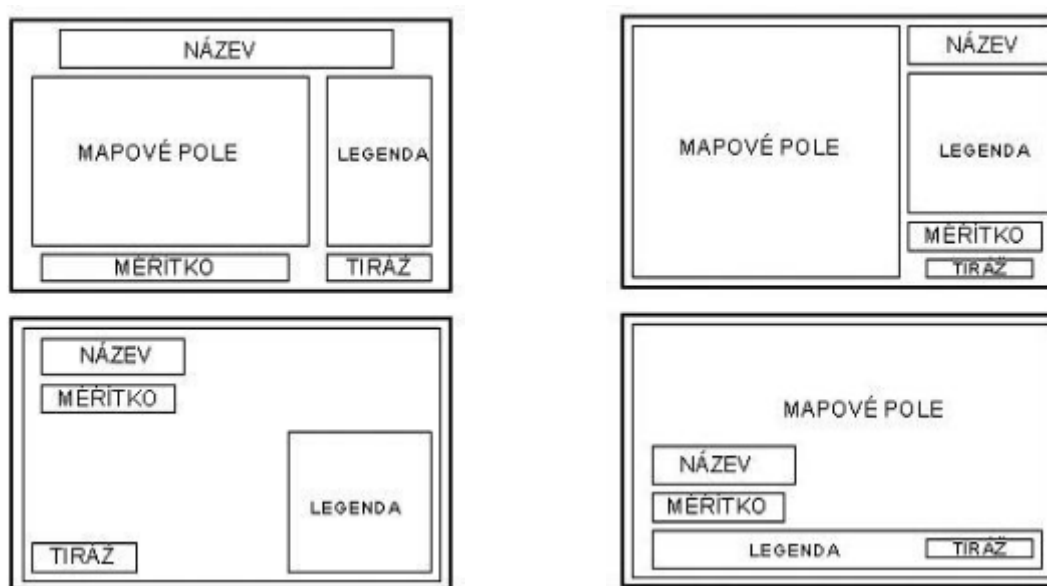
**Ob. 28** Intenzita dopravy na dálnicích a silnicích 1. třídy v roce 2000.

Pomocí liniových značek se znázorňuje kvalitu, intenzita nebo velikost jevu sledovaného na liniích. Kvalitu jevu znázorňujeme výplní linie, barvou, šrafováním nebo připojenou značkou. Takto vyjádříme kvalitu vody v tocích nebo třídu silnic. Kvantitu vyjadřujeme šířkou linie nebo její barevnou výplní. Tímto způsobem znázorníme například intenzitu dopravy charakterizovanou počtem dopravních prostředků projíždějících úsekem za jednotku času.

Šířka linie představuje velikost jevu (obr. 28). Dynamiku jevů vyjádříme pomocí pohybových čar. Pohyb přitom může vycházet z určitého bodu či linie. Liniemi můžeme znázornit například směry vyjížděky či směry migrace. Základním výrazovým prostředkem této metody jsou většinou šipky.

### 3.2.6 Obecná forma tematické mapy

Rozmístění jednotlivých prvků tematické mapy je dáno kompozicí (obr. 29). Každý mapový výstup by měl obsahovat základní komponenty - nadpis, vlastní mapové okno, měřítko mapy, směrovou růžici, legendu a tiráž.



Obr. 29 Kompozice mapy

Vlastní mapové okno je nejvýznamnější částí tematické mapy, mělo by zaujímat její největší část. Název tematické mapy má obsahovat vymezení obsahové, prostorové a časové, příklad správného názvu je „Natalita v okresech České republiky v roce 2012“. Legenda mapy obsahuje vysvětlení tematického obsahu. Měřítko mapy může být grafické nebo číselné, mělo by být jednoduché a zaokrouhlené, směrová růžice ukazuje severní směr na mapě. V tiráži je uveden zdroj mapového podkladu i tematické informace a dále jméno autora mapy.

### 3.2.7 Mapa využití země

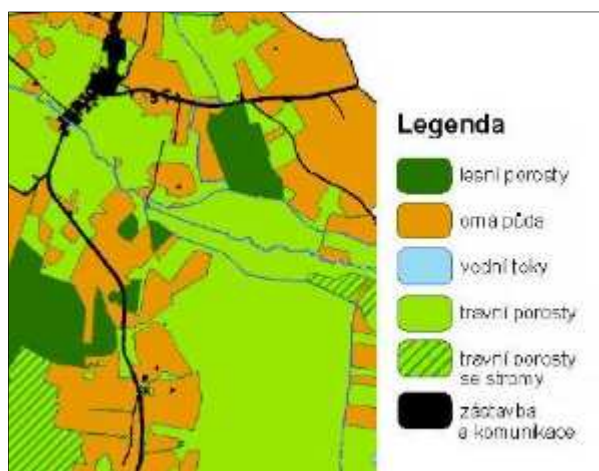
Pod pojmem mapa využití země rozumíme speciální souhrn technických postupů zaměřených na kartografické znázornění a kvalitativní i kvantitativní zhodnocení prostorových ekonomických jevů na zemském povrchu (obr. 30). Anglický termín "land use" je dnes chápán v širším pojetí jako využití území a uvádí se velmi často současně s výrazem

land cover (krajinný pokryv). Čím dál tím více jsou pojmy land use i land cover spojovány s daty, případně se způsoby jejich získávání a vizualizace těchto dat (mapa využití země) představuje většinou vizualizaci existující databáze.

Pomocí mapy využití země můžeme zjistit prostorové rozložení jevů, vypočítat plošné zastoupení jednotlivých typů ploch. Sledování a hodnocení prostorového rozmístění jednotlivých prvků krajinného pokryvu i jejich zastoupení je využitelné v řadě oborů. Nejčastěji se využívá v geografii zemědělství, v krajinné ekologii, v urbanismu, ale i v dalších geovědách. Metody hodnocení využití země se výrazně rozšířily spolu s rozvojem metod dálkového průzkumu země a používáním GIS. Dnes jsou tyto postupy standardními při řešení různých ekonomických i ekologických problémů území.

Nejčastěji se používají při hodnocení:

- funkcí území;
- stavu území;
- rozmístění aktivit v území;
- vlastnictví ploch.



**Obr. 30** Mapa využití země velkého měřítka

Většina prací hodnocení využití země se zabývá hodnocením současného stavu. Mapu využití země budeme vytvářet jako novou tematickou polygonovou vrstvu, která beze zbytku vyplňuje vymezené území. Jednotlivé polygony se zakreslují podle zvolené mapy, ortofotosnímku nebo přímo výzkumem v terénu. Každému polygonu se zapisuje do atributové tabulky typ využití z předem definovaných typů. Definované typy závisí na účelu, ke kterému mapa bude využita. Polygony mapy využití země tedy vždy pokrývají zcela

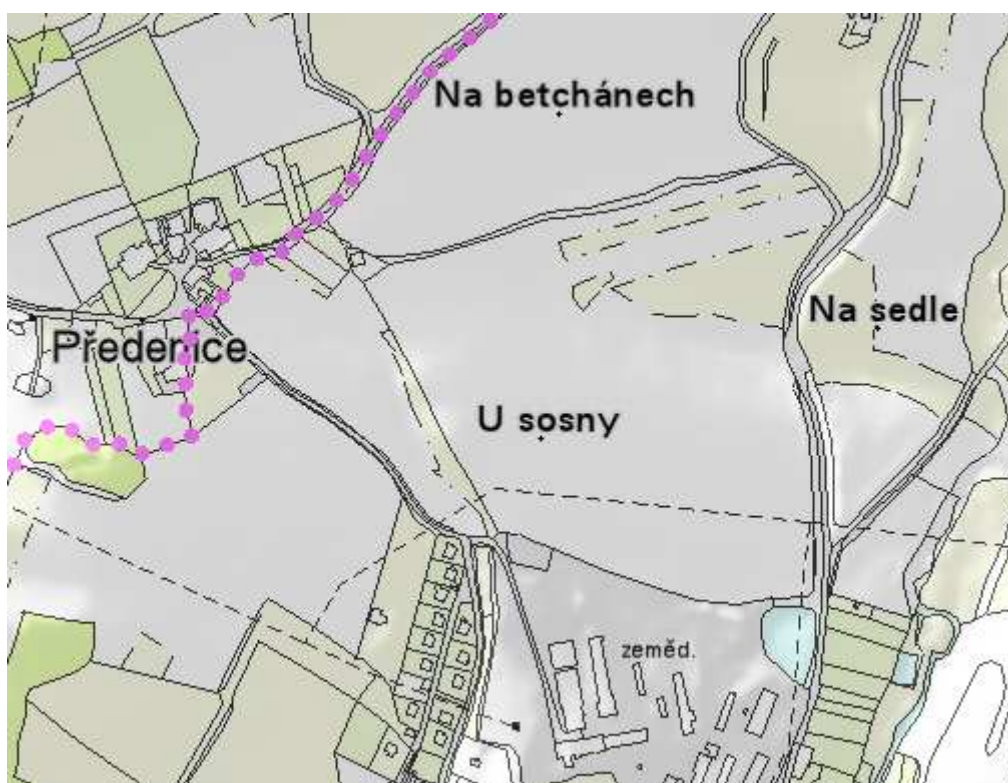
zkoumaný prostor, typ je zapsán v atributové tabulce. Po skončení editace zajistíme, aby v atributové tabulce byla zapsána velikost plochy. Pokud pracujeme ve formátu geodatabáze, je výpočet plochy polygonů zajištěn jako jedna z topologických vlastností. Pokud pracujeme ve formátu shapefile, je potřeba plochy polygonů do atributové tabulky vypočítat (příkazem Calculate Area). Vytvořené polygonové téma typů využití ploch můžeme klasifikovat podle typů a zobrazovat je (obr. 30). Protože v atributové tabulce jsou vypočteny velikosti ploch, můžeme snadno vypočítat i zastoupení těchto ploch.

Při tvorbě mapy využití země se využívá různých klasifikací. Nejčastěji se používá členění využití ploch na ornou půdu, zahrady (se zeleninou a květinami), sady s ovocnými stromy, travnaté plochy, zalesněné plochy se souvislým porostem, zalesněné plochy s nesouvislým porostem, vodní plochy, zastavěné plochy, komunikace, neproduktivní plochy - přirozené (skaliska, písčité říční nánosy) a neproduktivní plochy - umělé (sklárky, území po těžbě). Každý klasifikační typ využití země můžeme dále členit, například zastavěné plochy můžeme členit na obytné - rodinné domy, obytné bytové domy, hospodářské budovy, ostatní podle funkce na obytné, výrobní, se službami, skladovací, rekreačně využívané, popřípadě kombinované.

K vytváření map využití země velkého měřítka lze využít různé zdroje dat. Pro mapy současného využívání se jako podklady používají digitální katastrální mapa – DKM (obr. 30), digitální státní mapa 1:5000 - odvozená (DSMO 5) (obr. 31) nebo ortofotomapa.



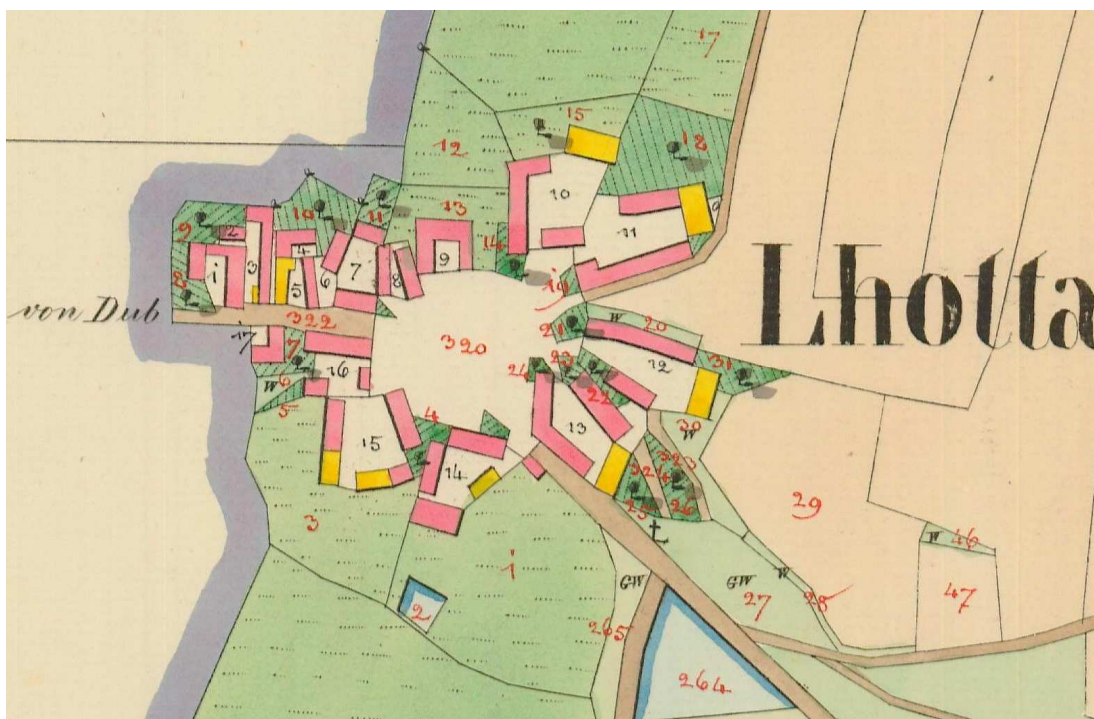
**Obr. 30. Katastrální mapa s ortofotomapu.**



Obr. 31 Státní mapa 1:5 000



Obr. 32 Panchromatický snímek sídla Dubská Lhota z roku 1951



**Obr. 33** Mapa stabilního katastru sídla Dubská Lhota

Konkrétní využívání je však výsledkem dlouhodobého vývoje osidlování a hospodaření v krajině. Proto jsou zajímavé studie, které sledují vývoj využití země a hodnotí dlouhodobé změny ve využívání krajiny. Pro hodnocení vývoje využívání země lze využívat staré mapy a panchromatické snímky z Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce (VGHMÚř, dříve VTOPU), vytvářené pro celé území ČR od 40. let dvacátého století pro účely tvorby topografických map (obr. 32), dále mapy stabilního katastru z první poloviny 19. století (obr. 33), reambulované mapy stabilního katastru z konce 19. století nebo ostatní staré mapy - mapy I., II. a III. vojenského mapování.

### **3.2.8** *Mapové výstupy*

Mapové výstupy lze vytvářet jako vektorové a rastrové obrázky. Záleží na tom, jak chceme výstup dále publikovat. Většinou vytváříme obrázky v rastrových formátech. U těchto obrázků nastavujeme typ výstupního rastrového souboru, velikost obrazového elementu (pixelu), barevnou hloubku a barevnou paletu.

Typ výstupního rastrového souboru volíme podle nabízených možností software, dalšího využití obrázku a vlastních zkušeností při práci s rastry. Často využívané výstupní formáty jsou JPEG, TIFF nebo GIF. Je možné vytvářet mapové výstupy ve formátech pdf nebo ve vektorových formátech pro MS Office (EMF).



Velikost obrázku nastavujeme opět podle potřeby, můžeme volit "podle standardních formátů papíru (A1 – A5 apod.) nebo zvolit vlastní velikost. Velikost obrazového elementu (pixelu) musíme volit tak, aby byl obraz dostatečně jasný a detailní. Rozlišení v tomto smyslu se udává v jednotkách DPI<sup>6</sup>. Hodnota DPI určuje velikost obrázku i fyzickou velikost obrazového souboru. Pro obrázek o velikosti 500×500 pixelů a rozlišení 96 DPI tak vychází čtverec o straně zhruba 13,2 cm. Pro tisk map se požaduje minimálně 300 DPI. Dále můžeme volit barevnou paletu, tj. dostupné barvy pro pixely obrazu souboru<sup>7</sup>, a barevnou hloubku, tj. maximální množství barev, které obrazový formát podporuje<sup>8</sup> (Seemann, Janata 2013).

### ***Otázky a cvičení 2:***

1. Diskutujte o tematických mapách v humánní geografii. Napište, co všechno ovlivňuje vytvořenou tematickou mapu. Zkuste napsat, proč podle Monmoniera "mapy lžou". Najděte ve vytvořených mapách skutečnosti, které ovlivňují pohled na zobrazované jevy.
2. Nahlédněte na způsob tvorby legendy tematických map v systému ArcGIS. Zkuste charakterizovat, které formy klasifikace se hodí pro zobrazení natality, mortality, hustoty zalidnění a dalších socioekonomických údajů.
3. Na základě vybraných charakteristik o obyvatelstvu vytvořte kartogramy a charakterizujte regionální diferenciaci znaků obyvatelstva podle okresů ČR. K tomuto úkolu využijte polygonové téma OKRESY z geodatabáze ArcCR500 (<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>). Tematické informace poskytně digitální publikace Českého statistického úřadu - Okresy České republiky v konkrétním roce, které je možné získat jako tabulku ve Veřejné databázi ČSÚ (<http://vdb.czso.cz/>). Pro kartografické zpracování zvolte jako náměty jednu z navržených možností - natalita v okresech ČR, mortalita v okresech ČR, přirozený přírůstek v okresech ČR, rozvodovost v okresech ČR, sňatečnost v okresech ČR, potratovost v okresech ČR a migrace v okresech ČR. Vytvořené mapy exportujte do rastrového formátu a vložte do textového souboru, kde proveďte pomocí několika vět zhodnocení regionální diferenciaci vybraného jevu. Výsledek pošlete do založené diskuze s názvem "Tematické mapy o obyvatelstvu ČR".

---

<sup>6</sup> **DPI (Dots per inch)** je údaj určující, kolik obrazových bodů (pixelů) se vejde do délky jednoho palce. Jeden palec, anglicky inch, je 2,54 cm. Někdy se také užívá zkratky PPI čili pixels per inch, pixely na palec.

<sup>7</sup> Barevná paleta může být např. True Color nebo 256 barev.

<sup>8</sup> pro 24-bitovou barevnou hloubku je to 16 777 216 barev

4. Na základě vybraných charakteristik o obyvatelstvu vytvořte kartodiagramy a charakterizujte regionální diferenciaci znaků obyvatelstva podle okresů ČR. K tomuto úkolu využijte polygonové téma OKRESY z geodatabáze ArcCR500 (<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>). Tematické informace poskytnete digitální publikace Českého statistického úřadu - Okresy České republiky v konkrétním roce, které je možné získat jako tabulku v Excelu na stránkách ČSÚ (<http://www.czso.cz>). Pro kartografické zpracování zvolte jako náměty jednu z navržených možností - střední stav obyvatel ve dvou letech v rozmezí 10 let v okresech ČR, střední stav obyvatel členěný podle pohlaví v okresech ČR, migrační struktura obyvatel (přistěhovalí a vystěhovalí) v okresech ČR, zemřelí v okresech podle vybraných příčin smrti v okresech ČR, věkové složení v okresech ČR. Vytvořené mapy exportujte do rastrového formátu a vložte do textového souboru, kde proveďte zhodnocení regionální diferenciaci. Výsledek pošlete do založené diskuse s názvem "Tematické mapy o obyvatelstvu ČR".
5. Vytvořte tematickou mapu na základě klasifikace více atributů. Na základě vybraných charakteristik o obyvatelstvu v okresech ČR vytvořte mapu a charakterizujte vzniklé typy okresů. K tomuto úkolu využijte polygonové téma OKRESY\_CR z geodatabáze ArcCR500 (<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>). Tematické informace poskytnete digitální publikace Českého statistického úřadu - Okresy České republiky v konkrétním roce, které je možné získat jako tabulku v Excelu na stránkách ČSÚ (<http://www.czso.cz>). Pro kartografické zpracování zvolte jako náměty jednu z navržených možností - přirozený přírůstek/úbytek a migrační saldo v okresech ČR, sňatečnost a rozvodovost v okresech ČR. Obě zobrazované položky reklasifikujte na základě průměrné hodnoty za okresy ČR na hodnoty podprůměrné, hodnoty nadprůměrné. Vytvořené mapy exportujte do rastrového formátu a vložte do textového souboru, kde proveďte zhodnocení typů a výsledek pošlete do založené diskuse s názvem "Tematické mapy o obyvatelstvu ČR".
6. Vytvořte mapu využití země na podkladě leteckého snímku nebo mapy velkého měřítko (DATA2.zip). Nové polygonové téma s názvem LU vytvořte jako shapefile. Toto polygonové téma by mělo pokrývat celou zkoumanou plochu. Jednotlivé vytvořené polygony zařadte do klasifikačních typů uvedených v předchozím studijním článku. Zjistěte celkové zastoupení jednotlivých kategorií využívání. Vytvořte tabulku

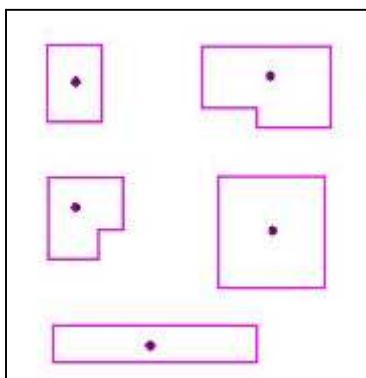
s procentovým zastoupením jednotlivých kategorií využívání. Vytvořený shapefile si uložte, budete jej ještě využívat.

### 3.3 Hodnocení rozmístění geobjektů

Základní geografickou otázkou je otázka prostorového rozmístění. Hodnocením prostorového rozmístění se zabývá tato kapitola. Studující se vyzkouší zpracovávat některé úkoly, které se dříve teoreticky naučili v základním kurzu humánní geografie. Pracuje se přitom v systému ArcGIS, v budoucnosti plánujeme rozšíření pro další software.

#### 3.3.1 Hodnocení rozmístění bodů

Při hodnocení rozmístění geobjektů je nejvhodnější pracovat s body. Přitom většina geobjektů studovaných v humánní geografii jsou trojrozměrné objekty (3D objekty) - domy, vesnice, města, průmyslové závody a podobně. Body představují pouze lokality, kde něco měříme nebo zjišťujeme, lokality měření, kóty. Proto je vhodné trojrozměrné objekty v mapě zobrazené jako polygony převést na body – centroidy (obr. 34).

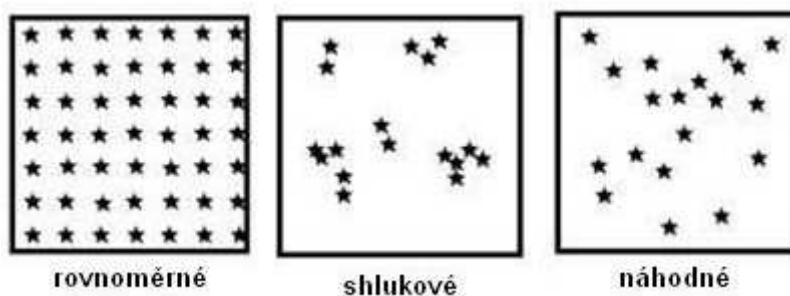


Obr. 34 Převod polygonů na centroidy

**Centroidy** jsou body umístěné v těžišti geobjektů. Představují gravitační centrum geobjektů. Těžiště se konstruuje např. v místě křížení nejdelší a nejkratší osy geobjektu (zpravidla plochy). U konvexních objektů se může těžiště dostat i mimo vlastní objekt.

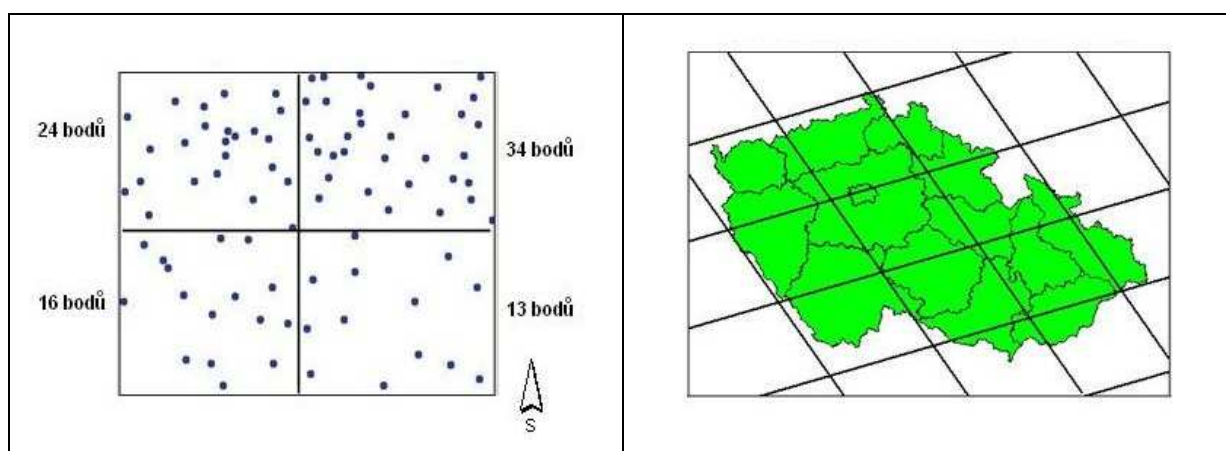
Pracujeme-li tedy s polygonovým tématem (například s městy nebo sídly) a potřebujeme-li vyhodnotit prostorové rozmístění různých jevů zastoupených v těchto jednotkách nebo změny jevů v jednotkách v čase, převedeme polygony - města či sídla na centroidy – body.

Nejjednodušší způsob analýzy rozmístění bodů je jejich vizualizace a porovnání se třemi typy rozmístění - pravidelným, shlukovým a náhodným (obr. 35).



**Obr. 35 Jednoduchá vizuální analýza rozmístění bodů**

Rozmístění geoobjektů můžeme analyzovat pomocí vytvořené mřížky. Zkoumanou plochu rozdělíte pomocí mřížky a zjišťujeme zastoupení bodových objektů v jednotlivých buňkách, pak provedeme vyhodnocení (obr. 36). Zvolená mřížka může být vytvořena na základě různých hypotéz, například můžeme sledovat rozmístění geoobjektů vzhledem ke světovým stranám, nebo vzhledem ke vzdálenosti od státních hranic (obr. 36). Mřížku můžeme nahradit také obalovými zónami kolem center nebo kolem komunikací. Takto lze hodnotit prostorové nebo časové změny, například změny v rozmístění zahraničních investic, šíření inovací v prostoru apod.



**Obr. 36 Analýza rozmístění bodů za pomoci mřížky**

### **3.3.2 Výpočet středních hodnot**

Hodnocení rozmístění geoobjektů lze provádět také pomocí vypočítaných středních hodnot. Střední hodnoty se mohou prostřednictvím GIS počítat nejen z atributových dat, ale také z dat o poloze geoobjektů - nejlépe opět o poloze bodů.

Střední hodnoty lze použít při porovnávání rozmístění geoobjektů ve dvou nebo více regionech nebo při hodnocení změn rozmístění jevů v čase.

**Geografický střed** je bod, jehož x-ová souřadnice je průměrem x-ových souřadnic sledovaných bodů a y-ová souřadnice je průměrem y-ových souřadnic sledovaných bodů.

Můžeme počítat průměrný střed (*mean centre* - obr. 37a) nebo vážený průměrný střed (*weighted mean centre* - obr. 37a).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

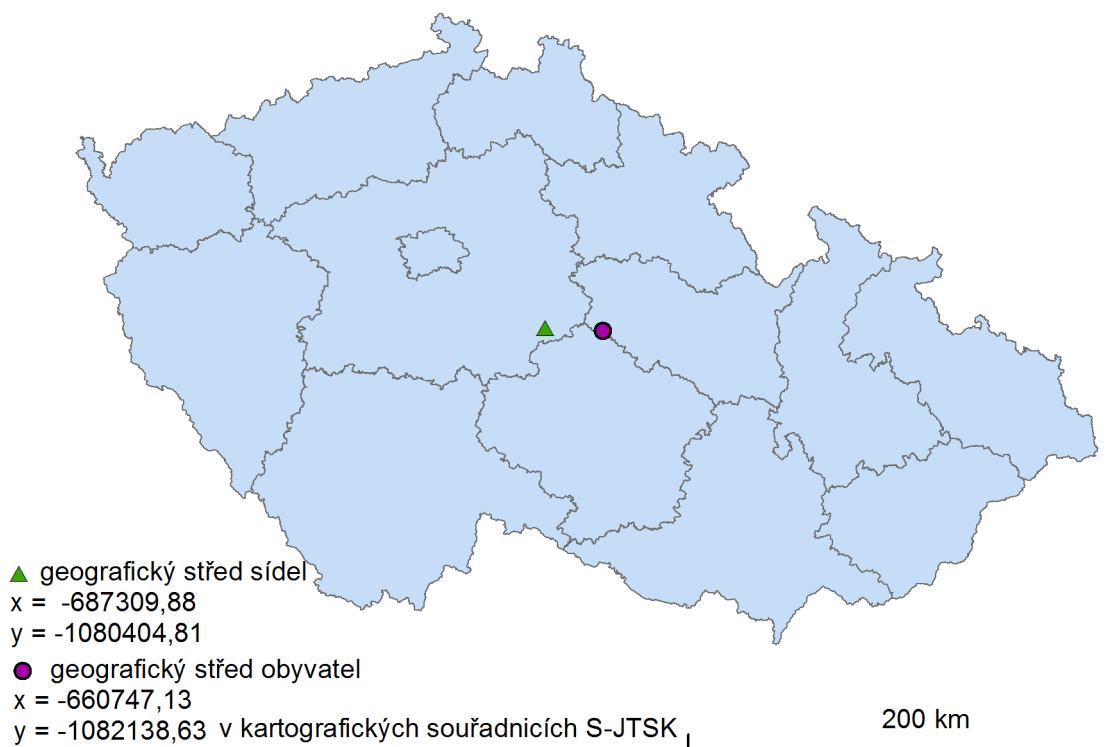
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

**Obr. 37a Průměrný střed,**  
kde  $X_i$  je x-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  a  $Y_i$  je y-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$ .

**Obr 37b Vážený průměrný střed,**  
kde  $X_i$  je x-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  a  $Y_i$  je y-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  a  $W_i$  je váha bodu  $B(X_i, Y_i)$ .

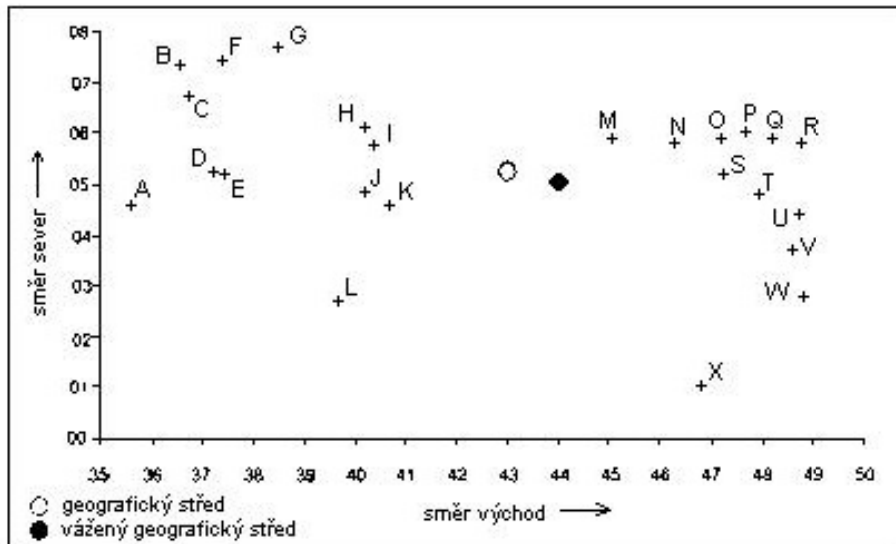
**Vážený průměrný střed** se používá v případě výskytu více událostí/jevů v jednom bodě. Každý bod má váhu přímo úměrnou počtu událostí/jevů v tomto bodě. Například pro výpočet středu obyvatelstva České republiky použijeme souřadnice sídel a váhou bude počet obyvatel v těchto sídlech (obr. 38).



**Obr. 38 Geografický střed sídel (a - mean centre) a obyvatel (b - weighted mean centre)**

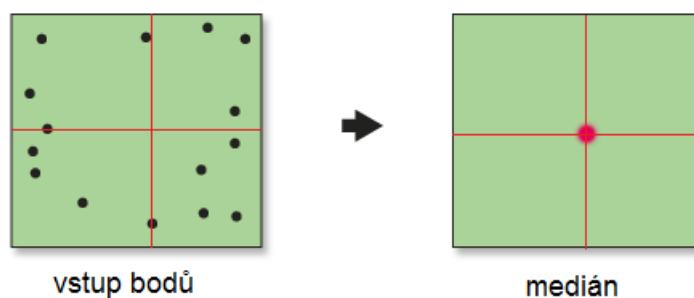
České republiky v roce 2001

Geografický střed má stejné nevýhody jako aritmetický průměr - je to především citlivost na extrémní hodnoty. Dále existují-li shluky, výsledek - vypočtený geografický střed nereprezentuje dobře zkoumaný soubor bodů (obr. 39).



**Obr. 39 Geografický střed archeologických lokalit (Walford 1995).**

Další ukazatelem prostorového rozmístění může být geografický medián. Mediánový střed je analogie mediánu ve statistických souborech. Bod představující geografický medián zjistíme tak, že najdeme medián na ose X a medián na ose Y, vedeme z těchto bodů linie kolmé na směry osy. Průsečík linií je geografický medián (obr. 40).



**Obr. 40 Geografický medián**

Pro srovnávání rozmístění v různých prostorových jednotkách (například rozmístění v jednotlivých státech nebo regionech) lze využít další charakteristiky rozptýlení. Nejčastěji se používají dva ukazatele - směrodatná vzdálenost a koeficient relativního rozptýlení.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Obr. 41a Směrodatná vzdálenost,

kde  $X_i$  je x-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  i a  $Y_i$  y-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  a  $\bar{X}$  a  $\bar{Y}$  jsou vypočítané průměry souřadnic.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i * W_i - \bar{x}_w)^2}{\sum_{i=1}^n W_i} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i * W_i - \bar{y}_w)^2}{\sum_{i=1}^n W_i}}$$

Obr 41b Vážená směrodatná vzdálenost,

kde  $X_i$  je x-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$  i a  $Y_i$  y-ová souřadnice bodu  $B(X_i, Y_i)$ ,  $W_i$  je váha bodu  $B(X_i, Y_i)$  a  $\bar{X}_w$  a  $\bar{Y}_w$  jsou vypočítané průměry souřadnic násobené vahou.

Směrodatná vzdálenost (standard distance) odpovídá měření rozptylu kolem průměrného středu (obr. 41). **Koeficient relativního rozptýlení** (*coefficient of relative dispersion*) porovnává velikost směrodatné vzdálenosti s velikostí poloměru kruhu, který zaujímá stejnou plochu jako studovaná oblast (obr. 42).

$$CRD = 100 * \frac{S_d}{A_k} = 100 * \frac{S_d}{\sqrt{\frac{R}{\pi}}} = 100 * S_d * \sqrt{\frac{\pi}{R}}$$

Obr. 42 Koeficient relativního rozptýlení,

kde  $S_d$  je směrodatná vzdálenost a  $R$  je velikost (rozloha) zkoumaného území.

Výpočet směrodatné vzdálenosti i koeficient relativního rozptýlení lze vypočítat za pomoci výpočtů v atributové tabulce. Zápis hodnot souřadnic X a Y do atributové tabulky. Poloha bodů je v mapě vyjádřena souřadnicemi X,Y. Abychom mohli počítat statistiky z polohových informací, musíme nejprve hodnoty souřadnic bodů (X a Y) vložit do atributové tabulky. Další výpočty provedeme v atributové tabulce (viz tabulka 4).

Místo	Souřadnice		Počet událostí (W)	X*W	Y*W	$\{(X*W) - (\bar{X} * W)\}^2$	$\{(Y*W) - (\bar{Y} * W)\}^2$
	X	Y					
A	628	241	4	2512	964	56484243,4	8372921,0
B	615	256	3	1845	768	13218314,5	2503356,8
C	648	231	5	3240	1155	169898190,3	20903184,0
.							
.							
součet	1891	728	12	7597	2887	239600748,1	31779461,8

Tab. 4. Polohové údaje o bodech, použité pro výpočet geografického středu, směrodatné vzdálenosti a koeficientu relativního rozptýlení.

Výpočet směrodatné vzdálenosti

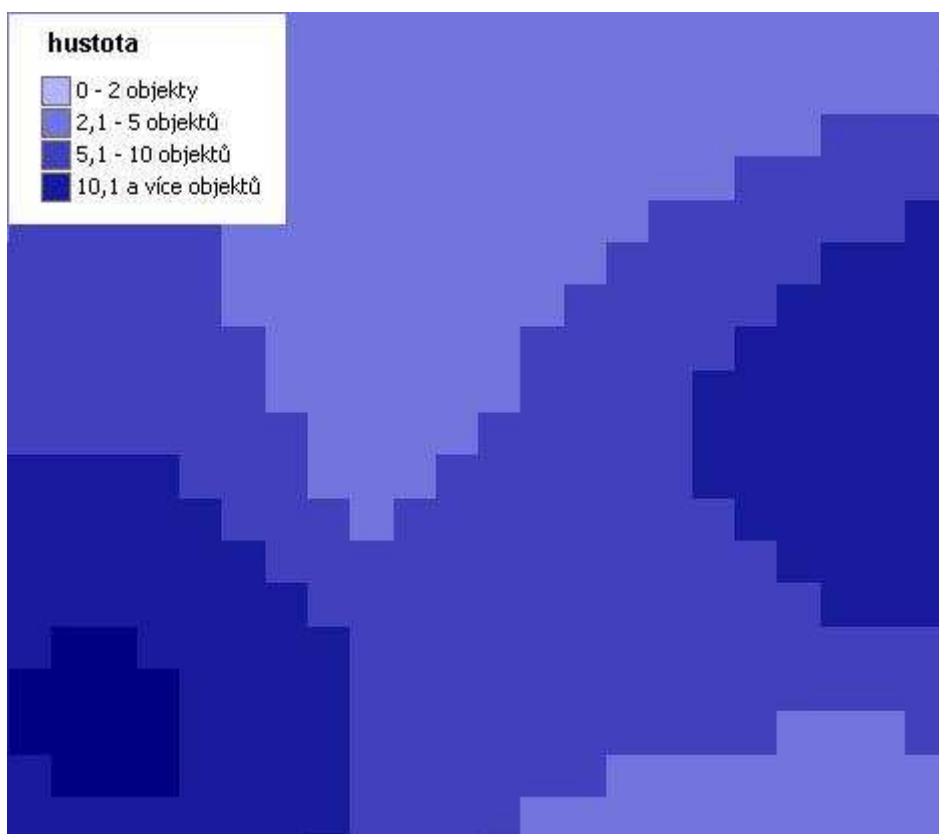
$$S_d = \sqrt{\frac{239600748,1}{12} + \frac{31779461,8}{12}} = \sqrt{19966729,01 + 2648288,48} = \sqrt{22615017,49} = 4755$$

Výpočet koeficientu relativního rozptýlení

$$CRD = 100 * 4755 * \sqrt{\frac{\pi}{R}} = 475\,500 * \sqrt{\frac{\pi}{R}}$$

### 3.3.3 Mapa hustoty

Jednoduchým kritériem popisu rozložení bodových objektů nebo jejich vlastností je počet bodů na jednotku plochy respektive hodnota připadající na jednotku plochy. Tento ukazatel se nazývá hustota. Jistě všichni víme, jak vypočítat hustotu zalidnění regionu, počet obyvatel regionu vydělíme rozlohou regionu. Hustotu jsme vždy počítali pro zvolené administrativní jednotky. Pomocí GIS můžeme počítat hustotu pro libovolně zvolené jednotky území. Velmi vhodné je zjišťovat hustotu za pravidelné prostorové jednotky, například za jednotlivé buňky rastru (obr. 43).

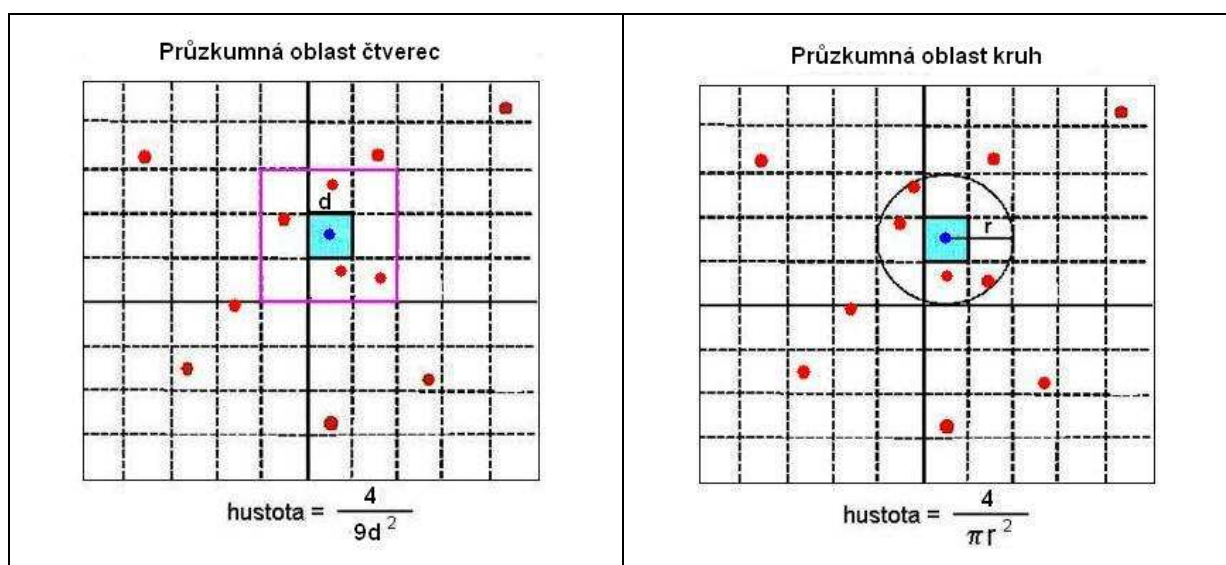


Obr. 43 Výpočet hustoty za pravidelné jednotky - buňky rastru

Hustota se počítá ze vstupní bodové vrstvy. Můžeme počítat hustotu bodů nebo hustotu hodnot bodů. Využitím této metody se vytvoří nová rastrová vrstva, v níž je pro každou

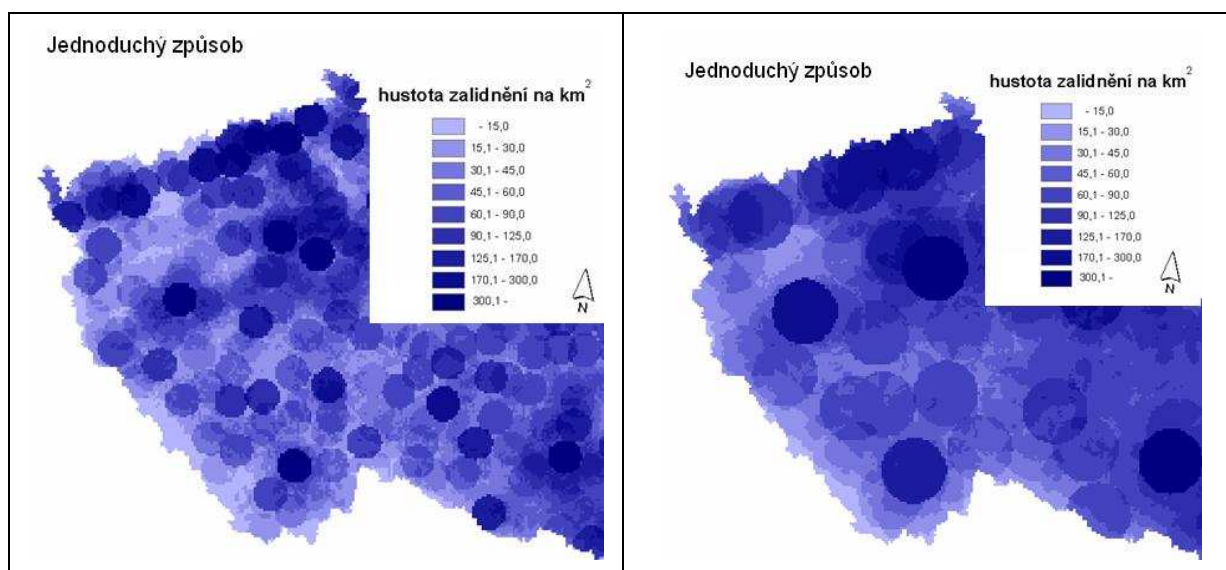


buňku rastru vypočítána hodnota z bodů, nacházejících se v buňce a v jejím okolí (z takzvané průzkumné oblasti). Počet bodů, respektive suma hodnot bodů, nacházejících se v průzkumné oblasti se vydělí plochou průzkumné oblasti. Průzkumnou oblastí může být kruh nebo čtverec (obr. 44). Pro výpočet hustoty je důležitým parametrem velikost průzkumné oblasti. Tento parametr je volitelný uživatelem. Mapa hustoty je založena na postupném výpočtu hustoty pro každou buňku rastru zvlášť pomocí filtrovacího okénka, systém tedy postupně počítá pro každou buňku hodnoty hustoty. Výpočet hustoty se počítá dvěma způsoby, jednoduchým započítáváním všech bodů nebo pomocí jádrového odhadu.



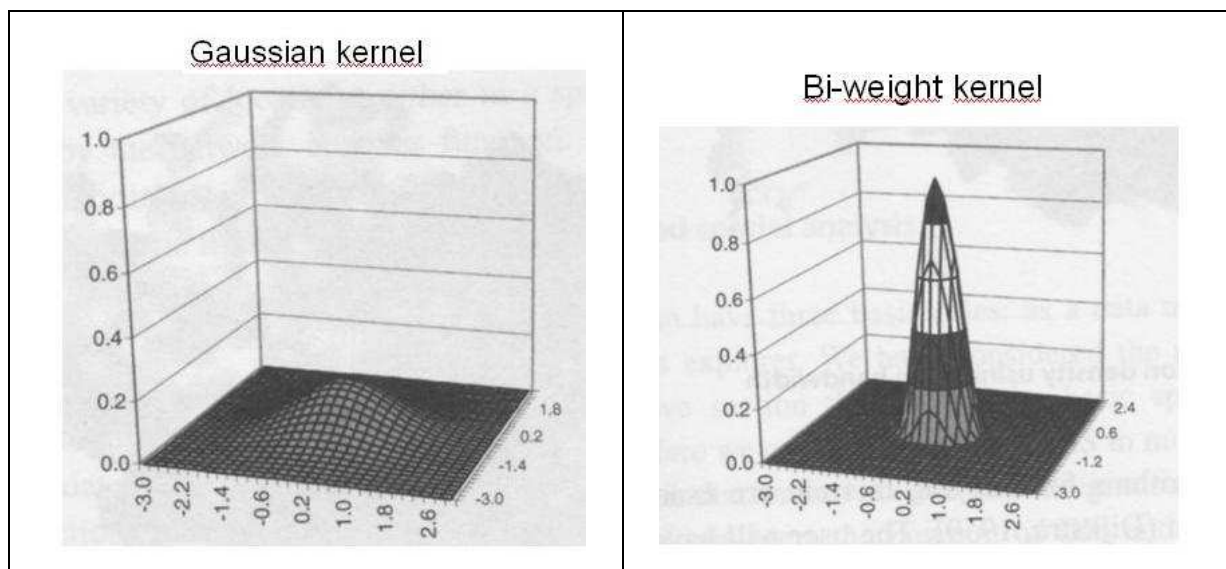
**Obr. 44 Výpočet hustoty v modré buňce**

Velikost průzkumné oblasti (filtrovacího okénka) ovlivňuje vypočtenou hustotu, to ukazuje obrázek 45. Na obrázku 45a je zobrazena hustota zalidnění v České republice. Buňka rastru má hranu 1 km, hodnota buňky se počítá ze sídel vzdálených od středu buňky 10 km. Na obrázku 45b je také zobrazena hustota zalidnění v České republice. Buňka rastru má hranu 1 km, hodnota buňky se počítá ze sídel vzdálených od středu buňky 20 km.



**Obr. 45 Závislost výsledné hustoty na velikosti filtrovacího okénka**

Nevýhodou výpočtu v předešlých ukázkách je, že se do buňky započítávají všechny body z průzkumné oblasti stejně, nezáleží na vzdálenosti od právě počítané buňky (respektive od středu právě počítané buňky). Tento problém pomáhá odstranit tzv. jádrové vyhlazení (kernel). Kernel je funkce, která zajišťuje, že body, které jsou blíže ke středu buňky, se započítávají více než ty, které jsou vzdálenější. Používají se různé „kernel funkce“. Představu si lze vytvořit pomocí graficky vyjádřených "kernel funkcí" (obr. 46).



Obr. 46 Grafické znázornění kernel funkcí (výpočet pro bod se souřadnicemi 0,0).

Pro výpočet hodnoty buňky lze využít opět kruhovou nebo čtvercovou průzkumnou oblast (obr. 47). Jestliže uvažujeme hustotu bodů, je hodnota buňky  $Z(S_0)$  počítána na základě odhadu intenzity prostorového bodového vzorku. Jestliže  $S_0$  reprezentuje střed buňky, jejíž hustotu zjišťujete, a  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , jsou body v okolí (v průzkumné oblasti), potom hodnota v buňce reprezentované středem  $S_0$  může být odhadnuta jako

$$(a) \quad Z(S_0) = \frac{\sum_{i=1}^n K * d_i}{\pi r^2}$$

$$(b) \quad Z(S_0) = \frac{\sum_{i=1}^n K * d_i/h}{nh^2}$$

Vzorec (a) platí pro průzkumnou oblast kruh a vzorec (b) pro průzkumnou oblast čtverec.

$Z(S_0)$  představuje vypočítanou hodnotu buňky se středem  $S_0$ ,

**K** je vhodně vybraná funkce dvourozměrné hustoty pravděpodobnosti, (kernel - jádro), která musí být symetrická kolem počátku,  $d_i$  - vzdálenost mezi bodem  $S_0$  a bodem  $S_i$  ( $i \in \{1..n\}$ ),  $r$  - poloměr kruhové průzkumné oblasti,  $n$  - počet buněk v čtvercové průzkumné oblasti,  $h$  - parametr buňky (délka hrany).

Jestliže uvažujeme hustotu hodnot bodů, je hodnota buňky počítána na základě odhadu intenzity hodnot prostorového bodového vzorku. Jestliže  $S_0$  reprezentuje střed buňky, jejíž hustotu zjišťujeme, a  $Z(S_1), Z(S_2), \dots, Z(S_n)$  jsou hodnoty bodů v okolí (v průzkumné oblasti), potom hodnota  $Z(S_0)$  v buňce reprezentované středem  $S_0$  může být odhadnuta jako

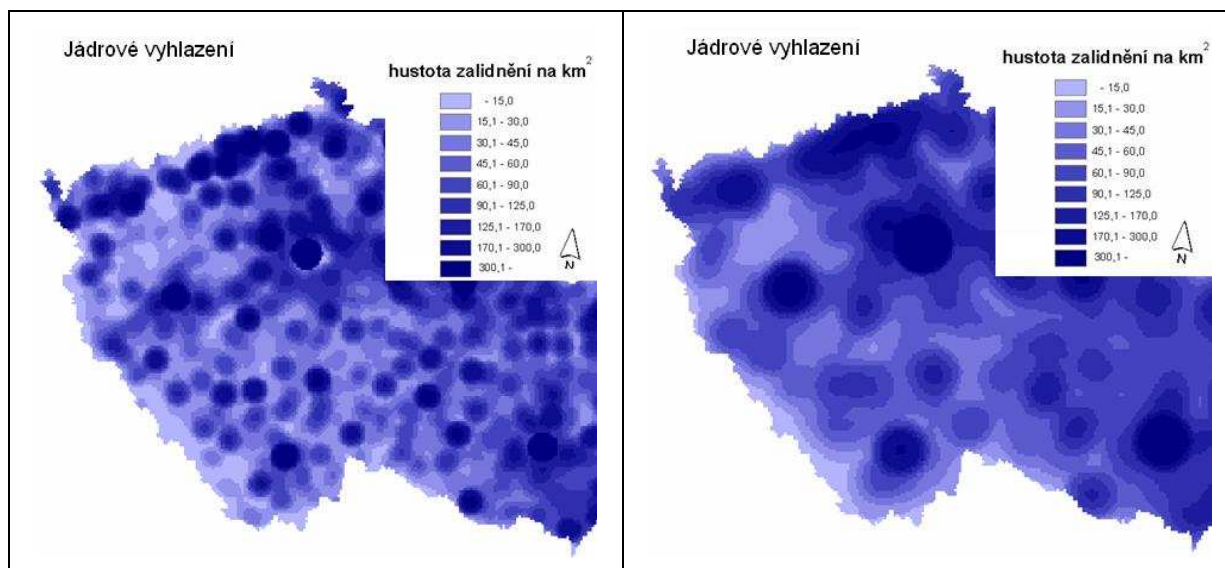
$$(a) \quad Z(S_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(S_i) * K * d_i}{\pi r^2}$$

$$(b) \quad Z(S_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(S_i) * K * d_i/h}{nh^2}$$

Vzorec (a) platí pro průzkumnou oblast kruh a vzorec (b) pro průzkumnou oblast čtverec.

$Z(S_0)$  je hodnota buňky se středem  $S_0$ ,  $Z(S_i)$  je hodnota bodu  $S_i$ , **K** je vhodně vybraná funkce dvourozměrné hustoty pravděpodobnosti, (kernel - jádro), která musí být symetrická kolem počátku,  $d_i$  - vzdálenost mezi bodem  $S_0$  a bodem  $S_i$  ( $i \in \{1..n\}$ ),  $r$  - poloměr kruhové průzkumné oblasti,  $n$  - počet buněk v čtvercové průzkumné oblasti,  $h$  - parametr buňky (délka hrany).

Výpočet hustoty pomocí jádrového vyhlazení dává realističtější výsledky. Na obr. 47 je zobrazena hustota zalidnění v České republice, buňka rastru má stranu 1 km. Na obr. 47a je znázorněna situace, kdy se hodnota buňky počítá ze sídel vzdálených od středu buňky 10 km za použití jádrového odhadu (Gaussian), na obr. 47b pak situace, kdy hodnota buňky se počítá ze sídel vzdálených od středu buňky 20 km opět za použití jádrového odhadu (Gaussian).



**Obr. 47 Výpočet hustoty pomocí jádrového vyhlazení**

Mapa hustoty, počítaná ze vstupní bodové vrstvy, vytvoří novou rastrovou vrstvu, která při vhodné volbě velikosti buňky i průzkumné oblasti velmi dobře zobrazuje prostorovou diferenciaci jevů.

### ***Otázky a cvičení 3:***

1. Vytvořte bodové téma v ArcGIS. Polygonové téma obce Plzeňského kraje převedte na body - centroidy. Použijte připravená data - polygonové téma OBCE (shapefile) a vytvořte z nich bodové téma, které pojmenujte je OBCE\_B. Potřebná geodata jsou připravena jako komprimovaný soubor DATA3.zip.
2. Vypočítejte geografické středy rozmístění obyvatel v Plzeňském kraji a dále v jednotlivých okresech Plzeňského kraje. Využijte k tomu bodové téma OBCE\_B, které jste vytvořili ve cvičení 1 a téma OKRESY, připravené v souboru DATA3.zip. V tématu OBCE\_B jsou položky OB91, kde je uveden počet obyvatel v obcích v roce 1991, OB01, kde je uveden počet obyvatel v obcích v roce 2001 a OB11, kde je uveden počet obyvatel v obcích v roce 2011, dále položka NUTS4, kde je uveden kód okresu, a NUTS3, kde je uveden kód kraje. Téma OKRESY využijte k vizualizaci výsledků.
3. Vypočítejte koeficient relativního rozptýlení obyvatel v Plzeňském kraji a dále v jednotlivých okresech Plzeňského kraje. Výsledky diskutujte.
4. Vytvořte mapu hustoty zalidnění Plzeňského kraje. Použijte k tomu bodové téma OBCE\_B (shapefile). Zamyslete se nad parametry, které při tvorbě mapy hustoty zalidnění použijete.

### 3.4 Tvorba povrchu (kontinuálního pole)

Mnoho geografických dat je rozloženo kontinuálně po celém povrchu zkoumaného území. Typickým příkladem je zemský povrch, který je znázorňován jako digitální model terénu (DMT). Každý bod na zemském povrchu je jednoznačně identifikován geografickými nebo kartografickými souřadnicemi a nadmořskou výškou. Podobně je možné zobrazit teplotu vzduchu, atmosférický tlak nebo půdní pokryv. Říkáme, že tato geodata tvoří povrch. Hodnoty těchto geodat získáme měřením ve vybraných místech. Na jiných místech se pak snažíme je co nejpřesněji odhadnout. Postupy tvorby povrchů jsou obsahem následující kapitoly.

#### 3.4.1 Co jsou povrchy a povrchové modely?

Existuje poměrně velké množství geografických dat získávaných měřeními nebo odečtením ve vybraných bodech umístěných na zemském povrchu. Jedná se například nadmořské výšky, teploty atmosféry, koncentrace škodlivin v atmosféře, hloubku půdního pokryvu apod. Tato data jsou rozložena kontinuálně po celém zemském povrchu, avšak v každé lokalitě je nelze získat měřeními, proto jsou hodnoty měřené jen na vybraných místech. Generování kontinuálního povrchu z bodových měření pak představuje klíčovou operaci, která umožňuje tato data využívat pro jiné lokality i pro rozsáhlejší plochy. Tato operace je důležitou procedurou požadovanou v GIS aplikacích. Nejčastěji jsou generované povrchy užity při modelování digitálního modelu terénu nebo modelování meteorologických a klimatických charakteristik. Tato data se v prostoru kontinuálně mění, nazývají se kontinuální.

Jako povrch můžeme vyjádřit i nespojitě jevy. Pak jde o model, kterým chceme například ukázat regionální diferenciaci nebo zjistit prostorové trendy různých jevů. V humánní geografii jsou některá nespojitá data vnímána jako spojitá. Příkladem může být počet obyvatel, zaměstnanost, průmyslová výroba. V rámci území se tato data vyskytují bodově, ale jejich hodnoty jsou většinou uplatňovány za určité území jako celek. Takovým datům říkáme "semikontinuální".

Povrch může být v digitálním 2D zpracování reprezentován pěti způsoby (obr. 5):

- jako nepravidelná trojúhelníková síť (Triangulated Irregular Network, TIN);
- izoliniemi - spojnice bodů se stejnými hodnotami;
- pomocí pravidelné sítě bodů, které představují vrcholy zvolené mřížky (lattices);
- úplným pokrytím pravidelnými buňkami - rastrem buněk;

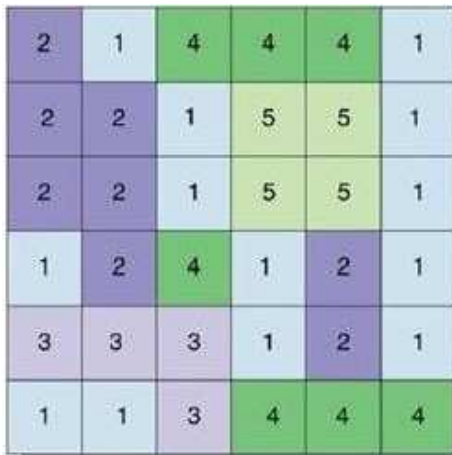
- úplným pokrytím polygony - zvláštním případem jsou Voronoi polygony.

Nejčastěji se v digitálním zpracování využívají modely TIN nebo rastrové modely. Modely TIN mají výhodu, že velmi dobře dokážou popsat povrch v různých úrovních rozlišení a efektivně ukládají využitá data. Nevýhodou je nutnost kontroly vytvořené sítě. Výhodou rastru je jednoduchý způsob ukládání dat a poměrně jednoduchý způsob zpracování následných analýz. Nevýhodou je možnost pracovat jen na elementární velikostní úrovni buněk, tedy s velkým obsahem dat.

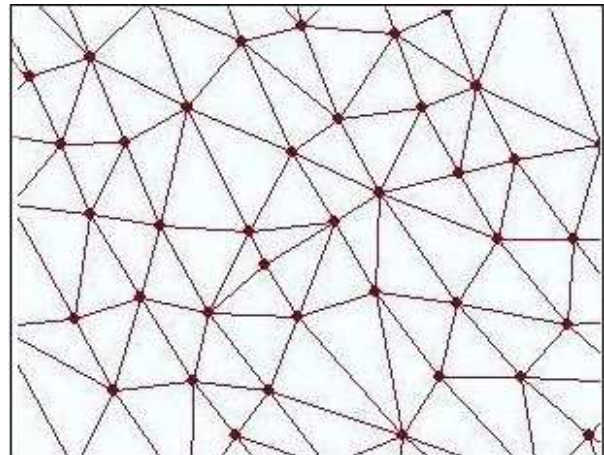
Povrchy můžeme charakterizovat jako matematicky definované plochy v prostoru. Jako jeden celek to často není možné, proto se rozděluje celý povrch na menší části, v nichž jsou pak počítány hodnoty souřadnice Z různými způsoby **interpolace**. Pomocí interpolace se odvozuje povrch užitím naměřených hodnot z vybraných lokalit nebo zpracováním jiných datových podkladů.

Interpolace předpovídá hodnoty všech bodů povrchu pomocí omezeného množství vstupních dat. Takto lze předpovídat neznámé hodnoty pro místa, kde nebylo provedeno měření nebo jiné zjišťování. Interpolace je založena na předpokladu, že prostorově rozložené objekty jsou prostorově korelované. Jinými slovy řečeno to znamená, že objekty, které jsou blízko sebe, mají podobné vlastnosti. Například jestliže napadne sníh nebo prší na jedné straně ulice, můžeme s vysokou pravděpodobností předpokládat, že bude sníh nebo bude pršet i na druhé straně ulice. Základním požadavkem na model povrchu je tedy možnost odvodit hodnotu povrchu pro definované místo. Způsob řešení tohoto požadavku souvisí se způsobem využití modelu. Všechny metody vytváření povrchů jsou založeny na podobnosti sousedních vzorků bodů.

V GIS se nejčastěji používají dva druhy povrchových modelů: rastrový a nepravidelná trojúhelníková síť - TIN (obr. 48 a 49). Rastry zobrazují povrch jako pravidelnou síť buněk s vybranou nebo interpolovanou hodnotou. TIN zobrazuje povrch jako soubor nepravidelně lokalizovaných bodů spojených do sítě trojúhelníků, vrcholy trojúhelníka mají známou hodnotu Z. TIN je specifický tím, že vstupní data si i v modelu zachovávají svou přesnost a současně určují hodnoty mezi těmito body. Budování TIN modelu je náročné, ale dnes běžně používané. Nový výškopis ČR v podobě TIN lze také získat hotový.

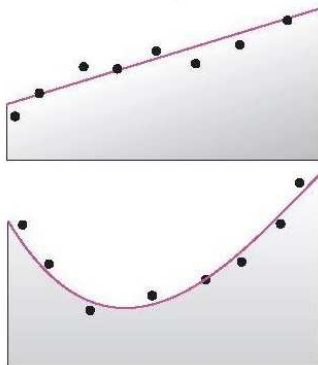


Obr. 48 Rastrový model povrchu

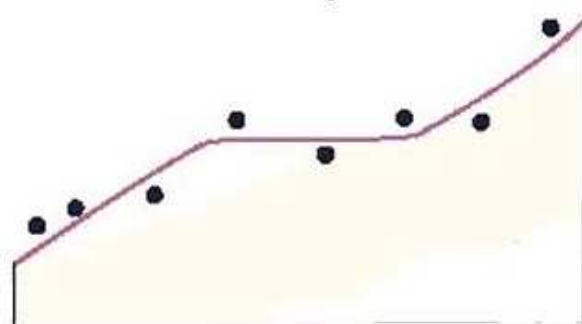


Obr. 49 Model TIN

Rastrové modely jsou v oblasti humánní geografie používanější, protože nejsou tak náročné na vstupní data. Můžeme je rozdělit do dvou skupin na **globální** a **lokální**. Při globální interpolaci se používají všechny dostupné údaje z celé zájmové oblasti a na jejich základě se vytvářejí předpovědi povrchu (obr. 50). Při lokální interpolaci jsou výpočty dělány jen s daty z okolí odhadovaného bodu tak, aby výsledky co nejlépe odpovídaly skutečnosti (obr. 51).



Obr. 50 Globální interpolace



Obr. 51 Lokální interpolace

Globální interpolace nejsou většinou použity pro přímou tvorbu povrchu, ale pro zkoumání regionální diferenciace, popřípadě se využívají pro modelování trendů, tedy při analýzách. Globální metody jsou z hlediska výpočtu jednodušší, často jsou založeny na standardních statistických analýzách, na analýze rozptylu či regresní analýze. Dále můžeme interpolační metody dělit na **exaktní**, které respektují původně naměřené hodnoty a na metody **aproximující**, které výsledný povrch shlazují.

Jiný způsob rozdělení interpolačních technik je členění na **deterministické** a **geostatistické** (stochastické) metody. Deterministické techniky užívají pro prostorovou interpolaci matematické funkce. Geostatistické metody vytvářejí povrch na základě statistického vyhodnocení a počítají odhad nejistoty předpovědi. Geostatistické analýzy také často

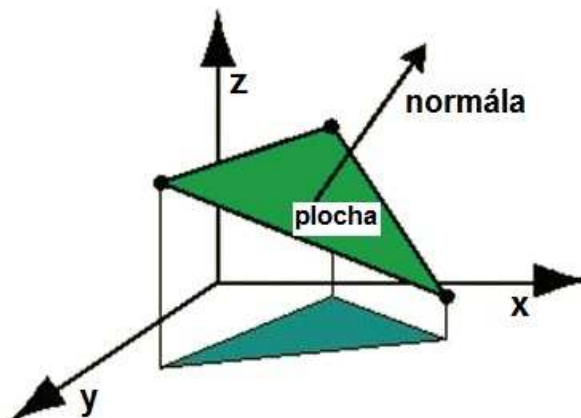
umožňují lepší porozumění rozložení prostorových dat (geodat), jedná se vlastně o analytické prostředky GIS.

#### **K vytvoření povrchu se nejčastěji používají metody:**

- metoda zpracování nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN);
- metoda Voronoi polygonů - deterministická, lokální;
- metoda vážené inverzní vzdálenosti (IDW) - deterministická, lokální;
- metoda splajnů - deterministická, lokální;
- metoda trendu - deterministická, globální;
- metoda krigingu - stochastická, lokální;
- metoda cokrigingu - stochastická, lokální.

#### **3.4.2 Digitální model terénu vytvořený pomocí TIN**

V počítačové reprezentaci používáme pro modelování skutečného povrchu Země digitální model terénu (DMT, anglicky digital terrain model - DTM). DMT je tvořen z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat výšky všech bodů v zobrazené ploše. Pro vytvoření digitálního modelu terénu používáme jako data informace o nadmořských výškách, například kóty - body, jejichž nadmořské výšky známe, nebo vrstevnice.



**Obr. 52 Elementární jednotka modelu TIN**

Model povrchu TIN (Triangulated Irregular Network, nepravidelná trojúhelníková síť) se skládá z bodů, které mají známou hodnotu Z, sousední body tvoří trojúhelníkové plochy - povrch (obr. 52). Základní stavební kameny modelu TIN jsou tedy body – vrcholy trojúhelníků. Vrcholy představují skutečně změřené body ze vstupních dat nebo druhotně vybrané vertexy izolinií. Každý bod, který je včleněn do trojúhelníkové sítě, má známou Z hodnotu a je spojený se svými nejbližšími sousedy hranami trojúhelníků, které splňují Delaunay kritérium (do kružnice opsané trojúhelníku nepadne žádný jiný bod). Protože hrany



mají krajní body se známou hodnotou Z, je možné vypočítat sklon podél hrany a interpolací také hodnoty libovolných bodů trojúhelníka.

Ve strukturách TIN lze k interpolaci přistupovat dvěma způsoby. Buď se plocha trojúhelníka považuje za rovinnou, nebo za obecně křivou. Pokud uvažujeme případ první – rovinnou plochu, lze z TIN struktury načíst všechny souřadnice vrcholů prostorového trojúhelníka a pomocí těchto souřadnic vypočítat koeficienty rovnice rovinné trojúhelníkové plochy v prostoru:

$$a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0$$

kde  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  jsou konstanty lineární soustavy rovnic. Při výpočtu se tedy jedná o řešení soustavy lineárních rovnic, z níž můžeme vypočítat souřadnice jakéhokoliv bodu v trojúhelníkové ploše.

V druhém případě se při průběhu plochy analyzovaného trojúhelníka bere v úvahu i její průběh na sousedních plochách a k popisu se používají například Bezierovy plochy. Model TIN se nejčastěji používá k vytvoření digitálního modelu terénu. Vstupem pro vytvoření modelu TIN jsou body s polohovými souřadnicemi ( $X$ ,  $Y$ ) a výškovou souřadnicí ( $Z$ ). Tyto body se stávají vrcholy trojúhelníků (obr. 53). Pro vstup do TIN modelu se mohou použít také linie i polygony. Část těchto vstupních prvků musí mít  $Z$ -ovou hodnotu. Vstupní geodata si zachovávají svou přesnost, a současně určují hodnoty mezi těmito body. Vstupem do modelování TIN mohou být vrstevnice. V tom případě proces nikdy nezahrnuje úplně všechny body vstupní linie či polygonu, systém provádí výběr. Dále je nutné jednoznačně identifikovat linie a plochy, které mají pro tvorbu digitálního modelu terénu formou TIN zásadní význam, například zlomové prvky (umělé zářezy do krajiny, průrvy, strže) a vodorovné plochy (vodní plochy), nad kterými není možné interpolaci provádět (obr. 54).

Digitální model terénu (Digital Terrain Model, DTM) se vytváří z naměřených údajů z pozemních měření, z údajů již zpracovaných map nebo pomocí stereoskopické interpretace leteckých snímků. Poslední jmenovaná metoda je obsahem fotogrametrického vyhodnocování speciálních leteckých snímků.

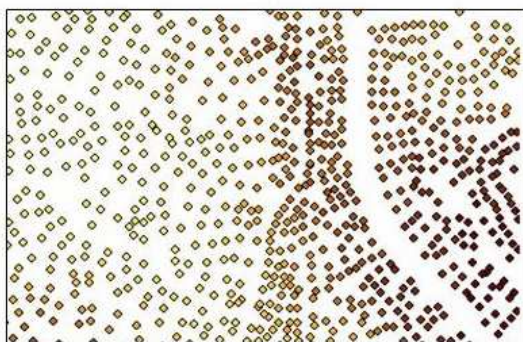
TIN modely jsou méně dostupné než rastrové povrchové modely, protože jejich budování je náročné. Zato jsou přesnější. TIN povrchy jsou využité především pro modelování menších oblastí. Model TIN lze převést na vrstevnicemi znázorněný povrch nebo na rastrový povrch.

V humánní geografii je model terénu využitelný při vizualizaci krajiny. Terén se může zobrazit v barevné hypsometrii, lze na něj „nalepit“ texturu - ortofoto, digitální mapu nebo jinou grafiku. Terén je možné „osadit“ porosty nebo jinými objekty buď ve formě bitmapových obrázků nebo 3D objektů a doplnit pozadím (obloha). Výstupy mohou být statické - obrázky zobrazující povrchové tvary, pohledové mapy nebo je možno vytvořit „průlet“ nad terénem podle zadané trasy formou animace.

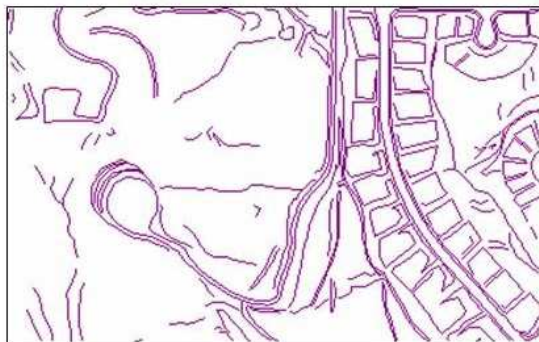
V literatuře se používají pro digitální model dva termíny, digitální výškový model (DEM - Digital Elevation Model) jako model vytvořený jen z hodnot výšek a digitální model terénu (DTM - Digital Terrain Model) - model vytvořený za použití dalších liniových nebo plošných objektů. Dále se setkáme s pojmem digitální model povrchu, který na rozdíl od DTM zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm, tedy střechy, koruny stromů a podobně (Šíma 2003).

### **3.4.3 Tvorba modelu TIN v ArcGIS<sup>9</sup>**

Model TIN lze vytvořit z jednoho nebo více druhů vstupních dat. Do vytvořeného modelu TIN můžeme přidávat další zpřesňující údaje.



**Obr. 53 Model TIN se vytváří z bodů,**  
v terminologii ArcGIS se nazývají mass point



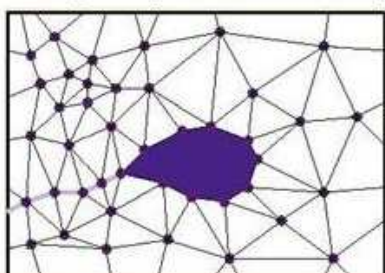
**Obr. 54 Linie a polygony v modelu TIN určují významné změny tvarů povrchu,**  
v terminologii ArcGIS se tyto prvky nazývají breaklines (hard breakline – diskontinuita, soft breakline – přichycení)

TIN je vytvořen z bodů (MASS POINTS), z linií (BREAK LINES ) a z polygonů (HULLS). Body (mass points) tvoří primární vstup do TIN modelu (obr. 53), jsou to místa, kde je hodnota Z měřena. Body určují celkový tvar povrchu. Při modelování TIN mohou mít oblasti s malými rozdíly Z - ových hodnot řídkou síť bodů, naopak oblasti se složitými poměry by měly mít síť bodů hustou.

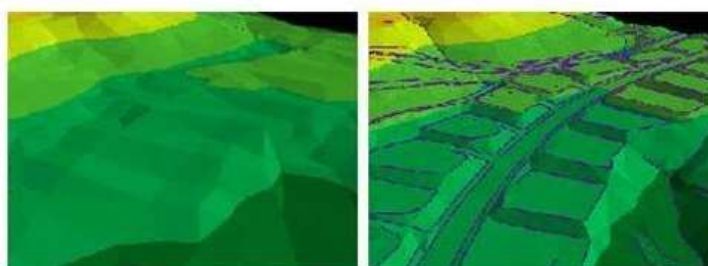
<sup>9</sup> V tomto textu se používají pojmy ze systému ArcGIS.

Linie využívané při tvorbě TIN modelu (breaklines) nemusí mít známé Z-ové hodnoty (obr 54). Mohou však tvořit hrany trojúhelníků. V ArcGIS se používají dva druhy breaklines. "Hard breaklines" reprezentují neočekávané změny sklonu povrchu. Ty mohou tvořit terénní zlomy nebo silnice, když se "zařezávají" do povrchu. "Soft breaklines" přidávají hrany do TIN, ale pouze se zachytávají, nemění sklon povrchu. Mohou to být například hranice.

Některé polygony reprezentují povrchové prvky jako například jezera. V ArcGIS se takové polygony nazývají HULLS (obr. 55). Ploše takového polygonu se přiřadí stejná hodnota Z. Při tvorbě TIN v ArcGIS se definují čtyři typy operací s polygony. „Clip polygons“ jsou polygony, které definují hranici pro interpolaci a analytické operace, oříznou plochu vytvořeného modelu. „Erase polygons“ jsou polygony, které také definují hranice pro interpolaci a analytické operace, vyřiznou polygony, kde se neprovádí interpolace ani analytické operace. „Replace polygons“ jsou polygony, které vytvoří hranici v TIN, vnitřní ploše tohoto polygonu se přiřadí stejná hodnota. Tento polygon může nahradit vodní plochu. „Fill polygons“ jsou polygony, které přidají celočíselnou hodnotu všem trojúhelníkům, nacházejícím se uvnitř polygonu, jde o hodnotu z atributové tabulky polygonu.

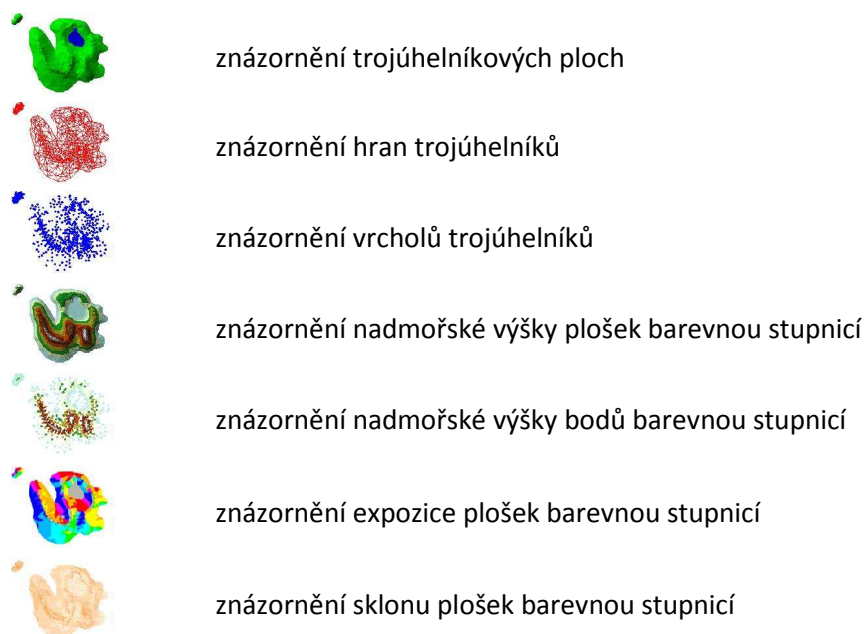


**Obr. 55 Polygon (HULL)**



**Obr. 56 Model TIN bez breaklines a s breaklines**

Model TIN můžeme převést do vyjádření povrchu pomocí vrstevnic nebo pomocí rastru (GRID). Každé buňce tohoto modelu je přiřazena hodnota nadmořské výšky. Z vytvořeného rastrového modelu je možné počítat všechny základní statistiky - průměrnou nadmořskou výšku, medián, modus, nebo zobrazit rozložení nadmořských výšek pomocí histogramu. Model TIN můžeme v ArcGIS zobrazit různými způsoby, možnosti ukazuje obr. 57.



znázornění trojúhelníkových ploch

znázornění hran trojúhelníků

znázornění vrcholů trojúhelníků

znázornění nadmořské výšky plošek barevnou stupnicí

znázornění nadmořské výšky bodů barevnou stupnicí

znázornění expozice plošek barevnou stupnicí

znázornění sklonu plošek barevnou stupnicí

**Obr. 57 Způsoby zobrazení modelu TIN v ArcGIS**

Topologická struktura modelu TIN je v ArcGIS definovaná pomocí informací o bodech, jejich příslušnosti k trojúhelníkům a informací o přilehlých trojúhelnících. Pro každý trojúhelník se v modelu TIN zaznamenává číslo trojúhelníku, počet přilehlých trojúhelníků, tři body, které definují trojúhelník, souřadnice X, Y každého bodu, hodnota Z každého bodu a typ hran každého trojúhelníku (hard breakline nebo soft brealline). Navíc TIN udržuje seznam všech hran, které tvoří okraje a informace o kartografickém zobrazení a jednotkách míry.

Model TIN je uložen jako ArcInfo coverage, tedy jako adresář souborů, ale nemá INFO tabulku. TIN adresář obsahuje sedm souborů, kde jsou informace o povrchu. Tyto soubory jsou zakódovány v binárním formátu a nejsou čitelné standardním textovým editorem.

### **3.4.4 Analýzy digitálního modelu terénu**

DMT vytvořený jako model TIN nebo rastrová reprezentace (například GRID) mohou zprostředkovat analýzy a vizualizaci všech prvků v krajině. Nejčastějšími analýzami jsou:

- analýza sklonů
- analýza expozice
- výškový profil
- analýza viditelnosti
- osvětlení reliéfu
- vytvoření 3D modelu terénu

Analýzu sklonů umožňuje většina geografických informačních systémů, systém ArcGIS umožňuje převést výškový model na model sklonů (slope) nebo na model směrů sklonu (expozice, aspect). Sklonitost se počítá na základě goniometrických funkcí jako relativní změna výšky na jednotku délky ve směru spádových křivek (spádnic). Ve výstupním souboru je každému pixelu respektive každé trojúhelníkové plošce TIN modelu přiřazená hodnota

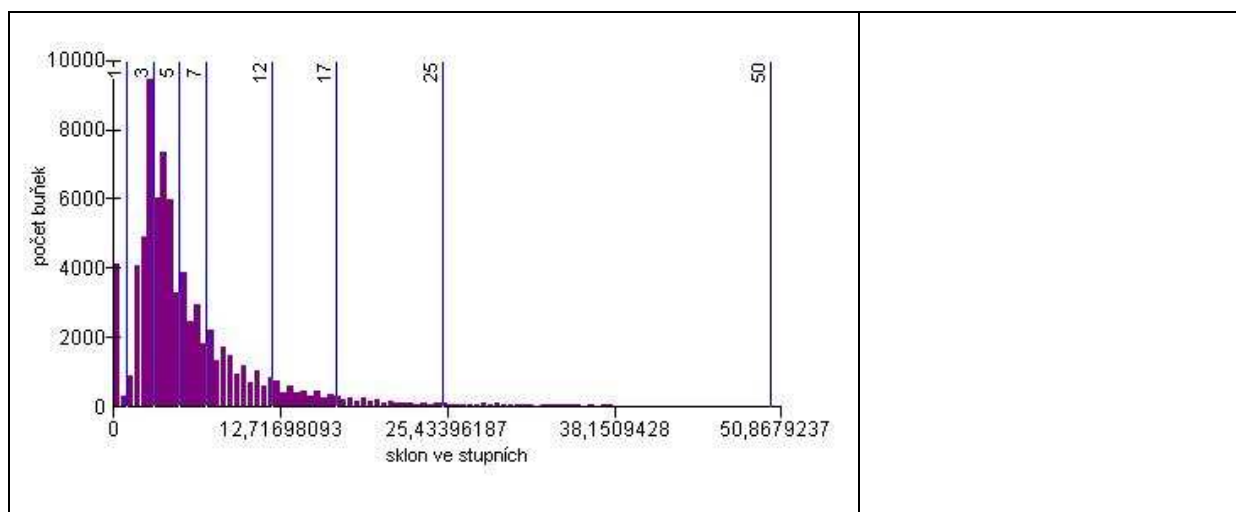
sklonu buď ve stupních nebo v procentech. Sklon (%) vypočteme podle vzorce:

$$S = \frac{H}{L} * 100$$

S - sklon ve %, H - výškový rozdíl, L - délka skloněné plochy

Model sklonů je možné podle potřeby dalšího použití reklasifikovat do vhodných kategorií, čímž získáme areály s definovaným rozsahem sklonitosti. Můžeme také vytvořit tzv. *izokliny*, linie spojující místa se stejnou sklonitostí. Z vytvořených modelů je možné počítat všechny základní statistiky - průměrnou sklonitost, medián, modus, histogram sklonů (obr. 58). Z histogramu sklonů pak můžeme zjistit, jaká sklonitost v území převažuje.

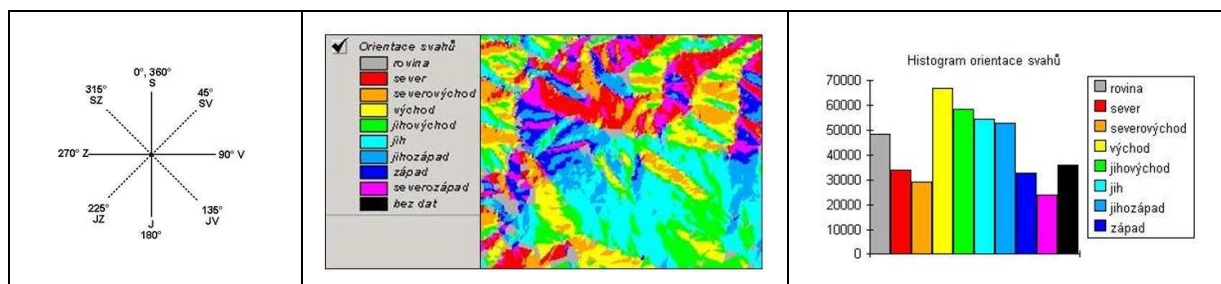
Skloň je možné účelově reklasifikovat, například pro použití tvorby erozního modelu (Wishmayer, Smith 1978) se používá klasifikace do skupin 0°- 1°, 1°- 3°, 3°- 5°, 5°- 7°, 7°- 12°, 12°- 17°, 17°- 25°, 25° a více.



**Obr. 58 Histogram a procentové zastoupení sklonů ve zkoumaném území**

Za expozici reliéfu vůči dráze Slunce je možné považovat orientaci reliéfu vůči světovým stranám (obr. 59). Model se opět získá z DMT, každému pixelu respektive každé trojúhelníkové plošce TIN modelu se přiřadí hodnota orientace vůči světovým stranám. Používá se algoritmus výpočtu orientace na základě goniometrických funkcí určením

horizontálního a vertikálního sklonu roviny proloženou částí povrchu. Expozice může být vyjádřena ve stupních. Je možné provést reklasifikaci, na základě směrové růžice vyčleníte buď kategorie S (sever), J (jih), V (východ), Z (západ), případně další kategorie SV (severovýchod), SZ (severozápad) atd., dále můžete vymezit tzv. *izotangenty* - linie spojující místa se stejnou expozicí z průběhu vrstevnic. Z vytvořených modelů je možné počítat opět všechny základní statistiky, průměrnou expozici, medián, modus, nebo hodnotit zastoupení orientace reliéfu pomocí histogramu.

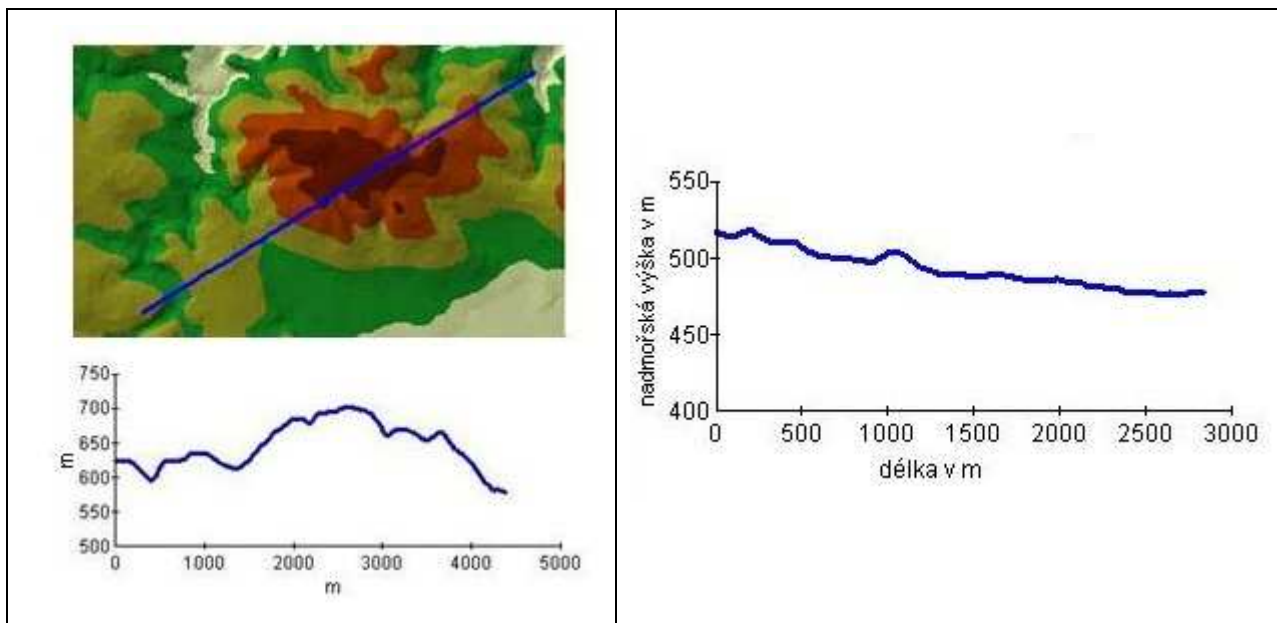


Obr. 59 Analýza expozice svahů

Je možné také provést kombinovanou klasifikaci podle sklonů i orientace. To lze využít například při výpočtu oslunění reliéfu (model slunečního příkonu). Analýza osvětlení terénu umožňuje počítat množství dopadajícího světla na danou lokalitu. Tento ukazovatel, nazývaný oslunění reliéfu, vzniká prostorovou syntézou úhlu sklonu, orientaci reliéfu a hodnoty zeměpisné šířky (deklinaci Slunce v různém období považujeme na daném území za konstantní).

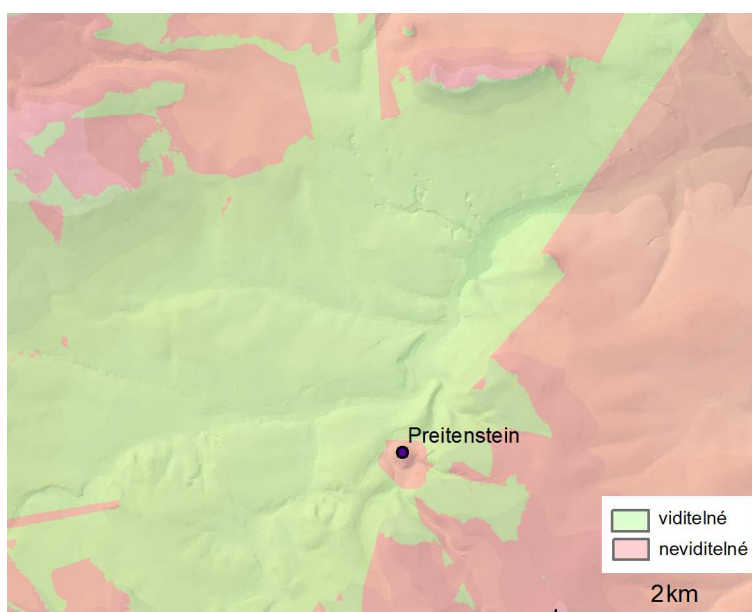
Ze základních vztahů mezi sklonitostí a orientací je možné vypočítat množství potenciálního slunečního záření (v Joulech), které dopadne na jednotku plochy za rok, za vegetační období (duben - září) a podobně. Tato funkce je využitelná v geografii zemědělství nebo v solární energetice.

Významnou analytickou funkcí, kterou digitální model terénu také umožňuje, je generování výškového profilu krajiny. Výškový profil můžeme tvořit podél zvolené úsečky nebo libovolné linie, například podél silnice, turistické stezky či vodního toku. Na osu x se nanášejí vzdálenosti měřené po linii profilu, na osu y pak nadmořské výšky, obojí ve zvolených délkových jednotkách, např. v metrech (obr. 60). Tato funkce je využitelná například v geografii dopravy nebo v geografii cestovního ruchu, kdy analyzujeme různé cesty či trasy.



**Obr. 60 Výškový profil území a výškový profil turistické stezky**

Důležitou funkcí je analýza viditelnosti, na jejímž základě lze například vymezit území, které je viditelné ze zvoleného místa (bodu na povrchu nebo ve zvolené výšce nad povrchem). Generování viditelnosti je založeno na digitálním výškovém modelu, viditelnost můžete řešit na zvolené úsečce nebo ve vybrané ploše (obr. 61).



**Obr. 61 Viditelnost do okolí z vrcholu Preitenstein**

Pokud potřebujeme lépe vizualizovat prostorové objekty, pak v GIS existují specializované analytické nástroje, které umožňují zobrazení a analýzy v třírozměrném prostoru (3D). Jedná se obvykle o analogii rastrových analýz. Podle velikosti modelovaného území se dnes tyto modely vytvářejí nad rovinou, pokud modelujeme menší oblast, nebo nad koulí, pokud modelujeme rozsáhlou část zemského povrchu. Příkladem tohoto přístupu jsou dvě rozšíření

pro modelování trojrozměrného prostoru v ArcGIS - 3D Scene (pro modelování menšího území - základnou je rovina) a ArcGlobe (pro modelování rozsáhlých území - základnou je koule).

### **3.4.5 Tvorba rastrového povrchu**

Geografická data, která pokrývají celou zkoumanou plochu, lze vhodně prezentovat jako rastrové datové sady, soubory čtvercových nebo obdélníkových buněk zpracovaných v mřížce, kde každá buňka má hodnotu, která se používá k reprezentaci zobrazované vlastnosti, například teploty vzduchu, kvality půdy apod. Rastrové datové sady jsou často používány i pro reprezentaci digitálního modelu terénu.

Kromě metody zpracování nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) se tedy používají další metody, při kterých se vytváří přímo rastrový model. Jedná se o metody založené na predikci neznámých hodnot pomocí interpolace hodnot známých. Pro jednotlivé metody se používají různé algoritmy, pomocí kterých můžeme interpolovat vstupní linie a body přímo do podoby rastrových povrchů. Často používanými interpolačními metodami jsou:

IDW - metoda vážené inverzní vzdálenosti, založená na odhadu hodnot buněk na základě lineárně vážené kombinace množiny vstupních bodů, kde váha je funkcí převrácené hodnoty vzdálenosti bodů v okolí každé zpracovávané buňky.

Kriging - geostatistická metoda, která generuje odhadovanou hodnotu buňky pomocí interpolace, kde jsou interpolované hodnoty modelovány gaussovským procesem podle předem dané míry vzájemné vazby mezi dvěma náhodnými veličinami (kovariance). Za vhodných předpokladů dává kriging nejlepší lineární nestrannou předpověď střední hodnoty. Interpolační metody založené na jiných kritériích, jako je například hladkost, nemusejí přinést nejpravděpodobnější střední hodnoty. Tato metoda se běžně používá v oblasti prostorové analýzy a počítačových experimentů. Technika je také známá jako Kolmogorova-Wienerova predikce.

Spline - metoda interpolace pomocí matematické funkce, která generuje povrch s minimální křivostí a zároveň procházející vstupními body. Obrazně si lze metodu představit jako ohýbání gumového plátu přes vstupní body, při minimalizování křivosti výsledného povrchu. Pomocí parametrů, které řídí spline interpolaci, můžeme definovat chování výsledného povrchu tak, aby např. pro vyšší hladkost neprocházel přesně vstupními body.



Topo to Raster – speciální technika, navržená tak, aby se vytvořil realistický model zemského povrchu pro hydrologické analýzy. Jako zdrojových dat se využívají vrstevnice a výsledný povrch je dosažen kombinací předchozích metod. Použitý algoritmus byl vyvinut na Australské národní univerzitě.

Trend je globální interpolace, která vytváří hladký povrch definovaný matematickou funkcí (polynomem) z hodnot vstupních bodů.

### 3.4.5.1 Metoda vážené inverzní vzdálenosti

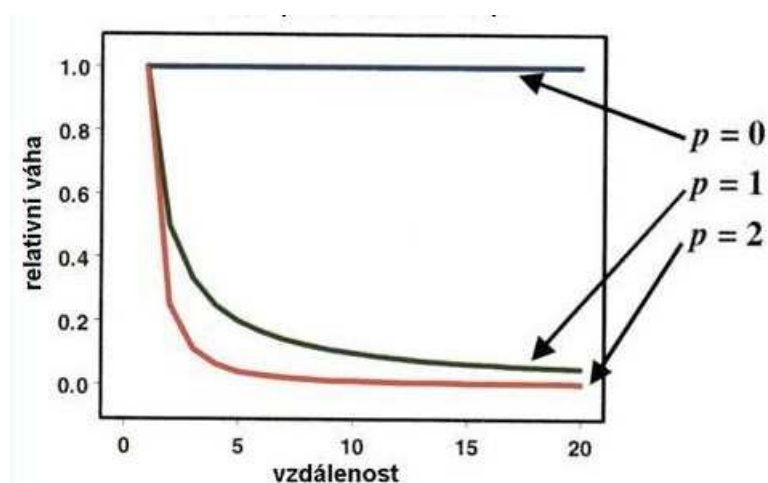
Metoda vážené inverzní vzdálenosti (Inverse Distance Weighting, IDW) je často používanou metodou tvorby povrchu. Interpoluje hodnoty bodů ve vektorovém formátu do povrchu ve formátu rastru. Tato interpolační metoda předpokládá, že každý vstupní bod má vliv na své okolí a tento vliv se zmenšuje se vzdáleností. K určení hodnot buněk rastru se používá vážený průměr hodnot bodů v okolí. Váhou je inverzní vzdálenost. Čím dále je konkrétní bod od zjišťované buňky (od středu buňky), tím menší má vliv na hodnotu buňky (hodnota je přiřazena středu buňky). Výpočet hodnoty je tedy dán vzorcem

$$Z(S_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad [1],$$

kde  $Z(S_o)$  je zjišťovaná hodnota v bodě  $S_o$  (střed počítané buňky).  $Z(S_i)$  je hodnota bodu v okolí,  $\lambda_i$  je váha bodu  $S_i$ , ta je funkcí vzdálenosti bodů  $S_i$  a  $S_o$  ( $d_{io}$ ). Součet vah všech bodů, vybraných k výpočtu, je roven 1, tedy

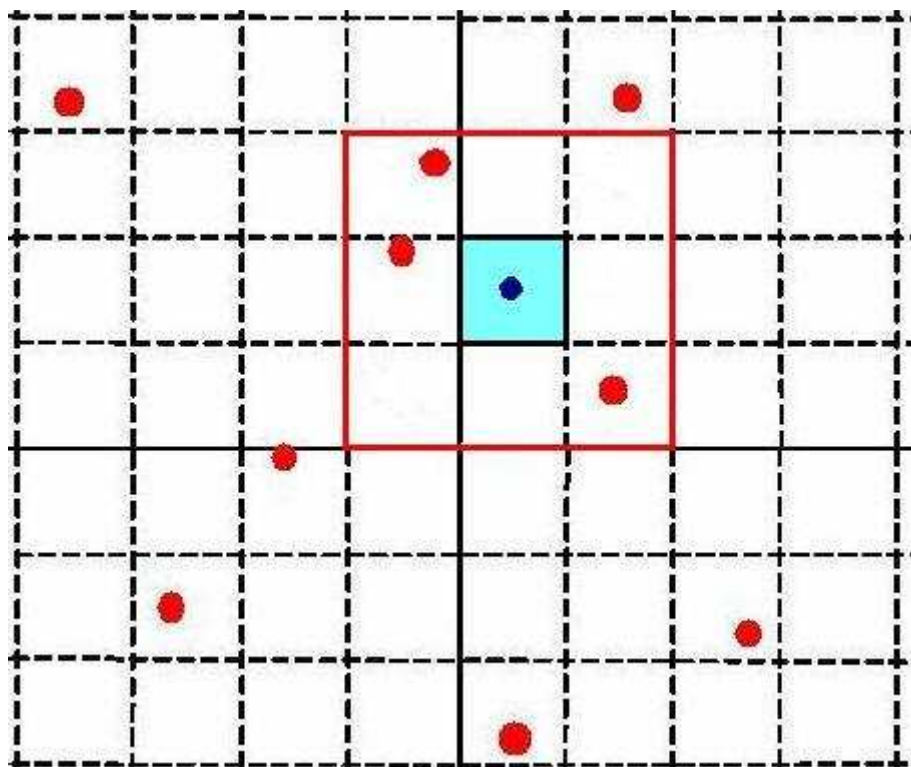
$$\lambda_i = d_{io}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{io}^{-p}, \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$$

Parametr  $p$  ovlivňuje, jak rychle se váha mění se vzdáleností od počítaného bodu a je počítán tak, aby minimalizoval chyby ve výpočtu povrchu (obr. 62).



Obr. 62 Grafický znázornění hodnoty parametru  $p$  v závislosti na vzdálenosti od počítaného bodu

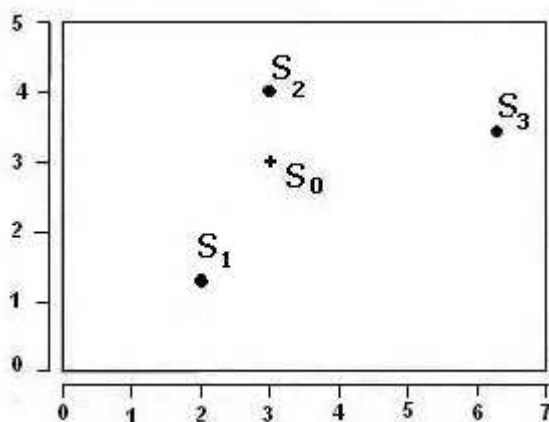
IDW je lokální interpolační metodou, která pracuje na principu filtrovacího okénka. Pomocí filtrovacího okénka (červený obrazec) se vyberou body, které budou do procesu interpolace zahrnuty, a z nich se vypočítá hodnota středu buňky (obr. 63).



Obr. 63 Princip výpočtu hodnoty v buňce

Princip vlastního výpočtu jednoho bodu lze ukázat na příkladu:

Vypočítejme hodnotu  $Z_0$  v bodě  $S_0$  z bodů  $S_1, S_2, S_3$ , pomocí metody IDW s parametrem  $p = 1$ . Jsou dány tři body  $S_1[2,0 \ 1,2]$  má hodnotu  $Z_1 = 60$ ,  $S_2[3,0 \ 4,0]$  má hodnotu  $Z_2 = 75$ ,  $S_3[6,5 \ 3,5]$  má hodnotu  $Z_3 = 90$ . Pomocí metody IDW vypočítáme hodnotu  $Z_0$  bodu  $S_0 [3,0 \ 3,0]$  (obr. 64).



Obr. 64 Výpočet bodu  $S_0$  na základě bodů  $S_1, S_2, S_3$

Výpočet podle vzorce [1] je zpracován v následující výpočtové tabulce.

## Výpočtová tabulka

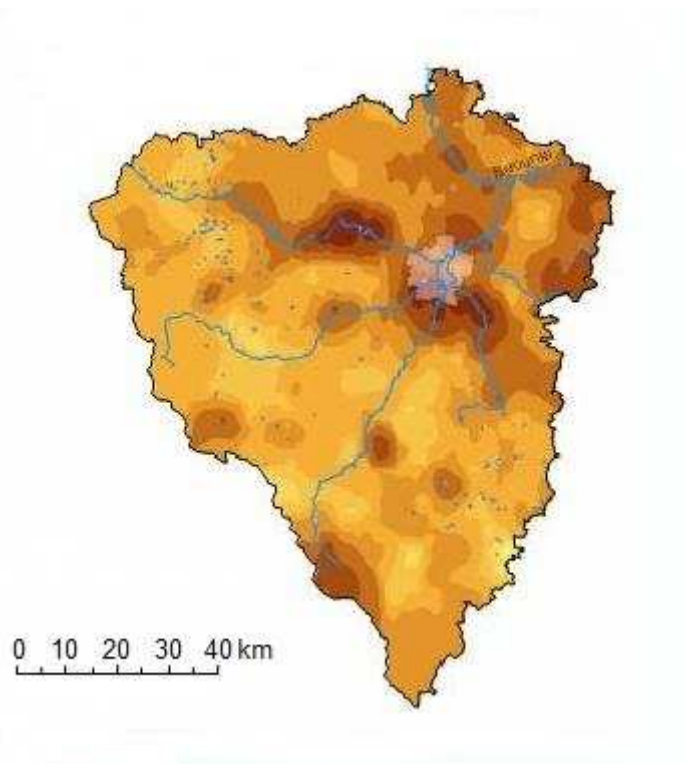
	souřadnice X	souřadnice Y	hodnota Z	vzdálenost k bodu $S_0$ ( $d_{i0}$ )	$d_{i0}^{-p}$ pro $p=1$	$\lambda_i$	$\sum \lambda_i \cdot Z_i$
Bod S1	2,0	1,2	60	2,05913	0,48564	0,27461	16,4766
Bod S2	3,0	4,0	75	1	1	0,56546	42,409
Bod S3	6,5	3,5	90	3,53553	0,28284	0,15993	14,3941
Bod S0	3,0	3,0	<b><math>Z_0</math></b>	-	-	-	-
$\Sigma$	-	-	-	-	1,76849	1	73,280

$$Z_0 = 73,2798824$$

Tato interpolace může být použita v humánní geografii například k hodnocení spotřebitelské kupní síly pro prodejní síť, neboť můžeme předpokládat, že lidé budou s větší pravděpodobností nakupovat v obchodech blíže k domovu.

V ArcGIS je metoda IDW zařazena v rozšířeních Spatial Analyst nebo 3D Analyst. IDW v ArcGIS používá parametr „power“, dále je možné volit vyhledávací poloměr nebo počet bodů, které vstupují do výpočtu hodnoty buňky. Při výpočtu je možné měnit parametr  $p$  nazývaný zde „power“, který ovlivňuje váhu vzdálenosti. Vysoká hodnota parametru „power“ dává vyšší důraz na nejbližší body, povrch bude více popisovat detail, ale bude méně hladký. Nízká hodnota parametru dává relativně větší vliv vzdálenějším bodům, bude povrch hladší. Standardně je parametr nastaven na hodnotu 2. Dále při výpočtu lze měnit proměnnou „radius“, která limituje nastavení množství vstupních bodů pro interpolaci každé buňky. „Radius“ lze nastavit jako pevný nebo proměnný. Volbou pevný rádius se nastavuje vyhledávací poloměr. Při výpočtu buňky se použijí všechny body, které leží uvnitř kruhu vymezeného vyhledávacím poloměrem. Dále může být určen minimální počet bodů, ze kterých se hodnota buňky počítá. Volbou proměnný „radius“ se definuje počet bodů, které vstupují do výpočtu hodnoty buňky. Vyhledávací poloměr je proměnný. Tento způsob může vytvářet lepší povrchy, když se hustota vstupních bodů významně mění. V tomto případě můžete specifikovat maximální vzdálenost pro vyhledávání (maximální vyhledávací poloměr).

Při výpočtu dále lze nastavit bariéru může tvořit liniová nebo polygonová datová sada, která limituje vstup bodů. Linie může reprezentovat zlom, vyvýšeninu nebo nějaké jiné přerušení v krajině. Do výpočtu hodnoty buňky vstupují jen ty vstupní body, které jsou na stejné straně překážky jako aktuálně zpracovávaná buňka. Výsledek interpolace lokalit s rekreačním využíváním metodou IDW ukazuje mapa (obr. 65).

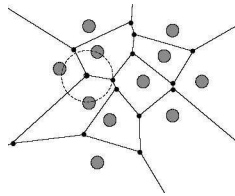


**Obr. 65. Rozložení objektů individuální rekreace v Plzeňském kraji**

V ArcGIS rozšíření 3D Analyst se k interpolaci bodového tématu do povrchu používá také metoda s názvem Natural Neighbors (přirození sousedé). Podobně jako IDW je tato interpolační metoda založena na váženém průměru. Pro výpočet se však používají hodnoty sousedních bodů. Sousední body jsou zjištěny na základě Delauney triangulace. Váhou při výpočtu je plocha Voronoi polygonu. Výhodou je, že není potřeba specifikovat parametry - poloměr vyhledávání ani počet hodnocených bodů nebo váhy. Interpolační metoda nejprve vytvoří Delauney triangulaci. Pro každý vstupní bod se vytvoří konvexní polygon, jehož hrany vymezí sousední polygony a tudíž i sousední vstupní body. Váha každého sousedního bodu je určována na základě Thiessen/Voronoi technik.

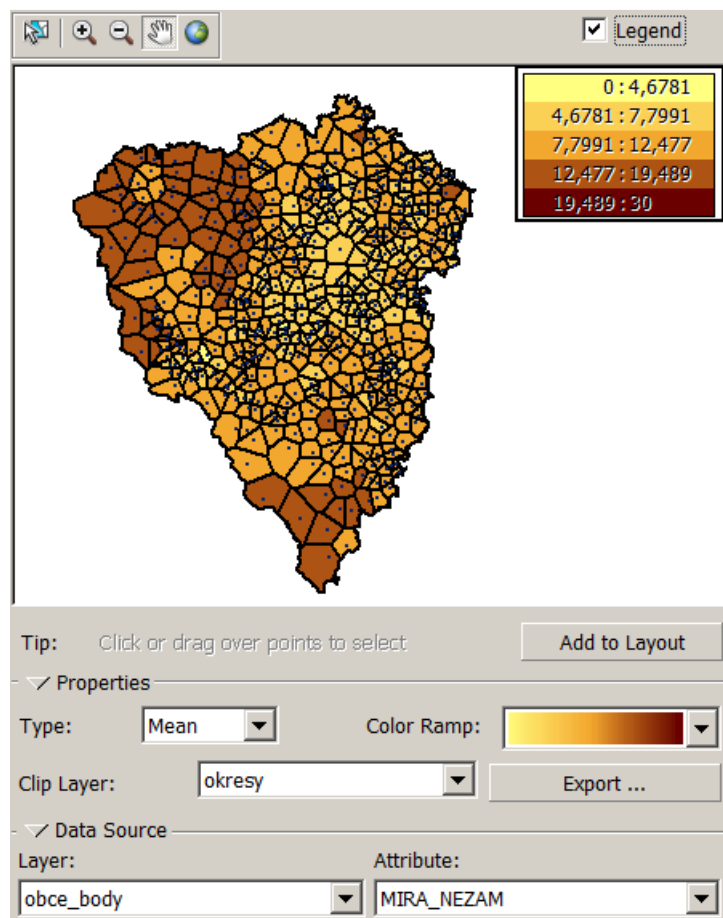
### **3.4.6 Voronoi mapy**

Voronoi mapy jsou vytvořeny ze sady polygonů, z nichž každý vytvoří kolem jednoho objektu bodového tématu „individuální plochu“. Tyto plochy se nazývají Voronoi polygony (VP) a jsou definovány jednoduchým geometrickým pravidlem. Konstruují se jako části os úseček, které spojují objekty bodového tématu (obr. 66). Z bodových objektů se tedy vytvoří síť polygonů, pokrývající celé zobrazované území, přičemž každému polygonu je přiřazena hodnota, vztažená k bodovému objektu.



**Obr. 66 Voronoi polygony**

Postup tvorby Voronoi polygonů je poměrně jednoduchý. Nejprve jsou vytvořeny spojnice sousedních bodových objektů. Následně se konstruují ve středu každé spojnice kolmice. Ty vymezí kolem každého bodu polygon. Voronoi polygony se nazývají v některé literatuře také Thiessenovy polygony. Používají se jako interpolační technika, založená na vyhodnocení vzdálenosti, kdy je vstupním "obslužným" bodům přiřazována plocha, kterou ovlivňují.



**Obr. 67 Využití Voronoi polygonů na hodnocení nezaměstnanosti v Plzeňském kraji**

Výhodou Voronoi nebo Thiessen polygonů je to, že mohou být snadno použité i s kvalitativními daty. Příkladem mohou být vegetační třídy nebo typy využití země. Stanovíte tak hodnoty nebo kvalitu atributu pro plochy, známe-li hodnoty nebo kvalitu pouze pro výběrové pozorované body a není možno dané atributy odvodit jiným přesnějším způsobem. Používají se různé metody výpočtu hodnot nebo volby kvalitativních vlastností Voronoi polygonů.

Nejčastějšími způsoby jsou přiřazení:

- hodnota přiřazená polygonu je hodnotou bodu, který se nachází nejbližší polygonu;
- hodnota přiřazená polygonu je střední hodnotou, která je vypočítána z bodu uvnitř polygonu a z bodů uvnitř sousedních polygonů;
- sledované hodnoty bodů ze všech sousedních polygonů jsou utříděny do intervalů, hodnota přiřazená polygonu je nejčastější hodnotou;
- sledované hodnoty všech bodů jsou utříděny do tříd, založených na přirozeném členění, hodnota polygonu se vypočítá z entropie bodů buňky a jejích sousedů  $E = - S (p_i * \text{Log } p_i )$ , kde  $p_i$  je podíl polygonů, které jsou přiděleny do jedné třídy;
- hodnota přiřazená polygonu je směrodatná odchylka, vypočítaná z bodu polygonu a bodů jeho sousedů.

Metoda Voronoi polygonů není samozřejmě přesným interpolátorem. Dá se však použít, jestliže vstupní body jsou nerovnoměrně rozloženy v území (obr. 67).

V ArcGIS rozšíření Spatial Analyst můžete použít k interpolaci bodového tématu do rastrového povrchu alokační funkci. Ta určí pro každou buňku povrchu nejbližší vstupní bod a tomu ji přiřadí. Tento rastrový povrch můžete podle potřeby reklasifikovat nebo jej můžete převést do vektorové formy a pracovat s ním podobně jako s Voronoi mapami.

#### ***Otázky a cvičení 4:***

1. Charakterizujte digitální model TIN.
2. Vytvořte model TIN z digitálního modelu území ZABAGED, poskytnutého ČUZK Praha ve formátu dgn a převedeného na shapefile (data4.zip). Jako BREAK LINES použijte říční síť. Tento model zobrazte. Převedte TIN na GRID (rastr). Zobrazte v editoru legendy histogram a zjistěte, jaké nadmořské výšky jsou v zobrazeném území nejvíce zastoupeny. Potřebná geodata pro zpracování jsou připravena jako data4.zip.
3. Vytvořte mapu sklonu a expozice terénu. Využijte k tomu vytvořený model TIN z digitálního modelu území ZABAGED (data4.zip) z úkolu 2. Zjistěte největší sklony v řešeném území. Vymeďte plochy, které jsou orientovány k jihu a k jihovýchodu a zjistěte zastoupení těchto ploch.

4. Proveďte analýzu viditelnosti z lokality HRAD. Použijte k tomu vytvořený TIN model z úkolu 2 a bodový shapefile VRCHOLY (kde je lokalita HRAD). Zjistěte jaká část zobrazeného území je viditelná z lokality HRAD.
5. Vytvořte výškový profil turistické stezky (shapefile TUR\_STEZKA). Použijte k tomu vytvořený TIN model z úkolu 2. Zjistěte nejvýše položené místo na trase stezky.
6. Vytvořte 3D model krajiny. Jako podklad použijte digitální model terénu zpracovaný z digitálního modelu území ZABAGED - soubory 3d232220.dgn -výškopis a Zabaged\_P - polohopis (data2.zip) a tématu LU, vytvořeného na podkladě leteckého snímku ve cvičení 2 úkol 6. Data poskytl ČUZK Praha.
7. Interpolujte měřená bodová data o imisích SO<sub>2</sub> na stanicích v ČR pomocí metody IDW (data5.zip). Data poskytl ČHMU Praha.

### 3.5 Prostorové analýzy

Pro geografické práce jsou velmi důležité prostorové analýzy. Prostorové analytické funkce zároveň tvoří nejdůležitější části systémů GIS, tedy právě to, co geografické informační systémy odlišuje od jiných informačních systémů. V této části textů se seznámíme důležitými postupy při provádění různých prostorových analýz.

#### **3.5.1 Vzdálenostní analýzy**

Když Vám pološím otázku, kolik obyvatel žije ve vzdálenosti do 30 km od Plzně, nebo zda se město Blatná nachází blíže k Plzni nebo k Českým Budějovicům, jedná se o úlohy, které se dají řešit metodami nazývanými vzdálenostní analýzy.

Vzdálenostní analýzy jsou důležitou skupinou analýz poskytovaných v prostředí GIS. Termín vzdálenostní analýzy označuje prostorové analýzy využívající vzdálenostní charakteristiky analyzovaných objektů v daném geografickém prostoru. Mezi vzdálenostní analýzy se zařazujeme následující činnosti:

- analýzy přímé vzdálenosti;
- analýzy vážené vzdálenosti (weighted distance);
- analýzy sousedství (proximity analysis);
- síťové analýzy.

Pojem vzdálenosti přitom může být chápán v geografických systémech různě, nejen jako jednoduchá vzdálenost mezi dvěma body (resp. buňkami). Můžeme vytvářet nejen

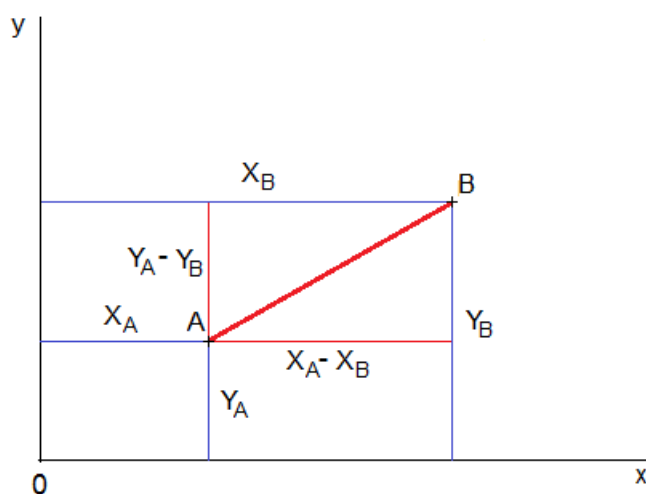
vzdálenost délkovou, ale také časovou nebo nákladovou. Jako základ výpočtu vzdálenosti se používá nejčastěji euklidovská vzdálenost a metrika.

Euklidovská vzdálenost  $D(A, B)$  dvou objektů  $A$  a  $B$  v  $n$ -rozměrném prostoru se počítá ze vztahu

$$D(A, B) = \{[(X_1)_A - (X_1)_B]^2 + [(X_2)_A - (X_2)_B]^2 + \dots + [(X_n)_A - (X_n)_B]^2\}^{1/2}$$

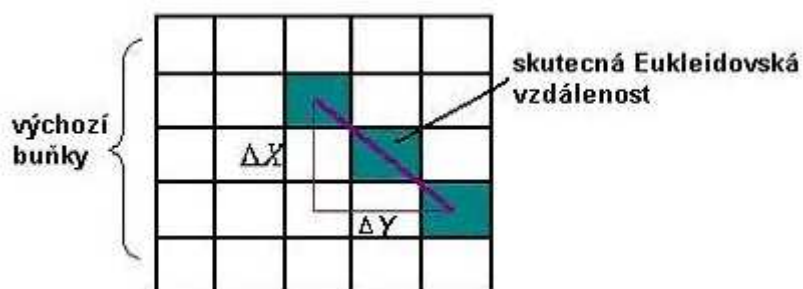
Tedy v dvourozměrném prostoru (obr. 68) – v mapě

$$D(A, B) = \{[(X)_A - (X)_B]^2 + [(Y)_A - (Y)_B]^2\}^{1/2}$$



**Obr. 68 Eukleidovská vzdálenost v mapě bodů ve vektorovém formátu**

Obdobně se zjišťuje vzdálenost v rastrovém formátu (obr. 69).



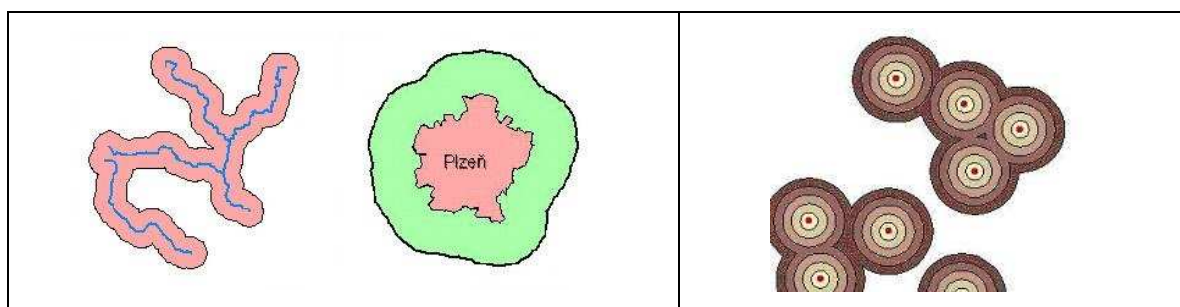
**Obr. 69 Eukleidovská vzdálenost bodů v rastrovém formátu**

#### 4.5.1.1 Obalová zóna

Nejpoužívanějším nástrojem přímé vzdálenostní analýzy je tvorba obalové zóny. Kolem bodu a plochy se tyto zóny obecně nazývají obalové zóny nebo buffer, zatímco kolem liniových objektů mohou být nazvány také koridory.

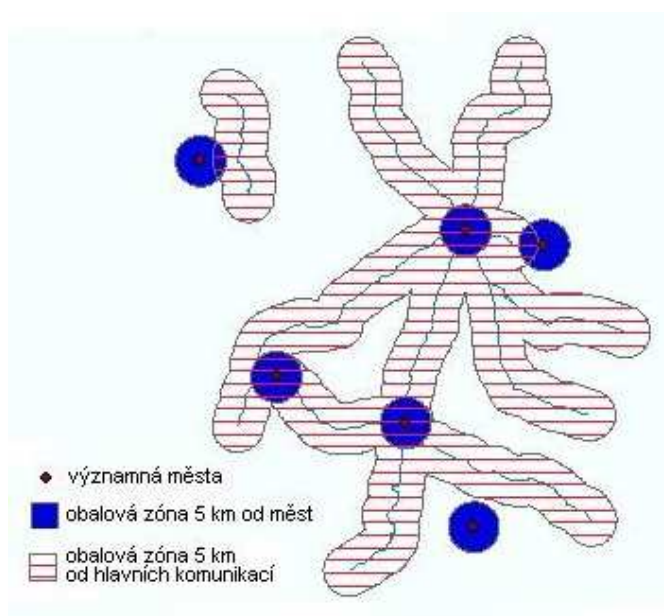


Obalová zóna může být jednovrstevná nebo vícevrstevná (obr. 70). Jednovrstevná obalová zóna vyznačuje území, kde přímá vzdálenost od geoobjektu (bodu, linie nebo plochy) nepřesahuje zvolenou délku. Vícevrstevná obalová zóna pak vymezuje více obalových ploch v závislosti na přímé vzdálenosti. Uživatel volí hodnotu vzdálenosti od bodu, linie nebo plochy (šířku obalové zóny) a systém vyřeší překrývání, pokud mají objekty složité tvary nebo vzdálenost mezi nimi je menší než zvolená šířka obalové zóny. Obalové zóny plošných objektů se mohou vytvářet podél hranic jen vně nebo také dovnitř objektů. Šířku obalové zóny lze zadat přímo číslem nebo odkazem na položku v atributové tabulce.



**Obr. 70 Jednovrstevná a vícevrstevná obalová zóna**

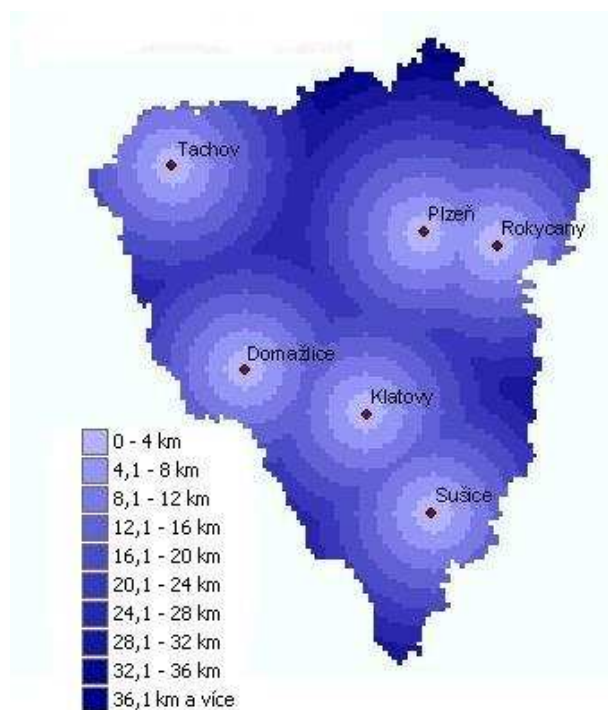
Vytvořené polygony obalových zón je možné uložit jako standardní vrstvu s definovanými topologickými vztahy a lze ji dále využívat v analýzách prostorového překrývání (obr. 71).



**Obr. 71 Překrývání obalových zón**

Obalové zóny i další vzdálenostní analýzy se často zpracovávají pomocí rastrových reprezentací. V rastrových formátech se přímá euklidovská vzdálenost akumuluje ve všech směrech od výchozí buňky. Při této proceduře se vytváří nová rastrová vrstva, kde se do každé buňky zapisuje její nejmenší vzdálenost od sledovaných objektů. Rostoucí hodnoty

vzdálenosti je možné považovat za hodnoty tzv. vzdálenostního povrchu. Na tomto principu je založena i metoda vytváření rastrových obalových zón. Rastrová obalová zóna o dané šířce vzniká výběrem jen těch buněk, které nepřesahují zvolenou vzdálenost. Vznikne tak rastrová jednoduchá obalová zóna. Reklasifikací do více tříd vznikne vícevrstevná obalová zóna (obr. 72).



Obr. 72 Rastrová reprezentace vzdálenosti od okresních měst

#### 4.5.1.2 Analýza pomocí vážené vzdálenosti

Jiný typ vzdálenostní analýzy se nazývá vážená vzdálenost (weighted distance). Ta se aplikuje na rastrových formátech a je založena na úvaze, že náklady na překonání vzdálenosti nejsou vždy pouze funkcí přímé vzdálenosti. Například je-li v přímém propojení dvou bodů překážka, její překonání může být nákladnější než nepřímé propojení těchto bodů. Přímá vzdálenost je proto modifikována faktorem, na jehož základě je každá buňka rastru ohodnocena vahou. Nejmenší vzdálenost představuje propojení buněk rastru s nejmenším součtem vah.

7	2	3	5	2	1
9	1	6	2	4	8
1	5	7	3	6	2
6	4	3	8	4	9
	3	8	3	8	5

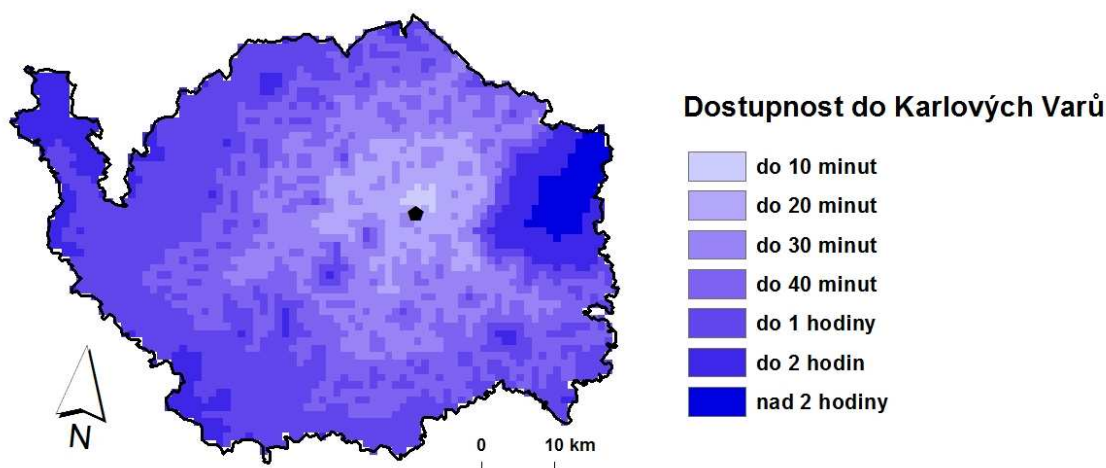
**Obr. 73 Ohodnocení buněk rastru**

Váha buňky rastru je založena na ohodnocení náročnosti průchodu buňkou. Pro výpočet vážené vzdálenosti se často využívá tzv. frikční povrch. Jedná se o rastrový soubor, kde v každé buňce je uložena hodnota, která vyjadřuje úroveň obtížnosti nebo nákladovosti průchodu buňkou (obr. 73).

Váha může být také vypočtena na základě faktoru, který převádí rovinnou vzdálenost mezi buňkami na vzdálenost terénní. Pro výpočet terénní vzdálenosti se využívá digitální model terénu. Tento typ vážené vzdálenosti lze využít například geografii dopravy. Dále lze váhu buňky rastru vypočítat obecně na základě gradientu mezi dvěma sousedními buňkami. Gradient může představovat ohodnocení sklonu terénu. Tento vertikální faktor se na rozdíl od terénní vzdálenosti liší ve směru, říkáme, že je anizotropní (vzdálenost z A do B je různá do vzdálenosti z B do A).

V nejširší podobě může být vážená vzdálenost (DAB) dvou sousedních buněk A a B stanovena jako funkce terénní vzdálenosti (TAB), vertikálního faktoru (VAB), horizontálních faktorů (HA a HB) a frikčních hodnot (FA, FB). Celková vážená vzdálenost je pak dána rovnicí:

$$DAB = 0.5 * (HA * FA * HB * FB) * TAB * VAB$$



Obr. 74 Časová dostupnost do Karlových Varů

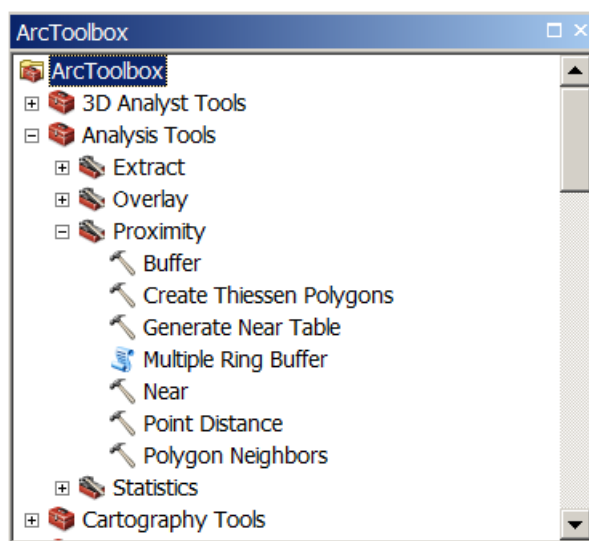
Každá vstupní proměnná této rovnice může být použita samostatně pro vytvoření submodelu. Problematika zpracování povrchu nákladů je náročná a záleží na mnoha faktorech. Proto je vhodné před provedením vlastní operace podrobně provést analýzu a na jejím základě vytvořit tzv. povrch nákladů (Cost Surface) a ten použít jako vstup pro nalezení nejsnadnější nebo nejlevnější cesty mezi dvěma buňkami (obr. 74).

#### 4.5.1.3 Vzdálenostní analýzy v ArcGIS

V ArcGIS jsou všechny prostorové analýzy zařazeny v Analytických nástrojích (Arctoolbox). Jednotlivé nástroje jsou rozděleny do skupin - nástrojových sad:

- Analysis Toolbox
- Cartography Toolbox
- Conversion Toolbox
- Coverage Toolbox
- Data Management Toolbox
- Geocoding Toolbox
- Spatial Analyst Toolbox
- Spatial Statistics Toolbox
- 3D Analyst™ Toolbox

V každé sadě jsou nástroje pro jiný typ analýz nebo pro typ zpracování geodat. V sadě jsou nástroje utříděny do souborů (set). Struktura je naznačena na obr. 75.



**Obr. 75 Struktura ArcGIS Tools**

V setu mohou být nástroje ve formě systémových nástrojů, modelů nebo scriptů. Model a script jsou v podstatě vytvořené sekvence příkazů. Modely a skripty si může uživatel vytvářet sám a zařazovat je do sad nástrojů. Při práci se sadami nástrojů lze využívat několik přístupů:

- práce v dialogovém okně, kdy zapisujete údaje o vstupních a výstupních datech a jiné nutné parametry. Při práci vám může pomoci rozbalovací nápověda v pravé části dialogového okna.
- vytváření modelu v průběhu zpracování - interaktivně vytváříte v okně ModelBuilder vizuální model, který spojuje data, procesy a definované parametry. Vytvářený model dobře ukazuje metodologii i postup zpracování, dokumentuje celý proces a umožňuje různě měnit parametry a vytvářet alternativní scénáře.
- vytváření scriptů - jedná se o soubor psaný standardním skriptovacím jazykem jako je Python, Jscript nebo VB Script. Tento způsob se hodí především pro často opakované úlohy. Do scriptu můžete převést také model vytvořený v ModelBuilder.

Vytvořený model nebo script můžete vložit do Analytických nástrojů (ArcToolbox). Podrobný postup pro zpracování analýz v ArcGIS naleznete v manuálu Geoprocessing in ArcGIS. Pro zpracovávání prostorových analýz je důležité především znát dobře jednotlivé analytické nástroje, proto vám doporučuji prostudovat si také manuál, kde jsou jednotlivé příkazy stručně vysvětleny. Jedná se o referenční příručku ArcGIS - Geoprocessing Commands Quick Reference Guide.

Při vzdálenostních analýzách je základní funkcí vytvoření obalové zóny. V ArcGIS najdeme tyto nástroje:

- Analysis Toolbox → Proximity Toolset → Buffer pro jednoduchou obalovou zónu;
- Analysis Toolbox → Proximity Toolset → Multiple Ring Buffer pro vícevrstevnou obalovou zónu;
- Spatial Analyst Toolbox → Distance Toolset → Euclidean Distance – obalová zóna pomocí rastrové reprezentace.

Pro analýzy založené na vážené vzdálenosti je potřeba mít vytvořenu vrstvu s ohodnocenými buňkami rastru, a pak se v ArcGIS používají následující procedury:

- Cost Distance - vypočítá nejméně narůstající nákladovou vzdálenost přes ohodnocený rastrový povrch;
- Cost Back Link - definuje sousední buňku s nejméně narůstající hodnotou při cestě z buňky;
- Cost Path - počítá nejméně ohodnocenou cestu od zdroje k cíli přes ohodnocený rastrový povrch;
- Corridor - počítá součet dvou narůstajících ohodnocených rastrových datových sad.

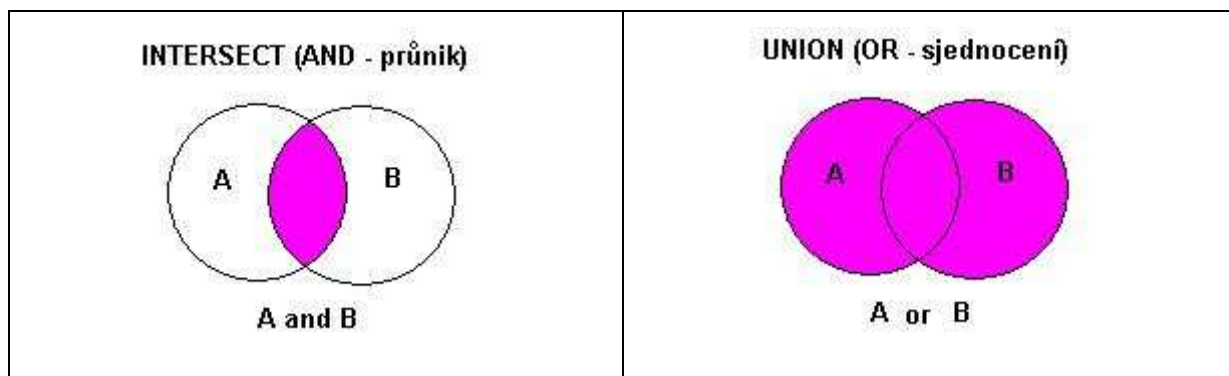
Dále je možné také využít v rozšíření Spatial Analyst v menu Distance další procedury:

- Straight line Distance - přímá vzdálenost;
- Cost Weighted Distance - vážená, nákladová vzdálenost;
- Shortest Path - nejkratší cesta na podkladě ohodnocené vážené vzdálenosti;
- Allocation - přiřazení k nejbližšímu bodu (středisku).

### ***3.5.2 Prostorové překrývání***

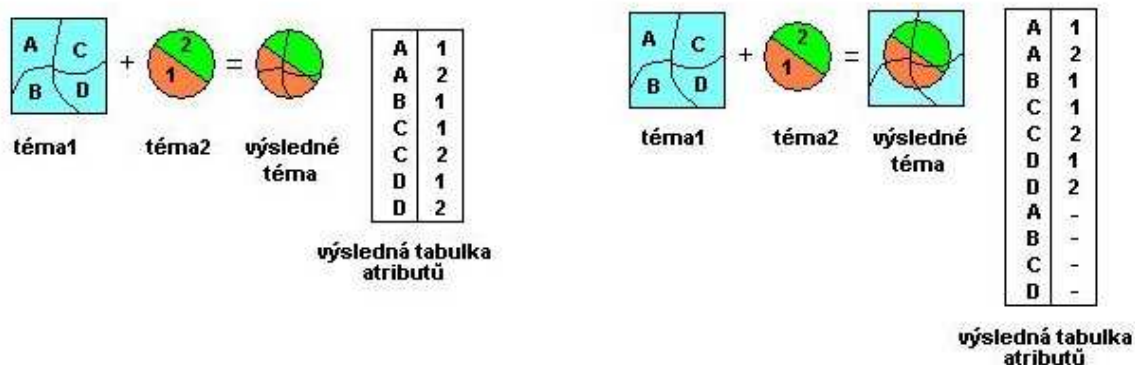
Dotazování do dvou nebo více informačních vrstev dat vektorové databáze lze realizovat pomocí prostorového překrytí (overlay) těchto vrstev. Klasicky byl problém řešen překrytím dvou tematických map na průhledných fóliích. V prostředí GIS se stejný problém řeší pomocí základních algoritmů počítačové grafiky (test bodu v polygonu, hledání průsečíku dvou objektů, ořezávání). Výsledkem postupu jsou nové objekty, které mají kombinace vlastností objektů ze zdrojových informačních vrstev.

Pro kombinaci vstupních objektů se používají pravidla Booleovské logiky. Systémy tedy obvykle nabízejí operace INTERSECT (AND - průnik) a UNION (OR - sjednocení) (obr. 76).



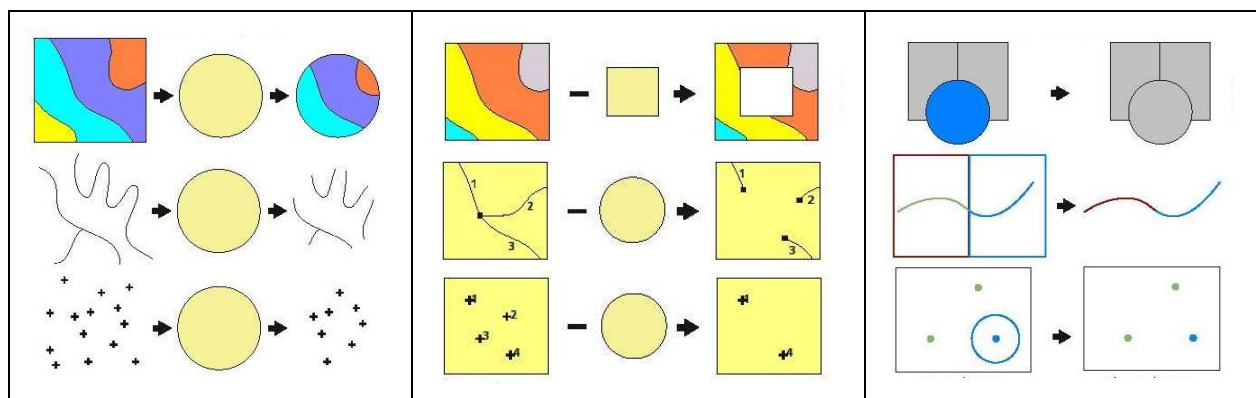
Obr. 76 Typy prostorového překryvání

Z procesu prostorového překryvání vznikají nové objekty (vrstvy), kterým jsou přiřazeny atributy z obou vstupních vrstev. Tím se topologické překrytí liší od prostorových dotazů. Po operacích geometrického překrytí následuje většinou analýza kombinací hodnot polí v atributové tabulce výstupní vrstvy (obr. 77). Na základě této analýzy je možné zjišťovat typy prostorových jednotek nebo vybírat prostorové jednotky s určitou kombinací hodnot polí.



Obr. 77 Ukázka kombinace polí v atributové tabulce výstupní vrstvy při prostorovém překrytí

Speciálními případy prostorových operací jsou CLIP, ERASE a UPDATE (obr. 78), které ořezávají, vyřezávají nebo doplňují data.



Obr. 78 Operace ořeznutí (CLIP), vyřeznutí (ERASE) a doplnění (UPDATE)

Při operacích na obr. 78 nejsou atributy z obou vstupních vrstev spojovány, ale jsou přejímány jen z jedné, většinou první vstupní vrstvy. Na základě druhé vrstvy se provádějí prostorové operace. Tyto funkce je možné zařadit spíše do kategorie úpravy dat. Operace CLIP ořízne vstupní vrstvu pomocí polygonů definovaných v druhé vrstvě. Operace ERASE naopak odstraní ty části vstupní vrstvy, které jsou překryty polygony definovanými v druhé vrstvě. Operace UPDATE vyjme část první vstupní vrstvy a aktualizuje ji druhou vrstvou, tedy místo vyjmutých objektů vloží prvky z druhé vrstvy.

Do prostorových operací je možné také zařadit operaci DISSOLVE (obr. 79). DISSOLVE zajišťuje spojení sousedních polygonových objektů na základě stejného atributu. Používá se například při regionalizaci.



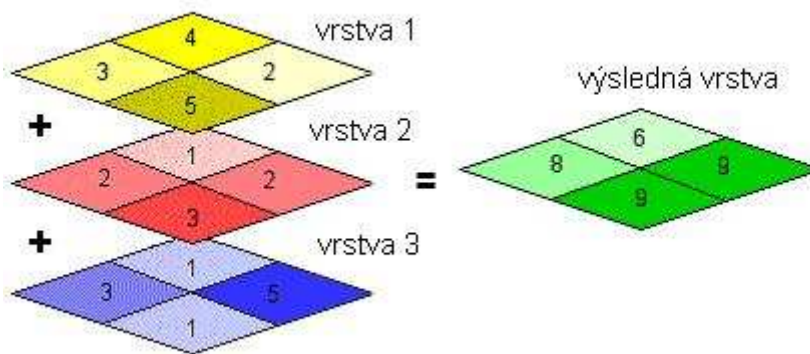
**Obr. 79 Operace DISSOLVE**

V ArcGIS jsou tyto prostorové operace zařazeny v AnalysisToolbox, v sadách Overlay Toolset (vlastní operace překrytí) a Extract Toolset (operace ořezávání).

### ***3.5.3 Mapová algebra***

V rastrových reprezentacích se k prostorovému překrývání používá nástroj nazývaný mapová algebra nebo také operace s rastrovými daty nebo vrstvami. Tento nástroj je určen výhradně pro rastrová data a umožňuje kombinovat různé rastrové vrstvy pomocí matematických, logických a dalších operací (obr. 80). Tyto operace se vykonávají buď na jedné, dvou nebo i na více vrstvách. Výstupem z operací mapové algebry je nová vrstva, která podává zpracovanou, komplexnější, a pro další analýzy či vyhodnocení vhodnější informaci. To vytváří z mapové algebry mocný prostředek pro prostorové modelování a analyzování.





Obr. 80 Operace mapové algebry

Nástrojem mapové algebry je speciální jazyk mapové algebry (obr. 81). Jedná se o jednoduchý programovací jazyk, navržený speciálně pro popis analýz prostorového modelování nad rastrovou reprezentací. Syntax jednotlivých softwarových systémů se liší, ale princip zůstává stejný. Jazyk mapové algebry používá objekty, činnosti a kvalifikátory činnosti. Ty mají podobné funkce jako podstatná jména, slovesa a příslovce ve větě.

Objekty jsou vstupní hodnoty nebo slouží k uložení informací. Jako objekty se používají rastry, tabulky, konstanty. Činnosti jsou příkazy jazyka (operace a funkce), které se vykonávají na objektech. Nejčastější operace jsou uvedeny v tabulce (obr. 82). Kvalifikátory řídí, jak a kde se vykonává činnost, udávají podmínky nebo cykly.

- aritmetický součet `[inlayer1] + [inlayer2]`
- sinus hodnot v rastru `sin(ingrid1)`
- průměrná hodnota v buňce a okolí (čtverec 3x3 buňky) `focalsum([inlayer1],rectangle,3,3)`
- přímá vzdálenost buněk `eucdistance(ingridsource)`

Obr. 81 Jazyk mapové algebry

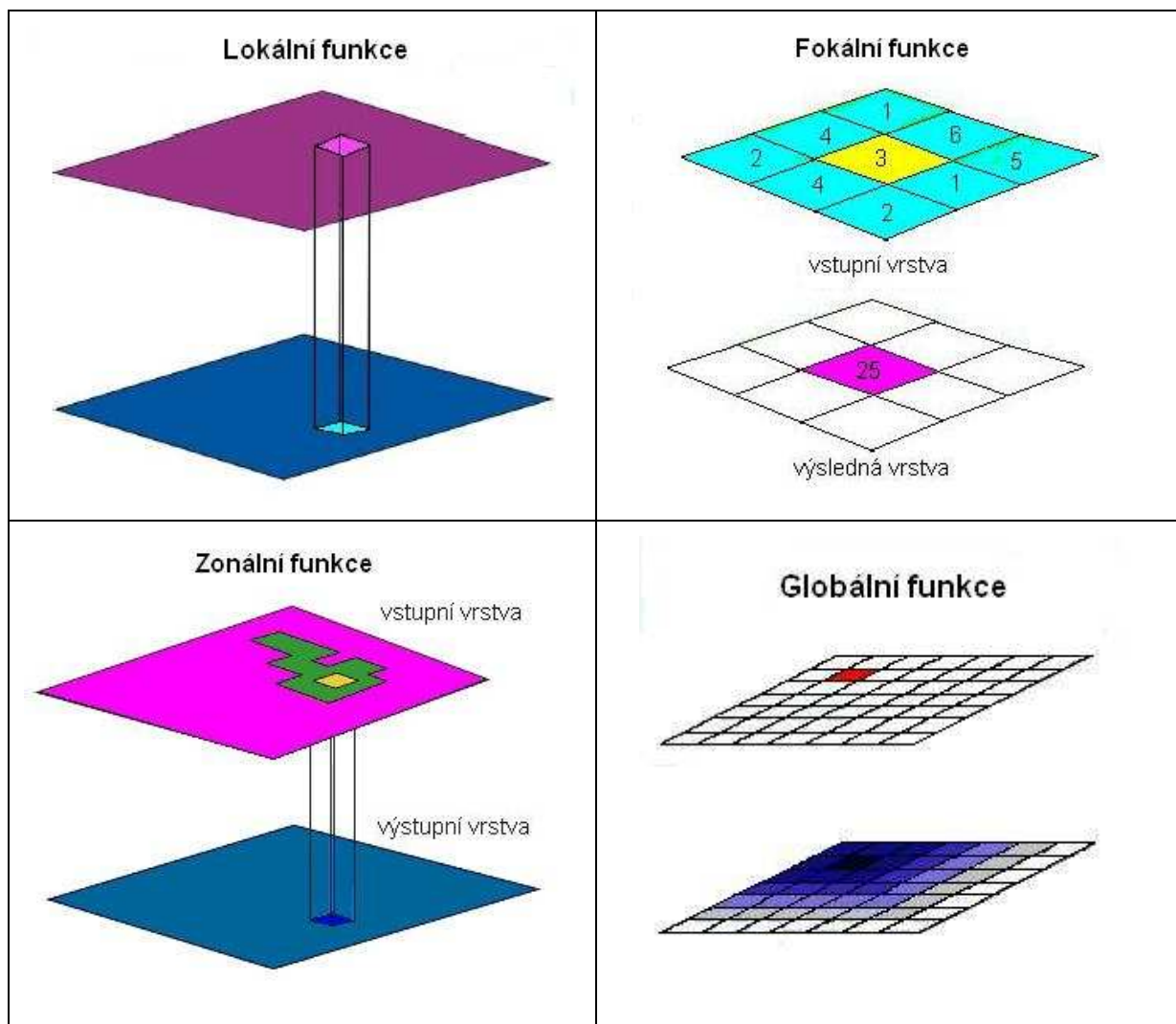
Operace	Příklady
aritmetické	+, -, *, /, mod, div, sqrt
bitových přesunů	binární přesun doprava, doleva
Booleovské	pravda, nepravda
logické	And, Or, Xor, Not
logaritmické	log
trigonometrické	sin, cos,
relační operace	=, >, <, <>, =, <=

Obr. 82 Operace mapové algebry

Funkce mapové algebry se dělí na lokální, fokální, zonální a globální. Lokální funkce (obr. 83a) se vykonávají na individuální buňce. Vypočítává se nová hodnota v jedné buňce, k tomu se využívá jedna nebo více vrstev. Fokální funkce (obr. 83b) využívají pro výpočet hodnoty v buňce okolí buňky. Okolí buňky je předem definováno, například jej tvoří buňky, které mají s buňkou společné hrany a vrcholy. Fokální funkce se tedy provádějí na okolí například o velikosti 3 x 3 buňky, ale systémy často umožňují definovat okolí buňky podle uživatele (kružnice, čtverec, apod.). Nová hodnota vznikne z hodnot definovaného okolí buňky. Fokální funkce využívají algoritmů konvoluce, známých z metod digitálního zpracování obrazu. Fokální funkce se dělí na statistické funkce a na analýzy proudění. Statistické fokální funkce nahrazují hodnotu buňky například aritmetickým průměrem okolních buněk, součtem hodnot okolních buněk, směrodatnou odchylkou hodnot okolních buněk, minimální či maximální hodnotou z hodnot v okolí či dalšími statistickými hodnotami počítanými z okolí.

Zonální funkce (83c) se vykonávají ve specifické oblasti. Nová hodnota se vypočte ze zóny definované v jiné vrstvě. Jsou dvě kategorie zonálních funkcí - statistické a geometrické. Statistické funkce nahrazují původní hodnotu v buňce například součtem všech hodnot v zóně, průměrnou hodnotou v zóně, maximální nebo minimální hodnotou v zóně apod. Mezi geometrické zonální funkce patří například stanovení plochy, obvodu a dalších charakteristik.

Globální funkce (83d) se týkají všech buněk informační vrstvy. Zaměřují se na vzdálenostní analýzy, proto se často zařazují spíše ke vzdálenostním analýzám, nebo na analýzy povrchu.



**Obr. 83 Lokální, fokální, zonální a globální funkce mapové algebry**

Speciální globální funkci nad jednou informační vrstvou představuje reklasifikace. Jedná se o nahrazení hodnot v buňkách rastrové vrstvy hodnotami novými, které jsou z hlediska reprezentace nebo dalšího zpracování vhodnější. Ve většině systémů lze měnit například číselný typ ve znakový. Například rastrovou vrstvou expozice reliéfu s rozsahem hodnot v buňkách 0-360 můžeme reklasifikovat do kategorií S - sever, J - jih, V - východ, Z - západ tak, že hodnoty 0 - 45 a 315 - 360 nahradíme znakem S, hodnoty 45 - 135 nahradíme znakem V, hodnoty 135 - 225 znakem J a hodnoty 225 - 315 znakem Z.

Při globálních funkcích se dvěma rastrovými vrstvami se často užívá tzv. křížová klasifikace, při které se definují všechny kombinace hodnot buněk z obou vstupních vrstev a definují se jako nové kategorie - nový klasifikační kód.

Primárním prostředím pro mapovou algebru je příkazová řádka, ovšem mnohé softwarové produkty poskytují příjemné grafické uživatelské prostředí umožňující zpracování bez

znalosti syntaxe jazyka mapové algebry. Také v ArcGIS je možné využít dialogová okna nebo ModelBuilder pro různé operace mapové algebry.

### ***Otázky a cvičení 5:***

1. Vytvořte model výpočtu geografického středu pomocí rozšíření ModelBuilder. Použijte data ze cvicení 3 (DATA3.zip). Ukázka modelu je na obr. 84.
2. Umístění ekonomických aktivit v prostoru závisí na lokalizačních faktorech. Při vyhledávání území, které splňuje kritéria lokalizačních podmínek, lze využít různé prostorové operace. Vyřešte následující úkol, týkající se umístění nového ekonomické aktivity do okolí Plzně. Pro umístění stavby jsou stanoveny tyto podmínky:
  - a. stavba musí být umístěna na nepropustném geologickém podloží,
  - b. stavba musí být umístěna v rovinatém terénu (sklon do 1 stupně),
  - c. stavba má být umístěna co nejbliže od města Plzně, ale mimo intravilán města,
  - d. stavba má být umístěna co nejbliže dálnice D5.

Celý úkol nejprve vyřešte ve vektorovém formátu pomocí prostorových dotazů, obalové zóny a překrývání. Pak stejný úkol vyřešte pomocí mapové algebry v rastrovém formátu. Potřebná geodata pro zpracování cvičení jsou připravena komprimovaná v souboru DATA6.zip.

3. Porovnejte dopravní dostupnost ze sídel Jihomoravského a Plzeňského kraje do krajského města. Pro výpočet použijte témata:
  - SIDLAB - bodové téma sídel v obou krajích,
  - SILNICE - liniové téma komunikací,
  - KRAJE - polygonové téma kraje.

Tato témata jsou součástí geografické databáze ArcCR500, od firmy ARCDATA Praha (<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/geograficka-data/arccr-500/>). Při výpočtu dostupnosti počítejte na dálnici hodinou rychlost 130 km, na rychlostních komunikacích pro motorová vozidla 100 km, na silnicích 1. třídy 90 km, na silnicích 2. třídy 60 km a na ostatních komunikacích pak rychlost 40 km za hodinu, mimo komunikace pak předpokládejte pohyb 4 km za hodinu.

4. Některé oblasti Afriky jsou ohroženy nedostatkem vlastní produkce potravin. Jedná se o území s nízkými srážkami, nedostatečnými zdroji povrchových i podzemních vodních zdrojů, kde je přitom vysoká hustota zalidnění. Vytvořte typologii a regiony ohrožení nedostatkem potravin v Africe na základě zhodnocení srážkových poměrů, zdrojů povrchových a podzemních vod a hustoty zalidnění. K regionalizaci využijte témata:

- HUST\_OBYV s položkami LOW\_DENS - minimální hustota zalidnění a HIGH\_DENS - maximální hustota zalidnění,
- POD\_VOD s položkou HIGH\_COEFF - zásoby podzemní vody,
- SRAZKY s položkami LOW\_R - minimální roční srážky, HIGH\_R - maximální roční srážky,
- VOD\_ZDROJE s položkou VOLUME - množství využitelných vodních zdrojů.

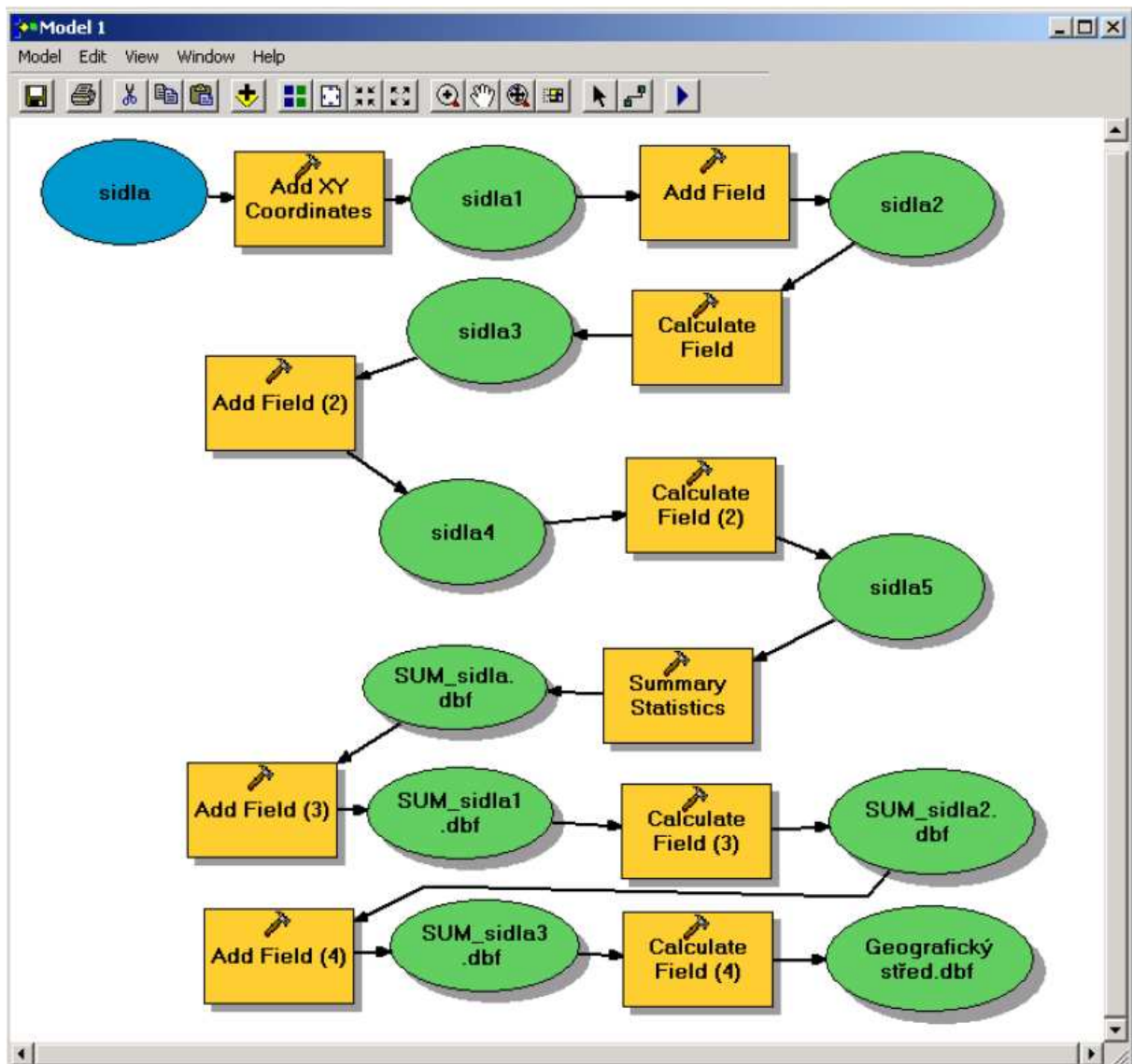
Potřebná geodata pro zpracování úkolu jsou připravena v komprimovaném souboru DATA7.zip.

#### **Tipy pro řešení cvičení 5.2 pomocí prostorových dotazů, obalové zóny a překrývání:**

V tématu GEOLOGIE vyberete nepropustné horniny (je vhodné vytvořit si v atributové tabulce tématu novou položku s názvem NEPROTUST, vyplnit ji číselnou proměnnou podle toho, zda hornina je propustná (hodnota=0) nebo nepropustná (hodnota=1). Podobně v tématu SKLON vytvoříte novou číselnou položku s názvem ROVINA a zapíšete do ní hodnotu 0, pro sklon větší než 1 stupeň a hodnotu 1 pro sklon menší nebo rovný 1 stupeň. Vyberete z tématu GEOLOGIE objekty, kde NEPROTUST = 1, a z tématu SKLON objekty, kde ROVINA = 1.

Vytvoříte nové téma - průnik (Intersect) témat GEOLOGIE a SKLON. Průnik nazvěte např. GEOL\_SKLON. Nyní vytvoříte obalové zóny (10) kolem tématu PLZEN (po 5 km). Obalovou zónu uložíte do nového tématu BUFPLZ. Z tématu SILNICE vyberete dálnice (výběr podle atributu TRIDA\_SIL = "D"). Kolem tématu SILNICE vytvoříte obalové zóny (10 po 5 km). Obalovou zónu uložíte do nového tématu BUFDAL.

Vytvoříte průnik témat BUFPLZ a BUFDAL. Výsledné téma nazvěte OBAL. V atributové tabulce tématu OBAL vytvoříte novou číselnou položku s názvem VZDALEN a sečtete do ní vzdálenost od PLZNĚ a vzdálenost od dálnice. Z témat GEOL\_SKLON a OBAL vytvoříte opět průnik (INTRESECT) s názvem VYSLEDEK. Ve výsledném tématu VYSLEDEK vyberete objekty, které mají nejmenší položku VZDALEN. Výsledek analýzy zvýrazníte.

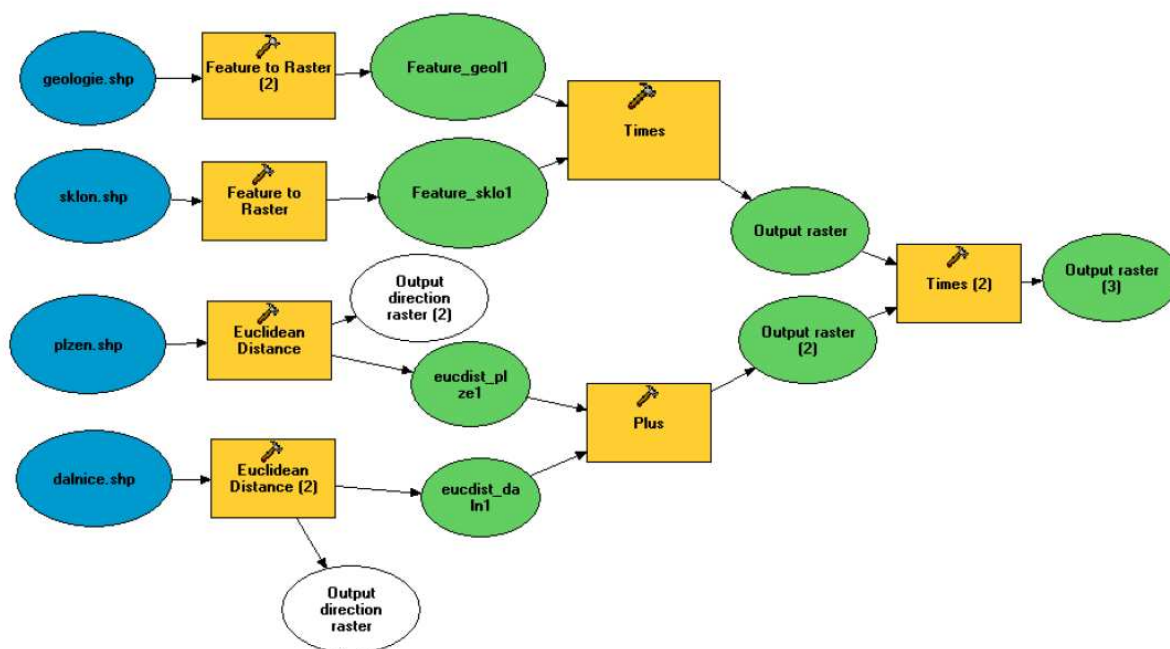


Obr. 84 Model výpočtu geografického středu ke cvičení 5.1

### Tipy pro řešení cvičení 5.2 pomocí mapové algebry:

V tomto cvičení nejprve konvertujte vektorová témata SKLON a GEOLOGIE na rastry SKLOR\_R a GEOLOGIE\_R. Při převodu využijte položky NEPROPUST a ROVINA k ohodnocení buněk rastrů.

Obě rastrové vrstvy nyní vynásobte, vznikne rastrová vrstva GEOL\_SKL\_R, kde hodnotu 1 budou mít buňky, které budou splňovat obě podmínky. Dále vytvoříte vzdálenostní povrchy od objektů Plzeň a DALNICE (v tématu SILNICE vyberte dálnice). Použijete proceduru Euclidean Distance. Oba povrchy sečtete do rastrové vrstvy VZDAL\_R. Výslednou vrstvu VZDAL\_R vynásobíte GEOL\_SKL\_R. Buňky s nejmenší hodnotou jsou řešením. Výsledek analýzy zvýrazněte. Postup je naznačen také na obr. 85.



Obr. 85 Model řešení cvičení 5.2 pomocí mapové algebry

### Tipy pro řešení cvičení 5.3

Následující výpočet provedete pro oba kraje a výsledky porovnáte.

Zobrazte témata SILNICE, SIDLAB a KRAJE. Vyberte silnice 1. třídy, rychlostní komunikace a dálnice z tématu SILNICE a protáhněte je 10 km za hranice kraje. Dále vytvořte 10 km obalovou zónu okolo KRAJE a uložte jako K\_BUFFER (Tools → Analysis Tools→Proximity→ vybrat KRAJE→ vybrat 10 000 meters). V rozšíření Spatial Analyst zvolte v menu Volby (Option) masku K\_BUFFER a velikost buňky dále tvořených rastrů 1000 m. Z vektorového tématu SILNICE vytvořte rastrové téma SILNICE\_R o buňce 1000 m. Do buňky vložte hodnoty z položky TRIDA\_SIL (Spatial Analyst → Convert → Features to Raster → vyplnit SILNICE, TRIDA, 1000). Reklasifikujete rastr SILNICE\_R podle doby potřebné k překonání buňky v sekundách), novou vrstvu nazvěte SILNICE\_R1 (Spatial Analyst → Reclassify → vybrat SILNICE\_R, vyplnit podle vypočítaných hodnot). Vyberte z tématu SIDLAB krajské město (Select Features → vybrat krajské město). Vytvořte rastrovou vrstvu DOSTUPNOST znázorňující časovou dostupnost do vybraného krajského města (Spatial Analyst → Distance → Cost Weighted... → vyplnit SIDLAB, SILNICE\_R1, dostatečně velké číslo (50 000 000)). Z vektorového tématu SIDLAB vytvořte rastrové téma SIDLA\_R (Spatial Analyst → Convert → Features to Raster → vyplnit SIDLAB, VELKAT, 1000). Reklasifikujete rastrovou vrstvu SIDLA\_R podle průměrného počtu obyvatel v jednotlivých kategoriích sídel, do buněk s

NoData přiřaďte 0 (Spatial Analyst → Reclassify → vybrat SIDLA\_R, vyplnit podle průměrného počtu obyvatel). Násobte rastrové vrstvy DOSTUPNOST a SIDLA\_R a uložte jako SOUCIN\_R (Spatial Analyst → Raster Calculator... → vyplnit [Dostupnost]\*[SIDLA\_R]/60, Evaluate). Zjistěte součet všech hodnot buněk (Calculation → Open Attribute Table → Value → Statistics... → zjistit hodnotu Sum). Po výpočtu pro oba kraje zhodnoťte dostupnost.

Zobrazení dostupnosti

Z vektorového tématu KRAJE vytvořte rastrové téma KRAJ\_R (Spatial Analyst → Convert → Features to Raster → vyplnit KRAJE, NAZEV, 1000). Pro zobrazení výsledků rastrová data Dostupnost pronásobte rastrem KRAJ\_R (Spatial Analyst → Raster Calculator... → vyplnit [Dostupnost]\*[KRAJ\_R], Evaluate). Výsledek pro oba kraje zobrazte.

## Kontrolní otázky

1. Objasněte principy zpracování geografických dat
2. Specifikujte kartografické metody v geografickém výzkumu
3. Konkretizujte využití geografických informačních systémů v geografickém výzkumu
4. Shrňte význam metadat pro tvůrce i uživatele geografických dat (geodat)
5. Definujte dvěma způsoby geografický informační systém (GIS)
6. Definujte pojmy prvek, třída prvků, vrstva, identifikační klíč, topologie, buňka (pixel), obalová zóna (buffer)
7. Vysvětlete rozdíl mezi vektorovou a rastrovou reprezentací geodat
8. Klasifikujte interpolační metody v GIS
9. Charakterizujte způsoby dotazování jako základní analytické metody GIS
10. Popište principy modelování digitálního modelu terénu
11. Charakterizujte základní metody vzdálenostní analýzy
12. Popište metody prostorového překrývání
13. Charakterizujte metodu mapové algebry



## Základní literatura

BAŠOVSKÝ, Oliver a LAUKO, Viliam. *Úvod do regionálnej geografie*. 1. vyd. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1990. ISBN 80-08-00278-6.

BOOTH, Bob. *Using ArcGIS 3D analyst*. Redlands : ESRI, 2000. ISBN 1-58948-004-X.

BOOTH, Bob a MITCHELL, Andy. *Začínáme s ArcGIS*. Redlands : ESRI, 2001.

BRÁZDIL, Rudolf. *Statistické metody v geografii : cvičení*. 3. vyd. Brno : Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, 1995. ISBN 80-210-1260-9.

BŘEHOVSKÝ, Martin a Karel JEDLIČKA. *Úvod do Geografických informačních systémů: Přednáškové texty* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita [cit. 2014-09-10]. Dostupné z: [www.gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf](http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf)

BURROUGH, Peter A. a Rachael MCDONNELL. *Principles of geographical information systems*. 1st ed. repr. Oxford: Oxford University Press, 1998. xiii, 333 s. Spatial information systems and geostatistics. ISBN 0-19-823365-5.

ČAPEK, Richard, MIKŠOVSKÝ, Miroslav a MUCHA, Ludvík. *Geografická kartografie*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1992. ISBN 80-04-25153-6.

FOTHERINGHAM, A. Stewart, BRUNSDON, Chris a CHARLTON, Martin. *Quantitative geography : perspectives on spatial data analysis*. London : SAGE Publications, 2000. ISBN 0-7619-5948-3.

GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém. *Český kosmický portál: Informační stránky Koordinační rady ministerstva dopravy pro kosmické aktivity* [online]. 2013, s. 1 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>

HALÁS, Marián, FŇUKAL, Miloš, BRYCHTOVÁ, Šárka. *Základy humánní geografie 2: Geografie sídel*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN

JOHNSTON, Kevin et al. *Using ArcGIS geostatistical analyst*. Redlands: ESRI, ©2001. vi, 300 s. ArcGIS 8. ISBN 1-58948-006-6.

JOHNSTON, Ronald, J. et al. *The dictionary of human geography*. 4th ed. Malden: Blackwell Publishing, 2000. xvii, 958 s. ISBN 0-631-20561-6.

KAŇOK, Jaromír. *Tematická kartografie*. Vyd. 1. Ostrava : Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, 1999. ISBN 80-7042-781-7.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J., RHIND, D. M. *Geographic Information Systems and Science*. London: Wiley&Sons, 2001. ISBN 0471892750.

MCCOY, Jill a JOHNSTON, Kevin. *Using ArcGIS spatial analyst*. Redlands: ESRI, ©2001-2002. v, 232 s. ISBN 1-58948-005-8.

MONMONIER, Mark. *Proč mapy lžou*. 1. vyd. Praha : Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-238-6.

NOVOTNÁ, Marie, ČECHUROVÁ, Monika a BOUDA, Jakub. *Geografické informační systémy ve školách*. 1. vyd. Plzeň: Nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-385-8.

Ortofoto České republiky - úvod: Datové sady / Ortofoto. ČÚZK : *Geoportal* [online]. Praha 8: ČÚZK, 2010, 2010 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>

RAPANT, Petr. *Geoinformační technologie*. Vysokoškolská skripta. VŠB - TU, Ostrava, 2005, 125 stran. (<http://gis.vsb.cz/publikace/git>)

RAPANT Petr. *Úvod do geografických informačních systémů*. Skripta PGS. Program celoživotního vzdělávání "Geoinformatika a geoinformační technologie". VŠB - TU, Ostrava, 2002, 110 stran. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/publikace/ugis>

SEEMANN a Tomáš JANATA. *Kartografie: e-learningový portál o tvorbě map* [online]. Praha: Katedra mapování a kartografie, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2013 [cit. 2014-06-18]. Dostupné z: <http://kartografie.fsv.cvut.cz/>

ŠÍMA, Jiří. 2003. *Geoinformační terminologie pro geodety a kartografy*. Zdiby : VÚGTK. 87 s.

TOUŠEK, Václav, KUNC, Josef; VYSTOUPIL, Jiří a kol. *Ekonomická a sociální geografie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-112-4.

TUČEK, Ján. *Geografické informační systémy : principy a praxe*. 1. vyd. Praha : Computer Press, 1998. ISBN 80-7226-091-X.

VEVERKA, Bohuslav. *Topografická a tematická kartografie 10*. Praha : ČVUT 2001. ISBN 80-01-02381-8 .

VOŽENÍLEK, Vít. *Aplikovaná kartografie. I., Tematické mapy*. 1. vyd. Olomouc : Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, 1999. ISBN 80-7067-971-9.

VOŽENÍLEK, Vít. *Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponent*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého., 1998.

VOŽENÍLEK, Vít, Kaňok, Jaromír a kol. Metody tematické kartografie - Vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2790-4.

Wischmeier W.H. and Smith D 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. USDA-ARS Agriculture Handbook N° 537, Washington DC. 58 p.

ZEILER, Michael. *Modeling Our World*. Redlands : ESRI, 1999

## **Další zdroje dat**

### **České instituce řešící problematiku GIS:**

Česká asociace pro geoinformace - <http://www.cagi.cz/>

Česká geografická společnost (ČGS) - <http://geography.cz/>

Český úřad zeměměřický a katastrální - <http://www.cuzk.cz/>

GeoBusiness - <http://geobusiness.cz/>

GISportal.cz - <http://www.gisportal.cz/>

Geografická a Hydrometeorologická služba AČR - <http://www.army.cz/acr/geos/>

Historický ústav Akademie věd České republiky - <http://www.hiu.cas.cz/cs/>

INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe - <http://inspire.gov.cz/>

Kartografická společnost České republiky - <http://www.czechmaps.cz/>

Národní geoportál INSPIRE - [geoportal.gov.cz/](http://geoportal.gov.cz/)

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický - <http://www.vugtk.cz/>

### **Zahraniční instituce řešící problematiku GIS:**

Digital Earth - <http://www.ai.sri.com/digital-earth/>

Geofabrik - <http://www.geofabrik.de/>

Geographic Information for Sustainable Development (GISD) - <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa/GISD/default.htm>

Global Mapping - <http://www.iscgm.org/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi?page=Summary>

GMES - <http://www.gmes.info/>

INSPIRE - <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

Inspire Geoportal - <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>

Komise pro historii kartografie Mezinárodní kartografické asociace -  
<http://www.ichistcarto.org/>

Mezinárodní kartografická asociace (ICA) - <http://icaci.org/>

## **Geografické informační systémy v humánní geografii**

doc. RNDr. Marie Novotná, CSc.

Vydavatel:                      Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní knihovna  
   Oddělení vydavatelství a tiskových služeb  
   Univerzitní 8, 306 14 Plzeň  
   tel.: 377 631 951  
   e-mail: vydavatel@vyd.zcu.cz

Vyšlo:                              prosinec 2014  
Vydání:                            první

Nositelé  
autorských práv:              Marie Novotná  
   Západočeská univerzita v Plzni

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.