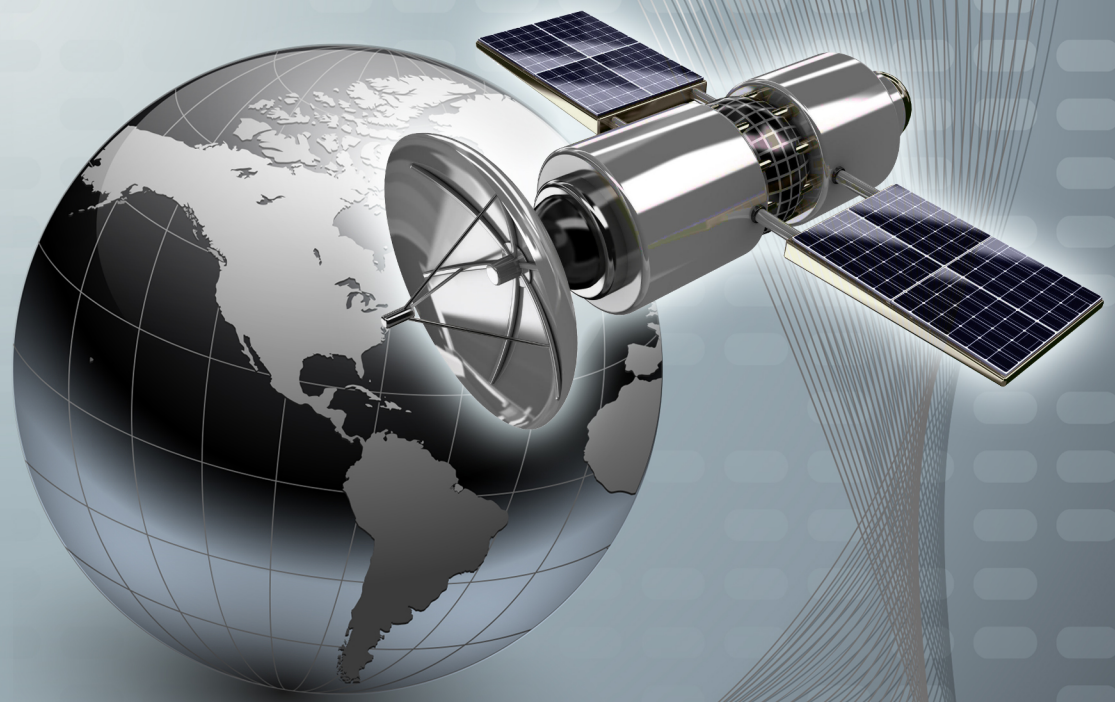
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici



Geografické informačné systémy 1

Rozvoj inovatívnych foriem vzdelávania
na Univerzite Mateja Bela
v Banskej Bystrici

ITMS: 26110230077

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

9 788055 706795 >

Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici
Belianum

Geografické informačné systémy 1

Michal Klaučo, Karol Weis,
Bohuslava Gregorová, Lenka Anstead

Banská Bystrica
2014

Názov: Geografické informačné systémy 1

Autori: RNDr. Michal Klaučo, PhD.
RNDr. Karol Weis, PhD.
PaedDr. Bohuslava Gregorová, PhD.
Mgr. Lenka Anstead, PhD.

Ilustrácie: RNDr. Michal Klaučo, PhD., Mgr. Tomáš Chrien

Recenzenti: Dr. h. c. prof. Ing. Pavol Rybár, PhD.
Doc. PhDr. RNDr. Martin Boltižiar, PhD.
RNDr. Nora Balková, PhD.

Schválené: Vysokoškolská učebnica schválená dekanom Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici 02/2014.

© Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2014

ISBN 978-80-557-0679-5

Tento učebný materiál vznikol v rámci projektu „Rozvoj inovatívnych foriem vzdelávania na Univerzite Mateja Bela v Banskej Bystrici“ (ITMS: 26110230077) v súlade s Operačným programom Vzdelávanie. Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov Európskej únie. Prijímateľom nenávratného finančného príspevku je Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici.

Obsah

Predslov 4

1. Úvod do geografických informačných systémov 5
1.1. Terminológia GIS 6
1.2. Geografický prístup 9
1.3. Základné princípy práce s GIS 11
1.4. Čo nie sú GIS 13
1.5. GIS ako samostatná vedecko-technická disciplína 13
1.6. Historický prehľad vývoja GIS 14

2. Technická infraštruktúra GIS 17
2.1. Softvérové vybavenie 18
2.2. Hardvérové vybavenie 21

3. Údaje v GIS 24
3.1. Geografické informácie 25
3.2. Dátové formáty používané v GIS 27
3.3. Databázové rozhranie 34
3.4. Topológia údajov 36
3.5. Mierka ako dôležitý faktor pri práci s údajmi 38

4. Geografická poloha údajov 42
4.1. Kartografické zobrazenia - mapové projekcie 46
4.2. Súradnicové systémy a siete 49
4.3. Zobrazovacie a súradnicové systémy používané na Slovensku . . 55
4.3.1. Křovákovo zobrazenie 55
4.3.2. Gauss-Krügerovo zobrazenie 57
4.3.3. UTM – Universal Transverse Mercator 60
4.4. Kartografické vlastnosti topografických máp 61

Záver 63
Použitá literatúra 64
Zoznam obrázkov a tabuliek 68
Register 70

Predslov

Geografické informačné systémy (GIS) môžeme označiť za technologický prostriedok alebo typ informačného systému, ktorý je určený na riešenie javov a problémov nachádzajúcich sa v priestore. Výsledok riešenia je väčšinou znázornený v tlačenej alebo interaktívnej mape.

GIS ponúkajú priestor na dokonalú analýzu i vizualizáciu problémov a javov v priestore, čím v mnohých prípadoch dochádza k tzv. mystifikácii účelu, na ktorý je možné tento typ informačných systémov používať. Mystifikáciu GIS môžeme dať do súvisu aj s požiadavkami kladenými na ich softvérové, hardvérové rozhranie alebo na vedomostnú úroveň používateľov. Skratka GIS sa používa aj ako určitá značka, napr. na označenie používateľskej komunity, segmentu trhu, produktov, riešení, technickej infraštruktúry atď.

Vedecko-technický a technologický rozvoj informačných technológií i čoraz väčšia cenová dostupnosť softvéru a hardvéru spôsobuje demystifikáciu GIS a posúva ich do každodenného života. On-line vyhľadávanie priestorových údajov, ako sú adresy, dopravné obmedzenia, živé prenosy (panorámy), aktuálne počasie atď., sa stalo neodmysliteľnou súčasťou nášho pracovného a súkromného života. Používatelia s takýmto typom služieb pracujú už ako s konečnými produktmi, pričom za ich vznikom a uvedením do života stoja práve GIS.

GIS predstavujú veľmi dynamicky sa rozvíjajúcu technológiu, kde hnacím motorom je práve používateľský dopyt po údajoch, resp. informáciách o priestore a čase. Údaje alebo informácie sú prezentované rôznou formou (web, mapy, videá...) a na rôznej úrovni (analytickej, syntetickej, interpretačnej atď.).

Publikácia s názvom Geografické informačné systémy 1 (GIS 1) prináša teoretickú bázu informácií o základných princípoch práce s GIS. Teoretická báza informácií je východiskom k úspešnému zvládnutiu práce s GIS softvérovými produktmi a hardvérovým vybavením. Publikácia GIS 1 je vysokoškolskou učebnicou, ktorá je úvodom do štúdia geografických informačných systémov a technológií. Učebnica je logicky štruktúrovaná od všeobecno-úvodných informácií až po evalvačné a propozičné informácie viazané k aplikačnej úrovni. Jej obsahová náplň nie je smerovaná len do akademickej sféry, ale aj do oblasti ochrany a tvorby životného prostredia. Zámerom autorov bolo zostaviť takú učebnicu, ktorá na vzdelávacom trhu osloví široké spektrum používateľov.

Na tento účel je učebnica doplnená desiatkami farebných obrázkov, tabuľkami a príkladmi na praktické použitie teoretickej bázy informácií. Zároveň je nutné podotknúť, že učebnica neobsahuje konkrétne cvičenia, ale môže byť určitým návodom na zostavenie vlastných cvičení.

Môžeme ju ponímať ako aktualizáciu a inováciu GIS na vzdelávacom trhu, čo v spojení s inými dielami (učebnicami) celkovo prispeje k skvalitneniu výučby GIS.

Autori

1. Úvod do geografických informačných systémov

Ľudstvo zaznamenáva na rôzne médiá informácie o svojom bezprostrednom okolí viac než 4000 rokov. Technológia záznamu údajov sa v priebehu tejto doby výrazne zmenila. Išlo o posun od záznamov na kamenné dosky (napr. zameriavanie parciel v starom Babylone a Egypte), až k najnovším geoinformačným technológiám zberu, analyzovania a vizualizácie údajov. Významný skok k moderným geoinformačným technológiám bol podmienený hlavne vedecko-technickým pokrokom v geodézii, topografii, kartografii, matematike, informatike, elektronike atď. Zo vzájomnej súčinnosti týchto vedecko-technických disciplín a zo snahy o čo najjednoduchšiu prácu s geografickými údajmi sa postupne vyformovali geografické informačné systémy (GIS; angl. Geographic Information System).

Do oblasti GIS je možné zahrnúť celý rad technológií, akými sú napr. diaľkový prieskum Zeme, globálne navigačné systémy, digitálna fotogrametria, on-line GIS služby, technológie 3D a 4D modelovania atď. Čoraz častejšie sa tento typ technológií nahrádza slovným spojením geoinformačné technológie. Informačná technológia (IT) je súbor počítačových a telekomunikačných zariadení na získavanie, ukladanie, prenos údajov a manipuláciu s nimi (Daintith, 2009), často v súvislosti s ekonomickou činnosťou (Howe, 2010). Termín je bežne používaný ako synonymum pre technológie (počítačové a telekomunikačné siete, počítače, televíziu, rozhas atď.) určené na šírenie informácií (Chandler a Munday, 2011).

Podľa Rapanta (2005) geoinformačnou technológiou označujeme taký typ technológie, ktorá umožňuje pracovať s geografickými údajmi v najširšom slova zmysle, t. j. od ich získavania až po vizualizáciu, samozrejme pri plnom rešpektovaní ich priestorového aspektu. Práca s objektmi a ich vzťahmi v krajinnej sfére, resp. na a v okolí zemského povrchu, je vždy viazaná na určitý priestor, ktorý geoinformačné technológie vedia zachytiť, analyzovať a vizualizovať. GIS ako technologický prostriedok sa väčšinou používajú na riešenie problémov, ktoré majú priestorový charakter, ako napr. optimálne a ekologické využívanie krajinnej sféry. Avšak mnoho metód používaných v GIS je možné aplikovať aj v oblastiach, kde sa nepracuje priamo s geografickou polohou. Ide najmä o stanovenia napr. DNA sekvencií alebo o rôzne analýzy a porovnania obrazu pomocou tzv. mapovej algebry. Podľa ESRI (2012) používaním GIS vznikajú rôzne typy prínosov, ktoré je možné rozdeliť do základných piatich skupín:

1. **úspora nákladov** – napr. optimalizácia dopravy, kde môžu vzniknúť úspory 10 % až 30 % z prevádzkových nákladov,
2. **vytváranie lepších rozhodnutí** – napr. výber lokality na výstavbu ciest, ťažbu prírodných zdrojov, umiestnenie priemyslu atď.,
3. **zvyšovanie efektivity komunikácie** – na základe vizuálnych výstupov, akými sú mapy, grafy, tabuľky atď.,
4. **lepšia správa údajov** – s možnosťou prepájať grafické, databázové a geografické rozhranie geografických údajov,
5. **zlepšenie manažmentu** – napr. krajinnej sféry pochopením toho, čo sa deje so stanovením predpokladov vývoja krajiny, zároveň čím je možné eliminovať negatívny vývoj.

1.1. Terminológia GIS

Pre GIS existuje niekoľko domácich a zahraničných definícií. V mnohých prípadoch dochádza k ich modifikácii a jednotlivé definície zvyčajne odrážajú konkrétny účel, na ktorý sa GIS využívajú. Avšak neexistuje pre ne jedna platná a všeobecne uznávaná definícia.

GIS sú podľa Burrougha (1986) najmä výsledkom paralelného vývoja množstva vedecko-technických disciplín, zameraných na spracovanie geografických údajov. Podľa uvedeného autora slúžia na zhromažďovanie, uchovávanie, sprístupňovanie, transformáciu a zobrazovanie údajov reálneho sveta na rozličné účely.

V zjednodušenej podobe Chorley (1988) uvádza, že GIS sú typom informačných systémov, ktoré sú určené na zachytávanie, ukladanie, vyhľadávanie, analýzu a zobrazovanie geografických údajov.

Softvérový producent ArcGIS (ArcView – ArcInfo), spoločnosť ESRI, definuje GIS ako organizovaný systém počítačového softvéru, hardvéru a geografických údajov, ktorý je navrhnutý na efektívne zadávanie, ukladanie, upravovanie, analyzovanie a zobrazovanie všetkých foriem geografických informácií.

Podobnú definíciu, ako uvádza spoločnosť ESRI, zaviedla aj autorská dvojica Dueker a Kjerne (1989), ktorí za GIS považujú systém hardvéru, softvéru, údajov, ľudí, organizačnej a inštitucionálnej štruktúry slúžiacej na zhromažďovanie, uchovávanie, analýzu a sprístupňovanie informácií o rozličných miestach na Zemi.

Podľa Malého geografického a ekologického slovníka (Matějček et al., 2007) sú GIS počítačovým nástrojom, ktorý používa a spracováva údaje polohovo viazané k povrchu Zeme. Dokážu riešiť problémy, v ktorých sú kombinované požiadavky na vlastnosti objektov, ich polohu a vzťah k ďalším objektom (napr. kolízna situácia či vyhľadávanie optimálneho dopravného spojenia). Aplikujú sa všade tam, kde je potrebné efektívne a rýchlo pracovať s priestorovými údajmi – územné plánovanie, záchranné systémy, modelovanie ekologických situácií atď.

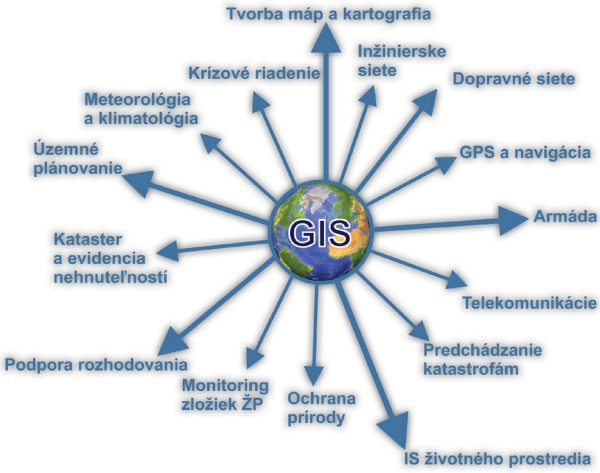
GIS je možné podľa uvedených prístupov vnímať v dvoch rovinách:

1. **Ako technologický prostriedok** (obrázok 1) pozostávajúci z piatich základných komponentov, resp. systémových prvkov, a to hardvéru, softvéru, údajov, spektra užívateľov a pracovných metód, ktoré sú medzi sebou úzko previazané. Nejde teda len o počítačový program, ako sa niekedy chybne chápe (Novotná et al., 2012), ale aj o ďalšie dôležité komponenty, ktorými sú:
   - **Ľudia** – GIS používatelia, východiskový bod na používanie a vývoj ďalších zložiek. Akákoľvek časť práce s GIS začína od tejto zložky a zároveň aj končí vo forme hotových výstupov.

Obrázok 1

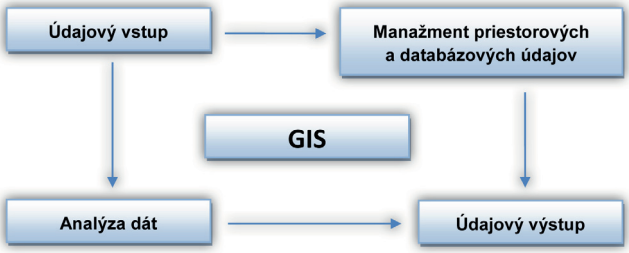
- **Metódy** – pracovné metódy a postupy používané s cieľom dosiahnuť stanovený výsledok.
- **Údaje** – geografické údaje a geografické informácie, s ktorými sa v GIS pracuje. Podľa Břehovského a Jedličku (2007) až 90 % finančných nákladov pre GIS smeruje na získavanie a obnovu údajov.
- **Hardvér** – počítačové vybavenie, na ktorom sa s GIS pracuje (počítače, počítačové siete, GPS zariadenia, tlačiarne, skenery atď.).
- **Softvér** – softvérové vybavenie GIS. Mnohí autori prikladajú tejto zložke najväčšiu prioritu, alebo ju nazývajú aj jadrom celého systému.

2. **Ako prostriedok s konkrétnym účelom** (obrázok 2), ktorým je napr. tvorba máp, správa údajov, analýza geografického priestoru, tvorba informačných systémov o území, plánovanie, výskum a modelovanie vývoja krajiny a životného prostredia.



Obrázok 2

Z pohľadu teórie systémov (Bertalanffy, 1968) je možné GIS prirovnať k usporiadanej množine prvkov spolu s ich vlastnosťami a vzťahmi medzi nimi (vzájomne prepojené časti), ktoré pracujú ako celok tak, aby splnili požadovaný účel. Prvok a jeho vlastnosť je časť systému, ktorý na danej rozlišovacej úrovni tvoria jeden celok. Vzťah je spojenie a interakcia medzi prvkami systému alebo medzi prvkami systému a prvkami okolia. Každý jeden prvok systému je navrhnutý správne, avšak ak tieto prvky nepracujú vo vzájomnom vzťahu, systém neplní svoju funkciu. Podľa funkcionality pozostávajú GIS zo 4 základných prvkov (Gopi et al., 2012), ktoré vytvárajú jednotný systém, tak ako je to znázornené na obrázku 3:



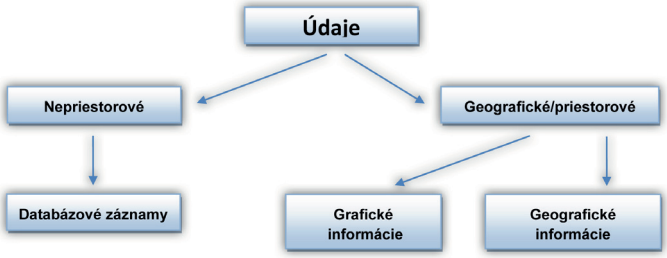
Obrázok 3

1. **údajový vstup** – používateľom umožňuje pracovať s geografickými údajmi v digitálnej forme, t. j. vo forme geografických informácií,
2. **manažment geografických a databázových údajov** – používateľom umožňuje vyhľadávať a organizovať záznamy, ktoré sú uložené vo forme vrstiev geografických informácií,
3. **analýza dát** – používateľom umožňuje definovať a vykonávať priestorové a atribútové procesy za účelom získania nových informácií,
4. **údajový výstup** – používateľom umožňuje realizovať výstupy vo forme textových, grafových, tabuľkových a mapových produktov, prípadne publikovanie výstupov pre on-line služby umiestnené na internete.

Vo všeobecnej úrovni informačných systémov je možné podľa O'Briena (1990) uvažovať o systémoch, ktoré prijímajú určité spektrum údajov ako vstupy a ich spracovávaním z nich vytvárať informačné produkty ako výstupy. Informačný systém je súbor ľudí, technických prostriedkov a metód zabezpečujúcich zber, prenos, uchovanie a spracovanie údajov (Molnár, 2001) za účelom, ktorý zadefinoval používateľ (napr. tvorba a prezentácia informácií). Ak uvažujeme o tom, že GIS sú typom informačných systémov, ktoré majú svoj konkrétny účel, je na mieste položiť si otázku: *„Ako sa GIS odlišujú od ostatných typov informačných systémov, napr. databázových, grafických alebo textových?"*

Hlavný rozdiel medzi GIS a ostatnými informačnými systémami je v údajoch. Základnou vlastnosťou údajov, s ktorými GIS pracujú, je to, že obsahujú informácie o ich geografickej polohe. Tento atribút (geografická poloha) umožňuje údaje priestorovo viazať ku konkrétnemu miestu v krajinnej sfére.

Na obrázku 4 je znázornený vzťah rôznych informačných systémov a údajov.



Obrázok 4

Termín GIS je možné, v zmysle Trajteľa a Hlásneho (2001), podrobiť nasledovnej sémantickej analýze:

- **geo** – znamená, že GIS pracujú s údajmi a informáciami vzťahujúcimi sa k Zemi alebo priamo k jej povrchu, bezprostrednému okoliu alebo k podpovrchovým častiam, pre ktoré je charakteristické, že je daná ich geografická lokalizácia v priestore prípadne v čase;
- **grafické** – znamená nielen to, že GIS intenzívne využívajú prostriedky grafickej prezentácie údajov, resp. výsledkov analýz, ale aj to, že používateľovi na komunikáciu s nimi ponúkajú podľa možnosti príjemné a intuitívne grafické rozhranie;
- **informačné** – znamená, že GIS vykonávajú zber, ukladanie, analýzu a syntézu údajov s cieľom získať nové informácie, ktoré sú potrebné na rozhodovanie, riadenie, plánovanie a modelovanie;

- **systémy** – znamená, že GIS predstavujú integráciu hardvéru, softvéru, priestorových a atribútových údajov, obsluhy a používateľov, pracovných metód i technológií do kompaktného celku.

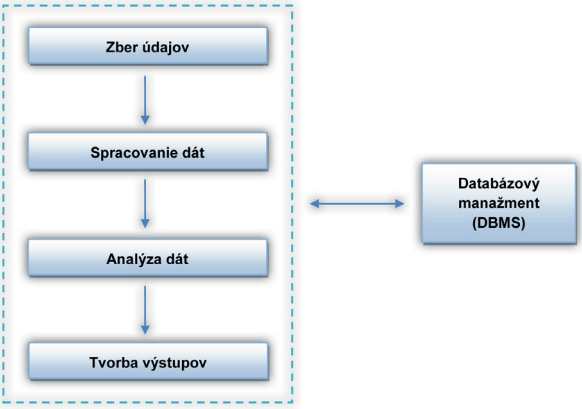
GIS sa za posledné roky dostávajú do povedomia laickej verejnosti aj ako *„značka“*. Akronym GIS sa využíva ako prídavok na označenie napr. softvéru – GIS softvér, hardvéru – GIS hardvér, údajov – GIS údaje, komunity – GIS komunita, pracovníkov – GIS pracovník atď. Základom princípu takéhoto označovania je účel, na ktorý sa uvedený termín viaže (Longley et al., 2005).

V tejto učebnici budeme GIS chápať ako technologický nástroj – prostriedok, ktorým je možné zachytiť objekty reálneho sveta, uložiť ich do digitálnej podoby, ďalej s nimi v takejto podobe pracovať (tzn. modifikovať, vyhľadávať, triediť, analyzovať, syntetizovať) a následne získaný výsledok interpretovať prostredníctvom textu, tabuľky, grafu, mapy, on-line webových služieb atď. Avšak za podmienky, že medzi objektmi je určitý vzťah a každý objekt má svoje grafické, databázové a geografické rozhranie.

1.2. Geografický prístup

GIS majú veľmi úzky vzťah s vedným odborom geografia, ktorá je zdrojom geografických údajov o krajinnej sfére. GIS ako technologický prostriedok umožňujú geografické údaje mapovať (zber údajov) a transformovať do digitálnej podoby na geografické informácie. Následne je možné geografické informácie podrobiť analýzam a z nich vytvárať výstupy. Dátový manažment je súčasťou každého kroku, tzn. od zberu údajov až po vytváranie konkrétnych výstupov. Obrázok 5 poukazuje na východiskový algoritmus, ktorý je podriadený tematicky orientovanému prístupu. V rozsahu riešenia problémov a javov krajinnej sféry používame tzv. geografický prístup pri práci s GIS. Aplikáciou geografického prístupu GIS pomáhajú odpovedať na širokú škálu dôležitých otázok, akými sú napr.:

1. Ktorá časť môjho mesta je najviac ohrozená negatívnymi vplyvmi dopravy alebo priemyslu?
2. Kde je najlepšie miesto na zriadenie rekreačného strediska?
3. Ktoré miesta v mojej obci sú periodicky zaplavované a v akom rozsahu?



Obrázok 5

Zodpovedaním uvedeného typu otázok ponúkajú geoinformačné technológie nový pohľad na svet okolo nás. Na tento účel je možné prostredníctvom GIS napr.:

1. **zaznamenávať** objekty a javy krajinnej sféry, čo následne uľahčuje ich lokalizáciu a účelovú vizualizáciu;
2. **kvantifikovať** napr. stanovenie počtu 1 000 obyvateľov na 1 hektár alebo vyhľadávanie miesta s určitým kritériom, akým môže byť vlastnosť prírodného prostredia (nadmorská výška, orientácia georeliéfu voči svetovým stranám) vhodná na umiestnenie strediska zimných športov;
3. **analyzovať** vzťahy a javy, a to buď prírodnej alebo socioekonomickej povahy, napr. odolnosť krajiny voči deštrukcii vplyvom rôznych antropických i prírodných faktorov;
4. **hodnotiť** analyzované vzťahy s vyvodením konkrétnych záverov, napr. na optimálne a ekologické umiestnenie rekreačných aktivít;
5. **vizualizovať** objekty krajinnej sféry vo forme máp, tabuliek, grafov, WebGIS-u atď.

Geografický prístup predstavuje *„metodológiu“* na riešenie priestorových problémov a následnú tvorbu rozhodnutí. Uvedeným prístupom dochádza k vzájomnej súčinnosti medzi geografiou a GIS (Artz a Baumann, 2009), kde geografia predstavuje vednú disciplínu a GIS technologický prostriedok.

Zavádzaním geografického prístupu pri práci s GIS dochádza k lepšiemu pochopeniu toho, čo sa odohráva v krajinnej sfére. Riešenie problémov pomocou tzv. geografického prístupu nie je ničím novým. Tento koncept je najlepšie opísaný v práci McHarga (1969), ktorý sa zaoberá filozofickým kontextom riadenia ľudských činností v krajinnej sfére.

Aplikáciou metodológie geografického prístupu pri práci v GIS je možné tvoriť konkrétne rozhodnutia riešenia problémov spojených napr. s využívaním krajinnej sféry. Metodológiu geografického prístupu podľa Artza, Baumanna (2009); ESRI (2012) tvorí nasledovných päť krokov (obrázok 6):

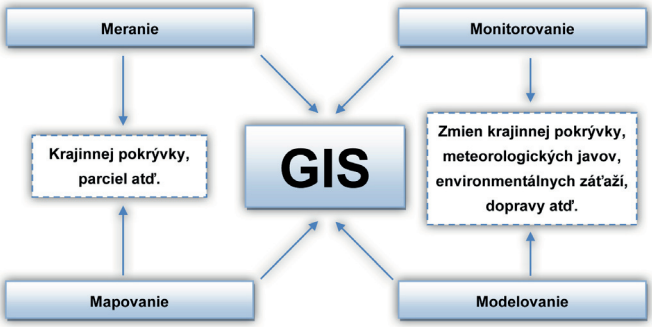
Obrázok 6

- **Krok 1** – opýtať sa, kde sa nachádza problém, ktorý sa snažíme vyriešiť alebo analyzovať. Byť čo najkonkrétnejší v otázke, na ktorú sa snažíme nájsť odpoveď, čo nám následne pomôže pri štruktúrovaní ďalších metodických krokov.
- **Krok 2** – zistiť disponibilitu údajových zdrojov k zadefinovanému problému, to znamená, aké údaje budeme potrebovať na riešenie daného problému, kde ich môžeme získať, alebo aké sú možnosti ich tvorby.
- **Krok 3** – preskúmať, či získané údaje sú vhodné na riešenie nášho problému. Ide o tzv. kontrolu zdroja, pôvodu, ale aj grafického, databázového a geografického rozhrania údajov. Kvalita získaných údajov priamo ovplyvňuje kvalitu požadovaných výstupov. Získavanie a kontrola údajov patria medzi najnáročnejšie kroky.
- **Krok 4** – analyzovať získané dáta prostredníctvom série metód, ktorými dosiahneme požadovaný výsledok. V tomto kroku majú dôležitú úlohu vstupné parametre (veľkosť územia, kvalita údajov, požadovaný výsledok) a zvolené algoritmy (aplikácia konkrétnej metodológie na riešenie príslušného problému).
- **Krok 5** – prezentovať výsledok. Je to dôležitá súčasť geografického prístupu. Výsledky môžu byť zdieľané prostredníctvom textových správ, máp, tabuliek a grafov v tlačenej alebo digitálnej podobe. Prezentácia výsledkov musí byť prispôsobená cieľovej skupine.

Geografický prístup poskytuje potrebný rámec na riešenie priestorových problémov, ktorý v sebe zahŕňa kroky identifikácie problému, zberu údajov, analýzy a následnej prezentácie výsledkov.

1.3. Základné princípy práce s GIS

Podľa Gopi et al. (2012) sú kľúčovými aktivitami GIS meranie, mapovanie, monitorovanie a modelovanie reálne existujúceho sveta (obrázok 7). Všeobecné zákonitosti práce s GIS je možné rozdeliť na 3 základné princípy:



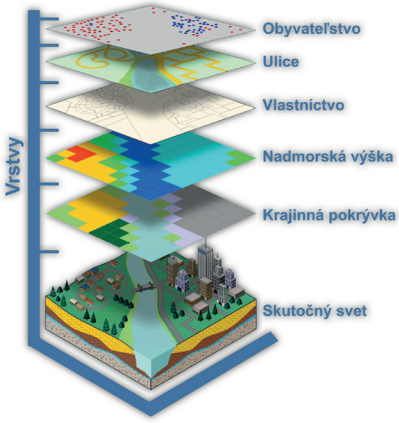
Obrázok 7

Princíp 1: Prvoradým princípom GIS je transformovať geografické údaje do takej podoby, aby sa s nimi dalo ďalej pracovať. Geografické údaje je možné získať z rôznych mapových diel, satelitných a leteckých snímok, vlastného mapovania atď. GIS prostredníctvom spektra hardvérového a softvérového vybavenia transformujú geografické údaje na geografické in-

formácie (obrázok 8). Geografické údaje sú teda považované len za určitý informačný vstup (najčastejšie v analógovej forme) do GIS. Geografické informácie sú už takým typom údajov (v digitálnej forme), s ktorými je možné v GIS ďalej pracovať, t. j. modifikovať ich, analyzovať, interpretovať do podoby produktových GIS výstupov (mapa, web, graf atď.).

Obrázok 8

Princíp 2: Jedným z ďalších princípov, ktoré sa uplatňujú v GIS, je práca s geografickými informáciami prostredníctvom tzv. vrstiev (obrázok 9). Podobný princíp práce s vrstvami sa využíva aj pri tvorbe máp v kartografii. Ako pri mapách, tak aj v GIS, môže mať každá vrstva iné tematické zameranie. Jedna vrstva môže znázorňovať územnú ochranu, ďalšia priestorové rozmiestnenie lesnej vegetácie alebo vodných plôch atď. Každá vrstva môže byť analyzovaná na konkrétny účel samostatne, alebo sa vrstvy medzi sebou môžu priestorovo prekrývať. Vzájomným prekrývaním dvoch alebo viacerých vrstiev vznikajú nové údajové komplexy, v ktorých sú integrované informácie zo všetkých vstupných vrstiev.



Obrázok 9

Princíp 3: Vytváranie databázy ku geografickým informáciám je ďalším (asi najtypickejším) princípom práce GIS. Databázy v kombinácii s vrstvami vytvárajú univerzálny systém, pri ktorom každá vrstva obsahuje inú, tematicky zameranú databázu údajov.

1.4. Čo nie sú GIS

Mnohí používatelia iných informačných systémov za GIS považujú napr. informačný systém na vytváranie máp. Mapové výstupy sú len jednou z vizualizačných možností, ktoré GIS ponúkajú. Mapa je v takomto ponímaní považovaná len za produktový výstup. Výstupom GIS môže byť krátka textová správa o výsledku analýz zemského povrchu, napr. ktorá časť územia je vhodná na bývanie, priemysel alebo rekreáciu.

V oblasti dopravy si mnoho jej účastníkov zamieňa GIS za GPS (Global Positioning System). GPS je satelitný navigačný systém na okamžité určenie geografickej polohy daného miesta. Výstupy sa používajú na rôzne navigačné, prípadne sledovacie účely v doprave, armáde, stavebníctve atď. Avšak GPS je možné zaradiť do súboru geoinformačných technológií, s ktorými GIS priamo pracujú.

V stavebníctve a strojárstve je zaužívaný termín CAD (Computer Aided Drawing/Design), ktorý sa často zamieňa s pojmom GIS. Informačné systémy CAD a GIS boli do používania zavedené samostatne. CAD poskytuje používateľovi predovšetkým sofistikované grafické rozhranie, ale GIS poskytujú okrem grafického rozhrania aj databázové a geografické rozhranie so silnými analytickými nástrojmi. Okrem grafických operácií umožňujú teda realizovať aj rôzne matematicko-inžinierske výpočty a analýzy. V CAD sa pracuje s údajmi veľkých mierok (detailná geometria súčiastky, plán budovy atď.). GIS sa zameriavajú na prácu s menšími mierkami (kataster, biotop, ekosystém, krajina, kontinent atď.). V CAD je ťažké vytvárať databázy (akousi obdobou sú len tzv. materiálové knižnice), pričom v GIS sú databázové systémy ich najdôležitejšou súčasťou.

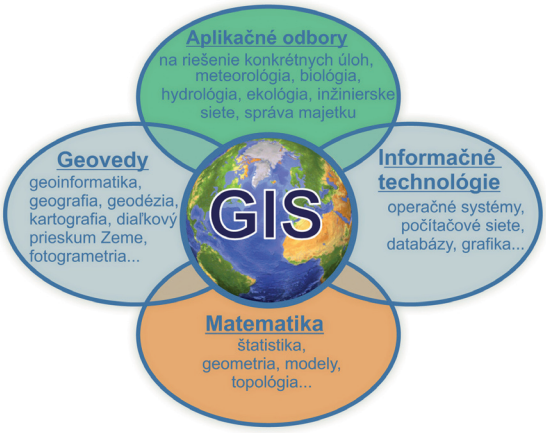
Taktiež nie je možné medzi GIS zaradiť databázové systémy, ktoré vo svojich záznamoch nemajú obsiahnuté grafické a geografické rozhranie údajov. Databázový záznam typu *„názov budovy, vlastník a druh využívania“* neobsahuje grafickú ani geografickú informáciu o danej nehnuteľnosti.

GIS predstavujú technologický prostriedok, ktorý je previazaný so systémami na prácu vo väčších mierkach (CAD), lokalizáciu objektov (GPS), grafické vizualizácie geografických informácií (tvorba máp), dátový manažment (DBMS).

1.5. GIS ako samostatná vedecko-technická disciplína

S termínom GIS sa veľmi úzko spájajú rôzne vedecko-technické disciplíny (geografia, informatika, matematika, geodézia atď.). Na základe ich prieniku (obrázok 10) sa GIS vyformovali ako technologický prostriedok, určený na riešenie priestorových problémov reálneho sveta.

Tým, že sa GIS používajú ako nástroj na riešenie mnohých problémov, podľa Longleyho et al. (2005) vyvolávajú aj množstvo otázok. Napríklad: *„Aká je presnosť abstrahovania údajov? Aké zásady a princípy sa používajú pri tvorbe*



Obrázok 10

máp? Do akej miery dokáže používateľ pomocou navigačných technológií presne lokalizovať, pochopiť a riešiť problémy reálneho sveta?" Niektoré otázky sa týkajú dizajnu, ďalšie geografických údajov, pracovných metód či softvérových aplikácií.

Na zodpovedanie takýchto otázok v roku 1992 Michael Goodchild sformuloval novú vedecko-technickú disciplínu s názvom GIScience (geoinformačná veda) a navrhol, aby sa zamerala na metódy zberu údajov, teóriu priestorových štatistík, dátové štruktúry, rozvoj analytických nástrojov a možností na vizualizáciu geografických informácií.

Ide o disciplínu, ktorá sa zaoberá vývojom, využívaním a aplikáciou technológie GIS. Veľmi podobný význam a zameranie ako GIScience majú termíny, resp. vedecko-technické disciplíny, geomatika a geoinformatika.

1.6. Historický prehľad vývoja GIS

S prvým podnetom počítačového spracovania geografických údajov prišiel v roku 1962 Roger Tomlinson z Kanady. Podnet vychádzal z kritérií na tvorbu mapových výstupov pre ambiciózny program s názvom „*Canada Land Inventory (CLI)*" (Tomlinson, 1962, 1998; Chrisman, 2006). CLI bol národný program kanadskej vlády na podporu krajinného plánovania. V priebehu 10 rokov sa komplexne analyzovalo územie o rozlohe 2 600 000 km^2 v mierke 1 : 50 000 (15 000 máp), 1 : 250 000 (1 200 máp) a 1 : 1 000 000 (Tomlinson, 2011). Pre takto náročný program bolo potrebné navrhnúť automatizovaný systém uchovávania a spracovania údajov. Roger Tomlinson bol prizvaný na vývoj tohto automatizovaného systému, ktorý sa neskôr označil za „*Canada Geograpical Information System (CGIS)*". CGIS je považovaný za prvý funkčný GIS na svete a bol navrhnutý tak, aby dokázal toto množstvo získaných dát účelovo (pre potreby krajinného plánovania) riadiť, modelovať a analyzovať. Zároveň CGIS predstavuje ukážku unikátnej spolupráce medzi štátnym a súkromným sektorom v oblasti digitálneho mapovania krajiny (Thie, 2008).

K ďalším míľnikom v histórii GIS je možné podľa Coppocka a Rhinda (1991); Longleyho (2005) zaradiť:

1. Obdobie inovácií

- **1964** – vznik výskumného centra (s grantovou podporou Nadácie Ford) na tvorbu softvérových produktov určených na zber geografických údajov „*The Harvard Lab for Computer Graphics and Spatial Analysis*". Prvým produktom výskumného centra bol kartografický softvérový produkt s názvom „*SYMAP*". V centre pracovalo mnoho kľúčových GIS predstaviteľov, napr. David Sinton (Intergraph), Jack Dangermond (ESRI), Lawrie Jordan a Bruce Rado (ERDAS) atď.
- **1967** – Úrad pre sčítanie ľudu v USA vyvinul program DIME (Dual Independent Map Encoding) na podporu automatizácie spracovania záznamov. Vedľajším produktom bol prvý digitálny zoznam ulíc v USA.
- **1969** – Jack Dangermond, študent z „*Harvard Lab for Computer Graphics and Spatial Analysis*" a jeho manželka Laura založili spoločnosť Environmental Systems Research Institute (ESRI).
- **1969** – Jim Meadlock a ďalší štyria predstavitelia, ktorí pracovali na vývoji riadiaceho systému pre rakety rodiny Saturn – Apollo 8, založili spoločnosť M & S Computing, neskôr premenovanú na Intergraph Corporation.

- **1969** – Ian McHarg vydal prelomovú publikáciu *„Design With Nature“* s opisom prvých konceptov moderných GIS analýz a opisom metód prekrývania geografických údajov. V tomto období vznikla aj prvá technická GIS kniha autorskej dvojice Nordbeck a Rystedt so zameraním na algoritmy priestorových analýz.
- **1972** – na účely diaľkového prieskumu Zeme bol do prevádzky spustený satelitný systém Landsat 1, pôvodný názov ERTS (Earth Resources Technology Satellite).
- **1974** – bola zorganizovaná prvá séria konferencií (štát Virgínia – USA) s názvom AutoCarto, kde sa zadefinoval okruh GIS problematiky.

2. Obdobie komercionalizácie

- **1978** – vznik spoločnosti ERDAS (Earth Resources Data Analysis Systems) so zameraním na tvorbu softvérového produktu na diaľkový prieskum Zeme s názvom ERDAS 4.
- **1981** – na trh bol uvedený prvý komerčný GIS softvérový systém – ArcInfo. Softvér bol navrhnutý pre mikropočítače, pracoval na vektorovej báze s prepojením na databázové záznamy. Ide o prelomový moment, ktorým sa vytvorilo nové odvetvie priemyslu.
- **1982** – vznik spoločnosti *„SPOT Image Company“* na účely komerčnej distribúcie produktov diaľkového prieskumu Zeme.
- **1985** – do prevádzky bol uvedený armádny navigačný systém GPS (The Global Positioning System).
- **1985** – armádna výskumná organizácia *„US Army Construction Engineering Research Laboratories“* uviedla GIS softvérový produkt s názvom *„Geographic Resources Analysis Support System (GRASS)“*.
- **1986** – uvedenie prvej komerčnej desktop GIS aplikácie MapInfo od spoločnosti MapInfo Corp. Softvérom sa zadefinovali prvé štandardy pre aplikácie GIS desktop.
- **1986** – na účely diaľkového prieskumu Zeme bola na obežnú dráhu vypustená družica SPOT 1.
- **1987** – vznik prvého časopisu so zameraním na GIS s názvom *„International Journal of Geographical Information Systems (v súčasnosti IJGI Science)“*.
- **1987** – Ron Eastman z *„Clark University“* v USA spustil projekt pod názvom Idrisi.
- **1988** – transfer programu DIME na systém TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing), v súčasnosti dostupná geodatabáza údajov o území USA.
- **1991** – vypustený prvý európsky satelit s názvom *„European Remote Sensing Satellite (ERS-1)“*.
- **1992** – US Defense Mapping Agency (v súčasnosti NGA) poskytla takmer 1.7 GB geografických informácií v mierke 1 : 1 000 000.
- **1993** – prvá webová interaktívna mapa, ktorú vyvinul Steve Putz z výskumného centra spoločnosti Xerox Corporation. Mapa bola na báze jazyka HTML a protokolu HTTP.

- **1994** – prezident USA B. Clinton vydal tzv. riadiaci príkaz na vytvorenie *„US National Spatial Data Infrastructure (NSDI)“*.
- **1994** – vznik univerzitného neziskového konzorcia s názvom *„University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS)“*, ktoré dodnes zastrešuje univerzity a výskumné inštitúcie.
- **1996** – vznik konzorcia OpenGIS® na podporu spolupráce GIS systémov. Konzorcium pozostáva z vládnych agentúr, univerzít, výskumných centier a užívateľov.
- **1996** – niekoľko spoločností, predovšetkým Autodesk, ESRI, Intergraph a MapInfo, súčasne predstavilo novú generáciu GIS produktov s internetovým základom.
- **1997** – TerraServer (http://www.terraserver.com) spustil svoju prevádzku ako projekt spoločnosti Aerial Images, Inc., Microsoft, USGS a Compaq.
- **1999** – zorganizovaný prvý GIS Day, ktorý prilákal viac ako 1,2 milióna účastníkov.

3. Obdobie rozmachu a on-line služieb

- **1999 –** spoločnosť IKONOS spustila novú generáciu satelitných senzorov s rozlíšením 90 cm.
- **2000** – počet priamych GIS používateľov dosiahol číslo 1 milión a ďalších nepriamych používateľov sa predpokladá okolo 5 miliónov.
- **2002 –** spustenie on-line prevádzky *„National Atlas of the United States“* (http://www.nationalatlas.gov) s dostupnými geografickými informáciami o USA.
- **Od 2003 až po súčasnosť –** do prevádzky bolo spustených množstvo rôznych on-line GIS služieb, akými sú napr. služba U.S. e-Government (2003), OpenStreetMap (2004), Google Maps (2005), Bing Maps (2010) atď.

Otázky:

1. Čo sú geografické informačné systémy (GIS)?
2. Aké typy prínosov je možné očakávať používaním GIS?
3. Aké sú základné komponenty GIS?
4. Ako sa GIS odlišujú od ostatných typov informačných systémov?
5. Kde všade je možné stretnúť sa s GIS?
6. Čo je geografický prístup v GIS?
7. Aké sú základné princípy práce s GIS?
8. Ktoré pojmy sa najčastejšie zamieňajú s GIS?
9. Do ktorého časového obdobia je možné zaradiť vznik GIS?

2. Technická infraštruktúra GIS

V predchádzajúcej kapitole sme sa venovali vysvetleniu pojmu GIS, ako aj problematike vzniku, používania a súčasným trendom vývoja v oblasti geoinformačných technológií. Kapitola Technická infraštruktúra GIS je zameraná hlavne na opis hardvérového a softvérového vybavenia, ktoré používateľ potrebuje pre svoju prácu.

Približne pred 25 až 30 rokmi si práca s GIS vyžadovala špecifický operačný systém, ktorý pracoval len na určitom type hardvéru. Na zaobstaranie GIS technickej infraštruktúry bolo potrebné vynaložiť veľké finančné prostriedky (Sherman, 2008). Dnes, v snahe o čo najjednoduchšiu prácu s priestorovými informáciami a cenovú dostupnosť výkonnejších počítačov, sa GIS aj vďaka prepracovanejšiemu príslušenstvu a užívateľsky zrozumiteľnému softvéru stávajú dostupnou a každodennou IT technológiou. Každý používateľ má individuálne parametre svojho GIS aplikačného rozhrania, ktoré sú väčšinou závislé od požadovaného výsledku.

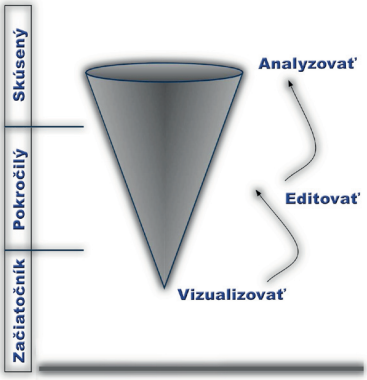
Najčastejšie kladenou otázkou je, či vybrať softvérový produkt pre náš súčasný hardvér alebo prispôsobiť hardvér pre aktuálne používaný alebo plánovaný softvér. Podľa Shermana (2008) existuje celý rad faktorov. K trom základným patria:

1. typ operačného systému, na ktorom bude nainštalovaný GIS softvér (nie každý softvérový produkt pracuje na viacerých operačných systémoch);
2. typ a funkcionalita softvérového produktu, ktorý používame alebo plánujeme používať (pre jednoduché GIS prehliadače geografických informácií postačuje základná hardvérová konfigurácia);
3. v konečnom dôsledku disponibilné finančné prostriedky.

Výber správnej platformy (hardvér, operačný systém a GIS softvér) je podmienený účelom našej práce. GIS softvér by mal byť vybraný na základe jeho funkcionality. Výber hardvéru by mal vychádzať z minimálnych požiadaviek GIS softvéru na konfiguračný výkon hardvéru a typ operačného systému (Harmon a Anderson, 2003). Avšak výber je obvykle podmienený našou súčasnou finančnou situáciou a hardvérovou konfiguráciou, ktorú máme k dispozícii.

Ak patríme medzi GIS používateľov, pravdepodobne už máme predstavu o našich potrebách a požiadavkách na softvérové a hardvérové vybavenie. K úrovni používateľa je priamo priradená aj úroveň potrebnej platformy práce s GIS. Vo všeobecnosti existujú 3 úrovne používateľov, ktoré sú graficky znázornené na obrázku 11:

1. **Začiatočník** – príležitostný používateľ, ktorý je schopný geografické informácie v GIS softvéri zobraziť a tematicky vizualizovať. Na tento účel má k dispozícii jednoduchý GIS softvérový produkt na úrovni prehliadača geografických informácií, základnú geodatabázu údajov a prístup ku GIS on-line službám. Vykoná základný import a export údajov (napr. z GPS do GIS softvéru, z CAD do GIS), prí-



Obrázok 11

padne vektorizáciu jednoduchých prvkov na podkladových mapách a následnú tlač. V niektorých prípadoch je schopný vykonať jednoduché prekrytie dvoch vrstiev.

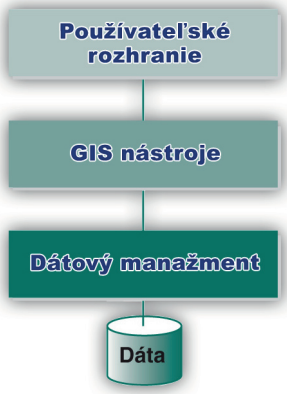
2. **Pokročilý** – stredná používateľská úroveň v rozsahu tvorby vlastných geografických informácií z údajov, ktoré pochádzajú z rôznych zdrojov (terénne merania, rastrové – podkladové mapy). Používateľ je schopný svoje výstupy vizualizovať na mapách väčších mierok, kde sú zachytené aj rôzne vzťahy medzi objektmi zemského povrchu. Používateľ preferuje viac prácu s vektorovým než s rastrovým dátovým formátom. Taktiež pracuje s rôznymi súborovými a dátovými formátmi, je schopný vytvárať ich export a import, prevod medzi zobrazovacími systémami.
3. **Skúsený** – používateľ je schopný podrobiť vlastné údaje náročným priestorovým analýzam. Používa GIS na zodpovedanie otázok o priestorových vzťahoch medzi objektmi zemského povrchu. Pracuje so všetkými dátovými formátmi (vektor, raster a TIN model), ktoré sú určené na abstrahovanie objektov a vzťahov reálneho sveta. Dokáže zadať jednoduché príkazy bežných programovacích jazykov za účelom rozšírenia funkcionality a uľahčenia práce s GIS softvérom. Na základe externých podnetov a požiadaviek je pripravený riešiť komplexné a náročné problémy, napr. analýzy zmeny využívania krajinnej sféry atď.

V konečnom dôsledku GIS predstavujú technologický prostriedok, ktorý si vyžaduje na prácu s grafickým, databázovým a geografickým rozhraním údajov výkonnejšiu technickú infraštruktúru.

2.1. Softvérové vybavenie

GIS softvér je termín, ktorý zahŕňa širokú škálu nástrojov na tvorbu, georeferencovanie, manipuláciu, analýzu a ukladanie geografických informácií v rôznych dátových a súborových formátoch. Niektoré špecializované GIS softvérové produkty sú zamerané len na splnenie určitej funkcie. Môžu byť určené na prácu so snímkami diaľkového prieskumu Zeme alebo na prácu s katastrálnymi údajmi (de Smith, 2008). Z pohľadu *„architektúry“* informačných systémov sa GIS softvér skladá z troch základných častí (obrázok 12), ktoré umožňujú vykonávať rozličné typy nezávislých úloh (Longley et al., 2005):

1. **Používateľské rozhranie** – grafické rozhranie na ovládanie GIS softvéru, resp. *„graphical user interface (GUI)“*. Ide o zoskupenie príkazov a ovládacích prvkov do menu a panelov, pracovnej plochy atď. Používateľské rozhranie sprostredkováva prístup ku GIS nástrojom. Toto grafické rozhranie môže byť podľa Klauča et al. (2010) ďalej štruktúrované na:
   - **pracovnú plochu** (data view) – je určená na vytváranie geografických údajov a ich spracovanie,
   - **mapové okno** (layout view) – je určené na grafickú vizualizáciu pracovnej plochy, napr. v podobe mapy,
   - **ovládacie prvky** – sú reprezentované nástrojmi zoskupenými do tzv. menu a panelov. Zabezpečujú prístup ku GIS nástrojom a údajom.

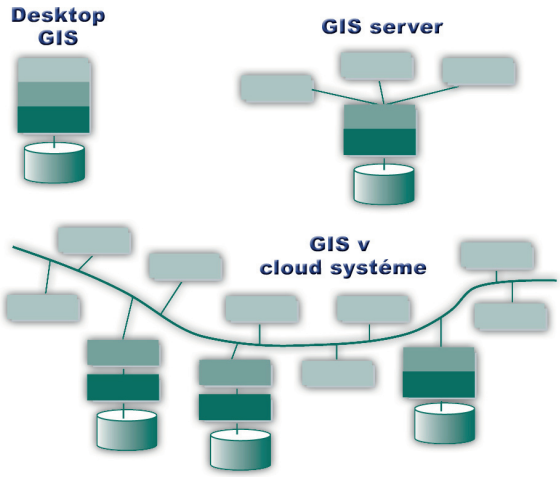


Obrázok 12

2. **GIS nástroje** (GIS toolset) – definujú úroveň, typ, kapacitu a funkcionalitu GIS softvérového produktu práce s priestorovými informáciami.

3. **Dátový manažment** (Database managment system – DBMS) prostredníctvom databázových systémov, ktoré umožňujú prístup ku GIS údajom, zabezpečuje umiestnenie, správu, import a export požadovaných údajov.

S cieľom maximálnej optimalizácie práce s GIS softvérom je vhodné optimalizovať hardvér a operačný systém odlišne pre každú časť tejto kompozície. Práca s grafickým rozhraním si vyžaduje zvýšené požiadavky na pamäť, grafickú kartu a procesor. Dátový manažment zase vyžaduje rýchlosť prístupu a dostatočnú disponibilitu diskového priestoru. Všetky časti môžu byť lokalizované v jednom počítači alebo na niekoľkých počítačoch, napr. používateľské rozhranie sa nachádza na našom lokálnom počítači, údaje sú umiestnené na dátovom serveri a nástroje na prácu s údajmi sú nainštalované na centrálnom serveri organizácie, kde pracujeme (obrázok 13).



Obrázok 13

GIS softvér obvykle v sebe zahŕňa niekoľko softvérových modulov, resp. samostatných softvérových produktov (Schmalz a Ritter, 2008):

- **dátový modul** predstavuje úložisko údajov,
- **modul databázového manažmentu**, ktorým sa vykonáva prístup a správa priestorových údajov,
- **grafický/DTP modul** na grafickú vizualizáciu priestorových údajov vo forme mapových zostáv,
- **geografický/GPS modul** zabezpečujúci prácu s geografickou polohou,
- **analytický modul** určený na vykonávanie priestorových a databázových analýz.

V súčasnosti je na trhu k dispozícii veľké množstvo GIS softvérových produktov, ktoré sa zaraďujú do nasledovných piatich kategórií:

1. **Desktop** – najviac rozšírená kategória GIS softvéru pre personálne počítače. V tejto kategórií sú obsiahnuté všetky tri časti, a to: používateľské rozhranie, GIS nástroje a dátový manažment.

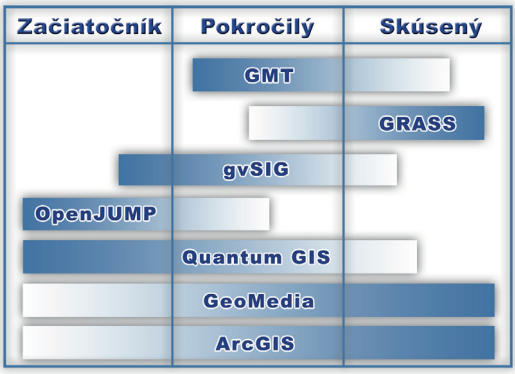
2. **Server** – v poslednej dobe zaznamenáva výrazný rozmach používania. Hlavným dôvodom sú nízke prevádzkové náklady (pre konečného používateľa), cenovo dostupnejší hardvér a širšia dostupnosť internetu. Ide o kategóriu softvéru, ktorý je nainštalovaný na centralizovanom počítači – serveri a umožňuje prístup k práci s údajmi. GIS softvérové produkty tejto kategórie sú väčšinou ovládané prostredníctvom internetu a majú v súčasnosti najväčší počet používateľov.

3. **Developer** – séria GIS komponentov určených pre softvérových vývojárov. Svojou štruktúrou a funkcionalitou komponentov slúžia na vytváranie užívateľsky optimalizovaných aplikácií. Bežné softvérové produkty neponúkajú žiadne alebo len limitované GIS vývojárske funkcie. Tieto softvérové produkty je možné pomocou sady naprogramovaných komponentov doplniť o funkcie, ktoré ponúkajú GIS. Napr. databázový systém na doručenie zásielok je možné rozšíriť o mapu aktuálnej polohy kuriéra a cieľovú destináciu, kde má byť zásielka doručená, alebo o mapový prehliadač, v ktorom sa pri konkrétnej polohe zobrazujú najnovšie správy o dianí v danej lokalite.

4. **Hand-held/Mobile GIS** – zvyšovanie spoľahlivosti a miniaturizácia hardvéru dali predpoklady aj na rozvoj GIS softvéru pre mobilné zariadenia. Cenová dostupnosť služieb určovania geografickej polohy pomocou signálu bezdrôtových telekomunikačných sietí vo výraznej miere vytvorila nové trhové odvetvie so zameraním na mobilné GIS s priamym využitím v terénnom prostredí.

5. **Ostatné** – do tejto kategórie je možné zaradiť špecializovaný druh GIS softvéru, napr. CAD softvér, katastrálny softvér alebo softvér určený len na prácu s rastrovým údajovým formátom atď.

GIS softvérové produkty pochádzajú od rôznych producentov, t. j. od lokálnych až po globálnych lídrov v tvorbe GIS softvérových produktov. Každý softvérový producent sa zameriava na iný rozsah GIS funkcionality a kapacity na prácu s priestorovými údajmi. V súčasnosti dochádza k zjednocovaniu používateľského rozhrania a GIS nástrojov. Avšak od každého producenta je iné grafické prevedenie a rýchlosť odozvy práce GIS nástrojov. Na obrázku 14 je znázornený vzťah medzi softvérovými produktmi a úrovňou GIS používateľov.



Obrázok 14

GIS softvérové produkty sú distribuované rôznou licenčnou politikou, t. j. politika na báze slobodného šírenia (GNU/GPL, Open Source) alebo báza komerčnej (platenej) politiky. Podľa de Smitha (2008) komerční producenti oproti voľne šíriteľnej báze len zriedkavo umožňujú prístup k zdrojovým kódom a algoritmom, podľa ktorých softvérový produkt pracuje. Komerční producenti zvyčajne publikujú rozsiahle používateľské manuály v analytickej, ale aj aplikačnej úrovni. Správa dát a manipulácia s nimi v databázach týchto producentov je charakteristická vysokým stupňom ochrany.

GIS softvérové produkty sú často kritizované za svoje komplikované ovládanie, ktoré si vyžaduje určitú úroveň rozšírených znalostí. V skutočnosti predstavujú jednoduché a rýchle nástroje na špecializované využitie v oblasti mapovania, analýz, správy a vizualizácie vstupných a výstupných údajov (de Smith, 2008). GIS softvérové produkty je možné zaradiť do skupiny aplikačného softvéru.

2.2. Hardvérové vybavenie

Z pohľadu informatiky je možné hardvér rozdeliť do dvoch základných skupín:

1. **Vnútorný** (interný), ako je napr. procesor, základná doska, pevný disk, pamäť atď.
2. **Vonkajší** (externý, periférny), kde patria:
   - vstupné zariadenia – myš, klávesnica, skener, atď.,
   - výstupné zariadenia – monitor, tlačiareň, ploter, atď.,
   - vstupno-výstupné zariadenia – modem, externé pamäťové disky.

Hardvér patrí medzi tie najviac viditeľné komponenty, z ktorých GIS ako technologický prostriedok pozostáva. Minimálna hardvérová konfigurácia je vždy podriadená požadovanej úrovni práce s GIS (Davis, 2001). Požiadavky na hardvérovú konfiguráciu sú iné pre počítačovú zostavu typu desktop a iné pre zostavu typu server. Práce menších rozsahov si prirodzene vyžadujú menšie nároky na hardvérovú konfiguráciu, avšak náročnejšia práca, do ktorej je zahrnutých niekoľko používateľov, si vyžaduje konfiguráciu serverových zostáv (Gopi et al., 2012). GIS hardvér je možné vo všeobecnej úrovni rozdeliť na štyri kategórie (Davis, 2001; Schmalz a Ritter, 2008):

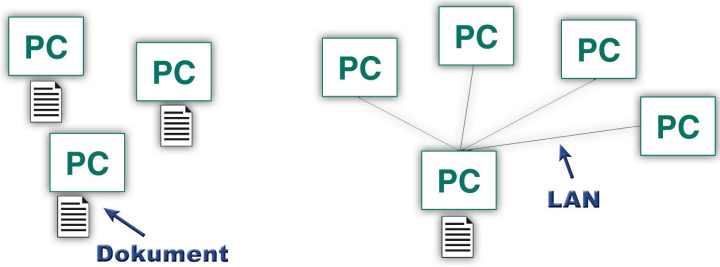
1. **Vstupné zariadenia** – ide o vonkajšiu (externú) skupinu hardvéru, určeného na vstup údajov do GIS, t. j. transfer geografických údajov na geografické informácie prostredníctvom tzv. digitizérov, skenerov (podkladové mapy), manuálneho zadávania údajov (klávesnica a myš) alebo terénneho zberu údajov (GPS zariadenia, tablety).
2. **Zariadenia pre manažment a analýzu údajov** – ide o vnútorný hardvér, ktorému je potrebné venovať najväčšiu pozornosť, pretože zabezpečuje správu dát a plní výpočtové funkcie analýz a grafických vizualizácií údajov. Existuje množstvo výrobcov a typov počítačových zostáv (32/64 bitové), avšak niektoré GIS softvérové produkty pracujú len na určitých hardvérových parametroch. Čoraz viac sa začína využívať tzv. internetová platforma, kde je potrebné osobitne prihliadať na hardvér koncového používateľa a osobitne na centralizovaný hardvér – server/y.
3. **Výstupné zariadenia** – ide o vonkajšiu (externú) skupinu hardvéru, ku ktorej patrí spektrum produktov, prostredníctvom ktorých sú prezentované výsledky GIS, napr.

jednoduché zobrazovanie na monitore, tlačiarňach, aplikácie na internete atď. Každý výstup si vyžaduje vlastný osobitný hardvér. Medzi najrozšírenejšie zariadenia na tvorbu GIS výstupov patria veľkoplošné tlačiarne (2D, 3D a ploter) alebo v poslednej dobe sa do používania dostávajú tzv. interaktívne dotykové stoly.

4. **Doplňujúce zariadenia** – ide o kategóriu vstupno-výstupných zariadení s prístupom do sietí LAN, WAN, internet atď.

Práca s GIS softvérom môže prebiehať na nasledovných typoch počítačových zostáv (Longley et al., 2005):

1. **Desktop** – všetky časti sú umiestnené na jednom počítači, zvyčajne ide o bežný typ personálnych počítačov, v ktorých je nainštalovaná desktop verzia GIS softvéru (obrázok 15). Toto riešenie nevyžaduje primárne pripojenie na internet.



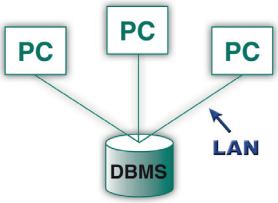
Obrázok 15

2. **Client/server** – jednotlivé časti môžu byť umiestnené na viacerých počítačoch, čím sa zlepšuje flexibilita a výkon práce s GIS. V tomto type konfigurácie sa nachádza užívateľ s počítačom, kde má nainštalované používateľské rozhrania a GIS nástroje, avšak dátové úložisko je centralizované na dátovom serveri (obrázok 16). Spojenie medzi používateľmi a dátovým úložiskom je zabezpečené prostredníctvom LAN siete. Vo väčšine prípadov ide o malé organizácie so štandardizovanou softvérovou a hardvérovou infraštruktúrou, napr. používatelia operačného systému Windows a GIS softvéru od spoločnosti ESRI.

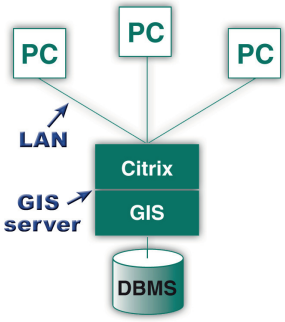
3. **Centralizovaný desktop** – používateľské rozhranie a GIS nástroje sú umiestnené na centrálnom počítači – serveri spolu s ďalším, resp. pomocným softvérom (Citrix alebo Windows Terminal Server), ktorý používateľom umožňuje prístup k plnohodnotnému ovládaniu GIS softvéru. Dátový manažment sa nachádza na osobitnom dátovom serveri. Spojenie medzi používateľmi, centralizovaným GIS desktop softvérom a dátovým manažmentom je zabezpečené LAN a WAN sieťou (obrázok 17). Tento príklad zostavy je možné nájsť v organizáciách s geografickým rozptýlením a s rôznymi typmi hardvérovej a softvérovej konfigurácie, napr. používatelia viacerých typov operačného systému, ktorí pristupujú k jednému centralizovanému štandardu.

4. **Centralizovaný server** – používatelia majú na svojich personálnych počítačoch nainštalovanú aplikáciu (napr. web prehliadač) na prístup k centralizovanému serveru, v ktorom je umiestnené používateľské rozhranie, GIS nástroje a dátový manažment. Ide o zostavu, ktorá pozostáva z rôznych typov sietí, rôzneho počtu serverov, rôzneho

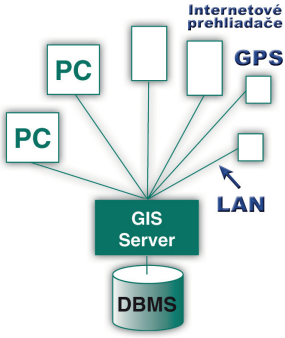
typu a počtu používateľov (obrázok 18). Pripojenie je zvyčajne prostredníctvom siete internet. Na centralizovanom serveri je nainštalovaná tzv. správcovská aplikácia, ktorá definuje rozsah a spôsoby prístupu k používateľskému rozhraniu, GIS nástrojom alebo údajom. Typickým príkladom sú rôzne aplikácie typu WebGIS, napr. arcgis.com, maps.google.com.



Obrázok 16



Obrázok 17



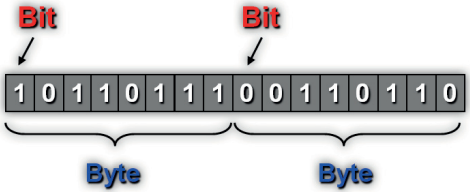
Obrázok 18

Otázky:

1. Do koľkých a akých kategórií môžeme zaradiť GIS používateľov?
2. Z ktorých základných častí pozostávajú GIS softvérové produkty?
3. Aké sú základné kategórie GIS softvérových produktov?
4. Z pohľadu informatiky je možné hardvér rozdeliť do niekoľkých základných skupín. Do ktorých?
5. Aké typy počítačových zostáv sú k dispozícii na prácu s GIS?

3. Údaje v GIS

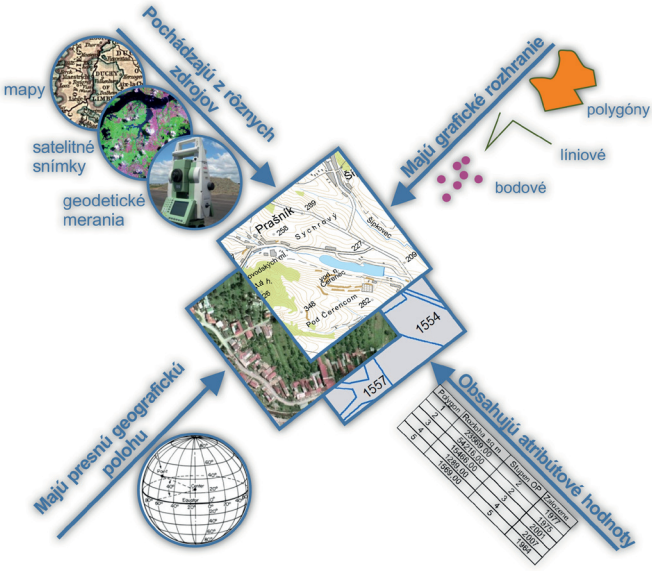
Ak je každá informácia v digitálnej podobe zapísaná sústavou čísel 0 a 1, hovoríme o binárnej číselnej sústave (dvojková číselná sústava). Používateľ akéhokoľvek informačného systému vidí len konečný produkt, resp. reprezentáciu zápisu hodnôt 0 a 1 vo forme textu, obrazu, zvuku atď. Samotné binárne číslo 0 alebo 1 predstavuje základnú informačnú jednotku, tzv. bit (angl. bit) a označuje sa písmenom „b“. Sústava 8 binárnych čísel je zoskupená do tzv. bajtu (angl. byte) a označuje sa písmenom „B“ (obrázok 19). Na vyjadrenie väčšieho množstva informácií sa pridáva predpona z Medzinárodnej sústavy jednotiek SI. Veľkosť informácie sa udáva v bajtoch (B), prenosová rýchlosť počítačových sietí v bitoch (za sekundu, t. j. b/s).



Obrázok 19

Údaje tvoria základ každého informačného systému. Údaje, s ktorými pracujú GIS, zobrazujú, zachytávajú reálne existujúce časti zemského povrchu. Obrázok 20 graficky znázorňuje, že takéto typy údajov:

- pochádzajú z rôznych zdrojov,
- majú presnú geografickú polohu,
- obsahujú databázu informácií,
- majú geometrické rozhranie, t. j. vlastný tvar.



Obrázok 20

Záznamy, resp. údaje o zemskom povrchu a jeho blízkom okolí (geografické údaje), pochádzajú z rôznych zdrojov:

1. **Pozemný zber údajov** – pozemný zber údajov sa najčastejšie vykonáva na zemskom povrchu, prípadne aj pod ním. Do tejto kategórie zaraďujeme:
   - geodetické metódy mapovania a GNSS (USA NAVSTAR GPS + GLONASS, Galileo, Compass, atď.),
   - topografické mapovanie,
   - pozemnú fotogrametriu,
   - pozemný 3D laserscanning.
2. **Vzdušný zber údajov** – vzdušný zber údajov sa najčastejšie vykonáva prostredníctvom rôznych lietajúcich telies, akými sú lietadlá alebo družice. Zaraďujeme sem:
   - leteckú fotogrametriu,
   - letecký 3D laserscanning,
   - diaľkový prieskum Zeme (DPZ),
   - GPS.
3. **Transformačný zber údajov** – väčšinou ide o už kartograficky spracované údaje (mapy) z priameho zberu, t. j. pozemný a vzdušný zber údajov.

Geografické údaje sa pri prevode na digitálnu formu (geografické informácie) redukujú na kombináciu čísel 0 a 1 (Longley et al., 2005). V súčasnosti neexistuje taký informačný systém alebo technológia vrátane GIS, ktorá by bola schopná previesť do digitálnej podoby všetky aspekty a javy prebiehajúce na alebo v blízkosti zemského povrchu.

Vždy bude pred nami stáť úloha výberu toho, čo chceme z reality zaznamenať, resp. abstrahovať, a do akej podoby to uložiť, teda modelovať. Veľmi úzko profilovaný pohľad na abstrahovanie reality môže spôsobiť vynechanie dôležitých súvislostí, ktoré sú s daným objektom previazané. Veľmi široký záber abstrahovania reality zase prináša množstvo informácií, ktoré v konečnom dôsledku nemusíme využiť, alebo ich zber a analýza nemá žiadny súvis s riešenou úlohou. Zároveň je potrebné vyriešiť, do akého modelu sa geografické údaje budú ukladať, ktorý je pre nás vhodnejší a poskytuje väčšiu funkcionalitu atď. (Harmon a Anderson, 2003). Ide o základné otázky, na ktoré je nutné poznať odpoveď, ak chceme abstrahovať realitu do digitálnej podoby.

3.1. Geografické informácie

V praxi dochádza k častému zamieňaniu geografickej terminológie a k mylnému chápaniu pojmov, akými sú geografické údaje, priestorové údaje, geografické informácie, geodáta, geoúdaje, geoinformácie a pod. Niektoré zo základných geografických termínov sa podľa Pravdu (2001) stali predmetom noriem už len tým, že sa využívajú v oblasti GIS. V Európskej únii vyšlo niekoľko technických noriem z oblasti geografických informácií, ktoré sú zaujímavé nielen z odborného, ale aj z terminologického hľadiska. Pri preberaní týchto noriem do nášho pojmového a terminologického prostredia vystupujú niektoré problémy, napr. absencia spisovnej a zaužívanej normalizovanej podoby daného termínu.

Vzhľadom na množstvo existujúcich noriem a rozptýlených terminologických definícií je potrebné vysvetliť základné pojmy, ktoré budeme ďalej používať. V zmysle autorov Oertz

(1987); Schwill (1991); Thearling (1995); Rapant (2002); Novotná et al. (2012) a zároveň aj noriem STN EN ISO (19131 a 19146) v oblasti geografických informácií uvádzame výklad niektorých vybraných termínov:

Dáta/údaje – jednotné číslo pre pojem dáta v slovenčine neexistuje, pričom slovo údaje má tvar jednotného čísla údaj. Dáta alebo údaje predstavujú každú správu o objektoch, faktoch či javoch reálneho sveta okolo nás, a to bez ohľadu na to, či majú nejaký informačný význam alebo nie. Niektoré údaje majú nulový informačný obsah, to znamená, že obsah správy nemá informačnú hodnotu.

Informácia – slovo s mnohými významami, ktoré závisia od kontextu. Informácia zahŕňa správu spolu s významom pre jej používateľa. Správa – údaj sa stáva informáciou v dôsledku interpretácie, t. j. správu zaraďujeme do určitého kontextu, čím vzniká informácia. V oblasti informačných systémov sa spracovaním údajov stávajú informácie.

Priestorové údaje (angl. spatial data) – akékoľvek údaje, ktoré sa vzťahujú ku konkrétnym miestam na zemskom povrchu alebo v jeho blízkom okolí, kde na určitej rozlišovacej úrovni je známa aj geografická poloha.

Geodáta/geoúdaje – označenie pre geografické údaje a priestorové údaje s implicitným a explicitným vzťahom k zemskému povrchu alebo k jeho blízkosti.

Geografické údaje – údaje o objektoch a vzťahoch s konkrétnou polohou v reálnom svetovom priestore, t. j. údaje viazané k zemskému povrchu alebo k jeho blízkosti.

Geografické informácie – spracované geografické údaje v prostredí GIS. Ide o transformované informácie do digitálnej podoby, ktoré priamo alebo nepriamo súvisia s miestom priradeným k zemskému povrchu alebo jeho blízkosti. Avšak každá takáto informácia má svoje geometrické, geografické a databázové rozhranie, s ktorým je možné v prostredí GIS ďalej pracovať.

Z uvedených definícií vyplýva, že významovo sa všetky pojmy zaoberajú abstrahovaním zemského povrchu a jeho blízkosti, a to buď prostredníctvom údajového alebo informačného prístupu.

Tabuľka 1 Rozdiel medzi údajom a informáciou

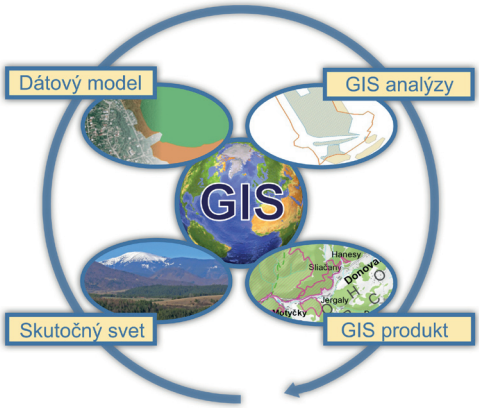
	Dáta/údaje – údaj	Informácia
Význam	Správa, ktorá si vyžaduje ďalšiu interpretáciu, resp. zaradenie do kontextu.	Spracovaná správa s určitým informačným významom.
Príklad	Nadmorská výška 1 009 m n. m.	Najvyšším bodom skúmaného územia je Sitno s nadmorskou výškou 1 009 m n. m.
Definícia	Správa bez ohľadu na to, či má nejaký informačný obsah alebo nie.	Informácia je interpretovaným alebo spracovaným údajom.

3.2. Dátové formáty používané v GIS

Krajinná sféra, ktorou sa väčšina používateľov geoinformačných technológií zaoberá, je podľa Formana (2006) špecifickým objektom, resp. fenoménom s atribútmi, ktoré je možné analyzovať, modelovať, pozmeňovať, interpretovať, hodnotiť atď. Takýto špecifický objekt, až fenomén, sa abstrahuje prostredníctvom rôznych modelov.

Model je možné podľa Turnerovej et al. (2001) definovať ako realitu transformovanú (abstrahovanú) do zjednodušenej podoby. V realite, ktorá je zjednodušená prostredníctvom modelu, je možné oveľa ľahšie študovať rôzne javy, skutočnosti a procesy. V každodennom živote sa najčastejšie stretávame s fyzickými modelmi ako materiálovými replikami (zmenšeninami) objektov, ktoré nás obklopujú. Kontrastom k fyzickým modelom sú abstraktné modely, ktoré namiesto fyzickej hmoty používajú symboly. Prevod geografických údajov na geografické informácie vychádza z abstraktných modelov, ktoré majú matematický základ.

Abstrahovanie reality sa v GIS uskutočňuje dátovými modelmi (obrázok 21). Údaje o reálne existujúcich objektoch a priestore sa v GIS transformujú na geografické informácie, ktoré sa ukladajú do odlišných dátových modelov (formátov). Kvalita GIS výstupov je priamo závislá na voľbe dátového modelu na daný účel.



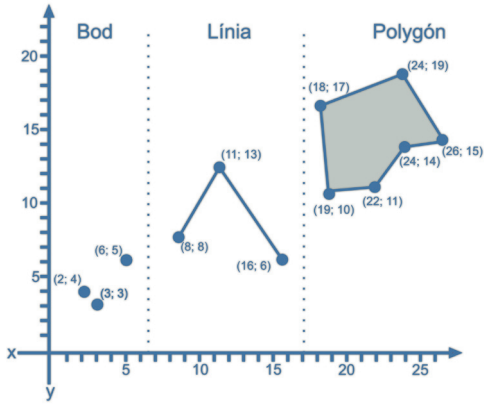
Obrázok 21

Najpoužívanejšou formou abstrakcie je diskreditácia priestoru a jednotlivých objektov, ktoré sa v ňom nachádzajú. V priestore formou určitých prahových hodnôt ohraničíme objekty (štvoruholníky, trojuholníky atď.), ktorých vnútorná nehomogenita je zanedbaná. Diskreditácia vyžaduje logické pravidlá a opakovateľnosť metódy zjednodušovania reality. Tento spôsob je veľmi efektívny a dovoľuje pracovať s objektmi typu rieky, komunikácie, vodné plochy, pozemky, budovy a pod. Tento prístup sa javí ako komplikovaný v prípade abstrakcie a diskreditácie spojitých javov, napr. kontaminácia, teplota, nadmorská výška reliéfu. Tu sa ponúka možnosť diskreditácie priestoru pomocou množiny pravidelne alebo nepravidelne rozmiestnených bodov s konkrétnym údajom (atribútom). Polohy či plochy mimo oblasti primárnych údajov je možné dopočítať pomocou matematických funkcií (Kemp, 1993). Openshaw (1983) upozorňuje, že tento proces môže byť sprevádzaný nesprávnou či nechcenou transformáciou pôvodne heterogénnych jednotiek do homogénnych celkov súčasne so stratou plynulých prechodov v blízkosti hraníc areálov.

Pri spracovaní priestorových údajov je diskreditácia často označovaná ako „teselácia“, teda rozdelenie priestoru a objektov do sérií pravidelných alebo nepravidelných, prirodzených alebo

umelých geometrických objektov – priestorových jednotiek, ktoré sa navzájom neprekrývajú. Pôvod tohto výrazu je v latinskom „*tessella*“, prípadne v gréckom „*tetara*“. Výraz označoval malé kocky žuly, mramoru alebo drahých kameňov, ktorými sa vykladali chodníky (*pavimenta tessellata*) alebo nástenné fresky. V 2D priestore sa tento proces označuje ako mozaikovanie alebo tiling, pri 1D objektoch (línie) ho označujeme ako segmentáciu. Ak na teseláciu nevyužijeme jednoduché, no nespojité plošné útvary, ale pravidelnú sieť s tetragonálnym, prípadne hexagonálnym vzorom, výslednú štruktúru označujeme ako „lattice“ (Laurini a Thompson, 1982), pričom termíny raster, grid či lattice sú v mnohých prácach chápané ako synonymá.

Geografické informácie môžu byť v GIS reprezentované prostredníctvom niekoľkých dátových formátov, resp. modelov, akými sú vektorový dátový formát, rastrový dátový formát alebo model nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN).

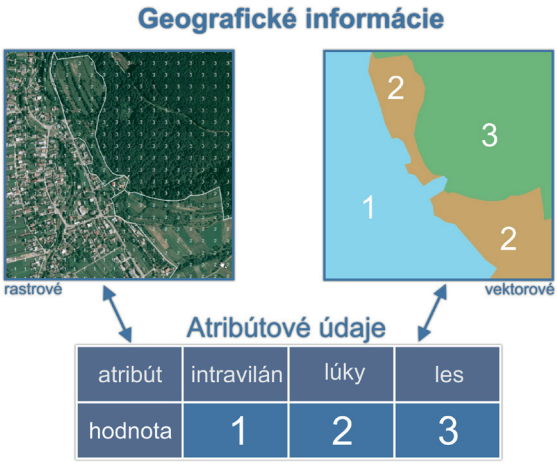


Obrázok 22

Vektorovým dátovým formátom sa geografické údaje (prvky a objekty reálneho sveta) modelujú prostredníctvom troch základných geometrických útvarov (obrázok 22) a jedného trojrozmerného útvaru. Abstrahované, tzn. modelované prvky (angl. features), majú svoju geografickú polohu, geometrickú interpretáciu a základné charakteristiky v podobe atribútov. Ide o jeden z najpoužívanejších dátových formátov. Objekty reálne existujúceho sveta sú v GIS reprezentované prostredníctvom týchto typov prvkov (features):

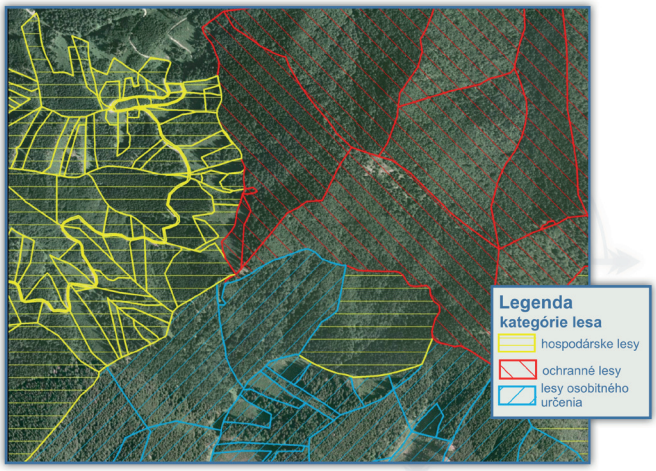
- **Bod (angl. point)** reprezentuje jeden bod – uzol, tzn. jednu X a Y súradnicu v rovine alebo X, Y a Z v priestore. Predstavuje geografický objekt reálneho sveta, ktorý nemá plochu ani dĺžku. Zväčša sa bodom abstrahuje konkrétna poloha objektov reálneho sveta, ako napr. kóty, pramene, rôzne sondy, vysielače, solitérne dreviny atď.
- **Línia (angl. line, polyline)** reprezentuje množinu usporiadaných bodov – uzlov na osi X a Y v rovine alebo X, Y a Z v priestore, ktoré sú pospájané do línie, kde sa rozlišuje začiatok, koniec a smer. Línia je geometrický útvar, ktorému je možné vypočítať dĺžku, ale nie je možné zistiť obsah plochy. Líniami sa abstrahujú napr. cesty, vodné toky, elektrické vedenia, vrstevnice atď.
- **Polygón (angl. polygon)** reprezentuje množinu usporiadaných bodov – uzlov na osi X a Y v rovine alebo X, Y a Z v priestore, ktoré sú navzájom pospájané líniami do uzatvorenej plochy. Polygón je geometrický útvar, ktorému je možné vypočítať plochu a obvod. Polygónom sa abstrahujú plošné geografické objekty, napr. lesy, vodné plochy, lúky, pasienky, sídla atď.

- **Teleso (polyhedron)** reprezentuje množinu usporiadaných bodov – uzlov v priestore X, Y a Z, ktoré sú navzájom pospájané líniami do uzatvorených plôch a plochami do uzatvoreného telesa. Teleso je geometrický útvar, ktorému je možné vypočítať objem a povrch. Telesom sa abstrahujú priestorové (objemové) geografické objekty, napr. vrstvy atmosféry, geologické vrstvy, sedimentárna výplň, kontaminovaný objem vody, pôdy, horninového prostredia atď.



Obrázok 23

K vektorovému dátovému formátu sa vytvára databáza atribútových hodnôt, tak ako je to znázornené na obrázku 23. V zjednodušenej forme možno konštatovať, že databáza je tvorená súborom riadkov a stĺpcov. Riadky vyjadrujú počet abstrahovaných prvkov a stĺpce (fields) vyjadrujú ich kvantitatívne alebo kvalitatívne vlastnosti. Každá atribútová hodnota má svoj vlastný formát zápisu (desatinné čísla, celé čísla, text). Atribútové hodnoty odlišujú od seba navzájom abstrahované prvky, a to po kvantitatívnej i kvalitatívnej stránke. Na základe atribútových hodnôt sa v GIS vytvárajú tematické zobrazenia údajov (obrázok 24).



Obrázok 24

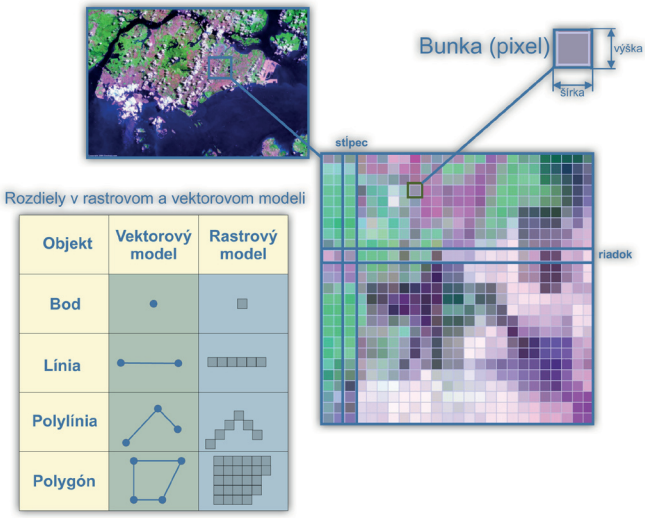
Geografické informácie vektorových dátových modelov sú v digitálnej podobe ukladané najčastejšie do formátov uvádzaných v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Súborové formáty vektorových geografických informácií

Formát	Prípona	Stručná charakteristika
Shapefile	shp (pridružené súbory: shx, sbn, dbf, prj atď.)	Univerzálny a kompatibilný formát medzi všetkými dostupnými GIS softvérovými produktmi. Formát zaviedla spoločnosť ESRI.
Data Exchange Format	dxf	Kompatibilný súborový formát medzi rôznymi CAD aplikáciami. Vyvinutý firmou AutoDesk (napr. produkt AutoCad) na univerzálnu výmenu 2D plošných výkresov a 3D drôtených modelov telies.
Design File	dgn	Základný formát výkresov Microstation (Bentley Systems). Dátový formát je vhodný na dlhodobé uloženie technických výkresov, máp, schém a 3D modelov. Podporuje uloženie aj rastrových alebo popisných dát.
Keyhole Markup Language	kml	Formát na vizualizáciu 2D geografických informácií v prostredí 3D internetových aplikácií. Formát bol vyvinutý na používanie aplikácie Google Earth.

Zdroj: Novotná et al. (2012)

Rastrovým dátovým formátom sa abstrahujú objekty reálneho sveta prostredníctvom siete buniek (angl. grid) pozostávajúcej z riadkov a stĺpcov (obrázok 25). Takáto dátová štruktúra sa všeobecne nazýva raster. Každá bunka má štvorcový tvar a veľkosť, ktorú definuje užívateľ. V rôznych špecifických softvérových aplikáciách je možné využiť aj trigonálny alebo hexagonálny typ siete buniek (gridu), podmienkou je schopnosť konkrétneho tvaru vyplniť priestor bez „medzier“. V rastri sú všetky bunky rovnakej veľkosti. Každá bunka má svoju atribútovú hodnotu v podobe čísla (napr. nadmorská výška, sklon reliéfu atď.). Poloha rastra je definovaná geografickými súradnicami, veľkosťou bunky, počtom riadkov a stĺpcov. Geografické informácie rastrových dátových modelov sú v digitálnej podobe ukladané najčastejšie do formátov uvádzaných v tabuľke 3.



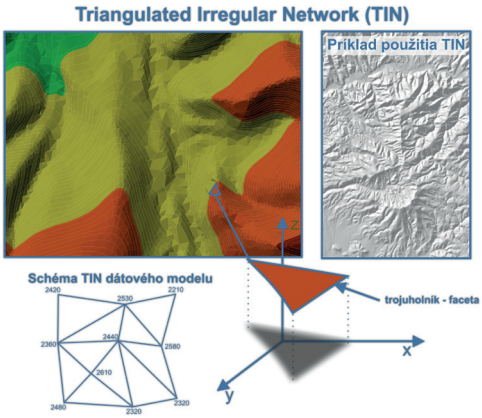
Obrázok 25

Tabuľka 3 Súborové formáty rastrových geografických informácií

Formát	Prípona	Opis
Band interleaved by line	bil	Formát používaný pre údaje z DPZ.
Band interleaved by pixel	bip	Formát používaný pre údaje z DPZ.
Band sequential	bsq	Formát používaný pre údaje z DPZ.
Tagged image file	tiff, tif	Univerzálny kompresný, bezstratový súborový formát s 24-bitovou farebnou hĺbkou, ktorý umožňuje do záhlavia súboru zapísať aj informácie o jeho geografickom umiestnení (variant GeoTIFF). Alternatívnym variantom ku GeoTIF-u je TIF s pridruženým súborom TFW, kde sa nachádza číselné vyjadrenie umiestnenia rastrového obrázka v určitom súradnicovom systéme.
Intergraph CIT, COT	cit, cot	Súborový formát používaný firmou Intergraph. CIT je pre 1 bitovú grafiku a COT pre odtiene sivej. Okrem obrázkových údajov obsahujú aj informáciu o geografickom umiestnení.
MrSID	sid	Súborový formát s vysokým kompresným faktorom, čo ho predurčuje na používanie v oblasti DPZ.
Digital elevation model	dem	Štandardný rastrový formát pre digitálny model reliéfu. Formát zaviedla organizácia USGS.
JPEG	jpg, jpeg	Súborový formát s vysokým kompresným faktorom. Informácie o geografickej polohe sa ukladajú do pridruženého súboru JGW.

Zdroj: Novotná et al. (2012)

TIN – Triangular Irregular Networks (nepravidelná trojuholníková sieť) predstavuje v GIS špecifický dátový formát, ktorý abstrahuje geografické údaje prostredníctvom siete súvislých vektorových trojuholníkov (obrázok 26). Každá plocha trojuholníka (faceta) je definovaná troma bodmi, ktoré uchovávajú informáciu o nadmorskej výške k danému umiestneniu v rovine X a Y. Trojuholníky sú nepravidelné a navzájom sa neprekrývajú. Dátový formát TIN je určený hlavne na 3D zobrazenie reliéfu.



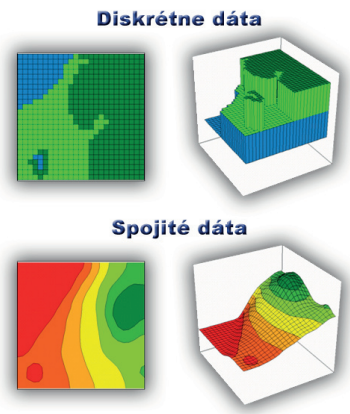
Obrázok 26

Tabuľka 4 Porovnanie vektorových a rastrových dátových formátov

Vektorový dátový formát	
Výhody	**Nevýhody**
• Poskytuje precíznejšie možnosti na zobrazovanie objektov reálneho sveta. • Ponúka efektívnu mapovú vizualizáciu geometrických objektov vektorového dátového formátu. • Dáva možnosť tvorby rozsiahlej databázy atribútov. • Väčšina existujúcich údajov je vo vektorovom tvare. Formát je zobrazovaný veľmi rýchlo.	• Zvýšené požiadavky na presne definovanú topológiu medzi jednotlivými prvkami danej vrstvy. • Vektorovým dátovým formátom sa veľmi obtiažne vyjadrujú spojité údaje (napr. nadmorská výška). • Pripraviť kvalitný rozsiahly vektorový obrázok s množstvom objektov je veľmi náročné.
Rastrový dátový formát	
Výhody	**Nevýhody**
• Dátovým reprezentantom je bunka, ktorá nie je vyjadrená ani bodom, ani polygónom, ani líniou. • Dátový formát je určený na vyjadrenie spojitých údajov. • Umožňuje zobrazenie pozemných, leteckých a satelitných snímok s ľubovoľnou farebnou hĺbkou. • Umožňuje spracovanie každého obrazového bodu (pixla) samostatne.	• Veľkosť bunky určuje presnosť zobrazenia údajov. • Interpretácia líniových geometrických objektov je obtiažna. • Chýbajú databázové nástroje, atribúty sú len číselné hodnoty (kód 1 ako les, kód 2 ako lúka, atď.). • Štvorcová geometria bunky je limitom tvorby máp. • Veľký objem uložených údajov.

Geografické informácie môžu mať v dátových formátoch diskrétny alebo spojitý charakter. Na obrázku 27 je znázornený rozdiel medzi diskrétnym a spojitým typom údajov.

- **Diskrétne dáta** – predstavujú objekty krajinnej sféry s presne určenými hranicami (napr. zmiešaný les, ihličnatý les, listnatý les atď.). Jednou z ich charakteristických vlastností je, že sú počítateľné. S takouto formou údajov pracuje hlavne vektorový dátový formát. Avšak aj rastrový formát poskytuje priestor na modelovanie diskrétneho typu údajov.
- **Spojité dáta** – predstavujú geografické objekty a fenomény, ktoré sa v reálne existujúcom priestore menia. Teda nemajú presne určené hranice. Geografický objekt – prvok, napr. jazero, má reálnu a presne definovanú hranicu, ale jeho hĺbka sa spojito mení. Priebeh nadmorskej výšky abstrahovaný do digitálneho modelu reliéfu má spojitý typ údajov. Spojité



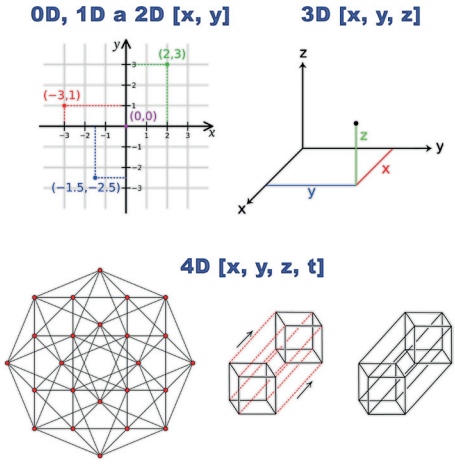
Obrázok 27

údaje sa používajú v rastrových dátových formátoch. Každá bunka môže mať inú hodnotu, resp. atribút.

V kapitole 1.3. bol uvádzaný jeden z princípov práce GIS, a síce to, že geografické informácie sú v dátových modeloch organizované do tzv. vrstiev (layers). Účelom je separácia informácií podľa témy a geometrie (Buckley, 2008). GIS vrstva je súbor prvkov (features) s jednotnou geometriou (bod, línia a polygón) organizovaných do tematického celku (cesty, vodné plochy, nadmorská výška atď.). Pri tvorbe GIS vrstiev sa aplikujú dva základné prístupy. Objekty majú rovnakú geometriu a objekty sa medzi sebou neprekrývajú. V prípade potreby porušenia obidvoch pravidiel je nutné abstrahovanú realitu umiestniť do novej GIS vrstvy. Takmer rovnaký princíp sa uplatňuje pri tvorbe máp.

V zmysle Harmona a Andersona (2003) prvky vrstiev geografických informácií môžu mať rôznu geometrickú (priestorovú) dimenziu (D). Vzájomný rozdiel medzi jednotlivými dimenziami je znázornený na obrázku 28. Rozlišujeme nasledovné priestorové dimenzie:

- **0D prvku**, t. j. bod (point) nezaberá žiadny priestor, bod sa priestorovo vyjadruje prostredníctvom súradnicového zápisu [x, y].
- **1D prvku**, t. j. línia (line, polyline) ako množina spojených bodov, línia v priestore zaberá dĺžku a priestorovo sa vyjadruje prostredníctvom súradnicového zápisu jednotlivých bodov [x, y], [x, y] atď.
- **2D prvku**, t. j. polygón (area), pozostáva z množiny navzájom pospájaných bodov do uzatvorenej plochy. Na základe šírky a dĺžky je možné prvkom merať plochu a obvod. Priestorovo sa vyjadrujú prostredníctvom súradnicového zápisu jednotlivých bodov [x, y], [x, y], [x, y], [x, y], [x, y] atď.
- **3D prvku**, t. j. polyhedron (volume), napr. kocka, guľa atď., ide o množinu navzájom pospájaných bodov do určitého geometrického útvaru (2D dimenzia), ktorému je priradená výšková dimenzia. Prvkom je možné merať objem, priestorovo sa vyjadrujú prostredníctvom súradnicového zápisu jednotlivých bodov [x, y, z], [x, y, z], [x, y, z], [x, y, z], [x, y, z] atď. Vzhľadom na technické možnosti práce s 3D obrazom sa niekedy používa označenie 2.5D. Dôvodom je, že na ploche monitoru, ale aj na mape vidíme šírku a dĺžku objektov [x, y], výška [z] je uložená v dodatočných údajových databázach.
- **4D prvku**, t. j. 3D dimenzia prvkov rozšírená o časový aspekt. Prvkom je možné merať dĺžku, šírku, plochu, objem a vyjadriť časový aspekt o zmene uvedených parametrov. Priestorovo sa vyjadrujú prostredníctvom súradnicového zápisu jednotlivých bodov, ktoré tvoria 3D dimenziu, kde každý bod má informáciu o časovom aspekte [x, y, z, t], [x, y, z, t], [x, y, z, t] atď.



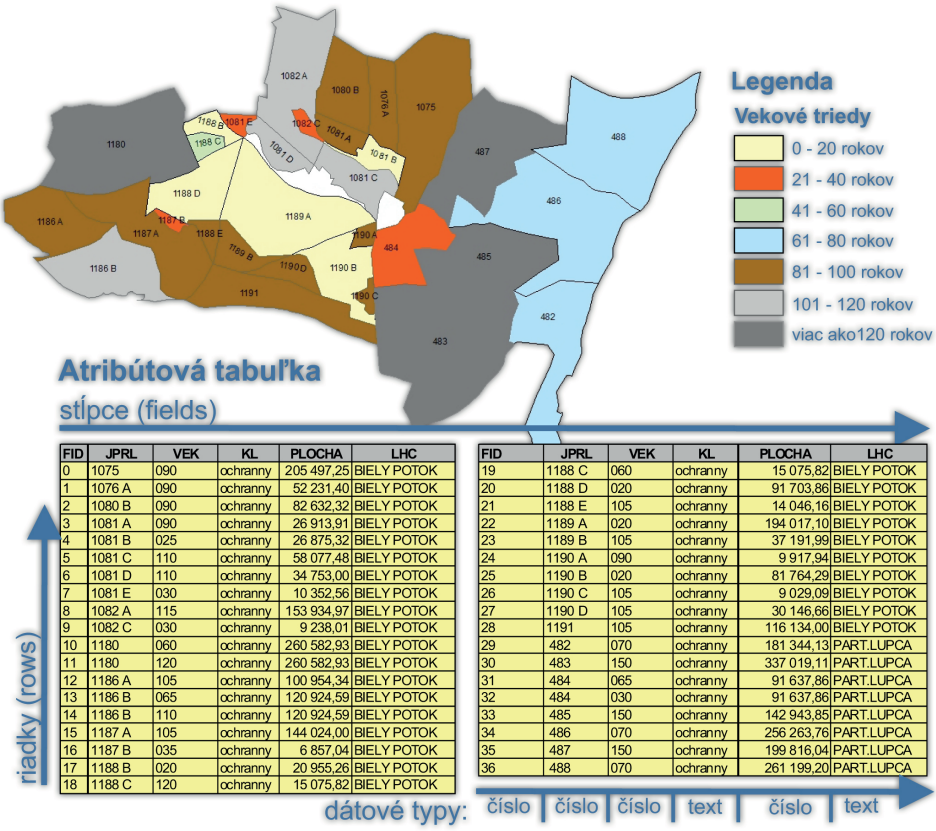
Obrázok 28

3.3. Databázové rozhranie

K abstrahovaným údajom o zemskom povrchu a jeho blízkom okolí sa v prostredí GIS vytvára tzv. databáza atribútových hodnôt. Atribúty predstavujú základné opisné charakteristiky geografických prvkov v GIS, väčšinou sú uložené v atribútovej tabuľke a prepojené s grafickým prvkom pomocou jedinečného identifikátora.

Rozsah kvantitatívnych a kvalitatívnych hodnôt atribútov v modeloch geografických informácií je veľmi široký. Atribút ako podstatný znak vybraného objektu krajinnej sféry je nositeľom určitej tematickej informácie.

V zmysle Trajteľa a Hlásneho (2001) sú atribúty skupinami údajov, ktoré opisujú priestorové objekty alebo charakterizujú kvalitu priestorových údajov. Atribúty predstavujú opisnú vlastnosť daného prvku, ktorá je priradená k jeho priestorovému a geometrickému rozhraniu. Atribútové údaje majú rôznu informačnú povahu, napr. environmentálnu, sociálnu, ekonomickú alebo geografickú atď.



FID	JPRL	VEK	KL	PLOCHA	LHC
0	1075	090	ochranny	205 497,25	BIELY POTOK
1	1076 A	090	ochranny	52 231,40	BIELY POTOK
2	1080 B	090	ochranny	82 632,32	BIELY POTOK
3	1081 A	090	ochranny	26 913,91	BIELY POTOK
4	1081 B	025	ochranny	26 875,32	BIELY POTOK
5	1081 C	110	ochranny	58 077,48	BIELY POTOK
6	1081 D	110	ochranny	34 753,00	BIELY POTOK
7	1081 E	030	ochranny	10 352,56	BIELY POTOK
8	1082 A	115	ochranny	153 934,97	BIELY POTOK
9	1082 C	030	ochranny	9 238,01	BIELY POTOK
10	1180	060	ochranny	260 582,93	BIELY POTOK
11	1180	120	ochranny	260 582,93	BIELY POTOK
12	1186 A	105	ochranny	100 954,34	BIELY POTOK
13	1186 B	065	ochranny	120 924,59	BIELY POTOK
14	1186 B	110	ochranny	120 924,59	BIELY POTOK
15	1187 A	105	ochranny	144 024,00	BIELY POTOK
16	1187 B	035	ochranny	6 857,04	BIELY POTOK
17	1188 B	020	ochranny	20 955,26	BIELY POTOK
18	1188 C	120	ochranny	15 075,82	BIELY POTOK
19	1188 C	060	ochranny	15 075,82	BIELY POTOK
20	1188 D	020	ochranny	91 703,86	BIELY POTOK
21	1188 E	105	ochranny	14 046,16	BIELY POTOK
22	1189 A	020	ochranny	194 017,10	BIELY POTOK
23	1189 B	105	ochranny	37 191,99	BIELY POTOK
24	1190 A	090	ochranny	9 917,94	BIELY POTOK
25	1190 B	020	ochranny	81 764,29	BIELY POTOK
26	1190 C	105	ochranny	9 029,09	BIELY POTOK
27	1190 D	105	ochranny	30 146,66	BIELY POTOK
28	1191	105	ochranny	116 134,00	BIELY POTOK
29	482	070	ochranny	181 344,13	PART.LUPCA
30	483	150	ochranny	337 019,11	PART.LUPCA
31	484	065	ochranny	91 637,86	PART.LUPCA
32	484	030	ochranny	91 637,86	PART.LUPCA
33	485	150	ochranny	142 943,85	PART.LUPCA
34	486	070	ochranny	256 263,76	PART.LUPCA
35	487	150	ochranny	199 816,04	PART.LUPCA
36	488	070	ochranny	261 199,20	PART.LUPCA

Obrázok 29

Z atribútových hodnôt nie je možné zistiť (s výnimkou uložených súradníc), kde sa daný objekt, resp. prvok nachádza (akú má svoju geografickú polohu), ale dajú sa zistiť jeho kvantitatívne a kvalitatívne vlastnosti (obrázok 29). Napr. aký má daný lesný porast vek, aký

v ňom platí stupeň ochrany, kto je jeho vlastníkom, akú má výmeru atď. Avšak z týchto informácií nie je možné identifikovať, kde sa daný lesný porast nachádza. Niektoré atribúty prostredníctvom súradnicového zápisu identifikujú aj presnú geografickú polohu daných prvkov. Až prepojením informácií o geografickej polohe s databázou atribútov a grafickým rozhraním sa napĺňa podstata geografických informácií (obrázok 30).

ID	Názov	Typ ChÚ	x	y
1	Penovcové pramenisko	PR	?	?
2	Aktívne vrchovisko	NPR	?	?
3	Horská kosná lúka	CHA	?	?
4	Smrekovcovo - limbový les	NPR	?	?

Obrázok 30

Atribútové údaje je možné v zmysle Rossitera (2006) klasifikovať do 4 hlavných tried, ktorých zostavenie vychádza z práce Stevensa (1946):

- **Nominálne (nominal)** – hodnoty sú priradené vždy do jednej z viacerých skupín bez prirodzeného usporiadania, napr. skupina s názvom krajinná pokrývka má hodnoty v rozsahu lúka, les, vodná plocha atď.
- **Poradové/ordinálne (ordinal)** – hodnoty s určitou postupnosťou, dajú sa zoradiť do poradia. Napr. presnosť abstrahovaných údajov: a) vysoká presnosť údajov – mierka M 1 : 5 000, b) stredná presnosť údajov – mierka M 1 : 50 000, c) nízka presnosť údajov – mierka M 1 : 500 000, alebo nadmorská výška reliéfu.
- **Intervalové/kardinálne (interval)** – hodnoty rozdelené do niekoľkých intervalov, dajú sa zoradiť do poradia, umožňujú kvantifikáciu a porovnanie veľkosti rozdielov medzi nimi, napr. vek lesného porastu v intervalových kategóriách 0 – 25, 26 – 50, 51 – 100, alebo nameraná teplota v danom rozsahu atď.
- **Pomerové (ratio)** – hodnoty vo vzťahu k inej hodnote, majú jasne definovanú nulu. Napr. počet národných parkov k celkovému počtu chránených území.

Údaje v atribútovej tabuľke sú organizované do stĺpcov – polí (atribútové hodnoty) a riadkov (záznam). Viacero atribútových tabuliek je možné medzi sebou navzájom prepájať, čím sa vytvára relačný typ databázy. Uvedeným spôsobom vznikajú rozsiahle databázy údajov so vzájomnými vzťahmi a väzbami.

Hodnoty sa do atribútovej tabuľky ukladajú prostredníctvom rôznych údajových typov. Každý typ je schopný pracovať len s určitým rozsahom hodnôt. Najčastejšie sa vyskytujú údajové typy uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Používané údajové typy v databázovom rozhraní

Numerické	Byte	Obmedzené celočíselné hodnoty v rozsahu 0 až 255; najefektívnejšie ukladanie a vyhľadávanie.
	Integer	Celočíselné hodnoty v preddefinovanom rozsahu, napr. od -200 000 000 do 200 000 000.
	Real (desatinné)	Číselný zápis v rozsahu približne od -3,4.1038 do 3,4.1038 s možnosťou desatinných zápisov.
Text		Zápis znakov alebo reťazcov; je potrebné zadefinovať dĺžku poľa, do ktorého sa ukladajú znaky.
Date/time		Zápis dátumov a času v rôznych formátoch.
Object link embedded (OLE)		Odkazy na rôzne iné dokumenty a objekty.
Hyperlinks		Odkazy na www stránky.
Boolean		Zápis vo forme True/False, Yes/No, 1/0.

Na ukladanie abstrahovaných geografických informácií sa v poslednom čase začali používať aj tzv. geodatabázy (jednoužívateľské – personálne a viacužívateľské databázové systémy). Tento termín zaviedla taktiež spoločnosť ESRI a ide o prostredie na efektívne ukladanie a správu geografických informácií. Najčastejšia forma geodatabázy je personálna databáza typu Microsoft Access (.mdb).

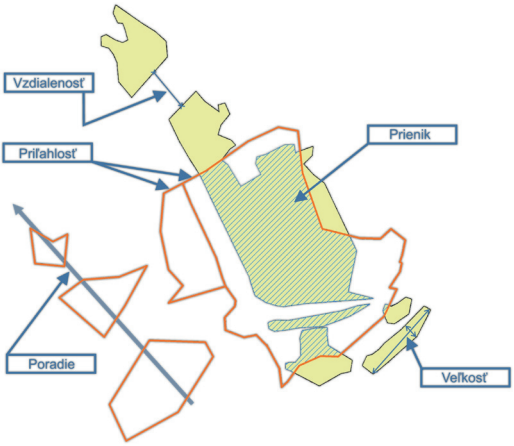
3.4. Topológia údajov

Medzi prvkami geografických informácií sú určité polohové vzťahy, ktoré je možné súborne nazvať topológia. Obrázok 31 znázorňuje vybranú skupinu topologických vzťahov medzi prvkami geografických informácií. V zmysle Galatiho (2006) sa za topológiu považuje súbor matematických pravidiel a vzťahov medzi jednotlivými objektmi. Topológia je oblasťou, ktorá má veľmi významné miesto v GIS, ale zároveň sa táto oblasť problematiky aj najťažšie chápe (Harmon a Anderson, 2003).

Objekty reálne existujúceho sveta sa v prostredí GIS polohovo umiestňujú prostredníctvom ich absolútnej geografickej polohy. Absolútna geografická poloha prvkov je vyjadrená konkrétnou polohou na zemskom povrchu alebo v jeho blízkosti pomocou geografickej siete. Relatívna geografická poloha prvkov je vyjadrená polohou vo vzťahu k iným prvkom. V prostredí GIS je možné pracovať len s prvkami, ktoré majú absolútnu polohu vo forme súradníc (x/geografická dĺžka, y/geografická šírka). Preto je veľmi dôležité brať do úvahy aj vzájomné priestorové (priľahlosť a napojenie) vzťahy transformovaných prvkov, ktoré sú vyjadrené relatívnou geografickou polohou. V prípadoch, kde sa neuplatňujú žiadne topologické pravidlá, nám môže vzniknúť tzv. „špagetový“ koncept umiestnenia údajov v prostredí GIS. Miesta vzájomného prieniku vieme ako používatelia identifikovať na rozdiel od GIS softvéru. Línie alebo polygóny sú pre GIS softvér len spojeniami (hrany) medzi bodmi (nodes).

Topologické pravidlá sa uplatňujú vo vektorových dátových formátoch pre každý typ prvku osobitne (Cockcroft, 2008):

1. **Body (points)** sú reprezentované tzv. uzlami (nodes) a nezaberajú žiadny priestor.
2. **Línie (lines)** predstavujú uzly spojené prostredníctvom tzv. hrán (edges, arcs, vertex). Základnou topologickou podmienkou je, aby jednotlivé hrany mali svoj začiatočný a koncový uzol. Zároveň pripojenie hrany na inú hranu je realizované len prostredníctvom uzlov.



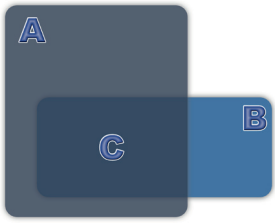
Obrázok 31

3. **Polygón** je tvorený hranami, ktoré sú vzájomne pospájané uzlami. Uplatňujú sa rovnaké topologické pravidlá ako pri líniách, len s tým rozdielom, že hrany sú uzlami uzatvorené do plochy. Polygóny sa vo vzájomnom topologickom vzťahu nemôžu medzi sebou prekrývať ani vytvárať medzi sebou prázdny nedefinovaný plošný priestor.
4. **Teleso (polyhedron)** je tvorené plochami, ktoré sú vzájomne pospájané hranami. Uplatňujú sa rovnaké topologické pravidlá ako pri plochách, len s tým rozdielom, že plochy sú hranami uzatvorené do telesa. Telesá vo vzájomnom topologickom vzťahu sa nemôžu medzi sebou prekrývať ani vytvárať medzi sebou prázdny nedefinovaný priestor (objem).

Topológia prvkov sa podľa Galatiho (2006) zameriava na riešenie nasledovného okruhu priestorových vzťahov (obrázok 32):

- aký priestorový vzťah majú medzi sebou, t. j. prvky A a B sú v určitom vzťahu – relácii,
- ako sú navzájom pospájané, t. j. prvky A a B sa vzájomne prekrývajú v oblasti prieniku – prvku C,
- čo ich vzájomne spája, t. j. prvky A, B a C tvoria jednu sadu, resp. vrstvu priestorových informácií.

Výsledkom riešenia uvedeného okruhu sú tri samostatné prvky, kde prvky A a B vzájomne zdieľajú priestor prvku C. Uvedené základné pravidlá je možné aplikovať len vo vektorových dátových formátoch. Topológia umožňuje prostredníctvom presne zadefinovaných pravidiel vzájomné prepájanie prvkov. Tvorba geografických údajov bez topologických pravidiel je jednoduchšia. Avšak vzniká riziko toho, že v jednej vrstve v tom istom priestore sa navzájom medzi sebou prekrývajú rôzne prvky, alebo medzi prvkami vzniká určitý ne-



Obrázok 32

definovaný priestor. Tento prístup je možné aplikovať napr. pre mapové výstupy menších mierok, kde nie je dôležité, či prvky sú alebo nie sú v topologických vzťahoch. Ťažiskom v takýchto prípadoch je skôr grafická stránka výslednej mapy.

V rastrových formátoch je topológia definovaná pixelom (bunkou), ktorý je zaradený v danom počte stĺpcov a riadkov. K jednej bunke nie je možné súčasne priradiť viacero hodnôt, jednu hodnotu však môžeme priradiť viacerým bunkám. Hodnota môže byť len jedna. Prázdny nedefinovaný priestor medzi pixlami má v danom počte stĺpcov a riadkov hodnotu 0 (NoData), ktorá taktiež reprezentuje určitý jav.

Topológia je nástrojom, ktorým je možné dosiahnuť tzv. geometrickú celistvosť a usporiadanosť prvkov vrstvy geografických informácií. Aplikáciou topologických pravidiel sa predchádza zbytočnému opakovaniu už existujúcich – zdieľaných hrán a uzlov (Galati, 2006).

3.5. Mierka ako dôležitý faktor pri práci s údajmi

Mierka vyjadruje, akým pomerom sa skutočnosť reálneho sveta zmenšila (transformovala) do dvojrozmerného priestoru (mapy, obrazovky atď.). Základný tvar číselnej formy vyjadrenia mierky mapy je v tvare 1 : M , kde M je tzv. mierkové číslo a udáva, koľko vzdialenostných jednotiek (napr. centimetrov) v skutočnosti pripadá na 1 cm konkrétnej, meranej dĺžky v mape. Platí teda, že pri mierke mapy 1 : 10 000 predstavuje 1 cm meranej dĺžky v mape vzdialenosť 10 000 cm v skutočnosti (t. j. 100 m). Rovnako platí, že 1 m zodpovedá 10 000 m (t. j. 10 km), resp. 1 mm v mape zodpovedá 10 000 mm v skutočnosti (t. j. 10 m). Analogicky pri mierke mapy 1 : 5 000 zodpovedá 1 cm v mape 5 000 cm v skutočnosti, teda 50-tim metrom. Hovoríme o kvantitatívnom vyjadrení zjednodušenia skutočnosti resp. údajov.

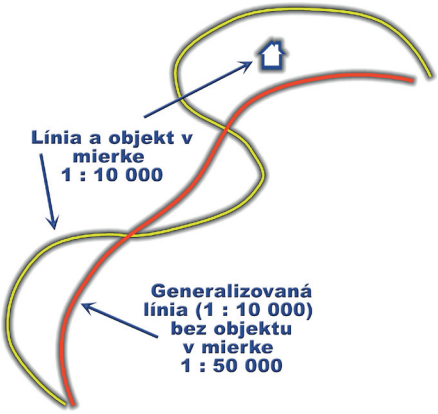
Mierka poukazuje na priestorovú a časovú dimenziu objektov alebo procesov abstrahovanej reality v rôznej úrovni jej organizácie. Každá úroveň organizácie sa vyznačuje rôznou štruktúrou a procesmi, ktoré majú vlastnú mierku a časový rád (Turner et al., 2001). Príkladom je mierka abstrahovania krajinnej sféry, kde v rôznej úrovni sú iné prvky a procesy, napr. v areáli rozšírenia druhu, v areáli populácie alebo v areáli spoločenstva atď. V takomto prípade ide o kvalitatívne vyjadrenie toho, do akej miery sa zmenšila (zjednodušila) skutočnosť. Schneider (1994) uvádza, že mierka je funkciou štruktúry a rozsahu (veľkosti) zmenšovanej resp. abstrahovanej reality. Štruktúra predstavuje priestorové rozlíšenie zmenšenej reality, napr. veľkosť bunky (v rastrových dátových modeloch) alebo veľkosť najmenšieho areálu (vo vektorových dátových modeloch). Rozsah vyjadruje veľkosť abstrahovanej reality, napr. veľkosť skúmaného územia.

Mierka môže používateľovi interpretovať aj nasledovný rozsah skutočností (Turner et al., 2001):

- **absolútna mierka** – aktuálna vzdialenosť, smer, veľkosť a geometria redukovanej reality, t. j. to, čo máme k dispozícii v danej skutočnosti zmenšenia;
- **relatívna mierka** – transformácia absolútnej mierky do mierky, ktorá vyjadruje relatívnu vzdialenosť, smer, veľkosť a geometriu na základe určitého vzťahu, napr. vzájomné porovnávanie zmenšených skutočností určitým vzťahom;
- **kartografická mierka** – pomer zmenšenia grafických rozmerov prvkov voči skutočnosti, ktorý zároveň pomáha vytvárať predstavu o podrobnosti priestorového zmenšenia reality;

- **kritický prah** – bod, v ktorom je náhla zmena v kvalite, vlastnosti alebo javu redukovanej skutočnosti, napr. v mierke 1 : 100 000 (Land Cover Corine) nie je abstrahovaná informácia o konkrétnej populácii druhu;
- **rozsah** – veľkosť redukovanej skutočnosti v danom čase, napr. veľkosť modelového územia;
- **odvodzovanie** – možnosti transformácie z jednej mierky do druhej alebo prvkov z jedného systému do druhého, napr. generalizácia objektov z jedného zmenšeného pomeru do druhého;
- **štruktúra** – priestorové rozlíšenie zmenšenej skutočnosti, napr. veľkosť pixla – bunky alebo veľkosť najmenšej abstrahovanej plochy;
- **hierarchia** – zmenšená realita v danom priestore je súčasťou reality k nej nadradenej, napr. listnaté lesy v krajinnej pokrývke (mierka 1 : 100 000) sú súčasťou kategórie lesy.

Mierka predstavuje určitý stupeň generalizácie prvkov. Čím je väčší pomer zmenšenia reality do dátových modelov, tým je väčšia miera generalizácie jej objektov. Objekty nachádzajúce sa na mape v mierke 1 : 10 000 majú menšiu mieru generalizácie než objekty na mape v mierke 1 : 500 000. V procese generalizácie dochádza k strate detailov reálneho sveta, t. j. dochádza k skresleniu reality. Napr. pri líniových prvkoch (features) dochádza generalizáciou k nahrádzaniu detailov (krivoľakosti) vyhladenou (vyrovnanou) líniou rešpektujúc celkovú dĺžku a generálny trend zakrivenia kriviek. Pri generalizovaní tvaru plošných prvkov dochádza k nahrádzaniu zložitých tvarov jednoduchými tvarmi, kedy napr. zložitý 10-sten (dekagón) môže byť postupne so zmenšujúcou sa mierkou nahradený 4-stenom, neskôr kružnicou, napokon bodovým symbolom. Príkladom je zložitý tvar intravilánu sídla v mierke 1 : 10 000, jeho schematizovaný tvar v mierke 1 : 25 000 alebo 1 : 50 000 a bodový symbol pre obec v mierke 1 : 500 000. Galati (2006) uvádza, že všetky geografické údaje, ktoré vstupujú do GIS, sú určitým spôsobom generalizované (obrázok 33). Zmena charakteru reality, resp. jej zjednodušenie, je nevyhnutné, a to vzhľadom na možnosti technického vybavenia. Práca s geografickými údajmi v mierke 1 : 1 by bola veľmi náročná na hardvérovú a softvérovú konfiguráciu. V procese generalizácií údajov je dôležité rozlišovať dve úrovne (McMaster, 2008):



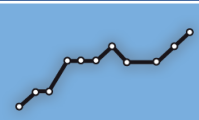
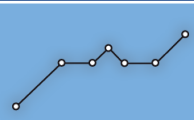
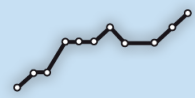
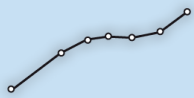
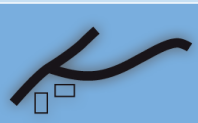
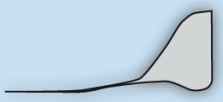
Obrázok 33

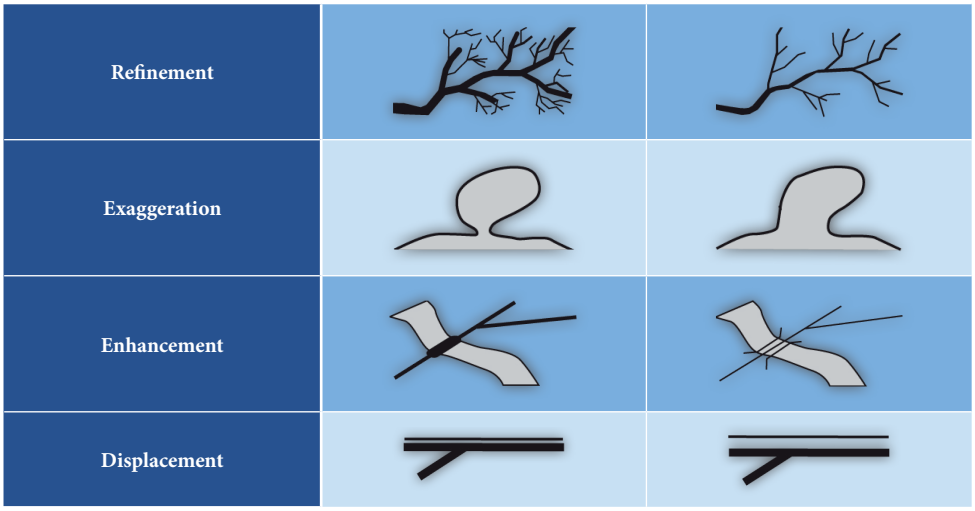
1. priestorová generalizácia so zameraním na stratu detailov v geometrii prvkov s dôrazom na zachovanie ich geografickej polohy,
2. atribútová generalizácia v nadväznosti na klasifikačnú hierarchiu databázových záznamov, kde dochádza k vzájomnému zlučovaniu atribútov, ktoré sú rozdelené do tried.

Pri generalizácii atribútových záznamov nemusí dôjsť k strate detailov v geometrii prvkov. Priestorová generalizácia sa vykonáva niekoľkými spôsobmi. V každom dátovom formáte sa uplatňuje odlišný spôsob generalizácie. Vo vektorových dátových modeloch sa používajú nasledovné spôsoby generalizácie (McMaster a Shea, 1992; McMaster, 2008):

- **Simplification** – odstránenie zbytočných detailov (uzlov – bodov) v geometrii prvkov, ale za podmienky, že nedôjde k narušeniu základného tvaru,
- **Smoothing** – posun uzlov s cieľom zlepšiť resp. vyhladiť geometriu prvkov,
- **Aggregation** – zlučovanie niekoľkých menších prvkov do nových oblastí s dôrazom na zachovanie približne rovnakej geometrie resp. symbológie,
- **Amalgamation** – náhrada niekoľkých prvkov jedným väčším prvkom,
- **Merging** – zlučovanie niekoľkých prvkov vedľajšej kategórie do hlavnej kategórie,
- **Collapse** – transformácia a priestorové zmenšenie geometrie polygónových prvkov na bodové alebo líniové prvky,
- **Refinement** – zjednodušenie zložitej štruktúry prvkov tak, aby sa zachovala ich základná štruktúra, ktorá odráža realitu,
- **Exaggeration** – zväčšenie geometrie, resp. veľkosti prvkov, za účelom zlepšenia ich viditeľnosti,
- **Enhancement** – zdokonalenie geometrie prostredníctvom zmeny veľkosti a tvaru prvkov,
- **Displacement** – presun polohy prvkov za účelom ich zviditeľnenia.

Tabuľka 6 Metódy generalizácie

Metóda generalizácie	Tvar prvku pred generalizáciou	Tvar prvku po generalizácii
Simplification		
Smoothing		
Aggregation		
Amalgamation		
Merging		
Collapse		



Zdroj: McMaster a Shea (1992)

Voľba správnej mierky je v GIS dôležitým faktorom, od ktorého závisí samotná náročnosť práce, ale aj miera kvality spracovania údajov a ich interpretácia. Pri voľbe mierky je v GIS potrebné mať na zreteli nasledovné skutočnosti:

- Presnosť zobrazovanej skutočnosti reálneho sveta je určená mierkou, t. j. väčšia mierka sa rovná zobrazeniu väčších detailov.
- Mierka zobrazovanej skutočnosti reálneho sveta je už implicitne vyjadrená vo vstupných údajoch, s ktorými ďalej používateľ pracuje. U týchto údajov je potom rozhodujúca ich priestorová hustota a meraná presnosť.
- Zmenou veľkosti zobrazenia údajov (v GIS softvéri zoom in/zoom out) sa nemení ich presnosť, ktorá je vyjadrená mierkou. Obraz sa len približuje, prípadne vzďaľuje.

Otázky:

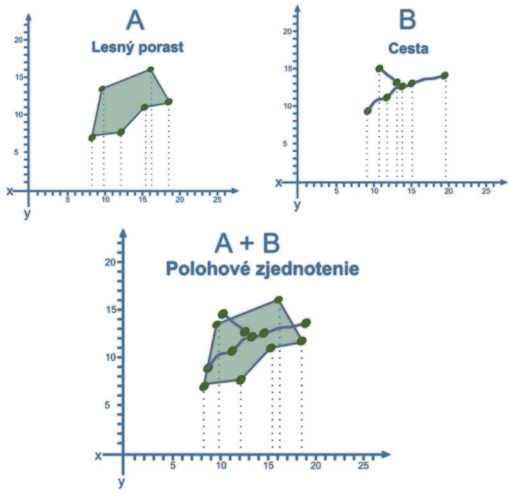
1. Aká je terminologická definícia pojmu geografické informácie?
2. Aké dátové formáty používame v prostredí GIS?
3. Aký je rozdiel medzi vektorovými a rastrovými dátovými formátmi?
4. Pomocou akých typov prvkov sú v GIS reprezentované objekty reálne existujúceho sveta?
5. Ktoré súborové formáty sa v prostredí GIS používajú?
6. Ktoré priestorové dimenzie sa používajú v GIS?
7. Čo je topológia údajov?
8. Aké typy mierok rozlišujeme?

4. Geografická poloha údajov

Informácia o geografickej polohe je základným elementom, ktorý geografické údaje odlišuje od ostatných typov údajov. Bez vyjadrenia geografickej polohy údajov nie je možné prvky a objekty reálneho sveta presne lokalizovať, napr.: *„V národnom parku sa nachádzajú rozsiahle vodné plochy.“* Takáto informácia bez presného vyjadrenia geografickej polohy poskytuje používateľovi len prehľad o tom, čo sa v danom území nachádza. Používateľ to však nevie presne lokalizovať a pre ďalšie spracovanie je informácia v GIS nepoužiteľná.

Okrem toho, že geografická poloha udáva presné umiestnenie objektov, v prostredí GIS sa ňou polohovo zjednocujú údaje**.** Ak sa v reálnej krajine nachádza les, ktorým prechádza cesta, dochádza k prieniku dvoch objektov. V prostredí GIS sú objekty reálneho sveta (napr. les a cesta) ukladané do dvoch samostatných tematických vrstiev. Prienik obidvoch vrstiev je zabezpečený ich presne určenou geografickou polohou. Trajteľ a Hlásny (2001) uvádzajú, že polohovo zjednotené údaje musia v jednotlivých naložených tematických vrstvách do seba zapadať a musia aj zodpovedať skutočnosti.

O potrebe polohového zjednocovania údajov sa zmieňuje aj Krcho (1990), a to v kontexte analýz a tvorby mapových výstupov. Podľa autora je prvoradý predpoklad, aby údaje z toho istého miesta mali rovnaký zobrazovací systém. V zjednodušenej podobe to znamená, že údaje majú rovnakým zobrazovacím systémom vyjadrené svoje geografické umiestnenie (obrázok 34). V prípade odlišných zobrazovacích systémov sa ich vzájomné polohové zjednotenie nedosiahne.



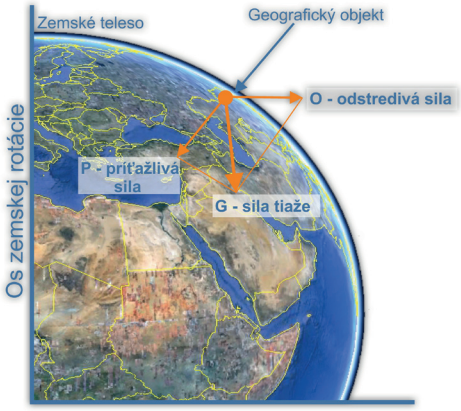
Obrázok 34

Najjednoduchšie zobrazenie zemského povrchu je na guľovom telese, napr. na glóbuse**.** Na takomto telese je možné najlepšie zachovať podobu i rozmery zakrivenej plochy zemského telesa. No ani na tých najväčších glóbusoch nie je možné zobraziť podrobné údaje o zemskom povrchu. Preto je z praktických dôvodov potrebné zobraziť geografickú sféru reálne existujúceho sveta na rovnú plochu – mapu, obrazovku počítača atď. Takéto zobrazenie však môže byť realizované len v zmenšenej podobe. Avšak na zachytenie zmenšeného zemského povrchu je najprv potrebné vykonať terénne geodeticko-topografické mapovanie, alebo údaje získať z iných zdrojov.

Zisťovať polohu objektov na zemskom povrchu, ich tvary, ale aj tvar samotnej Zeme, je úlohou geodézie alebo „zememeračstva“. Vedecko-technický odbor, akým je geodézia, získava pomocou geometrických a geofyzikálnych metód údaje metrického a fyzikálneho charakteru o Zemi a jej častiach (Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra, 1998).

Zobrazovanie zemského povrchu a jeho objektov je v náplni vedecko-technického odboru nazývaného kartografia. Pomocou matematických a grafických metód kartografia rieši a poskytuje spôsoby zobrazovania objektov a javov reálneho sveta (tzv. kartografické zobrazenia).

Trojrozmerné údaje o Zemi a jej častiach „prenáša – zobrazuje“ do „dvojrozmernej“ podoby, ale s podmienkou, aby svojimi metrickými parametrami odrážala skutočnosť reálneho sveta.

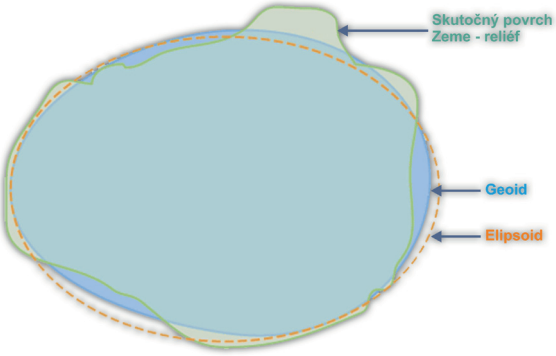


Obrázok 35

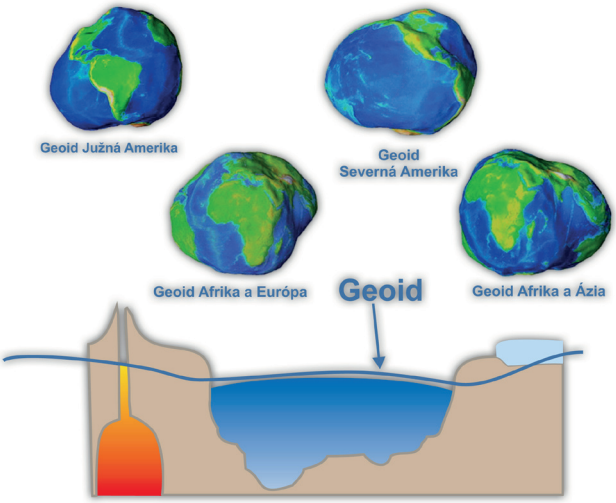
Geografické objekty reálneho sveta sa nachádzajú na povrchu zemského telesa, ktoré je výsledkom dlhého vývoja planéty Zem. Toto teleso predstavuje veľmi zložitý útvar, ktorý vznikol pôsobením dvoch síl (obrázok 35): sily príťažlivej a sily odstredivej (výslednicou obidvoch síl je sila tiaže). Zem svojím tvarom pripomína nedokonalú guľu, ktorá je sploštená v oblasti pólov a vydutá na rovníku. Pravidelné a jednotné tvary zemského telesa sa „nachádzajú“ len na povrchu vodných plôch, morí a oceánov. Ostatné časti Zeme majú rozsiahle vertikálne rozdiely a ich povrch je z globálneho pohľadu výrazne členitý.

Zemské teleso je v takto opísanej podobe veľmi ťažko matematicky definovať a podľa Pravdu a Kusendovej (2007) sú presné geodetické merania a kartografické zobrazenia trojrozmerného zemského povrchu značne náročné.

Pre nahradenie zložitého tvaru zemského telesa sa preto v kartografii stanovili zjednodušené, matematicky definovateľné modely, tzv. referenčné telesá. V nadväznosti na Voženílka (1999) je možné za referenčné telesá považovať telesá s takou plochou, ktorá sa svojím tvarom a veľkosťou približuje skutočnému tvaru Zeme. Medzi povrchom zemského telesa a matematicky definovateľnými telesami (referenčnými telesami) sú však značné rozdiely, tak ako je to znázornené na obrázku 36.

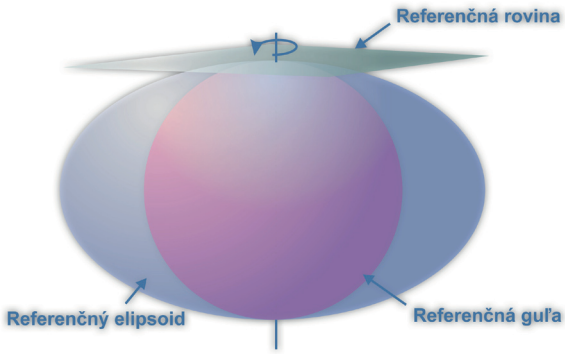


Obrázok 36

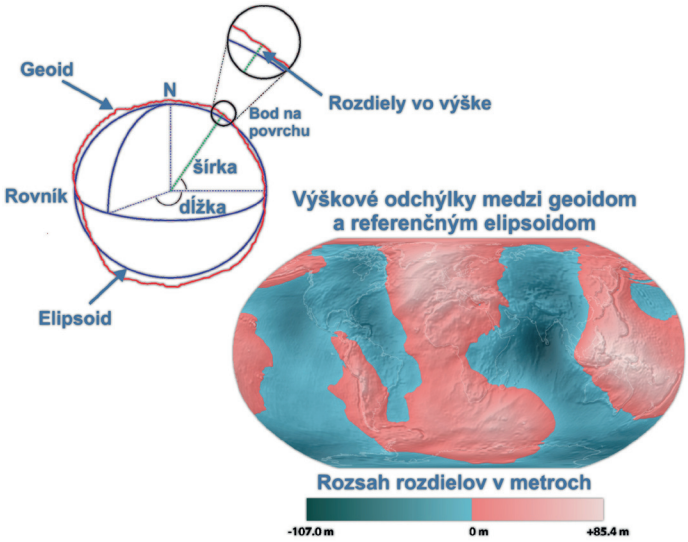


Obrázok 37

Geoid – tento pojem zaviedol do odbornej terminológie v roku 1873 J. B. Listing. Podľa viacerých autorov, napr. Pravda a Kusendová (2004, 2007); Voženílek (1999), ide o zjednodušené fyzikálne teleso, ktoré vyjadruje najvernejší tvar Zeme (obrázok 37). Za geoid je možné pokladať teleso v tvare Zeme, ktoré pokrýva len vodná plocha (moria a oceány). Toto teleso je fyzikálne definované ako tvar, ktorého povrch tvorí spojitá hladinová (ekvipotenciálna) plocha s konštantným potenciálom tiaže. Táto plocha prechádza nulovým výškovým bodom. Vyformovaný tvar povrchu geoidu je ovplyvnený silou tiaže, ktorá je závislá na rozložení hmoty, nachádzajúcej sa vo vnútri telesa (Zeme). Výsledkom je zvlnený povrch, na ktorom je každý bod kolmý na smer zemskej tiaže. Geoid je pre metódy všeobecného kartografického zobrazenia ako teleso nevhodný a nahrádza sa matematicky jednoduchšími a presnejšie definovateľnými referenčnými telesami (Voženílek, 1999). Podľa Pravdu a Kusendovej (2007) referenčnými telesami, ktoré nahrádzajú geoid, môžu byť napr. referenčné elipsoidy, ale aj referenčná guľa alebo rovina (obrázok 38). Výber referenčného telesa je podriadený požiadavkám na rozsah, presnosť a mierku zobrazovaného povrchu Zeme. Napríklad na plány (resp. mapy veľkých mierok, napr. 1 : 1 000 a 1 : 500) sa používa referenčná rovina, na zobrazovanie území malých mierok (napr. 1 : 5 000 000) to môže byť referenčná guľa.



Obrázok 38



Obrázok 39

Referenčný elipsoid, v anglickej literatúre označovaný ako „geodetic datum", je v zmysle autorov Pravdu a Kusendovej (2004, 2007); Voženílka (1999); Hojovca et al. (1987) teleso, ktoré je geoidu najviac podobné. V slovenskej geodetickej a kartografickej praxi sa používa niekoľko referenčných elipsoidov: Besselov elipsoid, Krasovského elipsoid, referenčný elipsoid WGS84 (niekedy označovaný ako EGS84). Posledný spomínaný referenčný elipsoid je jedným z najnovších a najpresnejších referenčných elipsoidov. Rozdiel medzi povrchom geoidu a referenčným elipsoidom WGS84 je približne +/- 30 m (obrázok 39). Využíva sa na určovanie polohy prostredníctvom technológie GPS (GNSS). Rotačný referenčný elipsoid je určený dvomi z nasledujúcich hodnôt:

excentricita (výstrednosť) e: $$e = \sqrt{a^2 - b^2}$$

a sploštenie elipsy f: $$f = \frac{a-b}{a}$$

kde a a b sú veľká a malá poloos elipsy.

Tabuľka 7 Rozmery referenčného elipsoidu

Meno geodeta	Rok	a (v m)	b (v m)	i
Bessel	1841	6 377 397	6 356 079	1 : 299
Hayford	1909	6 378 388	6 356 912	1 : 297
Krasovsky	1940	6 378 295	6 356 920	1 : 298
IAG 1967	1967	6 378 160	6 356 774	1 : 298

Zdroj: Makarová (1996)

Referenčná guľa je teleso, ktoré sa podľa Voženílka (1999) používa na tvorbu menších častí zemského povrchu okrúhleho tvaru do polomeru približne 200 km, kde sa neuvažuje o dĺžkovom a plošnom skreslení. Zároveň sa používa na menej presné zobrazenia a malomierkové mapy, ako sú školské atlasy, encyklopédie atď.

Tabuľka 8 Rozmery referenčnej gule

Podmienka	Besselova	Hayfordova	Krasovského	IAG 1967
Rovnaký objem	6 370 283 m	6 371 221 m	6 371 110 m	6 371 024 m
Rovnaký povrch	6 370 290 m	6 371 228 m	6 371 166 m	6 371 030 m
Aritmetický priemer polosí	6 370 291 m	6 371 229 m	6 371 118 m	6 371 021 m
Rovnaký kvadrant	6 366 743 m	6 367 654 m	6 367 558 m	6 367 471 m

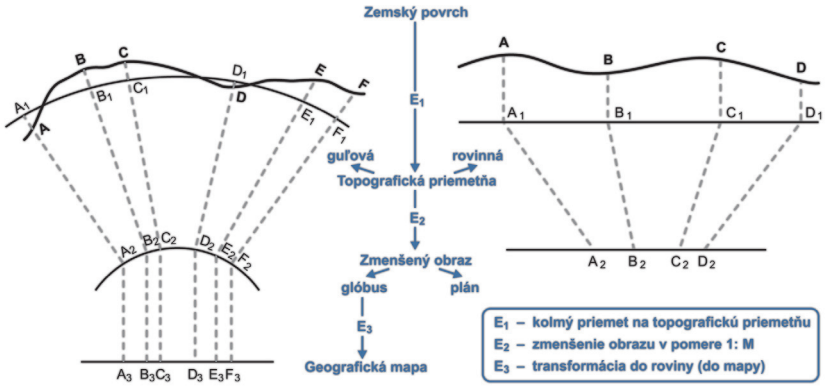
Zdroj: Makarová (1996)

Referenčná rovina sa používa na zobrazovanie územia malého rozsahu, a to do maximálne 700 km², kde sa neuvažuje o dĺžkovom a plošnom skreslení.

4.1. Kartografické zobrazenia - mapové projekcie

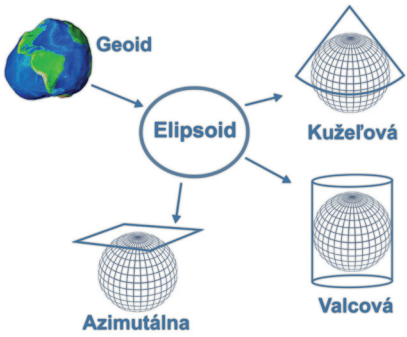
Ako už bolo vyššie spomínané, poloha geografických objektov sa tak ako pri mapách aj v prostredí GIS vyjadruje prostredníctvom rôznych typov kartografických zobrazení (v prostredí GIS označovaných ako mapové projekcie) a k nim prináležiacich súradnicových systémov.

Úloha kartografických zobrazení, tzn. mapových projekcií a súradnicových systémov, spočíva v procese „prenosu“ (transformácie, zmenšenia a generalizovania) geografických objektov reálneho sveta do „2D“ roviny v prostredí GIS. Je to spôsob, pomocou ktorého sa transformujú objekty znázornené na referenčnom telese do zobrazovacej roviny (napr. do plochy mapy) na tzv. náhradnú topografickú priemetňu (obrázok 40). V zmysle Voženílka (1999) ide o vyjadrenie matematického vzťahu medzi súradnicami bodov – objektov na referenčnom telese a zobrazovacej plochy, cieľom ktorého je pretransformovať na základe ma-



Obrázok 40

tematických a geometrických operácií zemský povrch na rovnú plochu. Podľa Galatiho (2006) ním dochádza k transformácii trojrozmerných objektov reálneho sveta na dvojdimenzionálny rovinný formát (obrázok 41).



Obrázok 41

Jednotlivé typy kartografických zobrazení, t. j. mapových projekcií, sa od seba odlišujú spôsobom vzniku obrazu napr. geografickej siete na náhradnej topografickej priemetni, druhom a polohou zobrazovacej plochy, vzájomným vzťahom týchto plôch a vzniknutým skreslením atď. Zobrazovacia plocha je plocha, na ktorú sa zobrazujú objekty z referenčného telesa – vzniká tak špecifický obraz týchto objektov.

Podľa postupu zostrojenia napr. obrazu geografickej siete a obrazov objektov v určitom kartografickom zobrazení delíme zobrazenia na (Jakubík, 2010):

1. **Perspektívne** – obraz vzniká premietaním s rôznym umiestnením stredu premietania; podľa vzdialenosti stredu premietania od náhradnej topografickej priemetne rozoznávame nasledovné projekcie:
   - **gnomonická** (vzdialenosť stredu premietania = R),
   - **stereografická** (vzdialenosť stredu premietania = 2R),
   - **externá** (vzdialenosť stredu premietania > 2R),
   - **ortografická** (stred premietania leží v nekonečne).
2. **Neperspektívne** – obraz vzniká na základe matematicky definovaných vzťahov a stanovených podmienok.

Podľa druhu zobrazovacej plochy sa kartografické zobrazenia, t. j. mapové projekcie, delia na:

1. **rovinné** (azimutálne) – zobrazovacou plochou je rovina,
2. **valcové** (cylindrické) – zobrazovacou plochou je plášť valca,
3. **kužeľové** (kónické) – zobrazovacou plochou je plášť kužeľa.

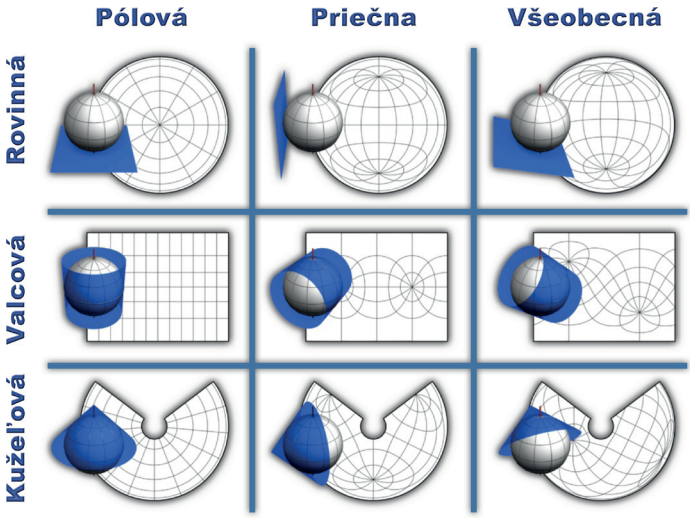
Poloha zobrazovacej plochy (náhradnej topografickej priemetne) môže byť:

1. **pólová** (normálna),
2. **rovníková – priečna** (transverzálna),
3. **všeobecná** (šikmá).

Vzájomný vzťah zobrazovanej plochy referenčného telesa a náhradnej topografickej priemetne môže byť:

1. **dotykový** – pomocná zobrazovacia plocha sa dotýka referenčného telesa v jednom bode, ich prienikom je teda bod alebo línia – poludník, rovnobežka, alebo rôzne orientovaná kružnica či elipsa;
2. **sečný** – pomocná zobrazovacia plocha presekáva referenčné teleso a ich prienikom je pár rôzne orientovaných kružníc alebo elíps.

Poloha zobrazovacej plochy i druh zobrazenia je podriadený konkrétnemu geografickému umiestneniu a plošnému rozsahu zobrazovaného územia. Pre polárne oblasti menších a stredných rozmerov vyhovuje najviac azimutálne zobrazenie v normálnej polohe, pre územia pretiahnuté v smere rovnobežky, ležiace v blízkosti rovníka, bude vyhovovať valcové zobrazenie v normálnej polohe, avšak pre územia v stredných geografických šírkach to už môže byť kužeľové dotykové alebo sečné zobrazenie v normálnej, prípadne vo všeobecnej polohe. Vždy platí, že dlhšia os zobrazovaného územia sa musí čo najtesnejšie primykať k spoločnej dotykovej línii – k prieniku referenčnej plochy s náhradnou topografickou priemetňou. Na obrázku 42 sú znázornené postupy zostrojovania geografickej siete a obrazov objektov.



Obrázok 42

Podľa vlastností skreslenia môžu byť kartografické zobrazenia resp. mapové projekcie:

1. **konformné (rovnouhlé)** – zobrazovanie neskresľuje horizontálne uhly, značne sú skreslené plochy;
2. **ekvidištančné (rovnodĺžkové)** – neskresľujú sa dĺžky čiar spravidla v smere poludníkov alebo rovnobežiek. Neexistuje zobrazenie, ktoré by neskresľovalo žiadne dĺžky;
3. **ekvivalentné (rovnoplošné)** – zachováva plošné rozmery, skreslenie uhlov a deformácia tvarov je značná;
4. **kompenzačné (vyrovnávacie)** – kompromis medzi konformným a ekvivalentným zobrazením na zníženie plošného a uhlového skreslenia na prijateľnú mieru. Využíva sa pri zobrazení veľkých území, prípadne celej Zeme.

Vzhľadom na zložitosť tvarov zemského telesa, ktoré sa vyznačuje svojím zakriveným povrchom, nie je možné v dvojdimenzionálnej rovine prezentovať veľké časti územia bez skreslenia. V prípade tvorby zobrazenia rozsiahlych častí zemského povrchu (napr. kontinenty), je potrebné prijať kompromis vo forme skreslenia tvarov a vzdialeností geografických objektov. Pri prevodoch obrazu objektov z referenčného telesa do dvojrozmernej roviny teda dochádza k skresleniu geometrických prvkov (uhlov, dĺžok, plošných obsahov a iných).

4.2. Súradnicové systémy a siete

Číselná interpretácia presnej polohy objektov na zemskom povrchu (rovnako na referenčnom telese, na mape, v prostredí GIS) sa vyjadruje prostredníctvom súradníc v súradnicových systémoch, v GIS označovaných pod názvom „coordinate systems". Podľa Voženílka (1999) súradnicový systém vyjadruje jednoznačné a presné určenie polohy bodov na referenčnom telese a na jeho prenesenom topografickom obraze (dvojrozmerná rovina – mapa, plocha obrazovky). Súradnicový systém je tvorený množinou základných bodov a línií (smerov), ktorým hovoríme osi. Jednotlivé osi môžu byť tvorené orientovanými priamkami alebo krivkami. Súradnicami potom nazývame súbor čísel vyjadrujúcich vzťah konkrétneho bodu k stredu tohto systému. Je to napr. vzdialenosť od počiatku a uhol medzi spojnicou so stredom systému a jeho priemetom do jednotlivých rovín párov súradných osí (napr. X,Y; X,Z; Y,Z).

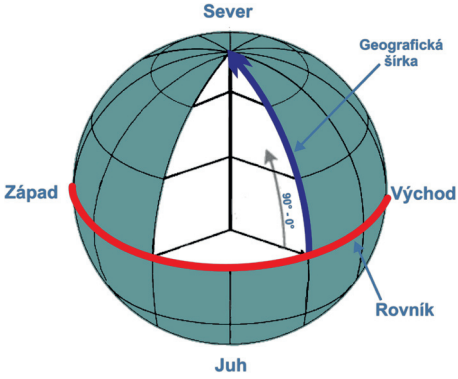
Geografický súradnicový systém vyjadruje polohu daného bodu na zemskom povrchu alebo na referenčnom telese prostredníctvom geografickej (zemepisnej) šírky a dĺžky. Geografické (zemepisné) súradnice sú stredovými uhlami sférického systému súradníc, ktorý je daný: počiatkom totožným so stredom Zeme, základnou rovinou, ktorou je rovina rovníka a základným smerom, ktorým je sprievodič priesečníka základného poludníka s rovníkom.

- **Geografická šírka bodu A** (φA) je vertikálny uhol, ktorý zviera normála k referenčnej ploche (v prípade referenčnej gule je táto normála zhodná so sprievodičom bodu A – $\overline{SA}$ a takejto šírke hovoríme geocentrická) v uvažovanom mieste so svojím pravouhlým priemetom do roviny rovníka a tiež dĺžka oblúka poludníka, ktorý tomuto uhlu prislúcha. Meria sa od rovníka k pólom v stupňoch (0° – 90°). Smerom na juh so znamienkom mínus (–) je južná geografická šírka, smerom na sever so znamienkom plus (+) je severná geografická šírka. Základnou kružnicou je rovník, smerom k pólom geografickú šírku reprezentujú rovnobežky, ktoré sú vedľajšími kružnicami (obrázok 43). Podľa tvaru referenčného telesa sa veľkosť rovnobežiek (polomer a obvod) od rovníka smerom k pólom zmenšuje podľa vzťahu:

$$r(\varphi) = R.\cos(\varphi) \quad a \quad d(\varphi) = 2\pi R.\cos(\varphi)$$

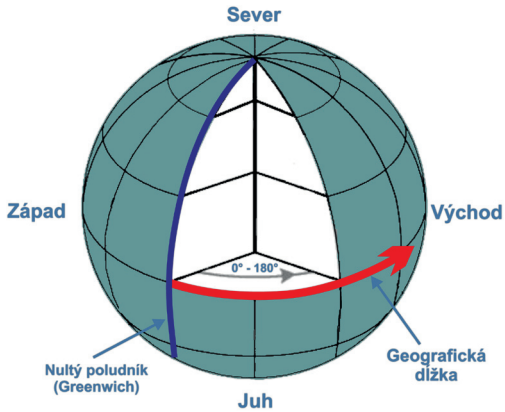
kde R je zemský polomer (cca 6 371 km).

Rovník je teda rovnobežka s najväčším polomerom a obvodom. Na samotných póloch sa kružnice redukujú až na body.



Obrázok 43

- **Geografická dĺžka bodu A** (λA) je horizontálny uhol, ktorý zviera polrovina miestneho poludníka bodu A s polrovinou základného poludníka a tiež dĺžka oblúku rovníka, ktorý tomu uhlu prislúcha. Základným poludníkom (t. j. nultým poludníkom) je ustanovený od roku 1884 poludník prechádzajúci hvezdárňou Greenwich v Anglicku (v minulosti bolo používaných viacero základných poludníkov, napr. cez ostrov Ferro, Parížsky) a vzdialenosť od neho sa udáva v stupňoch (0° – 180°). Smerom na východ so znamienkom plus (+) ide o východnú geografickú dĺžku, smerom na západ so znamienkom mínus (–) ide o západnú geografickú dĺžku. Pohybom od základného poludníka smerom na východ alebo na západ sa vzdialenosť mení (rastie), čím sa mení aj uhol (obrázok 44). Prienikom geografickej šírky a dĺžky je možné vyjadriť polohu ktoréhokoľvek miesta na referenčnej guli alebo elipsoide.



Obrázok 44

Tabuľka 9 Označenie súradníc vo vzťahu k referenčnej ploche

Označenie súradníc	Referenčná plocha	Poznámka
[λ, ϕ]	Elipsoid, guľa	Najčastejšie a celosvetovo používané označenie.
[U, V]	Guľa	Na odlíšenie súradníc na guli v českej a slovenskej literatúre.
[B, L]	Elipsoid	Používané v geodézii, prebrané z nemeckého [Breite, Lange].
[Lat., Long.]	Elipsoid, guľa	Používajú anglofónne štáty, prebrané z [Latitude, Longitude].

Zdroj: Novotná et al. (2012)

Tabuľka 10 Chyby presností určenia polohy miest a určenia vzdialeností

Desatinné miesto	Formát súradníc DD	Formát súradníc DM	Formát súradníc DMS	Vzdialenosť na rovníku ϕ 0° s. g. š.	Vzdialenosť v smere rovnoběžky ϕ 48° s. g. š.
0	1,0°	1°00,0’	1°00’00”	111,319 km	74,404 km
1	0,1°	0°06,00’	0°06’00”	11,132 km	7,440 km
2	0,01°	0°00,6’	0°00’36”	1,113 km	744,04 m
3	0,001°	0°00’0,06”	0°00’3,6”	111,32 m	74,40 m
4	0,0001°	0°00’0,006”	0°00’0,36”	11,13 m	7,44 m
5	0,00001°	0°00’0,0006”	0°00’0,036”	1,11 m	74,4 cm
6	0,000001°	0°00’0,00006”	0°00’0,0036”	11,1 cm	7,4 cm
7	0,0000001°	0°00’0,000006”	0° 00’0,00036”	1,11 cm	0,7 cm

Rovinný pravouhlý (karteziánsky) súradnicový systém sa používa na vyjadrenie polohy objektov v dvojrozmernom rovinnom priestore. Ako už bolo spomínané, zobrazenie údajov v dvojrozmernom priestore vzniklo prostredníctvom kartografického zobrazenia, t. j. mapovej projekcie. Mnoho geografických údajov je zobrazených a interpretovaných na dvojrozmernej ploche (papier, mapa, plocha obrazovky atď.), kde je ich poloha vyjadrená práve rovinným pravouhlým súradnicovým systémom. V GIS sa stretávame obvykle s dvoma variantmi tohto súradnicového systému (Novotná et al., 2012):

1. **matematický pravotočivý systém** (štandardne nastavený v GIS), kedy kladná os X smeruje na východ a kladný smer osi Y smeruje na sever,
2. **geodetický pravotočivý systém**, kedy kladná os X smeruje na sever a kladný smer osi Y smeruje na východ.

Štandardne je teda v GIS definovaný:

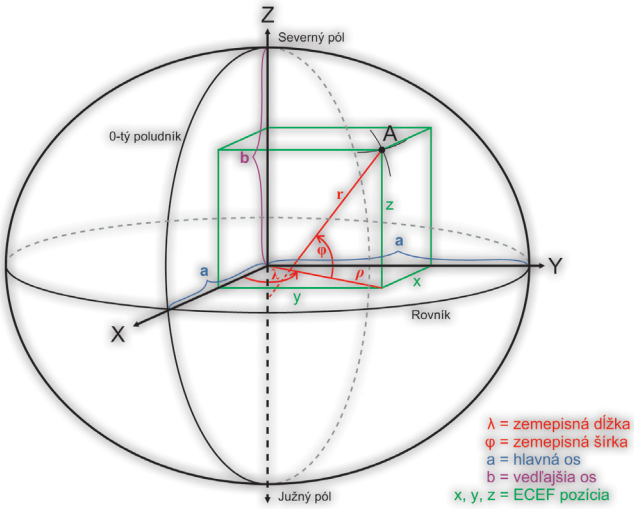
- **počiatkom O** – vyjadruje prienik osí X a Y,
- **osou X** – horizontálne vyjadrenie obrazu rovníka a rovnobežiek; niekedy sa kvôli svojmu smerovaniu nazýva aj východná os (Easting),
- **osou Y** – vertikálne vyjadrenie obrazu základného poludníka a miestnych poludníkov; niekedy sa kvôli svojmu smerovaniu nazýva aj severná os (Northing).

Vzájomným prienikom vznikli tzv. 4-priestorové kvadranty, ktoré majú nasledovnú štruktúru:

- **I. kvadrant** – os X obsahuje kladné hodnoty,
  os Y obsahuje kladné hodnoty (+x, +y),
- **II. kvadrant** – os X obsahuje kladné hodnoty,
  os Y obsahuje záporné hodnoty (+x, –y),

- **III. kvadrant** – os X obsahuje záporné hodnoty, os Y obsahuje záporné hodnoty (–x, –y),
- **IV. kvadrant** – os X obsahuje záporné hodnoty, os Y obsahuje kladné hodnoty (–x, +y).

Priestorový geocentrický pravouhlý karteziánsky súradnicový systém sa podľa Pravdu a Kusendovej (2007) využíva pri geodetických, geofyzikálnych a kartografických meraniach za pomoci satelitov a globálnych systémov určovania polohy. V rovine rozvinutých zobrazovacích plôch sa používajú na určenie polohy bodu v rovine najmä rovinné pravouhlé a polárne súradnicové systémy. V prípade priečnej a šikmej polohy zobrazovanej plochy treba zemepisné súradnice prepočítať na kartografické a až z nich sa vypočítavajú rovinné súradnice. Pri normálnej polohe zobrazovacej plochy sa výpočet robí priamo z geografických súradníc. Pravouhlý súradnicový systém je definovaný počiatkom ležiacim v strede referenčnej gule, osou X tvorenou priesečníkom roviny rovníka so základným poludníkom, osou Y ležiacou v rovine rovníka kolmo na os X a osou Z totožnou so zemskou osou. Pravouhlé súradnice bodu A sú vo vzťahu ku geografickým súradniciam (obrázok 45):

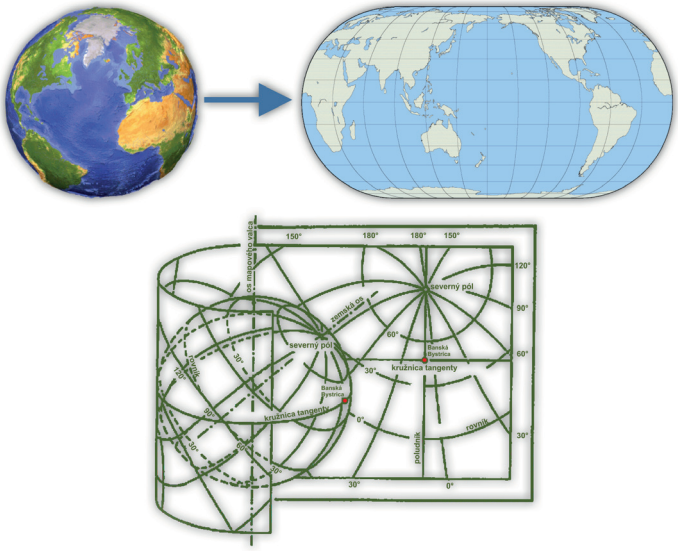


Obrázok 45

$$X = r.\cos(\varphi).\cos(\lambda)$$
$$Y = r.\cos(\varphi).\sin(\lambda)$$
$$Z = r.\sin(\varphi)$$

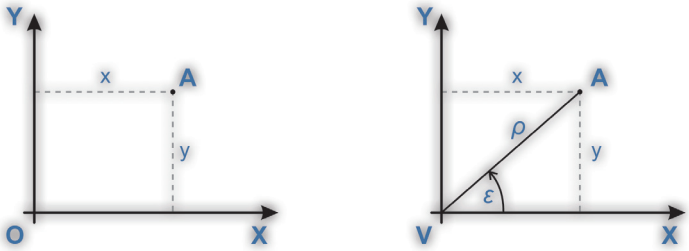
Kartografický (projekčný) súradnicový systém definuje konštrukčné súradnice na referenčnej ploche vo vzťahu k novozvolenému pólu (obrázok 46). Ide akoby o presun polohy zemepisného pólu z pôvodnej polohy do stredu zobrazovaného územia s cieľom minimalizovať skreslenie a čo najvernejšie zobraziť obraz referenčnej gule v zobrazovacej ploche, ku ktorej sa primkýna. Os zobrazovacej plochy nie je totožná s osou referenčnej plochy, alebo dotykový bod zobrazovacej roviny v normálnej polohe nie je totožný zo zemským pólom. Príkladom je Křovákovo zobrazenie, pri ktorom je kartografický pól posunutý nad mesto Tallin, a to vďaka použitému konformnému kužeľovému zobrazeniu vo všeobecnej polohe. Kartografické súradnice sú definované:

- kartografickým pólom Q (bod so zemepisnými súradnicami φ_q a λ_q umiestnený tak, aby sa zobrazovacia plocha maximálne primkla k zobrazovanému územiu),
- kartografickou šírkou η (uhol v novej kartografickej sieti analogický zemepisnej šírke),
- kartografickou dĺžkou ζ (uhol v novej kartografickej sieti analogický zemepisnej dĺžke).



Obrázok 46

Poloha bodu v rovine je definovaná kolmou vzdialenosťou od súradnicových osí X a Y. Tento systém sa používa najmä vo valcových všeobecných zobrazeniach. Začiatok sústavy sa v praktických výpočtoch zavádza do stredu zobrazovaného územia a aby celé ležalo v jednom kvadrante, pripočítavajú sa k súradniciam X a Y vhodné konštanty (tzv. redukcia súradníc).



Obrázok 47

Polárny rovinný súradnicový systém je definovaný počiatkom V, čo je spravidla konštrukčný pól (bod dotyku referenčnej plochy a zobrazovacej plochy). Následne osou X, ktorá je lokalizovaná v obraze základného poludníka. V priestorovom (3D) polárnom systéme sa k nim pridáva ešte uhol θ od osi X. Polohu bodu (v rovine) udávajú polárne súradnice (obrázok 47):

- vzdialenosť bodu od počiatku (sprievodič), označovaný ρ,
- polárny uhol ε, ktorý zviera os X a sprievodič ρ.

Polárne súradnice sa používajú najmä pri azimutálnych a kužeľových zobrazeniach. Pre transformáciu pravouhlých a polárnych súradníc (v prípade, že majú totožné počiatky) platia nasledovné vzťahy (Pravda a Kusendová, 2007):

$$x = \rho.\cos(\varepsilon) \qquad tg(\varepsilon) = x / y$$

a pre spätný prevod:

$$y = \rho.\sin(\varepsilon) \qquad \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Výškové (súradnicové) systémy sú systémy používané na určovanie absolútnej vertikálnej odľahlosti bodov na zemskom povrchu. Na území Slovenska boli počas histórie používané nasledovné výškové systémy:

1. **Jadranský výškový systém (H_{Jadran})** – používaný v Rakúsko-Uhorsku od roku 1873. Merané výšky sa vzťahujú k strednej hladine Jadranského mora k východzej značke na Molo Sartorio v Terste.
2. **Dočasný baltský systém s označením Balt 0,68 m.** Východzia úroveň bola od roku 1953 stanovená ako stredná hladina Baltského mora meraná pri Kronštadte (mesto na ostrove Kotlin pri Sankt Peterburgu). Tento výškový systém bol použitý pri mapovaní topografických máp v mierke 1 : 25 000 a oproti Jadranskému systému má výškové hodnoty nižšie o 0,68 m.
3. **Baltský výškový systém s označením Balt 0,40** bol po vyrovnaní zavedený čs. civilnou správou pri mapovaní v mierke 1 : 10 000 v roku 1957 a rozdiel medzi týmto a jadranským systémom bol -0,40 m.
4. **Inovovaný Baltský výškový systém po vyrovnaní (Bpv)**, označovaný ako Balt definitívny, nemá už konštantnú diferenciu oproti jadranskému systému, ale rozdiel sa pohybuje individuálne okolo hodnoty - 0,46 m (znížený o ďalších 6 cm). Od roku 1983 bol stanovený na základe najnovších družicových meraní. Systém je ďalej definovaný súborom normálnych výšok z medzinárodného vyrovnania nivelačných sietí.

Vo svete sa používajú aj ďalšie výškové systémy odvodené od strednej úrovne hladín iných morí, napr. Normal Null od hladiny Severného mora v Amsterdame atď. (Jakubík, 2010).

Relatívna vertikálna odľahlosť (relatívna výška) je rozdiel nadmorských výšok dvoch bodov. V praxi sa zisťuje pomocou viacerých metód, najmä pomocou geodetickej nivelácie, barometrickým meraním (s rastúcou nadmorskou výškou tlak klesá), výškomermi, trigonometrickými meraniami alebo pomocou GPS a GNSS metód.

Súradnicové siete slúžia na určenie polohy, meranie vzdialeností alebo uhlov a na orientáciu na Zemi, na povrchu referenčných telies alebo v mape. Rozlišujeme astronomicko-geodetické, geografické a pomocné siete (Pravda a Kusendová, 2007).

1. **Astronomicko-geodetické siete** slúžia na odvodzovanie presnej polohy a výšky bodov priamo v teréne pri mapovaní povrchu Zeme. Tvoria ich presne vymerané a v teréne pevne stabilizované a signalizované základné polohové (astronomické) a výškové (ni-

velačné) body, ktoré vytvárajú trojuholníkové polia trigonometrických a nivelačných sietí rôznych rádov.

2. **Geografické siete** sú tvorené pravouhlou sústavou poludníkov a rovnobežiek na povrchu referenčných telies alebo v mape spravidla s pevne stanovenou uhlovou hustotou. Uhlová hustota siete zodpovedá mierke mapy. Geografická sieť máp malých mierok (napr. všeobecno-geografických) je výsledkom kartografického zobrazenia. Geografickú sieť topografických máp (1 : 50 000 a väčších) tvoria okrajové línie mapových polí (kladu listov) jednotlivých mierkových radov. Základné mapy SR nemali znázornenú geografickú sieť.

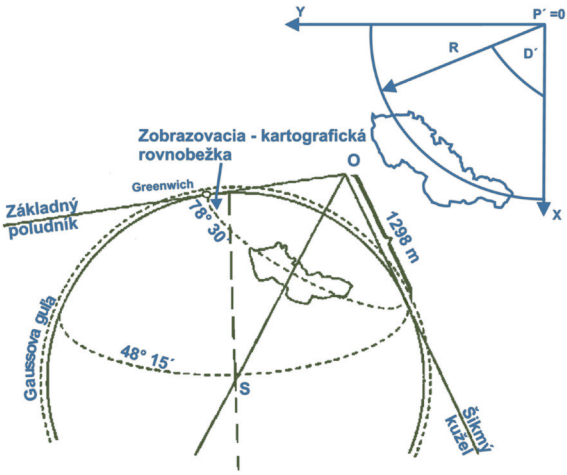
3. **Pomocné siete** sú najčastejšie používané a slúžia na definovanie polohy geografických objektov. V našich vojenských topografických mapách je používaná kilometrová sieť, krajiny nepoužívajúce metrický systém používajú siete založené na nedekadických dĺžkových jednotkách mimo jednotiek SI, napr. UK (*Imperial*) nemetrický merný systém, alebo US nemetrický merný systém (inch, foot, yard, furlong, mile,...) nazývané aj ako FPS merné systémy (*Foot – Pound – Second*), prípadne staré slovenské (uhorské) merné jednotky atď.

4.3. Zobrazovacie a súradnicové systémy používané na Slovensku

V súčasnosti existuje približne 300 kartografických zobrazení (mapových projekcií). V praxi sa ich používa len niekoľko desiatok. Voľba kartografického zobrazenia (mapovej projekcie) vyplýva z vlastností zobrazovaného územia, ako sú jeho veľkosť, tvar, geografická poloha, ale aj z účelu mapy, využívania mapy, obsahu mapy atď. Pre územie Slovenska sa používa niekoľko typov kartografických zobrazení.

4.3.1. Křovákovo zobrazenie

Křovákovo zobrazenie tvorí mapovú osnovu civilných topografických (základných) máp z územia Slovenska (Pravda a Kusendová, 2007). Používa kartografickú sieť (JTSK), ktorá sa transformovala do roviny všeobecným konformným kužeľovým zobrazením (obrázok 48). Umiestnenie kužeľa vzhľadom k pozdĺžnemu tvaru štátu z východu na západ maximálne rešpektuje bývalý tvar Československej republiky vrátane Podkarpatskej Rusi s podmienkou minimalizácie dĺžkového skreslenia na katastrálne účely. Poloha trigonometrických bodov na Besselovom elipsoide sa najprv transformovala Gaussovým konformným zobrazením na referenčnú guľu (s polomerom r = 6380,7036 km * 0,9999) a z nej konformne (pri zachovaní uhlov) na plášť kužeľa, ktorý sa jej dotý-

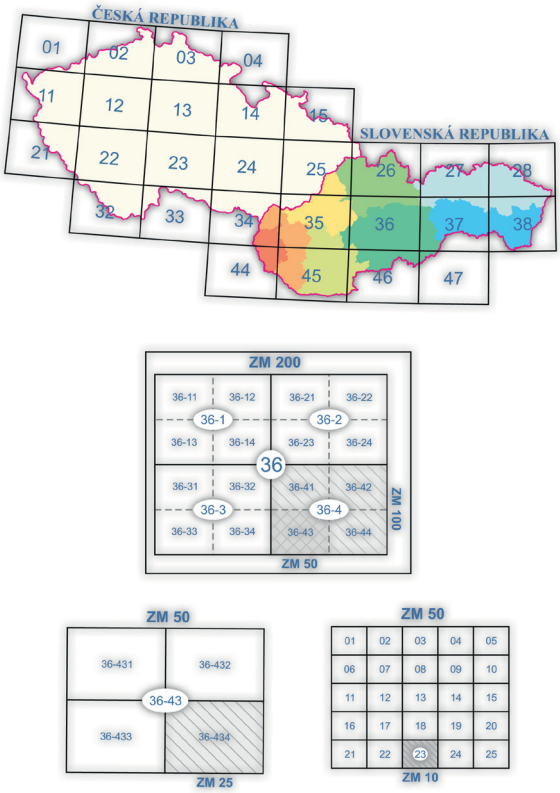


Obrázok 48

ka vo všeobecnej polohe v štandardnej (strednej) rovnobežke (49°27'35,846" severnej zemepisnej šírky) vedúcej približne pozdĺžnou osou bývalého územia Československa. Normála dotykovej rovnobežky pretína poludník severnej zemepisnej dĺžky X = 42°30' východne od Ferra (resp. 24°50' východne od Greenwicha) v bode T severnej zemepisnej šírky (y = 48°315'). V kartografickom súradnicovom systéme sa zvolila dotyčnica k poludníku v bode T za os X a jeho začiatok (kartografický pól Q) sa posunul z bodu T na sever (asi o 130 km na územie v blízkosti Tallinu) do vrcholu kužeľa 0 vo vzdialenosti 1 298 039,0046 m. Kladná os X smeruje k juhu a kladná os Y na západ, takže celé územie republiky leží v jednom (kladnom) kvadrante Křovákovho systému. Použité zobrazenie aj po rozdelení Československa veľmi dobre vyhovuje tvaru a zemepisnej polohe SR a ČR a vykazuje malé dĺžkové skreslenie - najviac 10 cm na 1 km.

Nomenklatúra Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej – v súradnicovom systéme S-JTSK sa celé územie nášho štátu nachádza v I. kvadrante. Rovnobežky s osami X a Y vo vzdialenosti 50 km vymedzujú štvorcovú sieť, ktorej štvorce sa nazývajú základné triangulačné listy a označujú sa rímskymi číslicami príslušného stĺpca a vrstvy, pričom tieto číslice zároveň určujú pravouhlé súradnice juhozápadného rohu v km. **Príklad:** Základný triangulačný list CDL-MCCL má súradnice JZ rohu y = 450 km a x = 1 250 km. Základné triangulačné listy sa vyhotovujú v mierke 1 : 100 000 (rozmer rámu 50 x 50 cm) a vyznačuje sa v nich poloha trigonometrických bodov JTSK (I. až IV. rádu).

Nomenklatúra mapových listov Základných máp – zobrazovacím systémom Základných máp je S-JTSK a použitý výškový systém Bpv (obrázok 49). Sečné čiary kladu mapových listov nie sú rovnobežné so súradnicovými osami S-JTSK, mapové listy sú orientované na zemepisný sever. Klad a označenie mapových listov vychádza z mapového listu mierky 1 : 200 000, ktorá má označenie 01 (0 je vrstva a 1 stĺpec) až 47 a pomenovanie podľa názvu najväčšieho sídla znázorneného na mapovom liste. Delením mapy 1 : 200 000 podľa strednej priečky a spojnice poliacich bodov oboch základní sa tvoria štyri mapové listy 1 : 100 000. Takýmto delením sa vytvoria 4 mapové listy 1 : 50 000 z 1 : 100 000 a z každého z nich 4 mapové listy 1 : 25 000. Mapový list 1 : 10 000 vznikne delením mapy 1 : 50 000 na päť vrstiev a päť stĺpcov (25 mapových listov).



Obrázok 49

Vnútorné rámy listov ZM majú tvar lichobežníka s konštantnou výškou 380 mm. Dĺžka základní pre každý stĺpec ZM200 (úsečky spájajúce rohy listov) sa mení pre ZM10 v intervale 0,4 mm, pre ZM25 – 0,75 mm, ZM50 – 1,5 mm, ZM100 – 3,0 mm a ZM200 – 6 mm.

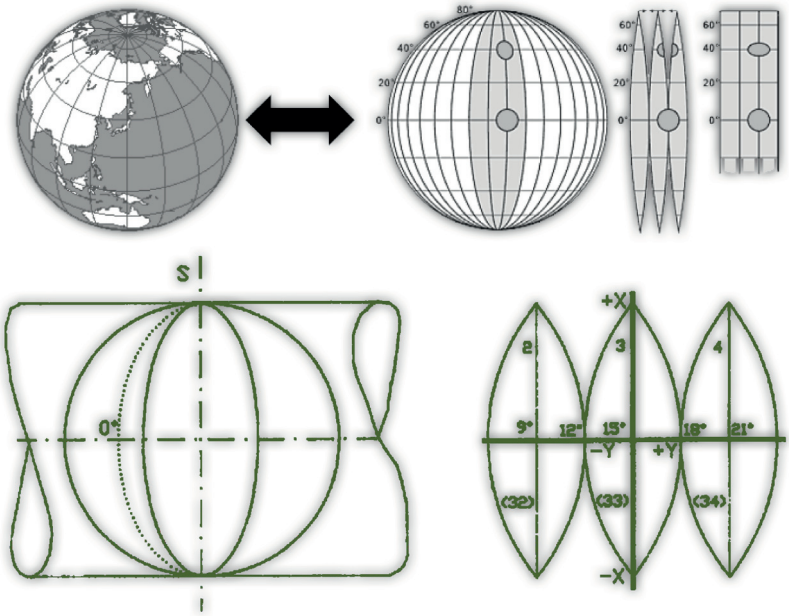
Tabuľka 11 Označenie a rozmery mapových listov

Mierka mapy		Počet vrstiev a stĺpcov	Počet listov	Príklad označenia	Rozmer listu v mm		
východisková	vzniknutá				výška	základná	
						severná	južná
-	1 : 200 000	-	1	36	380	488	494
1 : 200 000	1 : 100 000	2x2	4	36–7	380	491	494
1 : 100 000	1 : 50 000	2x2	4	36–41	380	491	492,5
1 : 50 000	1 : 25 000	2x2	4	36–412	380	491	491,5
1 : 50 000	1 : 10 000	5x5	25	36–44–25	380	493,7	494

Zdroj: Pravda a Kusendová (2007)

4.3.2. Gauss-Krügerovo zobrazenie

Gauss-Krügerovo zobrazenie (obrázok 50) sa použilo na tvorbu vojenských topografických máp. Bolo použité neperspektívne valcové rovníkové zobrazenie elipsoidu do roviny s vyjadrovaním presnej polohy prostredníctvom súradnicového systému S-42. Uhlové skreslenie je nulové a maximálne dĺžkové skreslenie je 0,62 m na 1 km.

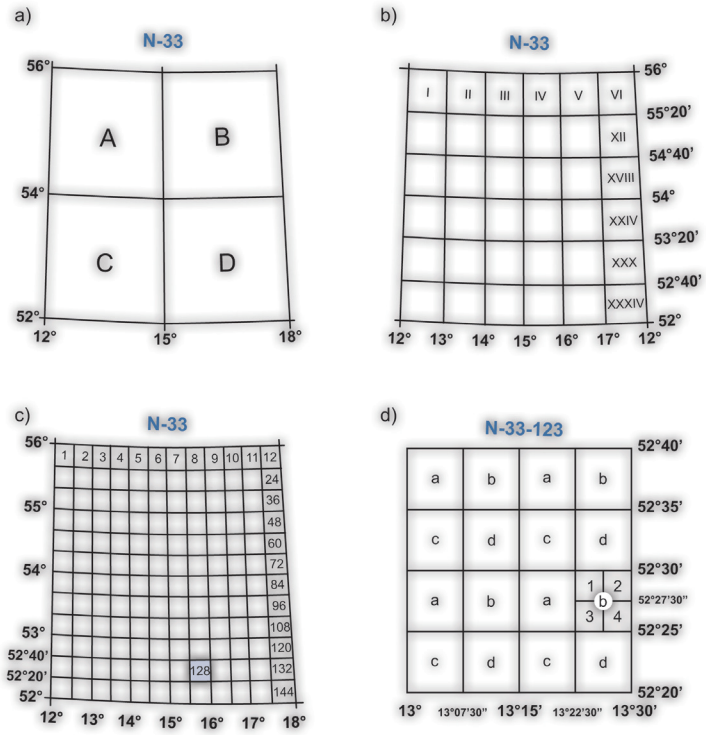


Obrázok 50

Gauss-Krügerovo zobrazenie tvorí medzinárodnú mapovú osnovu (vojenských) topografických máp vrátane územia nášho štátu (Pravda a Kusendová, 2007). Ide o neperspektívne valcové rovníkové zobrazenie elipsoidu do roviny, kedy sa na jeden priečny valec zobrazí vždy pás územia vymedzený poludníkmi v intervale 6 stupňov z. š. Každý pás má vlastný rovinný súradnicový systém, v ktorom os Y je priamkovým obrazom rovníka a os X poludníka. Pásy sa číslujú od Greenwicha. K súradnici l, symetrickej pozdĺž stredného poludníka, sa pripočítava hodnota 500 km a predraďuje sa číslo pásu zmenšené o hodnotu 30. Maximálne dĺžkové skreslenie (0,62 m na 1 km na okraji pásu) je zanedbateľné v topografickej mierke máp. Uhlové skreslenie je nulové, keďže zobrazenie je konformné. Meridiánová konvergencia (uhlová odchýlka medzi miestnym a osovým poludníkovým pásom), resp. odklon zobrazenia štvorcovej súradnicovej kilometrovej siete od mapového rámu na okraji pásu nepresahuje pre naše zemepisné šírky hodnotu troch stupňov. Označovanie mapových listov Gauss-Krügerovho zobrazenia vychádza z Medzinárodnej mapy sveta v mierke 1 : 1 000 000.

Poludníkové pásy sú označené arabskými číslami, pričom číslovanie začína od poludníka 180° a pokračuje smerom na východ; pri hustote 6° je ich počet 60. Každý poludníkový pás je rovnobežkami s hustotou 4° geografickej šírky rozdelený na 23 vrstiev, ktoré sú od rovníka k pólom označené veľkými písmenami latinskej abecedy. Povrch referenčného elipsoidu je takýmto spôsobom rozčlenený na 60 x 23 sférických lichobežníkov s rozmermi 4° geografickej šírky a 6° geografickej dĺžky. Každý z nich zmenšený v mierke 1 : 1 000 000 predstavuje orientačný rámec jedného mapového listu. Označenie (kladu) listu pomocou písmena rovnobežkovej vrstvy a čísla poludníkového pásu vyjadruje polohu územia listu na povrchu Zeme. Okrem číslovania sú mapové listy označené aj názvom významnej lokality v liste mapy. Slovensko je v Medzinárodnej mape na mapových listoch M-33, M-34, L-33 a L-34. Ďalším delením jednotlivých listov v mierke 1 : 1 000 000 vzniká orientačný rámec listov väčších mierok, pričom sa pripája k označeniu deleného listu označenie stanovené pre danú mierku (obrázok 51):

- delením listu Medzinárodnej mapy (1 : 1 000 000),
- na 4 časti označené veľkými písmenami abecedy (A, B, C, D) vznikajú listy mapy 1 : 500 000 s označením (nomenklatúrou) listu: M-33-B,
- na 36 častí (6 x 6) označených rímskymi číslami (I až XXXVI) vznikajú listy 1 : 200 000 (napr. označenie listu M-33-XXXI),
- na 144 častí (12 x 12) označených arabskými číslami (1 až 144) vznikajú listy mapy 1 : 100 000 (M-33-96),
- delením listu mapy 1 : 100 000 na 4 časti označené veľkými písmenami abecedy (A, B, C, D) vznikajú listy mapy 1 : 50 000 (M-33-96-D),
- delením listu mapy 1 : 50 000 na 4 časti označené malými písmenami abecedy (a, b, c, d) vznikajú listy mapy 1 : 25 000 (napr. M-33-96-D-d),
- delením listu mapy 1 : 25 000 na 4 časti označené arabskými číslami (1, 2, 3,4) vznikajú listy mapy 1 : 10 000 (M-33-96-D-d-4).



Obrázok 51

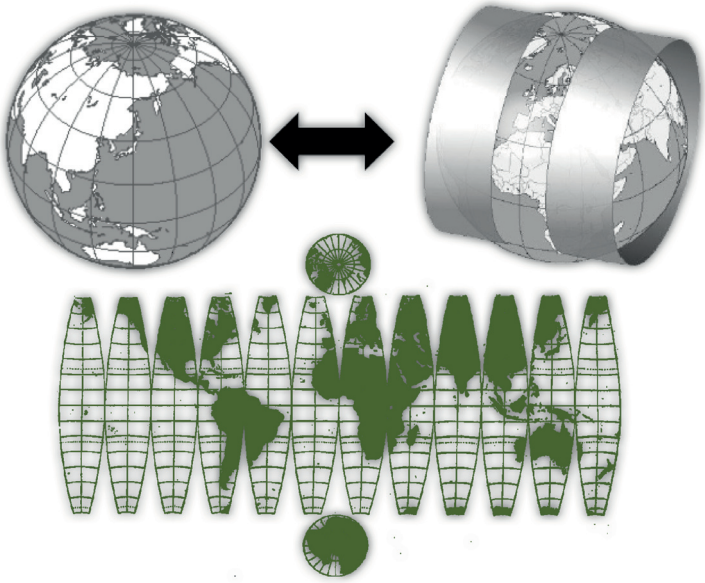
Tabuľka 12 Charakteristiky kladu listov topografických máp (TM)

Mierka mapy		Spôsob delenia	Počet listov	Príklad označenia
východisková	vzniknutá			
1 000 000	-	-	1	6°
500 000	IMW	2 na 2	4	3°
200 000	IMW	6 na 6	36	1°
100 000	IMW	12 na 12	144	30'
50 000	TM100	2 na 2	4	15'
25 000	TM50	2 na 2	4	7'30"
10 000	TM25	2 na 2	4	3'45

Zdroj: Pravda a Kusendová (2007)

4.3.3. UTM – Universal Transverse Mercator

UTM – Universal Transverse Mercator je matematicky veľmi podobné Gauss-Krügerovmu zobrazeniu, v podstate sa jedná len o jeho modifikáciu (Jakubík, 2010). Používalo sa predovšetkým v USA, v členských štátoch NATO sa používa od roku 1950. Od roku 2000 sa používa aj na Slovensku, pričom po roku 2008 sa používa aj pre naše vojenské štátne mapové dielo. Z dôvodu minimalizácie dĺžkového skreslenia sa používa od 84°30' severnej geografickej šírky do 80°30' južnej geografickej šírky. Na zobrazenie polárnych oblastí sa používa zobrazenie UPS (Universal Polar Stereographic Projection). V našich podmienkach sa používa so šírkou poludníkového pásu 6° a ako referenčnú plochu používa elipsoid WGS-84. Z tohto dôvodu sa výsledné súradnice v Gauss-Krügerovom a v zobrazení UTM odlišujú, lebo parametre tohto elipsoidu a jeho orientácia v priestore je iná ako parametre a orientácia Krasovského elipsoidu (obrázok 52).



Obrázok 52

Po rozvinutí pásu do roviny sa aj tu počiatok súradnicového systému posúva v smere osi E (Easting – východ) namiesto osi Y o 500 km na západ a os N (Northing – sever) namiesto osi X o 10 000 km južne. Tým je zabezpečené, že v celom páse je možné počítať so súradnicami v kladných hodnotách.

Klad mapových listov nového mapového diela v tomto zobrazení vychádza takisto z medzinárodnej mapy sveta 1 : 1 000 000, pri ktorej sa vrstvy označujú na severnej pologuli NA až NV (N – North) a na južnej SA až SV (S – South) napr. NM-34, pričom:

- **mapy 1 : 500 000** však vzniknú jej pozdĺžnym rozdelením na 2 časti a ich označením hornej polovice -A a dolnej polovice -B so spojovníkom, ktorý sa používa aj na označenie ďalších mierok, napr. NM-34-B;
- **mapy 1 : 250 000** vzniknú rozdelením mapy 1 : 1 000 000 na 12 dielov v 3 stĺpcoch a 4 vrstvách a ich označením arabskými číslicami 1 až 12 zľava doprava, napr. NM-34-10;

- **mapy 1 : 100 000** vznikajú rozdelením mapy 1 : 250 000 na 6 dielov v 3 stĺpcoch a 2 vrstvách a ich označením 101 až 106, čím je zvýraznená informácia o mierke mapy, napr. MN-34-10-103;
- **mapy 1 : 50 000** opäť rozdelením mapy 1 : 250 000 na 24 dielov v 6 stĺpcoch a 4 vrstvách a ich označením arabskými číslicami 1 až 24 zľava doprava, napr. NM-34-10-23;
- **mapy 1 : 25 000** vznikajú rozdelením máp 1 : 50 000 na 4 diely a ich označením veľkými písmenami A, B, C, D, napr. NM-34-10-23-C.

V súčasnosti sa u nás v súvislosti s rozvojom metód diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) a globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) v geodetickej a kartografickej praxi využívajú dva medzinárodné geodetické systémy:

1. **WGS-84 (World Geodetic System 1984)** – svetový geodetický referenčný systém z roku 1984,
2. **ETRS (European Terrestric Reference System)** – európsky terestrický referenčný systém.

Akúkoľvek kartografickú tvorbu sa všeobecne odporúča realizovať zásadne v štátom stanovených štandardoch, t. j. v geodetických referenčných systémoch a kartografických zobrazeniach WGS-84, ETRS, S-42, S-JTSK a Bpv, v Křovákovom zobrazení, Gauss-Krügerovom zobrazení.

4.4. Kartografické vlastnosti topografických máp

Počítačová podpora matematickej kartografie sa neustále rozširuje. V súčasnosti sú aj neodbornej verejnosti bežne dostupné kvalitné programové aplikácie na kartografické výpočty, transformácie a 2D až 3D vizualizácie v prostredí geoinformačných systémov.

Používatelia počítačových kartografických programov a modulov často zamieňajú Gauss-Krügerovo zobrazenie s Mercatorovým zobrazením označovaným UTM, ktoré sa používa vo Vojenských mapách USA a NATO. Rozdiel je v posune počiatku súradného systému, pričom pre územia v USA a Kanade zobrazenie UTM používa Hayfordov elipsoid (na našom území WGS-84) a na lepšie rozdelenie skreslenia sú základné obrazy poludníkov 1,0004-krát skrátené. Hayfordov referenčný elipsoid bol odvodený roku 1909 pre územie USA a roku 1924 prijatý za medzinárodný elipsoid.

V Slovenskej republike súradnicový systém S-42 definovaný Gauss-Krügerovým zobrazením 6-stupňových pásov na Krasovského elipsoide s referenčným bodom Pulkovo bol v r. 2000 nahradený systémom UTM, záväzným pre naše vojenské štátne mapové dielo od roku 2008. Vojenské topografické mapy s vytlačenou kilometrovou sieťou S-42 sa budú používať na niektoré účely vo veľkých mierkach do doby ich spotreby.

V civilnej oblasti bude ešte pomerne dlhodobá životnosť S-JTSK, aj keď jeho kvalita je všeobecne známa. Prebieha prevod ich databáz do WGS 84, ktorý sa stáva celosvetovým štandardom a je najviac podporovaný i technológiami zberu dát na báze globálnych systémov na určovanie polohy GPS, resp. GNSS. Podrobnejšie informácie sú v literatúre týkajúcej sa matematickej kartografie (Jakubík, 2010).

Podľa Koreňa (1996) sa musia pri spracovaní údajov v prostredí GIS brať do úvahy minimálne tri kritériá zohľadňujúce druhy kartografických zobrazení:

1. **vstupné údaje**, napr. zdrojová mapová projekcia (plochy travinnej vegetácie v Gauss-Krügerovom zobrazení a súradnicovom systéme S-42 z vojenského mapového diela v mierke 1 : 25 000),
2. **pracovné zobrazenie,** v ktorom sa bude pracovať, napr. k plochám travinnej vegetácie sa pridá informácia o územnej ochrane v Křovákovom zobrazení a súradnicovom systéme S-JTSK,
3. **zobrazenie konečných výstupov,** napr. geografické informácie v UTM zobrazení a súradnicovom systéme WGS-84, určené pre GNSS - GPS terénne mapovanie.

Väčšina údajov pochádza z rôznych mapových podkladov, ktoré boli vyhotovené odlišným kartografickým zobrazením a v rôznych mierkach. Dôležitou súčasťou efektívnej tvorby geografických informácií (databáz), analýz, syntéz a zároveň ich vizualizácie (mapových výstupov), je podľa Koreňa (1996) prevod údajov do jednotného súradnicového systému. V mnohých prípadoch sa jednotlivé zobrazenia zhodujú. Stáva sa, že vstupné údaje a požadovaný výstup majú iný typ zobrazenia, než v akom prostredí GIS aktuálne pracujú. V takomto prípade je potrebná transformácia údajov zo zdrojového zobrazenia do požadovaného zobrazenia.

Výber správneho kartografického zobrazenia, t. j. mapovej projekcie a súradnicového systému, je pri práci s údajmi v GIS veľmi dôležitým krokom. Výber je podriadený nasledovným faktorom:

- kartografickému zobrazeniu a súradnému systému zdrojových údajov,
- kvalitatívnym a kvantitatívnym požiadavkám na mapovú interpretáciu údajov.

Otázky:

1. Čo je to kartografické zobrazenie a aký je rozdiel medzi kartografickým zobrazením a projekciou?
2. Čo sú referenčné elipsoidy a aké poznáte?
3. Ako delíme kartografické zobrazenia?
4. Z čoho vyplýva skreslenie na mapách, aké sú jeho druhy a čím je podmienený jeho vznik?
5. V čom spočíva princíp azimutálnych, kónických a cylindrických zobrazení?
6. Aké kartografické siete a zobrazovacie systémy sa u nás používajú?
7. Ako vzniká nomenklatúra mapových listov rôznych mierok v Gauss-Krügerovom zobrazení S-42?
8. Ako vzniká nomenklatúra mapových listov rôznych mierok v Křovákovom zobrazení S-JTSK?

Záver

Do oblasti GIS je možné zahrnúť celý rad technológií, akými sú napr. diaľkový prieskum Zeme, globálne navigačné systémy, digitálna fotogrametria, on-line GIS služby, technológie 3D a 4D modelovania atď. Geoinformačnou technológiou označujeme taký typ technológie, ktorá umožňuje pracovať s geografickými údajmi v najširšom slova zmysle. Pre GIS existuje niekoľko domácich a zahraničných definícií. V mnohých prípadoch dochádza k ich modifikácii a jednotlivé definície zvyčajne odrážajú konkrétny účel, na ktorý sa GIS využívajú. Pre GIS neexistuje jedna platná a všeobecne uznávaná definícia.

GIS majú veľmi úzky vzťah s vedným odborom geografia, ktorá je zdrojom geografických údajov o krajinnej sfére. GIS ako technologický prostriedok umožňujú geografické údaje mapovať (zber údajov) a transformovať do digitálnej podoby na geografické informácie.

Údaje tvoria základ každého informačného systému. Údaje, s ktorými pracujú GIS, zobrazujú, zachytávajú reálne existujúce časti zemského povrchu. Geografické údaje sa pri prevode na digitálnu formu (geografické informácie) redukujú na kombináciu čísel 0 a 1. V súčasnosti neexistuje taký informačný systém alebo technológia vrátane GIS, ktorá by bola schopná previesť do digitálnej podoby všetky aspekty a javy prebiehajúce na alebo v blízkosti zemského povrchu. V praxi dochádza k častému zamieňaniu geografickej terminológie a mylnému chápaniu pojmov, akými sú geografické údaje, priestorové údaje, geografické informácie, geodáta, geoúdaje, geoinformácie atď. Niektoré zo základných geografických termínov sa stali predmetom noriem už len tým, že sa využívajú v oblasti GIS.

Geografické informácie môžu byť v GIS reprezentované prostredníctvom niekoľkých dátových formátov, resp. modelov, akými sú vektorový dátový formát, rastrový dátový formát alebo model nepravidelnej trojuholníkovej siete (TIN). K abstrahovaným údajom o zemskom povrchu a jeho blízkom okolí sa v prostredí GIS vytvára tzv. databáza atribútových hodnôt. Atribúty predstavujú základné opisné charakteristiky geografických prvkov v GIS, väčšinou sú uložené v atribútovej tabuľke a prepojené s grafickým prvkom pomocou jedinečného identifikátora. Medzi prvkami geografických informácií sú určité polohové vzťahy, ktoré je možné súborne nazvať topológia.

Informácia o geografickej polohe je základným elementom, ktorý geografické údaje odlišuje od ostatných typov údajov. Okrem toho, že geografická poloha udáva presné umiestnenie objektov, v prostredí GIS sa ňou polohovo zjednocujú údaje. Zisťovať polohu objektov na zemskom povrchu, ich tvary, ale aj tvar samotnej Zeme, je úlohou geodézie alebo „zememeračstva“. Vedecko-technický odbor, akým je geodézia, získava pomocou geometrických a geofyzikálnych metód údaje metrického a fyzikálneho charakteru o Zemi a jej častiach. Zobrazovanie zemského povrchu a jeho objektov je v náplni vedecko-technického odboru nazývaného kartografia. Pomocou matematických a grafických metód kartografia rieši a poskytuje spôsoby zobrazovania objektov a javov reálneho sveta (tzv. kartografické zobrazenia).

Použitá literatúra

Artz, M., & Baumann, J. (2009). What Is The Geographic Approach? ArcWatch: Youre-Magazine for GIS News, 2009(08).

Bertalanffy, L. (1968). General system theory: Foundations, development, applications. New York, George Braziller.

Břehovský, M., & Jedlička, K. (2007). Úvod do geografických informačních systémů (Přednáškové texty). Plzeň, Západočeská univerzita. Zdroj: http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf

Buckley, A. R. (2008). Layers. In K. K. Kemp (Eds.), Encyclopedia of geographic information science (pp. 251 – 252). Thousand Oaks, SAGE Publications, Inc.

Burrough, P. A. (1986). Principles of geographical information systems for land resources assesment. Oxford, Clarendon Press.

Cockcroft, S. (2008). Topology. In K. K. Kemp (Eds.), Encyclopedia of geographic information science (pp. 481 – 482). Thousand Oaks, SAGE Publications, Inc.

Coppock, J. T., & Rhind, D. W. (1991). The History of GIS. In D. J. Maguire, M. F. Goodchild, & D. W. Rhind (Eds.), Geographical Information Systems: Principles and Applications, Volume 1 (pp. 21 – 43). Longman Group UK Ltd.

Daintith, J. (2009). IT, A Dictionary of Physics. Oxford, Oxford University Press.

Davis, B. (2001). GIS: A Visual Approach. Cengage Learning

de Smith, M. J. (2008). Software, GIS. In K. K. Kemp (Eds.), Encyclopedia of geographic information science (pp. 390 – 392). Thousand Oaks, SAGE Publications, Inc.

Dueker, K. J., & Kjerne, D. (1989). Multipurpose Cadastre: Terms and Definitions. Technical Papers, ACSM-ASPRS. Annual Convention, 5, pp. 94 – 109.

ESRI, (2012). What is GIS. Redlands, ESRI Press.

Forman, R. T. T. (2006). Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge, Cambridge University Press.

Galati, S. R. (2006). Geographic information systems demystified. Boston, Artech House.

Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. International Journal of Geographical Information System, 6(1), pp. 31 – 45.

Gopi, S., Sathikumar, R., & Mandu, N. (2012). Advanced Surveying: Total Station, GIS and Remote Sensing. Pearson Education.

Harmon, J. E., & Anderson, S. J. (2003). The Design and Implementation of Geographic Information Systems. John Wiley & Sons Ltd.

Hojovec, V., Daniš, M., Hájek, M., & Veverka, B. (1987). Kartografie. Praha, GKP.

Howe, D. (2010). The free on-line dictionary of computing (FOLDOC). [cit. 09.06.2013]. Zdroj: http://foldoc.org

Chandler, D., & Munday, R. (2011). Information technology. A Dictionary of Media and Communication. Oxford, Oxford University Press.

Chorley, R. (1988). Handling Geographic Information. Report to the Secretary of State for the Environment of the Committee of Enquiry into Handling Geographics Information. London, HMSO.

Chrisman, N. (2006). Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS. Redlands, Esri Press.

Jakubík, J. (2010). Základy kartografie a topografie. Vysokoškolské skriptá, 1. vydanie. Banská Bystrica, FPV UMB.

Kemp, K. K. (1993). Environmental modeling with GIS: A strategy for dealing with spatial continuity. Technical report. National Center for Geographic Information and Analysis.

Klaučo, M., Balková, N., Kubinský, D., & Jakubík, J. (2010). Doplnkový vzdelávací materiál – Geoinformačné minimum v oblasti ochrany prírody a krajiny. Banská Bystrica, SAŽP. [cit. 09.05.2013]. Zdroj: http://geomin.sazp.sk/geominimum

Koreň, M. (1996). Kartografické transformácie pre geografické informačné systémy. Bratislava, Geoinfo, No. 1, s. 24 – 27.

Krcho, J. (1990). Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu. Bratislava,Veda.

Laurini, R., & Thompson, D. (1982). Fundamentals of Spatial Information Systems. San Diego, Academic Press.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographical Information Systems and Science. West Sussex, John Wiley & Sons Ltd.

Makarová, E. (1996). Základy kartografie. Banská Bystrica, FPV UMB.

Matějček, T. et al. (2007). Malý geografický a ekologický slovník. Praha, Nakladatelství České geografické společnosti.

McHarg, I. L. (1969). Design with nature. NewYork, Garden City.

McMaster, R. B. (2008). Generalization, Cartographic. In K. K. Kemp (Eds.), Encyclopedia of geographic information science (pp. 161 – 164). Thousand Oaks, SAGE Publications, Inc.

McMaster, R. B., & Shea, K. S. (1992). Generalization in Digital Cartography. Washington, Association of American Geographers.

Molnár, Z. (2001). Efektivnost informačních systémů. Praha, Grada Publishnig.

Nordbeck, S., & Rystedt, B. (1969). Computer Cartography: Shortest Route Programs. Royal University of Lund Sweden Department of Geography.

Novotná, M., Čechurová, M., & Bouda, J. (2012): Geografické informační systémy ve školách. Plzeň, Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk.

O'Brien, J. A. (1990). Management information systems. Galgotia Publications.

Oertz, H. (1987). Slovník: Filozofia a prírodné vedy. Bratislava, Pravda.

Openshaw, S. (1983). The Modifiable Areal Unit Problem. Concept and Techniques in Modern Geography (CATMOG), 38, Norwich.

Pravda, J. (2001). Geografická informácia v terminológii geoinformatiky. Geografický časopis, 53(3), s. 217 – 230.

Pravda, J., & Kusendová, D. (2004): Počítačová tvorba tematických máp. Bratislava, Univerzita Komenského.

Pravda, J., & Kusendová, D. (2007). Aplikovaná kartografia. Bratislava, Geo-grafika.

Rapant, P. (2002). Družicové polohové systémy. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Rapant, P. (2005). Geoinformačné technológie. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Rossiter, D. G. (2006). An introduction to statistical analysis. Netherlands, The University of Twente. [cit. 30.05.2013]. Zdroj: http://www.itc.nl/~rossiter

Sherman, G. E. (2008). Desktop GIS Mapping the Planet with Open Source Tools. Pragmatic Bookshelf.

Schneider, D. C. (1994). Quantitative ecology: spatial and temporal scaling. San Diego, Academic Press.

Schmalz, M., & Ritter, G. X. (2008). Computational Problems in Geographic Information Systems. [cit. 09.05.2013]. Zdroj: http://www.cise.ufl.edu/~mssz/GIS/GIS-Basics.html

Schwill, C. (1991). Lexikon Informatiky. Bratislava, SPN.

Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. Science, 103, pp. 677 – 680.

STN EN ISO 19131 (01 9346). Dátum vydania: 01.10.2008. Geografická informácia. Špecifikácie dátového produktu (ISO 19131: 2007).

STN EN ISO 19146 (01 9354). Dátum vydania: 01.06.2011. Geografická informácia. Interdisciplinárne slovníky (ISO 19146: 2010).

Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra, 1998, 1.vyd. Bratislava, ÚGKK a ČÚZK.

Thearling, K. (1995). An Overview of Data Mining Techniques. [cit. 30.05.2013]. Zdroj: http://www.thearling.com/text/dmtechniques

Thie, J. (2008). Canada Geographic Information System (CGIS). In K. K Kemp (Eds.), Encyclopedia of geographic information science. Thousand Oaks, SAGE Publications, Inc.

Tomlinson, R. F. (1962). Computer Mapping: An Introduction to the Use of Electronic Computers In the Storage Compilation and Assessment of Natural and Economic Data for the Evaluation of Marginal Lands. National Land Capability Inventory Seminar. Ottawa, Canadian Institute of Forestry.

Tomlinson, R. F. (1998). The Canada Geographic Information System. In T. Foresman (Eds.), The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers. Prentice Hall.

Tomlinson, R. F. (2011). Thinking About GIS. Geograhpic Information System: Planning for Managers. Redlands, ESRI Press.

Trajteľ, Ľ., & Hlásny, T. (2001). Geografické informačné systémy. Banská Bystrica, FPV UMB.

Turner, M. G., Gardner, H. R., & O´Neill, V. R. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. New York, Springer.

Voženílek, V. (1999). Aplikovaná kartografie I. – Tematické mapy. Olomouc,Univerzita Palackého.

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1 GIS ako technologický prostriedok
Obrázok 2 GIS ako prostriedok s konkrétnym účelom
Obrázok 3 Podľa funkcionality pozostávajú GIS zo 4 základných prvkov
Obrázok 4 Vzťah rôznych informačných systémov a priestorových údajov
Obrázok 5 Tematicky orientovaný prístup GIS
Obrázok 6 Geografický prístup
Obrázok 7 Kľúčové aktivity GIS
Obrázok 8 Vytváranie geografických informácií
Obrázok 9 Práca s geografickými informáciami cez tzv. vrstvy
Obrázok 10 GIS a rôzne vedecko-technické disciplíny
Obrázok 11 Používateľská úroveň a funkcionalita GIS
Obrázok 12 Základné časti GIS softvérových produktov
Obrázok 13 Kompozičné rozmiestnenie základných častí GIS softvérových produktov
Obrázok 14 GIS softvérové produkty a používateľská úroveň
Obrázok 15 GIS desktopové riešenie
Obrázok 16 GIS serverové riešenie
Obrázok 17 Centralizované GIS desktopové riešenie
Obrázok 18 Centralizované GIS serverové riešenie
Obrázok 19 Binárna číselná sústava
Obrázok 20 Základné vlastnosti údajov, s ktorými pracujú GIS
Obrázok 21 Abstrahovanie reality v GIS
Obrázok 22 Vektorový dátový formát
Obrázok 23 Databáza atribútových hodnôt
Obrázok 24 Tematické zobrazenia údajov podľa atribútových hodnôt
Obrázok 25 Rastrový dátový formát
Obrázok 25 TIN dátový formát
Obrázok 27 Rozdiel medzi diskrétnym a spojitým typom údajov
Obrázok 28 Priestorová dimenzia geografických informácií
Obrázok 29 Databázové rozhranie geografických informácií
Obrázok 30 Atribútové hodnoty, záznamy a geografická poloha
Obrázok 31 Topologické vzťahy medzi prvkami geografických informácií
Obrázok 32 Topológia prvkov a priestorové vzťahy
Obrázok 33 Generalizácia geografických údajov

Obrázok 34 Polohové zjednotenie údajov rovnakým zobrazovacím systémom
Obrázok 35 Pôsobenie príťažlivej a odstredivej sily na tvar zemského telesa
Obrázok 36 Rozdiel medzi zemským a referenčným telesom
Obrázok 37 Referenčné teleso geoid – najvernejší tvar Zeme
Obrázok 38 Jednoduchšie definovateľné referenčné telesá
Obrázok 39 Výškové rozdiely medzi referenčným elipsoidom WGS84 a geoidom
Obrázok 40 Proces transformácie geografických objektov reálneho sveta do „2D“ roviny
Obrázok 41 Kartografické zobrazenia – mapové projekcie
Obrázok 42 Druhy a polohy zobrazovacej plochy
Obrázok 43 Geografická šírka
Obrázok 44 Geografická dĺžka
Obrázok 45 Priestorový geocentrický pravouhlý karteziánsky súradnicový systém
Obrázok 46 Projekčný (kartografický) súradnicový systém
Obrázok 47 Polárny rovinný súradnicový systém
Obrázok 48 Křovákovo kartografické zobrazenie
Obrázok 49 Nomenklatúra mapových listov Základných máp
Obrázok 50 Gauss-Krügerovo kartografické zobrazenie
Obrázok 51 Nomenklatúra mapových listov Medzinárodnej mapy
Obrázok 52 UTM kartografické zobrazenie

Tabuľka 1 Rozdiel medzí údajom a informáciou
Tabuľka 2 Súborové formáty vektorových geografických informácií
Tabuľka 3 Súborové formáty rastrových geografických informácií
Tabuľka 4 Porovnanie vektorových a rastrových dátových formátov
Tabuľka 5 Používané údajové typy v databázovom rozhraní
Tabuľka 6 Metódy generalizácie
Tabuľka 7 Rozmery referenčného elipsoidu
Tabuľka 8 Rozmery referenčnej gule
Tabuľka 9 Označenie súradníc vo vzťahu k referenčnej ploche
Tabuľka 10 Chyby presností určenia polohy miest a určenia vzdialeností
Tabuľka 11 Označenie a rozmery mapových listov
Tabuľka 12 Charakteristiky kladu listov topografických máp (TM)

Register

A – B

Absolútna mierka, *38*
Aggregation, *40*
Amalgamation, *40*
ArcGIS, *6, 23*
Atribút, *8, 27, 28, 32 – 35, 39, 63*
Atribútová hodnota, *29, 30, 34, 35*
Atribútová tabuľka, *34, 35, 63*
Bit, *24*
Bod – Point, *28, 33, 36, 37*
Boolean, *36*
Byte, *24, 36*

C – F

Centralizovaný desktop, *22*
Centralizovaný server, *22*
Client, *22*
Collapse, *40*
CAD, *13, 17, 20, 30*
Databáza, *21, 29, 33, 34, 36, 63*
Dátový manažment, *9, 13, 19, 22*
Desktop, *19, 22*
Developer, *20*
DPZ, *25, 31, 61*
Dimenzia, *33*
Diskrétne dáta, *32*
Displacement, *40, 41*
Enhancement, *40, 41*
ERDAS, *14, 15*
ESRI, *6, 14*
ETRS, *61*
Exaggeration, *40, 41*
Fotogrametria, *5, 25*

G

Galileo, *25*
Gauss-Krüger, *57, 58, 61 – 62*
Generalizácia, *39*
Geodáta/geoúdaje, *25, 26*
Geodatabáza, *17, 36*
Geodézia, *13, 42, 63*
Geografia, *9, 10, 13*
Geografická dĺžka, *36, 50*
Geografická poloha, *42*
Geografická sieť, *55*
Geografická šírka, *36, 49*
Geografické informácie, *9, 12, 25*
Geografické údaje, *7, 9, 12, 25*
Geografický prístup, *9 – 11*
Geoid, *44*
Geoinformatika, *14*
Geomatika, *14*
Geometrické rozhranie, *24*
GIS nástroje, *19, 22*
GIScience, *14*
GNSS, *25, 45, 54, 61, 62*
GNU/GPL, *21*
GPS, *7, 13, 15, 19, 25, 45, 54, 61*
Greenwich, *50, 55, 58*

H – L

Hardware, 21
Hrana – Edge, *37, 38*
Hyperlinks, *36*
Informácia, *26*
Integer, *36*
Kartografia, *42, 63*

Kartografická mierka, *38*
Krasovského elipsoid, *45, 60, 61*
Kritický prah, *39*
Křovákovo zobrazenie, *56*
Línia – Polyline, *28, 29, 33, 37*

M – O

Mapová projekcia, *46, 47, 48, 51*
Mapové okno, *18*
Merging, *40*
Mierka, *13, 35, 38, 41*
Mobile GIS, *20*
Open Source, *21*
Ovládacie prvky, *18*

P – R

Polygón, *28, 33, 36, 37*
Používateľské rozhranie, *18, 19, 22*
Priestorové údaje, *25, 26, 63*
Pulkovo, *61*
Rastrový dátový formát, *28, 63*
Referenčná guľa, *46*
Referenčná rovina, *46*
Referenčný elipsoid, *45*
Refinement, *40, 41*
Relatívna mierka, 38

S – W

Server, *20*
Simplification, *40*
Smoothing, *40*
Software, *18*
Spojité dáta, *32*
Súborový formát, *18, 30, 31*
Súradnicová sieť, *54*
Teleso – Polyhedron, *33, 37*
Topológia, *36, 37, 38*
TIN, *31*
Údaje, *26*
UTM, *60*
Uzol – Node/Vertex, *28, 29, 37*
Vektorový dátový formát, *28 – 30*
Vrstva, *12, 29, 33*
WGS84, *45*

Názov diela: Geografické informačné systémy 1

Autori: RNDr. Michal Klaučo, PhD.
RNDr. Karol Weis, PhD.
PaedDr. Bohuslava Gregorová, PhD.
Mgr. Lenka Anstead, PhD.

Vydavateľ: Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici Belianum

Počet strán: 71 strán (text 5 AH, ilustrácie 3 AH)

Náklad: 300 kusov

Vydanie: prvé

Formát: B5

Rok vydania: 2014

Tlač: DALI-BB, s.r.o., Banská Bystrica

© Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2014

ISBN 978-80-557-0679-5

9 788055 706795 >