

GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÉ SYSTÉMY A HUMÁNNÁ GEOGRAFIA — VYBRANÉ TEORETICKO – METODOLOGICKÉ A APLIKAČNÉ ASPEKTY

Dagmar Kusendová

Dagmar Kusendová: Geographic information systems and human geography – some theoretical, methodological and application aspects

Abstract:

The study addresses the problems of the geographic information systems, the creation and use of geographic information, and current trends of these systems relationship with human geography and its applications. It briefly analyses a historical background of this relationship, the ways of modelling of geographic reality in geographic information systems, the contemporary relation of geography to geoinformation systems and their potential in human geography, pinpointing some critical aspects. The samples of some relevant applications and thoughts on the prospects of the further development of analysed aspects close the study.

Key words: human geography, geoinformatics, geographic information systems

ÚVOD

Množstvo bádateľských úsilí "novej" geografie, akými sú napr. lokačné teórie obohatené o behaviorálny prístup, analýza dynamiky urbánnych a regionálnych systémov pomocou najnovších matematických, resp. fyzikálnych teórií (fraktálna geometria, teória fuzzy množín a neurónových sietí) a nových typov štatistických (priestorových) analýz schopných adekvátnejšie postihnúť tieto systémy, súvisí priamo alebo nepriamo s rozvojom a tvorbou geografických informačných systémov. Uvedené geografické bádateľské prúdy nielenže významne čerpajú z iných bádateľsky rozvinutejších vied, ale sami začínajú produkovať výsledky, ktoré obohacujú iné vedné odbory (vrátane geoinformačných systémov) alebo vedu ako celok (Paulov 1998).

Praktické úlohy efektívneho využitia krajiny a riadenia spoločnosti nastoľujú pred geografiu a ďalším prírodným, technickým, sociálnym a ekonomickým vedám množstvo úloh, ktorých riešenie si vyžaduje rozsiahle dátové základne a komplexné modely skutočnosti. *Geografické informačné systémy (GIS)*, resp. *geoinformačné systémy* vytvárajú vhodnú platformu na tvorbu a spracovanie práve takýchto dátových báz a modelov, ako aj na spojenie aktuálnych trendov matematizácie, geografizácie, ekologizácie a informatizácie spoločnosti a vedy, ktoré prenikajú aj do humánnej geografie. Geoinformačné systémy prostredníctvom svojich technológií sprístupňujú humánnym geografovi efektívne nástroje na ich výskumnú a praktickú činnosť. Vzťah geoinformačných systémov a geografie, resp. humánnej geografie je však osobitný v tom, že množstvo teoreticko-metodologických aspektov geoinformačných systémov súvisí s geografiou, jej vývojovými prúdmi, metódami výskumu a aplikáciami.

Podnetom na výber témy vzájomného vzťahu a využitia geoinformačných nástrojov v humánnogeografickom výskume a praxi je najmä jej súčasná aktuálnosť a pretrvávajúca nízka informovanosť zainteresovaných na tomto poli. Cieľom tejto štúdie je uviesť do problematiky geografických informačných systémov, tvorby a použitia geografických informácií a aktuálnych trendov v kontexte ich vzťahu k humánnej geografii a jej aplikáciám.

Aby sa dali lepšie pochopiť vzájomné súvislosti geografie a geoinformačných systémov v teoretickej, metodologickej a aplikačnej rovine, s osobitným dôrazom na humánnu geografiiu, štúdia v krátkosti rozoberá historické pozadie tohto vzťahu, uvádza do problematiky geoinformatiky a geoinformačných systémov, ich postavenia v systéme geovied a spôsobov modelovania geografickej reality v nich, pokračuje súčasnými reláciami geografie ku geoinformačným systémom, ich potenciálom vo vzťahu k humánnej geografii s poukázaním na niektoré kritické aspekty vzájomného vzťahu. Štúdiu uzatvárajú vybrané relevantné aplikácie a úvaha o perspektívach ďalšieho vývoja skúmaného spojenia.

Vzhľadom na šírku záberu, ktorú spojenie geografie a geografických informačných systémov umožňuje, je v štúdiu kladený dôraz na problematiku použitia prostriedkov a metód geografických informačných systémov v oblasti riešení s humánnogeografickým zameraním. V dôsledku univerzálnosti vývoja a použitia geoinformačných technológií sa však nedalo vyhnúť prieniku aj s ďalšími odborními, ktoré majú vzťah k analyzovanej téme (dizajn databáz, počítačová kartografia a ďalšie).

Pri zostavovaní štúdie tvorili bázu viacročné skúsenosti z tvorby a použitia geografických informačných systémov geograficky a kartograficky orientovaného používateľa. Veľký diel na vzniku štúdiu mali poznatky a znalosti, ktoré boli získané z vedeckej spolupráce s významnými predstaviteľmi geografických škôl rozvíjaných na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského a Geografickom ústave Slovenskej akadémie vied v Bratislave.

Štúdia by mala podnietiť a svojim malým dielom prispieť k rozvinutiu teoreticko-metodologických a aplikačných aspektov použitia geoinformačných systémov v humánnej geografii v relácii na to, že ide u nás o relatívne nové a málo používané vedecko-výskumné a aplikačné nástroje.

1 GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÉ SYSTÉMY

Ako vo všetkých novovznikajúcich interdisciplinárnych vedných odboroch (Longley et al. 2001), tak aj v geoinformatike je problémom definovať základné pojmy, resp. toho, čo sa označuje termínmi: *geografické informačné systémy*, *geoinformačné systémy*, *geoinformatika*, *geomatika*. Ich konkrétny obsah závisí od účelu, potrieb a prístupov ich tvorcov a používateľov.

1.1 Geoinformatika a geografické informačné systémy

Podľa jednej z mnohých definícií sa *geoinformatika* zameriava na vývoj a aplikáciu metód na riešenie špecifických problémov v geo(grafických) vedách so špeciálnym dôrazom na geografickú polohu reálnych objektov (podľa U. Streita in Tuček 1998). Ďalšia definícia charakterizuje *geoinformatiku* ako interdisciplinárnu oblasť poznania na styku geografie, kartografie a informatiky, ktorá skúma prírodné a socio-ekonomické geosystémy (ich štruktúru, vzťahy, dynamiku, fungovanie a pod.), resp. je to súborné pomenovanie pre problematiku (vedeckú a praktickú disciplínu) zaoberajúcou sa geoinformačnými systémami (Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra 1998, s. 73). V tom istom prameni sa uvádza aj definícia *geomatiky* ako disciplíny, ktorá sa zaoberá zberom, analýzou, spracovaním a poskytovaním geografických dát a ich transformáciou na geografické informácie (Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra 1998, s. 74). Medzinárodná organizácia pre normalizáciu (ISO) definuje *geomatiku* ako „disciplínu zaoberajúcu sa zberom, distribúciou, ukladaním, analýzou, spracovaním a prezentáciou geografických dát alebo geografickou informáciou” (Šíma 2002).

Donedávna sa pojem *geoinformatika* chápal v troch základných významoch, a to ako:

- a) vedecká a technická disciplína,
- b) technológia,
- c) konkrétna aplikácia.

Geoinformatika ako vedecká a technická disciplína sa začína venovať riešeniu teoreticko-metodologických problémov, akými sú napr. integrácia poznatkov špecializovaných vedných disciplín a vytváranie jednotného pojmového aparátu, riešenie úloh špecifických pre geoinformačné systémy a pod.

Geoinformatika ako technológia zahŕňa prostriedky nevyhnutné na realizáciu a prevádzkovanie aplikácií, t. j. kompletne hardvérové a softvérové vybavenie. Ide o problematiku výrobcov a dodávateľov súčastí technológií geoinformačných systémov, ktorá postupne prerastá do obchodno-výrobného odvetvia.

Geoinformatika ako aplikácia môže byť informačným systémom „geografického typu”, ktorý je súčasťou riadenia istej organizačnej jednotky (napr. podniku, mestského úradu alebo správy národného parku). Aplikačný aspekt je zdôrazňovaný dodávateľmi aplikácií a dát, pre ktorých samotná technológia je „mŕtva” pokiaľ ju „neoživia” dátami, vhodnými postupmi spracovania a vizualizáciou výsledkov (napr. vo forme počítačových máp), ktoré by spĺňali požiadavky používateľov (Koreň 1995).

V súčasnosti niektorí autori rozlišujú termíny geomatika, resp. geoinformatika a geoinformačná veda (Šíma 2002, Kaňok 1997). *Termín geomatika*, pochádzajúci zo začiatku 90. rokov z Kanady, označuje technicky zameranú koncepciu, ktorá je charakterizovaná ako veda

a technológia zaoberajúca získavaním, analýzou, interpretáciou, distribúciou a využitím geografickej informácie, ktorá zahŕňa široký okruh odborov (geodéziu, kartografiu, diaľkový prieskum Zeme, fotogrametriu, geografické informačné systémy, globálne určovanie polohy), ktoré sa dajú spoločne použiť pre tvorbu detailného, ale zrozumiteľného obrazu fyzikálneho sveta a nášho miesta na ňom.

Termín geoinformatika, viac používaný v Európe, označuje prírodovednú koncepciu, ktorej ťažisko spočíva vo výskume a tvorbe metód a nástrojov na spracovanie, analýzu a syntézu geografických dát, tvorbu a riadenie geografických informačných systémov a skúmanie prírodných a sociálno-ekonomických geosystémov pomocou modelovania, pričom *geografická informačná veda* vytvára a poskytuje teoretické zázemie geoinformatike v uvedených smeroch. Tomuto smeru zodpovedá definícia *geografických informačných systémov* s dôrazom na geografický aspekt, ktorá charakterizuje geografické informačné systémy ako technicko-programový aparát na zber, uchovávanie dát o krajine a odvodenie informácií o nej tak, aby boli zabezpečené riadiace funkcie v systéme riadenia, výskumu a využitia krajiny, pričom systém pracuje na princípe priestorovej bázy dát (Krcho, Mičietová 1989).

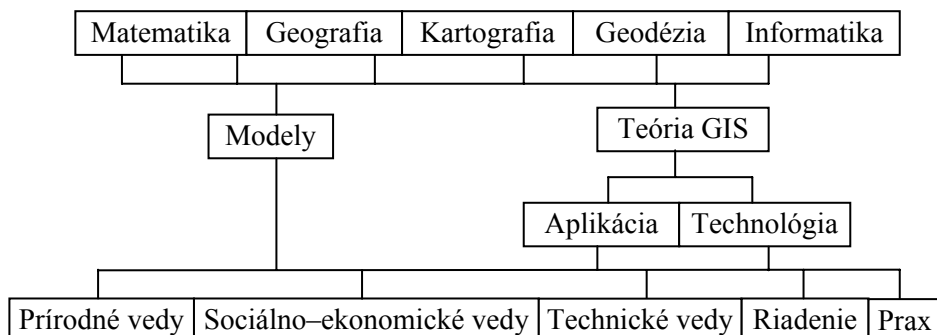
Geografické informačné systémy sa dajú charakterizovať z pohľadu geografa ako informačné systémy orientované na modelovanie geografického priestoru a riešenie parciálnych a komplexných vedeckých a praktických geografických problémov, pričom sa môžu vytvárať izolovane, alebo sú (a to je obvyklejšie) súčasťou rozsiahlejších riešiteľských komplexov. Na základe uvedeného sa dá konštatovať, že geografické informačné systémy predstavujú pre geografa nielen aplikáciu, ale najmä nástroj pomocou ktorého systémovo pristupuje ku geoinformatike, resp. geomatike.

Pre potreby našej štúdie budeme považovať termíny geografické informačné systémy a geoinformačné systémy (GIS) za ekvivalentné, aj keď niektoré definície ich rozlišujú.

Z hľadiska používateľa (riadiaceho či vedeckého pracovníka) sú geoinformačné systémy predovšetkým aplikáciou — prostriedkom, ktorý používa na riešenie svojich problémov, ktoré majú geografický (priestorový) aspekt. Technologická stránka, ktorá bola donedávna jedným z hlavných limitujúcich faktorov aplikácie, sa dostáva do úzadia a do popredia ide ľudský faktor, resp. organizácia a správa geoinformačných systémov.

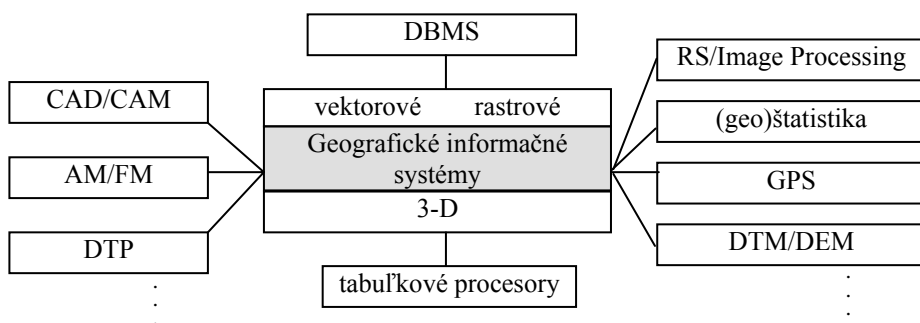
Komplexný prístup k problematike geoinformačných systémov vyžaduje integráciu prístupov a poznatkov špecializovaných disciplín. Na riešenie mnohých úloh (napr. kartografických zobrazení) sú potrebné hlboké znalosti z príslušného oboru. Je preto výhodné, že geografické dáta potrebujú spracovávať špecializované disciplíny (geografia, kartografia, geodézia, fotogrametria, ...), ktoré svojimi riešeniami prispievajú k rozvoju celej technológie.

Schéma na obr. 1 znázorňuje hlavné vedné disciplíny, ktoré sa podieľajú na formulovaní a riešení problémov geoinformačných systémov a tvorbe pojmového aparátu



Obr. 1 Schematické znázornenie troch pohľadov na GIS a relevantných vedných oblastí
(upravené podľa Koreň 1995, s. 26)

Šírku prieniku GIS s inými odbormi názorne dokumentuje obr. 2, ktorý znázorňuje GIS a s ním spojené programové systémy, ktoré pracujú s priestorovými dátami a zahrňujú niektoré funkcie alebo tvoria špeciálne aplikácie.



Obr. 2 GIS a relevantné programové systémy (upravené podľa Voženílek 1998, s. 14)

Anglickými vžitými skratkami sú označené:

DBMS (DataBase Managemnt Systems) – systémy riadenia bázy dát, ktoré sú dnes prirodzenou súčasťou veľkých programových systémov vrátane GIS,

CAD (Computer Aided Design) / CAM (Computer Aided Mapping) technicky alebo projekčno-výrobne orientované počítačové systémy, ktoré sú zamerané na počítačom podporované návrhárstvo, resp. projektovanie (*CAD*) a počítačom podporované mapovanie (*CAM*),

AM(Automated Mapping) /FM (Facilities Managemnt) – systémy na tvorbu a správu priestorových digitálnych báz dát (sieťových infraštruktúr, stavieb, organizácií a pod.) s

využitím v priemysle, štátnej a miestnej správe alebo v riadení inžinierskych sietí, pričom tieto systémy kombinujú digitálnu tvorbu máp so správou geografických báz dát,

DTP (DeskTop Publishing) – stolné edičné, resp. typografické systémy, ktoré pomocou osobných počítačov spracovávajú texty a grafiku,

RM (Remote Sensing) / Image Processing – systémy pre diaľkový prieskum Zeme (DPZ) a spracovanie obrazu, ktoré sa zaoberajú tvorbou, spracovaním a vyhodnocovaním leteckých, kozmických snímok a iných obrazových záznamov,

GPS (Global Position Systems) – globálne polohové systémy, resp. globálne pozičné systémy predstavujú najnovšiu satelitnú a družicovú technológiu, ktorá zabezpečuje komunikačné kanály pre zber, monitoring a prenos geografických dát a informácií potrebných na určenie polohy,

DTM (Digital Terrain Model) / DEM (Digital Elevation Model) – digitálne modely terénu/digitálne výškové modely (súhrnne označované ako *digitálne modely georeliéfu – DMG*), ktoré predstavujú špeciálne aplikačné systémy na prezentáciu, modelovanie a analýzu povrchu Zeme v trojdimenzionálnom (3D) zobrazení.

1.2 Funkcie GIS

Funkčnosť každého geoinformačného systému spočíva v zabezpečení databázových, analytických, kartografických (mapových) a prezentačných (vizualizačných) funkcií. Podľa dôrazu na funkciu v praxi prevládajú tri hľadiská na *použitie geoinformačných systémov*, a to hľadisko (Koreň 1995): 1) *kartografické*, 2) *bázy dát* a 3) *analyticko-modelačné*.

1) hľadisko kartografické

Geoinformačné systémy považujú za prostriedok spracovania, tvorby a zobrazovania digitálnych máp tí používatelia, pre ktorých je dôležitý kartografický aspekt alebo kvalitná prezentácia (počítačová vizualizácia) výsledkov procesu spracovania máp s dôrazom na informačno-komunikačnú než poznávaciu funkciu kartografických modelov. Geoinformačné systémy hrajú významnú úlohu v procese vizualizácie výsledkov priestorových analýz formou digitálnych obrazových (kartografických) modelov s možnosťou iteratívnych a interaktívnych procesov, ktoré umožňujú variantné výstupy analýz, resp. umožňujú ich ďalej analyzovať a generovať ďalšie výsledky.

2) hľadisko bázy dát

Toto hľadisko zdôrazňuje správnosť navrhutej a organizovanej geografickej bázy dát v geoinformačných systémoch. Prvotnou príčinou budovania informačného systému býva potreba inventarizácie, potreba zhromažďovať, triediť, vyberať a prezentovať dáta. Explicitne alebo implicitne vyjadrená väzba dát na zemský povrch slúži ako univerzálny prístupový kľúč.

Priestorová lokalizácia hrá predovšetkým úlohu viacrozmerneho spojitého kľúča, podľa ktorého sa dajú usporadúvať, triediť a vyberať rôznorodé dáta pochádzajúce z rozmanitých zdrojov. Toto hľadisko preferujú prevažne ľudia s informatickým vzdelaním a zameraním, ľudia vytvárajúci a prevádzkujúci geoinformačné systémy ako bazy dát. Radia sa sem aj aplikácie, ako napr. mestské informačné systémy, informačné systémy o území, systémy riadenia inžinierskych sietí, systémy riadenia dopravy, spojov a pod.

3) hľadisko analytické a modelačné

Tretie hľadisko vyzdvihuje možnosti priestorovej analýzy a modelovania. Práve táto vlastnosť sa často pokladá za črtu odlišujúcu geoinformačné systémy od iných informačných systémov. Náhľad na GIS ako na systém umožňujúci priestorové analýzy a modelovanie majú ľudia a aplikácie s prírodovedného a sociálno-ekonomického zamerania. Práve tieto systémy sú "geografické" v pravom zmysle slova (zamerané na krajinu a v nej prebiehajúce procesy). Používatelia geografických báz dát potrebujú vizualizačné a niektoré analytické funkcie, pre odborníkov orientovaných na priestorové analýzy je zobrazovanie rovnako dôležité ako pripojenie atribútov k priestorovým geografickým prvkom a ani tvorcovia máp sa úplne nezaobídu bez prepojenia s bazou dát. V rôznych aplikáciách majú jednotlivé hľadiská rôznu váhu, vždy sa vzájomne kombinujú a dopĺňajú.

1.3 Štruktúra GIS

Geoinformačné systémy sa štruktúrujú podľa funkcie do rôznych foriem a väzieb troch základných prvkov, ktorými sú: technológia, dáta a človek.

Detailnejšie chápaný prístup k účelu a funkciám delí GIS na tieto základné subsystemy:

1) technické a programové vybavenie, 2) dáta a informácie, 3) organizácia.

1a) Technické vybavenie (hardvér)

Technické vybavenie zahŕňa vlastné počítače, vstupné a výstupné zariadenia (*periférie*) a počítačové siete. V súčasnosti sa upúšťa od delenia GIS podľa použitého technického vybavenia (systémy pre osobné počítače, pracovné stanice, atď.) v dôsledku technologického vývoja výpočtovej techniky a následnej konvergencie jednotlivých súčastí. Rýchle a vysokovýkonné počítače s veľkokapacitnými pamäťovými komponentmi (diskovými jednotkami), kvalitné a veľkoplošné monitory s výkonnými grafickými kartami spolu s ďalšími prídavnými (skenery, polohovacie systémy, ...) a výstupnými zariadeniami pre spracovanie veľkého množstva grafických a databázových informácií (súradnicové zapisovače, tlačiarne) sú dnes dostupné aj bežným spotrebiteľom. Počítačové siete sa stávajú novým fenoménom informačnej spoločnosti, prostredníctvom ktorých sa začína rozvíjať mnohopoužívateľský prístup k digitálnym bazám dát

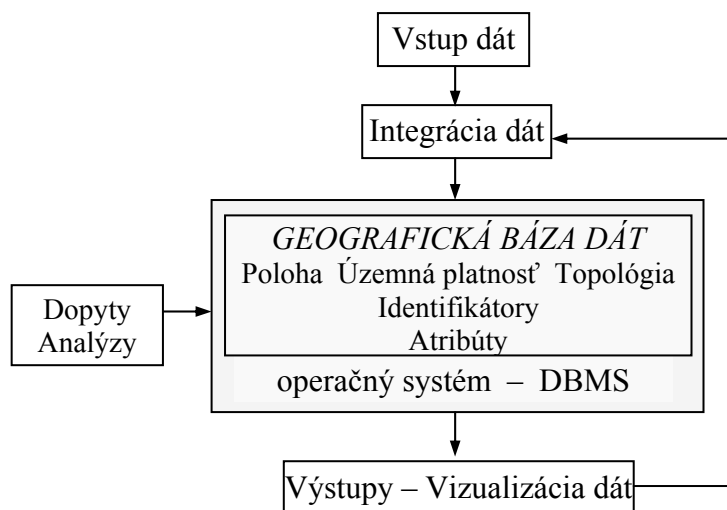
(súbežné využívanie dát uložených na sieťovom počítači/*serveri* viacerými používateľmi/*klientmi* siete) v rámci lokálnych a globálnych sietí. Umožňuje to tímovú spoluprácu pri riešení rôznych projektov alebo distribúciu dát z rôznych geografických báz — dátových skladov (*data warehouse*) a ich analýzu a prezentáciu, resp. geografickú vizualizáciu formou služby *World Wide Web* (WWW) — web stránok v celosvetovej počítačovej sieti *Internet*.

1b) Programové vybavenie (softvér)

Programové vybavenie je súbor programov, ktoré vykonávajú všetky operácie v GIS. Štruktúra programového systému GIS sa skladá z týchto základných subsystémov:

- a) vstupu a integrácie dát (zber, spracovanie, transformácia, konverzia a pod.)
- b) uloženia a správy dát,
- c) priestorových analýz,
- d) výstupu a (kartografickej) prezentácie,
- e) používateľského rozhrania.

Na obr. 3 sú znázornené dôležité programové súčasti GIS, v ktorých kľúčovú úlohu má *geografická báza dát a jej systém riadenia (Data Base Management System)*. Ide o základný geoinformačný programový modul, ktorý tvorí „súbor štruktúrovaných grafických a negrafických dát, ktoré sa vyberajú a ukladajú v súlade s určitým dátovým modelom a dátovou štruktúrou“ (Voženílek 1998, s. 66).



Obr. 3 Programové súčasti GIS s dôrazom na geografickú databázu (upravené podľa Voženílek 1998)

Grafické dáta prezentujú *polohovú lokalizáciu a územnú platnosť* geografických dát s definovanými vzájomnými priestorovými vzťahmi (*topológiou*) a *atribútmi*, ktoré vyjadrujú negrafické charakteristiky (identifikáciu, tematiku, čas a pod.).

Operačný systém, vo forme *databázového systému riadenia a správy dát*, umožňuje správu vlastnej bázy dát a komunikáciu s ostatnými subsystémami formou ukladania, manipulácie, výberov, výstupov a iných činností riadených používateľom prostredníctvom grafického alebo negrafického (príkazového) používateľského rozhrania (angl. *interface*).

Integrácia realizuje *reštrukturalizáciu vstupných dát* bez zmeny ich obsahu s cieľom zjednotiť rôzne typy grafických a negrafických vstupných dát do jednotnej geografickej bázy, napr. formou zmeny mierky alebo zobrazenia, generalizáciou, reklasifikáciou a pod. Prostredníctvom *dopytov* na bázu dát sa uskutočňujú analýzy dát s cieľom získať geografické informácie a prezentovať/vizualizovať ich formou počítačových máp alebo iných geografických modelov.

Vo väčšine geoinformačných systémov sú procesy tvorby, spracovania, analýzy a finálnej vizualizácie relatívne uzavreté v príslušných programových moduloch, ktoré môžu mať rôznu kvalitatívnu úroveň v závislosti od konečného účelu. Z tohto hľadiska rozlišujeme tri základné typy programových modulov geoinformačných systémov, a to: *editačno-digitalizačné, analyticko-informačné* a *prezentačné*.

Editačno-digitalizačné geoinformačné programové moduly zabezpečujú vstup, prvotné spracovanie, štruktúrovanie a transformáciu dát do jednotnej geo/kartografickej bázy dát, *analyticko-informačné* programové moduly realizujú geografické analýzy a modelovanie, ktorých výsledkom je geografická informácia a *prezentačné* programové moduly zabezpečujú vizualizáciu a prezentáciu výsledkov analýz, prípadne tlač kartografických a ďalších výstupov.

Geoinformačné programy, ktoré v kompaktnej forme obsahujú časť editačných, ale najmä analyticko-informačné a prezentačno-tlačové funkcie sa označujú ako *desktop (mapping/publishing) programy GIS*.

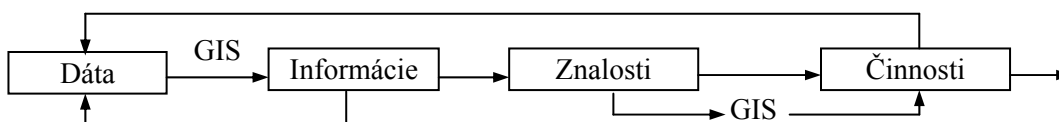
2) Dáta a informácie

Dáta tvoria kľúčovú časť GIS. Na rozdiel od mapy sú dáta v GIS uložené oddelene od ich prezentácie. Môžu byť uložené v rôznych dátových štruktúrach s vysokou presnosťou, a potom zobrazované v rôznych mierkach s rôznou úrovňou generalizácie.

V kontexte dátovej terminológie GIS sa odporúča rozlišovať dáta alebo *údaje* (vhodne formalizované vlastnosti objektu za účelom ich prenosu, interpretácie alebo spracovania človekom alebo počítačom), *informácie* (človekom prisúdený význam určitým dátam, ktoré rozširujú *znalosti* o sledovanom objekte, t. j. zmysluplná interpretácia dát) a *metadáta* (dáta popisujúce dátové prvky, ich dátové modely a štruktúry, t. j. obsah, reprezentáciu, geografický

a časový rozsah, priestorové referencie, kvalitu, aktuálnosť, komerčné aspekty, autorstvo, spôsob ich použitia a ďalšie vlastnosti, t. j. dáta o dátach).

Všeobecne, to čo sa vkladá do báz sú dáta a výsledky spracovania sú informácie na základe ktorých získavame nové znalosti, ktoré nám umožňujú realizovať rôzne činnosti, napr. v oblasti správy obcí, dopravy, výstavby a pod. Treba si uvedomiť, že informácie sa dajú použiť ako vstupné dáta pre ďalšie analýzy v prostredí GIS a pre získanie ďalších znalostí na báze expertných programových systémov (obr. 4).



Obr. 4 Dáta, informácie, znalosti, činnosti

V prostredí GIS sa pracuje s priestorovými dátami. Priestorové dáta (angl. *spatial data*) sú dáta, ktoré obsahujú formálnu polohovú referenciu, t. j. vzťahujú sa k ľubovoľným miestam v priestore. Ich polohová lokalizácia je určená geometrickým tvarom a polohou (napr. zemepisnými súradnicami) v priestore na určitej rozlišovacej úrovni (v mierke).

Geografické dáta (angl. *geographical data*) sú druh priestorových dát, ktoré sa vzťahujú k zemskému povrchu alebo k jeho priľahlému okoliu, t. j. k určitým miestam na Zemi.

Dáta, ktoré nemajú definovanú lokalizáciu alebo sa nedajú lokalizovať na požadovanej rozlišovacej úrovni (mierke) sú *nepriestorovými dátami*.

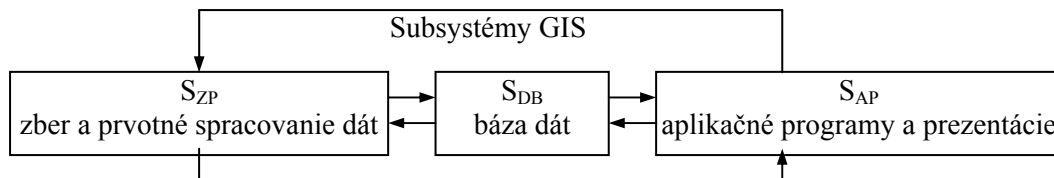
Hranica medzi priestorovými a nepriestorovými dátami nie je jednoznačná a závisí nielen od polohovej referencie, ale aj od jej rozlišovacej úrovne a požiadaviek konkrétnej aplikácie.

Problematika dát a ich báz v GIS je veľmi významná z hľadiska tvorby počítačových modelov geografickej reality a dáva široké možnosti implementácie teoreticko-koncepčných rámcov relevantným odborom vrátane humánnej geografie.

3) Organizácia

Organizačná štruktúra predstavuje ľudský faktor reprezentovaný riadiacimi, obslužnými a používateľskými zložkami. Napr. gestori dát zodpovedajú za kvalitu dát a zabezpečujú ich aktualizáciu, správca systému zabezpečuje technicko-programové funkcie systému a rozhoduje o spôsobe prístupu používateľov k dátam a systému, ktorí potrebujú z neho získať potrebné informácie a znalosti.

Pre ilustráciu uvádzame štruktúru GIS blízku geografickému ponímaniu pojmu krajiny, ktorá zohľadňuje funkcie a účel GIS so zameraním sa na riadenie výskumu a využitia krajiny. Skladá sa z troch základných komponentov/subsystémov (obr. 5): *zberu a prvotného spracovania* (S_{ZP}), *bázy dát* (S_{DB}) a *aplikácií a prezentácií* (S_{AP}).



Obr. 5 Schéma štruktúry GIS pre potreby riadenia a výskumu (upravené podľa Krcho, Mičietová 1989)

- a) *Subsystém zberu a prvotného spracovania* zabezpečuje zber a prvotné spracovanie dát, ich formálnu a logickú kontrolu a výber vhodného koncepčného modelu integrácie (transformácie) dát do komplexnej bázy dát GIS.
- b) *Subsystém bázy dát* zabezpečuje prevod a zjednotenie (integráciu) prvotných dát do digitálneho tvaru a ich uloženie na pamäťové médiá vo forme súborov v súlade s požiadavkami, ktoré má spĺňať komplexná báza dát GIS. V rámci tohto subsystému sa uplatňuje princíp *banky dát*, ktorá pozostáva z báz dát a systému riadenia, pričom je zabezpečená jednota dátovej základne a programovo-technického aparátu pre prácu s dátami. Prvkami databázy sú súbory dát, ktorých logická organizácia zodpovedá vonkajším vlastnostiam predmetu GIS, ako aj požiadavkám aplikačných úloh, ktoré zasa podmieňujú spôsoby výberu dát a prístupu k dátam. Logické súbory dát, ako aj prístupové cesty k nim, fyzicky zabezpečuje systém riadenia bázy dát - špecifický programovo-technický aparát nezávislý od konkrétnych aplikačných úloh.
- c) *Subsystém aplikácií a prezentácií* zabezpečuje odvodenie polohových, ale aj iných informácií (o území) prostredníctvom aplikačných úloh a ich prezentáciu (zobrazenie, vizualizáciu) najčastejšie pomocou kartografických výstupov vo forme máp. Majú formu programových komplexov - automatizovaných systémov a predstavujú programovú realizáciu rôznych typov modelov používaných v geovedných disciplínach na vyjadrenie priestorovej diferenciacie prvkov geografickej sféry alebo procesov prebiehajúcich medzi týmito prvkami.

K základným typom aplikačných úloh geografického informačného systému patria priestorové analýzy prvkov geografickej sféry, modelovanie zložitých priestorových štruktúr, ako aj kartografické modelovanie priestorových vzťahov v krajine.

Všetky úrovne (subsystémy) geografického informačného systému musia byť vzájomne prepojené do jedného celku, ktorého funkčnosť podmieňuje:

- a) vhodné technické vybavenie všetkých úrovní informačného systému,
- b) dôsledná analýza vlastností dát vo vzťahu k objektu a funkciám geografického informačného systému,
- c) špecifikácia integrácie (transformácií) dát medzi jednotlivými úrovňami geografického informačného systému,

d) organizačné zabezpečenie geografického informačného systému.

1.4 Desktop GIS

Účelom geoinformačných programov označovaných akronymom *desktop GIS* je využívanie geografických báz dát. Sú určené pre používateľov geografických dát so základnými znalosťami geoinformatiky. Báza dát sa skladá z dvoch relatívne samostatných množín dát (*lokalizačných priestorových geometrických a atribútových, resp. tematických dát*), ktoré popisujú kvantitatívne a kvalitatívne charakteristiky modelovaných geografických javov priestorovo štruktúrovaných do jednoduchých geometrických vektorových objektov (bod, čiara, areál). Obe dátové množiny sú prepojené pomocou jedinečných *identifikátorov*, ktoré sprostredkujú ich priestorovú geografickú referenciu (angl. *georeferencing*), inými slovami zabezpečujú relačnú väzbu charakteristík modelovaných javov na konkrétne miesto v geografickom priestore. Geometrické a atribútové dáta sú zväčša vytvárané v iných programových systémoch (CAD, CAM, resp. tabuľkových kalkulátoroch typu MS EXCEL alebo databázových programoch – MS ACCESS atď.) a do systémov desktop GIS sa spravidla už len importujú. Používateľ týchto dát by mal mať aspoň minimálne znalosti o objektovo-topologickej štruktúre a kartografických charakteristikách lokalizačných dát, o type použitej súradnicovej sústavy, referenčnom elipsoide, kartografickom zobrazení, rozlišovacej úrovni a pod., ktoré daný desktop GIS používa, pretože sa inak vystavuje nebezpečenstvu, že výsledné produkty nebudú korektné.

Desktop GIS donedávna neumožňovali používateľom buď žiadnu, alebo umožňovali len čiastočnú modifikáciu zdrojovej priestorovej databázy na rozdiel od charakteristík atribútov, ktoré sa dali kompletne meniť (aktualizovať) za predpokladu, že geometria a vzájomná poloha (topológia) geografických prvkov ostali relatívne nemenné. Dôvodom bola skutočnosť, že tieto programy nemali implementované komplexné editačné nástroje a kompletnú paletu kartografických nástrojov na tvorbu a správu (geo/karto)grafických báz dát, ktoré vyžadujú výkonnú počítačovú techniku, a preto boli doménou robustných programových systémov GIS (napr. *ArcGIS* firmy *ESRI*). S rozvojom výpočtovej techniky sa však *desktop GIS*, ako aj robustné *modulárne programy GIS* nivelizujú a sprístupňujú čoraz širšiemu okruhu používateľov.

V spojení so špecializovanými analytickými modulmi, napr. na tvorbu interakčných modelov (Kusendová 2003a), sa programy *desktop GIS* môžu výrazne uplatniť v humánno-geograficky orientovaných riešeniach, ktorým vyhovuje jednoduchá relačná priestorová dátová štruktúra zdrojových dát. Tieto programy, prezentované komerčnými geoinformačnými produktmi *ArcView*, *GeoMedia* alebo *MapInfo*, sú dnes najviac používanými geoinformačnými programami humánnymi geografmi najmä vďaka jednoduchej tvorbe digitálnych mapových

prezentácií spravidla vo forme tradičných kartogramových alebo kartodiagramových schém, resp. máp.

2. MODELOVANIE GEOGRAFICKEJ REALITY POMOCOU GEOINFORMAČNÝCH SYSTÉMOV

Reálny svet tvorí prostredie v ktorom žijeme a ktorý skúmame. Je zložený z *reálnych objektov*, javov, ktoré majú svoje charakteristiky — človekom rozlíšiteľné a identifikované časti opísané vlastnosťami, chovaním a vzťahmi k iným objektom reálneho sveta.

V *geografii* sa pojem *objekt* chápe ako ľubovoľná objektívne existujúca vec (napr. dom, sídlo, železnica, jazero, strom, les a pod.), *jav* ako stav, proces alebo výsledok abstraktného uvažovania (napr. hustota obyvateľstva, nezamestnanosť, migrácia a pod.) a *charakteristika* ako vlastnosť objektu alebo javu vyjadrená kvalitatívne alebo kvantitatívne. Pojem *objekt* tu má geografický význam a možno ho stotožniť s reálnym alebo abstraktný predmetom modelovania.

V *geoinformatike* sa pojem *objekt* chápe obvykle ako akýkoľvek predmet záujmu, teda aj jav a charakteristika. Pre naše potreby bude význam pojmu objekt totožný s týmto chápaním, t. j. ako „*rozlišiteľná a identifikovateľná časť reálneho sveta opísateľná svojimi charakteristikami – vlastnosťami, chovaním a vzťahmi k iným objektom reálneho sveta*“ (Rapant 1999, s. 2, časť 2).

V technicko-programovom prostredí geoinformačných systémov sa vytvára modelový svet, ktorý predstavuje účelovo zjednodušený obraz reálneho sveta. V procese modelovania geografickej reality pomocou geoinformačných systémov sa dôsledne rozlišuje (podľa Streit 1998):

- *reálny svet*, ktorý modelujeme a v ktorom identifikujeme jednotlivé geografické objekty (skrátene *geoobjekty* a angl. *objects*) reality,
- *modelový svet*, ktorý zobrazuje len tie časti reálneho sveta, ktoré sú relevantné z hľadiska riešenej problematiky prostredníctvom geografických prvkov (skrátene *geoprvkov* a angl. *features*¹), ktoré predstavujú modely reálnych objektov (obr. 6).



Obr. 6 Modelovanie geografickej reality

¹ Pre účely tejto práce používame preklad angl. feature v tvare prvok a nie príznak ako uvádza J. Pravda (2002) podľa ISO 19125-2, 19108 a ďalšie, pretože sa doposiaľ nedoslo k jednému termínu, ktorý by vyhovoval v slovenčine všetkým druhom geoinformačných „feature“.

Modelový svet existuje len v prostredí GIS a zobrazuje podstatné časti reálneho sveta a nepodstatné vynecháva. Čo je podstatné a čo nepodstatné závisí od konkrétneho zamerania alebo účelu, ktorý má model riešiť.

Dopyt po informáciách a poznatkoch získavaných pomocou GIS vzrastá, čoho dôkazom je rýchly proces standardizácie geoinformačných pojmov ústiaci do tvorby množstva medzinárodných noriem, ktorých cieľom je sprístupniť tieto informácie rôznym aplikáciám, systémom, technológiám. To si vyžaduje normalizovaný spôsob ich definovania a opisu, normalizovanú metódu ich štruktúrovania a kódovania pre potreby aktualizácie, prenosu a sprístupnenia nezávisle od akéhokoľvek technicko-programového aparátu.

Na ujasnenie problematiky modelovania reality pomocou geoinformačných techník sú ďalej uvedené vybrané relevantné témy a pojmy z vybraných prác (Streit 1998, Tuček 1998, Rapant 1999).

2.1 Úroveň abstrakcie modelovania geografickej reality

Na pochopenie jednotlivých etáp modelovania geografickej reality v prostredí (geo)informačných systémov sú potrebné aspoň základné znalosti z teórie a praxe tvorby báz dát súhrnne označovaných ako dizajn báz dát (Roman 1999).

Úrovně abstrakcie modelovania geografických objektov, javov a procesov (geografickej reality) v prostredí geoinformačných systémoch sa dajú zhrnúť do troch základných etáp:

1. špecifikácia objektu a predmetu modelovania (*konceptia priestorového modelovania*),
2. tvorba abstraktnej používateľsky orientovanej geografickej informačnej štruktúry (*logický model dát a jeho štruktúra*),
3. konkretizácia, resp. zavedenie (implementácia) geografickej informačnej štruktúry do počítačového prostredia (*fyzická štruktúra súborov dát*).

Výsledkom konceptuálneho modelovania je konceptuálna schéma (geografickej) bázy dát obsahujúca popisy obsahu, štruktúry geografických dát a použiteľných pravidiel pre tvorbu a manipuláciu s nimi. Schéma je vyjadrená v terminológii, resp. v jazyku a gramatike zvoleného systému riadenia bázy dát. Konceptia modelu dát by sa mala vytvárať nezávisle od použitých technických a programových prostriedkov v procese štruktúrovania a zavedenia modelu (geografických) dát do počítača.

Na špecifikovaný koncept modelu geografických dát sa viaže aplikačná schéma, t. j. návrh na tvorbu účelového modelu bázy dát v počítačovom prostredí (geo)informačných systémov. V podstate ide o použitie konkrétnej informačnej (technicko-programovej) aplikácie, pomocou ktorej sa dajú vytvoriť a riadiť štandardizované informačné modely báz dát s využitím konkrétneho logického (sieťového, relačného, objektového ap.) dátového modelu. Cieľom

používateľa týchto aplikácií je vytvoriť a používať geografickú informačnú štruktúru na špecifikované ciele. V tejto etape modelovania sa identifikujú a definujú dáta, ktoré špecifikujú geografické objekty, ich vlastnosti (tematické, priestorové, časové, atď.) a vzťahy medzi nimi v kontexte daného cieľa s využitím nástrojov zvoleného dátového modelu a jeho systému riadenia.

Programový systém riadenia bázy dát vytvorí na základe definovaného logického modelu dát (konceptu aplikačnej schémy) fyzickú štruktúru súborov dát, t. j. implementuje konkrétny geografický dátový model reality do počítača a poskytne používateľovi prostriedky na odvodenie geografických informácií.

Existuje viac prístupov popisu koncepcie (schémy) dátového modelu, pričom sa v praxi využíva najmä entitno-atribútovo-relačný (EAR) prístup založený na použití konceptu entít (chápaných ako modelov reálnych objektov), ich atribútov (charakteristík) a relácií (vzťahov) medzi nimi, ktorý sa implementuje v prostredí geoinformačných technológií, a to najmä do relačných a relačno-objektových modelov dát.

Termín *entita*² (angl. *entity*) všeobecne definuje individuálny/jedinečný objekt modelovania. Entity s rovnakými charakteristikami/vlastnosťami (tematickými, priestorovými a i.) vytvárajú *triedu* entít rovnakého typu. Entita je len jednou z realizácií/konkretizácií, t. j. *výskytom/inštanciou* (angl. *instance*) typu entity. Charakteristiky typov entít sa označujú ako *atribúty* (angl. *attribute*). Atribúty prezentujú hodnoty, ktoré sú individuálne pre každú entitu. Každý atribút má svoj *obor/doménu*³ (angl. *domain*) hodnôt, t. j. množinu všetkých možných hodnôt, ktoré môže atribút nadobudnúť. Medzi entitami rôzneho typu sa dajú definovať *relácie* (asociácie/vzťahy), ktoré vytvárajú špecifické relačné typy podľa počtu entít, ktoré vzájomne spájajú (relácia jedna k jednej, jedna k viacerým, atď.). *Entitno-atribútovo-relačný* prístup koncepčného modelovania reality má všeobecný charakter, ktorý sa dá aplikovať na rôzne modely geografického priestoru.

2.2 Geografické objekty, prvky a ich triedy

Objekty a ich modely s podobnými charakteristikami sa dajú grupovať v prostredí GIS do tried, ktoré definujú funkčnosť a štruktúru každej triedy podobných objektov. Každý špecifický individuálny objekt tvorí výskyt danej triedy, pričom *geografický objekt* alebo *geoobjekt* je reálny alebo abstraktný predmet modelovania.

² Entita – trieda informácií definovaná spoločnými vlastnosťami (ENV 12658 in Pravda 2002).

³ Okrem termínov *inšancia* a *doména* sa už rozšírili aj ďalšie slovenské termíny, a to: *výskyt* a *obor* (Pravda 2002).

Geografický prvok alebo *geoprvek* je model lokalizovaného objektu reálneho sveta, ktorý je ďalej nedeliteľný na jednotky svojej triedy a ktorý zahŕňa priestorovú lokalizáciu, resp. je modelom geografického objektu, ktorý sa dá priestorovo referencovať (lokalizovať) na ľubovoľnú časť Zeme.

Geoprvkovou triedou reálnych objektov môžu byť napr. všetky obytné budovy, pričom konkrétna budova predstavuje geoprvek, ktorý sa nedá ďalej členiť na ďalšie budovy, ale dá sa rozdeliť na jednotlivé stavebné komponenty — podlažia, byty a pod. Triedou geoprvkov abstraktných geoobjektov môžu byť napr. vrstevnice, administratívne hranice, náboženská štruktúra populácie.

Výhoda grupovania/agregácie geoprvkov do tried spočíva v tom, že tematicky alebo logicky príbuzné prvky sú opísané veľmi formalizovaným spôsobom ako prvky objektových tried. Geoobjekty, resp. modelové geoprvky s rôznou geometriou môžu mať aspoň čiastočne podobnú tematickú charakteristiku (atribúty), a preto sa môžu spracovávať podobnými technikami a metódami. Všetky komunikácie v analyzovanom geografickom priestore majú napr. aspoň jeden počiatok a jeden koniec; každý cestný úsek má svoju dĺžku, šírku, resp. sklon, pričom existuje niekoľko metód výpočtu týchto parametrov v teréne. V uvedenom príklade by sme mohli geoprvkovú triedu nazvať termínom „cestná komunikácia“. Ak geoprvek „ulica“ patrí do tejto triedy, tak automaticky dedí všetky vlastnosti (atribúty) a metódy tejto triedy. Skutočný geoobjekt (konkrétna ulica) má samozrejme svoje vlastné (osobitné) charakteristiky, ktoré sú včlenené do jeho modelu-geoprvku (názov, atď.) a predstavuje jeden výskyt tejto triedy geoprvkov.

Geografický prvok (ak má byť v geoinformačnom systéme správne reprezentovaný a spracovaný) musí byť charakterizovaný, resp. opísaný z viacerých hľadísk, ako je napr. jeho poloha v geopriestore, geometrické vlastnosti, tematické (atribútové) vlastnosti a funkcie, jeho trvanie v čase, vzťahy k okolitým geoprvkom a pod.

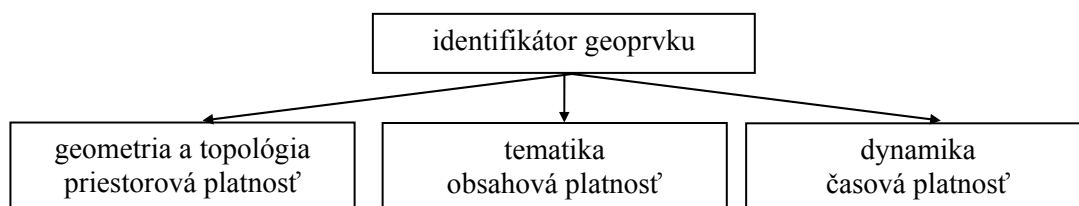
Každý prvok by mal byť definovaný v geografickom priestore minimálne svojou *polohou* (absolútnou a relatívnou), *tematikou* (atribútmi) a *dynamikou*.

- a) *Absolútna poloha* alebo geometria popisuje priestorovú lokalizáciu geoprvku v príslušnom priestorovom systéme a jeho územnú platnosť vyjadrenú geometrickými kompozitnými jednotkami (entitami) akými sú bod, čiara, areál, obrazový element/pixel (angl. picture element) a pod.
- b) *Relatívna poloha* alebo topológia opisuje vzájomné priestorové vzťahy (relácie) s inými geoprvkami (susedstvo, spojitosť, orientáciu, ...).
- c) *Tematika* je daná atribútmi, ktoré opisujú tematické (obsahové, sématicke) charakteristiky geoprvku (typ triedy, podtrieda,...).

d) *Dynamika* vyjadruje časové charakteristiky, ktoré opisujú zmeny geometrie, topológie a atribútov geoprkvu v čase.

Na geoprkvok odkazuje v GIS jedinečný *identifikátor*, ktorý ho identifikuje od ostatných prvkov a zjednocuje jeho charakteristiky v príslušnom dátovom (sieťovom, hierarchickom alebo objektovom) modeli. Takým identifikátorom môže byť napr. názov, adresa, číslo parcely, rodné číslo, názov obce, osobitný unikátny kód alebo iný typ identifikátora v závislosti od zvolenej koncepcie dátového modelovania, resp. programovo-technického aparátu použitého systému GIS.

Základné charakteristiky geoprkvu sú znázornené na obr. 7.



Obr. 7 Základné charakteristiky geoprkvu

Modelovanie demogeografických ukazovateľov na rôznych úrovniach abstrakcie geografického priestoru sa dá realizovať napr. na úrovni sídla, okresu, kraja a pod. Geoobjekty môžu byť vzťahované k rôznym referenčným systémom. Umiestnenie (lokalizácia) geoobjektu na Zemi je najčastejšie prezentované zjednodušeným dvojrozmerným geometrickým modelom (napr. topografickou mapou) s rôznymi súradnicovými systémami (geografickým, kartografickým, ...). Geoinformačné systémy nepracujú s reálnymi objektmi, ale len s ich zjednodušenými modelmi. Modelovanie má všestranné použitie v procese tvorby abstraktnej geometrie, tematiky a dynamiky geoobjektu. V závislosti od účelu modelovania môžu byť rôzne charakteristiky dôležité pre ten istý priestorový objekt. Spôsob modelovania závisí od mnohých faktorov, akými sú účel modelovania, úroveň meracej techniky, použité analytické metódy, pracovné, finančné, personálne nároky a ďalšie.

Geografické dáta a informácie predstavujú špeciálny typ priestorových dát a informácií, ktoré sa vzťahujú k objektom polohovo lokalizovaných alebo pridružených k Zemi.

Geografická informácia (*angl. geographic information*) je definovaná podľa ISO 19101 a ISO 19107 ako “*informácia týkajúca sa javu implicitne alebo explicitne priradeného k polohe na Zemi*“ a podľa ENV 12009 ako “*informácia týkajúca sa javov priamo alebo nepriamo súvisiacich s miestom priradeným k Zemi*“.

Geografické informácie opisujú (charakterizujú) geoobjekty s dôrazom na príslušné aspekty, ktoré sú dôležité z hľadiska ich výskumu príslušnou vednou disciplínou a následnej aplikácie získaných poznatkov v praxi. Geografické informácie ako poznatky (znalosti) o objektoch

reálneho sveta sa stávajú významným prostriedkom poznania geografického priestoru, podnetom pre realizáciu ľudských aktivít a hodnotenie ich dôsledkov v ekologickom systéme Zeme. Na vytvorenie geografickej informácie môžeme použiť informačné technológie. Pomocou počítača sa dajú uložiť, vybrať a vizualizovať potrebné dáta. Počítačové siete poskytujú flexibilitu pri distribúciu týchto dát, t. j. umožňujú dopraviť geografické informácie od zdroja k cieľu. Výpočtová technika a informačné technológie poskytujú nové možnosti na zhromažďovanie, riadenie a prezentácie geografických informácií. Technológie geografických informácií sú použiteľné pri akýchkoľvek rozhodnutiach s priestorovými súvislosťami, ktoré je potrebné prijať; musia sa však prispôbiť konkrétnej situácii.

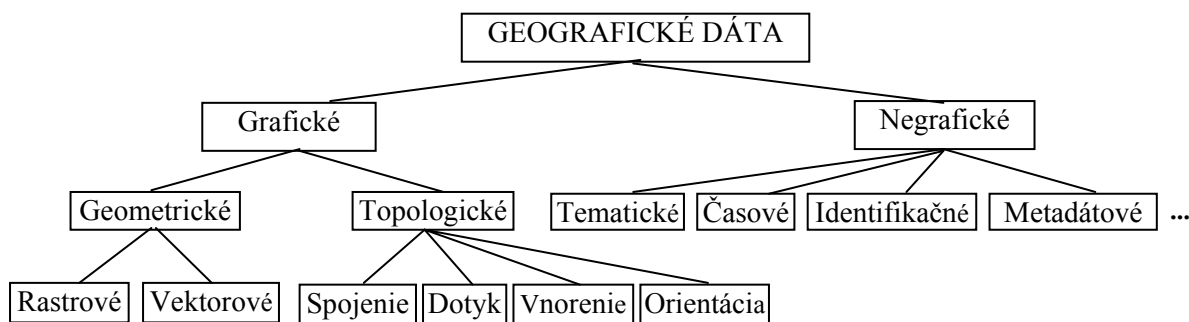
Geografické dáta (angl. *geographic data*) sú podľa ENV 12656 „počítačovo spracovateľná forma informácie týkajúca sa javov, ktoré sú svojou polohou priamo alebo nepriamo priradené k Zemi“ a podľa ISO 19109 „dáta s implicitným alebo explicitným vzťahom k miestu na Zemi“. *Geografické dáta* (geodáta), ako charakteristiky identifikujúce geografickú polohu a vlastnosti prírodných a antropogénnych javov a hraníc medzi nimi, prezentujú abstrakcie objektov reálneho sveta (Neuman 1996). Ide o formálne opisy geografických informácií v tvare (forme) čísiel a znakov vhodných na počítačové spracovanie, t. j. digitálne dáta, ktoré oproti analógovým sa dajú prenášať elektronickými zariadeniami (Mítášová a Hájek 1994).

Geografické dáta opisujú polohu, tvar a relácie medzi geografickými objektami, spravidla zapamätané vo forme súradníc a topológie. Predstavujú dáta potrebné na priestorovo orientovanú poznávaciu a rozhodovaciu činnosť rôznych štátnych, samosprávnych, súkromných, hospodárskych a iných subjektov. Za ich základné vlastnosti sa považuje komplikovaná (hierarchická alebo nehierarchická) tematická, územná a časová štruktúrovanosť. *Geografické dáta sa*, na rozdiel od iných typov dát, *skladajú* minimálne z dvoch základných zložiek:

- a) *priestorovo-identifikačnej* najčastejšie vo forme geografického (územného) identifikátora, ktorý identifikuje priestorovú lokalizáciu, vzťahy a platnosť ukazovateľa, t. j. zabezpečuje väzbu na konkrétne miesto v priestore,
- b) *tematickej (atribútovej)* vyjadrujúcej kvalitatívnu alebo kvantitatívnu charakteristiku (hodnotu) ukazovateľa.

2.3 Charakteristika geografických prvkov

Geoprvky sú opísané geografickými informáciami na báze geografických dát. V kartograficky orientovaných GIS sa tieto dáta obvykle hierarchicky členia podľa schémy na obr. 8 a svojou filozofiou zodpovedajú modelu klasickej mapy.



Obr. 8 Členenie geografických dát v GIS

Na najvyššej úrovni sa členia geografické dáta na grafické a negrafické. Prvé opisujú graficky geometriu a vzájomné priestorové usporiadanie (topológiu) geoprvkov, t. j. tvoria akoby pole mapy. Negrafické dáta, opisujúce vlastnosti zobrazovaných geoobjektov, možno prirovnať k symbolom v legende mapy, ktorá informuje o jej obsahu. Negrafické dáta definujú ďalšie charakteristiky (vlastnosti) geoprvkov — tematické, časové, identifikačné a ďalšie. Tieto dáta môžu dopĺňovať dáta špecifikujúce akosť opisu (metadáta) alebo dáta opisujúce operácie, ktoré možno s príslušným geoprivkom uskutočňovať a iné.

Geometrický popis geoprvkov je založený na dvoch základných geometrických modeloch, a to na priestorovo spojitom *implicitnom* a diskretnom *explicitnom* modeli.

Implicitný (absolútny) model využíva funkčné polia (matematické funkcie) na modelovanie výskytu (polohy) modelovaných reálnych objektov, ktoré majú spojitý/kontinuálny charakter výskytu. V geoinformačných systémoch sa tento model vytvára v tvare rastrových, resp. mozaikových priestorových štruktúr.

Explicitný (relatívny) model využíva objektový prístup modelovania reality, ktorá je modelovaná pomocou jednoznačne identifikovateľných (diskretných) prvkov. V geoinformačných systémoch sa tieto modely realizujú vo forme vektorových priestorových štruktúr.

Rozšírená charakteristika alebo opis geografického prvku dátami sa dá rozdeliť do šiestich základných zložiek (Rapant 1999):

- a) *geometrickej*, ktorá zaznamenáva lokalizáciu geoprivku v priestore, jeho priestorovú platnosť - geometrické charakteristiky a priestorové vzťahy s inými objektmi,
- b) *atribútovej* popisujúcej negeometrické tematické (obsahové) charakteristiky geoprivku,
- c) *časovej*, ktorá referuje o dobe existencie geoprivku pri danom stave geometrie a atribútovej,
- d) *vzťahovej* popisujúcej vzťahy do ktorých geoprivkov vstupuje s inými prvkami,
- e) *funkčnej*, ktorá popisuje operácie, ktoré sa dajú prevádzať s geoprivkom,

- f) *kvalitatívnej*, ktorá tvorí doplňujúcu zložku a vzťahuje sa k celkovej charakteristike geoprvcu pričom referuje o jeho kvalite, akosti.

2.3.1 Geometria geografických prvkov

Geometria geoprvcu zahŕňa všetky výroky (formulácie) urobené na základe *priestorového referenčného systému*, ktoré sa vzťahujú k polohe a k rozmerom modelovaných objektov.

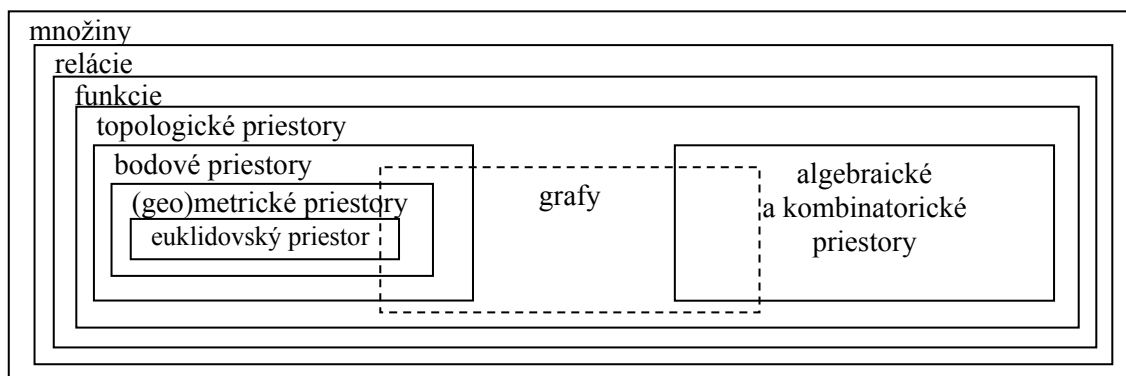
Geometrická zložka popisu geoprvkov sa viaže na:

- definovanie geografického priestoru* — dimenzie priestoru a metriky, v ktorom sa geoprvcok lokalizuje a merajú vzdialenosti,
- stanovenie priestorovej polohy* geoprvcu v definovanom geometrickom priestore,
- definovanie topológie*, t. j. určenia priestorových vzťahov geoprvcu s inými geoprvcami v geografickom priestore,
- definovanie priestorových vlastností* jednotlivých geoprvkov a ich tried.

2.3.2 Priestor, dimenzie, priestorové rozlíšenie a variabilita geografických prvkov

Definovanie priestoru v geoinformačných systémoch je účelové. Pre účely napr. stanovenia výmery pozemku sa používa ako najvhodnejší euklidovský priestor, v ktorom sa metrika pozemku definuje v plošných jednotkách. Na stanovenie časovo najkratšej cesty z jedného mesta do druhého je zasa vhodný topologický priestor, v ktorom graf modeluje tvar a vzdialenosť cestných spojení v dĺžkových, časových alebo v cenových jednotkách.

Ak chceme použiť geografický informačný systém na riešenie uvedených úloh, treba v ňom matematicky formalizovať pojem priestoru. Na obr. 9 je znázornené hierarchické členenie základných matematických priestorov.



Obr. 9 Členenie matematických priestorov (upravené podľa Rapant 1999)

Na základnej úrovni sú definované priestory ako (otvorené alebo uzavreté) množiny objektov bez akejkoľvek vnútornej štruktúry, ktoré do nich patria alebo nepatria. Pod nimi je podmnožina

priestorov, ktoré umožňujú definovanie relácií medzi dvoma a viac množinami. Funkčné priestory umožňujú vzájomnú transformáciu prvkov z jednej množiny do druhej. Topologické priestory, ktoré sa ako prvé približujú ľudskému vnímaniu priestoru, sú tvorené bodovými a algebraicko-kombinatorickými grafmi. V týchto konceptoch priestoru je už definované *okolie*. Ak do priestoru zavedieme *vzdialenosť*, dostávame sa do množiny metrických priestorov a ak zavedieme aj *smer*, tak sa dostávame do euklidovského priestoru, v ktorom sú najčastejšie definované geometrické charakteristiky geoprvkov v prostredí GIS. Všeobecne sa v ňom priestor definuje ako množina prvkov, ktorá má určité črty reálneho fyzikálneho priestoru.

Metrické priestory vzťahnuté k Zemi (t. j. geometrické priestory) opisujú geometriu prvkov pomocou súradnicového systému, ktorý má svoj rozmer — dimenziu.

Ak uvažujeme o referenčnom systéme euklidovského typu, tak musí spĺňať podmienky:

- a) identity, t. j. matematicky: $d(A,B) \geq 0$ a $d(A,B)=0$ len ak $A=B$,
- b) symetrie : $d(A,B) = d(B,A)$,
- c) trojuholníkovej nerovnosti: $d(A,B) \leq d(A,C) + d(C,B)$.

Geografické prvky môžu byť modelované v rôznych dimenziách. *Dimenziu geoprkvu* opisuje množstvo nezávislých smerov v priestore, ktoré sú potrebné na jeho kompletný opis a ktorý je úzko spojený s topologickými a tematickými vlastnosťami geoprkvu. Topologická priestorová referencia typu „*A* je blízko *B* a *C* je blízko *B*“ vo všeobecnosti nepotvrďuje identickosť objektu *A* a *C* v priestore a nedá sa použiť na presné výpočty, ktorých výsledkom je napr. vzdialenosť medzi *A*, *B* alebo *C*.

Vo výskume percepcie priestoru vo forme tvorby a použitia myšlienkových (mentálnych) máp, ako aj v informačnej vede, sa vyvíjajú prístupy na spracovanie takýchto „mäkkých“ dát (znalostné systémy, fuzzy systémy, ...).

Hoci matematická generalizácia uvažuje s *n*-dimenzionálnym priestorom, geoprvky sa modelujú najčastejšie v rovine (t. j. dvojdimenzionálne — 2D), kde súradnice *x* a *y* definujú ich polohu a geometrický tvar. Ak sa súradnica *z* chápe ako atribút (tematická vlastnosť) a nie ako reálna priestorová súradnica, hovoríme o 2,5D modelovaní. Len malá časť geoinformačných systémov dokáže v súčasnosti pracovať s trojdimenzionálnymi (3D) geoprvkami zadanými troma priestorovými súradnicami (*x*, *y*, *z*), resp. so štvordimenzionálnymi (4D), ktoré animujú geoprvky v čase (vývoj v tomto smere je perspektívny).

Z hľadiska *geometrického modelovania* v GIS sa rozlišujú tieto typy geoprvkov:

0-dimenzionálne, t. j. bezrozmerné *body* bez dĺžky, smeru a plochy (napr. výšková kóta, centroid sídla a pod.),

1-dimenzionálne, t. j. *čiar*y charakterizované dĺžkou a smerom, ale žiadnou plochou (napr. cestný úsek, smer migrácie),

2-dimenzionálne, t. j. *areály*, ktoré majú plochu/obsah a dĺžku/priemer (napr. parcela, pôdorys mesta, hon),

3-dimenzionálne, t. j. *telesá* s objemom (napr. vodná nádrž, budova), resp. *mnohosteny* ohraničené rovinami, ale bez obsahu (napr. budova ako konštrukčné teleso),

4-dimenzionálne, t. j. *animácie*, ktoré zaznamenávajú časové zmeny (dynamiku) predchádzajúcich dimenzií (1–3D), kde čas sa chápe ako štvrtá dimenzia (napr. animácia pohybu vozidiel v meste, dynamiky vývoja osídlenia).

V závislosti od stupňa abstrakcie riešeného problému sa dimenzia objektu môže v procese modelovania meniť.

Dimenzionalita sa dá aplikovať analogickým spôsobom aj pri definovaní *topológie geobjektov*, prezentovaných najčastejšie tromi dimenzionálnymi typmi (uzly — *0D*, hrany — *1D*, polygóny — *2D* a telesá/mnohosteny — *3D*) a tiež sa uplatňuje aj tematickom a temporálnom modelovaní, kde množina charakteristík geobjektu prezentuje tematickú alebo časovú dimenziu. V GIS zodpovedá v podstate predstave n-dimenzionálneho variabilnému priestoru v štatistike.

Geoprvky sa dajú modelovať v rôznych mierkach, resp. v rôznom priestorovom rozlíšení, a to: vo veľkej (makromodelovanie), v strednej (mezomodelovanie) a v malej mierke (mikromodelovanie).

Priestorové rozlíšenie vlastností geoprvkov v súčasných GIS je úzko spojené najmä s kartografickou mierkou zobrazenia, pričom nie je jednoznačný vzťah medzi priestorovou a mapovou mierkou. Pojem mierky sa používa aj pri časovom a tematickom rozlíšení geoprvkov. Tab. 1 ukazuje priestorovú, časovú a tematickú mierku geografických prvkov spolu s vybranými dátami a metódami, ktoré sú s nimi spojené na príklade hydrologických analýz a modelov (Tuček 1998).

Tab. 1 Príklady priestorového rozlíšenia geografických prvkov (podľa Tuček 1998, s. 55)

Charakteristika	Priestorové rozlíšenie		
	Mikromierka	Mezomierka	Makromierka
Priestorová dimenzia 0D — 3D	meračský bod, profil, segment	malé a stredné povodie	veľké povodie, kontinenty
Geometria (dĺžka a plocha)	< 100 m < 10 ha	0,1 — 30 km 0,1 — 1000 km ²	> 30 km > 1000 km ²
Mierka mapy	< 1:25 000	1:25 000 — 1:1 mil	> 1:1 mil
Časové rozlíšenie	sekundy až hodiny	dni až mesiace	roky až storočia
Tematické rozlíšenie	čiastkové procesy: pórovitosť, infiltrácia	procesy: transpirácia, koncentrácia tokov	skupiny procesov: zrážky, výpar, prietok
Príklady geodát	zrážkový bod, sklon	plocha zrážok, hrubý	Priemerná plocha zrážok,

	georeliéfu, fyzikálne parametre pôdy	prietok, prispievajúca prietoková plocha	priemerný prietok, výpar
Metódy a modely	detailné priestorové analýzy a fyzikálne modely	priestorové analýzy, deterministické modely	priestorové generalizačné analýzy, empiricko-štatistické modely
Programové prostredie v GIS	numerické moduly	numerické a štatistické moduly	numerické, štatistické a moduly DPZ

V GIS sa používa rôzna absolútna mierka, pričom atribútové hodnoty geoprvkov v jednotlivých triedach môžu variovať podľa ich polohy. Sú v podstate priestorovou premennou indikujúcou priestorový proces napriek tomu, že sa v GIS explicitne neuvažuje o ich zmene v čase.

Analýza a modelovanie priestorových štruktúr a procesov sú základnými otázkami vied o Zemi a ich účelových geoinformačných systémov. Bez ohľadu na tematickú stránku jednotlivých riešených problémov pomocou nástrojov GIS, či už humánno-geografických, regionálnych alebo iných geografických štruktúr a procesov, sú v nich implementované podobné metodologické postupy opisu priestorovej zmeny vlastností modelovaných geobjektov. Ide najmä o opisy pomocou:

- a) *priestorového rozdelenia*, t. j. určenia priestorovej variability procesov, resp. ich korelácie s inými procesmi,
- b) *priestorového priemerovania*, t. j. výpočtu priemerných hodnôt (váh) založeného na bodovo lokalizovaných dátach,
- c) *priestorového rozlíšenia*, t. j. konštrukcie homogénnych regiónov (areálov) s využitím princípu minimálnej priestorovej variácie v regióne a maximálnej variácie medzi dvoma rôznymi regiónmi (typizácia a regionalizácia),
- d) *priestorovej interpolácie a extrapolácie*, t. j. detailného opisu, resp. generalizácie pomocou funkcionálnych polí a povrchov,
- e) *zmeny priestorovej mierky*, t. j. zväčšovania (priestorovej agregácie) a zmenšovania (disagregácia) prostredníctvom generalizácie geometrie, topológie alebo tematického obsahu geoprvkov.

Dynamické priestorové procesy v sebe zahŕňajú nielen priestorové, ale aj časové zmeny a hrajú dôležitú úlohu v geografických a environmentálnych vedách. Pre časové charakteristiky sa používajú podobné metodické postupy uvedené pre priestorové charakteristiky (priestorové priemerovanie, variačné/kovariačné charakteristiky, definovanie časových intervalov, časové interpolácie/projekcie a extrapolácie/prognózy, zmeny časovej škály a pod.).

Realistické modelovanie dynamických priestorových procesov vyžaduje tvorbu a použitie veľmi komplexných analytických metód a modelov. Často sa však používajú veľmi zjednodušené modely skúmaných procesov, napr. analýzy časových radov dát, ktoré boli kvantifikované len v

jednom bode (dôraz sa klade na časové zmeny), analýzy zmien v priestorovom rozmiestnení v rozmedzí dvoch časových okamžikov — období (dôraz na priestorové zmeny).

Dôvodom používania týchto veľmi jednoduchých modelov nie je len otázka ich komplexnosti. Miera zjednodušenia (schemantizácie) súvisí aj s ťažkosťami, ktoré vyvoláva vizualizácia časovej dynamiky 2D a 3D geoprvkov v geoinformačných systémoch. Keďže vizualizácia hrá dôležitú úlohu v procese percepcie, kladie sa v geoinformatike čoraz väčší dôraz na riešenie tohto problému vo väzbe na nové informačno-technologické postupy (modelovanie virtuálnej reality, vývoj počítačovej inteligencie atď.)

Geovedné problémy sú nie vždy chápané a skúmané ako priestorové problémy, pri riešení ktorých sa dajú využiť priestorovo-časové analytické metódy a modelačné techniky, ktoré sa postupne implementujú do technológií GIS a overujú v praxi.

2.3.3 Problematika geografického referencovania a kódovania

Geometria a topológia geoprvku sú špecificky významné v porovnaní s tematickými atribútmi, najmä vtedy, keď sa analyzujú priestorové vzťahy a vlastnosti geoobjektov, ako je napr. nájdenie všetkých sídiel v skúmanej oblasti *A*, ktoré pretína hranica obce *B* a sú vo vzdialenosti *x* metrov od vybraného objektu *C*. Priestorový aspekt tejto otázky je vysoko relevantný na rozdiel od úlohy typu „Nájdí všetky sídla v oblasti *A*, ktoré majú štatút mesta!“, v ktorej hrá lokalizácia v priestore druhoradú úlohu.

Na to, aby sa dali generovať priestorové referencie geoprvkov a mohla sa jednoznačne opísať ich geometria (tvar, poloha atď.) a topológia (susedstvo, spojenie, atď.), zavádzajú sa priestorové referenčné systémy.

Priestorový referenčný systém (PRS) musí spĺňať tri základné podmienky:

- a) PRS musí byť jednoznačne definovaný, t. j. prvky s tou istou priestorovou referenciou musia byť v ňom identické a prvky s inou referenciou musia byť rôzne;
- b) priestorová referencia musí byť kvantifikovateľná s využitím metrickej škály;
- c) musí byť definovaná metrika, ktorá stanovuje vzdialenosť medzi dvoma geoprvkami.

Na určenie polohy geoprvku v priestore sa používa v geoinformatike viacero priestorových referenčných systémov s rôznym priestorovým rozlíšením a presnosťou. Poloha v nich sa dá stanoviť:

1. *priamo* pomocou súradníc *súradnicových systémov* (angl. *georeferencing*) ako je napr. súradnicový systém zemepisných dĺžok a šírok,
2. *nepriamo* pomocou *systémov geografických kódov* (angl. *geocoding*), t. j. identifikáciou akými sú napr. systémy adries, geografických názvov, kódov obcí a iných štatistických systémov.

1. Pri priamom určení polohy geoprkvku v priestore sa využívajú *globálne* súradnicové systémy (pokrývajú celú Zem alebo veľké priestory — areály územných zoskupení napr. štátov NATO, Európskej únie) alebo *lokálne* súradnicové systémy, ktoré predstavujú účelové systémy (správcov inžinierskych sietí, kladu mapových listov mapových diel) bez vzťahu k iným súradnicovým systémom. Podľa spôsobu odvodzovania polohy geoprkvkov sa rozlišujú súradnicové systémy *absolútne* a *relatívne*. Absolútne súradnicové systémy sú definované priamo hodnotami súradníc udávajúcich vzdialenosť pozdĺž súradnicových osí od ich spoločného začiatku (najčastejšie v metroch) a relatívne stanovujú polohu pomocou súradníc udávajúcich vzdialenosť pozdĺž dvoch zadaných smerov od ich spoločného začiatku, ktorý je však lokalizovaný do významného bodu (vstup do banských priestorov, začiatok staničenia toku, cesty alebo iného objektu). Toto určovanie polohy je charakteristické najmä pre lokálne priestorové systémy používajúce diskrétné priestorové systémy.

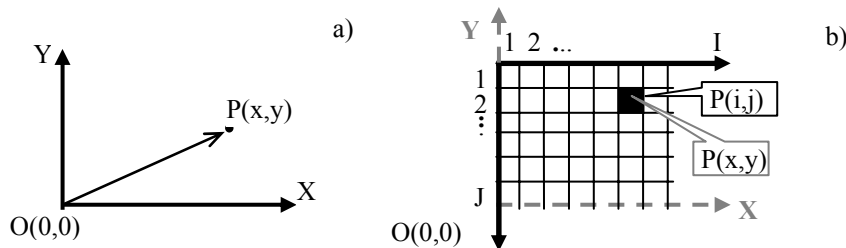
Z hľadiska plynulosti stanovovania polohy rozoznávame súradnicové systémy *kontinuálne* a *diskrétné*, a to s plynulou zmenou hodnôt súradníc bez prerušení a skokov (resp. so skokovými zmenami súradníc), ktoré sa používajú výhradne s pravidelnými geodátovými štruktúrami vo forme rastra alebo mriežky s absolútnym alebo relatívnym odvodzovaním polohy prevažne v lokálnom súradnicovom systéme vzťahujúcemu sa najčastejšie k rovine. Kontinuálne súradnicové systémy tvoria bázu vektorových priestorových modelov. Diskrétné systémy sú bázou rastrových, resp. mriežkových modelov a najčastejšie sú tvorené pravidelnými geometrickými plošnými (raster) alebo čiarovými prvkami (angl. *grid*). V diskrétnych globálnych súradnicových systémoch, ktoré sú v praxi menej používané než kontinuálne, sa relatívne stanovovanie polohy prakticky nepoužíva.

Geografické a karteziánske, resp. kartografické súradnicové systémy sa definujú podľa použitého modelu Zeme (*referenčného telesa* alebo *roviny*), pričom v geografickom súradnicovom systéme je poloha bodu na zemskom povrchu špecifikovaná zemepisnou šírkou a dĺžkou a v karteziánskom súradnicovom systéme usporiadanou trojicou súradníc x , y , z , v ktorom osi x , y ležia v rovine rovníka, os x presekáva nultý poludník a os z sa obvykle stotožňuje s osou rotácie Zeme. Geografické súradnice sa niekedy dopĺňujú nadmorskou výškou. Karteziánsky súradnicový systém s využitím euklidovského metrického priestoru je najviac používaný referenčný systém v aplikáciách GIS, ktoré umožňujú aplikáciu aj iných metrick. Jednou z nich je napr. „*manhattanská*“ *metrika*, odvodená od pravouhlej siete ulíc newyorskej štvrte Manhattan (tzv. metrika mestských blokov — *city block metric*), vhodná na meranie vzdialeností v modelovaných územiach s hustou pravidelnou mestskou zástavbou, ale len za predpokladu, že osi súradnicového systému sú rovnobežné s ulicami.

Dvozmerné súradnicové referenčné systémy sa najčastejšie používajú na opis dvoch základných priestorových modelov geoprívku, a to:

- a) vektorového,
- b) rastrového.

Jednoduché **vektorové** geoprívky sa dajú opísať veľmi presne formou vektorového modelu, ktorý definuje základné geometrické tvary v kontinuálnom súradnicovom systéme. Základným geometrickým prvkom vektorového modelu je bod, ktorý je jednoznačne definovaný usporiadanou dvojicou súradníc v euklidovskom referenčnom systéme. Termín „vektorový model“ je odvodený z geometrickej interpretácie bodu ako koncového bodu smerového vektora, ktorý začína v začiatku súradnicového systému (0,0), resp. z algebraického (matematického) chápania súradnicového páru — dvojice (obr. 10a).



Obr. 10 Vektorový explicitný a rastrový implicitný opis geometrie bodového geoprívku

Obrazový element, resp. pixel (angl. *picture element*) je základným prvkom **rastrového** modelu, kde je poloha každého prvku daná implicitne svojím umiestnením v mriežke, na rozdiel od explicitne definovanej polohy bodu pomocou dvojice súradníc vo vektorovom modeli. Rastrové modely sú plošne orientované, poloha pixla sa definuje diskretne.

Poloha v diskretných lokálnych systémoch je definovaná v pravidelných jednotkových priestorových (polyéder) alebo plošných elementoch (štvorec, trojuholník, šesťuholník) so začiatkom v ľavom hornom rohu vo forme „šachového“ zápisu dvojice indexov (číslo riadku a stĺpca) od zadaného počiatku (obr. 10b). Treba rozlišovať geometriu pravidelnej mriežky a plošného rastra. Kým v mriežke je poloha priesečníkov jednoznačne definovaná skokovo súradnicami X a Y , tak v (plošnom) rastru je poloha pixla definovaná poradím I, J .

Geometriu rastra kompletne definuje:

- *Začiatok a smer osí súradníc* spravidla v karteziánskom súradnicovom systéme, pričom sa stĺpce rastra vytvárajú podľa osi X a riadky podľa osi Y . Orientácia osi X rastra je obyčajne zhodná s orientáciou osi X karteziánskeho súradnicového systému. Os Y rastra, však môže mať aj opačnú orientáciu (rotovanú o 180 stupňov) oproti osi Y karteziánskeho súradnicového systému. Začiatok rastra v takomto prípade leží vľavo hore (obr. 10b).
- *Veľkosť pixla*, t. j. krokovú (diskretnú) vzdialenosť $\delta X, \delta Y$ určujúcu medzi stĺpcami a riadkami veľkosť hrany pixla. Veľkosť krokovej vzdialenosti definuje rozlišovaciu

schopnosť (angl. *resolution*) rastra. Zmenšováním krokovej vzdialenosti dosiahneme zvýšenie rozlišovacej schopnosti.

- *Veľkosť rastra*, t. j. počet riadkov a stĺpcov, pričom veľkostný rozsah je daný rozdielom maximálnych a minimálnych súradníc X_n, Y_n a X_l, Y_l jednotlivých pixlov rastra. V rastroch sú pre tento účel použiteľné hodnoty súradníc ľavých dolných a pravých horných rohov pixlov alebo ich ľavých horných a pravých dolných rohov.

2. *Na nepriame určenie polohy* sa nepoužívajú súradnicové systémy, ale referenčné systémy geografických identifikátorov — kódov v topologickom priestore. V ňom sa definuje absolútna poloha diskretné pomocou kódov, t. j. neuvažuje sa tu so súradnicami, vzdialenosťou, veľkosťou, polohou a pojmy globálny, resp. lokálny, spojitý a relatívny strácajú význam. Z hľadiska geometrickej referencie v dvojrozmernom priestore sa rozlišujú geokódové systémy:

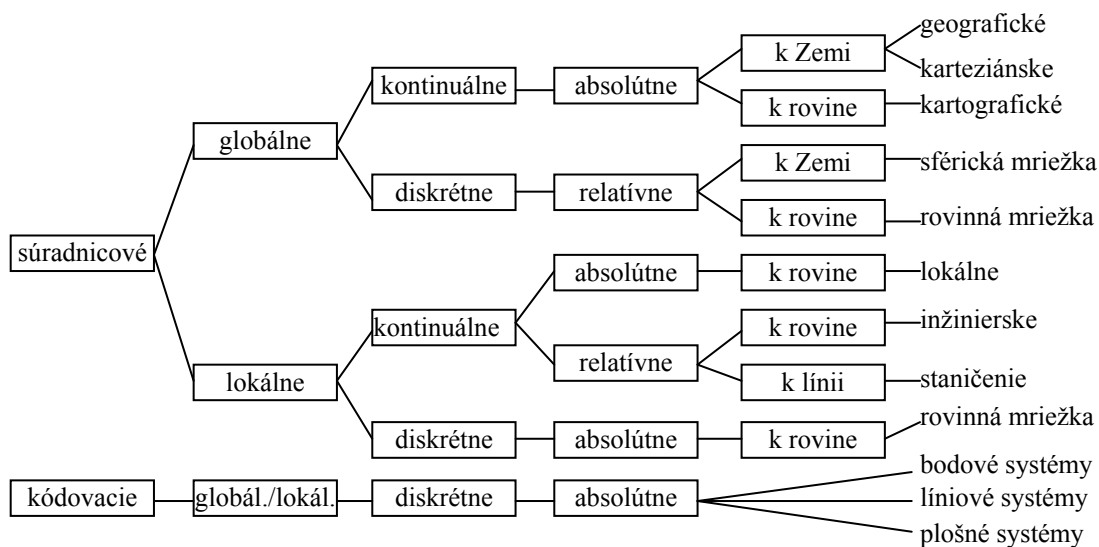
- a) *bodové* (definičné body parciel, centroidy obcí a pod.),
- b) *liniové* (cestné úseky, rozvody plynu, železničné trakcie),
- c) *areálové* (parcely, poštové doručovacie obvody),

ktoré sa z hľadiska priestorového usporiadania ďalej delia na *pravidelné a nepravidelné*.

V praxi sú najviac rozšírené areálové alebo bodové geokódové systémy *územno-správnych (administratívnych) jednotiek* (kraj, okres, obec, urbanistický obvod, kataster), prostredníctvom ktorých sa „georeferencujú“ sociálno-ekonomické, demografické a iné štandardné štatistické dáta. Takýto systém priestorových referenčných jednotiek sa označuje ako *štatistická sieť*.

Priame a nepriame stanovovanie polohy geografických objektov sú dva základné spôsoby, akým sa definuje územná lokalizácia, platnosť a identifikácia priestorových ukazovateľov geoprvkov. V tomto procese treba vymedziť, resp. definovať referenčný priestor, jeho mierku, rozlišovaciu úroveň a štruktúru.

Súhrnný graficky zobrazený prehľad jednotlivých typov priestorových referenčných systémov používaných v GIS je znázornený na obr. 11.



Obr. 11 Priestorové referenčné systémy (upravené podľa Rapant 1999)

Použitelnosť referenčných systémov v praxi súvisí s ich *územným vymedzením, mierkou alebo rozlišovacou úrovňou, štruktúrou a konzistenciou.*

a) Územné vymedzenie

V územno-správnych systémoch, ktoré tvoria referenčnú bázu pre väčšinu humánogeografických aplikácií v prostredí GIS, je každá priestorová jednotka jednoznačne identifikovaná štandardným názvom alebo kódom s formálne vymedzenou polohou (hranicou) a rozlohou obvykle v rámci národného kartografického systému, a to buď v analógovom tvare (v klasickej papierovej mape) alebo v digitálnom tvare (v digitálnej mape). Okrem územno-správnych systémov sa používajú nepriame referenčné systémy založené na:

- 1) *zemepisných sieťach* (pravidelné siete s rôznou dĺžkou strán),
- 2) *referenčných centrálnych bodoch* (centroidoch),
- 3) *poštových smerových číslach*.

V USA a vo Veľkej Británii sa napr. štatistické dáta o obyvateľstve, domoch, nehnuteľnostiach a niektoré ďalšie vzťahujú k poštovým referenčným systémom (*ZIP code system, ...*) a v Kanade k pravidelnej zemepisnej sieti. Poštové smerové čísla (PSČ) u nás nie sú zachytené v grafickej forme vo veľkej mierke na žiadnom verejnosti prístupnom grafickom operáte (mape) pre celé územie Slovenskej republiky, sú evidované len v písomnej forme v tvare kódovníkov (číselníkov) za jednotlivé obce, resp. za uličné úseky väčších obcí a miest. Využívajú nepriame určenie geografickej polohy, ktoré je však z hľadiska určovania polohy niektorých geoprvkov (napr. adries) nejednoznačné a neumožňuje korektné stanoviť geografickú lokalizáciu. Ideálnym riešením ich geografickej „referencie“ je zavedenie systému centroidov s geografickou

lokalizáciu (centroid lokalizovaný do centra poštového obvodu, budovy vo vybranom súradnicovom systéme). V praxi prevláda polohovo menej presné určovanie polohy založené na geometrickej konštrukcii (ťažisko opísaného kruhu osídleného alebo katastrálneho územia, atď.), aká sa dá v geoinformačných programoch vytvoriť veľmi jednoducho.

Existuje množstvo ďalších geografických kódových systémov, ktoré súvisia s ich jednoúčelovým zameraním (systém zdravotníckych, policajných, vojenských, volebných, sčítacích obvodov a pod.).

Otázka správneho vymedzenia referenčných jednotiek, napr. pre dáta so sociálno-ekonomickým zameraním súvisí s ich konvenčným charakterom. Ako príklad možno uviesť problém identifikácie hraníc mesta, resp. mestských aglomerácií pri určovaní počtu alebo hustoty obyvateľstva v dôsledku zmien územného vývoja mesta. V súvislosti s tým možno položiť otázku: „Sú administratívne hranice skutočné hranice mesta?“ Odporúča sa určovať územné jednotky tak, aby bola zabezpečená určitá stabilita v priestore aj čase.

b) *Mierka*

Okrem *priestorového určenia (vymedzenia)* geoštatistických dát je dôležitá *mierka* v akej sú definované priestorové jednotky v GIS. Mala by byť v súlade s *rozlišovacou úrovňou* modelovaných objektov. Rozlíšenie počtu obyvateľov na úrovni zázemia mesta je pre aplikácie v hraniciach mestských obvodov nedostatočné, ale v rámci regionálnej mierky (okres, kraj, ...) vyhovujúce. Z hľadiska mierkového rozlíšenia sa javí mierka 1:10 000 ako najvhodnejšia na realizáciu štatistických analýz v územnom rozsahu Slovenska, najmä z titulu často sa opakujúcich zmien v našom územno-správnom členení. V podstate je u nás väčšina sociálno-ekonomických a demogeografických aplikácií obmedzená územným rozlíšením na úrovni obcí, pretože len cez ne sa dá v súčasnosti jednoznačne napojiť na štátnu informačnú sústavu štatistických ukazovateľov. Navyiac, mierka 1:10 000 bola zvolená za základnú pre jednotnú lokalizáciu dát územne orientovaných štátnych informačných systémov SR, a tým aj geografickú lokalizáciu a identifikáciu relevantných štatistických dát, ktoré sú vytvárané v jednotlivých rezortoch národného hospodárstva.

c) *Štruktúra*

S mierkou úzko súvisí *štruktúra referenčných priestorových jednotiek (RPJ)*, ktorá by mala zabezpečiť ich jednoznačnú *skladobnosť*. Teoreticky to znamená, že každá RPJ by mala byť bezo zvyšku zložená z najbližších hierarchicky nižších RPJ (napr. územie Slovenska na najvyššej úrovni územno-správneho delenia vydeľujú hranice krajov, na nižšej okresy atď.). Podmienka skladobnosti v praxi nie je vždy splnená, v dôsledku čoho vznikajú veľké problémy pri tvorbe a aktualizácii geografickej bázy geoinformačných systémov.

d) *Konzistencia*

Konzistencia referenčných jednotiek znamená, že sú významovo rovnocenné, teda ich obsah je porovnateľný, resp. sú obsahovo ekvivalentné. Pri analýze hustoty obyvateľstva sa kladie dôraz na zachovanie plošnej ekvivalentnosti územných jednotiek, zatiaľ čo pri analýze vekovej štruktúry by mal byť počet obyvateľov približne rovnaký pre každé územie. Je viacero geoštatistických metód, ktoré tieto otázky pomáhajú riešiť (Horák 2002a, 2002b).

Štandardizácia a unifikácia územných štatistických systémov

V oblasti národných mapových služieb, ktoré zabezpečujú tvorbu a aktualizáciu máp (mapových diel) vo forme digitálnych priestorových alebo geografických báz, dochádza k integrácii európskych *geografických informačných štruktúr*, pričom ich účelom je zaistenie pohotovej dostupnosti k adekvátnej, resp. relevantnej informácii pre ľubovoľnú poznávaciu alebo rozhodovaciu činnosť. Postupne sa vytvára spoločná celoeurópska *geografická база dát*, ktorá by mala poskytovať aktuálne a porovnateľné priestorové štatistické jednotky. Riešia sa otázky medzinárodnej štandardizácie a unifikácie územných jednotiek pre štatistické analýzy, ktoré na úrovni štátov Európskej únie (EÚ) vyústili do tvorby *jednotnej klasifikácie územno-štatistických jednotiek* — NUTS (Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques).

Národné územné štatistické jednotky, ktoré vznikli v rámci NUTS, predstavujú medzinárodný štandard súčasných priestorových referenčných jednotiek a tvoria rámec pre jednotnú európsku regionálnu štatistiku, ktorú využíva EÚ pre svoje štatistické monitorovanie a sociálno-ekonomické analýzy na úrovni európskych regiónov a pre potreby prípravy, realizácie a hodnotenia regionálnej politiky (EUROSTAT 1999). Od roku 1988 sa klasifikácia NUTS používa v legislatíve EÚ hlavne na riešenie úloh spojených s dotačnou politikou zo štrukturálnych fondov únie. Vymedzenie jednotlivých úrovní NUTS, ktoré majú *čisto štatistický charakter*, by malo zodpovedať metodickým princípom a štandardom EUROSTAT, ktorými sú:

- 1) rešpektovanie veľkosti územných jednotiek podľa odporúčania EÚ,
- 2) rešpektovanie princípov skladobnosti a vzťahu k administratívno-správnemu deleniu štátu,
- 3) podobnosť jednotiek nižšieho rádu vytvárajúcich jednotku vyššieho rádu,
- 4) uplatňovanie právomocí zastupiteľských zborov a orgánov štátnej správy na danej hierarchickej úrovni.

Z pôvodných troch úrovní NUTS, ktoré však už pre potreby EÚ nepostačovali, sa počet úrovní NUTS rozšíril na šesť až sedem úrovní (NUTS 0 až NUTS 6), ktoré predstavujú jednotlivé veľkostné skupiny vyhovujúce väčšine požiadaviek kladených na takýto typ systému. Ide o skupiny presne identifikovaných a vydelených územných jednotiek v príslušnej mierke (od úrovne štátu až po obce) s hierarchickou štruktúrou zachovávajúcou ich skladobnosť.

Počet obyvateľov a rozloha priestorovej jednotky prislúchajúce danej úrovni NUTS sú dobrými indikátormi správnosti ich vymedzenia na nižších úrovniach. V praxi sa však metodické princípy klasifikácie dôsledne neuplatňujú, pretože sa vychádzalo z už existujúcich (národných) systémov. To viedlo spolu s rozšírením úrovni NUTS v niektorých prípadoch k výraznej diferenciacii vyčlenených územných jednotiek a k ich nekonzistencii. Odporúča sa používať štatistické ukazovatele z rôznych porovnateľných úrovni NUTS, čím sa eliminujú nekorektné výsledky komparatívnych analýz. Dobrým príkladom nejednotnosti úrovni NUTS bolo ich prvotné členenie u nás a v Českej republike pre potreby projektu Seamless Administrative Boundaries of Europe — SABE (1998). Tab. 2 porovnáva jednotlivé úrovne NUTS oboch štátov podľa SABE a ďalšie vybrané charakteristiky.

Tab. 2 Systém NUTS v Slovenskej a Českej republike podľa SABE

Stupeň NUTS	SLOVENSKÁ REPUBLIKA				ČESKÁ REPUBLIKA			
	Priestorový ekvivalent	Počet územných jednotiek	Priemerná plocha (km ²)	Priemerný počet* obyvateľov	Priestorový ekvivalent	Počet územných jednotiek	Priemerná plocha (km ²)	Priemerný počet obyvateľov
0	štát	1	49034	5388	štát	1	78866	10299
1**	územie	1	49034	5388	územie	1	78866	10299
2	región	4	12 258	1351	VÚSC	8	9858	1287
3	VÚC/kraj	8	6129	674	kraj	14	5633	736
4	okres	79	645	71	okres	76	1038	136
5	obec	2878	17.0	1.9	obec	6242	12.6	1.7

* v tis.

** úroveň 0 a 1 sú totožné

VÚC — Vyššie územné celky,

VÚSC — Vyššie územné samosprávne celky

Nesúlad NUTS medzi ČR a SR, ktoré by mali mať podobnú štruktúru vzhľadom na nedávny spoločný vývoj, začína od stupňa 2, kde SR má krajskú úroveň a ČR združené kraje — vyššie územné samosprávne celky, pričom nesúlad pokračuje smerom dolu až po najnižšiu úroveň NUTS. Štatistický úrad SR Opatrením ŠÚ SR č.75 zo dňa 4.3.1998 uverejnenom v Zbierke zákonov pritom vyhlásil akceptovateľnú územnú systemizáciu SR na rozdiel od SABE, a to nasledovne: úrovne NUTS 0 a 1 tvorí jeden štát a územie (Slovenská republika), NUTS 2 tvoria 4 regióny⁴ (v hraniciach bývalých krajov — Bratislavský, Západné Slovensko, Stredné Slovensko, Východné Slovensko), NUTS 3 tvorí súčasne platných 8 krajov Slovenska, NUTS 4 — 79 okresov Slovenska a NUTS 5 — 2 878 obcí Slovenska.

⁴ Vláda SR 20.2. 2002 schválila úpravu kategorizácie územno-štatistických jednotiek na úrovni NUTS 2 (regióny súdržnosti), čím sa odstránil nesúlad medzi vymedzením regiónov NUTS 2, ktoré vzišli z dohody medzi Štatistickým úradom SR a Eurostatom (tzv. alternatíva A: Bratislavský kraj, Západné Slovensko, Stredné Slovensko, Východné Slovensko) a regiónmi podľa uznesenia vlády SR prijatého k Integrovanému plánu regionálneho a sociálneho rozvoja SR, podľa ktorého bol vypracovaný aj Národný plán regionálneho a sociálneho rozvoja SR (tzv. alternatíva B: regióny Slovensko-východ, Slovensko-severozápad, Slovensko-juhozápad, Bratislava).

V dôsledku veľkých rozdielov vo veľkosti teritoriálnych jednotiek v jednotlivých krajinách EÚ bol iniciovaný návrh nariadenia Európskeho parlamentu o zavedení všeobecnej klasifikácie územno-štatistických jednotiek NUTS (*Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council of the European Union On the establishment of a common classification of Territorial Units for Statistics — NUTS-2001/0046 COD*), kde v kapitole III., v bode 2 tohto materiálu určuje rozmedzie počtu obyvateľstva jednotlivých úrovní NUTS, a to pre NUTS 3 v rozmedzí 150 – 800 tisíc, NUTS 2 – do 3 mil. a NUTS 1 do 4 mil. obyvateľov.

System územných štatistických jednotiek v SR

Otázky klasifikácie priestorových štandardov a registrov vhodných pre stanovovanie polohy a územnej platnosti štatistických dát u nás postupne rieši *Štátny informačný systém SR (ŠIS SR)* prostredníctvom koncepcie a realizácie *Národnej priestorovej informačnej štruktúry SR*. Cieľom je vytvoriť štandardnú priestorovú štruktúru priestorových jednotiek (PJ) v prvom rade pre potreby štátu a v druhom pre tvorbu a podporu geoinformačných systémov samosprávy miest a obcí, rôznych technických, ekonomických, hospodárskych štruktúr, pre ďalšie spoločenské, právnické a iné subjekty. Prvým krokom v tejto oblasti bolo najmä schválenie úvodných *dátových štandardov ŠIS SR* Výnosom Štatistického úradu SR č. 372/1998-830 z 13.10.1998, ktorý definuje *dátové prvky identifikujúce a popisujúce územie* (názov štátu, okresu, obce, katastrálneho územia a ulice, číslo popisné, počítačové a orientačné objektu (t. j. domu/nemovitosti), kód katastra, parcelné číslo, čím bol položený dôležitý legislatívny rámec pre vzájomnú štatistickú sieť súvislo pokrývajúcu naše územie. V rámci koncepcie by mali byť definované aj ďalšie priestorové jednotky SR, štandardizácia ktorých je založená na Vyhláske 120/1979 Zb. z. o *priestorovej identifikácii* sociálno-ekonomických, územno-technických a environmentálnych *informácií*.

Priestorová identifikácia v ŠIS sa definuje ako jednoznačné a nezameniteľné priestorové určenie prvkov určitej triedy dátového modelu reality pomocou územných identifikátorov. Štandardné priestorové jednotky sú označené identifikačnými číslami (kódmi), opísané názvom a ďalšími charakteristikami. Priestorové štruktúry a priestorové informačné jednotky ŠIS sú funkčnými priestorovými jednotkami, ktoré sa delia na:

- a) *správne* – tvorené základnými územnými jednotkami (ZUJ),
- b) *technické* – tvorené územno-technickými jednotkami (UTJ),
- c) *sídelné* – tvorené základnými sídelnými jednotkami (ZSJ).

Ide o najstabilnejšie priestorové jednotky v priestore a čase s dostatočnou podrobnosťou a dobrou skladobnosťou do hierarchických nižších, ale aj vyšších jednotiek (sídelná jednotka, katastrálne územie, resp. okres, kraj). Umožňujú preskupovanie dát, ktoré sa k nim viažu, čo je

veľmi dôležitá vlastnosť najmä s ohľadom na časté zmeny v administratívnom a správnom členení SR. Najmä táto skutočnosť spôsobuje značné problémy pri časových štatistických analýzach v prostredí geoinformačných technológií.

2.3.4 Topológia geografických prvkov

Priestorové vzťahy modelovaných prvkov sa opisujú pomocou topologickej geometrie, ktorá pracuje s takými pojmami ako je *susedstvo*, *orientácia*, *dotyk* a ďalšími, ktoré sa viažu na opis vzťahov geometrických prvkov.

V matematike termín *topológia* označuje geometrickú disciplínu, ktorá sa zaoberá okolitým priestorom geometrických prvkov a zobrazovaním topologických priestorov s určitými vlastnosťami (topologickými invariantmi) podľa presných axiomatických formúl bez použitia súradnicových systémov. Študuje vzájomné priestorové vzťahy geometrických prvkov. Topológia charakterizuje priestorové vzťahy medzi geoprvkami, je to *geometria* ich *relatívnej polohy*. Je charakteristickou vlastnosťou minimálne dvoch a viac objektov.

Jednotlivé geoprvky môžu mať priestorový (ale aj iný) vzťah k iným geoprvkom, a to implicitne napr. priesečník dvoch čiar (križovatka ciest), prekrytie dvoch areálov (parcely a domu a pod.) alebo explicitne vo forme priradených vlastností, napr. kategórie cesty (diaľnica), vlastníctva parcely (meno majiteľa) a pod.

V analógových mapách je väčšina priestorových vzťahov daná implicitne a používateľ ich vníma intuitívne. V digitálnych mapách musia byť vyjadrené explicitne, pretože počítač nemá žiadnu intuíciu. Počítačové spracovanie vzájomných vzťahov preto vyžaduje doplňujúce informácie, ktoré popisujú tieto vzťahy alebo inštrukcie, ako možno tieto informácie získať priamo z dát, a to formou informácií o ich topológii.

Topologické vlastnosti geoprvkov charakterizujú ich:

- a) okolie (obkľúčenie ostatnými prvkami, t. j. umiestnenie v /na),
- b) inklúziu (obsažnosť alebo obsahovosť iného prvku, resp. či je zložený z prvkov),
- c) susedstvo (spoločná hranica s inými prvkami),
- d) konjunkciu (prienik, križovanie, dotyk s ostatnými prvkami),
- e) orientáciu (smer z — do).

Geometria a topológia geoobjektov sú navzájom nezávislé. Zmenou geometrie sa nie vždy zmení topológia a naopak. Niektoré priestorové transformácie, ako je napr. rotácia a deformácia, sú topologicky invariantné, t. j. nemenia svoju topológiu.

Príkladom topologickej štruktúry je mapa dopravných ciest (autobusových, vlakových a iných spojov). Lokalizácia zastávok (geometrický aspekt) a spojení medzi dvoma zástavkami (susedstvo — topologický aspekt) je dôležité pre vodičov autobusov, pričom konkrétna trasa

autobusového spoja nie je dôležitá. Ale len dovedty, kým sa nezmení poloha zástavok (zmena geometrie), resp. ich poradie na linke (zmena topológie).

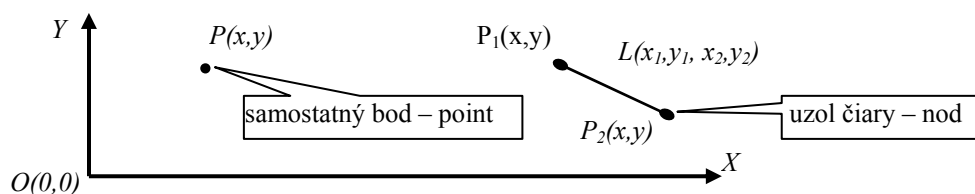
Niektoré priestorové pojmy môžu byť vyjadrené v geometrickom i topologickom zmysle. Vzdialenosť v letovom poriadku môže byť reprezentovaná počtom kilometrov medzi východiskom a cieľom cesty alebo počtom úsekov cesty, na ktoré je trasa rozdelená zastávkami. Topológia využíva teóriu grafov na riešenie geometrických problémov geoprvkov, ktoré sa vďaka použitej symbolike dajú ľahšie vyriešiť. Vyriešenie problému najoptimálnejšieho spojenia miest, alebo ich dostupnosti v danej komunikačnej sieti sa spracuje pomocou algoritmických postupov a výsledok sa prepíše späť do geometrie súradníc.

Topológia vektorových modelov

Vektorové dátové modely vytvárajú obraz (model) geografického objektu pomocou vektorových štruktúr, ktoré sú vyjadrené najčastejšie pomocou geometrie *bodov*, *lineárnych* (priamkových) *čiar* a *polygónov*.

Základným geometrickým elementom vektorového modelu je *bod* (angl. *point*) jednoznačne definovaný vektorom súradníc v súradnicovom priestore. V topologickom význame bod, ktorý je súčasťou ľubovoľnej čiary vytvára *uzol* (angl. *node*). Pomocou nich možno vybudovať a reprezentovať zložitejšie typy geoprvkov, pričom základné priestorové vzťahy medzi týmito prvkami sa formulujú pomocou teórie grafov. Body možno prezentovať aj ako čiary (linie) s nulovou dĺžkou. Pre bodové prvky, ktoré nie sú súčasťou žiadnej línie (resp. sú líniami nulovej dĺžky) nie je nutné riešiť topologické priestorové vzťahy. Udaním polohy bodu definujeme jeho priestorovú nezávislosť od iných bodov.

Na obr. 12 bod P tvorí samostatný bod, jednoznačne určený dvojicou súradníc x a y , body P_1 a P_2 tvoria koncové body, t. j. uzly čiary L .



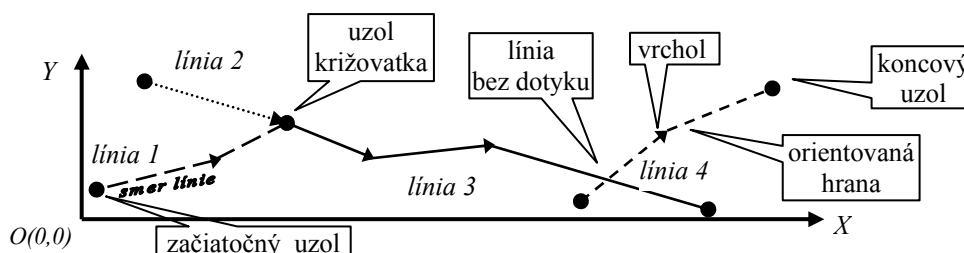
Obr. 12 Topológia bodov

Ak body tvoria stavebné prvky čiar (*line*) v tvare medziľahlých *vrcholov* (*vertex*) hrán a ich začiatočných a konečných bodov/uzlov musíme riešiť príslušnosť týchto prvkov k jednotlivým líniam.

Línie sú definované ako reťazec spojnic (hrán) vrcholov a uzlov, ktoré majú definovaný začiatok (začiatočný uzol) a koniec (koncový uzol), t. j. orientácia hrany (*orientation edge*) ako prvý topologický vzťah. Ak sa líniové prvky spájajú, dotýkajú alebo pretínajú musíme

definovať ďalší vzťah, t. j. ich súvislosť, resp. spojitosť (*contiguity/connectivity*) v týchto miestach, teda v uzloch.

Na obr. 13 sú štyri línie. Línia 4 je tvorená dvoma orientovanými hranami, ktoré sú zložené z troch bodov, a to dvoch uzlov (začiatočného a koncového) a jedného vrcholu (medziľahlého bodu). Línie 1, 2 a 3 sa dotýkajú v križovatkovom uzle, ktorý tvorí zároveň začiatočný uzol línií 3 a koncový uzol línií 1 a 2. Línie 3 a 4 sa nedotýkajú, pretože v zdanlivom bode ich križovania nie je uzol (modelovanie nadjazdovej komunikácie, mostu na ceste a pod.).

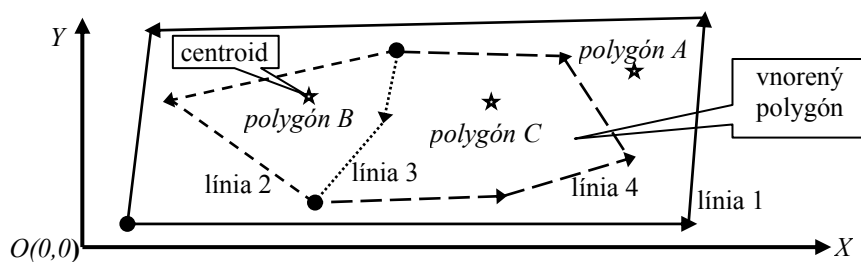


Obr. 13 Topológia čiar

Pre plošné prvky treba určiť tieto druhy topologických vzťahov:

- definovať súvislosť polygónu, resp. spojitosť línií (hrán), ktoré obkolesujú (definujú) príslušnú plochu (areál),
- definovať príslušnosť línie (hrán) k ploche,
- definovať susedstvo plôch (*adjacency*) pomocou orientácie línií (hrán), t. j. určiť plochy napravo a naľavo od línie (hrany),
- definovať obsahovosť, teda vnorené polygóny (ostrovy, diery, enklávy), t. j. jednoznačné identifikovanie plochy pomocou centroidu (*area definition*).

Na obr. 14 sú tri polygóny, kde polygóny B a C sú vnorené do polygónu A, v ktorom vytvárajú diery. Polygón A obkolesuje z vonkajšej strany línia 1 a línie 4 a 2 z vnútornej strany. Polygón B obkolesuje línia 2 a 3 a polygón C línia 3 a 4. Línia 3 tvorí spoločnú hranicu medzi polygónom B a C, línia 4 je spoločnou hranicou polygónu A a C atď. Línia 1 v závislosti od svojej orientácie má po ľavej strane polygón A a po pravej žiadny polygón, línia 2 má po pravej strane polygón A a po ľavej polygón B atď.



Obr. 14 Topológia plôch

Základnými vektorovými topologickými prvkami v jednotlivých dimenziách sú uzol, (0D), hrana (1D) a polygón, resp. stena (2D). Tretí rozmer sa pri definovaní topologických vlastností geografických prvkov používa zriedkavo pre ich veľkú zložitosť.

Treba rozlišovať medzi vlastnosťami objektov, ktoré vyžadujú meranie s použitím súradníc, t. j. týkajú sa ich geometrie (obsah, tvar, obvod, priemer, orientácia, sklon, poloha ťažiska plochy, vzdialenosť bodov a iné) a vlastnosťami, ktoré sú založené na topologickej informácii o geoprvcokoch, akou je napr. spojenie medzi lokalitami alebo susedstvo plôch.

Priestorové vlastnosti geoprvkov sú merateľné vlastnosti v danom priestorovom systéme, ktoré sú súčasťou dátového modelu. Pre množinu geoprvkov sa dajú v prostredí programov GIS merať priemerné, maximálne a minimálne hodnoty dĺžok, plôch, objemov, vzdialenosti medzi prvkami, vzorkami (angl. *pattern*) a ich usporiadanie (nepravidelné, pravidelné, zhukové, ...), počet susedov, dĺžka spoločnej hranice, súvislosť a pod.

2.3.5 Tematika geografických prvkov

Tematika zahŕňa všetky tematické (sémantické) vlastnosti triedy geoprvkov. Tieto negeometrické vlastnosti (charakteristiky) sa často označujú termínom *atribúty* a sú opísané množinou atribútových hodnôt.

Primárny kľúč alebo identifikátor je špeciálny typ atribútu, ktorý sa využíva na jednoznačnú identifikáciu individuálneho geoprvku a často má charakter umelo vytvoreného atribútu (napr. identifikačné číslo organizácie, kód obce).

Hodnoty vlastností majú svoj definičný obor — doménu. Doménou môže byť napr. obor celých čísel, množina názvov obcí atď. V priebehu tvorby dátového modelu by mali byť brané do úvahy všetky relevantné atribúty jednotlivých tried objektov, a to najmä tie, ktoré sú v praxi merateľné. Všeobecne sa rozlišujú štyri základné typy domén, a to: vymenúvacia, pomerová, poradová a intervalová.

Možnosť použitia tematických, ale aj geometrických a topologických dát pre viaceré účely sa považuje za základnú silu geoinformačných systémov, a to napriek tomu, že jednotlivým geoprvcokom môžu niektoré z týchto dát chýbať, resp. nedajú sa zistiť, priradiť, zmerať a pod.

Aby boli nedefinované hodnoty správne spracované v počítačovom prostredí, treba jednoznačne stanoviť postupy ich spracovanie pre prípady, že hodnota neexistuje, je neznáma (resp. nezistená) alebo nebola vložená (chýba).

2.3.6 Dynamika geografických prvkov

Termín *dynamika* charakterizuje časové zmeny geoprvkov. Tieto zmeny sa môžu týkať tak geometrických, topologických a tematických vlastností geobjektu. Dynamické priestorové procesy hrajú dôležitú úlohu vo všetkých geovedných disciplínach, ktoré sú charakteristické rôznym chápaním časového rozlíšenia (časovej mierky).

Čas na rozdiel od priestoru sa interpretuje v súčasných technológiách GIS zväčša ako jednorozmerná kvantita. Koncepcia času v podstate obsahuje prirodzenú sústavu/množinu usporiadaných vzťahov, ktorým možno priradiť časové atribúty „pred“, „po“ a ďalšie.

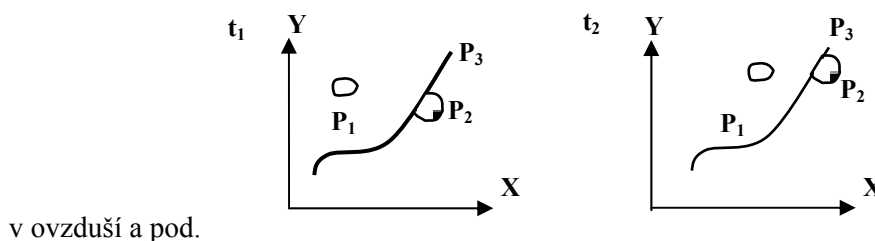
Použitie časovej koncepcie sa aktuálne rieši v rôznych počítačových systémoch (riadenia báz dát a pod.), pričom sa rozlišujú tri časové dimenzie, ktoré sú navzájom nezávislé:

- reálny čas*, t. j. čas, v ktorom sa udalosť skutočne realizuje v realite,
- transakčný čas*, kedy sa udalosť vo forme informácie/dát uloží, zmení alebo vymaže z bázy dát,
- používateľský čas*, kedy sa udalosť použije ako informácia/dáta v systéme bázy dát.

Vzťah priestoru a času v geografickom priestore:

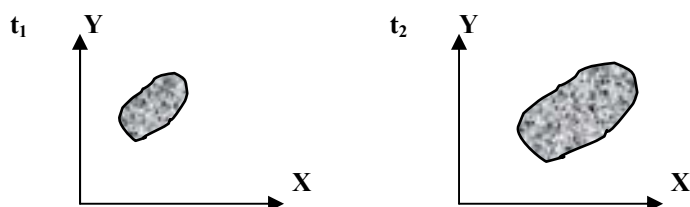
Priestor a čas, resp. priestorová a časová doména sú tesne spojené vo všetkých priestorovo-časových procesoch. Tri nasledujúce príklady (upravené podľa Streit 1998) ilustrujú tento vzťah.

a) *priestorová zmena*, t. j. priestorový presun geoprvku (P_1, P_2, \dots) je taká zmena medzi začiatkom (t_1) a koncom (t_2) časového intervalu, kedy sa zmení poloha prvku a spolu s tým potencionálne aj topologické vzťahy s inými geoprvkami, pričom je nevyhnutná aj zmena atribútov (obr. 15a). Ide napr. o modelovanie presunu parkovísk v meste, prenosu polutantov



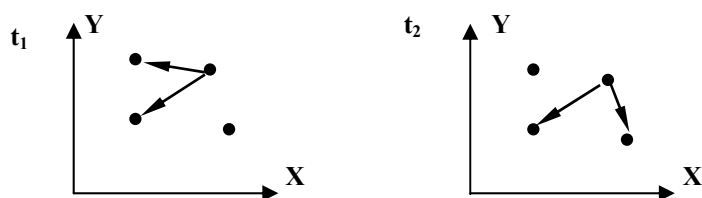
Obr. 15a Priestorová zmena — presun

b) *priestorová expanzia*, t. j. rozšírenie geoprvku je zmena jeho geometrie a často aj atribútov, pričom sa môžu zachovať jeho topologické vzťahy s inými geoobjektmi (obr. 15b), napr. rozšírenie lesného porastu, rozširovanie komunikačných sietí a pod.



Obr. 15b Priestorová expanzia — rozšírenie

c) *priestorové vzťahy* geoobjektov podliehajú časovým zmenám, pričom dochádza k zmene ich topológie a pravdepodobne sa menia aj atribúty, ale geometria ostáva konštantná (obr. 15c).



Obr. 15c Časové zmeny - dynamika geoprvkov

Príkladom priestorovej zmeny je uzavretie, resp. opätovné otvorenie základných škôl v mestskej štvrti v závislosti od populačného vývoja (t. j. od počtu školopovinných detí v danom školskom roku), zmena v dodávke tovaru zo skladu do obchodov.

Modelovanie dynamiky geoprvkov a vývoj vhodných funkcií na analýzu a vizualizáciu dynamických priestorových procesov je dnes dôležitým predmetom geoinformačného výskumu. V súčasnosti má prakticky väčšina programov GIS statický charakter, pretože nie sú k dispozícii adekvátne nástroje, ktoré by brali do úvahy dynamiku geoprvkov pri tvorbe a použití dátových modelov.

2.3.7 Vzťahy a funkcie geografických prvkov

Jednotlivé geoprvky môžu vstupovať do vzájomných vzťahov s inými geoprvkami. Niektoré z nich sa dajú odvodiť z dát, napr. priesečník dvoch línií, ktoré predstavujú cesty a pod. Iné vzťahy treba zadať explicitne vo forme atribútov (vlastnícke vzťahy k pozemku). Prehľad možných vzťahov, ktoré sa týkajú priestorovej zložky opisu geoprvku uvádza tab. 3.

Tab. 3 Príklad priestorových vzťahov geoprvkov (upravené podľa Rapant 1999)

VZŤAH	PRÍKLAD
náleží/prislúcha/patrí	letisko náleží mestu, rieka prislúcha povodiu, biotop patrí do oblasti
je zložený z /obsahuje	kraj je zložený z okresov
umiestnený/nachádza sa v/na	dom sa nachádza na pozemku
hranica	štáty majú spoločnú hranicu

Počítačové spracovania vzájomných vzťahov geoprvkov vyžaduje doplňujúce informácie, ktoré opisujú tieto vzťahy alebo inštrukcie, ako môžu byť tieto informácie získané priamo z dát.

Funkčná zložka geoprvkov opisuje operácie, ktoré sa dajú s nimi robiť. Ako príklad možno uviesť operácie, ktoré možno priradiť geoprvku *parcela*: vznik parcely, zánik parcely, rozdelenie parcely, zlúčenie s inou parcelou a pod. Ide zvyčajne o zmenu stavu jednej alebo viacerých charakteristík geoprvku.

2.3.8 Kvalita geografických prvkov

Kvalita opisu geoprvku nadobúda čoraz väčší význam najmä v spojení s aplikáciami, ktorých praktická hodnota a použiteľnosť závisí najmä od polohovej presnosti dát, aktuálnosti a obsahovej správnosti atribútov.

K najvýznamnejším parametrom kvality charakteristík geografických prvkov patria:

- a) polohová presnosť grafickej zložky opisu geoprvkov (horizontálna a vertikálna),
- b) rozlišovacia úroveň (mierka, územná platnosť, miera generalizácie),
- c) územný rozsah záujmového územia (rozsah geografického pokrytia),
- d) spôsob prezentácie (diskrétny, kontinuálny a ďalšie),
- e) presnosť a vernosť tematickej zložky opisu,
- f) presnosť časovej zložky opisu (aktuálnosť geometrickej, tematickej a identifikačnej zložky a interval ich aktualizácie),
- g) logická konzistencia medzi geometrickou a tematickou zložkou opisu geoprvku,
- h) relevantnosť opisu vo vzťahu k operáciám, resp. účelu pre ktorý sa geoprvek vytvára.

Tieto parametre sa definujú na úrovni jednotlivých geoprvkov, alebo skôr na úrovni geoprvkov rovnakej triedy (napr. pre všetky výškové body, parcely, lesné porasty a pod.).

Kvalitatívna stránka charakteristík sa stáva významnou zložkou všetkých báz dát a spolu s ďalšími dátami (o autorstve, spôsoboch distribúcie — dostupnosti dát, cene, dátume vytvorenia) vytvárajú *metadáta*. Termín metadátová báza označuje bázy druhého rádu, t. j. také, ktoré obsahujú informácie o dátach.

Všeobecne by mali byť v geografickej báze dát minimálne tieto informácie o jednotlivých dátových položkách:

- a) *názov dátovej položky*: špecifická položka dátového zdroja (napr. teplota, miera nezamestnanosti a pod.),
- b) *opis položky*: detailná definícia položky,
- c) *merná jednotka*: jednotka použitá na opis položky,
- d) *územná platnosť* a *geografická lokalizácia*: geometrická forma priestorovej platnosti, priama alebo nepriama referencia.

Úloha *metadát* vzrastá najmä v spojitosti s vývojom *metadátových služieb* (napr. vyhľadávanie vhodne štruktúrovaných opisov geografických dát na sieti Internet, vyhľadávanie demografických dát) vzťahujúce sa ku konkrétnemu územiu v požadovanej mierke a s príslušnou časovou platnosťou. Metainformačné systémy a ich katalógy tak tvoria bázu pre tvorbu, správu a distribúciu geografických dát a informácií pomocou najnovšej komunikačnej a informačnej techniky.

2.4 Vývoj geografických informačných systémov

Náčrt perspektív vývoja geoinformačných systémov treba odvíjať od ich historické a aktuálneho vývoja a širokého spektra spôsobov použitia. Geoinformačné systémy sú produktom viacerých odborov. Geografi ich používajú ako analytický a prezentačný nástroj svojho výskumu a aplikácií. Urbanisti a projektanti ich využívajú podobne ako geodeti, pre ktorých sa stali efektívnym nástrojom na tvorbu a správu digitálneho viacúčelového katastra slúžiaceho mnohým používateľom — počínajúc majiteľom pozemku a končiac správou miest a obcí.

Úlohy závislé od priestorových informácií, a teda aj typické aplikácie GIS, sa dajú rozdeliť do troch hlavných oblastí ktorými sú: *evidencia*, *plánovanie* a *správa*. Každá z nich má vlastný vývoj počítačového spracovania priestorových dát.

Prvý počítačový GIS — Canadian Geographical Information System (Frank et al. 2000) vznikol v roku 1965 na základe požiadavky kanadske ministerstva baníctva a nerastných zdrojov, kde zodpovední pochopili, že mapy potrebné na sledovanie obrovských prírodných zdrojov Kanady je treba vytvárať pomocou počítačového systému. Taktiež správcovia inžinierskych sietí a miest pochopili, že počítače sú užitočné na vytváranie podrobných máp a začali dávať ich do vzťahu k zodpovedajúcej správnej informácii. Ďalšími subjektami, ktoré začali s vývojom GIS bola armáda, správcovia lesného a vodného hospodárstva, územno-plánovacie a ďalšie inštitúcie.

V počiatočnom období (začiatok 60. — koniec 70. rokov 20. storočia) výskumné skupiny v USA, Kanade, Spojenom kráľovstve, Nemecku a Švajčiarsku experimentovali s počítačovými grafickými systémami a aplikovali ich v kartografii. Polohovacie zariadenie — digitizér bol vynájdený ako prostriedok na konverziu existujúcich máp do digitálneho tvaru a postupne sa

začalo s použitím tlačiarní na tvorbu prvých graficky ešte nedokonalých počítačových tematických máp. Výskum na UC Berkeley a ETH Zurich koncom 70. rokov ukázal, že tvorba geoinformačných systémov je úzko spojená s dizajnom dátových báz. Hľadali sa metódy optimalizácie priestorových/geografických dát s postupným prechodom od monoúčelových k multiúčelovým spôsobom ich štruktúrovania a prístupu k nim.

Na konci 70. rokov sa objavilo viacero programových systémov automatizujúcich procesy tvory máp, resp. mapovania — prvé prototypy programov GIS. V tomto období sa etablovali aj dvaja najväčší celosvetoví producenti komerčných geoinformačných systémov — firmy Intergraph (www.intergraph.com) a ESRI (www.esri.com), pričom Intergraph sa zameral na inžiniersko-technické aplikácie (správa inžinierskych sietí, podnikov) a ESRI na urbanisticko-plánovacie a environmentálne aplikácie. Ich komerčne dostupné softvérové „balíky“ boli základom pre mnohé pokusy využitia geoinformatiky v praxi, stali sa spolu s inými komerčnými programami GIS oknom do sveta geografických dát, začali sa organizovať prvé špecializované konferencie. Začiatkom 80. rokov sa technológia GIS používala skôr experimentálne, pretože len málo subjektov malo takú úroveň poznania, aby využívali technológiu GIS každodenne a so ziskom. Správcovia inžinierskych sietí patrili k prvým, ktorí pochopili účelnosť a rentabilnosť GIS v procese správy zverených objektov a súvisiacich činností. Od konca 80-tych rokov produkcia GIS rástla v mnohých krajinách ročne o 10 % až 20 %. Vo väčšine prípadov bol rast limitovaný najmä nedostatkom špecialistov. V dôsledku toho sa geoinformačná edukácia stala dôležitou časťou priemyslu GIS a neskôr sa zaradila do všeobecného prúdu infromatického vzdelávania obyvateľstva.

V 90. rokoch sa geoinformačné systémy stali zrelou informačnou technológiou. Špecializované spoločnosti začali s predajom a zavádzaním alternatívnych geoinformačných systémov, ktoré boli postavené na viacúčelovom komerčnom geoinformačnom programovom systéme (akými sú napr. modulárne programy firiem ESRI, Intergraph, Siemens, Unisys a Smallworld) alebo na ich nezávislom softvéri. Vznikol nový informačný trh — trh s GIS. Špecializované geoinformačné trhy sú dnes aplikačne jednoúčelové (správa katastra, logistika apod.), alebo ide o národné trhy so špecifickými požiadavkami na lokálnu podporu jazyka, administratívne úkony a potreby školení.

Hrubú charakteristiku rôznych období vývoja geoinformačných systémov a technológií a ich jednotlivých oblastí, smerov a edukácie ukazuje tab. 4a a 4b.

Tab 4a Chronológia vývoja geoinformačných systémov (upravené Frank et al. 2000, s. 16)

Roky	1960—69	1970—79	1980—89	1990—99	Od 2000
Oblasť vývoja	Hardvér	Softvér	Dáta	Aplikácie Edukácia	Otvorené systémy Počítačové siete

Tab. 4b Základné smery geoinformačných technológií (upravené Thurston 2001, s. 14)

klúčové zamerania	technológia	dátové bázy	mapovanie	analýzy	zobrazovanie	komunikácia
úlohy	aplikácia	spracovanie dát	analýzy	modelovanie	vizualizácie	siete
vzdelávanie	DPZ fotogrametria lasery kódovanie dát prístrojová technika elektronika odhady/oceňovanie bezdrôtová technika použitie rádio/tele rozpočtovníctvo GPS	digitalizácia skenovanie metadáta kartografia bázy dát geografia použitie rádio/tele rozpočtovníctvo prenos dát		2D, 3D, 4D priestorové analýzy časové analýzy spájanie modelov programovanie analýza obrazu štatistika kartografia	animácia štruktúrovanie komunikácia prezentácia sieťové operácie prieskum experimentovane kartografia percepcia	

V ostatných rokoch sa softvér GIS postupne rozšíril z jednocelových systémov na systémy, ktoré spĺňajú rôzne požiadavky používateľov. Stal sa univerzálnejším, pričom jeho vývoj smeroval k integrácii čoraz väčšieho počtu funkcií z iných aplikačných oblastí. Začiatkom 90. rokov dosiahol svoj zenit vývoj monolitických programových GIS, vyrábaných jednou spoločnosťou. Multiúčelovosť geoinformačných systémov viedla k tvorbe monolitických univerzálnych programových systémov, ktoré na jednej strane spĺňali široko spektrálne požiadavky svojich používateľov, ale na druhej strane to viedlo k čoraz komplikovanejším formám ich zavádzania a riadenia v praxi.

Pridaná funkcionálnosť má svoju cenu — viacúčelový geoinformačný systém má dostatok funkcií, ale vyžaduje zvýšený podiel organizačnej a programátorskej práce, napr. pre zvládnutie a vytvorenie účelového používateľského rozhrania prostredníctvom ktorého komunikuje s iným geoinformačným alebo iným informačným systémom. Toto prispôsobovanie používateľovi sa stalo dokonca obchodnou činnosťou. Postupne sa však začalo prechádzať na tvorbu otvorených programových platforiem umožňujúce dátovú a funkčnú zdieľateľnosť, prepojitelnosť (interoperabilitu) geoinformačných technológií.

Súčasný trend vývoja programov GIS je zameraný na vývoj a predaj komponentov v prostredí „otvoreného geografického informačného systému“, v ktorom sa neponúka už kompletný programový súbor GIS, ale iba niektoré špecializované komponenty. Vývojové tímy, ktoré ich vytvárajú kooperujú s predajcami, ktorí predávajú široké programové platformy GIS. Väčšina z nich má obmedzenú množinu funkcií, ktoré sú však veľmi dobre prepracované, pričom organizáciu dát a vizualizáciu operácií a výsledkov ponechávajú prostrediu komplexných GIS.

Vývoj smeruje ku geoinformačným systémom, ktoré sa integrujú s inými prostriedkami na spracovanie dát, kde geoinformačné systémy tvoria len jeden subsystém (komponent), ktorý spracúva a exportuje geografické informácie do iných subsystémov alebo procesov, resp.

komunikujú cez otvorené počítačové rozhrania s inými systémami, akými sú napr. expertné alebo znalostné systémy. V spojení s nimi sa geoinformačné systémy stávajú potenciálnym nástrojom na podporu priestorového rozhodovania (Tuček a Sitko 2000).

2.5 Geoinformačné modelovanie vo vzťahu ku geografii

Geografické informačné systémy sa identifikujú v geografii ako intenzívne sa vyvíjajúci bádateľský prúd na rozhraní geografie a kartografie so silným napojením na výpočtovú techniku. Ide najmä o procesy spojené s tvorbou máp pomocou geoinformačných technológií, t. j. s metódami a prostriedkami tvorby a využitia nových, a to najmä digitálnych foriem kartografických modelov, ktoré vo funkcii modelov geografickej sféry tvoria osobitný subsystém geografických informačných systémov, v súčasnosti označovaný aj ako geoinformačné modelovanie alebo geoinformačné mapovanie (Berlant 1999).

Nové úlohy, stojace pred geografiou a kartografiou, a to najmä teoretickou a počítačovou v súvislosti so zavádzaním geografických informačných systémov a ich technológií, nastolili potrebu riešenia teoreticko-metodologických otázok a nových prístupov kartografického, resp. geoinformačného modelovania geografickej reality (Kusendová 1996a). Osobitný význam má výskum zameraný na tie aspekty tvorby a vlastnosti modelov, ktoré sa vytvárajú pre potreby geografického výskumu a praxe a sú netradičné svojím obsahom (funkcionálne anamorfózy a topológie), formou (digitálne) a prostredím tvorby (geoinformačné technológie). Ide o modely, ktoré znázorňujú obsahové charakteristiky zobrazovaných geografických objektov v dvoj- a viacrozmernej digitálnej forme.

Osobitná pozornosť bola venovaná v začiatkových fázach vývoja GIS najmä topologickým modelom a normalizovaným modelom. Prvým z toho dôvodu, že vektorové štruktúry topologických objektov tvoria matematický základ nielen väčšiny tradičných máp, ktoré zachovávajú metriku zobrazovaného reálneho topografického priestoru, ale tvoria bázu digitálnych priestorových dátových štruktúr geoinformačných technológií. Normalizované kartografické modely, t. j. mriežkové (gridové) alebo rastrové, sú zasa produktom sieťovej normalizácie alebo rastrovej diskretizácie a tvoria protipól, resp. doplnok vektorovým topologickým modelom. Vektorové a normalizované dátové štruktúry tvoria dve základné formy nielen digitálnych kartografických modelov, ale aj súčasných priestorových dátových štruktúr používaných v geoinformačných technológiách.

Prínosné môžu byť najmä spôsoby zobrazovania geografických javov a objektov v tvare funkcionálnych (topologických, anamorfózných) modelov v prostredí technológií geoinformačných systémov, ústiace do automatizovanej tvorby a analýzy štatistických polí, resp. pseudopovrchov na báze diskretných sociálno-ekonomických geografických dát, ktoré sa

využívajú pri analýze priestorových usporiadaní a vzťahov s humánogeografickým zameraním. Tradičné formy prezentácie týchto modelov, široko využívaných aj v geológii, environmentalistike a fyzickej geografii, v tvare dvojdimenzionálnych izočiarových a izogradačných tematických máp sú nahradzované novými troj- (stereomodely, hologramy) a štvordimenzionálnymi geobrazmi (dynamické časopriestorové animácie) v počítačovom prostredí geoinformačných systémov.

Geoinformačné modelovanie v oblasti geografického výskumu realizuje tvorbu tematických kartografických modelov s čoraz intenzívnejším využitím progresívnych vedeckých metód informatiky, matematiky, štatistiky, počítačovej kartografie a grafiky, diaľkového prieskumu Zeme, ako aj nových bádateľských geografických smerov, z ktorých mnohé vychádzajú a majú uplatnenie aj v humánnej geografii.

3. HISTORICKÉ ASPEKTY VZŤAHU HUMÁNNEJ GEOGRAFIE AGEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV

Ak sledujeme problematiku geoinformačných systémov na pozadí vývoja geografie zistíme, že ich vznik úzko súvisí s rozvojom teoreticky orientovanej geografie založenej na hľadaní a formulovaní priestorových zákonitostí a priestorovej organizácie. Procesy kvantifikácie, matematizácie a priestorová paradigma v polovici 20. storočia prelamujú metodologický izolacionizmus geografie (Paulov 1998). Následný rozvoj systémových teórií a rozpracovanie špecifických matematicko-štatistických postupov pomocou počítačov výrazne prispeli k rozvoju geografických informačných systémov, ktoré sa dnes aplikujú vo vedných odboroch pracujúcich s priestorovými informáciami.

Rozvoj metód a techník geoinformačných technológií nastoľuje otázky, ktoré sa týkajú možností a spôsobov ich využitia v kontexte sociálno-ekonomického výskumu a praxe. Vzťahu humánnej geografie ku geoinformačným systémom z pohľadu ich využitia v humánogeografickom výskume sme sa obsiahlo venovali v práci (Kusendová 2000a), v ktorej sú stručne uvedené najdôležitejšie aktualizované a doplnené tézy.

Na začiatku vzťahu humánnej geografie a geoinformačných systémov figurovali tieto najvýraznejšie prvky (Robinson 1998):

- a) systémové prístupy k modelovaniu geografickej reality,
- b) rozvoj výpočtovej techniky a jej využitie v geografickom výskume a praxi,
- c) kvantifikácia a matematizácia procesov priestorového modelovania a priestorových analýz.

Vzťah *počítače a humánna geografia* získal na dôraze v druhej polovici 60. rokov, keď sa výpočtová technika stáva prostriedkom tvorby a analýz veľkomierkových báz dát, ktoré vznikali

v súvislosti s počítačovým spracovávaním cenzov a ďalších geografických dát. Počítače významnou mierou pomohli rýchlemu procesu adaptácie štatistických a matematických techník v kontexte kvantitatívnej revolúcie v geografii najmä v západoeurópskej a americkej humánnej geografii. Zjednodušil sa prístup geografov k štatistickým (komplexným) analýzám dát prostredníctvom štandardných (zväčša komerčných) štatistických programov. Ďalší rozvoj výpočtovej techniky, osobitne nástup osobných počítačov a rast disponibility vhodných geografických dát v 80. rokoch (u nás v 90. rokoch) vytvorili vhodné podmienky na tvorbu nových typov priestorových modelov a dátových štruktúr, ktoré nahradili jednoduchú prezentáciu geografického priestoru najčastejšie v tvare (štatistických) tabuliek, v ktorých každý riadok bol spojený s jednou priestorovou jednotkou (štatistický obvod, región, bod) a atribúty prezentovali stĺpce tabuľky.

Potreba systémového a integrovaného využitia výpočtovej techniky, matematicko-štatistických a kartografických metód a nástrojov pri spracovaní a analýze geografických dát viedla k vzniku geografických informačných systémov a geoinformačných technológií. Pomocou nich sa výrazne rozšírili možnosti tvorby a aplikácie priestorových modelov, začali sa efektívnejšie využívať už existujúce dáta a podnietil sa zber ďalších pomocou nových technológií (diaľkový prieskum Zeme, globálne polohové systémy, digitalizačné zariadenia, atď.). Začali sa budovať súbory a systémy polohových informácií o krajine, o území.

Pojem *geografický informačný systém* a neskôr *geoinformatika* začali figurovať v procesoch systémového zberu, spracovania, analýzy a prezentácie geografických dát, t. j. dát lokalizovateľných v geografickom priestore s cieľom získať príslušnú geografickú informáciu. V hospodársky vyspelých štátoch sa vytvárajú prvé funkčné systémy a aplikácie v strategických oblastiach (vojsko, štátna správa, mapovanie a inventarizácia územia a prírodných zdrojov, monitoring životného prostredia a pod.). Po nich nastupuje v 80. a 90. rokoch 20. storočia etapa širokej tvorby správno-evidenčných, procesných ako aj modelačných geoinformačných systémov najskôr na globálnej a regionálnej (národnej, štátnej) úrovni a s rozvojom počítačových sietí, satelitnej a navigačnej techniky aj v lokálnej mierke. Následné procesy štandardizácie a interoperability geografickej informácie zvýraznili potrebu celospoločenského použitia geoinformačných technológií, ich technických a programových prostriedkov, ktoré sa začali sprístupňovať čoraz širšiemu okruhu používateľov aj z radov humánnych geografov. Výroba hardvéru a softvéru na tvorbu geografických báz dát a otvorených (sieťových) systémov ich spracovania a grafickej prezentácie sa silno komercionalizuje. Výrobcovia geoinformačných technológií, producenti komerčných účelových geografických báz dát, resp. dátových „skladov“ a geoinformačných riešení, z ktorých mnohé aplikujú geografické metódy a techniky výskumu, sa postupne etablojú na vznikajúcom „geoinformačnom trhu“.

Histórii vzniku geoinformačných systémov a geografických báz dát, vytvorených u nás pre potreby štátu, cez prizmu ich využiteľnosti v práci geografa a aktuálnych problémov národnej geografickej informačnej infraštruktúry Slovenska v kontexte domácich potrieb a celosvetových trendov sme sa podrobnejšie venovali v prácach (Kusendová 1998a, Kusendová 2001a). Opisuje sa v nich vývoj národnej geografickej informačnej štruktúry a analyzujú sa jednotlivé štátne geoinformačné systémy a geografické bazy dát z územia Slovenska opierajúc sa pri tom o praktické skúsenosti z ich tvorby a použitia (Kusendová 1994, Kusendová a Kamenský 1993, Jenčo, Kusendová a Matečný 1993, Kusendová a Matečný 1997). Najaktuálnejší vývoj národnej geoinformačnej infraštruktúry SR a jej hodnotenie v širších súvislostiach poskytuje štúdia (Kusendová 2003b).

Analýza stavu tvorby, obsahu a disponibilít digitálnych báz dát niektorých štátnych geoinformačných systémov, ktoré postupne vytvárajú národnú priestorovú infraštruktúru, nie je samoúčelná. Bez znalosti ich obsahu a kvality nie je možné ich plnohodnotné využitie, resp. sa spolupodieľať na ich tvorbe alebo koncepcii. Osobitnú pozornosť treba venovať najmä správno-evidenčným geoinformačným systémom na regionálnej úrovni, ktorá je najviac relevantná pre realizáciu geografických aplikácií.

Priestorové modely (tradične prezentované mapami) a *priestorové analýzy* majú v geografii ako priestorovej vede významné postavenie, kde plnia úlohu konfirmačného (predikačného) nástroja, ktorý kladie dôraz na testovanie hypotéz a kalibráciu odvodených priestorových procesov, resp. explanačného nástroja zameraného na potvrdenie hypotéz z analyzovaných dát použitím počítačov.

V začiatkových štádiách sa kládol dôraz na použitie kvantitatívnych (štatistických) procedúr a techník, ktoré boli zamerané najmä na štruktúrne analýzy bodových, čiarových a areálových geometrických foriem geografických objektov, ich priestorových usporiadaní, vzoriek a povrchov. V kontexte zavedenia systémového prístupu sa neskôr začal klásť dôraz na analýzu charakteristických prvkov geografického priestoru a časopriestorový vývoj sociálno-ekonomických systémov spolu s identifikáciou príčinných súvislostí.

Humánno-geografické priestorové modely sa orientovali na klasifikáciu, organizáciu priestoru (urbanistické modely) a optimalizáciu priestoru, na tvorbu a analýzu interakčných (migračných), transportných a ďalších antropogénnych systémov ako súčasť systémového vedeckého výskumu sociálno-ekonomických štruktúr (Czyż a Ratajczak 1986, Scholten a LoCascio 1997).

V priebehu 70. — 80. rokov sa relatívne málo humánnych geografov podieľalo na rozvoji matematických modelov, priestorovej štatistiky a aplikácii štandardných štatistických techník pri riešení geografických problémov. Spojením geoinformačných systémov a priestorových analýz sa však vytvorili nové možnosti. Skupiny odborníkov so znalosťami programovania,

priestorovej štatistiky, geografie a iných odborov začali vytvárať programy spolu s vhodným používateľským prostredím, ktoré mohli počítačovo gramotní používatelia so základnými znalosťami geoinformatiky a práce s výpočtovou technikou aplikovať vo svojich riešeniach. V súčasnosti implementované priestorové analýzy do geoinformačných programov, ktoré dnes môžu použiť aj humánni geografi, varujú od jednoduchých štatistických analýz zavedených do geografie v 50. rokoch, cez priestorovú štatistiku, napr. v tvare testov na priestorovú autokoreláciu, využitie vizualizačných techník až k „automatickým strojom“ a detekcii „povrchov“ pomocou algoritmov umelej inteligencie.

Priestorové modelovanie a analýzy sa stali v humánnej geografii prostriedkom na hľadanie podobností a na generalizáciu geografických objektov a javov v priestore s využitím globálnych štatistických postupov. Vplyvom vývoja nových (geoinformačných) prostriedkov výskumu však dochádza k postupnému prechodu od výskumu globálnych charakteristík priestoru k lokálnym, resp. k „mapovateľným“ štatistikám, ktoré sa zameriavajú na identifikáciu odlišností a individuálny opis modelovaných objektov, ktoré globálne štatistiky nedokážu identifikovať (Fotheringham 1998).

V 80. rokoch, ale najmä v 90. rokoch vďaka rozvoju geoinformačných systémov a ich prieniku do humánnej geografie, veľa aplikácií smerovalo do vývoja lokačných a alokačných modelov a do tvorby sieťových analýz. Perspektívne sú aplikačné smery zamerané na tvorbu a analýzu priestorových usporiadaní (vzoriek, povrchov) založených na bodovej (diskrétnej) lokalizácii skúmaných humánnogeografických objektov, na modelovanie a výskum priestorových vzťahov, tvorbu matematických modelov priestorových tokov a interakcií s cieľom opísať, analyzovať, hodnotiť a predpovedať sociálno-ekonomický vývoj geografických regiónov (Fotheringham 1997).

Vzniká „trh“ aplikovaného geografického výskumu a poradenstva efektívne využívajúci nástroje geoinformačných systémov spolu s vhodnými disponibilnými bázami sociálnoekonomických dát (s veľkým mierkovým rozlíšením) na riešenie praktických humánnogeografických problémov.

Aspektmi tvorby demogeograficky orientovaných báz dát v kontexte rozvoja a integrácie európskych informačných štruktúr sa venujeme napr. v práci (Kusendová 1999). Ide o širšie koncipovanú prácu zameranú na vývoj a aplikáciu geografických informácií v demogeografických riešeniach, v ktorej sa rozoberajú princípy a špecifiká geografického referencovania štatistických dát, procesy šandardizácie a unifikácie priestorových štatistických dátových štruktúr. Podrobne sa v nej analyzuje európsky systém národných územných štatistických jednotiek (NUTS) a jeho úlohu v kontexte európskeho trhu s geografickou informáciou. Osobitne sa hodnotia systémy priestorových registrov cez prizmu ich využitia v

oblasti demogeografických aplikácií. V závere je poskytnutý prehľad významných medzinárodných projektov a distribútorov geografických dát s demogeografickým zameraním alebo využitím spolu s uvedením možností ich aplikácie v prostredí geoinformačných technológií.

4. POTENCIÁL GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV V HUMÁNNEJ GEOGRAFII

Geografi zvyčajne chápu termín *geografické informačné systémy*, resp. geoinformačné systémy dvojako:

- a) ako systémový prístup riešenia geografických problémov, alebo
- b) ako súhrn programov, resp. technológií, ktoré im poskytujú špecifické nástroje pre potreby výskumu a praxe.

Táto skutočnosť vyplýva zo širokého záberu geoinformačných systémov, ktoré integrujú nástroje na počítačové spracovanie a (geo)štatistické analýzy dát, kartografické modelovanie, simuláciu procesov (virtuálne modelovanie), analýzy obrazu a ďalšie techniky a postupy, ktorým vytvárajú používateľský rámec.

Riešia sa otázky, či sú geoinformačné systémy len nástrojom alebo aj novým vedecko-technickým prístupom na analýzu a modelovanie geografických dát. Je to mapová technológia, formálny model priestorovej informácie, nástroj kartografického modelovania? Napriek týmto otázkam v geografii všeobecne uznávanými kľúčovými aspektmi geoinformačných systémov sú ich analytické schopnosti integrované so zberom dát, ich spracovaním, overovaním a prezentáciou.

Geoinformačné systémy a ich technológie poskytujú používateľom:

- a) spoločný jednoduchý (ikonový) komunikačný jazyk s celým systémom,
- b) transparentný a ľahko zvládnuteľný spôsob realizácie operácií,
- c) využitie množstva geografických dát bez toho, aby ich bolo treba vopred prácne pripraviť, resp. upraviť pomocou rôznych manipulačných a transformačných techník,
- d) tvorbu vlastných programov s využitím interných nástrojov v prostredí systému.

Geografia poskytuje široké spektrum metód a postupov aplikujúcich čisto geografické koncepcie ako je napr. zhukovanie, disperzia, vzdialenosť alebo spojitosť. Geoinformačné programy sú vhodnou platformou na analýzy geografických (priestorových) štruktúr, v ktorých hrá hlavnú úlohu geometria a topológia.

Prehľad postupov a metód priestorového (kartografického) modelovania, ktoré sú aplikovateľné v humánnej a regionálnej geografii poskytuje práca (Kusendová 1996b), ktorá dáva široký prehľad metód osobitne zameraných na tvorbu, analýzu a porovnávanie bodových, čiarových a

areálových modelov geografických objektov a ich priestorových usporiadaní, vzoriek a (funkcionálnych) povrchov, ktoré tvoria tradičné kvantitatívne štatistické procedúry a techniky postupne prerastajúce do geoštatistiky.

Z nich najmä metódy analýz bodových lokácií a usporiadaní majú svoju históriu v geografii (medicínskej, sídelnej, obyvateľstva), pričom našli uplatnenie aj v ďalších geovedách (geobotanika, ekológia, ...) pri odhaľovaní globálnych a lokálnych štatistík, ktoré opisujú bodový povrch a umožňujú stanoviť klastrové (zhlukové), disperzné, pravdepodobnostné a iné štatistické charakteristiky povrchu. Veľký potenciál má použitie geoinformačných nástrojov v humánnej geografii najmä pri modelovaní priestorových alokácií a interakcií, tvorbe a analýze časopriestorových modelov a štruktúr (difúzne modely, analýza časových sérií a trendov) a pri aplikácii priestorovej štatistiky (analýza povrchov, autokorelácia, klastrovanie, trendové, regresné a filtračné analýzy).

Postupy založené na geometrických a topologických postupoch patria v kontexte geoinformačných technológií k najpoužívanejším. Väčšinou však ide o koncepčne jednoduché deterministické nástroje s geografickým pozadím na priestorové spracovanie dát a ich analýzu, v ktorých sa kladie dôraz na ich geometrické a topologické vlastnosti. Ide najmä o tieto postupy:

- a) tvorba a vizualizácia priestorových dopytov (najbližší, najkratší, kde, čo a koľko atď.),
- b) vzdialenostné a sieťové analýzy, akými sú napr. tvorba priestorových zón (angl. *buffering*), hľadanie najoptimálnejších spojení a trás apod.,
- c) topologické prekrývanie priestorových modelov (máp) s využitím mapovej algebry (angl. *map overlay*),
- d) tvorba priestorových a časopriestorových štatistických polí alebo povrchov (*surfaces*) pomocou interpolačných, extrapolačných a aproximačných techník a ich analýza (morfometrická, vizuálna, trendová, ...).

Posúdeniu implementácie teoretických a metodických postupov vzdialenostných a sieťových analýz v geoinformačných technológiách a ich potenciálu v geografii sa venujeme v práci (Kusendová a Szabová 1998), ktorá poskytuje komplexný pohľad na sledovanú problematiku so snahou ukázať možnosti použitia geoinformačných technológií pri tvorbe digitálnych vzdialenostných a sieťových modelov územia spolu s procesmi hodnotenia ich geometrických a topologických charakteristík na konkrétnej aplikácii (dopravný a sídelný systém okresu Trnava). Práca má taktiež metodický charakter, poskytuje poznatky získané z použitia konkrétnych geoinformačných programových modulov (ESRI — Network Analysis, IDRISI) špecializovaných na vzdialenostné a sieťové analýzy a z tvorby príslušných dátových štruktúr, na ktorých sú analýzy založené.

Implementácia spomenutých, ale aj iných postupov do geoinformačných programov a ich použitie bez širšej teoreticko-metodologickej bázy môže viesť k nesprávnym a nekompetným výsledkom a záverom.

Z hľadiska rozvoja humánogeografických metód využívajúcich potenciál geoinformačných systémov a ich spojenia s geoštatistickými analýzami a matematicko-kartografickými, resp. geoinformačnými modelmi, sú dôležité aktivity zo začiatku 90. rokov, kedy sa začali dôslednejšie riešiť otázky ako prispôbiť technológie geoinformačných systémov novej generácii priestorových modelov a ako sprístupniť ich tvorbu prostredníctvom nástrojov (technológií) geoinformačných systémov potenciálnym záujemcom. Predmetom výskumu sa stali najmä otázky efektívneho spojenia štatistických metód a matematických modelov s aktuálne vznikajúcimi geografickými bázami dát a geoinformačnými a vizualizačnými technológiami. Začal výskum vlastného procesu modelovania a analýz priestorových dát spolu s ich explanáciou a simuláciou, tvorbou multiobjektových a evaluačných analýz a pod. V každej oblasti sa kládol dôraz na riešenie metodologických otázok a hodnotenie potenciálu rôznych inovačných paradigiem – fuzzy množín, neurónových počítačových techník, atď. (Fischer et al. 1996, Geographic Information Research at the Millennium 1997).

Podmienky, ktoré vytvárajú predpoklady na použitie geoinformačných systémov vo funkcii plnohodnotného modelačného a analytického nástroja ľudskej geografie sa dajú zhrnúť do štyroch oblastí (Unwin 1996):

- a) aplikácia nových štatistických (osobitne geoštatistických) teórií vo forme špecializovaných geoinformačných programov,
- b) prístup k vhodne štruktúrovaným geografickým dátam s vysokým rozlíšením pomocou progresívnych technológií geoinformačných systémov na ich zber a spracovanie,
- c) využitie vizualizačných a multimedialných programov vo väzbe s geoinformačnými systémami,
- d) výskum a tvorba sofistikovanejších (intuitívnejších) priestorových analýz v prostredí geoinformačných programov.

Ad a) V ostatných 20. rokoch boli vyvinuté významné štatistické teórie o priestorových dátach, ktoré neexistovali v čase „*geografickej kvantitatívnej revolúcie*“. Postupne sa vytvorilo množstvo aplikácií, ktoré rôznym spôsobom spojili štatistické analytické programy s geoinformačnými v snahe zjednodušiť a zefektívniť priestorovo orientované štatistické výpočtové analýzy nad geografickými objektmi. Riešia sa otázky spojenia štatisticko-analytických funkcií s komerčnými alebo voľne používanými geoinformačnými produktmi. Efektívna je forma spojenia, kde dáta uložené v informačnom systéme sa spracujú pomocou štatistických metód včlenených (implementovaných) do systému, napr.

formou špecializovaných podprogramov a výsledky analýz sa priamo (dynamicky, t. j. on-line) vizualizujú v prostredí geoinformačného programu. Príkladmi takýchto programov sú SpaceStat (Anselin 1990), ESDA (Xia, Fotheringham 1993), GAM (Openshaw et al. 1987) alebo Location Profiler Model (Kusendová 2002). Ide o programové súbory vhodné na štatistickú analýzu a modelovanie priestorových dát so sociálno-ekonomickým zameraním, ktoré sa zväčša dajú včleniť do komerčných geoinformačných programov typu desktop (ArcView, MapInfo), ktoré sa v humánnogeografických aplikáciách najviac používajú.

- Ad b) Počítačové a mapové spracovanie dát je menej problematické než v nedávnej minulosti, vytvárajú sa stále dokonalejšie priestorové modely najmä vďaka použitiu kvalitnejších technológií zberu a spracovaniu dát (globálne polohovacie systémy, monitorovacie stanice, diaľkový prieskum Zeme). V súčasnosti je oveľa lepší prístup ku georeferencovaným sociálno-ekonomickým dátam a postupne sa zvyšuje ich priestorové rozlíšenie (Kusendová 2000b). Priestorová štatistika intenzívne rieši otázky vhodnej mierky a modifikácie areálovej jednotky vzhľadom k výpovednej hodnote výsledkov regionalizačných analýz najmä vo forme rôznych lokačno-alokačných modelov, ako aj spôsoby priestorového usporiadania (veľkosti, tvaru, štruktúry) a organizácie základných priestorových jednotiek.
- Ad c) Obmedzenia vyplývajúce z prevažujúcej 2D prezentácie reálneho priestoru v geoinformačných dátových štruktúrach postupne eliminuje technologický rozvoj v oblasti prezentácie a spracovania multidimenzionálnych štruktúr, resp. využitie a analýza iných dátových foriem (časové série, časopriestorové štatistické povrchy alebo polia). V súvislosti s tým nadobúda čoraz väčší význam rozvoj nových spôsobov interakcie a zobrazovania priestorových dát, resp. výsledkov priestorových analýz. Vyvíjajú sa postupy používajúce v priestorovej analýze dát vizualizačné techniky, ktoré rozpoznávajú a popisujú priestorové rozmiestnenia alebo povrchy a zobrazujú (animujú) v tvare digitálnych kartografických modelov (Unwin 1994). Vďaka rozvoju multimédií sa veľkou výhodou geoinformačných systémov stáva práve schopnosť vytvárať a pracovať nielen s dvoj- a troj-, ale aj so štvorrozmernými (temporálnymi) modelmi, ktoré sa čoraz viac približujú reálnym originálom.
- Ad d) Používatelia geoinformačných systémov tým, že sa začínajú čoraz viac zaujímať o využiteľnosť (praktickú interpretáciu) výsledkov získaných pomocou jednoduchých priestorových manipulácií s geografickými dátami nútia vedeckú obec spolu s komerčnými výrobcami geoinformačných programov sofistikovať tieto manipulačné techniky, t. j. vytvárať intuitívnejšie programy. Vyvolalo to diskusie o úlohe

priestorových analýz v geoinformačných systémoch a vzájomnom vzťahu, ktoré sa z väčšej časti orientovali na technické otázky funkčného spojenia (priestorovej) štatistiky a geoinformačných systémov, menej už na to, čo by malo byť spojené a prečo.

Problematika voľného prístupu používateľov k tvorbe priestorových modelov v geoinformačných systémoch nastoľuje množstvo otázok (Fischer et. al. 1996). Modely vytvárané v súčasných geoinformačných systémoch sa dajú znehodnotiť alebo nesprávne vytvoriť a interpretovať v dôsledku neznalosti ich používateľov alebo limitov, ktoré tieto modely vykazujú. Každý skupine používateľov geoinformačných systémov by sa mala poskytnúť adekvátna úroveň prístupu k týmto modelom. V rámci každého algoritmu by mali „*metainformácie*“ indikovať, kedy a s akými údajmi je vhodné model použiť. Dodatočné nástroje by mali byť potom použité na určenie platnosti modelu v rôznych podmienkach, t. j. mali by informovať o kvalite výsledkov modelovania. Ide o dosiahnutie stavu, aby používateľ mohol v procese modelovania kontrolovať vstup, riadiť priebeh a hodnotiť výstup. Všeobecným výsledkom uvedených snáh je vývoj prepracovanejších, resp. intuitívnejších spôsobov priestorových analýz spojených s geoinformačnými programami, ktoré sú však silno determinované pragmatickým prístupom aj v oblasti vedeckého výskumu.

5. KRITICKÉ ASPEKTY POUŽITIA GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV V HUMÁNNEJ GEOGRAFII

V praxi sa geografia tradične spája s geoinformačnými systémami. Geoinformačné systémy sa tak na jednej strane dostávajú do osobitnej polohy v rámci geografickej vedy a na druhej strane sa v nej plne nedoceňujú v dôsledku kritického postoja mnohých geografov. A to aj napriek tomu, že všeobecne pribúda odborníkov z oblasti geografie, informačných systémov a počítačovej techniky, ktorí vyvíjajú nové programy a aplikácie.

Humánni geografi začali u nás využívať geoinformačné systémy neskôr a pomalšie než napr. fyzickí geografi a jednou z príčin bol istý stupeň nedôvery a antipatie ku geoinformačným technológiám zo strany tých, ktorí videli v ich používaní návrat k prekonaným pozitivistickým prístupom z čias kvantitatívnej geografie. Výrazná priestorová autokorelácia modelov, založených na pravdepodobnostných a entropických mierach, viedla často k rôznym mylným záverom a poznatkom v dôsledku absencie behaviorálneho kontextu, čo vyvolalo kritický postoj mnohých humánnych geografov ku kvantitatívnym metódam.

Mnohí humánni geografi dodnes majú sklón nedôverovať digitálnym formám spracovania dát pomocou geoinformačných programov, pričom neraz je to aj dôsledok neznalosti týchto postupov, alebo často aj zložitosti používateľských rozhraní niektorých komplexnejšie zameraných programov. Nemalou mierou prispel k tomu aj veľký rozdiel vo vývoji teórie a

filozofie v humánnej geografii a geoinformačných systémoch. Treba poznamenať, že advokáti použitia geoinformačných systémov v humánnogeografickom výskume, zameranom napr. na efektívnu organizáciu a kontrolu územia, často zámerne ignorujú súvisiace ekonomické, politické, etické a iné problémy, pretože ich vedecká formalizácia je ešte aj dnes veľmi ťažko realizovateľná.

Kritickým aspektom použitia geoinformačných systémov je tiež skutočnosť, že geoinformačné technológie sa lepšie aplikujú v situáciách, v ktorých je k dispozícii množstvo vhodne štruktúrovaných digitálnych dát, ktorými humánnogeografická vedecká obec u nás dodnes disponuje len obmedzene.

Skeptický prístup je k validite dát pre humánnogeografické aplikácie. Významnými faktormi, ktoré ovplyvňujú reprezentatívnosť a použiteľnosť sociálno-ekonomických dát sú najmä:

- a) nekompatibilita dát (najmä štatistických viažucich sa k štandardným priestorovým jednotkám),
- b) nekonzistentosť dát v dôsledku rôzneho spôsobu vydeľovania tematicky príbuzných dát (napr. kategórií využitia zeme),
- c) nedostatočná georeferenčná, mierková a tematická úroveň dát,
- d) silná časová závislosť zberu aj zbieraných dát,
- e) zlá kvalita zdrojových podkladov a následná tvorba a prenos chýb z procesov digitalizácie a pod.

Veľkým problémom je spomenutá tendencia k tvorbe nesprávnej interpretácie informácií v geoinformačných systémoch. Analytické a modelačné nástroje implementované do geoinformačných programov nedávajú záruku, že bude vždy položená správna otázka, alebo že sa správne interpretujú výsledky realizovaných analýz. S uvedeným problémom súvisí problém verifikácie použitých analýz v geoinformačných systémoch, ktorému sa v minulosti venovala len malá pozornosť.

Prístupnosť ku geoštatistickým výpočtovým programovým modulom neznamená, že lepšie pochopíme analyzované priestorové procesy. V nástrojoch geoinformačných systémov stále chýbajú dôležité teórie výskumu analýz priestorových dát a apriórne hypotézy. Spojenie kontextovej (geo)štatistiky a geoinformačných systémov však zvyšuje potenciál na testovanie hypotéz a kalibráciu humánnogeografických modelov založených na vonkajších alebo vnútorných prejavoch modelovaných objektov, javov a procesov. Všeobecne sa problém zlej interpretácie výsledkov analýz v prostredí geoinformačných systémov pripisuje faktu, že rozvoj ich teoretických koncepcií zaostáva za technologickým a aplikačným rozvojom.

Dramatický nárast technických možností tvorby a využitia veľkoobjemových geografických báz dát spolu s rastom potenciálu ich aplikácie je založený na slabej teoreticko-koncepčnej báze, ktorá by umožnila širšie použitie geotechnológií aj v sociálno-ekonomickom výskume a praxi. Predbiehanie intelektuálneho rozvoja technologickým rozvojom nastoľuje potrebu vývoja nových inovačných nástrojov na analýzu priestorových dát, ktoré by obzvlášť vyhovovali prostrediu geoinformačných systémov s bohatou bázou dát, ale chudobnejším teoretickým zázemím.

6. VYBRANÉ APLIKÁCIE POUŽITIA GEOINFORMAČNÝCH SYSTÉMOV V HUMÁNNEJ GEOGRAFII

V tejto časti sú uvedené vybrané aplikácie, ktoré prezentujú konkrétne použitie geoinformačných metód a technológií v troch humánno- až regionálnogeograficky orientovaných smeroch, ktorými sú: *gravitačné modelovanie*, *modelovanie využitia zeme a lokačné a alokačné analýzy*.

6.1 Gravitačné modelovanie

Geografická koncepcia potenciálových (gravitačných) modelov, založená na analýze priestorových vzťahov medzi diskretnými lokáciami geografických javov v kontexte celého priestoru ich prejavu, je vhodným objektom na použitie geoinformačných technológií. Dokumentujú to niektoré práce zamerané na tvorbu a prezentáciu modelu populačného potenciálu pomocou postupov a nástrojov geoinformačných systémov (Kusendová 1996c, Kusendová 1996d, Kusendová 1998b, Kusendová 2001b). Z nich najmä dva posledné prezentujú účelové teoreticko-empirické generalizácie v územnej mierke Slovenskej republiky. Obe využívajú aktualizovanú geografickú bazu dát, ktorá umožnila flexibilnú modifikáciu modelu populačného potenciálu.

Prvá práca (Kusendová 1996c) sa zaoberá konkrétnou tvorbou a analýzou priestorového rozmiestnenia obcí v sídelnom a komunikačnom systéme Slovenska pomocou mier dostupnosti (metrickou a topologickou dostupnosťou) v prostredí geoinformačných technológií. Tvorbe pravdepodobnostného modelu populačného potenciálu a jeho „ekonomickej“ modifikácii ako priestorového ukazovateľa sociálno-ekonomického potenciálu okresov Slovenska sa venuje druhá aplikácia (Kusendová 2001b).

6.2 Modelovanie využitia zeme

Rozvoj spoločnosti, jej priestorových nárokov spojených s urbanizáciou a konfliktmi s poľnohospodárstvom a ochranou prírody, nastolili potrebu kontinuálnej registrácie (evidencie) a mapovania priestorových zmien v krajine s dôrazom na funkčné atribúty využitia alebo využívania zeme. Geografický výskum urbanizovanej krajiny orientovaný na funkčnú delimitáciu, resp. inventarizáciu priestorov v mestských a vidieckych sídlach, tradične ústi do tvorby máp využitia zeme, ktoré plnia dôležitú informačnú, analytickú, environmentálnu, plánovacia a prognostickú funkciu pri štúdiu a organizácii krajiny.

Tvorbe digitálneho modelu využitia zeme v urbanizovanom území v prostredí geoinformačných systémov sa venujú vybrané práce, vytvorené v rozmedzí rokov 1992 až 2000, ktoré dobre dokumentujú vývoj v tejto oblasti u nás z hľadiska aplikácie programov GIS.

Časovo v poradí prvá práca (Kusendová, Lauko 1992) sa venuje využitiu geoinformačných systémov pri veľkomierkovom mapovaní plôch územia mesta (centrum Bratislavy) a skladá sa z dvoch častí. Prvá časť rieši otázky tvorby mapového kľúča pre terénne mapovanie s dôrazom na jeho univerzálnosť a funkčné využitie mapovaných plôch. Druhá časť obsahuje širšie teoreticko-metodologické aspekty tvorby digitálneho kartografického modelu v kontexte s geoinformačnými systémami a užšou špecifikáciou projektu, postupov tvorby (štruktúrovania) a použitia bázy dát digitálneho modelu mapy využitia zeme v prostredí vybraného programu (IDRISI) spolu s hodnotením a zhrnutím poznatkov z práce.

Boli to prvé pokusy na tomto poli so všetkými nedostatkami, ktoré v tom čase boli aktuálne (technické a organizačné limity, nekoordinovanosť etáp zberu a spracovania dát a následný náročný proces integrácie dát, nedostatočná prax používania geoinformačných technológií a výpočtovej techniky). Napriek tomu ide o jeden z prvých pokusov o zavedenie nástrojov geoinformačných systémov do práce humánnych geografov u nás.

Od začiatkov tvorby mapy využitia zeme pomocou geoinformačných technológií sa však vývoj začal uberať k tvorbe komplexných geoinformačných modelov (urbanizovanej) krajiny. Geoinformačné systémy v spojení s diaľkovým prieskumom Zeme, digitálnou fotogrametriou, globálnymi polohovými a mobilnými systémami a ďalšími progresívnymi technikami poskytli vhodné prostredie nielen na implementáciu starých a osvedčených metód výskumu do nových technológií, ale aj na efektívnejšie a menej nákladné spôsoby zberu a spracovania dát využiteľných vo výskume a riadení urbanizovaných území (Kusendová 2000b).

Časovo v poradí druhá práca (Kusendová 2000c) rieši problém integrácie, t. j. využitia zdrojových dát z klasického geografického mapovania a dát digitálneho katastra územia obce (Čunovo), s cieľom vytvoriť spoločnú geografickú bázu dát formou úpravy, transformácie,

konverzie, manipulácie a reštrukturalizácie mierkovo a obsahovo rôznorodých dát pomocou geoinformačných technológií pre širšie zamerané aplikácie urbánneho výskumu a praxe.

6.3 Lokačné a alokačné analýzy

Marketing, strategické plánovanie a tvorba rozhodnutí je oblasť aplikácií geoinformačných systémov s výrazným komerčným aspektom, ktorá sa rozvinula najmä v ostatných rokoch. Geografické informácie sú dnes dôležitou súčasťou procesov výskumu a riadenia priestorovej organizácie centier miest s dôrazom na ich efektívne funkčné využitie. Aj tu sa postupne zavádzajú relevantné a osvedčené humánno-geografické prístupy a modely s využitím progresívnych nástrojov geoinformačných technológií. Práca (Kusendová a Štepitová 2001) prezentuje použitie vybraných lokačných, alokačných, vzdialenostných a sieťových analýz v prostredí geografických informačných systémov pri riešení obchodno-služobnej problematiky.

Na konkrétnom probléme obchodnej analýzy a hodnotenia trhu bankomatových (ATM) prevádzok v centrálnej časti mesta Bratislavy (Staré Mesto) sa riešia metodologické aspekty použitých geografických analýz. Podrobne sú opisované jednotlivé etapy riešenia, ktoré zahrňovali osvojenie si geografického spôsobu riešenia s následnou identifikáciou relevantných dátových indikátorov, terénny prieskum, zber, spracovanie a integráciu dát, implementáciu technologického prostredia geoinformačných systémov v procese tvorby a použitia geografickej bázy dát pri priestorovom modelovaní a analýze trhu bankomatových služieb. Cieľom bolo poukázať na aplikačný potenciál geoinformačných systémov ako nástroja na podporu rozhodovania a rozšíriť aplikácie geoinformačných technológií v geograficky orientovaných trhovo-obchodných riešeniach.

ZÁVER

Geoinformačné technológie sa neustále rozrastajú, pribúdajú nové programové moduly a technické prostriedky, spájajú sa s rýchlo sa rozvíjajúcimi komunikačnými, satelitnými a inými počítačovými technológiami. Ťažko presne odhadnúť ďalší vývoj a spôsob prieniku geoinformačných systémov do práce geografov. Už dnes sa dá konštatovať, že bude rásť nielen ich pomocná funkcia, ale poskytnú nové príležitosti v oblasti modelovania, mapovania, štatistických analýz a multimedialných prezentácií.

Spojenie humánnej geografie s geoinformačných systémami je podľa nášho názoru obojstranne výhodné. Humánna geografia môže svojím teoretickým potenciálom v oblasti experimentálnych metód testujúcich hodnovernosť geografických modelov a ich globálnych a lokálnych charakteristík výrazne prispieť k obohateniu teoretického zázemia analytických a modelačných prostriedkov geoinformačných systémov. Rozvoj geoinformačných systémov zasa vytvára

predpoklady na lepšie použitie širokej škály geografických znalostí a ich implementáciu vo forme štandardných nástrojov s cieľom verifikovať novým spôsobom sociálno-ekonomické priestorové teórie a modely. Výrazný vklad môžu priniesť humánni geografi spolu s ďalšími geovednými odborníkmi v otázke spôsobu reprezentácie geografického priestoru na báze geoinformačných modelov.

Ak sa geoinformačné technológie spoja s novými informačnými technológiami (virtuálne a expertné systémy, umelá inteligencia), ktoré umožňujú výskum priestorových javov pomocou nových foriem počítačového modelovania reality (neurónové siete, fuzzy množiny), je perspektíva, že dôjde k širšiemu a účelnejšiemu použitiu geoinformačných systémov aj v humánnej geografii.

Kritické aspekty používania geoinformačných technológií v humánnej geografii prezentované najmä:

- a) nedostatkom vhodne štruktúrovaných digitálnych báz dát,
 - b) slabou gramotnosťou v oblasti geoinformačných systémov,
 - c) nedostatočným výskumom použiteľnosti analytických a modelovacích nástrojov geoinformačných systémov,
 - d) zaostávaním teoretických koncepcií za ich technologickým a aplikačným rozvojom,
- by nemali zakryť dôležitosť úlohy, ktorú zohrávajú súčasne geoinformačné systémy ako spôsoby a prostriedky efektívnej tvorby modelov a analýzy geografickej reality.

Aby humánni geografi, a nielen oni, boli schopní využiť šance, ktoré im geotechnológie vrátane geografických informačných systémov ponúkajú, treba k nim pristupovať oveľa smelšie, zodpovednejšie a intenzívnejšie než tomu bolo doteraz, a to nielen z hľadiska ich využitia, ale aj interdisciplinárnej spolupráce so všetkými odborníkmi, ktorí sa na ich rozvoji podieľajú.

LITERATÚRA

- Anselin, L. (1990). *SpaceStat: a program for the statistical analysis of spatial data*. Santa Barbara, California (NCGIA Publications, Department of Geography, University of California at Santa Barbara).
- Berlant, A. (1999). Geoinformational mapping as a new branch of cartography. *Kartografické listy*, 7, 35-44.
- Czyż, T., Ratajczak, W. (1986). Mathematical Methods in Economic Geography. In: *Concepts and Methods in Geography*. Poznań, Poland (Adam Mickiewicz University, Institute of Socio-Economic Geography and Spatial Planning), 99–126.
- EUROSTAT (1999). <http://europa.eu.int/en/comm/eurostat/serve/part2/21e3.htm>

- Fischer, M., Scholten, H., Unwin, D. (1996). Spatial Analytical Perspectives on GIS in Environmental and Socio-Economic Sciences. *GISDATA Series* No. 5, London (Taylor and Francis).
- Fotheringham A., S. (1997). Trends in quantitative methods I. — stressing the local. *Progress Human Geography* 22, 2, 283–292.
- Fotheringham A., S. (1998). Trends in quantitative methods II. — stressing the computational. *Progress in Human Geography* 21, 1, 88–96.
- Frank, A. U. Raubal, M., van der Vlugt, M. ed. (2000). *Panel-GI Compendium A guide to GI and GIS*. Geoinfo Series Nr. 21, Vienna, Institute for Geoinformation Technical University of Vienna, 9–42.
- Geographic Information Research at the Millennium (1997). *GISDATA Final Conference*, Le Bischenberg, France, 13–17 September 1997, Strasbourg, European Science Foundation Social Science Programme GISDATA.
- Horák, J. (2002a). Využití pravděpodobnostního mapování v analýze trhu práce. Ostrava, *Sborník vědeckých prací VŠB–TU Ostrava*, řada HGF, 48, 1, 131–139.
- Horák, J. (2002b). *Prostorové analýzy s aplikacemi na trhu práce*. Habilitační práce. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- Jenčo, M., Kusendová, D., Matečný, I. (1993). Monitoring of the Gabčíkovo Waterworks from the GIS Point of View. In: *GIS for Environment*. (Geographical Information Systems Laboratory, Institute of Geography, Jagiellonian University, Poland) Krakow, 99–103.
- Kaňok, J. (1997). Informační systémy o území — geografické informační systémy – geoinformatika. *Geographi–Geologia*, 167, 5, 121–142.
- Koreň, M. (1995). Svet priestorových informácií. *GeoInfo* (Nadácia Geofórum), 1, 25–29.
- Krcho, J., Mičietová, E. (1987). Geografický informačný systém – štruktúra a úrovne integrity. *Geografický časopis*, 41, 4, 369–387.
- Kusendová D. (1999). Geoinformatika v demogeografii. In: *Teoreticko–metodologické problémy geografie, príbuzných disciplín a ich aplikácie*. Zborník referátov. Bratislava, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, 33–40.
- Kusendová, D. (1994). Stav a skúsenosti z pozemkových úprav na Slovensku. *GeoInfo* (Nadácia Geofórum), 1, 33–35.
- Kusendová, D. (1996a). Netradičné formy kartografických modelov a ich použitie v geografii. *Kartografické listy*, 4, 89–100.
- Kusendová, D. (1996b). Geografia a kartografické modelovanie v GIS – prehľad metód. *GeoInfo* (Nadácia Geofórum), 2, 18–20.

- Kusendová, D. (1996c). Analýza dostupnosti obcí Slovenska. In: *Aktivity v kartografii '96*. Zborník referátov. Bratislava (Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV), 29–49.
- Kusendová, D. (1996d) *Kartografické modelovanie v prostredí geoinformačných systémov: teoretická báza a geografické aplikácie*. Kandidátska dizertačná práca. Bratislava, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského.
- Kusendová, D. (1998a). Štátne geoinformačné systémy z pohľadu geografa. In: *Aktivity v kartografii '98*. Zborník referátov. Bratislava (Slovenská kartografická spoločnosť a Geografický ústav SAV), 39–51.
- Kusendová, D. (1998b). Aplikácia GIS vo vybraných humánno-geografických štúdiách. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis*, Prírodné vedy Folia Geographica 2, Prešov, 177–186.
- Kusendová, D. (2000a). Využitie geografických informačných systémov v humánno-geografickom výskume. In: *GIS Ostrava 2000*. Sborník referátů. Ostrava, Institut ekonomiky a systémů řízení, Hornickogeologická fakulta VŠB Technická univerzita Ostrava, 236–245.
- Kusendová, D. (2000b). Geoinformačný model urbanizovanej krajiny a jej využitie. *Pedagogické listy*, 7/2000. Bratislava (Slovenská technická univerzita v Bratislave), 127–136.
- Kusendová, D. (2000c). Tvorba mapy využitia zeme integráciou dát v prostredí GIS. In: *Aktivity v kartografii 2000*. Zborník referátov. Bratislava (Slovenská kartografická spoločnosť a Geografický ústav SAV), 55–68.
- Kusendová, D. (2001a). Kapitola 9 Tvorba geoinformačných systémov v Slovenskej republike. In: Frank, A., U., Raubal, M., Van der Vlugt, M. (eds.): *Kompendium Panel-GI: Využitie geografických informácií a geografických informačných systémov*. Slovenská verzia Fabián, P. (ed.). Žilina (Žilinská univerzita v Žiline), 133–148.
- Kusendová, D. (2001b). Použitie modelu populačného potenciálu vo výskume regionálnej diferenciácie Slovenska. In: *Súčasný populačný vývoj na Slovensku v európskom kontexte*. Zborník príspevkov 8. demografickej konferencie. Bratislava (Slovenská štatistická spoločnosť), 90–94.
- Kusendová, D. (2002). Aplikácia vzdialenostných operátorov GIS v demogeografických analýzach. In: *GIS Ostrava 2002*. (Institut ekonomiky a systémů řízení, Hornickogeologické fakulty VŠB – Technická univerzita), Ostrava, CD nosič.

- Kusendová, D. (2003a). Modelling of the spatial distribution of population in Slovakia and Japan. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae Geographica*, 43, 179–204.
- Kusendová, D. (2003b). Národná geografická informačná infraštruktúra Slovenska. *Životné prostredie*, 37, 1, 15–18.
- Kusendová, D., Kamenský, M. (1993). Spolupráca pri tvorbe digitálnej bázy údajov IS MONTAN. *Kartografické listy*, č. 1, 113–118.
- Kusendová, D., Lauko, V. (1992). Benutzung des GIS beissgrossm mastäbigem Flächenkartieren des Stadtgebietes. In: *Salzburger Geographische Materialien*. Institut für Geographie der Universität Salzburg, Heft 18, 195–201.
- Kusendová, D., Matečný I. (1997). The GIS as a Source of Inspiration for the Digital Mapping. In: *Proceedings of the 18th ICA/ACI International Cartographic Conference*. Stockholm, June 23–27th, 1997, Vol. 1, 319–325.
- Kusendová, D., Szabová, M. (1998). Vzdialenostné a sieťové analýzy – analytické nástroje GIS. *Kartografické listy*, 6, 101–110.
- Kusendová D., Štepitová, D. (2001). Použitie nástrojov GIS v obchodno–služobnej aplikácii – bankomatové prevádzky v centre Bratislavy. In: *GIS Ostrava 2001*. Sborník referátů z konferencie s mezinárodní účastí. Ostrava (Institut ekonomiky a systémů řízení, Hornickogeologické fakulty VŠB Technická univerzita Ostrava), CD nosič.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D.(2001). *Geographic Information Systems and Science*. New York (John Wiley & Sons).
- Mitášová, I., Hájek M. (1994). Definovanie štandardov na prenos digitálnych priestorových informácií. *Kartografické listy*, 2, 21–36.
- Neumann, I. (1996). *Geografická informace*. Praha (Ministerstvo hospodářství), ČR.
- Openshaw, S., Charlton, M., Wymer, C., Craft, A. (1987). A mark I geographical analysis machine for the automated analysis of point data sets. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1, 335–358. <http://www.ccg.leeds.ac.uk/smart/gam/gam.html>.
- Paulov, J. (1998). Niekoľko úvah o geografii na prelome 20. a 21. storočia a 2. a 3. tisícročia. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis*, Prírodné vedy Folia Geographia 1. Prešov, 11–21.
- Pravda, J. (2002). Geografická informácia – Terminológia v normách ISO a CEN. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- Rapant, P.(1999). *Úvod do geografických informačných systémů*. GeoInfo, 1–3, Príloha Škola. (Computer Press).

- Robinson, G., M. (1998). *Methods and Techniques in Human Geography*. New York (Wiley & Sons).
- Roman, S. (1999). *Microsoft Access – Návrh a programování databází*. Praha (Computer Press).
- SABE (1998). User Guide. MERGIN.
- Scholten, H. J., LoCascio, A. (1997). GIS Application Research: History, Trends and Developments. In: *Geographic Information Research at the Millennium*, GISDATA Final Conference. Strasbourg (European Science Foundation Social Science Programme GISDAT).
- Streit, U. (1998). *Geoinformatics* (Universität Munster). <http://ifgi.unimuenster.de/vorlesungen/geoinformatics>.
- Šíma, J. (2002). Příspěvek ke zlepšení užívání odborné terminologie v oboru geoinformatiky. *GeoInformace*, 2, Praha (Klaudain), ISSN 1211–488X, 3–5.
- Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra* (1998). Bratislava (Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, Český úřad zeměměřický a katastrální).
- Thurston, J. (2001). The New Geo–Jobs Redefining Job Descriptions in the New Millennium. *GeoInformatics*, Vol. 4, 9, 12–15.
- Tuček, J. (1998). *Geografické informační systémy – principy a praxe*. Brno (Computer Press).
- Tuček, J. Sitko, R. (2000). Systémy pre podporu rozhodovania. *GeoInfo*, 6, Príloha Škola. (Computer Press).
- Unwin, D. J. (1994). ViSc, GIS and cartography. *Progress in Human Geography*, 18, 516–522.
- Unwin, D. J., (1996). GIS, spatial analysis and spatial statistics. *Progress in Human Geography*, 20, 4, 540–551.
- Voženílek, V. (1998). *Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty*. Olomouc (Vydavatelství Univerzity Palackého).
- Xia, F. F., Fotheringham, A. S. (1993). Exploratory spatial data analysis with GIS: the development of the ESDA module under Arc/Info. *GIS/LIS'93 Proceedings*, 2, 801–810.

Resume

Geographic information systems and human geography – some theoretical, methodological and application aspects

The relationship of human geography and geoinformation systems is based on the following elements:

- system-based access to the modelling of geographical reality,
- the advancement of computerised techniques and their use in geographic research and practice,
- quantification and mathematic transformation of spatial modelling and spatial analyses.

For human geography, the geoinformation systems are both a tool and a new scientific and technical access to the analysis and modelling of geographical data, the key aspects of which are their analytical properties, alongside the tools for their collection, processing, control and presentation/visualisation. The GI systems integrate the tools for computer processing and geo(statistical) analysis of the data, the geoinformation modelling and simulation of processes (the virtual modelling), the image analysis and further techniques and procedures, which create a framework for their user.

Being related to specialised analytical modules, assigned, for instance, for creation of interaction or location-allocation models, such desktop GIS programs, as *ArcView*, *GeoMedia* or *ArcInfo*, could be widely applied in human-geographically oriented solutions, for which the simple relation spatial data structure of the source data is sufficient. These geoinformation programs are most frequently used by the human geographers mainly due to the simple creation of the digital map presentations.

Connection of human geography with geoinformation systems is mutually vantage. Human geography, with its theoretical potential in the field of experimental methods, which test the reliability of geographical models and their global and local characteristics, can expressively enrich a theoretical background of analytical and model resources of geoinformation systems. On the other hand, the development of geoinformation systems creates a basis for the better use of widely ranged geographical knowledge and its implementation in the form of standard tools, aiming at the new ways of the socio-economical spatial theories verification.

Human geographers, together with other scientists working in geography-related disciplines, can markedly contribute to the ways of the geographical space presentation using the geoinformation technologies. If the latter combine with the new information technologies (virtual and expert systems, artificial intelligence, etc.), the prospects of wider and purposeful use of the geoinformation systems in human geography could be very promising.

The critical aspects of the geoinformatic technologies application in human geography are characterised mainly by:

- the absence of the appropriately structured digital databases,
- the insufficient legibility in the field of geoinformation systems,
- the insufficient use of the analytical and modelling tools of geoinformation systems,
- the slowdown of theoretical concepts and their technological and application development.

Though, these limitations must not affect the importance the contemporary geoinformation systems have in the ways and procedures for effective creation of models and analysis of geographic reality.

Citácia:

Kusendová, D. (2003). Geografické informačné systémy a humánna geografia — vybrané teoreticko–metodologické a aplikačné aspekty. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae (AFRNUC), Geographica Nr. 44, 89-140, ISBN 80-223-1886-8