

PRVOTNÉ ZDROJE ÚDAJOV PRE GIS (AJ NA SLOVENSKU)

Ján Tuček

Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene

1. Úvod

Špeciálnym problémom v implementácii GIS je výber vhodných zdrojov údajov pre naplnenie databázy a tiež postupov pre ich konverziu do digitálnej formy – digitalizáciu. Táto etapa GIS projektov sa všeobecne považuje za časovo a nákladovo najnáročnejšiu. Preto každá racionalizácia pri zbere – získavaní údajov je mimoriadne dôležitá. Najlepším riešením je získavať údaje v digitálnej forme priamo v teréne.

Od momentu vloženia údajov do databázy GIS začína tiež proces ich znehodnocovania, degradácie (vznik a nárast rozdielov medzi skutočnosťou a modelom). Miera a intenzita degradácie závisí od mnohých faktorov (povaha aplikácie, rozlišovacia schopnosť - detailnosť modelu) a jej obhospodarovanie patrí k najkomplikovanejším úlohám administrátorov GIS. Zatiaľ čo zdrojov, nástrojov a postupov na zber a spracovanie údajov existuje veľké množstvo, ich údržbe a aktualizácii po zaznamenaní sa venuje malá pozornosť. Okrem iných otázok sú tu veľmi dôležité aj organizačné súvislosti v danej aplikácii.

Pre vstup je možné obecné použiť rôzne zdroje údajov. Do úvahy prichádzajú najmä mapy rôznych druhov v analógovej i digitálnej podobe, náčrty v danom súradnicovom systéme, fotogrametrické podklady, údaje z DPZ v analógovej i digitálnej podobe, údaje z geodetických meraní, štatistické údaje vzťahujúce sa k rôznym lokalitám, digitalizované údaje z iných systémov, výkresy z CAD systémov, atď. Použiteľné sú všetky, treba len zvoliť vhodný pracovný postup a použiť potrebné technické zariadenia. Niekedy ich je potrebné vhodným spôsobom predspracovať interpolačnými, alebo reklasifikačnými, či štatistickými postupmi.

Vzhľadom na časovú i finančnú náročnosť je potrebné procesu získavania údajov, ako i rozsahu ich následných úprav venovať mimoriadnu pozornosť. Podobne je to s kvalitou získaných údajov. Nepresné, nekvalitné a zastaralé údaje môžu byť napriek námahe a prostriedkom vynaloženým na ich získavanie pre ďalšie použitie nevhodné.

V súčasnom období sa začínajú prejavovať dve protichodné tendencie v súvislosti s tvorbou a poskytovaním údajov. Stále viac a viac je údajov, ktoré sú verejne dostupné. Je to vo vzťahu k rozširovaniu počítačových sietí a informačných systémov pre verejnosť (databázy znalostí, regionálne a miestne, či mestské informačné systémy). Motívom mnohých organizácií pre poskytovanie takýchto údajov je šírenie svojho mena, povedomia, reklamy, ale aj všeobecná tendencia k rozvoju informovanosti v spoločnosti. Typickým príkladom môžu byť zdroje na Internete.

Na druhej strane stále viac je údajov, ktoré si vytvárajú rôzne inštitúcie a organizácie, najmä pre vlastnú potrebu, ale aj pre komerciu. Vzniká trh s geografickými údajmi v digitálnej podobe. Vývoj v tomto smere u nás ešte len začína, ale určite bude dynamický. V týchto súvislostiach nadobúdajú na význame právne otázky problematiky, otázky stanovenia práv a povinností vlastníkov dát voči iným (zákazníkom) a štátu, otázky kvality a štandardov dát, otázky úloh a postavenia štátnych orgánov a inštitúcií.

2. Rozdelenie zdrojov údajov pre GIS

Už zobecnene je delenie zdrojov údajov na primárne a sekundárne. Vo vzťahu k sekundárnym digitálnym údajom STREIT, (1997) na doplnenie uvádza, že sekundárne dáta vznikajú spracovaním a vyhodnotením primárnych dát rôznym spôsobom, pričom sa zvyšuje ich informačná hodnota - obsah. Tak ako rastie ich uplatnenie a použiteľnosť však rastie aj potreba pripájania informácií o spôsobe ich získavania - zdroji, postupe spracovania a úprav, ďalej o aktuálnosti a kvalite dát. Takto sa dostávame k potrebe definovania pojmu metadát - „dát o dátach“.

Priame meranie vrátane pozorovania priestorových procesov je rozhodujúca fáza vo všetkých oblastiach výskumu, vedy i aplikácii a je aj základom získavania geografických údajov. Od neho závisí kvantita a kvalita získavaných dát a takisto na základe nich spoľahlivosť odvodených výsledkov a riešení. Merané údaje sú základom pre všetky ďalšie procesy - analýzy a syntézy, modelovanie, prognózovanie i formulovanie teórie.

Vo viacerých publikáciách sa rozoberá problematika spôsobov meraní (priame, nepriame) ako i zaznamenávania výsledkov meraní (analogový, digitálny záznam). V súčasnej dobe už existujú aj rozvinuté metódy pre primárne digitálne zaznamenávanie niektorých údajov priamo pri meraní - snímaní. Ako príklady môžeme uviesť metódy DPZ, alebo trvalých monitorovacích staníc, či aplikáciu GPS/GIS zariadení. Častejšie je však ešte stále pri meraní spracovať analogový záznam údajov. Pre účely použitia v počítačovom prostredí musia byť všetky údaje existujúce v analogovej forme prevedené do digitálnej. Tento proces sa označuje ako digitalizácia. Pri digitalizácii sa vždy v určitej miere znižuje časová a priestorová pochopiteľnosť dát. Spravidla dochádza tiež k diskreditácii kontinuálnych priestorových a časových procesov. Chyba, ktorá tým vzniká sa musí udržať v takom rozsahu, aby nedošlo k zhoršeniu výpovednej schopnosti dát.

Digitalizácia sa môže vykonávať manuálne, poloautomaticky, alebo úplne automaticky analogovo - digitálnym prevodníkom. Pri manuálnom prevode sa analogovo vyjadrené hodnoty odčítajú, alebo preradia - prepočítajú na číselné hodnoty a udávajú cez rôzne typy editorov do počítačového súboru. Príkladom môže byť odčítanie polohy a výšky bodov z topografickej mapy a zadanie hodnôt z klávesnice do súboru. Príkladom poloautomatického prevodu môže byť digitalizácia mapy s použitím digitizéra, pričom manuálne vyberáme body, poloha ktorých sa má zosnímať. Zistenie polohy už je automatické. Príkladom automatického prevodu je zosnímanie analogového obrazu, fotografie, alebo mapy scannerom.

Primárne zdroje sú teda zdroje údajov získané priamym meraním a zisťovaním na geografických objektoch, prípadne ich analogových modeloch (obrazoch) pri fotogrametrii a fotointerpretácii. Pokiaľ ide o geometrickú časť popisu geoobjektov ide najmä o výsledky geodetických meraní rôzneho druhu vrátane využitia GPS. V prípade atribútových údajov ide o výsledky priameho zisťovania - prieskumu vo forme vyčerpávajúcich zisťovaní, ale častejšie najmä rôznych výberových - štatistických zisťovaní popisných charakteristík objektov. V oblasti demografie a sociológie sú to tiež najrôznejšie štatistické výkazy a prehľady spracovávané rôznymi orgánmi, organizáciami a inštitúciami.

Fotogrametria sa považuje už za klasický zdroj údajov pre mapovanie. Možnosti fotogrametrie a fotointerpretácie ďalej výrazne rozšírilo zavedenie technológií DPZ začiatkom 70-tych rokov a otvorilo možnosť získať primárne údaje o rozsiahlych územiach. Zároveň je k dispozícii technológia (hardware i software) pre ich spracovanie,

resp. extrakciu objektov ako i pohodlný presun do prostredia GIS. V oboch prípadoch tieto primárne zdroje môžu poskytnúť geometrické i atribútové údaje.

Sekundárne zdroje sú údaje obsiahnuté najmä v kartografických podkladoch najrôznejšieho druhu. Označenie „sekundárne“ znamená, že boli primárne získané meraním, či zisťovaním v procese mapovania - tvorby mapy. Vo finálnej kartografickej podobe môže byť obsah mapy ovplyvňovaný účelom mapy, použitým postupom mapovania, generalizáciou, mierkou, spôsobom reprodukcie - tlače, atď.

Osobitné miesto zaberajú údaje, ktoré už existujú v digitálnej podobe. Vzhľadom na použitý prístup triedenia ich je treba považovať za druhotné, lebo boli rôznym spôsobom odvodené z rôznych primárnych i sekundárnych zdrojov.

Vzhľadom na rozsah problematiky sa v predložennom príspevku zameriame na primárne zdroje údajov pre GIS a spôsoby ich spracovania s osobitným dôrazom na prínosy posledného technologického rozvoja.

3. Primárne zdroje údajov pre GIS

3.1. Geodetické merania a GPS

Geodetické merania aj v súčasnosti zostávajú najpresnejšími a najdokonalejšími zdrojmi geometrickej časti priestorových údajov. Tak ako ich je možné využiť v klasických postupoch mapovania, sú vhodné aj pre budovanie digitálnych reprezentácií reálnych objektov. Výsledky geodetických meraní v súčasnosti môžu existovať vo viacerých formách. Postupy ich spracovania pre potreby GIS závisia od tejto formy. Do úvahy prichádza najmä spracovanie obsahu klasických terénnych zápisníkov údajov pozemných geodetických meraní. Tieto je možné po prepise do digitálnej formy (zadávanie obsahu z klávesnice) v požadovanom tvare spracovať špecializovaným softvérom do vektorovej reprezentácie. Tieto systémy pracujú buď ako samostatné produkty, je možné použiť aj prostredia CAD systémov ako je AutoCAD, Microstation alebo sú ako tzv. Coordinate Geometry Systems (COGO) súčasťou GIS (napr. u ARC/INFO). V prvom aj druhom prípade je zvyčajne zabezpečená možnosť importu výsledkov do GIS.

Moderné, kvalitné geodetické prístroje sú často vybavené elektronickými zariadeniami na zaznamenanie údajov meraní. Tie sú potom priamo prenositeľné do

prostredia balíkov pre ich spracovanie, alebo do prostriedkov COGO. Takéto moduly môžu byť tiež včlenené medzi moduly pre vstup údajov do GIS. Vzhľadom na vysokú presnosť sú tieto postupy vhodné najmä pre vytváranie a dopĺňanie obsahu máp veľkých mierok ako sú napr. katastrálne mapy, alebo technické mapy miest. Z u nás dostupných a používaných produktov tohto druhu môžeme uviesť najmä systém Kokeš v rôznych verziách a usporiadaní, MicroGEO a Geo (nastavby pre Microstation).

Prínosom k riešeniu otázok vstupu dát do GIS rovnako ako k ich aktualizácii môže byť používanie nových produktov na báze systémov pre globálnu navigáciu (GPS). Dôležité je tiež, že môžu výrazne znížiť náklady na vstup a aktualizáciu dát a umožňujú vytvoriť prepojenie medzi mapou, snímkom alebo digitálnou databázou a reálnou, fyzickou polohou na Zemskom povrchu. Možnosť jednoducho a efektívne využívať tieto zariadenia aj pre vytyčovanie, či navigáciu (z mapy alebo plánu, či snímky do reálnych podmienok) možno teda považovať za ich ďalšiu významnú vlastnosť.

V našich podmienkach sa prezentujú najmä poznatky o používaní GPS ako náhrady iných postupov geodetických meraní – pri lokalizácii geodetických bodov, vlicovacích a kontrolných bodov pre fotogrametrické účely apod. Zanedbáva sa zatiaľ možnosť využívať zariadenia na báze GPS pri terénnom zisťovaní (mapovaní) za účelom efektívneho napĺňania digitálnych databáz GIS – teda na priame zaznamenávanie polohovej aj atribútovej informácie spolu v digitálnej forme.

3.2. Fotogrametrické údaje

Hlavnou črtou fotogrametrie je skutočnosť, že meranie sa nerobí na samotnom objekte, ale na fotografii(iách) objektu, alebo na optických modeloch objektu(ov) vytvorených z meračských snímok. Zrejma je tu teda príbuznosť k metóde získavania údajov v DPZ. Osobitnou prednosťou je tiež možnosť zachytiť pohyblivé objekty a možnosť merania na snímkach opakovať, kontrolovať či doplniť.

Spolu s fotogrametriou zameranou na meranie na snímkach (zisťovanie kvantitatívnych charakteristik - rozmerov objektov) sa vyvíjala a vyvíja aj fotointerpretácia, ako odbor pri ktorom sa skúma obsahová - sémantická náplň snímky. Pri fotointerpretácii sa zisťujú, triedia a popisujú predmety a javy viditeľné na snímkach, prípadne ich prostredníctvom sa usudzuje na tie, ktoré nie sú zobrazené. Tu je príbuznosť k DPZ ešte väčšia.

Aj keď pre digitálnu fotogrametriu zatiaľ neexistuje presná definícia, jednou z jej hlavných charakteristík je, že namiesto fyzických - analógových obrazov na skle, papieri, alebo filme využíva obrazy - fotografie v digitálnej forme (digitálnu reprezentáciu obrazu). Ďalším znakom je, že sa vôbec nevyužívajú tradičné špeciálne fotogrametrické prístroje. Okrem úloh, ktoré sa riešili v klasickej fotogrametrii ako je triangulácia, ortoprojekcia a stereoskopické videnie sa riešia aj nové úlohy, pričom digitálna fotogrametria využíva niektoré metódy digitálneho spracovania obrazu - digital image processing a počítačového videnia - computer vision.

Aby bolo možné obraz digitálne spracovať, musí existovať jeho digitálna reprezentácia. Vo vzťahu k fotogrametrii je možné digitálnu reprezentáciu obrazu vytvoriť aj priamo snímaním reality optickomechanickým, alebo optickoelektronickým zariadením - scannerom, CCD zariadením, či videokamerou, alebo najčastejšie ešte stále nepriamo scanovaním analógovej (meračskej) snímky scannerom. Vzhľadom k tomu, že digitálny ekvivalent meračskej kamery zatiaľ neexistuje, je priama metóda používaná najmä u družicových nosičov. Digitálna reprezentácia obrazu (snímky) je vhodnejšia pre rádiometrické úpravy ako analógová. Pri prevode do digitálneho tvaru však môže dôjsť k určitej strate informácie.

Ortorektifikované čierno biele letecké fotografie poskytujú detailné polohové informácie pre menšie územia s vysokou rozlišovacou schopnosťou (veľkosť pixela rádovo v dm a cm), čo ich predurčuje pre vektorizáciu za účelom aktualizácie obsahu rôznych druhov máp a digitálnych databáz. Ortorektifikácia digitálnou cestou je však zložitou úlohou vyžadujúcou existenciu digitálneho modelu terénu. V našich podmienkach sa tento tradične vytvára najmä z kartografických zdrojov. V poslednom období je možné získať digitálne modely terénu určitých častí alebo aj celého územia Slovenska s rôznou rozlišovacou úrovňou aj od rôznych dodávateľov (najmä Geomodel, s.r.o.). Model je tiež možné vytvoriť zo stereo dvojíc leteckých snímok rôznymi postupmi za použitia rôznych zariadení pre polo alebo plne automatizovanú tvorbu modelu najmä korelačnou metódou.

V posledných rokoch sa začínajú čoraz viac využívať multispektrálne a farebné infračervené snímky, ale aj rôzne nefotografické záznamy. Ich interpretácia poskytuje veľké množstvo informácií, ale využitie je zatiaľ smerované len do niektorých špeciálnych oblastí ako je napr. zisťovanie zdravotného stavu lesa, stavu porastov poľnohospodárskych plodín atď. Širšiemu uplatneniu v praxi bráni zatiaľ vyššia cena v porovnaní s tradičnými čierno bielymi snímkami.

Ortofotosnímka je veľmi vhodná ako vstup pre mapovanie najmä s následnou digitalizáciou na monitore, prípadne len ako doplňujúci obraz (v pozadí) pri kombinácii s inými reprezentáciami reálnych objektov. Mozaiku ortofotosnímkov pre väčšie územie je možné považovať za najdôležitejší produkt digitálnej fotogrammetrie a zdroj vstupných údajov pre spracovanie v prostredí GIS.

Systemy pre digitálnu fotogrametriu sú zatiaľ pomerne drahé a široko sa nevyužívajú (najmä u nás). Vo všeobecnosti však treba tieto systémy a ich výstupy považovať za mimoriadne zaujímavé zdroje aktuálnych informácií pre GIS. Fotointerpretáciu je tiež možné využiť na definovanie atribútových vlastností objektov. Najčastejšie sa vykoná klasickými postupmi a definované atribúty sa zadávajú vstupom cez klávesnicu (pozri však aj ďalej).

3.3. Údaje z DPZ

Pokiaľ existujú v digitálnej forme je vstup jednoduchý. GIS bývajú vybavené modulmi na konverziu formátov najčastejších druhov dát (Lanstat, Spot a iné) do rastrového formátu používaného systémom. Po konverzii je potrebné vykonať geometrickú korekciu a lokalizáciu v používanom súradnicovom systéme.

Údaje v analógovej forme je potrebné zosnímať niektorým z postupov vhodným pre tento účel. V zásade je však možné hovoriť o scanovaní (digitalizácii) týchto údajov .

Komentovaným spôsobom upravené produkty DPZ je možné ďalej využiť mnohokrátym spôsobom. Je ich možné napr. využiť ako podklady pre digitalizáciu na monitore - vektorizáciu podobne ako fotogrametrické zdroje. Oveľa častejšie je však využitie údajov DPZ ako zdrojov atribútových informácií o objektoch na Zemskom povrchu. Avšak snímky v „surovom“ stave nie sú obyčajne ani pre tento účel ani pre účely vizualizácie vhodné.

Podľa zdroja elektromagnetického žiarenia existujú pasívne systémy (spôsoby) snímania pri ktorých senzor zaznamenáva žiarenie pochádzajúce z prirodzených zdrojov - väčšinou zo Slnka, ktoré dopadá na Zemský povrch a odráža sa naspäť, prípadne vyžarované Zemou a aktívne systémy, ktoré majú vlastný zdroj žiarenia, vysielajú ho k Zemi a snímajú ho po odraze. K takýmto systémom patria napr. radary a lidary.

Senzory snímacích zariadení DPZ sú prispôbené pre snímanie rôznych oblastí EMS. Typickým znakom údajov z DPZ je ich viacpásmovosť - multispektrálnosť. Všetky

oblasti EMS nie je možné využiť pre účely DPZ rovnako efektívne, lebo niektoré sa pri prechode cez vrstvu atmosféry pohltia a rozptýlia. Veľmi zjednodušene môžeme povedať, že pre DPZ majú najväčší význam oblasť viditeľného žiarenia - svetla a infračervená oblasť, ktoré sú najmenej ovplyvňované rušivými vplyvmi atmosféry a označujú sa tiež ako atmosférické okná. Okrem týchto cez atmosféru dobre prenikajú aj mikrovlny. Tieto nachádzajú uplatnenie najmä v radarových systémoch.

Výhodou údajov DPZ z kozmických nosičov v porovnaní s leteckými snímkami je to, že poskytujú komplexný obraz rozsiahleho územia (až tisícky km²) na jednom obrazovom zázname, pravidelný a operatívny zber údajov ako i možnosť rýchleho kvantitatívneho spracovania (niekoľko hodín po ich nameraní). Opakovateľnosť aplikácie rovnakých metód digitálnej interpretácie umožňuje použitím multitemporálnych radov (údajov z viacerých časových horizontov) sledovanie zmien krajiny. Údaje možno spracovávať použitím metód digitálnej i vizuálnej (analogovej) interpretácie. Primárna digitálna forma údajov, alebo zdigitalizované výsledky vizuálnej interpretácie sú predpokladom pre ďalšie použitie v geografických informačných systémoch a v modeloch. Nevýhody využitia uvedených údajov vyplývajú z limitov rozlišovacích schopností systémov zberu údajov, ktoré obmedzujú ich použiteľnosť pre mierky 1 : 25 000 a menšie. Metódy digitálnej interpretácie sú tiež náročné na použitie výpočtovej techniky, špecializovaný software a školený personál.

V diaľkovom prieskume Zeme prebieha intenzívny rozvoj najmä s príchodom nových sensorových technológií. Vo veľmi krátkej dobe budú komerčne dostupné údaje s vysokou priestorovou a spektrálnou rozlišovacou schopnosťou získavané novou generáciou satelitných systémov. Za údaje s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou sa vo všeobecnosti považujú satelitné údaje s rozmerom pixela pod 5 m. U hyperspektrálnych údajov máme na mysli záznam až niekoľko sto úzkych kanálov – pásiem. Intenzívny rozvoj je aj v oblasti kombinovania tradičnej fotogrametrie a nových digitálnych sensorov – ako sú napr. LH systémy alebo Z/I Imaging.

4. Aktuálne trendy rozvoja v oblasti získavania primárnych údajov pre GIS

4.1. Integrácia GPS/GIS

Nástroje pre zber údajov k naplneniu GIS databáz na báze GPS sú navrhnuté a prispôbené pre aplikácie v ktorých sa vyžaduje relatívne presné definovanie polohy a

zároveň atribútovej informácie. Aj keď majú niektoré obmedzenia, poskytujú dostatočnú polohovú presnosť, sú ľahko použiteľné, málo nákladné, efektívne a dobre pripojiteľné na komplex softwarových nástrojov na zber, štruktúrovanie a ukladanie priestorových informácií – teda GIS systémov. Základné informácie o integrácii GPS/GIS alebo aj mobilných GIS môže záujemca získať vo viacerých zdrojoch, veľmi prehľadne ich uvádzajú napr. HARRINGTON (2000) alebo GRAHAM (2000).

Ak majú tieto prostriedky slúžiť na priamy zber dát a ich zaznamenávanie v digitálnej forme musia byť adaptované na terénne softwarové, ale najmä hardwarové prostriedky, ktoré nie sú zatiaľ celkom bežne používané (špeciálne terénne a vplyvu počasia odolné počítače). Niektoré sa skladajú z viacerých komponentov – terénny počítač, GPS prijímač, anténa, iné sú integrované do jediného prístroja. Viaceré GPS prijímače je možné spájať so všeobecne známymi záznamníkmi Psion rôznych typov, notebookmi alebo handheld počítačmi (napr. iPAQ Compaq). S ohľadom na vonkajšie podmienky používania je však zrejme orientácia na robustnejšie a odolnejšie zariadenia ako sú napr. počítače značiek Husky, Walk About, At Work alebo Juniper.

Rovnako konfigurácia GPS prijímača, jeho výkonnosť, efektívnosť a presnosť sa môže meniť od GPS zostavy so špeciálnou anténou dosahujúcej geodetickú presnosť v mm až po integrované turistické a motoristické GPS prijímače pre navigáciu s CF rozhraním veľkosti zápalkovej krabičky (značky Trimble alebo Pretec), ktoré sa priamo integrujú s prenosným počítačom napr. s už spomínaným iPAQ Compaq. Prehľad poznatkov z tejto oblasti uvádzame napr. v práci TUČEK et al (2001) alebo TUČEK (v tlači). Informácie o vhodných terénnych počítačoch je možné získať prehľadne z popularizačných článkov BEDFORD (1998) alebo BEDFORD (2001).

Rozvinutá je aj problematika softwarových prostriedkov. Systémy sú primárne navrhnuté na zber údajov pre GIS. Procedúra je v princípe jednoduchá – zatiaľ čo terénny pracovník popisuje atribúty objektu – používa pritom podľa povahy terénneho počítača klávesnicu, popisovacie pero alebo ukazovátka, GPS prijímač zisťuje jeho polohu. Bežné sú riešenia ktoré umožňujú modelovať geografické objekty ako body, línie alebo polygóny. Atribúty je možné zadávať priamo – napr. vizuálne zistené alebo bežnými pomôckami namerané hodnoty. Racionalizáciu predstavuje využívanie zoznamov, či číselníkov (katalógov), z ktorých pracovník vyberá z ponuky (umožňuje to riadiť a kontrolovať obsah databázy). Na trhu sú dostupné jednak univerzálne prostriedky pre zber údajov pre všeobecnejšie koncipované typy objektov (bod, línia, polygón), ktoré si užívateľ prispôbi podľa svojich potrieb (ArcPad, Solo, Pocket GIS, atď.) ale aj špecializované prostredia

navrhnuté pre jedinečné typy objektov (pre lesnícke účely napr. strom, kmeň, pokusná plocha v systéme Field Map).

Záznam komplexnej geografickej informácie v digitálnej forme možno považovať za výrazný racionalizačný prvok, lebo vstup dát do digitálnej databázy GIS nevyžaduje digitalizáciu (konverziu) a len minimálne alebo nijaké ďalšie úpravy. Ak sú potrebné, vykonávajú sa v digitálnej forme s využitím bežných hardwarových a softwarových prostriedkov. Pokiaľ ide o zisťovania na bodoch pravidelných alebo nepravidelných (výberových) sietí je výhodné použiť na ich ďalšie spracovanie štatistické a geoštatistické postupy. Pre potreby geomorfologického výskumu a mapovania rozoberá veľmi detailne široké súvislosti tejto problematiky VOŽENÍLEK et al (2001)

Je potrebné tiež zdôrazniť, že takéto systémy často umožňujú pripojenie a vstup údajov z ďalších externých prístrojov slúžiacich na meranie (získanie) atribútových a/alebo doplňujúcich polohových údajov. Patria sem najmä laserové diaľkomery, kompasy, sklonomery a výškomery (prípadne ich kombinácia do univerzálneho prístroja) ale tiež elektronické priemerky, rôzne druhy testovacích a vyhodnocovacích prístrojov apod. čo môže mať v špecifických aplikáciách mimoriadny význam. V tomto prípade sa však zvyšujú nároky na komplexnosť softwarového riešenia, ktoré je najčastejšie vo forme databázovej aplikácie.

4.2. Materiály (fotografické a DPZ) s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou

Napriek enormnému rozvoju diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) v poslednom období, ktorý sa prejavil vo všetkých jeho rovinách (nosiče, senzory, nové princípy snímania, spôsob a kvalita záznamu, priestorová a spektrálna rozlišovacia schopnosť, metódy a algoritmy spracovania údajov, softvérové prostriedky, aplikačné oblasti) väčšina aplikácií je stále založená na princípoch vyvinutých v 70-tych rokoch minulého storočia. Využívajú sa najmä dáta s priestorovou rozlišovacou schopnosťou rádovo niekoľko (desiatok) metrov z kozmických nosičov a klasifikácia pixelov vo viacdimezióne priestore (spektrálnych) vlastností objektov.

V mnohých oblastiach tento prístup plne postačuje, prináša dobré výsledky a rozvinul sa nielen teoreticky ale aj technologicky a komerčne. Jedným z jeho základných nedostatkov je, že nevyužíva žiadne priestorové pojmy. Technologický vývoj v oblasti

však podmieňuje stále častejšie využívanie materiálov DPZ s rádovo vyššou priestorovou rozlišovacou schopnosťou (m, dm ale aj cm) často len z jedného pásma elektromagnetického spektra. U týchto materiálov je veľká pravdepodobnosť, že susedné pixely patria do rovnakej triedy ako práve posudzovaný (hodnotený pixel) napriek tomu, že javia odlišné spektrálne charakteristiky.

Aktuálna je preto požiadavka klasifikovať – identifikovať objekty (záujmu) na obraze – nie individuálne pixely, ktoré zodpovedajú (reprezentujú) reálne objekty v krajine využívajúc pritom algoritmy vylišujúce ich na základe kontextovej informácie v obraze, na základe jeho textúry, fraktálovej dimenzie (BLASCHKE, STROBL, 2001), ale tiež a priori, či pridaných poznatkov o nich vo forme poznatkových báz.

Pojem „materiál s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou“ nie je zatiaľ chápaný jednotne. Podľa rôznych autorov sa parametre high resolution materiálov rôznia. GOUGEON (1998) člení obrazové materiály podľa ich priestorovej rozlišovacej schopnosti na materiály s nízkou rozlišovacou schopnosťou s rozmerom obrazového prvku 10 až 100 m, strednou 1 až 10 m a vysokou 0,1 až 1 m. HUI et al (2000) považujú obrazové dáta s rozmerom pixela pod 1 m už za very high resolution (high resolution necharakterizujú). DEKOK, SCHNEIDER, AMMER (1999), prípadne DEKOK et al (2000) stanovujú hranicu dát s vysokým rozlíšením na veľkosť pixela pod 5 m. BLASCHKE A STROBL (2001) uvádzajú, že spektrum rozlišovacích schopností materiálov pri súčasných technických možnostiach senzorov začína od 10-15 cm u laserových scannerov, CASI, HRSC-A a fotografických materiálov získavaných z leteckých nosičov spolu s 1 m rozlíšením najlepších satelitných snímačov, pokračuje priemernými (SPOT, Landsat) až k systémom s hrubou rozlišovacou schopnosťou (SPOT Vegetation, AVHRR). LILLESAND a KIEFER (1994) hovoria o dátach s vysokým priestorovým rozlíšením už pri družici SPOT, kde sa používajú high resolution visible (HRV) snímacie systémy s veľkosťou obrazového elementu v panchromatickom móde 10 x 10 m.

Posledne uvedená poznámka jasne naznačuje, že postupným zdokonaľovaním snímacej techniky sa menia, znižujú hranice v členení obrazových dát na základe ich priestorového rozlíšenia. Pravdepodobne je možné prijať hranicu 5 m na označenie údajov s vysokou a pod 1 m na označenie údajov s veľmi vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou. Údaje s takýmito parametrami pritom nie sú už dnes zvláštnosťou. Dáta IKONOS a Eros majú napr. rozlišovaciu schopnosť 1 m v panchromatickom a 4 m v multispektrálnom móde. Časté je už aj digitálne spracovanie scanovaných fotografických záznamov (vrátane CIR materiálov), kde sa dá pri vhodnej mierke dosiahnuť veľkosť

obrazového prvku výrazne pod 1 m. Ovocie prináša aj rozvoj nových technológií snímania ako sú napr. laserové scanery – lidary, pri záznamoch, ktorých je dosahovaná priestorová rozlišovacia schopnosť v dm.

K problematike využitia takýchto materiálov sa v poslednom období mimoriadne intenzívne publikuje. GANAS, LAGIOS A TZANNETOS (2001) sa zaoberajú výskumom polohovej presnosti obrazov IKONOS v urbanizovaných oblastiach. LI (1997) sa zaoberá potenciálom satelitných materiálov s vysokým priestorovým rozlíšením pre mapovanie. Špeciálnu pozornosť im v popularizačných článkoch venujú PETRIE (1999) a PRESS (1999). Veľmi zaujímavá je aj problematika laserových scannerov, ku ktorej uvádzame detailný rozbor literárnych poznatkov v práci TUČEK (2001). Zaujímavú kombináciu laserových údajov s digitálnou reprezentáciou obrazu využitú pre potreby identifikácie objektov (pozri aj ďalej) uvádzajú HOFFMANN A VAN DER VEGT (2001).

4.3. Multiškálové analýzy a rozpoznávanie objektov

Materiály s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou sú často jednopásmové. Pri ich analýze preto chýba možnosť využiť zmeny chovania sa objektov v rôznych oblastiach elektromagnetického vlnenia. Preto sa rozvíjajú snahy kombinovať ich s materiálmi s takýmito vlastnosťami. Tieto však majú zvyčajne rádovo horšiu priestorovú rozlišovaciu schopnosť. Vede to k analýze obrazu, najmä rôznych postupov segmentácie pri rôznej (viacerých) rozlišovacích úrovniach a k hierarchickej analýze (segmentácii) obrazov. Potenciál takýchto princípov, aktuálne problémy v nich, členenie používaných algoritmov uvádzajú vo svojej práci SCHIEWE, TUFLE A EHLERS (2001). BAATZ A SCHAPE (2000) sa zaoberajú optimalizačným prístupom a metódami spájania segmentov obrazu. Typickú aplikáciu zameranú na mapovanie typov vegetačného krytu krajiny s využitím materiálov s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou uvádzajú CIVCO a HURD (199p). Príkladmi vytvárania hierarchii objektov môžu byť práce HOFMANN (2000) alebo pre lesnícke účely WEBER (2001).

Techniky klasifikácie na základe spektrálnych vlastností objektov pracujú ako so základnou jednotkou s pixelom. Ten je však v prípade „klasických“ materiálov DPZ pre účely rozpoznávania menších objektov príliš veľký. Preto sa rozvíja celá škála metód pre „subpixelové“ spracovanie takýchto obrazov z DPZ. Patrí sem celá problematika mäkkých (štatistických) klasifikátorov (typické nástroje pre tento účel poskytuje aj prostredie Idrisi

32), prípadne využitia a priori znalostí o objekte záujmu. Detailný rozbor možných prístupov k takýmto analýzám uvádza EASTMAN (1997).

V prípade využitia materiálov s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou, stojíme pred opačným problémom. Pixely patriace k tomu istému objektu môžu mať vplyvom svojho postavenia na ňom (osvetlenie, zatienenie) rozdielne spektrálne charakteristiky. Ešte dôležitejšie je, že vzájomné postavenie, priestorové vzťahy medzi pixelami sú typické práve pre určitý objekt. Pri analýze takýchto materiálov nebude preto vhodné triedenie individuálnych pixelov do kategórií, ale rozpoznávanie objektov, ktoré vytvárajú.

Za ťažiskovú prácu v tejto oblasti, vysvetľujúcu potrebu zmeny prístupov v analýzach dát DPZ, teoretické východiská, vhodné postupy segmentácie i typické aplikácie dokazujúce správnosť takéhoto prístupu, môžeme považovať príspevok BLASCHKE a STROBL (2001). Prehľad o možnostiach uplatnenia takéhoto prístupu s uvedením možných postupov segmentácie obrazov a odôvodnením potreby ďalšej fúzie oblastí GIS a DPZ poskytujú BLASCHKE et al (2000). Mimoriadne zaujímavá je práca HOFMANN (2001) zameraná na typické rozpoznávanie objektov a vytvárania ich hierarchii v zastavanom území z údajov IKONOS. Rozpoznávanie objektov sa už dlhšiu dobu uplatňuje pri analýzach radarových údajov. Príkladmi takýchto aplikácií môžu byť práce BENZ, POTTIER (2001) a BENZ, BAATZ A SCHREIER (2001). Hierarchickú klasifikáciu obrazu a extrakciu drevinového zloženia a zápoja lesných porastov uvádzajú vo svojej práci GERYLO et al. (1998). Zaujímavé lesnícke aplikácie uvádzajú tiež DE KOK et al (2000).

S rozpoznávaním objektov súvisí problematika využitia a priori poznatkov o nich – teda o ich rôznych priestorových charakteristikách a parametroch (tvar, usporiadanie častí, veľkosť) ako i vzájomných vzťahoch (susedstvo, obsiahnutosť) ale aj atribútových charakteristikách. Na manažovanie takýchto poznatkových báz sa vyvinuli tzv. knowledge based systémy. Dôležitým znakom posledného vývoja je, že nástroje na podobné účely sa dopĺňajú do GIS systémov ale aj prostredí pre analýzu obrazov z DPZ. Veľmi často ide u špeciálne užívateľské nadstavby, či moduly naprogramované pre špeciálne účely ale objavujú sa aj integrované programové prostriedky s takýmto zameraním. Typickým príkladom takéhoto prostredia môže byť systém eCognition (pozri aj ďalej). S využitím tohto prostredia sa v práci HOFMANN (2001) využíva pridaná informácia o výške objektov na ich identifikáciu z údajov IKONOS.

Dôležité je upozorniť v tejto súvislosti na vplyv mierky alebo rozlišovacej úrovne. Segmenty obrazu totiž nikdy nebudú reprezentovať zmysluplné objekty vo všetkých mierkach a pre všetky aplikácie rovnako kvalitne (BLASCHKE a STROBL, 2001). Okrem iného je tu väzba na už spomínané multiškálové analýzy. Samotná otázka rozlišovacej úrovne (úrovne detailu) je veľmi dôležitá, zaujímavá a možno aj kľúčová. Jej vplyvom sa zaoberajú sa napr. NIEMANN, GOODENOUGH A HAY (1997), nepriamo KRUMMHEUER (1998) a vo vzťahu napr. k identifikácii korún stromov pre lesnícke účely LECKIE A GOUGEON (1998) a najmä BRANDTBERG (1999) so ŠUMBEROM (2001). Mimoriadny teoretický význam pre túto oblasť má podľa nás práca BLASCHKE A HAY (2001).

S možnosťou identifikovať objekt v digitálnej reprezentácii obrazu súvisí potreba popísať jeho vlastnosti s využitím takých charakteristík (obrazu ako celku i objektov), ktoré sa doteraz pri aplikáciách digitálneho spracovania obrazov bežne nevyužívali, ale ktoré sú tradične využívané pri vizuálnom vyhodnocovaní obrazov – uplatnenie textúry, poznatkov o usporiadaní a súvislostiach medzi objektmi. Základný prehľad je možné získať napr. z prác HUDAK a WEISSMAN (1997) alebo ST-ONGE, COUTURE A ALLEAUME (1999). Vyspelú integráciu analýzy textúry vo väzbe na hierarchickú analýzu obrazu zameranú na klasifikáciu drevinového zloženia porastov uvádza práca FRANKLIN et al (2000).

4.4. Softwarová podpora

V našej analýze sme sa už dotkli viacerými autormi doporučovanej integrácie poznatkov a prostriedkov zo všetkých oblastí geoformatiky v záujme zvládnutia nových prístupov k spracovaniu údajov DPZ s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou. Z technologického hľadiska sa pritom používajú rôzne softwarové prostriedky alebo ich kombinácie. Základom je obyčajne kvalitné prostredie pre analýzu obrazov z DPZ vo väzbe na GIS prostredia, prípadne doplnené špeciálnymi užívateľskými nadstavbami alebo modulmi. Na situáciu reagujú producenti týchto prostriedkov neustálym obohacovaním ich funkčnosti. Avšak komplexné uplatnenie všetkých komentovaných poznatkov umožňuje málokto. Mimoriadnu pozornosť z tohto hľadiska si zaslúži softwarové prostredie eCognition.

Toto prostredie je priamo založené na už vpredu viackrát komentovanom novom objektovo orientovanom prístupe k obrazovej analýze, ktorého základnou jednotkou záujmu nie je individuálny pixel ale segmenty obrazu a/alebo objekty ktoré vytvárajú.

S identifikáciou a chápaním objektov priamo súvisí aj ich vzájomné prepojenie do sietí. Kým topologické vzťahy jednotlivých pixelov sú dané implicitne vybudovaným rastrom, sieť objektov je vytvorená s rešpektovaním, resp. určením vzájomných vzťahov medzi susednými, ale aj hierarchicky nadradenými a podradenými objektmi. Následne však táto sieť topologických vzťahov poskytuje bohaté možnosti vyjadrenia rôznych druhov doteraz nevyužívaných informácií o nich obsiahnutých v obraze, ako sú tón, tvar, textúra, kontext, či informácie z iných obrazových vrstiev (apriorne poznatky).

Ten istý obraz môže byť naraz segmentovaný do väčších alebo menších objektov vo viacerých vrstvách a takto môžu byť obrazové informácie prezentované v rôznych úrovniach detailu (mierkach či škálach), ktoré závisia na veľkosti objektov obrazu. Toto je dosiahnuté hierarchickou štruktúrou objektov obrazu, kedy každý objekt pozná svoje susediace, nadradené i podradené objekty.

Pre podporu objektovo orientovaného prístupu eCognition používa svoje špecifické metódy segmentácie i klasifikácie. Teoretické základy použitých algoritmov a postupov síce priamo nie sú publikované ale základné informácie o nich uvádzajú BLASCHKE et al (2000), BLASCHKE A STROBL (2001), prípadne BAATZ A SCHAPE (2000). Ďalšie prostriedky ako vstup a výstup údajov, vektorizácia, zadávanie tréningových množín, užívateľské prostredie, stanovenie presnosti a štatistické prostriedky zlepšujú užívateľské vlastnosti tohto prostredia a optimalizujú jeho ovládanie.

eCognition ponúka niekoľko výhod oproti doteraz používaným softwarovým prístupom používaným pri analýze obrazov DPZ:

- systém ponúka celú sadu užitočných nástrojov pre automatizovanú analýzu obrazu,
- umožňuje spracovávať snímky so zložitejšou štruktúrou, aj snímky s nízkym kontrastom, napr. satelitné snímky s vysokou rozlišovaciu schopnosťou, letecké fotografické, radarové snímky a materiály z laserových scannerov,
- má prostriedky na jednoduché prispôsobenie sa priestorovému rozlíšeniu obrazu,
- rovnocenne sa využíva rastrová aj vektorová reprezentácia objektov obrazu,
- umožňuje analýzu ľubovoľného počtu vrstiev toho istého obrazu,
- unikátna je možnosť pracovať s rôznymi typmi údajov súčasne, napr. rôzne druhy snímok, snímky s rôznou priestorovou rozlišovacou úrovňou, tématické GIS vrstvy, výškové údaje,

- umožňuje formulovať a využívať apriorne poznatky o objektoch, ktoré rovnako ako priestorové, atribútové a spektrálne charakteristiky objektov môžu byť modelované s uplatnením neurčitosti fuzzyfikáciou,
- má jasné a prístupné užívateľské prostredie.

Producent venuje veľkú pozornosť rozširovaniu informácii o systéme. Samozrejmosťou je webová stránka, diskusná skupina ale aj publikovanie najčerstvejších noviniek o vývoji systému. Publikujú sa aj stručné a výstižné informácie o úspešných aplikáciách spracované len pre tento účel alebo na základe širšie koncipovaných prác (niektoré z nich sme už v našom rozbere spomenuli). Na doplnenie možno ešte uviesť práce MULLER (2001), FOCKELMANN, (2001), SCHIEFER (2001) prípadne MULLER A BENZ (2001).

5. Diskusia a záver

Predložený príspevok možno pôsobí nevyváženým dojmom, lebo sa zaoberá len jednou časťou zdrojov údajov pre GIS a to zdrojmi primárnych údajov. Zameraním sa len na ňu vôbec nechceme povedať, že zdroje druhotných údajov sú menej dôležité. Naopak, s ohľadom na rozsiahlosť problematiky sme sa radšej rozhodli rozobrať len jednu, ale čo najdokonalejšie. Primárne zdroje a postupy spracovania ich údajov sú tiež základom aj pre vznik druhotných údajov. K otázkam druhotných zdrojov bolo publikované veľké množstvo prác a sme presvedčení, že jej najdôležitejším aspektom (aktuálne mapové a digitálne podklady na Slovensku, metadáta, štandardizácia, právne a organizačné otázky) budú venované viaceré príspevky aj na prebiehajúcej konferencii.

Z primárnych zdrojov údajov chceme ešte upozorniť na málo využívané sociologické a demografické údaje vedené orgánmi štátnej správy a ktoré s ohľadom na väzbu na rodné čísla, resp. poštové smerové číslo majú povahu geografických údajov.

V príspevku sme sa pokúsili detailnejšie upozorniť na aktuálne možnosti vyplývajúce najmä z dvoch smerov vývoja – z integrácie GPS/GIS a materiálov DPZ s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou, ktorých potenciál sa u nás zatiaľ tiež nevyužíva. Naše skúsenosti napr. s GPS prijímačom March II., ktorý umožňuje len vytvárať formuláre atribútov pre lokalizované bodové, líniové a polygónové objekty ukazujú, že aj bez komplexnejšieho vybavenia je zber integrovaných informácií (v danom prípade pre lesnícke účely) možný. Prínosom je odbúranie vytvárania rukou písaných

poznámok, ich následné kombinované spracovanie a zadávanie do počítačového prostredia. Vytvorené atribútové súbory je možné jednoducho previesť z ASCII tvaru do prostredia napr. EXCEL a podľa potreby ďalej spracovávať. Polohová informácia sa spracuje obvyklým spôsobom až do napr. formy vektorovej informačnej vrstvy vo formáte .shp súboru, pričom k objektom je možné pripojiť merané alebo agregované, či spracované atribútové informácie.

Rozširovaniu komentovaných prostriedkov zatiaľ bráni pomerne vysoká cena, ktorá najmä pri vytvorení komplexnejšej zostavy napr. s laserovým kombinovaným prístrojom (diaľkomer, kompas) a elektronickou priemerkou, či inými perifériami spolu s terénnym počítačom vybaveným vhodným softwarom prekračuje miliónové hodnoty. Určitou nádejou môžu byť softwarové prostriedky pracujúce pod operačným systémom Windows CE (napr. ArcPad, Solo, Pocket GIS) vhodné aj pre počítače Compaq iPAQ, ktorých cena nie je príliš vysoká. Pre tieto počítače tiež ponúkajú špecializovaní výrobcovia kompaktné GPS prijímače s CF rozhraním (napr. PRETEC alebo TRIMBLE). Prvé výsledky experimentálneho overovania zostavy iPAQ Compaq s integrovaným GPS prijímačom Pretec a softwarovými prostriedkami ArcPAD a Solo sú veľmi nádejné. Zber atribútových vlastností je tomto prípade riešený dokonale vrátane vstupu nameraných dát z externých zariadení.

V druhej detailne komentovanej oblasti upozorňujeme na nové druhy dát DPZ, resp. na nové prístupy k spracovaniu tradičných, najmä fotogrametrických údajov, ktoré sa pri automatizovanom digitálnom spracovaní doteraz nepoužívali. Boli však bežné pri vizuálnej interpretácii týchto materiálov. Technologický rozvoj musel priniesť vhodné softwarové prostriedky pre ich uplatnenie, museli sa vyriešiť problémy rýchlosti a efektívnosti algoritmov a postupov pri obrovských objemoch údajov, atď. V súčasnosti, ako sme uviedli, sú tieto predpoklady splnené. Potenciál nových prístupov je pritom obrovský, lebo rozlišovacia úroveň sa zvyšuje rádovo na dm a m.

Novým poznatkom je tiež zistenie, že tieto prístupy vyžadujú neobyčajne silnú integráciu a účelné aplikovanie poznatkov zo všetkých oblastí geoinformatiky. Rozdiely, či odlišnosti medzi oblasťami zberu dát a ich štruktúrovaním a spracovaním, tradičné členenie na (digitálnu) fotogrametriu, spracovanie obrazu, geografické analýzy, GIS, informatiku, manažovanie poznatkových báz, atď. je skôr prekážkou ako potrebou.

Z oblastí, ktoré s komentovanými súvisia a ktoré sme nerozobrali, resp. sa im u nás nevenuje pozornosť ešte upozorňujeme na „tradičné“ zanedbávanie aplikácii radarových údajov, ktoré sa vo svete tešia veľkej pozornosti a metódy zo spracovania ktorých tiež

prispeli k uvedeným inováciám. Dúfame len, že ich osud nebudú nasledovať údaje z leteckých laserových scannerov, ktoré sú zatiaľ drahé a u nás neskúmané a nepoužívané najmä z tohto dôvodu.

O vlastný príspevok k využitiu nových prístupov k analýzám údajov DPZ s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou sme sa pokúsili návrhom a prvotným overením pre automatizovanú identifikáciu individuálnych korún stromov z leteckých CIR snímok. K hodnotám obrazovej funkcie sme pristupovali ako k povrchu a na analýzu sme aplikovali nástroje na geografické analýzy – mapovú algebru, analýzu ocenených povrchov a analýzu povodí so zaujímavými výsledkami (TUČEK, v tlači)

Použitá literatúra

BAATZ, M., SCHAPE, A. 2000. Multiresolutional segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J. et al. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT – Symposium Sazburg 2000, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag : 12-23

BEDFORD, M. 1998. Rugged individualists, GIS Europe, July 1998, Issue 7, pp. xvi – xix

BEDFORD, M. 2001. Tough customers, Geo Europe, October 2001, Issue 10, pp. 42-45

BENZ, U., BAATZ, M., SCHREIER, G. 2001. OSCAR – OBJECT-ORIENTED SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF ADVANCED RADAR ALLOW AUTOMATED INFORMATION EXTRACTION,

<http://www.definiens-imaging.com/down/publication1.pdf>.

BENZ, U., POTTIER, E. 2001. Object Based Analysis of Polarimetric SAR Data in Alpha-Entropy-Anisotropy Decomposition Using Fuzzy Classification by eCognition, <http://www.definiens-imaging.com/down/publication2.pdf>.

BLASCHKE, T., LANG, S., LORUP, E., STROBL, J., ZEIL, P. 2000. Object-oriented image processing in an integrated GIS/Remote sensing environment and perspectives for environmental applications, In: Cremers, A., Greve, K. 2000 (Editors): Environmental Information for Planning, Politics and the Public, MetropolisVerlag, Marburg, Volume II.

BLASCHKE, T., STROBL, J. 2001. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing Remote sensing and GIS, In: GeoBIT/GIS 6: 12-1

- BLASCHKE, T., HAY, G., J. 2001. Object-oriented Image Analysis and Scale-space: Theory and Methods for modelling and Evaluation Multiscale Landscape Structures, In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 34, part 4/W5 : 22-29
- BRANDTBERG, T. 1999. Automatic individual tree-based analysis of high spatial resolution remotely sensed data, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 118, 47 pp.
- CIVCO, D., L., HURD, J., D. 1999. A hierarchical approach to land use and land cover mapping using multiple image types. Proc. 1999 ASPRS Annual Convention, Portland, OR. pp. 687-698 <http://resac.uconn.edu/leris/publications.html>
- DE KOK, BUCK, A., SCHNEIDER, T., AMMER, U. 2000. Analysis of image objects from VHR imagery for forest GIS updating in the Bavarian Alps, ISPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam, 2000
- DE KOK, R., SCHNEIDER, T., AMMER, U. 1999. Object-Basesd Classification and Applications in the Forest Enviroment International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 32, Part 7-4-3 W6, Valladolid, Spain, 3-4 June
- EASTMAN, J. R. 1997. Idrisi for Windows, Advanced Tutorial Exercises, Clark University, Worcester, 77 p.
- GANAS, A., LAGIOS, E., TZANNETOS, N. 2001. An Investigation on the Spatial Accuracy of the IKONOS 2 Orthoimagery within an Urban Environment, <http://www.pcigeomatics.com/tech-papers/papers.html>
- GERYLO, G., HALL, R. J., FRANKLIN, S. E., ROBERTS, A., MILTON, E. J. 1998. Hierarchical image classification and extraction of forest species composition and crown closure from airborne multispectral images, Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 24, No. 3, September 1998, pp. 219-231
- GOUGEON, F., A. 1998: Automatic Individual Tree Crown Delineation Using a Valley-Following Algorithm and Rule-Based System. In: Automated Interpretation of High Resolution Digital Imagery for Forest, Natural Resource Canada, Victoria, British Columbia, Canada, pp. 11-23.
- GRAHAM, L. 2000. GPS/GIS integration, GeoEurope, February 2000, Issue 2, pp. 24-27
- HARINGTON, A. 2000. What is GPS/GIS integration, GeoEurope, July 2000, Issue 7, p. 32
- HOFFMANN, A., VAN DER VEGT, J., W. 2001. New sensor systems and new classification Methods: Laser and digital camera data meet object-oriented strategies. In: GeoBIT/GIS 6: 18-23

- HOFMANN, P. 2000. eCognition and GIS feature extraction from VHR image, eCognition Application Note, Vol. 1, No. 1.
- HOFMANN, P. 2001. Detecting informal settlements from IKONOS image data using methods of object oriented image analysis – An example from Cape Town (South Africa). In: Jurgens, C. 2001 (Editor): Remote Sensing of Urban Areas/Fernerkundung in urbanen Raumen, Regensburger Geographische Schriften, Heft 35, Regensburg
- HUDAK, A., T.; WEISSMAN, C., A. 1997. TEXTURAL ANALYSIS OF AERIAL PHOTOGRAPHY TO CHARACTERIZE LARGE SCALE LANDCOVER CHANGE.
<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to650/pap643/p643.htm>
- HUI, A., LIEW, S. CH., KWONG, L. K., LIM, H., 2000: Extraction and Utilization of Geometrical and Contextual Information in very High Resolution IKONOS Satellite Imagery, <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts4/digi0011pf.htm>
- KRUMMHEUER, F. 1998. Auswertung vo Luftbildern ausgewahlter Buchenbestadte mit Fouriertechniken, Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 3/1998, 165-176
- LI, R. 1997 Potential of high resolution satellite imagery for national mapping products.
<http://shoreline.eng.ohio-state.edu/ron/teaching/787/paper3.htm>
- FRANKLIN, S. E., HALL, R. J. MOSKAL, L. M. MAUDIE, A. J., LAVIGNE, M. B. 2000. Incorporating texture into classification of forest species composition from airborne multispectral images, Int. J. Remote Sensing, 2000, Vol. 21, No. 1, 61-79
- FOCKELMANN, R. 2001. Agricultural parcel detection with eCognition 2.0, eCognition Application Note, Vol. 2, No. 10.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., 1994: Remote sensing and Image interpretation, New York, John Willey&Sons, s.1-147, 295-302.
- LECKIE, D., G., GOUGEON, F., A. 1998. In: Automated Interpretation of High Resolution Digital Imafgery for Forest, Natural Resource Canada, Victoria, British Columbia, Canada, pp. 141-152.
- MULLER, A. 2001. eCognition – Advanced land use classification using polarimetric high-resolution SAR, eCognition Application Note, Vol. 2, No. 6.
- MULLER, A., BENZ, U. 2001. eCognition and hyperspectral HyMap data allow advanced land use classification, eCognition Application Note, Vol. 2, No. 9.
- NIEMANN, K.,O., GOODENOUGH, D., G., HAY, G. 1997. Effect of Scale on the Information Content in Remote Sensing Imagery. http://office.geog.uvic.ca/RS_Uvic/publications.html
- PETRIE, G. 1999. Characteristics and Applications of High-Resolution Space Imagery, Mapping Awareness, November 1999, Vol 13, No 10, pp 33-37

- PRESS, N. 1999. Earth observation beyond 2000, Mapping Awareness, November 1999, Vol 13, No 10, pp 38-39
- SCHIEFER, S. 2001. Combining HyMap-data with a DEM in eCognition, eCognition Application Note, Vol. 2, No. 7.
- SCHIEWE, J., TUFLE, L., EHLERS, M. 2001. Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing. In: GeoBIT/GIS 6: 34-39
- ST-ONGE, B., A., COUTURE, M., ALLEAUME, S. 1999. Forest Stand Structure Mapping Using a Species-Controlled Textural Approach,
<http://www.unites.uqam.ca/dgeo/stonge/victoria98/paper.html>
- ŠUMBERA, S. 2001. Detekce vrcholu stromu z leteckých snímků, GIS Ostrava 2001,
http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS_Ova/gis_ova_2001/sbornik/Referaty/sumbera2.htm
- ŠUMBERA, S. 2001. Digitální klasifikace druhové a prostorové skladby lesních porostů z materiálu DPZ, Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta Brno, 111 s.
- TUČEK, J., BREZINA, L., ZEMAN, M. 2000. Možnosti využitia GPS/GIS systémov pri zisťovaní stavu lesa, Lesnícky časopis – Forestry Journal, 2000, 46 (4): 431 – 440
- TUČEK, J. 2001. Letecké laserové scanovanie ako nová metóda zberu údajov v lesníctve. GIS Ostrava 2001,
http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS_Ova/gis_ova_2001/sbornik/Referaty/Tucekr.htm
- TUČEK, J. 2002. Príspevok k identifikácii individuálnych korún stromov z materiálov DPZ s vysokou rozlišovacou schopnosťou alebo Nové impulzy v DPZ, Zborník referátov z Medzinárodného vedeckého sympózia Nové trendy v zisťovaní a monitorovaní stavu lesa, 16. – 17. september 2002, Zvolen – Poľana, v tlači
- TUČEK, J. 2002. Aktuálne potreby a problémy uplatnenia GPS/GIS v lesníctve, Aktivity v kartografii 2002, Zborník referátov, v tlači
- VOŽENÍLEK, V. 2001. Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2001, 185 s.
- WEBER, M. 2001. Counting trees from VHR hyperspectral data, eCognition Application Note, Vol. 2, No. 1.

