

AKTUALIZÁCIA ÚDAJOV VEKTOROVÝCH MODELOV VYSOKÉHO ROZLIŠENIA

Marián Adamják¹

¹Topografický ústav, Ružová 8,
974 01, Banská Bystrica, Slovensko
madamjak@topu.army.sk

Abstrakt. Geoinformatika a priestorové informácie sú kľúčové v rozhodovacích procesoch. Spoľahlivé informácie sú kľúčové k dosiahnutiu správnych rozhodnutí, najmä na úrovni riadenia krajiny a v krízovom manažmente. Článok popisuje a diskutuje niektoré dôležité pojmy v spojitosti so spoľahlivosťou priestorových informácií. Vek informácií je považovaný za základnú časť metaúdajov a je dávaný do súvislosti s pravdepodobnosťou nespoľahlivosti informácií. Pravdepodobnosť nespoľahlivosti údajov je modelovaná ako funkcia závislá na čase. Aktualizačný proces, ktorý má zvyšovať spoľahlivosť geoinformácií, môže byť plánovaný na základe pravdepodobnosti nespoľahlivosti. Pravdepodobnosť nespoľahlivosti rozšírená o indikátory zmien v krajine dáva dobré predpoklady na voľbu vhodnej stratégie aktualizácie údajov.

Kľúčová slova: priestorové informácie, aktualizácia, spoľahlivosť informácií, rozhodovacie procesy.

Abstract. Updating of high resolution vector data models. Geoinformation (spatial information) is very important in decision processes. Reliability of spatial information is crucial to make good and correct decisions. Article describes and discusses several terms in connection with reliability of spatial information. Age of data is fundamental piece of information in metadata. Main term “probability of unreliability” is described based on age of data and characteristics of feature classes. Probability of unreliability is defined as function of time. Updating processes could be planed based on probability of unreliability to reach best of cost-effectiveness and optimal time consumption. Probability of unreliability in connection with suitable method of change detection is base of selection of updating strategies and method.

Keywords: spatial information, updating, reliability of information, decision making

1 Úvod a ciele

Technologický pokrok, ktorý môžeme okolo nás vnímať, je spôsobený najmä rozvojom informačných technológií a ich možnosťami, ktoré priniesli ľuďom obrovské možnosti zvyšovania kvality života a rozvoja spoločnosti. Je prirodzené že možnosti informačných technológií výrazne ovplyvňuje ich samotný rozvoj. Tieto trendy zrejme platia všeobecne a týkajú sa teda aj informačných systémov, ktoré obsahujú priestorovú zložku. Hlavnou črtou rozvoja v oblasti spracovania priestorových informácií je v poslednom období významný posun k spracovaniu a využívaniu vektorových typov modelov území. Údaje pre tieto typy modelov sú získavané rôznymi metódami a postupmi od presných geodetických meraní, cez metódy založené na fotogrametrickom spracovaní až po v súčasnosti ustupujúce vektorizácie mapových podkladov. Podstatná väčšina správne tvorených vektorových modelov územia obsahuje okrem vlastných údajov o objektoch v modelovanom území, aj súbor údajov o vlastnostiach týchto údajov – metaúdaje. Typickými predstaviteľmi týchto metaúdajov sú

najmä údaje o geometrickej či atribútovej presnosti, údaje o metódach a zdrojoch z ktorých boli primárne údaje získané a údaje o čase (dobe) kedy boli tieto údaje získané, resp. údaje o dobe ku ktorej sa primárne údaje vzťahujú.

Metaúdaje o čase, kedy boli vlastné údaje získané, sú mimoriadne dôležité pre posudzovanie aktuálnosti a spoľahlivosti primárnych údajov a sú východiskovým predpokladom pri stanovení stratégie aktualizácie vektorových modelov územia.

Cieľom tohto príspevku je na jednej strane rozobrať pojem „aktuálnosť“ a na strane druhej načrtnúť niektoré možnosti, ako je možné zisťovať výskyt zmien vlastností objektov v krajine, zisťovať vznik nových, resp. zánik existujúcich objektov. Okrem samotného pojmu aktuálnosť (vek informácie) je diskutovaný vzťah tohto činiteľa na spoľahlivosť rozhodovania založeného na údajoch, ktorých aktuálnosť sa hodnotí. V závere sú načrtnuté niektoré fakty súvisiace s vyhľadávaním zmien v krajine, čo má zásadný význam pre stanovenie stratégie aktualizácie údajov v informačných systémoch s priestorovou zložkou.

2 Vek údajov a čas poznania objektov

Aktuálnosť je možné v najjednoduchšej forme vyjadriť ako rozdiel času použitia informácie o objekte a času, kedy bola informácia o objekte získaná, resp. zaznamenaná. Určenie času použitia informácie je obvykle triviálnou záležitosťou, avšak určenie času, kedy bola informácia skutočne získaná nemusí byť najmä pri nesprávnom zaznamenávaní metaúdajov o čase získania primárnej informácie o objekte jednoduchou záležitosťou.

Za čas získania informácie o objekte je potrebné vždy považovať okamžik, kedy bol naposledy objekt poznávaný v rozsahu, ktorý je určený parametrami vytváraného, prípadne aktualizovaného, vektorového modelu územia. V zásade je možné na účely vymedzenia času poznávania objektu vymedziť nasledovné skupiny postupov:

- a) kontaktné metódy, ktorými sú najmä geodetické metódy a metódy mapovania, zisťovania a overovania vlastností priamo v teréne,
- b) bezkontaktné metódy, ktorými sú najmä metódy diaľkového prieskumu zeme a digitálnej fotogrametrie,
- c) preberanie informácií z iných informačných systémov a zdrojov.

Časom poznania objektu pri kontaktných metódach je okamžik, kedy objekt bol týmito metódami naposledy meraný a poznávaný – tým sa však nemyslí len určenie geometrie objektu, ale najmä overenie samotnej existencie objektu či zisťovanie ďalších - obvykle negeometrických – vlastností, atribútov.

Časom poznania objektu pri bezkontaktných metódach, je okamžik vyhotovenia záznamu na nosič obrazu. Pri leteckom meračskom snímkovaní je to okamžik exponovania (osvetlenia) filmu. Časom poznania objektu zjavne nie je čas vyvolania filmu, či interpretácie snímok v prostredí digitálnej fotogrametrie.

Určenie času pri preberaní informácií z iných zdrojov je závislé na tom či je možné získať z informačného zdroja údaj o tom, kedy bol príslušný objekt naposledy poznávaný. Jedným zo spôsobov preberania informácií z iných zdrojov je získavanie informácií z máp vektorizovaním ich obsahu, prípadne preberaním údajov o objektoch zobrazených v týchto mapách. Mapové podklady však obvykle obsahujú len údaje o redakčnej uzávierke, údaj o dátume schválenia obsahu v horšom prípade len údaj o tlači mapy. Tieto časové údaje však neuvádzajú skutočný čas poznávania objektov. V týchto prípadoch skutočný čas poznávania objektov nie je možné spoľahlivo odvodiť. Ďalšími zdrojmi môžu byť rôzne databázy, katalógy a ročenky. Tieto zdroje buď vôbec neuvádzajú čas poznávania objektov či získania informácií, alebo ho uvádzajú len veľmi všeobecne. V týchto prípadoch je potrebné stanoviť čas poznania objektov odhadom a objektivizovať ho tak, aby takto odhadnutý čas poznávania objektov nebol neskorší ako sa v skutočnosti mohlo stať.

Bez ohľadu na metódy a postupy poznávania objektov sa ukazuje ako nevyhnutné stanoviť čas, kedy boli objekty skutočne poznávané. Úvahy uvedené v tomto článku vychádzajú z faktu, že čas poznávania objektu je buď dostatočne známy alebo vhodne stanovený.

3 Zložky informácie o priestorových objektoch a ich spoľahlivosť

Informácia o priestorovom objekte (entite ktorá patrí do určitej triedy objektov) je najčastejšie vyjadrená ako súbor hodnôt opisujúcich jeho vlastnosti (atribúty). Obvykle existujú atribúty viacerých typov – číselné, textové, logické, časové údaje, geometrie a pod. Spoľahlivosť pravdivosti každého atribútu sa v čase mení a klesá. Závislosť spoľahlivosti atribútu na čase je zrejme možné vyjadriť matematicky opisateľným vzťahom. Je možné vysloviť predpoklad, že pre rozsiahle množiny objektov bude mať tento vzťah pravdepodobnostný charakter. Tento vzťah bude potom vyjadrovať s akou pravdepodobnosťou v závislosti na čase bude údaj (hodnota atribútu)

ešte správny – pravdivý. Vyšetrením vzťahov a závislostí pravdepodobností pravdivosti jednotlivých atribútov by bolo možné kvantifikovať mieru spoľahlivosti na úrovni jednotlivých objektov.

Pravdepodobnosti pravdivosti jednotlivých údajov o jednom objekte sa v rámci tohto objektu navzájom ovplyvňujú. Vyšetrovanie týchto závislostí medzi funkciami vyjadrujúcimi pravdepodobnosť pravdivosti jednotlivých atribútov je veľmi dôležité a je možné ho demonštrovať na závislosti medzi atribútmi typu geometria a ostatnými atribútmi. Pri hodnotení pravdepodobnosti geometrických atribútov je možné vyjadrovať dve pravdepodobnostné charakteristiky pravdivosti a to – pravdepodobnosť existencie objektu (resp. jeho neexistencie) a pravdepodobnosť zmeny tvaru (objekt existuje, ale zmenil tvar). V prípade, že nastane zmena v existencii objektu implikuje nepravdivosť všetkých ostatných atribútov. V prípade zmeny tvaru objektu môže dochádzať u niektorých tried objektov k významným zmenám v pravdepodobnosti pravdivosti u všetkých vlastností, avšak u niektorých tried len u niektorých vlastností. Zároveň je potrebné hodnotiť ako sa zmena existencie či vlastností jedného objektu prejaví na vlastnostiach iného objektu.

Príkladom takéhoto posudzovania nech sú triedy objektov „budova“, „cestný úsek“ a „mostná konštrukcia“. V prípade zmeny geometrie cestného úseku zjavne došlo k prestavbe celého objektu a všetky jeho vlastnosti (napr. šírka, materiálové zloženie povrchu) je potrebné považovať za nespoľahlivé – pravdepodobnosť pravdivosti sa blíži nule. Naproti tomu zmena geometrie budovy bude mať zrejme odlišný dopad na spoľahlivosť atribútu „účel využitia budovy“ a odlišný dopad na spoľahlivosť atribútu „výška budovy“. Zmena existencie objektu triedy „mostná konštrukcia“ zásadne ovplyvní spoľahlivosť niektorých vlastností objektov v bezprostrednom okolí. Vybudovaním mostnej konštrukcie (premostenia) nad cestným úsekom spôsobí zníženie pravdepodobnosti pravdivosti jeho atribútu „prejazdna výška“ na nulu, keďže premostenie vybudované nad cestou môže obmedzovať (a často aj obmedzí) maximálnu výšku vozidla, ktoré môže popod mostnú konštrukciu prejsť.

Z vyššie uvedených príkladov sa dá usúdiť, že by bolo možné nájsť vzťahy medzi spoľahlivosťami jednotlivých atribútov v rámci jedného objektu i medzi viacerými objektmi a zároveň, že by bolo možné kvantifikovať spoľahlivosť jednotlivých atribútov a aj objektov ako celok.

Kvantifikácia nespoľahlivosti jednotlivých atribútov a následne aj informácií o objektoch ako takých umožní zaviesť pojem riziko nespoľahlivej informácie.

4 Riziko nespoľahlivej informácie a jeho obmedzovanie

4.1 Pravdivosť informácie a jej pravdepodobnosť

Informačný systém, jeho údajový sklad, databáza i informácie v tejto databáze „žijú svoj životný cyklus“. Tento životný cyklus je možné v prípade informácií o priestorových objektoch opísať nasledovne:

- a) prvé poznávanie objektu a získanie prvotných informácií o objekte
- b) existencia informácie o objekte bez zmeny tejto informácie bez ohľadu na skutočný stav objektu – postupný pokles spoľahlivosti informácie o objekte
- c) pravidelné preverovanie vlastností objektu a ich prípadná aktualizácia
- d) existencia informácie o objekte bez zmeny tejto informácie bez ohľadu na skutočný stav objektu – postupný pokles spoľahlivosti informácie o objekte – po istom čase návrat k pravidelnému preverovaniu vlastností (predchádzajúci bod),
- e) zánik informácie o objekte spolu so zánikom objektu

Po každej etape životného cyklu, v ktorej sa poznávajú vlastnosti objektu, dochádza k zvýšeniu spoľahlivosti informácie o objekte, tzn. k zvýšeniu pravdepodobnosti, že informácia o objekte je pravdivá. Miera úspešnosti zvýšenia pravdepodobnosti pravdivosti je závislá od účinnosti metódy poznávania a overovania vlastností jednotlivých objektov. Túto úspešnosť je možné tiež kvantifikovať a to ako pravdepodobnosť, že zvolená metóda poznávania zistí všetky zmeny existencie a vlastností objektu. Príkladom rozdielných účinností je napr. účinnosť metód geodetického merania a poznávania v teréne oproti účinnosti bezkontaktných metód. V prípade metód pri ktorých sa poznávajú vlastnosti priamo v teréne je možné spoľahlivejšie zistiť zmeny vlastností objektov než to bude u porovnania existujúceho vektorového modelu územia s ortogonalizovanou leteckou snímku kedy sa miera zmien objektov len kvalifikovane odhadne. V prípade geodetických metód je účinnosť poznania zmien objektov a teda zvýšenie pravdepodobnosti pravdivosti informácie o objekte veľmi vysoké. Naproti tomu bezkontaktné metódy budú mať výrazne nižšiu účinnosť zisťovania zmien vlastností objektov. Obe metódy však v sebe objektívne skrývajú chyby a nedostatky, ktoré nie je možné odstrániť a teda ich účinnosť nikdy nebude stopercentná.

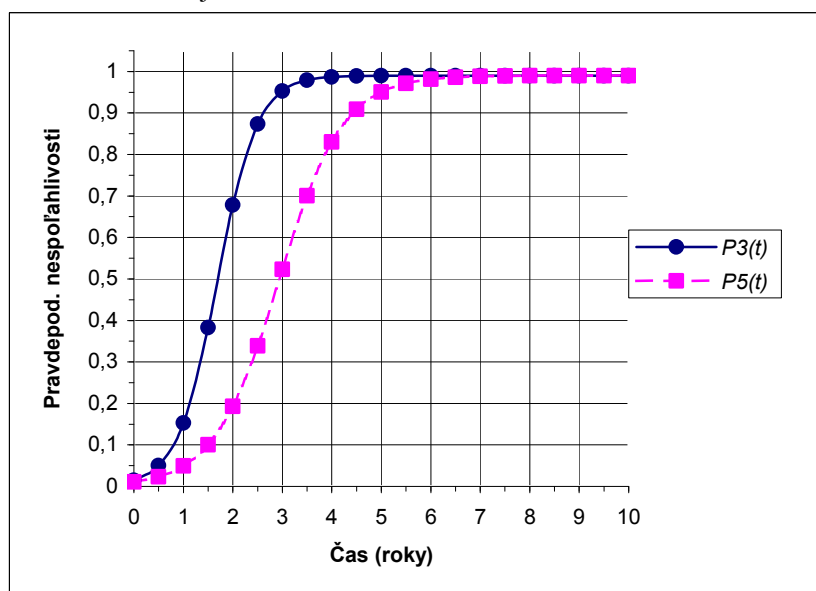
Čiastkovým záverom, ktorý môžeme vyvodiť z predchádzajúcich úvah je, že pravdepodobnosť pravdivosti informácie o objekte zachytená vo vektorovom modeli územia je vždy nižšia ako jedna – informácie o objektoch nie sú absolútne spoľahlivé. Pravdivosť informácie je úzko spojená s pojmom nespoľahlivosti informácie, ktorá má zásadný vplyv na využiteľnosť modelu územia, ktorý je takýmto informáciami tvorený.

4.2 Odhad nespoľahlivosti informácie

Modely územia, vrátane vektorových, slúžia najmä na podporu rozhodovania ľudí pri riadení rozvoja krajiny, pri ochrane životného prostredia, pri riešení krízových situácií a v mnohých ďalších prípadoch. Rozhodovanie týchto ľudí – autorít – má obvykle zásadný dopad na životy a osudy ďalších ľudí, na ekonomiku a rozvoj krajiny. Pri použití nespoľahlivej informácie v procesoch vyššie spomínaného rozhodovania vzniká nebezpečenstvo, že výsledky a závery odvodené na základe takejto informácie budú nesprávne a ohrozia správnosť ďalších rozhodnutí a následne zvolených postupov. Mieru rizika, že bude použitá nepravdivá informácia je možné kvantifikovať tak, že sa pokúsime určiť pravdepodobnosť, že niektorý z údajov o priestorovom objekte je nepravdivý. Potom miera nebezpečenstva nesprávneho rozhodnutia bude priamo úmerná tejto pravdepodobnosti. Pre stanovenie odhadu pravdepodobnosti, že údaj je nepravdivý (pravdepodobnosť nespoľahlivosti) sa navrhuje použiť napr. funkciu obmedzeného rastu:

$$P(t) = \frac{ML}{M + (L - M)e^{-Lrt}} \quad (1)$$

kde $P(t)$ je pravdepodobnosť, že údaj nie je spoľahlivý v čase t . Hodnota M reprezentuje počiatočnú nespoľahlivosť, L reprezentuje koncovú pravdepodobnosť nespoľahlivosti a r je koeficient reprezentujúci rýchlosť „starnutia“ informácie o objekte.



obr. 1

Na obrázku 1 sú demonštrované dva možné priebehy starnutia údaje o objekte. Horizontálna os reprezentuje čas a vertikálna os reprezentuje pravdepodobnosť že údaj o objekte je nepravdivý.

Ak je údaj považovaný v horizonte 3 rokov za zastaraný a zároveň predpokladáme,

1. že pravdepodobnosť zastarania údaje za 0,5 roka je menšia ako 0,05
2. a zároveň, že údaj je zastaraný po 2,5 roku s pravdepodobnosťou viac ako 0,95 potom

budú mať koeficienty približne nasledovné hodnoty:

$$M \approx 0,015 \quad L \approx 0,99 \quad a \quad r \approx 2,5$$

Ak je údaj považovaný v horizonte 5 rokov za zastaraný a zároveň predpokladáme,

1. že pravdepodobnosť zastarania údaje za 1 rok je menšia ako 0,05
2. a zároveň že údaj je zastaraný po 4 rokoch s pravdepodobnosťou viac ako 0,95 potom

budú mať koeficienty približne nasledovné hodnoty:

$$M \approx 0,011 \quad L \approx 0,99 \quad a \quad r \approx 1,55$$

Na obr. 1 sú zobrazené grafy oboch funkcií. Funkcia $P_3(t)$ prislúcha prípadu, kedy uvažujeme že údaj je po 3 rokoch nespoľahlivý a funkcia $P_5(t)$ demonštruje nespoľahlivosť po 5 rokoch. Hodnoty koeficientov boli určené odhadom a sú určené len na demonštráciu. Pre každú triedu objektov a metódu zisťovania údajov o objektoch tejto triedy, bude potrebné kvalifikovane odhadnúť jednotlivé hodnoty koeficientov. Je zjavné že koeficient L bude rovnaký pre všetky triedy, keďže sa jedná o maximálnu očakávanú pravdepodobnosť

nespoľahlivosti údajov o objektoch. Koeficient M reprezentuje zvyškovú nespoľahlivosť, ktorej sa pri zisťovaní údajov o objektoch objektívne alebo subjektívne dopúšťame. Tento koeficient bude zrejme odlišný pre rôzne metódy zisťovania vlastností objektov a priamo súvisí s účinnosťou týchto metód, tak ako bolo zmienené v predchádzajúcej časti (pre kontaktné metódy sa zrejme bude blížiť nule, čo vyjadrí ich vyššiu spoľahlivosť). Koeficient r reprezentuje rýchlosť straty spoľahlivosti údajov o objekte. Táto rýchlosť je ovplyvnená najmä nasledovnými faktormi:

- a) povahou objektu – niektoré objekty sa v čase vyvíjajú iné zostávajú prakticky bez zmeny. Typickým príkladom je lesný porast, ktorý rastie a teda sa plynulo v čase mení. Naproti tomu cesta, budova, linka elektrického vedenia či iné človekom vytvorené objekty sa v čase menia omnoho pomalšie než je tomu u porastov,
- b) vplyvmi človeka alebo prírody samotnej na charakter krajiny – niektoré oblasti krajiny podliehajú v príslušnej časovej perióde veľkým zmenám, u iných je ich vývoj pomalý. Typickým príkladom je budovanie veľkých priemyselných oblastí, ktoré majú významný vplyv na široké okolie a objekty typu budova alebo cesta tu budú podliehať zmenám rýchlejšie než v iných oblastiach.

Autor pripúšťa, že pre určenie pravdepodobnosti je možné použiť aj iné druhy funkcií, prípadne metód. V ďalšom texte sa pridrižiava len faktu, že pravdepodobnosť nepravdivosti údaje je určená dostatočne vhodnou a spoľahlivou metódou. Parametre týchto funkcií či metód by zrejme tiež mali byť súčasťou technickej dokumentácie príslušného vektorového modelu územia (metaúdajov o tomto modeli).

4.3 Obmedzovanie nespoľahlivosti informácií

Model určovania pravdepodobnosti nespoľahlivosti údajov demonštrovaný v predchádzajúcej časti vytvára nástroj na posudzovanie spoľahlivosti jednotlivých údajov, ktoré opisujú konkrétny objekt. Bude teda zrejme možné v ľubovoľnom čase stanoviť aké spoľahlivé údaje o jednotlivých objektoch sú vo vektorovom modeli územia zaznamenané. Toto na jednej strane vytvára predpoklad pre posúdenie vhodnosti voľby konkrétneho vektorového modelu územia pre zvolený účel avšak na druhej strane to vytvára predpoklad pre efektívne obmedzovanie nespoľahlivosti údajov v tomto vektorovom modeli územia.

Obmedzovanie nespoľahlivosti údajov je možné zabezpečiť:

- a) pravidelnou aktualizáciou týchto údajov, alebo
- b) vytváraním takých údajových štruktúr, ktoré len odkazujú na zdroje údajov, tzn. na také údajové štruktúry do ktorých sú údaje primárne zaznamenávané (napr. kataster nehnuteľností, informačné systémy odbornej štátnej správy a pod.).

Riešenie uvedené v bode b) je už v súčasnosti známe, aj keď ešte nie je rozšírené a zároveň nie je riešením pre všetky druhy údajov a modelov územia. Preto sa ďalej budem zaoberať len aktualizáčným procesom (spomenutým v bode a)).

Aktualizáciu je možné vykonávať rôznymi metódami a postupmi. Tieto metódy a postupy budú mať rôznu úspešnosť pri vyhľadávaní (identifikácii) zmien vlastností objektov a zároveň budú mať rozdielnú schopnosť poskytovať aktuálne údaje v očakávanej kvalite. Pri plánovaní aktualizácie sa bude teda možné oprieť:

- a) o určenie pravdepodobnosti s akou údaje o jednotlivých objektoch zastarávajú v konkrétnom čase a vyberať len tie, ktorých miera nespoľahlivosti prekročila určenú medzu a zároveň
- b) poznajúc účinnosť aktualizáčných metód vybrať optimálnu z nich, ktorá efektívne zníži úroveň nespoľahlivosti údajov o vybraných objektoch.

Príkladom môže byť na jednej strane porovnávanie materiálov diaľkového prieskumu zeme (DPZ) vrátane leteckého meračského snímkovania (LMS), ktoré vznikli v rozdielnych časoch a na druhej strane preberanie údajov zo stavebného úradu. Metódy porovnania materiálov DPZ resp. LMS z rôznych časových období môžu indikovať rôzne zmeny vo vegetačnom kryte krajiny, rozsiahlu novú zástavbu na veľkých častiach územia, avšak nemôžu podať spoľahlivú a úplnú informáciu o charaktere týchto zmien. Naproti tomu údaje zo stavebného úradu umožnia rýchlo nájsť nové budovy, opravované budovy či demolácie. Takto identifikované budovy sú spoľahlivo vymedzenou podmnožinou zo všetkých budov, ktoré sú zmenené. Informácie zo stavebného úradu môžu zároveň obsahovať aj ďalšie spoľahlivé údaje vhodné pre aktualizáciu informácií o týchto budovách. Oproti materiálom DPZ a LMS je však zo stavebného úradu možné získať len informácie týkajúce sa obmedzenej množiny objektov z niektorých tried.

Obdobne, tak ako bola kvantifikovaná miera nespoľahlivosti údajov, bude možné odhadnúť mieru účinnosti jednotlivých aktualizáčných metód a postupov. Nech účinnosť U je vyjadrená ako pravdepodobnosť, že nespoľahlivý údaj bude identifikovaný a opravený, hodnota $P(t)$ nech je pravdepodobnosť nespoľahlivosti údaje (určená v (1)), tak potom hodnota RI (rizikový index):

$$RI = P(t)(1 - U) \quad (2)$$

udáva mieru rizika s akým je možné údaj po aktualizácii použiť. Ak účinnosť U bude vyjadrená v intervale $(0,1)$ potom rizikový index RI nadobudne hodnoty taktiež v intervale $(0,1)$, kde 0 znamená žiadne riziko a 1 znamená maximálne riziko (údaj je nespoľahlivý).

Ak neaplikovanie žiadnej aktualizáčnej metódy má účinnosť $U = 0$ a zároveň ak teoretická metóda s účinnosťou $U = 1$ spoľahlivo zistí všetky zmeny a opraví údaje, potom je možné hodnotu RI považovať za pravdepodobnosť že údaj aj po aplikovaní určitej metódy zostal nespoľahlivý.

Ak zoberieme do úvahy fakt, že koeficient M vo výraze (1) je počiatočnou neistotou v zistení údajov o objekte a RI je rizikový index, ktorý reprezentuje zvyškovú pravdepodobnosť, že údaj aj po aktualizácii metódou s účinnosťou U zostal nespoľahlivý, potom po aktualizácii bude koeficient M rovný indexu RI .

4.4 Závislosti a zovšeobecňovanie nespoľahlivosti údajov

Ako už bolo spomenuté, existujú vzájomné väzby medzi zmenami vlastností v rámci jednotlivého objektu i medzi viacerými objektmi. Vyšetrovanie týchto vzájomných závislostí bude zložité a náročné, avšak potrebné.

Pre úspešné zvládnutie týchto závislostí bude potrebné dopracovať rozbor určenia pravdepodobnosti, že daný údaj je nespoľahlivý v kontexte zmien údajov o iných objektoch a zároveň posúdiť vplyv zmien jednotlivých údajov podľa účelu ku ktorému sa údaje budú využívať.

Určovanie pravdepodobností nespoľahlivosti a rizikových indexov by mali mať za následok, že bude možné:

- spoľahlivo vyberať objekty, u ktorých je potrebné preveriť spoľahlivosť údajov o nich (a prípadne ich opraviť),
- spoľahlivo vymedzovať oblasti, v ktorých sa bude potrebné zamerať najmä na zisťovanie nových objektov, resp. zisťovať zaniknuté objekty,
- spoľahlivo určovať dôsledky zistených zmien v údajoch vybraných objektov, vznik nových objektov a zánik objektov na ostatné objekty,
- využívať aj neaktualizované vektorové modely územia a pritom zohľadniť nespoľahlivosť údajov o objektoch. V rozhodovacích procesoch, ktoré budú založené na neaktualizovaných vektorových modeloch územia, bude možné efektívne zohľadniť mieru nespoľahlivosti jednotlivých konkrétnych údajov o objektoch.

Z vyššie uvedeného je možné vyvodiť čiastkový záver, že zrejme bude možné optimalizovať proces aktualizácie, bezpečnejšie a efektívne voliť vhodné metódy vyhľadávania a poznávania zmien objektov. Táto optimalizácia bude dôležitá najmä pri voľbe stratégie aktualizácie vektorových modelov územia veľkého rozsahu, ktoré zaznamenávajú informácie o obrovskom množstve objektov a vo veľkom rozsahu a u ktorých je spoľahlivosť údajov mimoriadne dôležitá.

5 Možnosti a metódy aktualizácie vektorových modelov územia veľkého rozsahu

Aktualizácia rozsiahlych vektorových modelov územia vysokého rozlíšenia, akými je napr. Centrálna priestorová databáza Vojenského informačného systému o území Ozbrojených síl SR (CPD VISÚ) resp. Základná báza údajov pre GIS Slovenskej republiky (ZB GIS), vyžaduje vzhľadom k množstvu registrovaných objektov, aby tento proces bol efektívne organizovaný a riadený. Stratégia aktualizáčného procesu bude mať zásadný dopad na zvyškové nespoľahlivosti informácií o objektoch a teda aj na využiteľnosť modelu ako celku.

V procese prípravy a plánovania aktualizácie bude potrebné spoľahlivo identifikovať zmeny, odhadnúť ďalšie rizikové údajové množiny a na základe týchto údajov optimalizovať celý aktualizáčny proces. Pravdepodobnosti nespoľahlivosti jednotlivých údajov a miery účinnosti aktualizáčnych metód, ktoré boli spomenuté v predchádzajúcom texte, budú práve nástrojom na optimalizáciu celého aktualizáčného procesu. Predpokladom úspešnej a zároveň ekonomicky únosnej aktualizácie je rozdelenie aktualizácie do dvoch etáp:

- detekcia zmien v krajine s následným posúdením potreby aktualizácie
- samotný výkon aktualizácie vhodnou metódou získavania údajov o objektoch v modelovanom území.

Cieľom prvej etapy je identifikovať tie časti územia a triedy objektov, či konkrétne objekty u ktorých došlo k takým zmenám, že je potrebné vykonať aktualizáciu. Táto prvá etapa by mala byť ekonomicky málo náročná, avšak veľmi účinná. Od schopnosti detekcie rozsahu a povahy zmien v krajine bude závisieť ekonomická náročnosť a efektívnosť samotného aktualizáčného procesu, tzn. procesu znižovania nespoľahlivosti údajov vo vektorovom modeli územia.

V nasledujúcom texte bude pojednané o pilotných stratégiách detekcie zmien v území u ktorých je pravdepodobné, že budú použité v CPD VISÚ.

Za pilotné stratégie zisťovanie zmien v krajine boli zvolené:

- detekcia zmien porovnávaním obrazov,
- detekcia zmien nepriamymi indikátormi.

5.1 Detekcia zmien porovnávaním obrazu

Tieto metódy sú založené na automatickej, alebo poloaautomatickej identifikácii rozdielov medzi obrazmi, ktoré boli zaznamenané v rozdielom čase. Pod pojmom obrazy sa na tomto mieste rozumejú najmä letecké meračské snímky alebo obrazové materiály diaľkového prieskumu Zeme (satelitné snímky). V nasledujúcom texte bude použitý termín snímka, ktorý zahŕňa rôzne druhy vyššie spomenutých obrazových materiálov.

Metódu je možné realizovať v dvoch nasledovných modifikáciách:

- a) porovnávanie dvoch snímok resp. ich ortogonalizovaných verzií, ktoré boli získané v rozdielom čase a obe zobrazujú skúmané územie,
- b) porovnávanie obrazu snímky s vektorovým modelom územia, ktorý bol vytvorený v čase pred zaznamenaním snímky.

Metóda porovnávaním dvoch snímok je použiteľná za predpokladu, že spôsob záznamu snímok a ich geometrické parametre sú prakticky zhodné. Metóda je úspešne použiteľná najmä ak sa jedná o multispektrálne satelitné snímky a javy ktoré sa majú identifikovať sú dostatočne veľké a výrazne sa prejavajú na snímkach. Príkladom je zisťovanie zmien v krajine v oblasti Reno a jazera Tahoe v Nevade, ktoré bolo realizované Geologickou službou USA [2]. Porovnávanie dvoch ortogonalizovaných leteckých meračských snímok naproti tomu nemusí vždy priniesť uspokojivé výsledky. Dôvodom je najmä skutočnosť, že nie je možné zaručiť rovnaké svetelné podmienky, pri ktorých sa snímkovanie realizuje a zároveň veľkosť javov, ktoré majú byť identifikované obvykle nie je dostatočne veľká na to, aby významné rozdiely medzi obrazmi nezanikli v rozdieloch zapríčinených inými faktormi. Identifikáciu zmien väčšieho rozsahu na leteckých meračských snímkach úspešne použil vo svojej štúdii vývoja vysokohorskej krajiny Martin Boltžiar [1].

Metóda porovnávanie obrazu snímky zaznamenatej neskôr ako vznikol vektorový model územia s týmto modelom, môže u niektorých tried objektov priniesť očakávané výsledky. Metóda je založená na vyhľadávaní extrémnych hodnôt zložiek spektra jednotlivých pixelov v rámci veľkého súboru pixelov, ktoré by mali reprezentovať objekty jednej triedy. U niektorých objektov jednej triedy sa dá predpokladať, že hodnoty zložiek spektra budú homogénne. Metóda bude založená na štatistickom posúdení súborov pixelov, ktoré budú „prekryté“ entitami vektorového modelu územia patriaceho do jednej triedy.

Obe z vyššie spomenutých metód dokážu rôznou mierou spoľahlivosti určiť, či v skúmanej oblasti došlo, alebo nedošlo k významným zmenám, prípadne určiť ktoré triedy objektov zastúpené vo vektorovom modeli územia sú najviac zmenami dotknuté. Tieto metódy môžu spresniť hodnoty pravdepodobnosti nespoľahlivosti údajov o objektoch a u vybraných tried objektov tak určiť prvky u ktorých bude potrebné vykonať aktualizáciu. Ukazuje sa, že tieto metódy budú skôr vhodné pre detekciu zmien u tých tried objektov, ktoré majú obvykle väčší plošný rozsah. Typickými predstaviteľmi týchto tried môžu byť prvky vegetačného krytu, vodstva a tried, ktoré vytvárajú rozsiahle zásahy do krajiny.

5.2 Detekcia zmien nepriamymi indikátormi

Vyhľadávanie zmien v území s využitím bezkontaktných metód si iste nájde svoje miesto pre indikáciu zmien väčšieho rozsahu a u zmien, ktoré je možné opticky zachytiť. Drobné zmeny v krajine, ktoré môžu byť väčšieho rozsahu, avšak sú roztrúsené a môžu uniknúť týmto bezkontaktným metódam. Bezkontaktné metódy navyše nie sú schopné zachytiť tie zmeny, ktoré nemajú optický prejav – nie sú zachytené na leteckých či satelitných snímkach. Tieto bezkontaktné metódy je preto potrebné doplniť o stratégiu, ktorá umožní odhaliť aj drobné roztrúsené zmeny v krajine a zmeny, ktoré nemajú optický prejav, avšak sú z pohľadu vlastností modelu územia významné. Kandidátom takejto stratégie sú nepriame indikátory.

Nepriame indikátory sú také údaje, ktoré neposkytujú informácie k akej konkrétnej zmene došlo, avšak vyskytujú sa vždy, keď k tejto zmene došlo. Vhodný nepriamy indikátor by mal mať nasledovné vlastnosti:

- a) vyskytne sa vždy ak zmena objektu nastala,
- b) je časovo viazaný k zmene objektu,
- c) má priestorovú referenciu k objektu u ktorého nastala zmena,
- d) je spoľahlivo zistiteľný.

Typickými predstaviteľmi nepriamych indikátorov sú rozhodnutia orgánov štátnej správy a samosprávy. Jedným z vhodných nepriamych indikátorov sú rozhodnutia stavebných úradov, ktorými sa povoľujú stavby – stavebné povolenia. Stavebné povolenia zjavne spĺňajú všetky kritéria stanovené pre nepriame indikátory:

- a) stavebné povolenie je vydávané vždy, keď človek vytvára nový objekt, keď bude objekt likvidovaný (zanikne), alebo ak sa podstatným spôsobom mení účel použitia objektu. Pritom stavebné povolenia sa netýkajú len budov, ale a aj mnohých iných stavieb,
- b) stavebné povolenie sa vydáva vždy pred začatím stavby a obsahuje údaj o predpokladanej dobe realizácie stavby. Je teda možné posúdiť, kedy zmena objektu nastala a teda či je potrebné túto zmenu do modelu územia premietnuť aktualizáciou,

- c) stavba povoloňovaná stavebným povolením musí byť majetkoprávne vysporiadaná a jej poloha je viazaná ku konkrétnej parcele evidovanej v katastri nehnuteľností. Hranica dotknutej parcely potom vymedzí priestor v ktorom zmena nastala,
- d) stavebné povolenia vydávajú len zákonom určené orgány, na ktorých sú evidované a archivované.

Je možné nájsť aj iné nepriame identifikátory, ktoré síce nebudú spĺňať všetky spomenuté kritériá, avšak budú významné z pohľadu niektorých tried objektov. Príkladom môže byť porovnanie priemerného počtu obyvateľov na jednu bytovú jednotku v rámci obcí v dvoch po sebe idúcich štatistických zisťovaniach. Toto porovnanie môže poukázať na fenomén opúšťania obydľí v niektorých obciach, čo sa významne premietne do vlastností budov.

Nepriame indikátory sa ukazujú ako veľmi účinný nástroj zisťovania zmien v krajine, najmä tých ktoré sú výsledkom priamej činnosti človeka. Ich efektívnosť môže byť zvýraznená nízkou nákladovosťou a dobrou priestorovou adresnosťou.

5.3 Stratégia a metódy aktualizácie

V predchádzajúcich dvoch častiach boli zmienené metódy indikácie zmien v krajine. Indikácia zmien v krajine nie je samoúčelná, pretože metódy aktualizácie vektorových modelov územia vysokého rozlíšenia sú vo všeobecnosti ekonomicky náročné a preto je potrebné efektívne obmedzovať ich použitie.

V časti 4.3 boli zmienené dve hlavné stratégie aktualizácie údajov – opätovné mapovanie a preberanie údajov od správcov a vlastníkov objektov. Stratégia preberaním údajov bude ekonomicky veľmi efektívna metóda, avšak ako už bolo zmienené, nie sú pre túto stratégiu vytvorené dostatočné predpoklady. Naproti tomu stratégiu opakovaného mapovania (opakovaného zberu údajov) s priestorovým a tematickým obmedzením je možné kedykoľvek použiť.

Stratégia opakovaného zberu údajov môže byť realizovaná viacerými spôsobmi:

- a) opakovaný zber údajov bez priestorových a tematických obmedzení – tento zber údajov bude vykonávaný celoplošne, tak ako keby územie pred tým nebolo nikdy poznávané, alebo všetky existujúce modely územia neobsahujú údaje ktoré by bolo možné pre aktualizáciu využiť.
- b) opakovaný zber údajov s priestorovým obmedzením avšak bez tematického obmedzenia – táto stratégia aktualizácie sa zrejme uplatní sporadicky tam, kde došlo k významným zmenám v území na dobre vymedziteľnej časti územia. Príkladom môže byť rozsiahla investičná výstavba, ktorá má dopad na dobre ohraničenú časť územia (rozsiahly priemyselný komplex, vodné dielo apod.). V týchto prípadoch indikátory zmien budú indikovať zmeny na podstatnú časť predmetného územia a nebude účelné vyčleňovať malé (zanedbateľné) časti územia, kde k zmenám nedošlo.
- c) opakovaný zber údajov s priestorovým a tematickým obmedzením – táto stratégia určí pre vymedzenú časť územia, ktoré konkrétne objekty je potrebné aktualizovať a u ktorých pravdepodobnosť nespôľahlivosti je na únosnej úrovni.

Zber údajov pre Centrálnu priestorovú databázu VISÚ, realizovaný ako prvotný zber údajov bez nadväznosti na iné modely územia je značne ekonomicky náročný. Proces aktualizácie tohto modelu, ktorého cieľom má byť udržanie jeho vysokej úžitkovej hodnoty, musí byť efektívny a ekonomický zároveň. Najnádejnejšími kandidátmi stratégie aktualizácie CPD VISÚ preto sú metódy opakovaného zberu s priestorovým obmedzením a vo väčšine prípadov aj s tematickým obmedzením za výdatnej podpory indikácie zmien v krajine.

6 Záver

V článku sú naznačené niektoré možnosti posudzovania a odhadovania spoľahlivosti údajov o objektoch vo vektorových modeloch územia. Nielen z článku je zjavné, že údaje vo vektorových modeloch územia starnú bez ohľadu na spôsob vytvorenia týchto modelov. Vektorové modely územia veľkého rozsahu, ktoré pokrývajú celé územie štátu a ktoré majú slúžiť najmä na podporu rozhodovania pri riadení štátu, regiónov a krajiny musia byť spoľahlivé, alebo poskytovať dostatok informácií o spoľahlivosti údajov v nich obsiahnutých.

Model územia vysokého rozlíšenia vytváraný v súčasnosti v Slovenskej republike bude potrebné už vo veľmi krátkej dobe aktualizovať. Dynamika rozvoja Slovenskej republiky v poslednom období prináša zásadne zmeny v krajine, ktoré by v tomto modeli mali byť zachytené. Stratégie aktualizácie navrhnuté v tomto príspevku bude nevyhnutné v krátkej dobe preveriť na pilotnom projekte aktualizácie tých častí územia SR, ktoré boli do Centrálny priestorovej databázy VISÚ (resp. ZB GIS) zahrnuté ako prvé a teda pravdepodobnosť ich nespôľahlivosti je vysoká.

Referencie

1. Boltíziar M., Spálenisko pod Slavkovským štítom – zmeny krajinej štruktúry v rokoch 1949 - 2003 s využitím výsledkov GIS a DPZ, Geoinformation – elektronický časopis 1/2005, Univerzita Konštantína Filozofa Fakulta prírodných vied Katedra geografie a regionálneho rozvoja, Nitra (http://www.fpv.ukf.sk/kg/geoinfo/archiv/2005_text_1.pdf)
2. Saylor K., Southwest U.S. Change Detection Images from the EROS Data Center Reno and Lake Tahoe, Nevada, U.S. Geological Survey (<http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/reno-tahoe/>).