

RÝCHLY ZBER GEOÚDAJOV BEZKONTAKTNÝMI METÓDAMI

Radomír Šrámek¹

GEODIS SLOVAKIA, Bratislava

1. Úvod

V odbore bezkontaktného získavania informácií o teréne je všeobecne známe a využívané snímanie terénu z lietadla (príp. helikoptéry) na letecké meračské snímky, alebo z družíc na družicové snímky. Údaje získané z týchto nosičov informácií sa bežne využívajú v informačných systémoch.

Ide predovšetkým o údaje z leteckých meračských snímkov a to fotogrametrické mapovanie a tvorba ortofotomáp. Fotogrametrické stereomeranie na digitálnych pracovných staniciach ktorého výsledkom sú 3D údaje mapovaných prvkov, tvoria digitálnu vektorovú 3D mapu. Ortofotomapa tvorí rastrový 2D obraz terénu. Je to digitálna rastrová mapa, ktorá obsahuje polohovo presné a úplné informácie z leteckej snímky o zobrazenom území v čase snímkovania. Aj keď je proces spracovania týchto údajov vo veľkej miere zautomatizovaný, nebude možné úplne vylúčiť ľudskú silu, t.j. operátora z procesu merania, čo sa stále viac prejavuje ako brzdiaci faktor produktivity spracovania.

Nová metóda priestorového 3D merania bezkontaktným snímaním informácií o teréne (laserscan) nesie v sebe ako jedna z metód rozvoj plno automatizovaných technológií získavania 3D údajov o území.

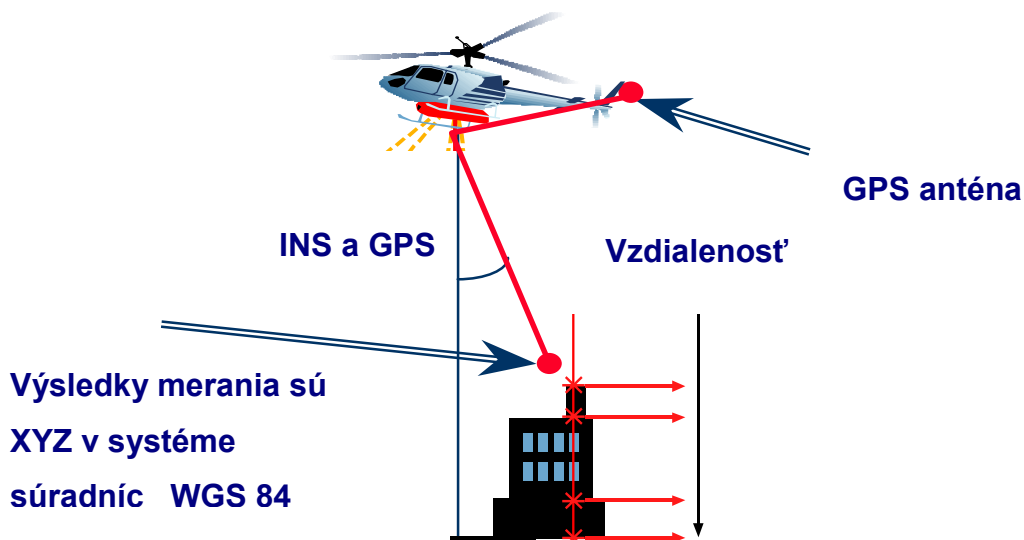
Druhá technológia ktorú by som rád spomenul, je tzv. videometria. Ide o rýchly zber obrazových údajov o teréne snímaním terénu videokamerou z lietadla a následné georeferencovanie videozáznamu. Táto metóda v sebe spája rýchlosť získavania týchto geoúdajov a zároveň možnosť začleniť tieto dáta do informačného systému s možnosťou súčasného zobrazenia videa a niektorých grafických údajov z GISu.

¹ Ing. Radomír Šrámek, GEODIS SLOVAKIA, s.r.o., divízia fotogrametrie, Dúbravská cesta 9, 842 37 Bratislava, tel.: 02/ 54774685, e-mail: geodisfoto@isternet.sk

2. Laserscan

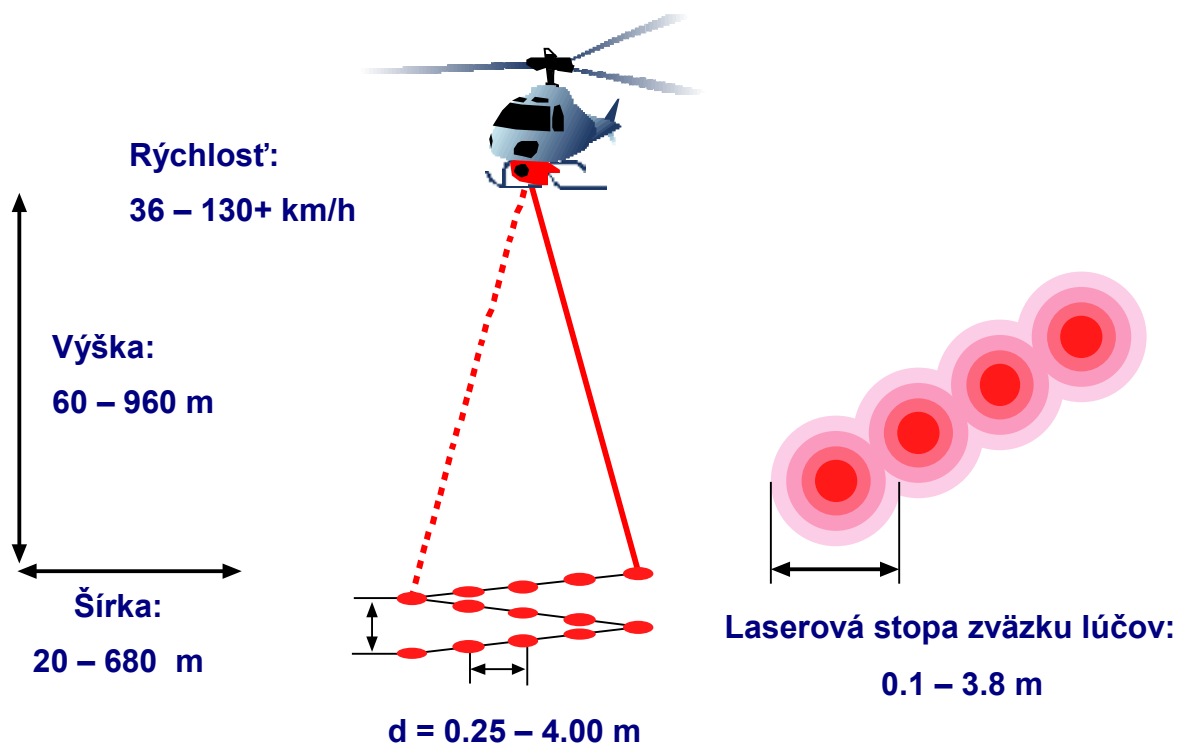
Pri tejto technológii, ktorá sa rozvinula len v poslednom desaťročí, sa využilo prepojenie laserového diaľkometra (skenera), inerciálnej navigácie (INS) a diferenciálneho GPS merania. Toto prepojenie umožnilo vzniknutie veľmi výkonného postupu priestorového 3D merania, ktoré nahrádza ľudskú silu (operátora) z vlastného procesu merania.

Meranie klasickým diaľkometerom v spojení s totálnou stanicou umožňuje dosiahnuť vysokú efektívnosť merania terénu. Na podobnom princípe pracuje aj táto technológia, s tým rozdielom, že vlastný diaľkometer (skener) je umiestnený v lietadle alebo helikoptére. Vysielač svetelných pulzov, ak je doplnený rotujúcim zrkadlom alebo vejárovým systémom svetelných vlákien, vysiela zväzok lúčov. Lúče sa po odraze prijímú a roztriedia tak, aby sme poznali kedy boli vyslané a zároveň z nich vytiažili aj ďalšie informácie napr. intenzitu odraza, časové oneskorenie a pod.. Vysielač svetelných pulzov je systémovo prepojený so zariadením pre meranie sklonu vo forme inerciálnej jednotky a tiež so zariadením pre určovanie polohy reprezentované systémom diferenciálneho GPS (D-GPS). Na určenom mieste lietadla, príp. vrtulníka (napr. na chvoste) je umiestnený prijímač signálu GPS, ktorého poloha je voči vysielaču laserových pulzov (umiestnenom v závese pod vrtulníkom príp. lietadlom) presne učená. Vzájomným prepojením týchto komponentov je v časovom okamihu vyslania a prijímu laserového pulzu súčasne zaznamenaný sklon zariadenia a poloha snímača D-GPS. Z týchto meraných údajov je možné po pristáti následným spracovaním určiť presnú polohu XYZ a priestorové uhly smeru vyslania zväzku svetelných lúčov. Zo zmeranej vzdialenosti zodpovedajúcej určitému časovému okamihu určenia polohy a sklonu laseru je následne možné určiť polohu každého bodu na povrchu terénu, ktorý bol skenovaný (obr. 1).



Obr. 1 - Princíp metódy laserscan

Lúče sú vysielané vo forme svetelných zväzkov, ktoré po dopade pokrývajú na teréne určitú kruhovú plochu, ktorá je daná v závislosti na výške letu (obr. 2).

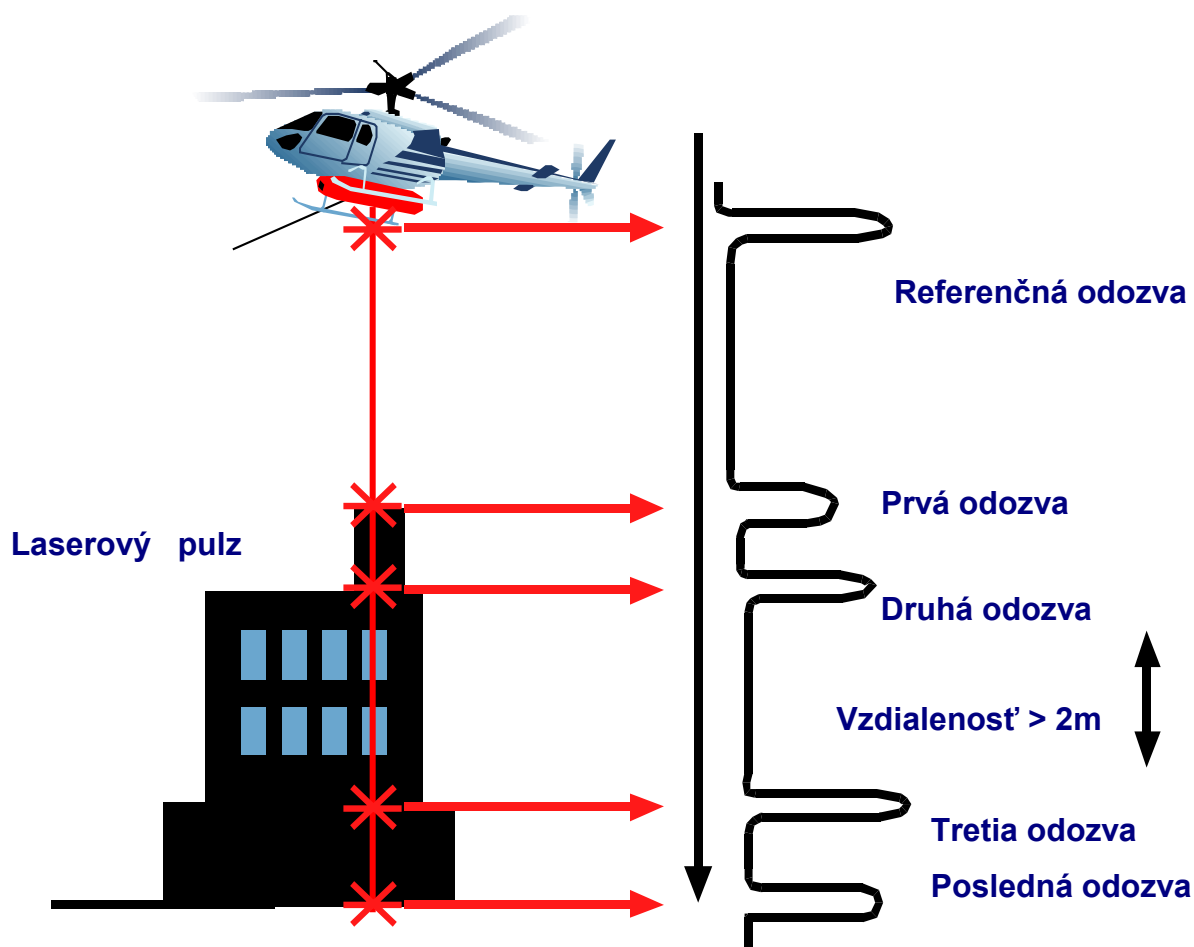


Obr. 2 - Lúče vysielané vo forme svetelných zväzkov

Nosič laseru sa pohybuje rýchlosťou dopredu v určitej výške. V závislosti na tejto rýchlosti letu je z obrázku č.2 viditeľný rozostup jednotlivých skenovacích stôp v smere letu. V závislosti na výške letu je viditeľný premenlivý bočný rozostup stôp vrátane

celkovej šírky záberu. a rýchlosti nosiča. Zväzok laserových lúčov umožňuje získať po dodatočnom spracovaní viac informácií o tvare terénu.

Spravidla je jeden vysielač zväzok rozdelený do prvého a posledného prijímaného impulzu (lúča), príp. niektoré systémy sú schopné rozlíšiť aj väčší počet odrazených impulzov (obr. 3). Prvý impulz býva spravidla na najvyšší bod terénneho predmetu (napr. budova, koruna stromu, a pod) a posledný býva na terén.

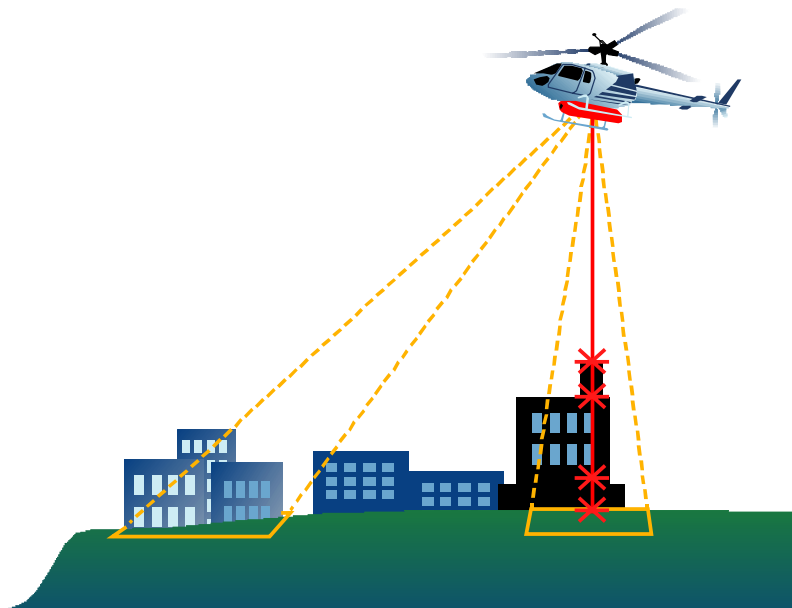


Obr. 3 - Odrazené impulzy vyslaných lúčov

Obraz vzniknutý spracovaním laserového záznamu je často kombinovaný so záznamom dopredného alebo zvislého videa, digitálnej kamery alebo RGB skeneru, príp. doplnený o záznam infračerveného kanálu, čo umožňuje neskoršiu obrazovú multispektrálnu analýzu (obr. 4).

Základné výstupné produkty (po spracovaní) z jednej letovej misie:

- *Digitálny terénny model (DTM) v súradniciach XYZ v zvolenom gride (0,5m - 2m)*
- *Digitálny model povrchu prekážok (DSM) v súradniciach XYZ v zvolenom gride (0,5m - 2m)*
- *RGB (príp. IR) záznam, georeferencované zábery v RGB (príp. infra) pásme v rastrovom formáte*
- *videozáznam*



Obr. 4 - Koncepcia systému

3. Praktické skúsenosti s technológiou laserscan

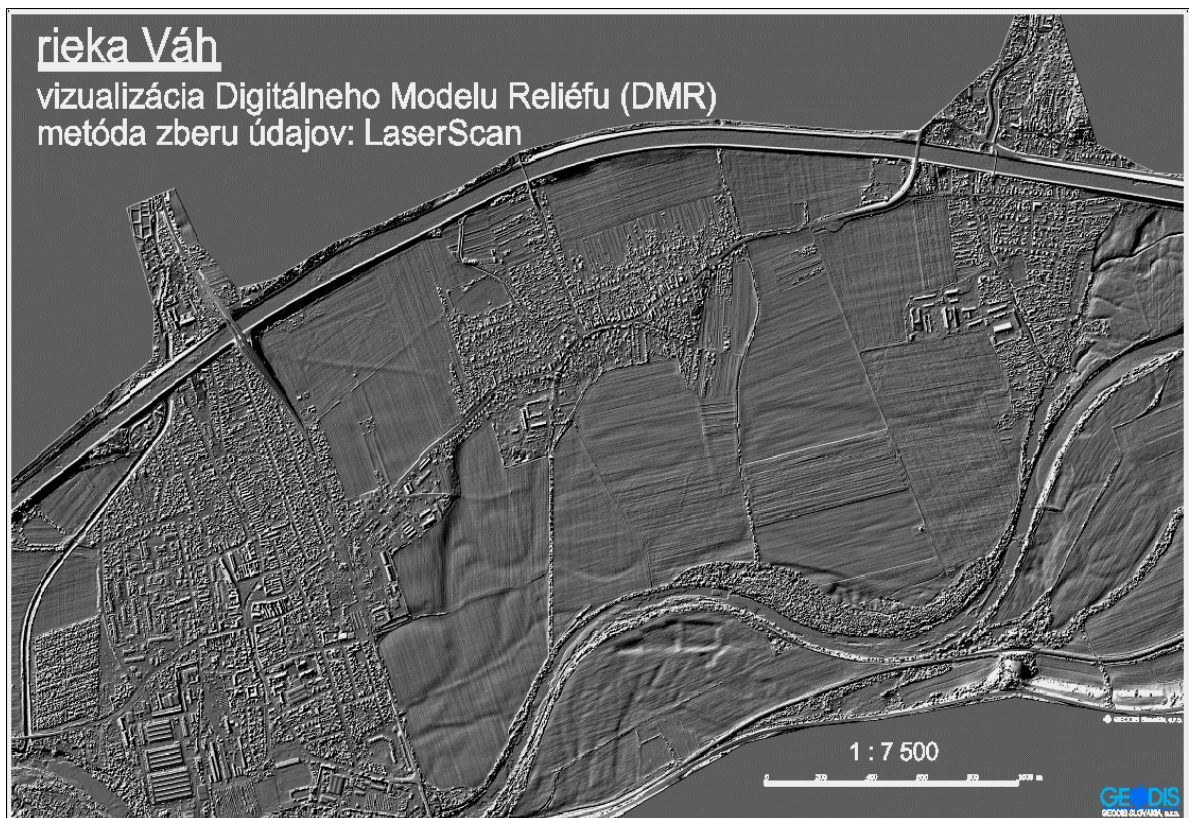
Zber údajov systémom laserscan bol prakticky vyskúšaný na území SR a ČR až v roku 2001. Na našom území boli vykonané dva projekty a to líniový typ lokality (úsek plynovodu na území SR) v dĺžke cca. 100 km a plošný typ lokality (časť rieky Váh, Vodná nádrž Hričov - Považská Bystrica) v rozsahu cca. 42 km². Líniový a plošný typ lokality poskytuje základné informácie o kvalitách merania systému.

Pre výber konkrétneho systému na nasadenie pre spomínané projekty bolo nutné preštudovať niekoľko dostupných konštrukčných riešení laserov. Bol vybraný systém TOPOSYS, ktorý bol teritoriálne najdostupnejší. Ako ďalšie výberové kritérium bolo aj hľadisko, že firma TOPOSYS vyvíja vlastný systém vrátane nutného programového vybavenia pre následné spracovanie, zatiaľ čo väčšina európskych firiem ponúka využitie systému zo zámoria. Ďalším dôležitým kritériom bola tiež frekvencia s ktorou systém pracuje. Z porovnávaných systémov pracuje vybraný systém prakticky na najvyššej frekvencii a to 83000 meraných bodov za sekundu, ktoré sú po prvej filtrácii spravidla prepracované do gridu 0,25 x 0,25m až 1 x 1 m. Grid sa stanovuje v závislosti na požadovanej výslednej presnosti a type použitia výstupných digitálnych modelov. Výstup gridových súradníc je po prepočte už v národných súradniciach.

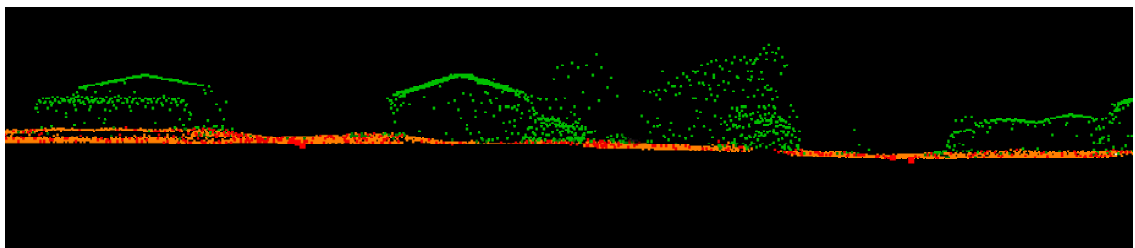
Obe spomenuté lokality boli geodeticky pripravené výberom vhodných stanovišť pre bázové stanice a zameraním potrebných lokálnych transformačných kľúčov po prepočte súradníc WGS84 do systému JTSK. Vlastnému letu s laserom predchádzala podobná príprava ako pri leteckom snímkovaní (definícia hraníc lokality, určenie letových osí s prekrytom, určenie stanovísk bázových staníc vzhľadom k letovým osiam).

Vlastný skenovací let bol vykonaný menším typom vrtulníka Bell BH 206. Všetky zariadenia boli zabudované v pracovných boxoch do vrtulníka, pričom skenovanie zabezpečovali pilot a operátor systému. V priebehu skenovania boli údaje D-GPS, inerciálnej navigácie (INS), laseru a RGB IR skeneru ukladané na výmenné disky. Na teréne, v okamihu skenovania, merali vždy dva páry GPS bázových staníc pre prípad nejakej poruchy a kontroly merania. Ďalším dôvodom pre umiestnenie dvoch staníc na dvoch miestach bola maximálna možná vzdialenosť medzi vrtulníkom a bázovou stanicou (max. 20 km) pri dodržaní požadovanej presnosti. Z toho dôvodu sa vždy jedno zdvojené stanovisko, pri pristátí vrtulníku pre dotankovanie paliva, sťahovalo na ďalšie dopredu pripravené bázové body. Týmto spôsobom namerané GPS údaje zo základňových staníc boli spracované a výsledky odovzdané firme TOPOSYS, ktorá vykonala následné spojenie údajov D-GPS palubnej stanice, spracovanie záznamu inerciálneho čidla sklonov (firmy Applanix). Následne bol vykonaný prepočet meraných laserových záznamov do systému S-JTSK a bola vykonaná prvá filtrácia (gridovanie) do základného rastru 1 x 1m.

Vzniknutý DSM, obsahujúci všetky prekážky na teréne, bol špeciálnymi algoritmi kalibrovaný na "referenčné" body zamerané v danej lokalite. Po následnom vyrovnaní výsledkov DSM bola vykonaná filtrácia terénnych predmetov, ktorého výsledkom bolo vytvorenie DTM lokality.



Obr. 5 - Vizualizácia získaného DSM časti územia rieky Váh



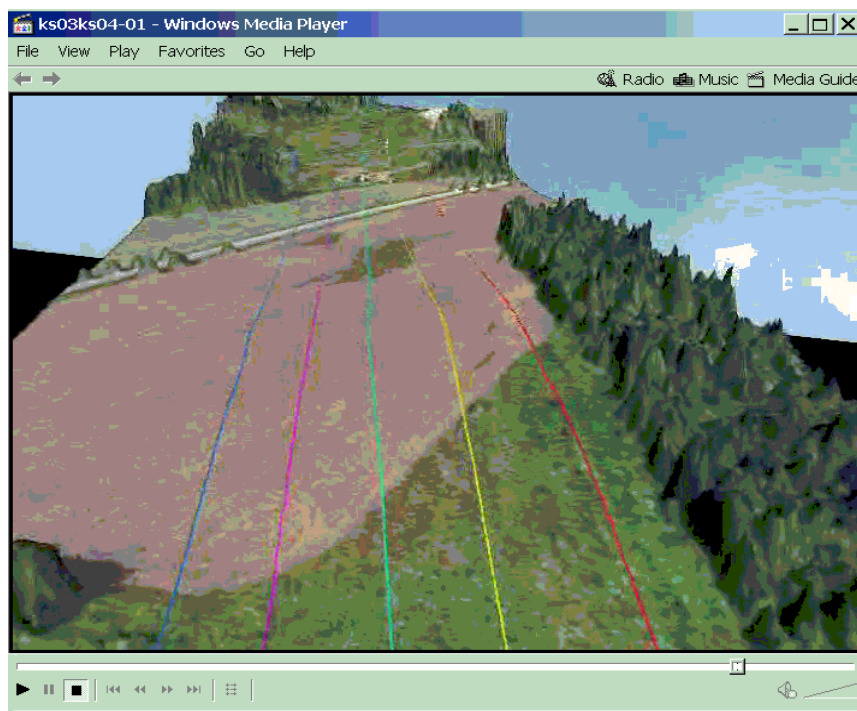
*Obr. 6 - Vzorka vizualizovaného rezu DSM s rozlíšením terénnych a povrchových prvkov
(základná klasifikácia)*

Na základe prvých analýz a porovnania v lokalite Váh bolo konštatované, že meranie spĺňa strednú chybu merania $M_z = 0,15$ m. Vzhľadom k veľkému objemu údajov je porovnanie výsledkov pomerne náročné, tak na úrovni grafických systémov (Microstation, Terascan, Terramodeler) ako aj súborov ASCII. Cca. 42 km² plochy reprezentuje približne 1260 MB údajov v gride 1 x 1m (ASCII). Výsledky laserscanu boli

porovnané s geodetickým meraním výškopisu a fotogrametrickým meraním výškopisu v TP 3, ktoré preukázali vyššie uvedenú strednú chybu merania.

Na úsek plynovodu (cca. 100 km) boli tiež vykonané hore uvedené analýzy s podobným zhodnotením. V tomto prípade sa mimo základných produktov DTM, DSM (v ASCII a v tvare GRD) a skenerového záznamu v RGB a IR pásme spracovávali tiež ďalšie produkty.

- farebný georeferencovaný tieňový model DSM
- klasifikácia bodov DSM
- pozdĺžne výškové profily terénu
- landuse (gridová analýza využitia pôdy)
- farebný 3D model - pohľady zo strán
- animácia simulácie 3D priestoru - prelety nad terénom



Obr. 7 - Vzorka 3D animácie preletu nad terénom

Na záver by som zhrnul naše skúsenosti, z vyskúšania technológie laserscan. Počas jednej letovej misie sa vykoná kontinuálny zber údajov laserového merača, RGB IR skenera a príp. aj videozáznam kamerou s pohľadom dopredu. Laserový merač skenuje pozdĺž trasy lietadla alebo helikoptéry. Laserové meranie dĺžok sa vykonáva s frekvenciou cca. 83000 laserových meraní za sekundu s centimetrovou presnosťou. Z každého

laserového merania sa získa niekoľko odrazov, ktoré sa zaznamenajú. Súčasne RGB IR skener zaznamenáva to isté územie v tom istom čase ako laserový merač. Výsledkom sú ortorektifikované georeferencované zábery RGB IR s rozlíšením v závislosti od výšky letu. Kamera s pohľadom dopredu (45° uhol) vykoná videozáznam z trasy ktorý je možné využiť na identifikáciu objektov pri spracovaní merania a s možnosťou pripojovania záberov do databázy.

Metóda laserscan patrí v súčasnosti medzi jednu z plno automatizovaných technológií získavania 3D údajov o území. V krátkom časovom okamihu dokáže zachytiť aktuálny stav a veľmi presne ho zdokumentovať. V porovnaní s množstvom dodaných údajov ako aj možnosťou ďalšej práce s týmito údajmi (tvorba nových produktov, gridové a multispektrálne analýzy) patrí v súčasnosti medzi najrýchlejšie a najekonomickejšie.

4. Videometria

Technológia videometrie využíva možnosti digitálnych videokamer formátu miniDV. Digitálnou videokamerou, umiestenou v lietadle, je snímaný pás územia pod lietadlom. Získaný videozáznam môžeme spracovávať digitálnou cestou vo video strižniach do formy rôznych výstupov, prezentácii, dokumentácii skutočného stavu terénu a objektov nachádzajúcich sa na ňom. Získanie videozáznamu samo o sebe nie je obtiažnym problémom, pokiaľ nepožadujeme aby video sekvencie alebo jednotlivé obrazové okienko nemali georeferencovanie. Pokiaľ georeferencovanie požadujeme, napr. z dôvodu pripojenia záberov k inej aplikácii s mapovou kresbou, je potrebné vykonať georeferencovanie videa.

Georeferencovanie videa je možné riešiť viacerými spôsobmi, ale najjednoduchšou možnosťou je príjem GPS signálu v lietadle paralelne s príjmom toho istého signálu na zemi v tzv. diferenciálnom režime.

Pred video letom je na zemi zapnutá bázo­vá stanica GPS a v rámci prípravných operácii pred štartom je tiež zahájený príjem signálu GPS v lietadle. GPS signál je v priebehu letu ukladaný spolu s GPS časom do palubného počítača a v prípade, že súčasne prebieha záznam obrazu na videokameru, sú na ňu vysielané synchronizačné pulzy. Po lete sú záznamy z palubného počítača tzv. post processingom jednak prevedené do časovej rady a ďalej je k jednotlivým časovým údajom dopočítaná aktuálna poloha, v ktorej sa lietadlo v danom okamihu nachádzalo. V rámci post processingu videozáznamu sú analyzované synchronizačné pulzy a je im priradená odpovedajúca polohová identifikácia.

V prípade ideálne zvislého videozáznamu z lietadla by určená súradnica príslušnej video sekvencie, príp. jednotlivého obrazového okienka zodpovedala danej polohe v teréne s presnosťou zodpovedajúcou charakteristikám presnosti používaného diferenciálneho GPS systému, resp. vzdialenosti pohybujúcej sa stanice od básovej stanice umiestenej na zemi a presnosti identifikácie, príp. presnosti priradenia jednotlivého obrazového okienka k synchronizačnému pulzu.

Teoretický predpoklad presne zvislého záznamu však nie je v praxi nikdy splnený, mimo chvíľkových okamihov kedy je osa kamery náhodne v presne zvislej polohe. V praxi je toto možné v post processingu namodelovať (tzn. tieto chyby odstrániť), s využitím už spomenutých inerciálnych meračských jednotiek, ktoré sú umiestené na snímačej kamere a registrujú v priebehu letu jednotlivé zložky sklonu a prípadne aj zrýchlenie v jednotlivých smeroch. O tieto registrované sklony je daná video sekvencia upravená tzn. namodelovaná ako presne zvislý záber (obr. 8).



Obr. 8 - Vzorka súčasného zobrazenia videa a niektorých grafických údajov z GIS

5. Záver

Obe popísané technológie laserscanu a videometrie zhodne využívajú metódy diferenciálneho GPS merania a inerciálnej navigácie (INS). Spracovanie záznamov GPS/INS je perspektívna cesta získavania parametrov na priame georeferencovanie obrazových a iných záznamov rôznych typov. Aj napriek tomu, že sa metodika priameho merania stále vyvíja, už dnes môžeme prehlásiť, že táto cesta je progresívnou možnosťou, ktorá otvára cestu k ďalšiemu stupňu automatizácie procesov fotogrametrie a diaľkového prieskumu Zeme.

Podľa našich skúseností môžeme doporučiť využitie technológie laserscan v prípade, že je úlohou vytvoriť presný výškový model terénu a model terénnych prekážok s možnosťou súčasného získania RGB a IR záznamov počas jedného letu. Touto technológiou je možné vytvoriť veľmi presný DTM a DSM aj v značne neprístupnom teréne. Z primárnych údajov je následne možné vytvoriť veľké množstvo sekundárnych produktov (výškové profily terénu a povrchu, landuse, priestorové analýzy, modelovanie a analýzy dynamických javov, 3D modely územia, a i.).

Naopak technológia videometrie je najvýhodnejšia v situácii, keď je potrebné v krátkom časovom úseku získať georeferencované obrazové rastrové údaje pre dokumentáciu určitého stavu terénu. Na rozdiel od metódy fotogrametrie, laserscan, a pod., sú údaje z videometrie menej presné, ale jej nespornou výhodou je rýchlosť dodania výsledného produktu (rádovo dni) a menšia finančná náročnosť.

Literatúra

- [1] SUKUP, K - ŠAFÁŘ, V: Nové technologie pro tvorbu DTM a DSM, Príspevok na konferencii pri príležitosti 50. výročia založenia VTOPÚ Dobruška, 9.2001.
- [2] ŠRÁMKOVÁ, R: Nová metóda priestorového 3D merania v odbore bezkontaktného získavania informácii o teréne, Slovgaz 2002

