

NAŠE PRVÉ SKÚSENOSTI S DIGITÁLNOU FOTOGRAMETRIOU.

Ivan KASALA

Topografický ústav Armády SR, Banská Bystrica

Na úvod trošku z nedávnej histórie.

Po rozpade Československa, následnom vzniku Armády SR a zahájení jej činnosti vzniklo v armáde mnoho problémov. Medzi ne patrilo aj topograficko - geodetické zabezpečenie vojsk, čo viedlo k potrebe vytvoriť pracovisko, ktoré by tieto špeciálne úlohy plnilo. A tak najmä vďaka nesmiernemu úsiliu pracovníkov Topografického oddelenia vtedajšieho Veliteľstva ASR vznikol a zahájil svoju činnosť Topografický ústav Armády SR v Banskej Bystrici (ďalej TOPÚ).

Jednou z hlavných úloh, ktoré TOPÚ plní, je tvorba a obnova topografických máp (TM) mierky 1:25 000. Delením majetku bývalej, federálnej armády, získal TOPÚ niekoľko prístrojov a zariadení, potrebných na túto činnosť. Medzi nimi i fotogrametrické prístroje a tiež podklady rozpracovanej 4. Obnovy TM. Sú to iba dva prístroje na "klasickú" analógovú fotogrametriu. Ich kalibrácia a potrebná pravidelná údržba je však veľmi nákladná a problematická. Prístroje sú totiž viac ako dvadsaťročné, navyše vyrobené v bývalej NDR. "Zdedené" rozpracované listy 4. obnovy tiež neboli v najlepšom stave vzhľadom na nezaujímavé priestory a politické smerovanie bývalej armády. Boli robené iba formálne a výnimku tvorila iba štátna hranica. Ako tlačové podklady sa používali iba minimálne upravované listy 2. obnovy.

S prihliadnutím na množstvo práce, technické vybavenie a personálne obsadenie, bolo nutné hľadať nové, efektívnejšie cesty, aby bolo možné čo najskôr dopracovať 4. obnovu TM. Rozhodli sme sa preto pre úplne nový spôsob - digitálnu fotogrametriu, ktorou chceme postupne úplne nahradiť fotogrametriu analógovú. K tomuto rozhodnutiu sme dospeli i vďaka obrovskému dynamickému rastu, ktorý táto metóda, potrebná pri tvorbe a obnove mapového diela v poslednom období zaznamenala. Rozhodli sme sa pre čisto digitálnu linku, ktorá podstatne urýchlí prácu nielen fotogrametrom, ale aj topografom a v nemalej miere i kartografom.

Technické vybavenie.

Po rozhodnutí vytvoriť ucelené pracovisko digitálnej fotogrametrie sme začali s prieskumom trhu. Po mnohých hodinách konzultácií a ukážok sme sa sústredili na dve firmy, ktoré v oblasti digitálnej fotogrametrie patria v súčasnosti medzi svetovú špičku. Intergraf a Leica. Tu vyvstal ďalší problém. "Komunikatívnosť" a "komplexnosť" výrobných linky. Nakoniec sme sa rozhodli pre firmu LEICA. V jej prospech (z nášho pohľadu) hovorila nielen mnohoročná skúsenosť s fotogrametriou, a to nielen digitálnou, ale aj možnosť napojenia a získavania potrebných pracovných dát z geodetických prístrojov (medzi nimi i prístroje GPS), ktoré firma vyrába a s ktorými pracujú aj naši geodeti. A tak sme zakúpili pracovnú stanicu digitálnej fotogrametrie DPW 790t - HELAVA. Pri výbere stanice sme brali do úvahy nielen vynikajúce úspechy, ktoré s touto pracovnou stanicou boli dosiahnuté pri fotogrametrických prácach v nedávnej minulosti a to najmä pri mapovaní po vojenskej operácii "Púštna búrka" na blízkom východe (kde tím odborníkov vo veľmi ťažkých podmienkach dosiahol v pomerne krátkom čase pozoruhodné výsledky), ale aj nové možnosti využitia pracovnej stanice. Samozrejme sme žiadali určité špecifikácie, ktoré vyplývajú z nami riešených úloh pri mapovaní nášho územia, čomu firma plne vyhovel. Preto sme po konzultáciách zakúpili nasledovnú konfiguráciu pracovnej stanice:

Hlavnou jednotkou pracovnej stanice HELAVA je mikropočítač Silicon Graphic s parametrami 2,1 GB HDD a externým HDD s kapacitou 9 GB. K hlavnej jednotke, ktorej súčasťou sú mechaniky na disketu a CD s ôsmimi rýchlosťami, je pripojené záznamové zariadenie na 8mm magnetickú pásku. Pracovná stanica HELAVA je dvojmonitorová, pričom prvý monitor (nazývaný CONSOLE) slúži ako pracovný - dialógový. Slúži na prácu s operačným systémom (v našom prípade je to OS UNIX) a na základné - povelové časti riešenia úlohy. Druhý monitor (pracovne nazývaný EXTRACTION) je určený na priame fotogrametrické práce s leteckými meračskými snímkami (LMS) v mono i stereo režime. Stereo režim je určený na tvorbu stereomodelov, ktoré vznikajú prekrytom LMS a vytvárajú plastický obraz. Stereomodel (jeho plasticnosť) je tvorený na základe priečne a pozdĺžne polarizovaných snímkov. K videniu takéhoto modelu je potrebné použiť polarizačné okuliare, ktoré sú taktiež súčasťou pracovnej stanice. K prácam s výškovými súradnicami v stereomodeli je potrebné zariadenie TRACKBALL a samozrejmom súčasťou je klávesnica, myš a mikrofón. Pre zabezpečenie ochrany spracovávaných dát a produktov (z hľadiska dodávanej energie) je samozrejmom súčasťou pracovnej stanice stabilizátor napätia a súčasne

i záložný zdroj s možnosťou dodávky elektrickej energie 8 - 12 minút po jej výpadku, čo je dostatočný čas k ukončeniu všetkých prác a záchrane práve spracovávaných dát.

Programové vybavenie stanice je nasledovné:

- UNIX - operačný systém,
- SOCCET SET, čo je prostredie pre prácu s LMS, orientáciu snímok, tvorbu stereomodelov, ortofotosnímkov, mozaiky, výpočty potrebné pre fotogrametra ...
- PRO 600, čo je upravený MICROSTATION 95 a slúži na zakresľovanie a vektorizáciu nad SOCCET SET pri tvorbe máp, plánov a rôznych nastavieb jeho produktov.

V súčasnosti je už na TOPÚ vybudovaná počítačová sieť, ktorá umožňuje pracovnej stanici HELAVA priamo spolupracovať i s ďalšími pracovnými stanicami, alebo Vstupno/Výstupných zariadeniami, čo značne uľahčuje a urýchľuje mnohé pracovné činnosti.

Spoločne s touto pracovnou stanicou sme objednali a zakúpili špeciálne skenovacie zariadenie DSW 200 HELAVA. Je to zariadenie na spracovanie (naskenovanie) vstupných dát - digitálnych LMS, určené hlavne pre digitálnu fotogrametriu. Pracuje s rozlíšením až 5000 dpi (hardwarovo). My vzhľadom k hospodárnosti používame 1000 dpi. Toto rozlíšenie zodpovedá veľkosti pixela 25 μm , čo v skutočnosti zodpovedá 0,68 x 0,68 metra a je plne vyhovujúce našej požiadavke, aby sa dali na stereomodeli jednoznačne identifikovať topografické prvky veľkosti 1 x 1 meter. Takýmto spôsobom naskenovaný čierno - biely LMS zaberie 85 MB diskovej pamäte, čo je vzhľadom na simultánnu prácu s blokom snímok prijateľné. I menej kvalitné snímky je možné upraviť tak, aby boli vyhovujúce tvorenému projektu a čo najviac sa priblížili kvalitatívne k ostatným snímkam.

Naše prvé skúsenosti s digitálnou fotogrametriou.

Digitálna fotogrametria potrebuje presné dáta (súradnice) vĺčovacích bodov. Využíva automatické rozoznávanie identických bodov na susedných snímkach tzv. koreláciu. V tomto ohľade sa podstatne líši od analógovej fotogrametrie, kde často dochádzalo k nepresnosti + (-) 5 až 10 metrov a správne vyhodnotenie bolo závislé na ľudskom činiteli - odhade a skúsenosti obsluhy. V súčasnej dobe ešte nie je pre nás výhodné v podmienkach TOPÚ získavanie súradníc vĺčovacích bodov pomocou GPS metódy a to z viacerých dôvodov (nedostatočná sieť GPS bodov, veľká časová náročnosť ich merania - minimálne 20 minút observácie na jednom bode, nejednoznačná identifikácia vĺčovacích bodov na snímke a v teréne a v neposlednom rade vo veľkej miere neaktuálne miestopisy bodov v katalógoch súradníc -

ktoré sa v súčasnej dobe postupne aktualizujú). Preto sme sa rozhodli vyskúšať metódu prednáletovej signalizácie trigonometrických bodov.

Táto metóda pozostáva z nasledujúcich častí:

- príprava projektu
- signalizácia trigonometrických bodov
- nalietanie a nasnímkovanie nasignalizovaného územia
- vyvolanie a vyhotovenie LMS
- skenovanie snímok - prevod z obrazovej (fotografickej) formy do digitálnej
- digitálne spracovanie nasignalizovaného územia.

Príprava projektu je vlastne prvotná a veľmi dôsledná kancelárska príprava. Pozostáva z preštudovania mapových listov rôznych mierok (od 1: 100 000 až po 1:25 000), katalógov geodetických bodov (hlavne ich miestopisov), kontaktných kópií LMS z predchádzajúcich nalietavaní a v prípade potreby aj ich zväčšení. Tým spracovávateľ získava dostatočné množstvo informácií o území, ktoré je potrebné zmapovať. Na základe takto získaných informácií vyberieme potrebný počet vličovacích bodov. Výber týchto bodov sa posudzuje z viacerých pohľadov:

- rozmiestnenie musí byť vhodné pre digitálne spracovanie blokov LMS
- vhodnosť pre projekt a zároveň posúdenie možnosti poškodenia signálov (podľa možnosti vyhnutie sa obývaným celkom)
- jednoznačná viditeľnosť na snímke (t.j. dostatočná vzdialenosť od objektov vrhajúcich tieň)
- dostupnosť terénou automobilnou technikou.

Práca v teréne. Vybrané vličovacie body je potrebné nasignalizovať v čo najkratšej dobe a to v čase, ktorý je vhodný pre nalietanie a nasnímkovanie územia. Treba brať do úvahy ročné obdobie (zatieňovanie signálov), či vlastnosti okolitej vegetácie. Preto je potrebné pri tvorbe objektu poznať os letu snímkovacieho lietadla a k nej prispôbiť výber bodov.

V praxi sa priamo v teréne stretávame s niektorými problémami. Stáva sa napríklad, že pôvodne vybraný vličovací bod je zničený, neexistujúci, alebo zarastený (čiže nepoužiteľný). Preto sa treba operatívne rozhodnúť a nasignalizovať bod nový tak, aby vyhovoval vypracovanému projektu. Zvyčajne je to najbližší možný bod. Ak pri tvorbe projektu zvolíme "problematický" trigonometrický bod, vždy pri ňom uvádzame aj náhradné riešenie.

Ďalším problémom je možnosť zničenia, či odcudzenia signálu. Tento faktor sa nedá úplne eliminovať, ale je možné mu čiastočne predísť už spomínaným opatrením (vyhýbať sa obývaným celkom) alebo vhodným nasignalizovaním niekoľkých " rezervných " trigonometrických bodov.

Súčasťou práce v teréne je aj zápis do záznamníka o vykonanej signalizácii, ktorý má nasledujúci tvar:

Číslo Trigonometrického bodu (názov)	Dátum	Výsledok rekognoskácie a signalizácie (typ signálu)	Pracovná skupina

Takýmto spôsobom si postupne spracovávame vlastnú databázu trigonometrických bodov, vhodných pre využitie v digitálnej fotogrametrii. Využitie takejto databázy je zároveň veľmi vhodným doplnkom pri tvorbe a opravách katalógov súradnic geodetických bodov a pri meračských prácach našich geodetov.

Signál. V praxi sme odskúšali niekoľko typov a veľkostí signálov, vyrobených z viacerých druhov materiálov. Vybrali sme signály z bielej kontrastnej PE fólie. Fólia je dostatočne pevná, odolná poveternostným podmienkam. Je balená v 50 kg balíkoch - roliach so šírkou jeden meter a výroba signálov z nej je nenáročná. Nezanedbateľná je aj ekonomická stránka nášho výberu. Zvolený materiál je totiž odpadom z priemyselnej výroby.

Na základe veľkosti pixelu v skutočnosti (0,68 x 0,68 metra) sme sa po niekoľkých testoch rozhodli pre nasledovné typy a veľkosti signálov:

“ X “ signál - skladá sa zo štyroch ramien s rozmermi 0,5 x 1 meter (uložených po 90°) a stredú 0,5 x 0,5 m (alebo jeho variácie “ T “ , “ L “ a “ ! “). Vzdialenosť medzi okrajom stredú a okrajom ramena je 0,5 m, čo je približná veľkosť pixela v skutočnosti

Veľký stred - štvorec so stranou 1 m
to všetko pre snímkovú mierku 1: 25 000 až 1:27 000.

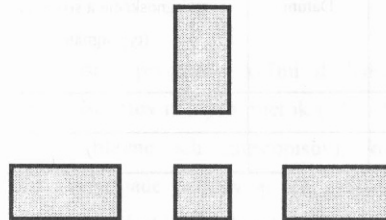
Výber tvaru signálu zodpovedá konfigurácii terénu, pričom jedno rameno je (podľa možnosti) orientované na sever, čím sa uľahčuje práca na pracovnej stanici.

V snahe predísť ničeniu a odcudzovaniu našich signálov máme vždy na jednom z ramien signálu (a na všetkých veľkých stredoch) upozorenie - nápis o vlastníčkovi a účele signalizácie.

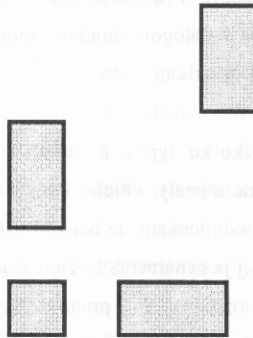
V prípade, že je nevhodné použiť niektorý z už spomínaných signálov (a to hlavne v blízkosti obydli, osvedčil sa nám signál v tvare kruhu s priemerom 1 meter, na ktorého výrobu používame vápno (v prípade trávnatých plôch).

Ukážka tvarov signálov.

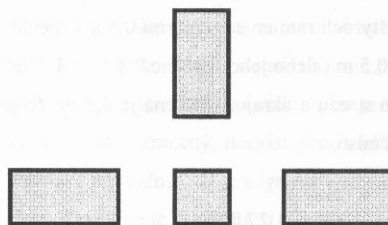
“ X “ signál :



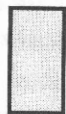
“ L “ signál :



“ T “ signál :



“!” signál :



Naše projekty.

Doteraz sme takýmto spôsobom spracovali a nasignalizovali niekoľko lokalít. Jednalo sa predovšetkým o územie Banskej Bystrice, kde sme si odskúšali a overili viaceré tvary a veľkosti signálov. Na základe výsledkov tohoto projektu sme začali používať už hore spomenuté signály. Rozloha signalizovaného územia bola približne 143 km² a nasignalizovali sme 10 trigonometric-kých bodov. Po nasnímovaní a digitalizácii LMS bola vykonaná orientácia 12 LMS v jednom bloku a urobený výrez územia Ban. Bystrice s príľahlými časťami, v rozmere jedného mapového listu mierky 1: 25 000. Pri snímkovej mierke 1: 26 000 sme dosiahli nasledovnú polohovú presnosť určenia topografických prvkov :

$$x = 0,76 \text{ m}$$

$$y = 0,69 \text{ m}$$

$$z = 0,81 \text{ m.}$$

Dosiahnuté výsledky plne vyhovujú našim potrebám a potrebám informačného systému, ktorý v súčasnosti u nás vytvárame. Zároveň prekračujú presnosť potrebnú pre analógovú fotogrametriu. Z daného územia bol spracovaný aj grafický výstup - ortofotosnímka, na výstupnom osvitovom zariadení MAPSETTER 5000. Pri signalizácii a zozbieraní signálov po snímovaní bolo najaz-dených 150 km.

Ďalšou úlohou bolo spracovanie 4. obnovy TM lokality Rimavská Sobota. Jednalo sa o územie s rozlohou 1350 km², čo zodpovedá rozlohe jedného mapového listu mierky 1:100 000. Návrh rozmiestnenia vličovacích bodov bol pripravený do 4 blokov, zhodných s hranicami ML mierky 1:50 000. Na jar roku 1996 sme nasignalizovali na danom území 54 trigonometrických bodov. Pre nepriaznivé poveternostné podmienky sa však nalietanie neuskutočnilo včas. Nalietaná bola iba časť z tohoto územia a to až v októbri roku 1996. Na vyvolaných negatívoch sa našlo 90 % signálov, čo bolo spôsobené sčasti odcudzením signálov a sčasti nevhodnou dobou snímovania - prekrytím signálov tieňmi. Preto sme v máji 1997 vykonali rekognoskáciu a dosignalizovanie daného územia (o 7 bodov). Tentokrát bolo územie nasnímované včas a po zoskenovaní LMS bolo nájdených viac ako

96 % signalizovaných trigonometrických bodov. Úplne sa nám tak potvrdil výber bodov i tvarov signálov pre prácu s digitálnou fotogrametriou. Pri tejto signalizácii bolo najazdených temer 1 400 km.

V lete roku 1997 sme spracovali a nasignalizovali projekt územie VVP Lešť. Je to územie o rozlohe 1020 km². Nasignalizovali sme na ňom 35 trigonometrických bodov a pri signalizácii sme najazdili 620 km. Výsledkom spracovania tohoto územia na pracovnej stanici HELEVA je mozaika a ortofotomapa VVP Lešť, s nadstavbou komunikácií a vodstva, vytvorených pomocou PRO 600. Farebný grafický výstup bol spracovaný na plotri HELWETT PACKARD s rozlíšením 300 x 300 dpi.

V tomto roku sme pripravili a nasignalizovali projekt pod pracovným názvom „VÝCHOD“. Je to šesť ML mierky 1: 100 000, zahŕňajúcich územie, ktoré nadväzuje na už spracované územie Rim. Soboty pozdĺž hranice s Maďarskou republikou smerom na východ a zahŕňa i celú hranicu s Ukrajinou. Na tomto území bolo vytypovaných pre signalizáciu 147 trigonometrických bodov. Vzhľadom k zlým poveternostným podmienkam a nedostupnosti k niektorým z vytypovaných trigonometrických bodov sme vytýčili 125 signálov. Projekt signalizovali dve trojčlenné pracovné skupiny 10 dní a z dvoch výjazdových centier sme najazdili 4 200 km (vrátane presunu z B. Bys-trice a späť).

Projekt pripravovali dvaja pracovníci po viac ako 120 hodín a zahŕňa:

- rozpis bodov na pripravených tlačivách
- postupný plán signalizácie rozpracovaný po jednotlivých dňoch pre jednotlivé skupiny (a to na mapách mierok 1: 100 000, 1:50 000 a 1:25 000)
- priesvitky s rozkreslenými trasami a prístupovými cestami a to podľa máp mierok 1: 100 000, 1:50 000 a 1: 25 000.

Po nasignalizovaní daného územia sme spracovali nové priesvitky s aktuálnou situáciou signalizácie (podľa máp mierok 1: 100 000, 1:50 000 a 1:25 000). Priesvitky sa spolu s mapami využívajú pri samotnej digitalizácii.

Ďalšie prognózy vývoja digitálnej fotogrametrie v TOPÚ.

V súčasnosti je rozpracovaných niekoľko návrhov na riešenie komplexnej prevádzky digitálnej fotogrametrie. K najzaujímavejším patrí návrh na zakúpenie štyroch staníc DVP od firmy LEICA. DVP je zariadenie, ktoré už v súčasnosti dokáže pracovať so základnými informáciami dodanými z pracovnej stanice typu HELAVA a so svojou nadstavbou MICROSTATION 95 umožňuje spracovávať a vytvárať ďalšie produkty. Je to stanica

založená na PC a produkty kompatibilné s HELAVA pracujú pod DOSom i WINDOWSom. Základné operácie so snímkami by kvôli operatívnosti boli vykonávané na pracovnej stanici HELAVA. Na DVP by boli stereomodely LMS základom, nad ktorým by boli pomocou MICROSTATION 95 transparentne načítané posledné tlačové podklady mapy príslušného územia. Priamo na týchto podkladoch by boli vykonané vektorizáciou zmeny podľa skutočného stavu a pomocou osvitovej jednotky by sa priamo vytlačil nový tlačový podklad. Takéto riešenie by značne urýchlilo práce na obnove celého mapového diela.

V súčasnosti existujú dve verzie DVP - jednonitorová a dvojmonitorová. K jednonitorovej je pripojené špeciálne stereoskopické zariadenie. Takéto DVP pre nás dnes už menej zaujímavé. Pre množstvo práce, ktoré by sme na takýchto pracovných staniciach chceli vykonávať je pre nás vhodnejšie dvojmonitorové zariadenie DVP. Toto riešenie je veľmi zaujímavé hneď z dvoch uhlov pohľadu. Prvým je cenová dostupnosť zariadenia (je približne o polovicu lacnejšie ako pracovná stanica HELAVA) a druhým je úplná kompatibilitosť s pracovnou stanicou HELAVA. Firma Leica totiž upravila program SOCRET SET tak, že pracuje aj v prostredí WINDOWS NT. Obsahuje úplne zhodné moduly ako pracovné stanice, ktoré pracujú pod OS UNIX a je schopný s nimi spolupracovať. Jeho nadstavbou potrebnou pre digitalizáciu a vyhodnocovacie práce je PRO 600. Pre náš ústav by pripadali do úvahy tri NT stanice, ich neúplná verzia. Obsahovali by iba niektoré moduly a pracovali by s podkladmi z pracovnej stanice HELAVA. Využitie takýchto pracovných staníc je nielen pri fotogrametrii, ale i topografickom vyhodnocovaní zmien, či kartografickom spracovávaní tlačových podkladov máp.

Veľmi zaujímavým návrhom riešenia komplexnej prevádzky digitálnej fotogrametrie je linka, zložená iba z pracovných staníc typu HELAVA. Základnou (hlavnou) pracovnou stanicou by bolo pracovisko, ktoré už vlastnime a ktoré obsahuje pre nás všetky potrebné moduly. Na tejto pracovnej stanici by boli vykonávané všetky základné operácie (napr. orientácia LMS). Ďalšie dve, alebo tri pracovné stanice by mali iba čiastočné programové vybavenie. Obsahovali by iba niektoré moduly (napr. CORE, STEREO, HATS) a nadstavbu PRO 600 a slúžili by na vyhodnocovacie práce.

Záver.

Už dnes je vidieť veľký prínos a perspektívy využitia digitálnej fotogrametrie na TOPÚ. Jej výhodou je zrýchlenie, zefektívnenie, skvalitnenie a čiastočne zautomatizovanie mnohých čiastkových prác, doteraz vykonávaných klasickou analógovou technológiou. Bude

možno pracovať s väčším množstvom leteckých meračských snimok (i modelov) odrazu a to najmä vďaka poloautomatizácii vonkajšej orientácie snimok. My plánujeme pracovať s blokom 45 LMS, čo predstavuje v skutočnosti jeden mapový list mierky 1:50 000. Orientáciu je nutné vykonať iba raz a potom ju stačí uchovať na pamäťovom médiu. Výstupné dáta sú ďalej využiteľné nielen pri tvorbe máp, ale aj pri naplňaní databázy informačného systému, či inému využitiu na ostatnej výpočtovej technike. Toto je možné nielen zo záložných pamäťových médií (diskety, CD a datpásky), ktoré sú spoľahlivejšie ako klasické LMS (časom nepodliehajú deformáciám), ale vďaka počítačovej sieti aj priamo z pracovných staníc. Takto dodávané softcopy nahrádzajú často zdĺhavú a nepotrebnú tlač a šetria čas na iné možné spracovania.

Moderné počítačové vybavenie digitálnych fotogrametrických staníc však vyžaduje širšie vedomosti zo strany obsluhy (znalosť počítačovej problematiky, ale súčasne i fotogrametrickej). Toto núti našich pracovníkov neustále sa zdokonaľovať vo svojom obore, čo je zárukou kvalitnej práce aj do budúcnosti.

Pred nami však stojí ešte niekoľko úloh. Je potrebné doriešiť na ústave úplnosť linky (a tým aj celého technologického postupu), zabezpečiť zber a spôsob ochrany dát a software (prístupové práva pre potencionálnych spolupracovníkov a „zákazníkov“), preskúmať ďalšie spôsoby využitia produktov digitálnej fotogrametrie v praxi.

Napríklad problémom, s ktorými sme sa doposiaľ stretli, naše skromné skúsenosti naznačili, že voľba využívať digitálnu fotogrametriu v procese obnovy TM mierky 1:25 000 bola správna. Je to výrazný kvalitatívny skok, keď digitálna fotogrametria ponúka širokú škálu využitia spracovávaných dát, ako i efektívny a spoľahlivý prvok pri dopĺňaní vytváraného informačného systému.

Spracoval: npor. Ivan Kasala

Lektorovali: plk. Ing. Peter Barica

pplk. Ing. Jaroslav Piroh, CSc

pplk. Ing. Jaroslav Benik

kpt. Ing. Marcel Berezný