

Karel SUKUP

## VYUŽITÍ FOTOGRAMMETRIE PRO SBĚR DAT

**Sukup Karel: Using of Photogrammetry for Data Collection.** Kartografické listy, 1997, 5.

**Abstract:** Image processing becomes more and more integrated in the different cartographic production steps, from softcopy photogrammetry via computer assisted photointerpretation up to printing. This paper concentrates on the role of digital image processing of remote sensing data for mapping and GIS purposes, and especially on digital ortophotos.

**Key words:** Image processing, data capture, ortophoto, scanning.

### ÚVOD

Výkon státní správy je prakticky velmi odkázán na kvalitu informací, které pro řídicí nebo rozhodovací procesy potřebuje. Aspekt kvality a aktuálnosti datových zdrojů je velmi závažný. Pokud problém zúžíme na problematiku grafických informací, lze jednoznačně říci, že stávající mapové podklady vyhovují těmto požadavkům pouze částečně. Ideální formou zvýšení nebo zlepšení vypovídacích schopností současných mapových podkladů je jejich aktualizace nebo nové vytvoření za pomoci využití aktuálních leteckých snímků a technologických postupů stereofotogrammetrie a tvorby ortofotomap.

Cesty k získání datových informací jsou poměrně rozmanité, ale v ČR je ponejvíce doposud využívána metoda prosté digitalizace nebo vektorizace skanovaných mapových podkladů. Tato metoda pochopitelně vyhovuje do okamžiku, ve kterém zjistíme, že data nemají požadovanou aktuálnost nebo vypovídací schopnost.

Využití stereofotogrammetrických technologií přináší možnost přímého analytického vektorového vyjádření měřených jevů. Vzniká čarová mapa, která vyjadřuje měřené jevy a podle stupně složitosti měřených objektů musí být dodatečně provedeno tzv. interaktivní dotvoření dat, aby tato mohla být plně akceptována v systémech GIS. Čarové vyjádření informace přináší tak jako vyjádření prvků polohopisu klasické mapy řadu potíží, především v tom, že čára jakožto představitel objektu nebo jeho hranice nedokáže zpravidla vypovědět o měřeném prvku vše, co by si specialista GIS přál. Složitě kódování interpretovaných vlastností jednotlivých objektů paralelně s fotogrammetrickým vyhodnocením není v řadě případů možné nejen z důvodu časové náročnosti, ale především proto, že operátor stereofotogrammetrického vyhodnocovacího přístroje není specialista na aplikace GIS a požadované jevy, byť jsou na snímku viditelné, není pro nedostatek speciální odborné kvalifikace schopen vyhodnotit. Hledaly se proto postupy, jak tento určitý nedostatek odstranit nebo částečně eliminovat.

Od samého počátku využívání fotogrammetrie se vědělo, že obyčejný snímek má několikanásobně vyšší vypovídací schopnost než sebelépe vyhotovená mapa, resp. že ideální by bylo propojit čarovou informaci mapy nebo stereofotogrammetrického měření s obrazovou informací snímku. Potíž byla však v tom, že běžný snímek pořízený ne zcela ve svislé poloze, zobrazující nerovný terén nebylo možno a doposud není možné připasovat na mapu bez toho, že připustíme větší či menší odchylky od správné polohy.

Chyby z použití méně exaktního technologického postupu jednosnímkové fotogrammetrie jsou poměrně velké. Problém takto vznikajících chyb se podařilo vyřešit formou tzv. diferenciálního překreslování. Metoda tohoto postupu využívá principu rozřezání snímku do úzkých,

diferenciálně malých, rovnoběžných pásků, ve kterých je prováděna korekce převýšení terénu a sklonu snímku.

Digitální nebo analogová forma leteckých snímků přetvořená do ortogonální formy, tj. ortofotosnímek ve variantách ortofotomozaiky nebo ortofotomapy je zahraničními i domácími odborníky v posledním roce označována za bezkonkurenčně nejlepší podklad pro aktualizaci dat GIS. Tyto ortofotosnímkové podklady mají jednu společnou charakteristickou výhodu proti běžným snímkům, a to, že středové promítání klasicky pořízeného snímku se všemi jeho nevýhodami je matematicky převedeno do formy ortogonalizované, která velmi dobře vyhovuje zobrazení mapového podkladu.

Digitální ortofoto jako vrchol využití snímkových materiálů pro sběr a aktualizaci dat GIS je součástí poměrně složitého technologického řetězce fotogrammetrického zpracování. Jeho provedení je závislé na existenci velmi výkonného počítačového vybavení a rovněž programové řešení celého procesu není nikterak jednoduché.

## Trend

Trend digitálního zpracování leteckých materiálů požaduje převedení leteckých snímků do formy skanovaného obrazu. Naše technické vybavení není dosud na takové úrovni, aby bylo možné umístit výkonný skaner přímo na palubu letadla, i když v zahraničí se již podobné experimenty provádí, ale musíme skanovat letecké snímky laboratorně. To vyžaduje mít k dispozici vysoce výkonné, geometricky přesné skanery. Pro tento účel jsou v ČR ověřeny dva typy skaneru - PHOTOSCAN a COLORGETTER III. Obě tato zařízení pracují s rozlišením až 8125 dpi - hardwarově, přičemž pro fotogrammetrické účely se využije rozlišení od 800 do 1500 dpi, což odpovídá velikosti pixelu 32 až 15 mikronů. Praxe však ukazuje, že rozlišení 800 dpi je možno využít pouze pro tvorbu ortofotopodkladů menších měřítek. Naskenovaný snímek s rozlišením 1300 x 1300 dpi má cca 169 000 000 pixelů, které nezkomprimovány představují u černobílého snímku přibližně 160 MB dat. Rychlost skanování je v rozsahu 70 000 pixelů až 140 000 pixelů za sekundu, což při výše uvedené hustotě snímku představuje čas pro zpracování snímku standardního rozměru 23 x 23 cm v rozsahu 20 až 40 minut na snímek.

Velké soubory vznikající při vysoké hustotě skanování představovaly v posledních letech značnou překážku pro nasazení metody digitální fotogrammetrie do praxe. Současná počítačová technika na platformě výkonných PC dual Pentium procesor počítačů (např. počítač TDZ 400 PC firmy Intergraph) nebo vysoce výkonné grafické stanice na platformě UNIX, např. IMAGESTATION firmy INTERGRAPH umožňují řešit zpracování velkého objemu dat prakticky v reálném čase. Dovolují to rovněž vysoce výkonné komprimační technologie, které umožňují zmenšit velikost souborů až na jednu třetinu původní velikosti s tím, že se rovněž snímek vnitřně uspořádá tak, aby jeho zobrazení na monitoru trvalo jen zanedbatelně dlouhou dobu (technologie OVERVIEW). Např. stereomodel, tj. dva snímky o původní velikosti 2 x 160 MB jsou zkomprimovány na velikost 2 x 60 MB, přičemž zobrazení těchto přibližně 320 MB rastrových dat na 27" monitoru, díky technologii OVERVIEW, trvá cca 5 až 10 sekund.

Skanování snímků představuje vstupní proceduru digitálního zpracování a tato určitá nevýhoda, která tuto technologii znevýhodňuje vzhledem ke klasické stereofotogrammetrii je v dalším postupu vyvážena možností automatizované podpory tvorby digitálního modelu terénu, tvorbou ortofoto a možností vytváření mozaiky z diferenciálně překreslených snímků.

Před těmito operacemi předchází orientace snímků tak, aby vždy dvojice vytvářela stereomodel. Po ukončení orientací snímků je možno provádět digitalizaci stereomodelu podobně jako u analytických fotogrammetrických přístrojů nebo starších analogových přístrojů. V této operaci je možno digitalizovat ze snímku významné informace o polohopisu, které mohou být později zvýrazněny na ortofotomapě. Velkou výhodou proti klasickým fotogrammetrickým

přístrojům je možnost, že vyhodnocení nebo studium snímků může provádět pomocí speciálních stereoskopických okulárů více lidí současně. Součástí digitalizace je digitalizace hran výškopisu, které budou využity pro tvorbu, respektive zpřesnění digitálního modelu terénu.

Základem vytvoření přesného digitálního modelu terénu je množina dílčích bodů změřených v rámci stereomodelu s vysokou přesností a hustotou. K tomuto účelu je využíván proces automatické korelace obrazu, při které jsou na základě identických denzit nalezeny zcela automatizovaně výškové body stereomodelu se zadanou hustotou a přesností. Vzniká tak velmi rychle hustá síť výškopisných bodů, které po doplnění o body spojnic vyjadřujících povinné hrany dávají kvalitní podklad pro vytvoření digitálního modelu terénu. Jeho využití jako součást GIS informací je zřejmé zejména pro uživatele na programové úrovni produktů MICROSTATION, AUTOCAD nebo GIS systému MGE SX.

Vzniklý digitální model terénu je vstupním souborem pro tvorbu digitální ortofotomapy, ve které jsou spojeny rastrová a vektorová data ze stereofotogrammetrického vyhodnocení nebo popřípadě z dříve digitalizovaných podkladových map. Objem dat prezentujících digitální ortofotomapu je poměrně velký, ale lze jej velmi účinně snížit vhodnou volbou parametrů až na velikost zcela příjemných 10 MB pro území prezentované jedním mapovým listem mapy 1:1000 nebo 1:2000 (32 až 128 hektarů). Protože digitální forma je pouze jednou z možností zobrazení i když pro tvorbu dat GIS nejdůležitější je možné ortofotomapu vytisknout různými postupy v černobílé nebo barevné formě. Nejvhodnější z hlediska kvality se jeví tisk na jednotce digitálního nátisku firmy SCITEX - IRIS GRAFICS 3047. Kvalita výstupu je vynikající a snese i nejpřísnější kritéria zákazníků.

Uplatnění výše uvedených postupů nachází stále častěji své uplatnění v dílčích aspektech rozhodování státních orgánů. Bez ohledu na úplnost je možno zmínit některé oblasti, kde je aplikace digitální fotogrammetrie nejmarkantnější:

- aktualizace GIS okresních úřadů vyhotovených na platformě map 1:10 000 nebo ZABAGED,
- digitální technická mapa města a výškový model zástavby,
- interpretace spektrozonálních a multispektrálních snímků pro tvorbu speciálních nadstavbových vrstev GIS,
- pozemkové úpravy,
- tvorba územních plánů a další.

### **Aktualizace GIS okresních úřadů vyhotovených na platformě map 1:10 000 nebo ZABAGED**

Tato oblast nabízí poměrně širokou škálu možností využití postupů fotogrammetrie. Aktualizovat lze digitalizovaná vektorová data státního datového informačního systému ZABAGED, ale rovněž jeho rastrovou modifikaci ZABAGED I. Řada okresních úřadů vlastní vektorizovaná data map 1:10 000, která byla digitalizovaná na podkladě různých starých mapových podkladů Základní mapy ČR 1:10 000. Aktualizace těchto datových struktur je rovněž možná. Jako metody aktualizace přicházejí do úvahy postup stereofotogrammetrického dovyhodnocení změn. Ověřováním technologií aktualizace data ZABAGED pro rezort ČUGK je však možno konstatovat, že lze prakticky výhradně přejít na systém aktualizace dat GIS na podkladě ortofotomap. Přehlednost, rychlost a snadnost s jakou lze zjišťovat nehomogenitu a chybu ve státním mapovém díle je zcela mimo rámec diskuze.

### **Digitální technická mapa města a výškový model zástavby**

V současném období největším fotogrammetrickým projektem je tvorba výškového modelu města Prahy pro účely studia protipovodňových opatření. Tvorba výškového modelu zástavby pro urbanistické studie a návrhu optimálních radiofonních tras a dále příprava

ortofotomap v měřítkách 1:1000 a 1:2000 v černobílé, barevné a spektrozónální formě. Pro tyto účely jsou k dispozici černobílé, barevné a spektrozónální letecké měřické snímky z celého území města Prahy ve velmi podrobných měřítkách.

## **Interpretace spektrozónálních a multispektrálních snímků pro tvorbu speciálních nadstavbových vrstev GIS**

Ze speciálních spektrozónálních snímků lze zjistit například následující informace:

- stav a poškození regionální zeleně,
- znečišťování částí regionu pevnými odpady,
- emisní spad, exhalace a jejich vliv na degradaci životního prostředí,
- dopravní zatížení,
- projekce nové zástavby,
- zjišťování, evidence a monitoring černých staveb,
- stav hranic příměstské zeleně a příměstských lesů,
- určování druhů porostů ve vztahu k jejich ekologické odolnosti,
- různé další aplikace.

## **Praktické využití ortofotomap a stereofotogrammetrických měření pro potřeby pozemkového úřadu**

Pro práci pozemkového úřadu a projektanta pozemkových úprav jsou zřejmě rozhodujícím podkladem vektorizované mapy pozemkového katastru, které musí být co možná nejpřesněji umístěny do současného skutečného stavu v terénu. Cesty vedoucí k cíli jsou různě komplikované. Problém je na mapách pozemkového katastru (dále "PK") nalézt takové body, které jsou dobře identifikovatelné v terénu a na tyto body provést transformaci PK stavu, popř. přidělu tak, aby co nejlépe ve skutečném stavu seděl. Potíž je zpravidla v tom, že při výběru bodů projektant nezná dílčí deformace PK stavu proti skutečnosti a proto může vybrat body pro transformaci více či méně vhodné. Výsledek, protože má velmi málo možností ke kontrole, může být nevhodně deformován. Jedním z podkladů, které mohou pomoci k správnému řešení této úlohy je neměřit tyto body v terénu geodeticky, ale využít souřadnice podrobných bodů určených analytickou aerotriangulací a dále digitálních nebo tiskových podkladů ortofotomap doplněných o výškopis, popřípadě vektorové vyjádření polohopisu skutečného stavu.

Praktické zkušenosti naznačují, že přesnost vyhodnocení vyhovuje požadavkům klade-ným na projekční práce.

Jako výstupy fotogrammetrických technologií pro pozemkové úpravy lze jmenovat:

- kopie leteckých měřických snímků v černobílé nebo barevné formě,
- zvětšeniny leteckých snímků do pracovního měřítka PK mapy s možností využití pro vedení měřického náčrtu, popřípadě poznámek při rekognoskaci před zahájením projekčních prací,
- souřadnice nově určených bodů základního polohového pole zaměřených metodou GPS a ostatních bodů určených metodou analytické aerotriangulace.

Pro katastr se může jednat až o několik stovek bodů, které lze nově určit a využít jich pro další doměřování, popřípadě vytyčování,

- vektorové prostorové zaměření skutečného stavu užívání,
- výškový digitální model ve formě vrstevnic nebo diskretních výškových bodů,
- digitální ortofotomapy,

- tištěné ortofotomapy s dotiskem stavu PK
- s dotiskem přídělů,
- s dotiskem podrobných bodů,
- s dotiskem BPEJ,
- s dotiskem vrstevnic.

K čemu použít ortofotomapy a vektorové stereofotogrammetrické měření nejúčelněji. Především je nutno zdůraznit, že pozemkový úřad, projektant i veřejnost má možnost využít ortofotomapu k diskuzi o kolizích skutečného stavu se situací v mapách PK. Tištěné ortofotomapy s dotiskem situace slouží ke studiu skutečného stavu terénu a porostů včetně erozních projevů vody a proudění atmosféry. Digitální ortofotomapa pomůže identifikovat hranice intravilánu a katastrálního území v terénu. Dotisk podrobných bodů umožňuje efektivněji plánovat doměřovací práce a vytyčovací práce v terénu, a to nejenom při vytýčení dílčích navrácených pozemků, ale především při provádění terénních úprav - výstavby cest, sjezdů, výsadby stromořadí a např. regulaci toků potoků.

Kontrolní funkce, ke kterým ortofotomapa může posloužit lze namátkově zmínit možnost kontroly provedených geodetických geometráků, dílčích vytyčovacích prací v průběhu pozemkové úpravy a konečně i závěrečnou revizi grafického návrhu na pozadí ortofotomapy, který prozradí chyby v návrhu, popřípadě nefunkčnost navrhovaných opatření. Soutisk ortofotomapy a finálního návrhu pozemkové úpravy může být vyvěšen na veřejném místě v obcích a úřadech. Lidi podstatně snadněji pochopí změny nebo nové umístění jejich pozemků, když tyto návrhy budou podloženy měřickou ortofotomapou. V klasických mapách a plánech se podstatně obtížněji orientují.

### **Praktické využití digitální fotogrammetrie pro přípravu územně-plánovací dokumentace (ÚPD)**

ÚPD je ve své podstatě velmi složitý grafický podklad zpracováváný na základě terénních průzkumů a rozborů a studia dostupných informačních materiálů. Jeho tvorba je provázána studiem reality v terénu, což nepatří k nejjednodušším fázím zpracování především ze dvou aspektů. Jednou je vysoká pracnost takového šetření v terénu a druhou, komplikovanější, je nesoulad stavu podkladových mapových materiálů se skutečností. Mnohdy několik desítek let staré mapy jsou vážnou překážkou pro vyhotovení objektivních grafických podkladů.

Letecký snímek může v této souvislosti posloužit jako vhodný materiál s aktuální situací o rozsahu změn zástavby, její kvality respektive kategorie.

Využití leteckých snímků pro přípravu ÚPD lze spatřovat ve třech etapách:

- a) etapa přípravy ÚPD - fáze rozborů a terénních průzkumů,
- b) etapa finalizace ÚPD - fáze finalizace digitálních podkladů a jejich tisku,
- c) etapa kontroly, verifikace - nezanedbatelná fáze zpracování ÚPD, při které musí být odhaleny nesoulady a chyby projektu zejména ve vztazích na širší vztahy:

a) V etapě přípravy ÚPD, kdy se digitalizují mapové podklady, provádí se jejich porovnání se skutečností na mapách nezachycených, šetří se v terénu vzájemné vazby prvků na mapách zobrazených, lze ze snímků čerpat polohové informace o všech terénních předmětech na nich zachycených.

Digitální vyhodnocení je možné v následujících vrstvách:

- nové budovy,
- zaniklé budovy,
- komunikace,
- chodníky,
- souvislé plochy vzrostlé zeleně,

- jednotlivé stromy listnaté a jehličnaté,
- skládky,
- vodní toky a plochy,
- sportovní areály a hřiště,
- kolejová vedení.

Pochopitelně lze ze snímků současně čerpat informace o kvalitativních a kvantitativních charakteristikách studovaných jevů (např. poloha stromů, jejich počet a jejich druh). Ze snímků lze zaměřovat souřadnice x a y a pochopitelně výškopis jak terénu tak budov s rozlišením např. střechy.

#### b) Etapa finalizace ÚPD:

- možnost samostatného zvětšení leteckého snímku,
- digitální ortofotomapa,
- soutisk ortofotomapy se stavem mapových podkladů KN,
- soutisk ortofotomapy s vybraným stavem ÚPD
  - širší vztahy,
  - funkční území,
  - funkční plochy a zařízení,
  - zařízení technické infrastruktury,
  - dopravní plochy a komunikace,
  - objekty památkové ochrany,
  - hranice a ochranná pásma.

c) Kontrola a verifikace - slouží pro kontrolu provedených návrhů a opatření a současně mohou být výstupy použity pro zveřejnění k připomínkám občanů.

## **S u m m a r y**

### **Using of photogrammetry for data collection**

Practical exploitation of digital photogrammetry, in particular, is in area of territorial-planning documentation.

Territorial-planning documentation is very complicated records. Aerial photographs, in this connectivity, is advisable source with current situation. The use of aerial photographs is, especially, in following stages:

- stage of preparation (analyse of terrain reconnaissances),
- stage of finalization,
- stage of inspection (verification).

#### **Lektoroval:**

RNDr. Petr Dobrovolný, CSc.,  
Masarykova univerzita  
Brno