

## MOŽNOSTI A POUŽITIE DIGITÁLNYCH SNÍMOK Z KAMERY ULTRACAMD

Ing. Jozef Šadibol

Department of Forest Management and Geodesy, Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen,  
T.G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovak Republic, E-mail: josa@atlas.sk

**Abstract:** At present more and more demands are given for digital aerial images, mainly at their geometric accuracy represented by size of the pixel, at their radiometric resolution and spectral resolution - the number of the electromagnetic bands, what has an expressive influence on the quality and quantity of data obtained from processed images. Work also deals with problematic of digital camera, possibility of assimilation digital image at production coloured synthesis and ortho images.

**Key words:** digital camera, multi-spectral and panchromatic digital image, pan-sharpening

### 1 Úvod a rozbor problematiky

V súčasnej dobe sa kladú čoraz väčšie nároky na digitálne snímky najmä na ich geometrickú presnosť reprezentovanú veľkosťou obrazového elementu, na rádiometrické rozlíšenie a na spektrálnu rozlišovaciu schopnosť čiže od počtu kanálov v rámci elektromagnetického spektra, čo má výrazný vplyv na kvalitu a kvantitu údajov získaných zo spracovaných snímok. Do popredia sa dostávajú fotografické snímky získané priamo z digitálnych kamier a postupne nahrádzajú letecké snímky získane priamo z digitálnych kamier.

Tieto plne vyhovujú presnosti pri vyhotovovaní lesníckych máp a možno ich využiť pri interpretácii rozmanitých prvkov pre rôzne vedné oblasti, vrátane lesníctva. Samotná lesnícka interpretácia v poslednej dobe dosiahla vo svete i u nás vysokú úroveň, orientuje sa do oblasti zisťovania zdravotného stavu lesa, určovanie taxačných veličín, možnosti identifikácie hraníc lesných porastov a pod (Žihlavník, Chudý, 1995).

#### 1.1 Digitálna fotogrametria

Podľa *Terminologického slovníka geodézie, kartografie a katastra* (1998) "digitálna fotogrametria je proces vyhodnotenia digitálneho obrazu v počítači bez ľudskej asistencie, digitálny obraz sa získa buď priamo digitálnou kamerou prípadne iným snímačom (primárna digitalizácia), alebo digitalizáciou snímky (sekundárna digitalizácia)".

Věchet, Pek (1998) charakterizujú digitálny fotogrametrický systém ako konfiguráciu hardvéru a softvéru, ktorá umožňuje z digitálnych obrazových dát vytvárať fotogrametrické produkty s využitím manuálnych alebo automatických postupov.

#### 1.2 Digitálna kamera

V rámci vývoja leteckých meračských kamier zaznamenávame prechod od klasických analógových kamier k digitálnym kamerám. Digitálne letecké kamery sú vybavené CCD chipom, ktorý umožňuje efektívnejšie možnosti snímania (presná geometria usporiadania

CCD senzorov, v rámci jedného snímkové letu dokáže kamera zosnímať daný objekt zemského povrchu vo viacerých spektrách elektromagnetického žiarenia).

Samant (2007) digitálne letecké kamery môžeme rozdeliť podľa formátu snímania na:

- veľkoformátové (>50 Megapixels)
- strednoformátové (<50 Megapixels)
- maloformátové (<16 Megapixels)

Podľa princípu snímania :

- jednoduché – väčšinou monochromatické
- viacnásobné – pri snímaní sa využíva viacero nezávislých objektívov snímajúcich v rôznych oblastiach spektra

Digitálne veľkoformátové kamery môžu byť rozdelené do dvoch skupín podľa spôsobu snímania dát :

- DMC ( digital mapping camera )
- DPB ( digital push broom )

Každá pracuje na kompletne odlišnom princípe a v dôsledku toho ponúkajú rozličné možnosti zberu obrazových dát. DPB kamera je nástroj, ktorý sníma líniovo, kde obraz je vytvorený z pásov obsahujúcich línie dát. DMC kamera je rámová kamera, čo znamená, že zosníma jeden obraz naraz a tento obraz má tvar obdĺžnika. DMC kamera je špeciálne využiteľná pre inžiniersku prácu vyžadujúcu veľmi vysoké rozlíšenie obrazu a fotogrametriu , a robí možnosť získať obrazové dáta s rozlíšením a veľkosťou pixla 2,5 cm. Naproti tomu DPB sensor je viac využiteľný pre mapovanie rozsiahlejších území s nižším rozlíšením. Ako ďalšia jednoznačná výhoda sa javí, že DMC obrazy, môžu byť analyzované väčšinou komerčných fotogrametrických software – vrátane stereo vyhodnotenia, pretože štandardná rovnica kolinearnosti môže byť aplikovaná na kamery typu DMC.

Dáta získané z kamery DBP (digital push broom) nemôže byť použité v štandardných fotogrametrických pracovných postupoch. Na rozdiel od kamier založených na plošnom snímkovaní (kamery DMC).

Kamery zamerané na plošné snímkovanie možno rozdeliť do dvoch podriadených skupín: s jedno alebo viacnásobnými snímačmi. Hlavný rozdiel medzi týmito prístupmi je v geometrii výsledného obrazu. Obrazy z týchto kamier sú analogické ku klasickým snímkam z kamier využívajúcich film. Majú centrálnu projekciu a môžu byť použité v presne rovnakom pracovnom postupe ako analógové letecké snímky. Tieto obrazy sami obsahujú informáciu o geometrii, pretože sú zachytené stabilným CCD senzorom a žiadne pridané dáta nie sú potrebné na definovanie ich geometrie (Beze).

Všeobecná charakteristika platná pre väčšinu digitálnych kamier podľa Trinder (2007, in Beze 2008):

- 12 bitový dynamický rozsah panchromatických snímok s veľkosťou pixla 5 cm
- väčšina multispektrálnych snímok s väčšou veľkosťou pixla pokrývajú spektrá od pásma modrého po NIR (Near infrared – blízke infračervené pásmo)
- vysoká geometrická presnosť
- dáta vyžadujú veľký úložný priestor
-

Ďalšie charakteristiky veľkoformátových digitálnych kamier (Perko 2004, in Bezce 2008):

- šírka záberu – veľká šírka záberu kamery znižuje potrebný počet paralelných letov, čím sa v konečnom dôsledku znižujú náklady leteckého mapovania
- veľkosť pixla na povrchu – minimálna možná veľkosť závisí od použitej kamery a pohybuje sa medzi 2,3 až 16 centimetrami
- pozdĺžny prekryt – rýchlo sa opakujúcimi zábermi môžu byť zachytené obrazové údaje až v nadmernom množstve. V závislosti od hodnoty prekrytu, jeden bod na povrchu snímaného územia je zachytený na viacerých snímkach, čo značne spresňuje techniky stereo párovania
- rádiometria (expozičný čas) – je dôležitý pre kompenzáciu pohybu (FMC), príliš krátke expozície znižujú dynamický rozsah výslednej snímky
- farebná citlivosť – multispektrálne obrazy môžu byť zachytené rôznymi cestami, mnoho kamier má tiež schopnosť zachytávať infračervený kanál, popri červenom, zelenom a modrom
- geometrická presnosť – môže byť menej ako 2 $\mu$ m
- kompenzácia pohybu (FMC) – je použiteľná iba pri kamerách založených na plošnom snímaní CCD senzormi, jej použitie vedie k menším možným skutočným veľkostiam pixlov na povrchu
- tok dát (na palube i v kancelárii) – čas následného spracovania dát by mal byť tak rýchly ako je to možné a plne automatizovaný
- cena za nákup a údržbu – pre spoločnosti ktoré plánujú prechod z analógových na digitálne je toto jeden z najdôležitejších aspektov

Príkladom veľkoplošnej kamery, ktorá využíva na snímanie CCD senzori je kamera UltraCamD od firmy Vexcel. Táto kamera dokáže snímať povrch Zeme vo viacerých kanáloch elektromagnetického žiarenia. Jej produktom sú multispektrálne snímky a panchromatické snímky. Geometrická rozlišovacia presnosť multispektrálnych snímok je horšia ako u panchromatických snímok, ale sú vhodnejšie na získavanie kvalitatívnych údajov, ktoré sú predmetom záujmu rôznych interpretačných metód. Panchromatickým zaostrovaním je možno získať farebné multispektrálne snímky s geometrickou rozlišovacou presnosťou panchromatických snímok, ktorá v prípade pri kamera UltraCamD dosahuje veľkosť obrazového prvku 9  $\mu$ m. Možno povedať, že digitálne snímky získané z priamo digitálnych kamier sú výhodným záznamom na určovanie kvantitatívnych a kvalitatívnych údajoch o objektoch nachádzajúcich sa na zemskom povrchu.

Kamera UltraCamD bola uvedená v roku 2003 ako priama náhrada analógových leteckých meračských kamier (obr. č. 3a). To je možné vďaka nezmenenému postupu spracovania snímok založenom na známej veľkosti rámu. Pri analógových snímkach sú rámové značky používané na výpočet geometrie, pri digitálnych kamerách sú nahradené rohmi obrazovej roviny, ktorá je definovaná fyzickou veľkosťou pixla, presne známym počtom pixlov v riadku a počtom riadkov. Snímky je možné priamo použiť v už zaužívaných postupoch fotogrametrie (Bezce 2008).

Princíp kamery je založený na kombinácii obrazových dát z niekoľkých CCD senzorov snímaných pomocou viacerých objektívov do jedného veľkého obrazu ( snímky ) s centrálnou projekciou. Výsledkom sú multispektrálne a panchromatické snímky, ktoré sa ďalej pomocou pan-sharpeningu upravujú na farebné syntézy s vysokým priestorovým rozlíšením.

### 1.3 Panchromatické zaostrovanie (Pan-sharpening) digitálnych snímok

Pan-sharpening (image fusion) je technika digitálneho spojenia obrazových dát, ktorá kombinuje panchromatické (čiernobiele) dáta s vyšším geometrickým rozlíšením a multispektrálne (farebné) dáta s geometrickým rozlíšením nižším (obr. 1). Výsledným produktom sú multispektrálne dáta s rozlíšením odpovedajúcim pôvodnému rozlíšeniu dát panchromatických.



Obr. č.1 Panchromatické zaostrovanie

Panchromatické zaostrovanie sa začalo rozvíjať požiadavkou zlepšenia kvality satelitných dát (SPOT, LANDSAT 7, IKONOS, QuickBird, Orbview), a tým sa stalo nevyhnutným spracovateľským krokom v súvislosti s dostupnosťou družicových dát s veľmi vysokým priestorovým rozlíšením. Tieto dáta sú u väčšiny družíc zaobstarávané súčasne v dvoch režimoch, panchromatickom a multispektrálnom. Použitím metódy pan-sharpening je teda prirodzenou cestou spojeniu dvoch typov dát, ktoré vedú k získaniu farebného produktu s maximálnym priestorovým rozlíšením.

Táto metóda však nachádza aj uplatnenie pri leteckom snímkovaní. Niektoré letecké digitálne kamery (napr. UltraCamD od firmy Vexcel) používajú pri zaobstarávaní dát podobný princíp (nižšie priestorové rozlíšenie u farebných dát a vyššie u panchromatických dát) a pan-sharpening je štandardná spracovateľská operácia pri príprave finálneho obrazového produktu.

Nevýhodou väčšiny klasických algoritmov používaných v minulosti bolo farebné skreslenie vo výslednom obrazovom produkte. Obmedzením bol aj limit iba troch vstupných multispektrálnych pásiem. Najnovšie algoritmy, ktoré sú dnes dostupné, tieto problémy už prekonali. Nie sú závislé na počtu vstupných multispektrálnych dát a radiometrická presnosť pôvodných dát je maximálne zachovávaná. Príkladom softvéru, ktorý používa najnovšie algoritmy je napríklad PCI Geomatica, Erdas Imagine, ArcGIS Desktop 9.2, Idrisi Andes.

Geomatica používa pre pan-sharpening postup, ktorý má patentovaný Dr. Yun Zhang z University of New Brunswick. (Kolektív, PCI Geomatics, 2005) Tento algoritmus je založený na štatistických metódach so zachovaním čo najpresnejšej geometrickej presnosti a minimálneho farebného skreslenia (Zhang, 2002).

Poznáme rôzne metódy panchromatického zaostrovania, ktoré sa uplatňujú pri družicových a leteckých obrazových dát (Vijayaraj, 2004):

- a) Broveyová transformácia
- b) IHS (Intensity - Hue - Saturation)
- c) PCA (Principal Component Analysis)
- d) Metóda založená na vlnovej dĺžke
- e) Štatistická metóda

Snímky získané panchromatickým zaostrovaním majú široké uplatnenie ako je v oblasti životného prostredia, geológie, lesníctva, kartografie, leteckej digitálnej fotogrametrie atď. V rámci digitálnej leteckej fotogrametrie máme potom k dispozícii farebné multispektrálne snímky, ktoré svojou geometrickou prenosnosťou korešpondujú z pôvodných panchromatických snímok s radiometrickou a spektrálnou presnosťou pôvodných farebných snímok. Samozrejme nastáva význam týchto materiálov pri tvorbe farebných syntéz, ktoré umožňujú využitie najmä v oblasti fotointerpretácie.

## 2 Experimentálny materiál

Na vykonanie panchromatického zaostrovania boli použité digitálne snímky získané digitálnou kamerou Vexcel UltraCamD. Jednalo sa o panchromatické a multispektrálne snímky so 4 kanálmi (červený, zelený, modrý a blízky infračervený) zachytávajúce územie VŠLP. Rozmer panchromatických snímok je 7500 x 11500 pixlov, veľkosť pixla je 9 um. Pri multispektrálnych snímkach je rozmer 3680 x 2400 pixlov, veľkosť pixla je 25 um. Výška letu pri snímokovaní bola 1620 m. n. m. Pozdĺžny prekryt snímok je 85 %, konštanta fotokomory je 101,400 mm. Uvažovali sme priemerná nadmorská výška záujmového územia 400 m. n. m. ).

## 3 Metodika a výsledky

Panchromatické zaostrovanie sme uskutočnili v softvérovom prostredí Geomatica 10. Konkrétne sme mali k dispozícii panchromatické a farebné multispektrálne snímky z digitálnej kamery UltraCamD. Výrobca tieto snímky označuje ako Level 2 (snímky z odstránením geometrických a radiometrických nepresností) podľa úrovne spracovania z digitálnej kamery. Bežne výrobca produkuje na trhu snímky Level 3, čiže po panchromatickom zaostrení a po obrazovom vylepšení s 8 bitovou farebnou hĺbkou. Fyzický rozmer obrazového prvku (pixela) u panchromatických snímok je 9 µm, u farebných multispektrálnych snímok je to 28,125 µm. Spektrálna rozlišovacia schopnosť panchromatickej a multispektrálnej snímky je vyjadrená v tabuľke č. 1

Tab. 1 Spektrálna rozlišovacia schopnosť snímok

Digitálna snímka	Spektrálne kanály	vlnová dĺžka v nm
panchromatická	panchromatický	390 - 690
multispektrálna	modrý	390 - 470
	zelený	420 - 580
	červený	620 - 690
	blízko infračervený	690 - 900

Pri multispektrálnej snímky každý obrazový element (pixel) môže nadobúdať hodnoty optickej hustoty v rozsahu 0-4096 v rámci jedného kanála.

Panchromatické zaostrovanie sa uskutočnilo na 630 snímkach, ktoré vlastne predstavovali územie Vysokoškolského lesníckeho podniku Zvolen.

Digitálne snímky sme spracovali v softvérovom prostredí PCI Geomatica 10 konkrétnejšie PCI Geomatica Modeler, nástroj obsahujúci štandardné operácie ako dávkový import , export

dát s využitím algoritmov (pansharp, scale). Algoritmus pansharp bol vytvorený Dr. Zhangom a zaručuje minimálne radiálne skreslenie.

Pri práci s PCI Modelerom je najdôležitejšia časť importu digitálnych snímok a ktoré kanály danej multispektrálnej snímky sa použijú pri panchromatickom zaostrovaní. Poradie a počet jednotlivých kanálov sa konečne prejaví vo výslednej farebnej syntéze (tab.2). Treba poznamenať, že takýmto spôsobom možno vytvoriť farebné syntézy z veľkosťou pixela ako na panchromatickej snímke.

Po uskutočnení panchromatického zaostrovania nastáva úprava obrazu pomocou histogramového vyrovnania a prevod jednotlivých kanálov na 8 bitový formát, tu treba mať na pamäti stratu informácií z jednotlivých kanálov. Takéto farebné syntézy sú pripravené na ďalšie použitie pri tvorbe ortofotosnímkov.

Tab. 2 Farebné syntézy získané pri panchromatickom zaostrovaní

farebné syntézy	multispektrálna snímka				panchromatická snímka	referenčný súbor			Výsledná charakteristika syntézy
	poradie kanálov					poradie kanálov			
	1	2	3	4	1	1	2	3	
syntéza A	R	G	B	NIR	PAN	R	G	B	syntéza v pravých farbách
syntéza B	NIR	R	G	B	PAN	R	G	B	farebná infračervená syntéza
syntéza C	NIR				PAN	R	G	B	čiernobiela infračervená syntéza
syntéza D	G	NIR	R	G	PAN	R	G	B	zelená syntéza
syntéza E	NIR	G	R	B	PAN	R	G	B	červená syntéza
syntéza G	G	B	IR		PAN	R	G	B	modrá syntéza

Vysvetlivky : R - červený kanál, G - zelený kanál, B - modrý kanál,

PAN - panchromatický kanál, NIR - blízkoinfračervený kanál

#### 4 Záver

Zlepšenie spektrálnych a geometrických vlastností digitálnych snímok sa prejavilo na fotogrametrickom vyhodnocovaní a interpretácii snímok. Tento fakt významne zasiahol do oblasti fotogrametrie a DPZ. Tým, že sa zlepšila geometrická presnosť snímok sa odrazilo na presnosti samotnej ortofotosnímky, ortofotomapy. Pri automatickej aerotriangulácii sa prejavili vlastnosti digitálnych snímok pri zvýšenom počte spojovacích bodov, ktoré nám umožňujú lepšie vytvorenie stereomodelu. Následne po vytvorení stereomodelu a uskutočnení automatickej blokovej aerotriangulácie je možnosť vytvorenia digitálneho modelu povrchu, kde jeho kvalita závisí od presnosti aerotriangulácie.

Pri farebných snímkach sa zlepšila interpretácia jednotlivých objektov. Infračervené snímky umožňujú posúdenie zdravotného stavu lesa, avšak užívateľ musí byť dobre oboznámený s farebným interpretačným kľúčom.

Infračervené snímky od ostatných farebných syntéz sa líšia v tom, že umožňujú identifikáciu procesov v krajine, ktoré sú viditeľné až neskôr. Odrazivosť elektromagnetického žiarenia v blízkej infračervenej časti spektra je možné využiť k charakterizovaniu miery hustoty vegetačného krytu prostredníctvom tzv. listovej pokrývnosti (LAI – leaf area index). Jednotlivé farebné syntézy (červená syntéza a infračervená syntéza) je možné využiť na

výpočet vegetačných indexov, ktorý je ukazovateľom zdravotného stavu vegetácie i miery prítomnosti zelenej hmoty.

Farebné syntézy, ktoré sme dosiahli pri panchromatickom zaostrení môžeme použiť pri tvorbe ortofotosnímkov, ale sú vhodné aj na interpretačné účely ako i na ďalšie vyhodnocovanie v objektovo orientovaných softvéroch napr. eCognition od nemeckej firmy Definiens Imaging. Ďalej môžu slúžiť na hodnotenie drevinovej skladby, na automatické určovanie porastov ako i na automatizovanú segmentáciu korún jednotlivých stromov.

Digitálne snímky získané z kamery UltracamD nám dávajú nové možnosti tvorby farebných syntéz, čo sa prejavilo v interpretácii daných záznamov a možnosti použitia spektrálnych analýz.

## 5 Referencie

1. Becze, F., 2008: Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. projekt dizertačnej práce, TU Zvolen, 43 s.
2. Kolektív, 1998c: Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra, ÚGKK SR, Bratislava, 540 s.
3. Kolektív : PCI 2005 Geomatics, Focus User Guide V10.0 Richmond Hill, , 320 s.
4. Perko, R., 2004: Computer Vision For Large Format Digital Aerial Cameras, Dissertation, Graz University of Technology, 2004, 158 s
5. Samant, H., 2007: Off the shelf: Airborne Digital Cameras, The Global Geospatial Magazine, May 2007 Vol 11 issue 5, s. 38-39
6. Šadibol, J. - Becze, F., 2007: Panchromatické zaostrovanie (pan-sharpening) digitálnych snímok, In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, Zborník referátov, TU Zvolen, 2007, s. 30-39
7. Trinder, J., 2007: Characteristics of New Generation of Digital Aerial Cameras, [www.gisdevelopment.net](http://www.gisdevelopment.net)
8. Věchet, P. - Pěk, v. 1998: Řešení pro oblast digitální fotogrametrie, Praha, 1998
9. Vijayaraj, V. 2004: A quantitative analysis of pansharpened images. Mississippi, , 80 s.
10. Zhang, Y. 2004 : Understanding image fusion. In Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, , 657-661 s.
11. Žíhla, Š., - Chudý, F.: 1995 Letecké multispektrálne snímky a ich využitie v lesníctve. VEDECKÉ a pedagogické aktuality, Zvolen , 50 s

**Recenzoval: Ing. Andrea Majlingová, PhD.**