

Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku
Katedra Geografie

Ortofotomapa a chyby pri jej tvorbe

(Seminárna práca z predmetu „Základy GIS a DPZ“ pod vedením
doc. RNDr. B. Nižnanského, CSc.)

v Ružomberku
22. 11. 2006

Adamčiak Miroslav,
Kicák Emil
2. ročník – ext.
Geo. – Inf.

Obsah:

Úvod.....	3
1. Vyhodnotenie digitálnych snímok.....	3
1.1. Fotogrametria.....	3
1.2. Letecká fotografia (fot snímka) – určenie mierky snímok.....	5
1.3. Digitálny model reliéfu (DMR).....	6
1.4. Ortofot snímka.....	7
1.5. Ortofotomozaika.....	7
1.6. Ortofotomapa.....	8
2. Chyby pri tvorbe ortofotomapy.....	9
2.1. Geometrická nepresnosť.....	9
2.2. Voľba letovej výšky.....	10
2.3. Rozdiely v rozlišovacej schopnosti ortofotomapy.....	10
2.4. Doba snímkovania.....	11
2.5. Čas snímkovania.....	11
2.6. Farebná homogenita.....	13
Záver.....	15
Použitá literatúra:.....	16

Úvod

Predložený text predstavuje najzákladnejšie informácie o postupe výroby ortofotomáp, ako základného produktu fotogrametrie. Je vyhotovený formou zozbierania informácií o danej téme na internete, ktoré sme následne spracovali, formou citovania rôznych autorov, do súvislého textu.

Tento text je určený pre študentov bakalárskeho štúdia, odboru učiteľstvo - geografia, predmet Základy GIS a DPZ na Pedagogickej fakulte Katolíckej univerzity v Ružomberku. Text obsahuje základné kroky vyhotovenia ortofotomapy s poukázaním na možné chyby, ktoré sa s nimi spájajú pri ich vyhotovovaní.

Pri zhotovovaní tohto textu sme mali na zreteli prudký vývoj informačných technológií, ktorý má za následok neustále skvalitňovanie vyhotovovania ortofotomáp. Technické ale aj softwarové vybavenie sa neustále inovuje.

Text je zostavený tak, aby sme sa v prvej časti dozvedeli, čo to vlastne ortofotomapa je, z čoho sa skladá, ako sa získavajú materiály na ich zhotovenie. V druhej časti si na obrázkoch prakticky ukážeme najčastejšie sa vyskytujúce chyby na ortofotomape a na záver sa zamyslíme nad praktickým využitím ortofotomapy v praktickom živote.

1. Vyhodnotenie digitálnych snímok

1.1. Fotogrametria

Bitterer (2005) vo svojej učebnici definoval fotogrametriu ako náuku zaoberajúcu sa rekonštrukciou tvaru, veľkosti a polohy predmetov zobrazených na meračských fotogrametrických snímkach. Základom fotogrametrie ako meračskej a mapovacej techniky je meračská snímka, ktorá je prostriedkom na najvernejšie a najrýchlejšie zobrazenie prirodzených a umelých predmetov na zemskom povrchu. Fotogrametria je metóda optického merania.

Úlohou fotogrametrie je previesť informácie z centrálnej projekcie snímky na ortogonálnu projekciu (napr. pôdorys, nárys, profily atď.). Takýmto spôsobom môžeme priame meranie v teréne alebo na objektoch nahradiť meraním na snímkach, resp. optických alebo geometrických modeloch, vytvorených z dvojíc vzájomne závislých snímok.

Fotogrametriu podľa polohy fotogrametrického stanoviska rozdeľujeme na dve oblasti:

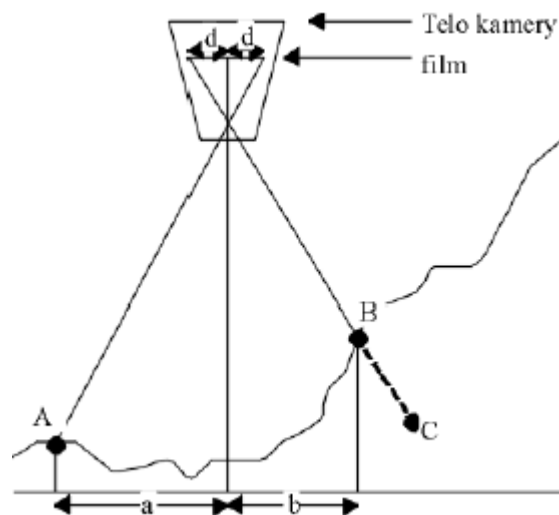
- pozemnú fotogrametriu,
- leteckú fotogrametriu.

Pozemná i letecká fotogrametria vo svojej podstate predstavujú diaľkový prieskum Zeme (DPZ).

Pozemná fotogrametria predstavuje vývojový stupeň fotogrametrie. Zaoberá sa vyhotovením meračských snímok z pozemných stanovísk a ich vyhodnotením. Vyžaduje si vyvýšené stanovisko s dobrým výhľadom na fotografovaný objekt.

Letecká fotogrametria tvorí oblasť fotogrametrie, ktorá sa zaoberá interpretáciou meračských snímok vyhotovených z lietadla, alebo iného lietajúceho telesa a ich vyhodnotením. Letecká fotogrametria nie je obmedzená terénnymi pomermi, predstavuje dnes hlavné ťažisko činnosti fotogrametrie. Využíva sa na mapovanie a prieskum väčších územných celkov. (Bitterer, 2005)

Letecká snímka exponovaná v určitom okamihu zaujíma v priestore všeobecnú polohu vzhľadom na geodetický súradnicový systém. Bez ďalšieho spracovania sa nedá



Obr. 1: Polohovaný posun bodov na leteckej snímke

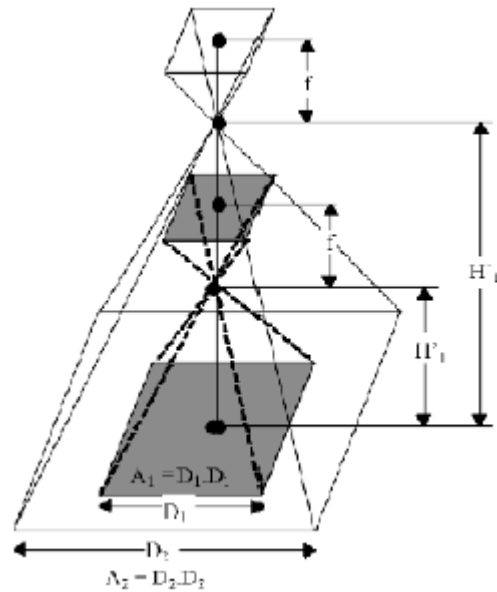
stotožniť s mapovým podkladom pre odlišnosť geometrických zobrazení. Odlišnosť sa prejavuje polohovým posunom bodov na leteckej snímke a mape. (obr. 1; Bonk

2002) Cieľom tvorby ortofotosnímkky je odstrániť polohové posuny zapríčinené sklonom snímky a terénnym prevýšením. Tento proces, ktorý nazývame ortogonalizovaním snímky (nie jednoduchým georeferencovaním), sa v súčasnosti vykonáva digitálnym spôsobom. Fotografická snímka sa digitalizuje pomocou skenera a proces spracovania prebieha na digitálnej fotogrametrickej stanici. Skenery, ktoré sa používajú na spracovanie leteckých meračských snímok, majú vysokú rozlišovaciu schopnosť a vysokú geometrickú presnosť. V nasledujúcej etape sa každá letecká meračská snímka (LMS) ortogonalizuje, nevyhnutnou podmienkou je vykonaná orientácia LMS a dostupný (resp. vytvorený) kvalitný digitálny terénny model **(DTM)**¹. Spojením **ortofotosnímkok** do uceleného bloku územia sa vytvorí **ortofotomapa**, ktorá má atribúty konvenčnej mapy (mierku, merateľnosť prvkov, rám mapového listu a mimorámové údaje, ak je vložená do siete listov štandardných máp), ale zároveň obsah leteckej snímky. Ak ortofotomapa pokrýva územie bez ohľadu na klad mapových listov, ide o bezošvú (kontinuálnu) ortofotomapu. (Šrámková, 2003)

1.2. Letecká fotografia (fotosnímka) – určenie mierky snímok

Letecká fotografia je pre mnohé vedné disciplíny základným zdrojom informácií (geodetický výskum, geológia, hydrológia, urbánne a regionálne plánovanie. Veľkosť detailu, ktorý môžeme získať z leteckých fotografií závisí od niekoľkých faktorov, medzi ktoré patria: výška letu nosiča, na ktorom je namontovaná kamera

¹ **Digitálny terénny model (DTM)** – je názov pre Digitálny model reliéfu (DMR), ktorý sa skôr používa v technickej praxi, ako aj v zahraničí. (Šurí, 2003)



Obr. 2: Vzťah medzi ohniskovou vzdialenosťou, fotografovanou plochou na zemskom povrchu a výškou letu.

(najčastejšie ide o lietadlo), ohnisková vzdialenosť objektívu kamery, vlastnosti filmu, vertikálna členitosť reliéfu, a stupeň prekrytia po sebe nasledujúcich snímok. Ohnisková vzdialenosť (vzdialenosť od šošovky k filmu) je vo väčšine kamier 150 mm. Mierka leteckej fotografie (S) je potom daná ako pomer ohniskovej vzdialenosti (f) k výške kamery nad zemským povrchom (h). $S = f / h$ napr. ak je výška kamery nad zemským povrchom 7 500 m a $f = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$

$$S = 0,15 / 7500 = 1 / 20\,000 = 1 : 20\,000$$

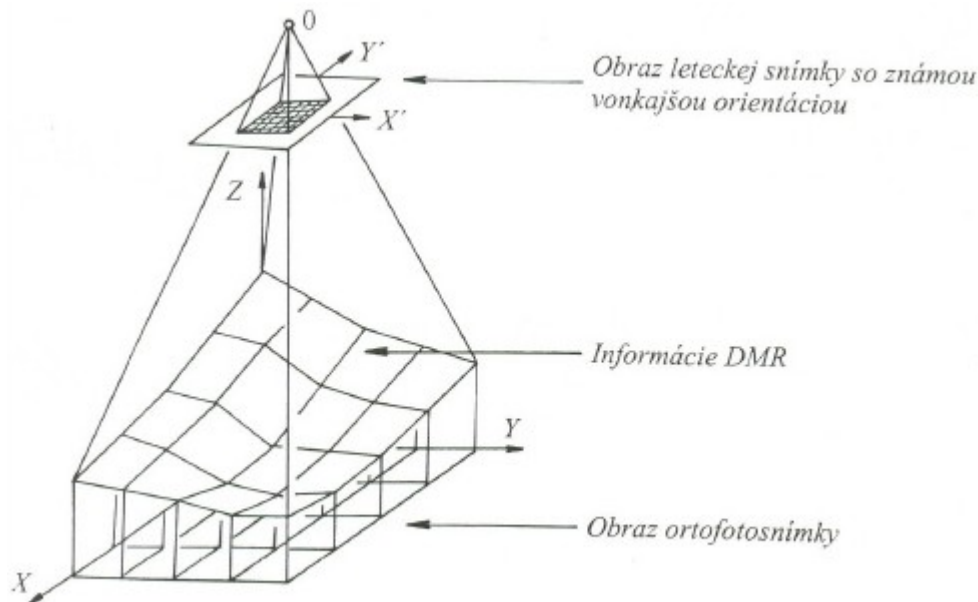
Tento vzťah predstavuje (obr. 2). (Bonk, 2002)

1.3. Digitálny model reliéfu (DMR)

Tvar reliéfu je výslednicou rôzne pôsobiacich síl, pričom reliéf zároveň ovplyvňuje procesy a javy v krajine, ako aj aktivity ľudskej spoločnosti. Digitálny model reliéfu (DMR) predstavuje množinu polohovo priradených údajov charakterizujúcich geometrické vlastnosti reliéfu (t. j. nadmorskú výšku a ďalšie morfometrické ukazovatele - sklon, orientáciu, krivosť reliéfu) vypočítaných na základe vstupných výškových bodov a vhodnej interpolačnej metódy. V technickej praxi, ako aj v zahraničí, sa používa aj termín digitálny model terénu (DMT). (Šurí, 2003).

1.4. Ortofotosnímka

Ortofotosnímka je ortogonálne prekreslená snímka. Pri jej tvorbe dochádza k odstráneniu perspektívneho skreslenia, ktoré spôsobuje nezvislá os záberu snímky a najmä



Obr. 3: Diferenciálne prekreslenie snímky do tvaru ortofotomapy

výškové rozdiely terénu. Výsledkom procesu prekreslenia je digitálne transformovaná snímka zo stredového priemetu na priemet ortogonálny – pravouhlý, so stredom premietania v nekonečne. Prekreslenie snímky prebieha digitálnym diferenciálnym prekreslením (obr. 3). (Bitterer, 2005)

1.5. Ortofotomozaika

Vytvorená ortofotosnímka nemusí v plnom rozsahu pokryť záujmovú oblasť v rámci sekčných čiar mapového listu. Vtedy digitálny obraz ortofotomapy vytvárame spájaním ortofotosnímkov. Spájanie a orezávanie ortofotosnímkov sa nazýva mozaikovanie.

Ortofotomozaika sa vytvára manuálne, keď spojovaciu čiaru vyberá fotogrameter alebo automatizovane, použitím funkcie snímkového priradovania.

Manuálna tvorba spojovacej čiary. Cieľom je, aby na výslednej mozaike prechod medzi obrazmi susedných ortofotosnímkov nebol príliš viditeľný, deliaca čiara je vedená po líniách, ktoré predstavujú výrazné farebné rozhrania na snímkovom

obrazu. Sú to napr. cesty, hranice porastov a poľnohospodárskych kultúr, vodné plochy a pod.

Automatická tvorba spojovacej čiary. Na začiatku sa zistí vzájomný prekryv susedných mozaikovaných obrazov. Vykoná sa výber spojovacích bodov, ktoré vytvoria spojovaciu čiaru mozaikovaných obrazov. Na spojovacej čiare sa vykonajú geometrické a rádiometrické korekcie. Spojovaciu čiaru tvoria body, ktoré sú vybraté podľa určitých kritérií. Vzdialenosť medzi bodmi by mala byť minimálna, mali by to byť body s minimálnym geometrickým skreslením (minimálnymi radiálnymi posunmi) a sú to body s najväčšou hodnotou koeficientu korelácie. (Bitterer, 2005)



Obr. 4: Výrez z ortofotomapy (Mgr. Kožuch, M.)

1.6. Ortofotomapa

Výsledkom digitálnej ortofototechnológie je farebná ortofotomapa v rastrovom formáte, ktorá pri dodržaní požadovanej polohovej presnosti zachováva informácie a detaily leteckej snímky, ktoré bežné čiarové mapy neobsahujú (Barca, 1995).

Šrámková (2003) vo svojej práci napísala, že ortofotomapa je matematickým pretvorením každého pixla pôvodnej snímky a z hľadiska presnosti predstavuje vhodný podklad na tvorbu a aktualizáciu rôznych databáz GIS. Autorka ďalej uvádza, že špecialisti, ktorí ortofotomapy využívajú, si ich cenia ako jeden z najlepších a najaktuálnejších informačných zdrojov o území.

Bitterer (2005) vo svojej definícii ortofotomáp ide hlbšie, keď tvrdí, že vytvorenie ortofotomapy z bloku digitalizovaných snímok si vyžaduje pretvorenie rastrových obrazov jednotlivých snímok do jednotného rastrového obrazu digitálnej ortofotomapy ako celku. Prepočítanie jednotlivých rastrových obrazov do polohy presne zvislých snímok sa vykoná prevzorkovaním vytvorených stereomodelov. Prevzorkovaním sa preskupia obrazové elementy pozdĺž uzlových priamok tým, že sa odstránia vertikálne paralaxy. Výsledkom sú usporiadané obrazové elementy rovnobežné s osou X referenčného systému. Transformované zobrazenie zodpovedá normálnemu prípadu leteckej fotogrametrie.

2. Chyby pri tvorbe ortofotomapy

2.1. Geometrická nepresnosť

Výsledné farebné ortofotomapy môžu mať výraznú geometrickú nepresnosť napríklad na hranách mapových listov. Nepresnosť môže byť až niekoľko metrov pri nadväzujúcich líniách susedných listov (obr. 5), napr. cesty, vodné toky apod.. Chyby vzniknuté rotáciou, krútením a perspektívou, možno odstraňovať cieľenou nápravou chýb t. j. preventívne už pri samotnom snímaní terénu, alebo použitím vhodného prekrytia. (Falt, 2002).



Obr. 5 - Geometrická nepresnosť na hranách mapových listov

2.2. Voľba letovej výšky

Voľba letovej výšky pre snímkovanie je veľmi dôležitá pre mierku snímok a následne pre mierku, v ktorej sa predpokladá ich využitie. Tak isto je dôležitá aj pre rozlišovaciu schopnosť ortofotomapy (primárna veľkosť pixla²), skutočná veľkosť objektu, ktorý možno na snímke ešte rozoznať pri najväčšom možnom zväčšení. Čím väčšia bude výška letu pri snímkovaní, tým bude rozlišovacia schopnosť snímky menšia. (Falt, 2002).

2.3. Rozdiely v rozlišovacej schopnosti ortofotomapy

Rozdiel v rozlišovacej schopnosti ortofotomapy je dobre viditeľný na nižšie uvedených leteckých fotosnímках (obr. 6a a 6b). Obrázok 6a je ukázkou ortofotomapy, ktorá bola vytvorená z leteckých meracích snímok získaných v zdrojovej mierke 1:7000. Veľkosť jedného pixla je 0,2 m. Pri zväčšení do mierky 1:800 je raster³ veľmi nebadateľný. Na obrázku 6b je ukážka ortofotomapy, ktorá bola vytvorená z leteckých meracích snímok získaných v zdrojovej mierke 1:14000. Veľkosť jedného pixla je 0,5 m. Pri zväčšení do mierky 1:800 je už raster viditeľný. (Falt, 2002).



Obr. 6a: Rozdiely v rozlišovacej schopnosti ortofotomapy

² **Primárna veľkosť pixla** – Priestorové rozlíšenie, ktoré poukazuje na rozmer najmenšieho objektu, ktorý môže byť rozlíšený senzorom alebo oblasť na zemskom povrchu reprezentovanú každým pixlom.

³ **Raster** – sústava prvkov tvoriacich obraz na obrazovke (Elektronický lexikón slovenského jazyka, <http://www.forma.sk/onlines/slex/index.asp>), ale voľne sa tento výraz môže interpretovať aj ako ostrosť obrázka.



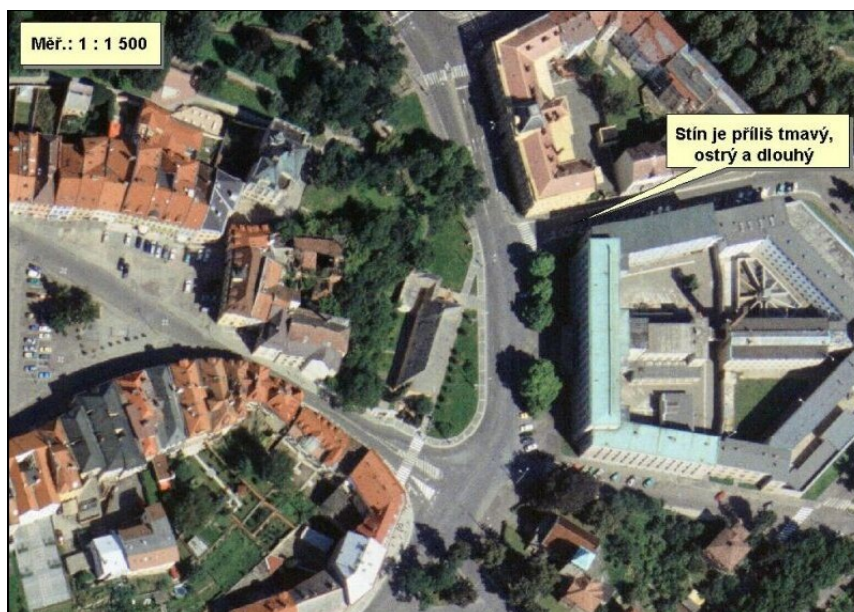
Obr. 6b: Rozdiely v rozlišovacej schopnosti ortofotomapy

2.4. Doba snímkovania

Doba snímkovania je pre výslednú kvalitu snímok a ich multifunkčné využitie veľmi dôležitá. Správna voľba dátumu snímkovania napr. tesne pred plným nástupom vegetácie (zelene) umožňuje v určitej miere vyhodnocovať vegetačný kryt (podiel zelených plôch, kerového a stromového porastu apod.). Súčasne možno vyhodnotiť aj objekty, ktoré sa nachádzajú pod korunami stromov, ktoré by inak boli v čase plnej vegetácie zakryté. V tomto prípade by bol nutný väčší rozsah pozemného prieskumu. (Falt, 2002).

2.5. Čas snímkovania

Čas snímkovania je pre výslednú kvalitu snímky veľmi dôležitý. Voľba času snímkovania bude iná pre snímkovanie voľnej (otvorenej) krajiny a iná pre snímkovanie zastavanej časti územia a predovšetkým tam, kde sú zastúpené aj výškové budovy, ktoré vrhajú dlhý tieň.



Obr. 7a: Chybná voľba času snímkovania

Na Obrázku 7a ortofotomapy, ktorá bola vytvorená z leteckých meracích snímok vyhotovených v zdrojovej mierke 1:13500 a veľkosti jedného pixlu 0,2 m vidíme, že informácie ktoré sú v tieni sú veľmi zle viditeľné. Tieň je príliš tmavý, ostrý a dlhý. Na tej to snímke bola použitá doba snímkovania august 2001, čas snímkovania 07:00 - 08:00 hod. UTC=09:00 - 10:00 letného času.⁴



Obr. 7b: Správna voľba času snímkovania

⁴ UTC - Coordinated Universal Time, univerzálny čas, korešponduje s GMT, hlavným slnečným časom nultého poludníka prechádzajúceho Greenwichom (GB).



Obr. 7c: Správna voľba času snímkovania

Na obrázkoch 7b a 7c máme možnosť vidieť správnu voľbu času snímkovania. Ortofotomapa, (obr. 7b) bola vytvorená z leteckých meračských snímok získaných v zdrojovej mierke 1:14000. Veľkosť 1 pixla je 0,5 m. Informácie v tieni sú viditeľné, tieň je svetlý, nie je ostrý a krátky. Doba snímkovania bola vykonaná na prelome mesiacov apríl a máj 1998, čas snímkovania medzi 09:00-14:00 hod. UTC=11:00-16:00 letného času.

Ortofotomapa, (obr. 7c) bola vytvorená z leteckých meračských snímok získaných v zdrojovej mierke 1:7000. Veľkosť 1 pixla je 0,2 m. Informácie v tieni sú viditeľné, tieň je svetlý, nie je ostrý a krátky. Doba snímkovania bola zvolená na prelome mesiacov apríl a máj 1998, čas snímkovania medzi 10:00-13:00 hod. UTC=12:00-15:00 letného času. (Falt, 2002).

2.6. Farebná homogenita

Pre budúcu prácu s ortofotomapou je tiež veľmi dôležitá farebná homogenita. V opačnom prípade je potrebné vyžiadať si zo strany dodávateľa vykonanie rádiometrickej a fotometrickej korekcie.

Rádiometrické rozlíšenie - zodpovedá pracovnému pásmu (dynamic range), alebo počtu možných hodnôt, ktoré môže pixel nadobúdať v každom spektrálnom pásme. Závisí na počte bitov, do ktorých je delené. V prípade 8-bitového delenia sa každý pixel môže nachádzať v intervale hodnôt od 0 do 255 ($2^8 = 256$). 7-bitové dáta

znamenajú, že jednotlivý pixel môže nadobúdať hodnoty len v intervale od 0 do 127 (27 = 128). 8-bitový snímok môže obsahovať napr. vyšší počet odtieňov šedej alebo farieb, tzv. hodnotu jasú (brightness value). Číselná hodnota pixla sa tiež označuje ako DN, (digital number).



Obr. 8a: Farebne nehomogénna ortofotomapa



Obr. 8b: Farebne homogénna ortofotomapa

Ukážka nehomogénnej ortofotomapy (obr. 8a), ktorá bola vytvorená z leteckých meračských snímok získaných v zdrojovej mierke 1:7000 má veľkosť 1

pixla 0,2 m. Spracovaná bola v súbore máp 1:2000. Na tejto ortofotomape je výrazne viditeľné rozhranie jednotlivých mapových snímok ortofotomozaiky.

Ďalšia ukážka homogénnej ortofotomapy, bola vytvorená z leteckých meračských snímok získaných v zdrojovej mierke 1:13500. Veľkosť 1 pixla je 0,2 m. Spracovaná bola v súbore máp 1:1000. Rozhranie jednotlivých mapových snímok nie je viditeľné. Rozhranie mapových snímok je zvýraznené pomocou žltých čiar. (Falt, 2002).

Záver

Ortofotomapa svojimi aktuálnymi a neskreslenými geografickými informáciami vhodne dopĺňa iné mapové podklady – od katastrálnych máp až po špecializované mapové diela. Umožňuje odhaliť nezrovnalosti v majetkových vzťahoch a mapových podkladoch. Jej reálne a zrozumiteľné podanie územia ponúka aj omnoho väčšie využitie Geografického Informačného Systému ako v rámci vnútorných organizačných štruktúr, tak aj pri komunikácií s laickou verejnosťou. Ortofotomapa je ideálnym geografickým podkladom pre štátnu administratívu, správu nehnuteľností a majetku, pre projekčné činnosti, územné plánovanie a mnohé iné. (GEODIS, Slovakia)

Poznanie chýb umožňuje tento informačný nástroj využívať geografom omnoho profesionálnejšie a s lepším efektom.

Použitá literatúra:

BITTERER, L., (2005): Úloha a rozdelenie fotogrametrie, kap.1. In: *Fotogrametria - Interný učebný text katedry geodézie pre študentov bakalárskeho štúdia odboru geodézia a kartografia*, [online], [citované: 15. novembra 2006] str. 11-12, <http://svf.utc.sk/kgd/skripta/fotogrametria/>

ŠRÁMKOVÁ, R., (2003), Fotometria - zdroj aktuálnych informácií o krajine, [online], [citované: 15. novembra 2006]. Časopis Životné prostredie, ročník 2003, číslo 1. <http://www.fns.uniba.sk/zp/casopisy/zp/2003/zp1/sramkova.htm>

ŠÚRI, M., (2003), Digitálne modely reliéfu a ich aplikácie v životnom prostredí, [online], [citované: 14. novembra 2006]. Časopis Životné prostredie, ročník 2003, číslo 1. <http://www.fns.uniba.sk/zp/casopisy/zp/2003/zp1/suri.htm>

BITTERER, L., (2005): Ortofotosnímka, kap. 12.6. In: *Fotogrametria - Interný učebný text katedry geodézie pre študentov bakalárskeho štúdia odboru geodézia a kartografia*. [online], [citované: 15. novembra 2006]., str. 153-154, <http://svf.utc.sk/kgd/skripta/fotogrametria/>

BITTERER, L., (2005): Ortofotomozaika, kap. 12.9. In: *Fotogrametria - Interný učebný text katedry geodézie pre študentov bakalárskeho štúdia odboru geodézia a kartografia*, [online], [citované: 15. novembra 2006], str. 155-158, <http://svf.utc.sk/kgd/skripta/fotogrametria/>

FALT, J., (2002): Ortofotomapy a chyby při jejich pořizování, [online], [citované 14. november 2006]. Oddělení informatiky, Magistrát města Hradec Králové Ulrichovo nám. 810, 502 10 Hradec Králové http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2003/Sbornik/Referaty/falt.htm

BARCA, R. (1995). Nové možnosti vstupu primárných údajov o území do GIS. *Geoinfo 1/95*, pp. 18-19.

GEODIS, Slovakia, Digitální ortofotomapy, [online], [Banská Bystrica, Slovensko], Geodis Slovakia, s.r.o., [citované: 13.11.2006], Ponuka služieb – Fotogrametria.

http://www.geodis.sk/www/index_s.php?page=fotogrammetrie/ortofotomapy

Citácia citácie

1. JONES, Ch., (1997): Geographical Information Systems and Computer Cartography, Addison Wesley Longman, str.97-120. In: BONK, R., (2002): *Letecká fotografia a fotogrametria*, [online],[Praha4, Česká republika], Internet Info, s.r.o. September 2002. [citované: 13. november 2006]. Kapitola 5. Geografický informačný systém GRASS (5) Dostupné na WWW: <http://www.root.cz/clanky/geograficky-informacny-system-grass-5/>
2. TUCEK, J., (1996): Geografické Informačné Systémy, Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 186 str. In: BONK, R., (2002): *Letecká fotografia a fotogrametria*, [online],[Praha4, Česká republika], Internet Info, s.r.o. September 2002. [citované: 13. november 2006]. Kapitola 5. Geografický informačný systém GRASS (5) Dostupné na WWW: <http://www.root.cz/clanky/geograficky-informacny-system-grass-5/>
3. NETELER, M., MITÁŠOVÁ, H., (2002): Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. 1st edition. Kluwer Academic Publishers. In: BONK, R., (2002): *Letecká fotografia a fotogrametria*, [online],[Praha4, Česká republika], Internet Info, s.r.o. September 2002. [citované: 13. november 2006]. Kapitola 5. Geografický informačný systém GRASS (5) Dostupné na WWW: <http://www.root.cz/clanky/geograficky-informacny-system-grass-5/>
4. ERDAS Inc. ERDAS Field Guide 4th ed., 1997. Atlanta, Georgia. 5. <http://grass.itc.it>) In: BONK, R., (2002): *Letecká fotografia a fotogrametria*, [online],[Praha4, Česká republika], Internet Info, s.r.o. September 2002. [citované: 13. november 2006]. Kapitola 5. Geografický informačný systém GRASS (5) Dostupné na WWW: <http://www.root.cz/clanky/geograficky-informacny-system-grass-5/>