

JAN KROPÁČEK

DETEKCE A ZVÝRAZNĚNÍ PLOCH STÍNŮ V DRUŽICOVÝCH DATECH S VYSOKÝM PROSTOROVÝM ROZLIŠENÍM

J. Kropáček: *Detection and Enhancement of Shaded Areas in the High Resolution Satellite Data*. – Geografie – Sborník ČGS, 109, 4, pp. 304–313 (2004). – New high-resolution satellite data (IKONOS, QuickBird, SPOT5 and Eros) enable mapping in more detailed scales. The size of shadows is not of the order of pixel size any more. Misclassification of shadows in a high-resolution satellite image may lead to a shift of border between classes even by 30 meters. Shadows were grouped into five groups according to the shadowed surface and the type of the elevated object. Spectral analysis of these groups has been conducted and a simple method for detection of shaded areas has been proposed. This method utilizes map algebra. Shadows on vegetation and non-vegetation surfaces have been also distinguished. Three methods of image analysis to improve readability of shaded areas have been proposed: logarithmic enhancement, local contrast enhancement and ternary map. Objects hidden in shadow in the original image are better recognizable in the ternary map.

KEY WORDS: remote sensing – high-resolution satellite – shadows – map algebra – ternary diagram – ternary map.

1. Úvod

Uvedení nových systémů DPZ (IKONOS, QuickBird, SPOT5 a Eros) znamená zlepšení prostorové rozlišovací schopnosti proti tradičním systémům téměř o řád. Tato změna se neprojevuje jen jako přechod k většímu měřítku zpracovávaných výstupů. Znamená především rozšíření možností aplikace. V souvislosti s prvními publikovanými zkušenostmi ze zpracování těchto dat (Schiewe 2001) se ukázalo, na jaká úskalí práce se s nimi naráží. Jedním z těchto problémů je rušivý vliv stínů jak při vizuální interpretaci, tak při automatické klasifikaci obrazu. Typickým příkladem chyby způsobené vlivem stínu je klasifikace stínu vrženého okrajem lesa jako les. To může mít za následek posun hranice mezi třídami les a louka zhruba až o 30 metrů.

Práce byla zaměřena na dva dílčí problémy. Jedním je detekce stínů – tedy automatické vymezení ploch stínů. Druhým je zvýraznění zastíněných ploch v obraze tak, aby bylo možné při vizuální interpretaci správně vyhodnotit zastíněné objekty.

2. Problematika stínů

Vliv stínů vržených vyvýšeným objektem (bariérou) na správnost interpretace dat DPZ je specifickým rysem dat s vysokým prostorovým rozlišením.

Tab. 1 – Porovnání některých parametrů nových družicových systémů s vysokým prostorovým rozlišením. (PAN – panchromatické snímání, MS – multispektrální snímání)

	Rok vypuštění	Prostorové rozlišení PAN/MS (m)	Termínové rozlišení (den)	Šířka záběru (km)
IKONOS	1999	1/4	1	11
QuickBird	2001	0,6/2,44	1 až 3,5	16,5
Eros	2000	1,8 (pouze PAN)	1,8 až 4	12,5
SPOT5	2002	2,5/10	26	60

Proto se tato práce zabývá pouze tímto typem stínů. U dat se středním nebo nízkým rozlišením se jedná většinou o jev na úrovni velikosti jednoho pixelu. V měřítkách, ve kterých se tato data používají, mají stíny běžných objektů zanedbatelné rozměry.

Stíny vržené oblačností a topografický efekt (variace intenzity osvětlení v závislosti na změně orientace terénu vůči slunečním paprskům) se vyskytují i v datech se středním a nízkým rozlišením a jejich potlačení bylo již vícekrát popsáno např. (Colby 1991). V našich podmínkách jsou vržené stíny (dále jen stíny) přítomné prakticky v jakýchkoli optických datech DPZ (tab. 1).

Stíny jsou plochy, na které nedopadá přímé sluneční záření. Přesto tyto plochy nejsou zcela neozářené. Do ploch stínů dopadá sluneční záření trojího druhu: rozptýlené na částicích atmosféry, odražené od okolních objektů na zemském povrchu, pronikající vyvýšeným objektem.

Základem spektrálního projevu stínů je spektrální charakteristika zastíněného povrchu. Spektrální projev je modifikován spektrálními vlastnostmi záření dopadajícího do ploch stínů. Jak záření rozptýlené, tak také odražené a prošlé bariérou má zpravidla pozměněné spektrální vlastnosti oproti záření dopadajícímu na zemský povrch přímo. Ať už je to způsobeno pigmentovou absorpcí polopropustné bariéry nebo okolních objektů, na kterých dochází k odrazu, nebo změnou intenzity rozptylu s vlnovou délkou.

Na spektrálním projevu stínů se podílejí vlivy, jejichž podíl není možné stanovit pomocí vlastních dat DPZ a které je obtížné modelovat nebo měřit v terénu. Jsou to především tyto vlivy: intenzita aerosolového rozptylu, propustnost bariéry, intenzita záření odraženého okolními objekty, vliv vícenásobných odrazů.

3. Popis použitých dat

Data k této práci poskytl Ústav ekologie krajiny AV v Českých Budějovicích. Data byla pořízena družicí IKONOS dne 20. 8. 2000 v 9:59 místního času. Při předzpracování byl obraz převzorkován na velikost pixelu 1x1 metr. Panchromatické pásmo bylo spojeno s multispektrálními – tzv. zaostření. Informace o použitém algoritmu nebyly distribuční společností poskytnuty. Data jsou kódována do 11 bitů.

Pro vlastní zpracování byl k dispozici výřez o velikosti 1000x1000 pixelů, na kterém je zobrazena obec Modrava a okolí. Kromě rozptýlené zástavby obce jsou na snímku z antropogenních ploch ještě silnice, cesty a parkoviště. Vodní plochy jsou zde zastoupeny říčkami Modravský potok a Filipohuťský potok a jedním malým rybníkem nedaleko soutoku. Vegetace je tvořena smrkovými lesy, křovinami, mezofilními loukami a vlhkými loukami u soutoku. Z prvků běžných v naší krajině na snímku nejsou obdělávané plochy, souvislá zástavba a listnaté a smíšené lesy.

Tab. 2 – Rozdělení stínů do skupin podle typu bariéry a typu zastíněného povrchu, průměry digitálních hodnot v jednotlivých spektrálních pásmech

Typ stínu	Stín lesa na louce	Stíny uvnitř ploch lesa	Stín stromů na vodní ploše	Stín budov na louce	Stín budov na parkovišti
typ bariéry	polopropustná	polopropustná	polopropustná	nepropustná	nepropustná
typ povrchu	vegetační	vegetační	anorganický	vegetační	anorganický
označení v textu	A	B	C	D	E
infračervené pásmo 0,76–0,85 μm	118	149	82	123	75
červené pásmo 0,63–0,70 μm	56	57	61	78	66
zelené pásmo 0,51–,60 μm	120	119	125	139	140

Tab. 3 – Průměry digitálních hodnot pro odpovídající nezastíněné plochy (pro srovnání se stíny v tabulce 2).

typ povrchu	louka	vodní plocha	parkoviště
typ povrchu	vegetační	anorganický	anorganický
infračervené pásmo	643	140	190
červené pásmo	216	110	175
zelené pásmo	268	166	229

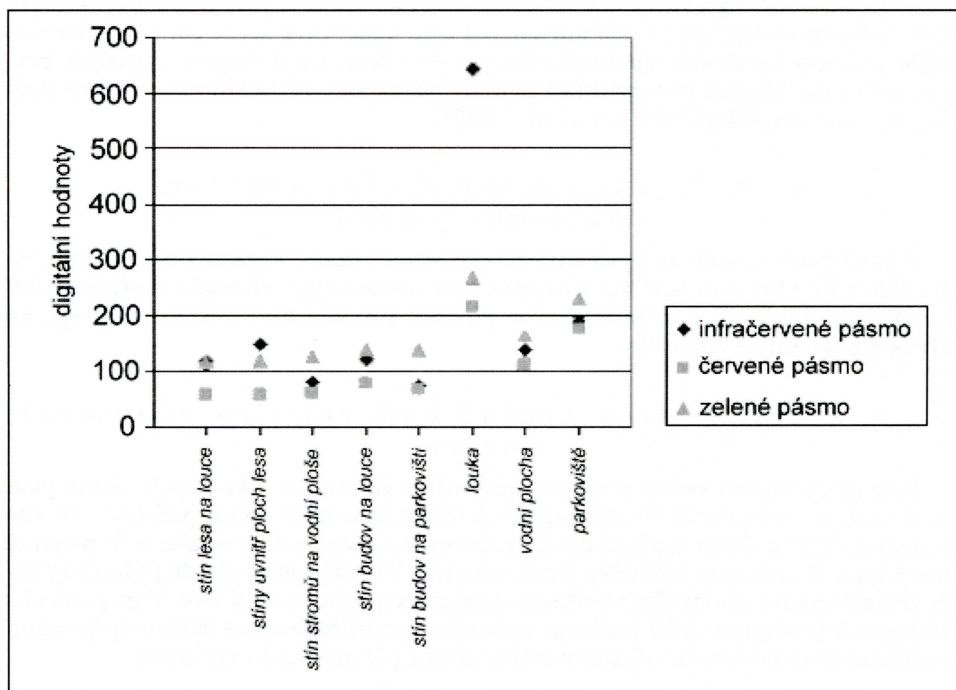
4. Spektrální vlastnosti stínů

Ve snímku se vyskytují vržené stíny několika typů. Stíny byly rozděleny do pěti skupin podle typu zastíněného povrchu a podle typu objektu, který stín vrhá. Spektrální vlastnosti stínů jednotlivých skupin byly zkoumány na základě náhodně vybraných vzorků. Vlastnosti stínů byly porovnány s vlastnostmi odpovídajících osvětlených povrchů. Ruční vektorizací byly vymezeny reprezentativní vzorky pro každou skupinu. Pro tyto plochy byly zjištěny základní statistické údaje: aritmetický průměr, minimum, maximum a směrodatná odchylka. Rozdělení stínů a průměry digitálních hodnot v jednotlivých spektrálních pásmech uvádí tabulka 2 (tab. 3, obr. 1).

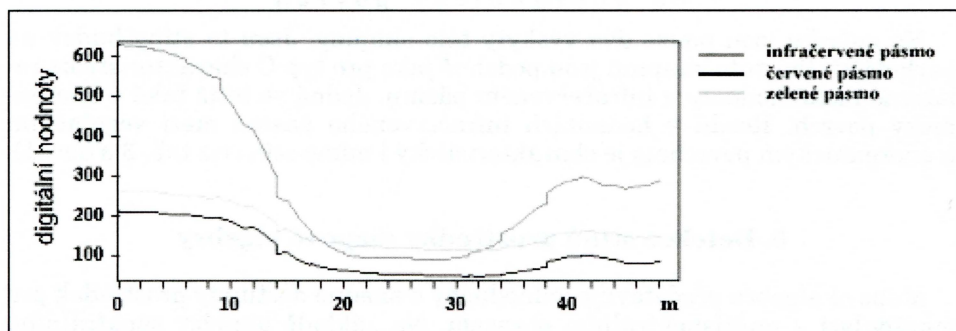
4. 1. Typ A – stíny okraje lesa na ploše louky

Tyto stíny mají tvar pásů podél lesních ploch. Přechod stínu do luční plochy je pozvolný. Je to způsobeno jednak tím, že okraje stínů jsou vrženy řídkými vrcholovými částmi korun. Výrazně se zde také uplatňuje vliv převzorkování dat na jeden metr. Ani na straně lesa není hranice stínu ostrá. Vržený stín zde plynule přechází do vlastních stínů korun stromů. Mezi jednotlivými korunami tyto stíny často navazují na stíny uvnitř lesního porostu (obr. 2).

Pro porovnání spektrálních vlastností stínu a odpovídající osvětlené plochy byly vybrány vzorky lučních ploch v bezprostřední blízkosti stínů s předpokladem, že se jedná o povrch o stejných spektrálních vlastnostech. Na okraji lesa se však často vyskytuje specifické společenstvo lesních lemů (Katalog biotopů ČR 2001). Část těchto stínů je v průběhu roku trvalá. Uvnitř stínu se tak může vyskytovat poněkud jiný povrch než za jeho hranicí.



Obr. 1 – Spektrální charakteristiky jednotlivých typů stínů a nezastíněných povrchů



Obr. 2. – Profil stínem, který vrhá okraj lesa na louku. V levé části je přechod do lesa, vpravo do osvětlené louky. Křivky jsou vyhlazené metodou klouzavého průměru.

Zde přecházejí vlastní stíny korun stromů do stínů vržených na sousední koruny. Pokud není porost souvisle zapojen, může se jednat o zastíněné plošky mezi stromy. V lesním prostoru se také vyskytují malé světliny se spektrálními vlastnostmi podobnými louce.

Vlastní stíny korun stromů a stíny korunami vržené vytvářejí pro les charakteristickou texturu. Tyto stíny se také výrazně projevují na celkovém spektrálním projevu lesních ploch. Spektrální signatury lesních ploch, tak jak se s nimi pracuje při klasifikaci dat se středním prostorovým rozlišením, jsou

vlastně smíšené signatury osvětlených částí korun a stínů. Lesní porosty tak mají jako celek výrazně nižší odrazivost než například luční porosty. Korektnější přístup ke studiu spektrálního projevu lesa na datech s vysokým prostorovým rozlišením je například použití pouze nejsvětějšího pixelu pro každou korunu například (Miller et al. 1999).

4. 3. Typ C – stíny vržené vegetací na vodní plochu

V použitých datech se vyskytují pouze stíny vržené vegetací na tekoucí vodu. Pro tuto skupinu jsou ve srovnání s ostatními typy charakteristické relativně nízké hodnoty v infračerveném pásmu. Pro všechna pásma jsou typické nízké směrodatné odchylky.

4. 4. typ D – stíny vržené budovami na vegetační povrch

Tato skupina má velmi podobné spektrální vlastnosti jako typ A. Stíny jsou však ostřeji ohraničené. Směrodatné odchylky jsou také velmi podobné. Je zde poněkud nižší průměr hodnot pro infračervené záření než pro zelené. V případě stínů typu A jsou tyto průměry téměř shodné. To naznačuje, že druh bariéry tedy zřejmě má na spektrální vlastnosti zastíněné plochy určitý vliv. V případě stínu typu A je zřejmě vyšší hodnota průměru pro infračervené záření způsobena vícenásobným odrazem infračerveného záření při průchodu vegetací.

4. 5. Typ E – stíny vržené budovami na anorganický povrch

Na snímku jsou pouze dva výskyty této skupiny. Jsou to stíny budov na parkovišti. Pro tuto skupinu jsou podobně jako pro typ C charakteristické relativně nízké hodnoty v infračerveném pásmu. Jedná se totiž také o anorganický povrch. Rozdíl v hodnotách infračerveného pásma mezi vegetačním a anorganickým povrchem je charakteristický i mimo stín (viz tab. 3 a obr. 1).

5. Detekce stínů prostředky mapové algebry

Mapová algebra představuje jednoduchý a snadno dostupný prostředek pro manipulaci s multispektrálním obrazem. Na základě analýzy spektrálního projevu stínů byly navrženy jednoduché podmínky pro detekci stínů.

V prvním kroku bylo provedeno prahování infračerveného pásma (IČ). To to pásmo bylo zvoleno proto, že má největší rozsah digitálních hodnot a je v něm největší kontrast mezi stíny a ostatními objekty. Byla zvolena prahová hodnota 143. Je to maximum pro vzorek pro stín na vodní ploše. Na základě této prahové hodnoty byla vytvořena bitmapa, která byla překryta přes obraz a vizuálně porovnána se skutečnými rozsahy stínů v obraze. Pro usnadnění porovnání byla vytvořena také inverzní bitmapa. Bitmapa vzniklá na základě této prahové hodnoty poměrně dobře vystihuje stíny v obraze, ale zahrnuje také částečně vodní plochy.

Pro rozlišení stínů od vodních ploch bylo zvoleno červené pásmo. V tomto pásmu je největší průměrný rozdíl mezi průměry hodnot stínů a hodnot pro vodní plochy. Tento rozdíl činí 48,4. Pro infračervené pásmo je tento rozdíl ro-

ven 30,6 a pro zelené 37,4. Prahová hodnota byla stanovena na 81. Podmínka byla doplněna na následující tvar:

$$(IC < 143) \cap (C < 81)$$

podmínka č. 1

Prostředky mapové algebry je možné poměrně dobře rozlišit stíny na vegetačních površích od stínů na anorganických površích. Na obrázku 1 je vidět, že pro stíny na anorganických površích (typ C, typ E) je hodnota pro infračervené pásmo výrazně nižší než hodnota pro zelené pásmo. Rozdíl je patrný i ve spektrálních profilech těmito stíny a je téměř konstantní (je roven zhruba 45). Pro vegetační povrchy je naopak typická vysoká odrazivost v oblasti infračerveného záření, která se projevuje i v zastíněných plochách. V profilu stínu na luční ploše jsou křivky pro infračervené a zelené pásmo (Z) zhruba ve stejné úrovni. Rozdíl úrovní křivek využívá následující podmínka. Hodnota 40 byla stanovena zkusmo, tak aby výsledné bitmapa neobsahovala plochy stínů na vodní hladině. Pro zastíněné vegetační povrchy tedy platí podmínka:

$$(IC < 143) \cap (C < 81) \cap (Z < IC + 40)$$

podmínka č. 2

Prahová hodnota pro infračervené pásmo byla zvýšena na 200. Takto upravené podmínce vyhovují i menší stíny uvnitř lesa a stín osamělých stromů:

$$(IC < 200) \cap (C < 81) \cap (Z < IC + 40)$$

podmínka č. 3

Jednoduchou úpravou je možné získat podmínku pro vymezení zastíněných anorganických ploch:

$$(IC < 200) \cap (C < 81) \cap (Z < IC - 40)$$

podmínka č. 4

Na základě bitmap vytvořených podle podmínek 3 a 4 byla vytvořena vrstva představující jednoduchou klasifikaci snímku s třídami 0 – nezastíněná plocha, 1 – zastíněné vegetační povrchy, 2 – zastíněné anorganické povrchy. Pro eliminaci jednotlivých pixelů a celkové vyhlazení ploch byla provedena mediánová filtrace s velikostí plovoucího okna 3x3 pixely. Stíny v této vrstvě tvoří 32 celkové plochy. Největší podíl připadá na stíny uvnitř lesních porostů. Do stínů byly částečně zahrnuty i vlastní stíny objektů. To se týká především okrajů lesa stínů uvnitř lesních porostů. Tyto vlastní stíny tvoří plynulý přechod mezi stínem a osvětlenou částí korun.

V této vrstvě je patrný průběh silnice ve stínu stromů. Tyto úseky jsou v původním obraze zcela nezřetelné, protože v tmavé ploše stínu splývají s okolní vegetační plochou. Tato vrstva tedy obsahuje informace, která je lidskému oku v původním obraze skryta. Podobná je situace v případě Modravského potoka. Zde je potok zakryt stínem stromů. I v tomto případě je ve vrstvě stínů tato zastíněná vodní plocha odlišena jako stín na anorganickém povrchu.

6. Potlačení vlivu stínů pro vizuální interpretaci

Cílem potlačení stínů není úplná eliminace stínů v obraze. Stíny vytvářejí v obraze kontrast. Eliminací stínů tedy dochází ke ztrátě kontrastu. Stín je navíc důležitým interpretačním znakem. Pro lidské oko je obtížné rozpoznat jemné variace v tónu a odstínu ve velmi tmavých a ve velmi světlých plochách. Zastíněné plochy jsou tedy hůře čitelné. Zastíněné plochy tak mohou skrývat některé zájmové objekty. Cílem potlačení stínů v obraze je tedy zlepšení čitelnosti zastíněných ploch, a tím rozšíření možností interpretace.

6. 1. Celková úprava kontrastu

Družicová data jsou jen výjimečně zobrazována bez jakékoli úpravy kontrastu. Při běžné práci se snímkem se většinou používá lineární roztažení

s odříznutím 5 krajních hodnot. Při této úpravě kontrastu mají zastíněné plochy velmi nízké hodnoty. Odříznutí nejnižších a nejvyšších hodnot navíc způsobí ztrátu variability v těchto plochách. Úprava kontrastu pro zlepšení čitelnosti ploch stínů by měla stíny zesvětlit, zvýraznit prostorovou variabilitu intenzity a odstínu a zachovat dobrou čitelnost ostatních ploch v obraze. Tyto podmínky poměrně dobře splňuje logaritmická úprava kontrastu. Tato úprava zvětší rozpětí nízkých hodnot. Variabilita intenzity a odstínu se zvýrazní. Nedojde však k celkovému zesvětlení stínů. Uvnitř stínů vznikne velký kontrast mezi ojedinělými světlejšími pixely a tmavým okolím. Tento efekt je způsoben šumem, který se výrazněji projevuje právě v nízkých hodnotách signálu.

6. 2. Lokální úprava kontrastu

Zjištění, jaké objekty se skrývají v plochách stínů, brání celková tmavost těchto ploch na snímku. V nízkých intenzitách není lidské oko schopné vnímat drobné variace v intenzitě a v odstínu. Vhodným nástrojem pro zjištění obsahu stínů je lokální úprava kontrastu. Lokální úpravu kontrastu umožňuje pouze některá prostředí určená pro práci s obrazovými soubory. Vhodná je úprava, při které dojde k zesvětlení a k maximálnímu roztažení úrovní v nízkých intenzitách. Při lokálních úpravách kontrastu byl opět zjištěn značný obsah šumu v plochách stínu.

6. 3. Ternární diagram

Ternární diagram se používá pro zobrazení prostorového rozložení tří různých jevů vztahujících se ke stejnému území. Pro prostorové zobrazení dat pomocí ternárního diagramu se také používá označení ternární mapa. Ternární diagram je metodou používanou dosud především v geofyzice (Reeves 1985, Rejl et al 1990). Z ternárního diagramu je podle barvy možné určit podíl příspěvku jednotlivých jevů, nezávisle na jejich absolutních hodnotách. Jedná se o RGB syntézu, kde do jednotlivých kanálů jsou načteny podíly jednotlivých pásem ku součtu všech tří pásem.

$$R \quad a / (a + b + c) \qquad G \quad b / (a + b + c) \qquad B \quad c / (a + b + c)$$

Tyto vztahy můžeme chápat jako soustavu rovnic vyjadřující prostorovou transformaci:

$$X = x / (x + y + z)$$

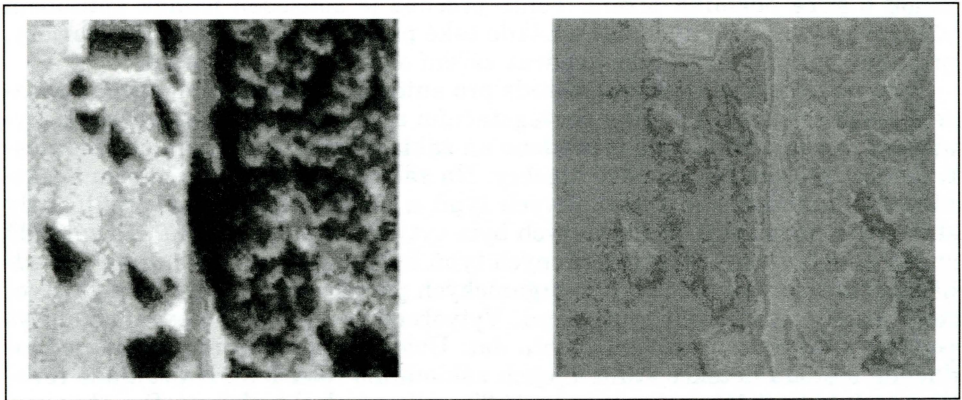
$$Y = Y / (x + y + z)$$

$$Z = Z / (x + y + z)$$

Úpravou této soustavy dostáváme rovnici $X + Y + Z = 1$, která odpovídá obecné rovnici roviny. Tato rovina je kolmá k ose kvadrantu a protíná osy souřadnic v bodech (1,0,0), (0,1,0) a (0,0,1).

Tato transformace zobrazuje tedy prostor RGB krychle do roviny. Protože je tato rovina kolmá k ose kvadrantu, jedná se o rovinu stejné intenzity.

V prosté RGB syntéze jsou obtížně čitelné oblasti s příliš vysokou nebo nízkou intenzitou, tedy plochy, ve kterých jsou hodnoty jednotlivých jevů blízké minimu nebo maximu. Tyto plochy jsou příliš tmavé nebo příliš světlé, aby lidské oko bylo schopno rozlišit variace v odstínu. Ternární diagram tuto nevýhodu prosté RGB syntézy odstraňuje. Pro vizuální interpretaci představují stíny problém čitelnosti tmavých ploch. Pokud použijeme ternární diagram pro zobrazení družicového snímku, budou plochy stínů stejně čitelné jako osvětlené plochy.



Obr. 3 – Porovnání čitelnosti původního obrazu (s logaritmickou úpravou kontrastu) a ternární mapy s úpravou kontrastu. V pravé části výřezu je lesní porost, který vrhá stín na silnici vedoucí po jeho okraji. Na ternární mapě je průběh silnice stínem jasně viditelný.

Metoda ternárního diagramu byla aplikována na použitá data v prostředí PCI Works. Byly použity prostředky mapové algebry. V tomto obraze jsou zvýrazněny spektrální vlastnosti povrchových prvků. Odstín ploch stínů je odlišný od odstínu stejného nezastíněného povrchu. Pixely s vyrovnaným příspěvkem všech tří pásem jsou šedé. Podle odstínu je možné určit, jaké pásmo tvoří dominantní příspěvek ve spektrálním projevu, případně které pásmo je deficitní. Následující přehled ukazuje význam jednotlivých výsledných barev:

červená	dominantní infračervené pásmo
zelená	dominantní červené pásmo
modrá	dominantní zelené pásmo
azurová	deficitní infračervené pásmo
purpurová	deficitní červené pásmo
žlutá	deficitní zelené pásmo

Ve stínech je patrný zvýšený vliv šumu při nízké intenzitě signálu. Plochy stínů mají stejnou intenzitu jako ostatní plochy, ale odlišný odstín oproti odpovídajícím osvětleným plochám. Například louky mají červeno-oranžový odstín, zatímco zastíněné louky mají modrý odstín. Tento efekt není způsoben chybou nebo nepřesností použitého algoritmu. Odlišné tóny zastíněných ploch odpovídají poměrům digitálních hodnot uvnitř stínů (obr. 3).

Ternární mapa má dobrou čitelnost ploch stínu. Umožňuje odhalit anomálie, které mohou představovat objekt zakrytý stínem. Na uvedené ukázce je na ternární mapě vidět průběh silnice sledující okraj lesa. V RGB syntéze není celý průběh silnice patrný z důvodu částečného zakrytí stínem lesa. Nevýhodou ternární mapy je ztráta barevné hloubky obrazu a nezvyklé barevné podání. Další nevýhodou při vizuální interpretaci ternární mapy je ztráta kontrastu.

7. Závěr

Stíny byly rozděleny podle typu zastíněného povrchu a podle typu objektu vrhajícího stín do pěti skupin. Jednotlivé typy byly popsány z hlediska spektrálního projevu a výskytu v obraze. Bylo zjištěno, že plochy stínů ve snímku obsahují velký podíl šumu. Stíny jsou od okolních ploch odděleny přechodnou

zónou o šířce několika pixelů. Tento přechod je způsoben jednak způsobem předzpracování použitých dat a někde také polopropustným okrajem bariéry, případně dalšími vlivy, jako je odraz záření od okolních předmětů.

Byla navržena jednoduchá metoda pro automatické vymezení stínů v obraze a jejich rozdělení na stíny na vegetačním a na anorganickém povrchu. Vymezení rozsahu stínů bylo provedeno na základě jejich spektrálních vlastností pomocí prostředků mapové algebry. Na základě tabulárního popisu spektrálních vlastností stínů jednotlivých typů a jejich spektrálních profilů byly stanoveny podmínky, podle kterých byla vytvořena maska stínů. Na základě spektrálních vlastností stínů různých typů byla stanovena podmínka pro odlišení stínů na vegetačních a anorganických površích. Dále tedy byly vytvořeny masky uvedených typů stínu. Vytvořené masky (bitmapy) mohou být použity v dalším zpracování těchto dat. Uvedený postup představuje jednoduchou metodu detekce stínů a jejich základního rozdělení. Na základě těchto masek bylo zjištěno, že stíny tvoří 32 celkové plochy obrazu. Pro stanovení podmínek byl použit obecný princip zvýšené odrazivosti vegetace v infračerveném pásmu. Lze tedy předpokládat, že uvedené podmínky by po modifikaci prahových hodnot byly použitelné i pro jiná data tohoto typu.

Pro zvýraznění obsahu stínů a pro zlepšení jejich čitelnosti bylo navrženo několik metod obrazové analýzy. Jako jednoduchá metoda pro zlepšení čitelnosti stínu byla použita logaritmická úprava kontrastu. Při zachování kontrastu i barevného podání osvětlených ploch ve snímku dochází k zvětšení rozsahu hodnot pro nízkou intenzitu. To vede k zlepšení čitelnosti ploch stínů. Obsah jednotlivých stínů je vhodné zkoumat pomocí lokální úpravy kontrastu.

Pro zlepšení čitelnosti zastíněných ploch v obraze byla vyzkoušena metoda ternárního diagramu. Ternární mapa má zlepšenou čitelnost ploch stínu. Umožňuje odhalit anomálie, které mohou představovat objekt zakrytý stínem. Nevýhodou ternární mapy je ztráta barevné hloubky obrazu a nezvyklé barevné podání.

Literatura:

- COLBY, D. J. (1991): Topographic Normalization in Rugged Terrain. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 57, č. 5, s. 531-537.
- HOFMAN, P. (2001): Detecting Buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. *GeoBIT/GIS*, 6, s. 18-23.
- Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha 2001, 235 s.
- MEINEL, G., REDER, J. (2001): IKONOS-Satellitenbilddaten – ein erster Erfahrungsbericht. *Kartographische Nachrichten*, č. 1, s. 40-46.
- REJL, J., SAIC, S., DĚDÁČEK, K. (1990): Komplexní využití aerokosmických dat v geologii. Sborník referátov celostátné konferencie o DPZ s medzinárodnou účasťou, ČSVTS, Bratislava, s. 114-120.
- REEVES, C. V. (1985): Airborn geophysics for geological mapping and regional exploration. *ITC Journal*, č. 3, s. 147-161.[RTF bookmark start: OLE_LINK1]
- SCHIEWE, [RTF bookmark end: OLE_LINK1]J. (2001): Potenzial und Probleme neuer hochauflösender Weltraumsensoren fuer kartographische Anwendungen. *Kartographische Nachrichten*, 51, č. 6, s. 273-278.

DETECTION AND ENHANCEMENT OF SHADED AREAS IN THE HIGH RESOLUTION SATELLITE DATA

Introduction of civil high-resolution satellites with resolution in order of meters has brought a new impulse for development of remote sensing. New data enable mapping in more detailed scales than before. The size of shadows is not in the order of pixel size any more. Misclassification of shadows in a high-resolution satellite image may lead to a shift of border between classes even by 30 meters. Detection of shadowed areas may be useful for the subsequent image classification.

This paper deals with two particular problems. The first is the automatic detection of shaded areas, the second is the enhancement of shaded areas in the image, so that the visual interpretation of shadowed objects could be genuine. The subset of IKONOS scene of environs of Modrava in the Šumava Mountains was used for processing. Shadows were grouped into five groups according to the type of shadowed surface and the type of elevated object. Spectral analysis of these groups was conducted. Shadows are surrounded by a transition zone of the width of couple of pixels. This transition zone is caused by pre-processing of image data and permeable edge of the elevated object. Other types of influence (i.e. reflection of radiation on neighbouring objects) can be taken into account. The shaded areas contain a high proportion of noise.

Conditions for detection of shadows have been established on the basis of the analysis of spectral properties of shadows. Conditions are based on thresholding of infrared band, in which the highest contrast between shadows and surrounding areas and the largest range of values occur. The delineation of shadows has been improved by thresholding of red band. Discrimination of vegetation and non-vegetation shadows was done using the difference between the green and the red bands. Listed relations have been implemented using map algebra. This approach represents a simple method of shadows detection and its basic division.

Problem of readability of shaded areas in the visual interpretation was also addressed. Logarithmic contrast stretch was proposed as a useful method for readability improvement with retained quality of surrounding image. Particular shadows can be inspected in detail using local contrast manipulation. The ternary diagram method was proposed as a useful method for detection of objects hidden in shadows. This method is also used in geophysics. The road in the shadow of the forest edge could be seen clearly on the ternary map. But a change of the colour scheme of the image and a loss of contrast are the disadvantages of this method.

Fig. 1 – Spectral properties of several types of shaded and non-shaded surface. Axis x – digital values, axis y – from the left: shadow cast by forest on the meadow, shadows inside the forest area, shadows cast by trees on the water body, shadows of buildings on the meadow, shadows of buildings on a parking, meadow, water surface, parking. 1 – infrared band, 2 – red band, 3 – green band.

Fig. 2 – Spectral profile across a shadow on a meadow that is cast by forest edge. On the left, there is the transition to the forest, on the right to the meadow. Curves have been smoothed by the floating average method.

Fig. 3 – Comparison of the original image (with logarithmical contrast stretch) and the ternary map. On the right side, there is a forest casting its shadow on a road that follows its edge. The road-body in the shadow is clearly visible on the ternary map.

(Pracoviště autora: European Commission - DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Global Vegetation Monitoring Unit, Via E. Fermi, TP 440, Ispra (VA), I-21020, Italy, E-mail: jan.kropacek@jrc.it.)

Do redakce došlo 17. 2. 2004