

Letecké digitální snímkování pro podporu zemědělského hospodaření

Václav ŠAFÁŘ¹, Václav ŽDÍMAL²

¹*GEODIS BRNO, spol. s r.o.*

Lazaretní 11a, 615 00 Brno

E-mail: vsafar@geodis.cz

²*Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně*

Agonomická fakulta

Ústav aplikované a krajinné ekologie

Zemědělská 1, 613 00 Brno

E-mail: zdimal@mendelu.cz

Anotace

Na základě znalostí požadavků uživatelů výsledků Dálkového průzkumu Země (DPZ) v oblasti zemědělského hospodaření byly pořízeny technické prostředky pro získání kvalitních digitálních leteckých měřických snímků a byly vyzkoušeny potřebné technologické postupy, které zabezpečují operativnost, včasnost, rychlost, přesnost a finanční dostupnost výsledných údajů a informací. Základní kritérium interpretačních vlastností rostlin zobrazených na digitálních leteckých snímcích je reflektance, kterou velmi ovlivňují podmínky ve kterých rostliny rostou a v jakém stavu se nacházejí. Pro úspěšné využívání dat dálkového průzkumu Země pro zemědělské hospodaření je nutno spolupracovat se zemědělskou komunitou a potom může být DPZ přínosný v oblastech stanovištních podmínek a jejich změn, sledování výskytu plevelů, odhadu výnosů a hnojení plodin.

Klíčová slova

Dálkový průzkum Země, středněformátové digitální kamery, určení souřadnic středů projekcí leteckých měřických snímků, zemědělská komunita, stanovištní podmínky, plevele, hnojení.

Abstract

Based on the requirement knowledge of users of remote sensing results concerning the agriculture branch, technical devices for obtaining high-quality digital aerial photographs have been procured and necessary technological procedures, which guarantee operativity, timeliness, speed, accuracy, and financial availability of the final results and data, have been tested. The basic interpretation criterion of plants' character (reflectance) is greatly influenced by the grow conditions. Collaboration with the agricultural community is necessary for successful utilisation of the remote sensing agricultural data. Only this collaboration can bring benefits relating to the area conditions and their changes, weed monitoring, yield estimation, and plant fertilisation.

Key words

Remote sensing, medium-format digital cameras, coordinate determination of central point of aerial photograph projection, agricultural community, area conditions, weed, fertilisation.

Podmínky užití technik DPZ v zemědělství

Růst plodin jako přírodní děj je pouze zdánlivě pomalu probíhající proces. Tento proces sice u některých plodin trvá celé vegetační období, avšak pro pořízení digitálních leteckých snímků (záznamů), jejich fotogrammetrické zpracování a účelovou interpretaci těchto záznamů, včetně lokalizace stavů, jevů, závěrů a doporučení pro následná období růstu metodami Dálkového průzkumu Země (DPZ) zbývá v reálné praxi pouze několik málo dní (u některých aplikací ve vinařství i hodin).

Za těchto několik málo dní je nutné připravit a naplánovat snímkování (přestože by bylo možné tyto plány připravit v předvegetačním období je obvyklé že se sestavují – s výjimkou kontroly dotační politiky v rámci programu Státního zemědělského investičního fondu – účelově před započítím snímkovací mise), filmový nebo digitální záznam vyvolat, vyrobit podklady pro expertní interpretaci, určit polohu jevů a navrhnout opatření v reálném porostu, respektive specifikovat, které části téhož porostu jakým způsobem ošetřovat. Z tohoto postupu vyplývá, že v porovnání s běžnými úkoly, které jsou fotogrammetrickými a DPZ metodami obvykle řešeny a které se počítají nejméně na měsíce, ale častěji na roky (prvotní mapování, reambulace, tvorba digitálních modelů terénu (DMT) - například jako podklad pro hydrologické studie, atd.) jsou požadavky na včasnost a rychlost získání přijatelných výsledků pro použití DPZ v zemědělských aplikacích dominantní.

Vzhledem k výše uvedenému reagují firmy na tyto potřeby praxe následovně:

- snížením hodinových nákladů na provoz nosičů (u většiny firem je tato potřeba řešena nákupem nízkonákladových letounů např. Z-37, případně u malých ploch využitím modelů letounů nebo vrtulníků)
- nasazením digitálních středněformátových kamer, (které v porovnání s klasickými řadovými leteckými měřickými kamerami na film umožňují především zrychlit proces získání primárního záznamu do počítačového zpracování)
- změnou metod pro určení parametrů vnější orientace od klasické analytické aerotriangulace k přímému určení souřadnic projekčních center v okamžiku expozice metodami dGPS a měřením úhlů sklonů pomocí inerciálních měřicích jednotek
- tvorbou ortofotomapy jako základního podkladu pro expertní interpretaci jevů a stavů v porostech a jako základního lokalizačního prvku pro plánování zásahů v těchto porostech (k tomu firmy dopředu připravují digitální modely terénu pro ortogonalizační procesy při výrobě ortofotomap, aby časově nezatěžovali přípravou DMT produkci ortofotomapy)
- tvorbou přesné metodiky přímé etalonáže organizované v okamžiku snímkové mise a ihned interpretované do expertního posouzení stavů a jevů nad ortofotomapou a následné aproximace této etalonáže nad celým sledovaným prostorem ve speciálních softwarech, např. eCognition (tvorba komplexních interpretačních katalogů jednotlivých plodin se jeví jako prakticky nerealizovatelná)

Z výše uvedeného vyplývají následující podmínky pro nasazení metod DPZ v zemědělství:

- přesné určení termínu snímkování podle stanovení rozhodující fenofáze a realizace vlastního snímkového letu v potřebném termínu
- určení maximální možné doby na získání informace, tedy stanovení mezního okamžiku pro dodání informace k realizaci opatření na kultuře
- cena za celou akci musí být srovnatelná s úsporami, které přinese použití získané informace a

- nebo musí být prokázán jiný nepřímý zisk, například prokazatelně nižší množství hnojiv vpravených do půdy a tím i vyšší kvalita a cena výsledné komodity na trhu

Technické charakteristiky sestav pro digitální snímkování

Na základě výše uvedených časově-technicko-finančních podmínek lze technologické sestavy použitelné pro DPZ (respektive Letecký dálkový průzkum Země – LDPZ) v zemědělství rozdělit do dvou skupin a to podle velikosti snímkaného území na

- Sestavu pro velikosti šetřeného území do cca 5ha plochy (závisí na požadavku na výslednou hodnotu velikosti pixelu na zemi (ground element , pixel size), respektive na požadavku, který jev budeme sledovat a hodnotit) je složena obvykle z modelu letounu nebo vrtulníku , který nese běžný komerční digitální fotoaparát s CCD prvkem o hodnotě cca 8 milionů bodů s velikosti elementu na čipu 9 nebo 11 mikrometrů. Model je řízen RC soupravou obvykle 10 kanálovou s tím, že expozice jsou naplánovány na místě a výška letu se odhaduje. Po přistání v terénu se data přetáhnou do laptopu, provede se kontrola úplnosti pokrytí lokality, případně nový vzlet a výsledky snímkování se interpretují a zakreslují do pracovní mapy přímo v terénu. Přesnost výsledků a záznamů v poli je přibližně 8m, při zpracování v kanceláři (warpováním snímků na již zhotovený podklad, např. starší ortofotomapy – obnovovanou v rámci republiky v tříletém cyklu) lze dosáhnout polohové přesnosti výsledného podkladu pro interpretaci kolem 3m. Nad plochu 5ha se tato sestava prakticky nepotutelnou, respektive velmi nepraktickou.
- Sestavu pro velikosti šetřeného území nad 5ha plochy je složena obvykle z nízkorozpočtového letounu (například Z-37 Čmelák), digitální středoformátové kamery například Hasselblad H1 s digitální stěnou o hodnotě 40 milionů bodů s velikostí elementu na čipu 6,8 mikrometrů s ohniskem 80mm (prakticky bez distorzí) , počítačově řízenou a ovládanou expozicí, přičemž jednotlivé expozice jsou řízeny přes GPS podle předem naplánovaného plánu snímkování (tedy metodou pin-point tj. podle předem známých středů projekcí). Objektivy jsou vybaveny sadou filtrů pro snímkování potřebných spektrálních pásem (obvykle identických se standardními pásmy multispektrálních orbitálních snímačů). Vlastní snímkovácí kamera je spojena do jednoho bloku například s Aparaturu POS AV 310 (GPS/INS) od firmy Applanix pro výpočet reálné (opravdové) polohy projekčního středu snímků a úhlů sklonů vůči normále k vztažné zobrazovací rovině (tzv. parametry vnější orientace). Na archivní (rozuměj dopředu připraveny) digitální terénní model je provedena ortogonalizace leteckých digitálních snímků a sestavená výsledná ortofotomapa jednotlivých požadovaných spektrálních kanálů, jejichž vhodnou syntézou získáme interpretační podklad. Tato ortofotomapa má obvykle polohovou přesnost odpovídající přibližně 2,5 násobku velikosti pixelu na zemi, tedy při běžném snímkování, kdy je velikost ground elementu 25cm je výsledná možná střední kvadratická chyba v poloze, tímto postupem získané ortofotomapy, kolem 65cm.

Shrnutí současného stavu použití metod DPZ v zemědělství

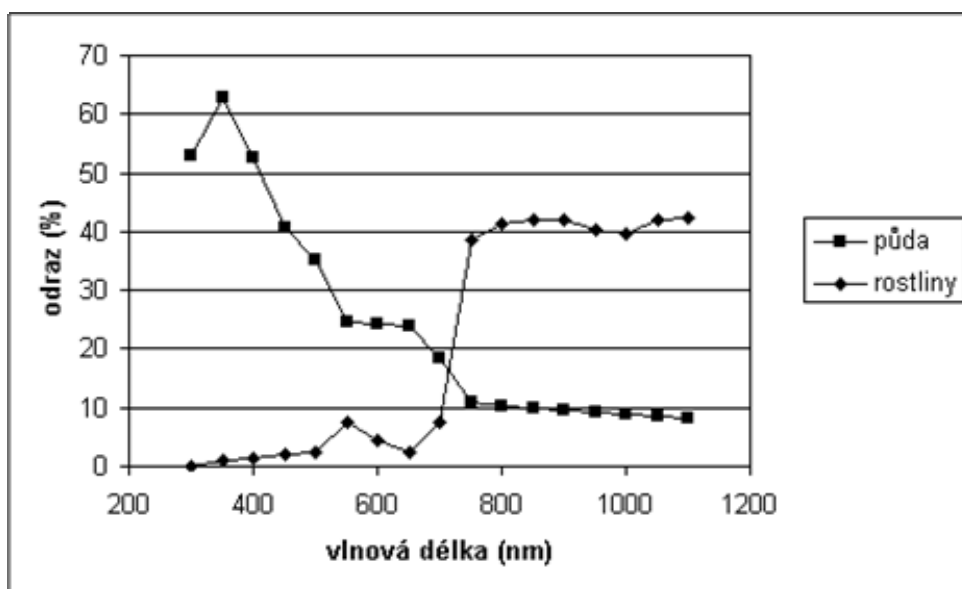
Jednou z možností, které poskytuje DPZ, je sledování vegetace, mezi které patří i zemědělské plodiny. Použití DPZ v zemědělství je lákavé, ale přináší řadu problémů. Již od počátku sledování zemědělských plodin prostředky DPZ byla snaha vytvořit katalog, charakterizující jednotlivé plodiny v určité fenofázi. Vzhledem k množství vlivů ovlivňujících odrazové

vlastnosti rostlin, je téměř nemožné stanovit jejich hodnoty obecně platné. Je ale možné stanovit lokálně relativní změny v závislosti na měnících se podmínkách.

Na jednu stranu dokáží data DPZ za stejných stanovištních podmínek odlišit dvě odrůdy stejné plodiny, na druhou stranu jedna odrůda za rozdílných podmínek vykazuje velkou proměnlivost v údajích. Moran, Inoue a Barnes (1997) shrnují možnosti a omezení DPZ pro precizní zemědělství. Ve svých závěrech shledávají DPZ prostřednictvím leteckých družicových nosičů za vhodný pro získávání informací pro precizní zemědělství. Data získaná z leteckých nosičů považují za vhodná pro monitorování sezónní proměnlivosti půdních a rostlinných podmínek a pro časově specifické a kritické operace. Použití leteckých nosičů je limitováno nedostatečným rozlišením, pevně danými spektrálními pásmy, neadekvátním opakováním pokrytí a dlouhou dobou mezi pořízením dat a jejich doručení k uživateli.

Seelan et al. se zabýval využitím DPZ pro zemědělskou komunitu. Z jeho závěrů vyplývá následující: pro využití těchto technologií je nezbytný velký počet uživatelů, DPZ nenahrazuje jiné zdroje informací, použití těchto metod je nezbytné po několik sezón, prezentace metod je nutná na pozemku konkrétního farmáře, informace musí být k dispozici v čase blízkém reálnému a problémem je náležitá závislost rozlišení – prostoru, času a použitých spektrálních pásem.

Vhodnost použitých spektrálních pásem je často diskutovanou otázkou. Na jednu stranu se používají standardně pásma červené (RED, 630-690 nm) a blízké infračervené (NIR, 750-900 nm) a Zhang et al. (2006) používali tato dvě pásma resp. NDVI pro stanovení obsahu dusíku v rýži. Reyniers et al. (2006) zjistili závislost mezi dusíkem obsaženým v rostlinách a NDVI. Na druhou stranu existují výzkumy zaměřené na vhodnost jednotlivých spektrálních pásem pro sledování jednotlivých jevů. Ferwada, Skidmore a Mutanga (2005) zjistili, že nejvhodnější pro sledování dusíku v rostlinách jsou vlnové délky 1770 nm a 693 nm. Použití neobvyklých spektrálních pásem ale snižuje možnost srovnání s jinými projekty.



Obr. 1: Odráživost půdy a rostlin.

Pro zvýraznění informací získaných DPZ se používají tzv. vegetační indexy, které vyjadřují vztah mezi odrazivostí v intervalu červené viditelné části spektra (RED) a v blízké

infračervené části spektra (NIR). Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) je následující: $NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$.

Důležitým úkolem pro DPZ je monitorování produkce zemědělských plodin. Asi nejznámější je mezinárodní projekt „Mars“ pro celoevropský monitoring tvorby výnosu plodin.

Možnosti podpory zemědělského hospodaření

Od výzkumu k uplatnění v praxi je v případě využití DPZ v zemědělském hospodaření dlouhá cesta. Co lze tedy v dnešní době prakticky očekávat od leteckého snímkování pro podporu zemědělského hospodaření?

Prvním příkladem využití jsou informace o dřívějším využívání krajiny. Na leteckých snímcích je patrné koryto toku před meliorací, místo bývalé skládky, případně změna hranic pozemků.

Další informací, kterou nám DPZ poskytne jsou informace o podmáčených pozemcích. Stojící voda a podmáčení pozemku vede k řídkému porostu nebo k jeho chybění. Znalost těchto informací může vést ke změně pěstované plodiny nebo posunutí termínu výsevu.

DPZ lze s výhodou použít při sledování plevelů. Porost každého rostlinného druhu má charakteristický spektrální projev v jednotlivých růstových fázích, i když je zde velká variabilita v závislosti na podmínkách okolí. Výsledné spektrální charakteristiky závisí na odrazivých a emisních vlastnostech rostlin a jejich pozadí. Největší vliv na charakteristiku daného druhu mají obvykle listy, které mají největší plochu z rostliny. Různé vývojové fáze rostlin s měnící se velikostí listů umožňují sledovat jednotlivé druhy rostlin v průběhu růstu. Pro odlišení porostů jednotlivých rostlin je výhodou, pokud jsou růstové fáze jednotlivých rostlin časově posunuty. Právě tato situace nastává při sledování porostu kukuřice, která je seta poměrně pozdě a její vývoj je oproti ostatním druhům rostlin opožděn. To znamená, že ve chvíli, kdy nežádoucí plodiny mají listy a tedy i odrazivost velké, kukuřice má tyto charakteristiky relativně malé.

Asi největší význam s okamžitým finančním přínosem lze očekávat u hnojení. Pokud probíhá snímkování u obilnin po odnožování, lze na podkladě DPZ stihnout v optimální situaci produkční hnojení a pokud by došlo ke zpoždění tak kvalitativní hnojení. Vzhledem k tomu, že po odnožování se dá do určité míry odhadnout rozdělení výnosu na pozemku, lze na podkladě těchto dat rozdělit i dávky hnojiv.

DPZ nelze používat jako jediný zdroj informací, ale jako jeden z možných, který nám ale umožňuje získat přesné prostorové rozložení jednotlivých proměnných. A pak už zbývá jenom to „obchodit“.

Literatura

- [1] MORAN, M. S., INOUE, Y. & BARNES, E. M. Opportunities and Limitations for Image-Based Remote Sensing in Precision Crop Management. *Remote Sensing of Environment*, 61 (1997), p. 319-346.
- [2] SEELAN, S. K., LAGUETTE, S., CASADY, G. M. & SEIELSTAD, G. A. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88 (2003), p. 157 – 169.
- [3] ZHANG, J. H., WANG, K. BAILEY, J. S. & WANG, R. C. Predicting nitrogen status of rice using multispectral data at canopy scale. *Pedosphere*. Februar 2006, 16 (1), p. 108-117.

- [4] FERWERDA, J. G., SKIDMORE, A. K. & MUTANGA, O. Nitrogen detection with hyperspectral normalized ratio indices across multiple plant species. *International Journal of Remote Sensing*. September 2005, 26 (18), p. 4083-4095.