

**KLÍČOVÉ KROKY PŘI TVORBĚ STANDARDIZACE VYUŽITÍ LETECKÝCH  
SNÍMKŮ (DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ) PRO POTŘEBY FORENZNÍ  
EKOTECHNIKY: LES A DŘEVINY**

**KEY STEPS IN STANDARDIZATION OF AERIAL PHOTOGRAPHY (REMOTE  
SENSING) USAGE FOR FORENSIC EKOTECHNIQUE: FOREST AND TREES  
NEEDS**

**Sabina Introvičová**

**ABSTRAKT:**

*Tématem příspěvku je popis zásadních kroků při používání obrazových dat dálkového průzkumu země jako podkladového materiálu při zjišťování skutečností potřebných pro vypracování znaleckého posudku v prostředí Forenzní ekotechniky: les a dřeviny (FEld). Při řešení otázek zadavatele posudku je nutné využívat všechny dostupné informace o zkoumaném objektu v souladu se systémovou analýzou nutnou k systémovému posuzování stavů a vazeb v prostředí FEld. Z toho vyplývá i nutnost použití dostupných obrazových dat. Obrazová data byla pro potřeby FEld rozdělena do tří kategorií: letecké snímky, data laserového skenování a družicové snímky s uvedením základních charakteristik. Dále bylo navrženo několik kroků pro získávání a vyhodnocování obrazových dat v procesu analyzování podkladových materiálů zkoumaného objektu. Hlavním problémem zůstává skutečnost, že tvorba a zpracování obrazových dat dálkového průzkumu země se dynamicky vyvíjí. Tímto se mění i podmínky, za kterých je možné tato data získávat od subjektů zabývajících se jejich zpracováním.*

**ABSTRACT:**

*The description of key steps for remote sensing data usage as base data for forensic ecotechnique expert opinions is a topic of the article. In accordance with systematic methodology in forensic ecotechnique, all accessible information about an object of examination should be employed. It follows that remote sensing data usage for expert opinions working out in the field of Forensic ecotechnique: forest and trees is necessary. Remotely sensed data was divided into three categories: aerial photography, radar imaginary, and satellite data; all with basic characteristics. The main problem of the standardization of remotely sensed data usage is in its dynamic development which has an impact of conditions for obtaining the data from different subjects dealing with pictorial data processing.*

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

*Dálkový průzkum země, letecké snímky, laserové skenování, družicové snímky, Forenzní ekotechnika: les a dřeviny, systémová metodologie*

**KEYWORDS:**

*Remote sensing, aerial photography, radar imaginary, satellite data, Forensic ecotechnique: forest and trees, system methodology*

**1 Úvod**

Téma tohoto příspěvku navazuje na téma příspěvku „Úvod do standardizace využití leteckých snímků (dálkového průzkumu země) pro potřeby FEld“, které bylo autorkou publikováno na 3. odborné konferenci doktorského studia JUFOS v Brně, v dubnu 2011.

V České republice byly letecké snímky již několikrát použity [z archivu Vojenského geologického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř)] jako důkazní materiál při řešení otázek přítomnosti (existence) či nepřítomnosti zkoumaného objektu v dané lokalitě v zadaném minulém čase při vypracování znaleckých posudků v prostředí FEld. Vzhledem k dynamicky se rozvíjejícím technologiím způsobu snímkování zemského povrchu pomocí fotogrammetrických přístrojů nesených na palubách letounů nebo družic je dnes možné získat aktuální obrazová data o zkoumaném objektu odpovídající požadavkům kladeným na exaktní vypracování odpovědi na otázky zadavatele znaleckých posudků týkající se problematiky FEld. Využití veškerých dostupných informací o zkoumaném objektu je v souladu se systémovou analýzou nutnou k systémovému posuzování stavů a vazeb v prostředí FEld. Ze strukturovaného schématu hlavních subsystémů a posloupnosti přenosu informací na obr. 10/1 a 10/2 [1] vyplývá i nutnost použití dostupných obrazových dat. Cílem příspěvku je popis zásadních kroků při používání obrazových dat dálkového průzkumu země jako podkladového materiálu při zjišťování skutečností potřebných pro vypracování znaleckých posudků v prostředí FEld.

## **2 materiál**

### **2.1 Obrazová data**

Obrazová data byla rozdělena pro potřeby FEld do tří kategorií: letecké snímky, data laserového skenování a družicové snímky s uvedením základních charakteristik.

#### **2.1.1 Letecké snímky**

Letecká fotografie poskytuje úplný a bezchybný pohled shora na zemský povrch; podává informaci o okamžitém stavu různě dynamických procesů. Jde o trvalý záznam, který lze opakovaně porovnávat s jinými zdroji informací. Může postihnout jevy či vlastnosti nepostižitelné pouhým okem. Oproti lidskému zraku se vyznačuje rozšířenou spektrální citlivostí (přibližně od 0,3 do 0,9 mikrometrů).

Letecké snímky jsou pořizovány z palub letadel s co nejvyšším dostupem a relativně nízkou rychlostí (L-410 FG, CESSNA C-172, Zlín Z-143, Brigadýr L-60S s rychlostí 150 až 360 km/hod). Pro detailní snímky z malých výšek se využívá modelů. Podle požadavků k jakému účelu budou tato obrazová data sloužit, se nastavují parametry snímkování. Snímky mohou být buď kolmé (úhel od svislice je menší jak 3°) nebo šikmé s horizontem a bez horizontu. Letecké fotografie jsou pořizovány středovým promítáním, pro něž je typické kolísání měřítko a radiální posuny, což způsobuje zkreslování obrazu. Transformací původního snímku ze středového na ortogonální promítání, získáme konstantní měřítko v celé ploše snímku. Po takovémto zpracování (ortorektifikaci) lze přesně měřit vzdálenosti, plochy či úhly. (Fotogrametrie). Snímky jsou pořizovány s podélným a příčným překrytem v tzv. blocích.

Výhodou leteckých snímků je možnost poříditi snímky s vysokým prostorovým rozlišením, které může být menší než 1 m. Letecké snímkování má také delší historii než satelitní snímkování (letecké snímky se pro potřeby mapování používají již od přelomu 20. a 30. let 20. století), a proto lze použít archivní snímky pro zjišťování stavu zkoumaného objektu před několika desítkami let. Nevýhodou je závislost na počasí při pořizování leteckých snímků, možná komplikace s důvodů oblačnosti. Také poloha slunce nad obzorem ovlivňuje vizuální interpretaci snímků vzhledem k stínům vrhaným různými objekty. U leteckých snímků pořizovaných do začátku 21. století je potřeba počítat pouze s jedním spektrálním pásmem, což může komplikovat proces klasifikace. Na rozdíl od družicových snímků skládajících se

z několika spektrálních pásem, takže je možné provádět některé analýzy přispívající k exaktnosti klasifikace jednotlivých objektů zobrazených na snímku. [2].

V minulosti byla v lesnické praxi uplatněna především vizuální interpretace leteckých snímků, které sloužily k zakreslování základních jednotek rozdělení lesa do hospodářských map 1:50 000. Aplikací fotogrammetrických postupů lze odečítat mnohé atributy, jako je např. poloha stromů, střední výška porostů a podobně. [5]. Letecké snímky, které jsou v České republice pořizovány zhruba od začátku 21. století, již obsahují pásma tří (digitální fotogrammetrie). Proto je možné použít procesu automatické klasifikace s výsledky mnohem kvalitnějšími než v případě použití snímků archivních s jedním spektrálním pásmem. [2].

### **2.1.2 Laserové skenování**

Laserové skenování LiDAR (Light Detection and Ranging) patří k nejmodernějším technologiím pro pořizování prostorových dat o území (zkoumaném objektu). Výhodou LiDARu je velká hustota naměřených dat v krátkém časovém intervalu, možnost použití i za zhoršených viditelných podmínek nebo úplné tmy. Laserový skener pracuje na principu vysokofrekvenčního laserového dálkoměru. Laserový paprsek měří vzdálenost, kterou urazí směrem k povrchu země. Ve stejný okamžik je zaznamenána poloha skeneru v souřadnicovém referenčním systému pomocí palubní aparatury GPS. Podélný, příčný sklon a pootočení skeneru vůči plánované letové dráze ve stejném okamžiku jsou určeny pomocí aparatury IMU (inerciální měřící jednotka), která je připevněna ke skeneru. Vyhodnocením všech těchto parametrů získáme informaci o jednom určitém bodu povrchu. Primárním výstupem laserového skenování je soubor 3D souřadnic odražených bodů, tzv. mračno bodů. Pomocí automatických, poloautomatických a manuálních postupů je v dalším zpracování prováděna klasifikace těchto bodů. Konečným výstupem zpracování dat z laserového skenování může být například velmi detailní model terénu. [6]. Nosičem celého laserového zařízení bývá letadlo nebo vrtulník. V České republice provádí plošné skenování leteckým laserovým skenerem Leica ALS 50-II a Riegl LMS Q680i firma GEODIS. k 1.1. 2011 měla tato firma zdokumentováno LiDARem přibližně 30% území ČR. V roce 2005 se firma GEODIS podílela na zpracování modelu porostu pro účely sledování růstu a vývoje lesa. [4]. Použití dat leteckého laserového skenování přináší oproti datům ZABAGED (Základní báze geografických dat) několikanásobně vyšší přesnost ve výškopisu a zároveň zachycuje relativně podrobně detaily terénu i v místech pod lesním porostem. Vlivem zapojení lesních porostů však přesto zůstává množství odražených bodů reliéfu nedostatečné pro zachycení malých detailů, jako jsou pařezy či skalní výchozy. [6]

### **2.1.3 Družicové snímky**

První meteorologická družice TIROS I byla vypuštěna na oběžnou dráhu země v roce 1960. O digitálním průzkumu Země můžeme hovořit od roku 1972 s vypuštěním družice LANDSAT I určené pro výzkum přírodních zdrojů. Výhody družicových snímků plynou především z toho, že jsou pořizovány nepřetržitě a digitálně, což usnadňuje jejich zpracování. Nevýhodou byla donedávna nízká rozlišovací schopnost, která nemohla konkurovat leteckým snímkům. [2] V dnešní době lze získat satelitní snímky s velmi vysokým rozlišením (VHR). Tato data představují nový obzor DPZ a oproti leteckým snímkům mají řadu výhod v podobě vyššího spektrálního, radiometrického a temporálního rozlišení. Zcela nová éra v přístupu k satelitním datům nastala s počátkem nového tisíciletí, kdy byly vypuštěny družice IKONOS (1999) a QuickBird (2001) – QB. Sensory obou družic disponují 11bitovou radiometrií (rozsahem stupňů šedi) a snímají ve třech viditelných a blízkém infračerveném pásmu v rozlišení 4 metry (QB 2,5 m) na pixel. Navíc nabízejí jednobarevné tzv. panchromatické pásmo v rozlišení 1

m/pixel (0,6 m pro QB). Fúzí všech těchto pásem lze získat barevný obraz zostřený panchromatickým kanálem na rozlišení 1m. Navíc umožňují nastavení úhlu snímání, promítání ze dvou center (epipolární projekce) a tvorbu stereoskopického obrazu. Takové parametry přímo určují data k digitálnímu mapování a modelování 3D objektů pomocí automatické obrazové analýzy založené na znalostním přístupu. [5].

Pro potřeby této práce bylo použito rozdělení satelitních snímků podle jejich prostorové rozlišovací schopnosti, tak jak je uvádí na svých stránkách firma GISAT. [7].

- Družicové snímky nízkého a středního rozlišení

Družicová data nízkého rozlišení (LR, Low Resolution) mají prostorové rozlišení řádu 1 km, data středního rozlišení (MR, Medium Resolution) pak v řádu 100 m. Tato data jsou pořizována výhradně v multispektrálním režimu, který zahrnuje viditelnou a infračervenou část optického spektra. Takovéto snímky jsou vhodné pro mapování v měřítku 1 : 1 000 000 a příkladem aplikací, pro něž byly využity, je globální a kontinentální mapování, sledování stavu a vývoje vegetace nebo monitorování rozsáhlých přírodních katastrof. Mezi družice pořizující data nízkého prostorového rozlišení patří například Meteosat MGS (4 000 m) nebo Orb View 2 (rozlišení 1 130 m). Data středního rozlišení lze pak získat například ze satelitů Envisat (rozlišení 300 m) nebo IRS 1D a 1C (rozlišení 188 m).

- Družicové snímky vysokého rozlišení

Mezi družicová data vysokého rozlišení (HR, High Resolution) patří snímky s prostorovým rozlišením v řádu desítek metrů. Tyto snímky jsou pořizovány jak v panchromatickém tak multispektrálním režimu. Data jsou vhodná pro mapování v měřítkách od 1 : 100 000 do 1 : 25 000. Příkladem možných aplikací využívajících data vysokého rozlišení může být mapování stavu a změn krajiny (land use/land cover), mapování vegetace, lesních a zemědělských ploch, geologické a geomorfologické mapování a mnoho dalších. Družicemi, které pořizují snímky vysokého rozlišení, jsou například LANDSAT 1–5 (30–80 m), SPOT 1–4 (rozlišení 10 a 20 m), SPOT 5 (rozlišení 2,5 – 5 m a 10 m).

- Družicové snímky velmi vysokého rozlišení

Satelitní snímky, jejichž rozlišení je označováno jako velmi vysoké, mají prostorovou rozlišovací schopnost řádu jednoho metru. Jsou pořizovány buď v panchromatickém režimu, nebo v kombinaci panchromatického a multispektrálního režimu. Snímky jsou vhodné pro mapování v měřítkách od 1 : 25 000 do 1 : 5 000. Vzhledem k velkému rozvoji těchto dat v současné době přibývá také aplikací, v nichž nacházejí uplatnění. Data velmi vysokého rozlišení (VHR) jsou pořizována družicemi IKONOS, Orb View 3 a KOMPSAT 2 (všechny mají rozlišení v panchromatickém režimu 4 m, v multispektrálním 1 m), dále družicí QuickBird (rozlišení 0,6 a 2,4 m), NigeriaSat 2 (rozlišení 5 m).

Provozovatelé družic nabízejí družicová data v různých úrovních zpracování: úroveň Basic, Standard a Ortho, které se liší především polohovou přesností a cenou. Cena dat úrovně Ortho je vyšší než cena dat úrovně Standard nebo Basic. Objednání dat nižší úrovně a jejich zpracování dodavatelskou firmou bývá zpravidla levnější. [7].

### **3 Metody**

Dále bylo navrženo několik klíčových kroků pro získávání a vyhodnocování obrazových dat v procesu analyzování podkladových materiálů zkoumaného objektu.

Navržený postup v procesu rozhodování o využití obrazových dat je následující:

### **3.1 Podle otázek zadavatele specifikovat typ znaleckého posudku a jeho zařazení do skupiny A, B nebo C**

Typologie znaleckých posudků (TPZ) navržena Ing. Alexandrem [1] vychází z faktu, že FEld se zabývá zkoumáním objektů spadající do oborů znalecké činnosti obsažených v současných číselnicích Krajských soudů a přiřazuje těmto oborům písemný a číslíkový kód takto:

- 1L = lesní hospodářství: specializace: dříví, těžba, myslivost
- 2E = ochrana přírody (ekologie)
- 3B = bezpečnost práce v lesním hospodářství
- 4O = ekonomika: odvětví: ceny a odhady: specializace: oceňování lesních porostů, dřevin a škod na nich
- 11 x kombinace možných oborů (3LE,4LB...)

Z 20ti-let praxe soudních znalců vyplynulo, že při řešení otázek zadavatele znaleckých posudků v prostředí FEld se zadání jednoduchá týkala typů posudků 2E, 3B a 4O. Zadání středně složitá již zahrnovala typy posudků, při kterých byly nutné znalosti z více oborů: např. 5LO,6EO či 6LEB. Přesto můžeme ke středně složitým přiřadit i typ posudku jednooborový 1L. Pro zadání složitá však již platí nutná znalost z více jak jednoho oboru znalecké činnosti. Například 3LE,7LEO,9EBO, 10LEBO. [1].

Pro standardizaci použití obrazových dat se vycházelo ze zkušeností s vypracováním znaleckých posudků v prostředí FEld, při kterých již byly letecké snímky použity. Dále bylo bráno v potaz, že v současné době se obrazová data dají použít prakticky ve všech typech znaleckých posudků týkajících se problematiky FEld. Otázky zadavatele byly rozděleny do tří základních skupin:

#### **3.1.1 Skupina A – detekce porostů v současné době již neexistujících: archivní obrazová data**

Příklady možných zadání znaleckých posudků [1]:

- hodnocení porostů na místě dnešní vodní nádrže, s úkolem přezkoumat ocenění MěNV ze dne .... roku... v příslušné části týkající se ocenění porostů (TPZ 4O)
- porovnání pokrývnosti jednotlivých expozic svahů výsypky..., na základě leteckých snímků, rok 1996 a 2001 (TPZ 3LE)
- určit stáří vymýcených porostů podle zbylých pařezů, přičemž zahrne do tohoto porosty pokácené do května roku 1992 a v období od května 1992, dále pak za období od května 1999, a to po 29. 7. 1999, je-li to objektivně zjištěitelné (TPZ 1L)
- posouzení funkce pokácených stromů v lokalitě z hlediska jejich výskytu v konkrétním biokoridoru k. ú..., parc.č., resp. funkčnost a zapojení do celkové sítě ÚSES v krajině (TPZ 3LE)

#### **3.1.2 Skupina B – vizualizace poškození porostů: aktuální i archivní obrazová data**

Příklady možných zadání znaleckých posudků [1]:

- simulace havárie úniku chlóru z potrubí zásobníku v objektu, které způsobilo poškození porostů v pěstebním areálu společnosti a zakreslení do snímku jednotlivých úrovní možných poškození (TPZ 6EO)
- určení rozčleňovací linie pro vyčištění porostních částí postižených povodněmi a optimální využití dřevní suroviny s maximálním zašetřením porostů (TPZ 1L)

### **3.1.3 Skupina C – posouzení stavu lesa ve smyslu zákona č. 289/95 Sb. o lesích: aktuální obrazová data**

Příklady možných zadání znaleckých posudků [1]:

- rekognoskace zdravotního stavu stromových a keřových jedinců prostřednictvím leteckých hyperspektrálních obrazových dat, radarových dat, resp. družicových multispektrálních a hyperspektrálních VHR dat (TPZ 4O)
- posouzení Plánu péče o přírodní památku..., národní kulturní památka, posouzení stavu lesa v době vegetace (včetně výsledků floristického průzkumu) ke dni... a z toho plynoucí pravidla pro návrh „Provozního řádu“ v lokalitě přírodní památky.... (TPZ 4LE)
- dendrologické a kvalitativní vyhodnocení stromů osově aleje v zámeckém parku ....., návrh údržby – rekonstrukce – těchto stromových jedinců (TPZ 1L)
- zjištění, popis a vyhodnocení současného stavu zadaného území vč. ÚSES – zaměřené na dřeviny a jejich ovlivnění související s výstavbou obchodních a bytových komplexů (TPZ 3LE)

### **3.2 Ze zadání posudku určit časový charakter obrazových dat jako podkladového materiálu a z toho vyplývající možnost využití:**

#### **3.2.1 Retrospektivních dat leteckých respektive družicových snímků – specifikace stáří archivních materiálů – skupina A a B**

#### **3.2.2 Aktuálních dat leteckých respektive družicových snímků – skupina C**

#### **3.2.3 Prognózování pomocí dat leteckých respektive družicových snímků – skupina A, B i C**

### **3.3 Venkovní konzultace ve smyslu volby leteckých nebo družicových obrazových dat**

### **3.4 Volba subjektu zabývajících se shromažďováním a zpracováním obrazových dat**

## **4 Závěr**

Použití obrazových dat může velkou měrou přispět k exaktnosti závěrů při řešení znaleckých posudků v prostředí FEld. V současné době obrazová data nemohou plně nahradit šetření znalce na místě zkoumané lokality (objektu) v případě zjišťování aktuálního stavu porostu. Avšak pro znalecké posudky, řešící stav zkoumaného objektu nebo jeho existenci v době minulé, jsou obrazová data významným důkazním materiálem. Autorka se bude dále zabývat problematikou určení časového charakteru obrazových dat a volbou subjektů zabývajících se shromažďováním a zpracováním obrazových dat. Vzhledem k dynamicky se vyvíjejícím

technologickým zpracování obrazových dat je nutné počítat i se změnami podmínek, za kterých bude možné tato data pro potřeby FEIId získávat.

## 5 Literatura

- [5] ALEXANDR, Pavel a kol: *Forezní ekotechnika: les a dřeviny*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 2010 Brno, 626 s. ISBN: 978-80-7204-681-2.
- [6] VOSTRACKÁ, Barbora: *Mapování změn zástavby s využitím dat DPZ*. Praha, 2008. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodovědecká, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Dostupné z: [http://www.suburbanizace.cz/diplomky/Vostracka\\_DP.pdf](http://www.suburbanizace.cz/diplomky/Vostracka_DP.pdf)
- [7] ČSN ISO 690–2 (01 0197) *Informace a dokumentace. Bibliografické citace – Část 2 : Elektronické dokumenty nebo jejich části*. Český normalizační institut, Praha, 2000. 24 s.
- [8] GEODIS. Letecké laserové skenování – LIDAR. *Geodis.cz* [online]. ©2009 [cit.2012-01-21]. Dostupné z: <http://www.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>
- [9] HÁJEK, Filip: *Automatická extrakce porostních údajů z obrazových dat DPZ*. Lesnická práce, časopis pro lesnickou vědu a praxi [online]. 2006, roč. 85, č. 4 [cit.2012-01-21]. Dostupné z: <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/124/48>
- [10] CIBULKA, Miloš a Tomáš MIKITA: *Využití leteckého laserového skenování pro modelování DMT v lesních porostech*. 2010: konference o praktickém využití GIS v lesnictví a zemědělství [online]. [cit.2012-01-21]. Dostupné z: [http://www.gisze.cz/prispevky/20p\\_cibulka](http://www.gisze.cz/prispevky/20p_cibulka)
- [11] GISAT. Družicová data. *Gisat.cz* [online]. [cit.2012-01-21]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/druzicova-data>