

Laserové skenování pro tvorbu 3D modelu vybrané části NP České Švýcarsko

Marek Gašior
Revitalizace krajiny
Univerzita Jana Evangelisty Purkyně
Králova výšina 7
400 96 Ústí nad Labem
E-mail: jazzmak@gmail.com

Abstract

The master thesis is aimed towards processing of airborne laser scanner data from the national park region Saxon-Bohemian Switzerland. The processing is a side-project of INTERREG IIC program focused on obtaining homogenous and highly accurate DTM for environmental management purposes of this cross-border region.

Part of this work also investigate the possibilities to obtain forest inventory parameters and finally the resulted DTM is used to create 3D visualisations of selected parts of the national park.

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na zpracování dat leteckého laserového skenování z oblasti Českosaského Švýcarska. Tím poskytuje srovnání pro výsledky hlavního procesu zpracování, který probíhá jako projekt INTERREG IIC na Technické univerzitě Drážďany a je zaměřen na vytvoření geoinformačních podkladů pro účely environmentálního managementu chráněných oblastí.

Část této práce zkoumá též možnosti získávání informací o lesním porostu z DMT a ve výsledku je DMT použit pro vytvoření 3D vizualizací zájmového území.

Úvod

Hlavním cílem práce bylo vytvoření kvalitního a zároveň efektivního postupu tvorby DMT, který by bral ohled na různé geomorfologické typy krajiny a dále porovnání výsledného DMT s některým z existujících modelů. Získaná data jsou použita pro další analýzy.

V odborné literatuře nejsou dosud známy příklady laserového skenování na pískovcových územích. Právě předpoklad vzniku různých komplikací při zpracování byl výzvou a zároveň výbornou příležitostí pro navázání mezinárodní spolupráce při jejich řešení.

Kombinací modelu terénu s leteckým snímkováním lze získat velmi efektní 3D vizualizace v podobě snímků nebo animací. Vytvoření takových animací pro vybrané části Českého Švýcarska bylo posledním cílem diplomové práce.

Českosaské Švýcarsko

Jménem Českosaské Švýcarsko je označován jednotný orografický celek rozprostírající se na obou březích řeky Labe mezi Děčínem a Pirnou. Z hlediska ochrany přírody je vymezen těmito

velkoplošnými chráněnými územími: Národní park České Švýcarsko, Nationalpark Sächsische Schweiz, Chráněná krajinná oblast Labské pískovce a Landschaftsschutzgebiet Sächsische Schweiz.

Českosaské Švýcarsko je typickou erozní krajinou, která se vytvořila po ústupu křídového moře v několika set metrů hlubokých vrstvách mořských sedimentů. Tvoří tedy součást rozsáhlé české křídové pánve rozprostírající se v severní části Čech a částečně též v Německu a Polsku. Velmi úzká vazba mezi geodiverzitou a na ni vázanou specifickou biotou, mající částečně reliktní charakter, představuje hlavní přírodovědný význam této oblasti.

Laserové skenování

Laserové skenování slibuje větší přesnost a více operativní provoz, než doposud nejpokročilejší techniky fotogrammetrie a satelitního průzkumu Země. Jedná se o metodu, která využívá aktivní laserový senzor pro vytváření mračna bodů s přesnými souřadnicemi odrazem paprsku od reflexivních předmětů.

Tvorba DMT s vysokým rozlišením je převažující aplikací ALS. Další aplikace zahrnují např. analýzu vegetačního pokryvu nebo sledování nadzemních elektrických vedení.

Metody filtrace terénu

Filtrací nebo klasifikací terénu nazýváme proces, při kterém jsou z neuspořádaného mračna bodů selektivně označovány ty body, u kterých se předpokládá, že byly zaznamenány odrazem laserového paprsku od terénu. Objem těchto dat (cca 12 mld. bodů v případě zájmového území) vysvětluje všeobecnou snahu o maximální automatizaci tohoto procesu.

Hlavní problém, který bylo nutno při zpracovávání této práce vyřešit, je taková filtrace, která by odstranila vegetaci i budovy roztroušené v krajině a přitom co nejlépe zachovávala tvary skalních objektů. Součástí práce se proto stalo posouzení různých metod filtrace z hlediska jejich vhodnosti pro tento specifický případ.

Získání a manipulace s daty

Ve výběrovém řízení, kterého se zúčastnilo dalších 5 evropských subjektů, byla pro pořízení laserových dat pro tento projekt v září 2004 autorizována firma TopoSys. Start letecké mise se čekáním na optimální klimatické podmínky protáhl do 14. dubna 2005 a mise byla zakončena 26. dubna. Snímky byly pořizovány na palubě letadla lidarovým systémem Falcon II.

Tab. 1. Letové údaje

<i>Parametry letu</i>	
počet pásů LS	2 x 284
délka pásu LS	cca 27 km
orientace	S-V-V
výška letu	1200 m
překryv	cca 50%
šířka pásů	300 m
počet letů	16
délka mise	11 dní

Nedílnou součástí projektů leteckého laserového skenování dat je vždy i měření kontrolních bodů klasickou metodou. Tyto body potom nachází uplatnění na všech stupních zpracování dat a slouží i

k převodu finálních dat mezi jednotlivými souřadnicovými systémy.

Součástí dodávky byla pochopitelně i optická data ve viditelném a blízkém infračerveném spektru ve formátu GeoTiff s rozlišením 0,5 m. Tato data pak doplňuje záznam trajektorií. Velikost všech předaných dat byla ve výsledku 220 GB. Data jsou primárně zpracovávána v systému European Terrestrial Reference System (ETRS 89), elipsoidické výšky. V průběhu práce bylo nevyhnutné převádět data do jiných souřadnicových systému.

Pro samotné zpracování a pro účely této diplomové práce byly z databáze TopDM vyexportovány bloky dat posledního odrazu po jednotkách 1x1 km.

Software

V Drážďanech byl pro zpracování dat byl použit program SCOP, který je vyvíjen firmou Inpho ve spolupráci s Technickou univerzitou ve Vídni (tým kolem profesora Krause) a představuje komplexní řešení pro zpracování velkých DMT projektů. Většina práce probíhala na softwaru firmy Terrasolid. Jde o skupinu programů, které pokrývají všechny fáze práce s těmito daty. U žádného z nich nejde o samostatně stojící program, nýbrž o nadstavbu pro program MicroStation. TerraScan tak využívá výborných zobrazovacích a manipulačních schopností MicroStationu.

Postup

Byly vyzkoušeny různé přístupy ke klasifikaci předdefinovaných oblastí s využitím produktů firmy Terrasolid a Inpho a na základě porovnání dosažených výsledků byl vybírána nejvhodnější metodika pro tvorbu finálního DMT.

Dále byl proveden export dat a jejich transport na domácí univerzitu coby záložní instituci projektu. Jelikož prostředí SCOP neumožňuje využít údaje o intenzitě a rozdílu odrazu, je předpoklad, že data budou tímto transferem dále zhodnocena.

Od začátku byl předpoklad, že největší problémy bude představovat filtrace terénu na skalních výchozech a pískovcových hřbetech. Byl proto vybrán blok číslo 444632 – lokalita Dolní žleb. Ten zahrnuje relativně mnoho typů terénu: zastavěné území, silnice, řeku, svah, les a mýtinu.

V rámci snahy o dosažení co nejlepších výsledků byl přijat systematický přístup spočívající ve vytvoření sérií stínovaných DMT. Více sérii bylo provedeno kvůli předpokladu, že některé parametry filtrace jsou na sobě závislé. U každé série byl měněn pouze jeden parametr, ostatní zůstávaly konstantní. Rozmezí hodnot bylo vybráno na základě prvotních výsledků (t01 a t19).v popsaný na následujících řádcích. Výsledkem pak byla sada parametrů t30.

Tento postup je ve své podstatě snahou o aplikaci analýzy citlivosti, tj. poznání závislosti výsledků na použitých parametrech. Lze se jedinečně ztotožnit s názorem Wagnera (2004), že velké množství klasifikačních parametrů ve SCOPu prakticky znemožňuje tuto analýzu z časových důvodů. Naproti tomu klasifikace terénu v TerraScanu využívá pouze 6 parametrů a tato analýza je proveditelná.

Barevná klasifikace

Ani nejlepší vybraná sada parametrů nedokáže vymodelovat terén tak, aby skalní bloky nebyly postiženy jistou umělou erozí. Jedno univerzální řešení nebylo nalezeno. Proto byly hledány i další cesty pro modelaci terénu. Jako významně přínosné se ukázalo použití takzvané barevné klasifikace.

Jde o metodu, která využívá pro klasifikaci zdroj optických dat – multispektrální snímky včetně infračervené části spektra, které byly pořízeny během stejného náletu. Tato rutina pracuje tak, že z připojeného multispektrálního snímku nejdříve každému bodu přiřadí informaci o barvě terénu v daném místě. Následně je možná jednoduchá klasifikace bodů na základě barevného spektra.

Tato metoda umožňuje velice přesnou modelaci holých skalních masivů i v místech, kde klasický algoritmus selhává. Nevýhodou této metody je, že v případě, kdy se v datech vyskytují budovy, není možné ji použít automaticky, protože stejné barevné spektrum mají i střechy budov. Je tedy potřeba omezit její rozsah například jednoduchou ohradou.

V následujícím přehledu je metoda barevné klasifikace použita u modelu t37c.

Tab. 2. Používané parametry

	t00	t01	t19	t20	t30	t31	t36(c)	t37(c)
Ground classification								
Max building size	60	40	40	40	40	40	10	10
Terrain angle	88	88	88	88	88	88	88	88
Iteration angle	6	15	12	12	16	16	11	11
Iteration distance	1,4	4	15	15	13	13	15	15
Reduce iter. angle	5	5			15	15	5 (10)	5 (10)
Stop triangulation								
Color classification								
Footprint				0,5		0,5		0,5
Hue				196±20		196±20		196±20
Saturation				10-40		10-40		10-40
Value				55-85		55-100		55-100

Kontrola výsledků

Pro posuzování průběžných výsledků byly běžně používány stínované modely terénu. Přesto bylo nutné posoudit dosažené výstupy a mezivýstupy z co nejvíce hledisek.

Pro tento účel byly použity srovnávací profily, rozdílové kalkulace a v neposlední řadě srovnání naměřených údajů oproti kontrolním bodům.

Modely částí NP ČS a tiských stěn

V této fázi diplomové práce byly aplikovány získané poznatky vytvořením digitálních modelů terénu větších územních celků. Jako území všeobecně zajímavé byly vytipovány:

- soutěsky řeky Kamenice v Českém Švýcarsku
- Kyjovské údolí na východním okraji ČŠ
- Tiské stěny v CHKO Labské pískovce
- údolí Labe

Zpracování využívalo klasifikaci terénu pomocí nejlepšího dosaženého parametru, tedy t036c a t037c. Data musela být pro modelování větších celků redukována a při této příležitosti byl porovnán vliv různých způsobů interpolace na redukována data.

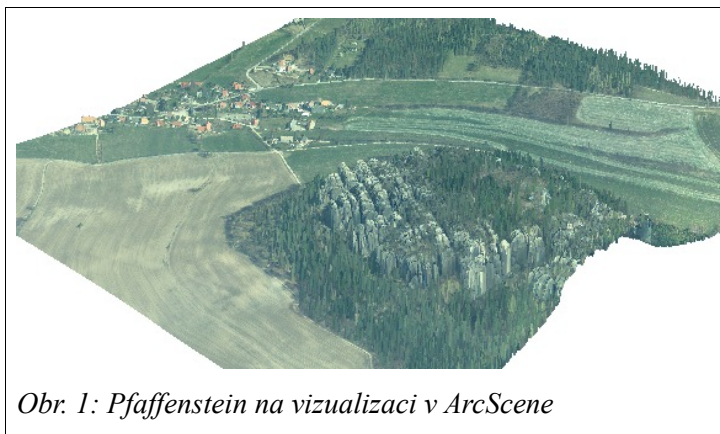
3D Animace

Pro vizualizaci terénu existuje více přístupů. Cílem je vždy vizualizace krajinného prostoru pomocí 3D dat a mozaiky ortofotosnímku.

V této práci jsem se zaměřil na následující přístup. Díky velmi vysoké bodové hustotě, je na korunách stromů zachyceno velké množství bodů. V případě jehličnatých stromů toto platí i pro data z posledního odrazu. Digitální model povrchu tak velmi dobře popisuje jejich tvar. Pro kombinaci s ortofotosnímkiem byl zvolen rastrový digitální model povrchu (DSM), na kterém bylo

provedeno několik úprav.

Na datech v podobě bodů byla odfiltrována velmi hustá vrstva bodů nízké vegetace. Tyto body by způsobovaly pouze nadbytečnou fragmentaci modelu. Dále byly odstraněny izolované body ve vzduchu a body pod terénem. Ostatní body a body na terénu byly vyexportovány do rastru s rozlišením 0,5 m. Tento byl následně upraven v programu ArcMap s použitím morfologických filtrů jako je otevření (*Boundary clean*) a vyhlazení (*Low-pass filter*). Takto vytvořené rastry byly vizualizovány v programu ArcScene.



Obr. 1: Pfaffenstein na vizualizaci v ArcScene

Snahou bylo vytvořit animace, které by nebyly pouze samoúčelnými průlety, ale ukázaly by potenciálnímu návštěvníkovi národního parku místa, na která by se běžně nepodíval. Zajímavá je však také možnost vytvořit animace, které přiblíží známá místa neobvyklým způsobem tím, že vizualizace povede po dráze kopírující běžné turistické stezky. Je na posouzení diváka, jak se to nakonec podařilo.

Využití laserových dat v lesním hospodářství

Ve své práci jsem se rozhodl použít laserová data i v jiné oblasti než je modelace terénu. Jako cíl jsem si stanovil vytvoření digitálního modelu porostu a na daném území také zhodnocení možnosti automatizovaného zjišťování souřadnic jednotlivých stromů a jejich výškového zařazení. Jelikož jde pouze o doplňkovou analýzu, bylo nutné se obejít bez použití dalšího specializovaného softwaru.

Poloha vrcholů jednotlivých stromů byla detekována dvěma různými metodami.

Metoda mapové algebry v prostředí ArcGIS je založena na využití funkce Sink a sledu dalších morfologických operací. Výsledkem je třída prvků obsahující přibližnou polohu a výšku vrcholů dřevin vyšších než 5 m.

Zabudované nástroje v TerraScanu rovněž umožňují podobnou analýzu – detekce probíhá přímo na množině bodů podle předem definovaného tvaru koruny.

Bylo zjištěno, že morfologický přístup je náročnější na zpracování, ale dosahuje zatím lepších výsledků. Analýza také kvantitativně vyjádřila přínos prvního odrazu pro množství získaných dat – na klasifikaci smíšeného porostu různého věku lze detekovat téměř 1,6 násobně více stromů. Obr. 2 ukazuje, že v posledním odrazu nejsou téměř vůbec klasifikovány neolistěné a menší stromy.

Lze odhadovat, že data laserového skenování se stanou v budoucnu běžným zdrojem dat pro lesní plánování v praxi a nahradí tak současné manuální získávání některých parametrů, které je časově i finančně náročné, zvláště v případě dnes preferovaných lesů s přirozenou obnovou, kdy nejsou k dispozici data o vysázení dřevin.



Závěr

V rámci diplomové práce byla zpracována data laserového skenování oblasti NP České Švýcarsko. Výsledkem je digitální model terénu vytvořený z dat posledního odrazu. K filtraci byly použity dva odlišné algoritmy a postupy představované programy SCOP++ a TerraScan.

Výsledné modely terénu byly vzájemně porovnávány a bylo zjištěno, že model vytvořený v programu TerraScan více vystihuje reálný průběh terénu, díky použitým metodám barevné klasifikace i v případě vertikálních skalních útvarů.

Dále je v práci ukázána možnost přímého vyhodnocení a modelování lesních porostů pro stanovení počtu a hustoty stromů. K tomu bylo použito standardních nástrojů GIS v podobě mapové algebry na rastrových datech a klasifikačních nástrojů programu TerraScan. Výsledkem je velmi přesná identifikace většiny stromů v lesním porostu.

Výsledkem práce jsou rovněž prostorové vizualizace území včetně animací využívající vysoké rozlišení modelu. Tyto vizualizace mohou sloužit k virtuálnímu průzkumu území.

Přínos práce je v současné době především ve zpřesnění prováděných filtrací na TU Drážďany a porovnání dosažených výsledků v tamním Institutu fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země. Část výsledků diplomové práce již byla prezentována na pracovním setkání projektu INTERREG IIIB (Sarród, Maďarsko).

Použité zdroje

- [1] ANDERSEN, Hans E. – REUTEBUCH, Stephen E. – SCHREUDER, Gerard F. *Precision Forestry* [online].
- [2] BRIESE, C. – PFEIFER N. – DORNINGER P. *Applications of the Robust Interpolation for DTM determination* [online].
- [3] DIEDERSHAGEN, Oliver, et. al. *Combining Lidar and Gis Data for the Extraction of Forest Inventory Parameters* [online].
- [4] *Databáze trigonometrických a zhušťovacích bodů* [online].
- [5] DOLANSKÝ, Tomáš. *Lidary a letecké laserové skenování*.
- [6] *Fondy Evropské unie: Iniciativy Společenství* [online].
- [7] HANZLOVÁ, M.: *Program pro transformaci souřadnic mezi souřadnicovými systémy platnými na území ČR*. Diplomová práce. VŠB – TU Ostrava, 2001.
- [8] HOUŠKA, Radek. *Globální digitální modely terénu ČR* [online].
- [9] *Inpho* [online].

- [10] KRAUS, K. – PFEIFER, N. *Advanced DTM generation from lidar data* [online].
- [11] *Labské pískovce – Českosaské Švýcarsko* [online].
- [12] LOHMANN, Peter – KOCH, Andreas. *Quality Assessment of Laser-Scanner-Data* [online].
- [13] *Národní park České Švýcarsko: Příroda* [online].
- [14] SCHNADT, K. – KATZENBEISSER, R. *Unique Airborne Fiber Scanner Technique for Application Oriented Lidar Products* [online].
- [15] SOHN, G. – DOWMAN, I. *Terrain Surface Reconstruction by the Use of Tetrahedron Model with the MDL Criterion* [online].
- [16] *Terrasolid* [online], 2006 <<http://www.terrasolid.com/>>
- [17] *TopoSys* [online], 2006. <<http://www.toposys.com/>>
- [18] TROMMLER, Marco – CSAPLOVICS, Elmar. *EU INTERREG IIIA: Geoinformation networks for the cross-border national park region Saxon-Bohemian Switzerland*.
- [19] VOEGTLE, T. – STEINLE, E. *On the Quality of Object Classification and Automated Building Modelling Based on Laserscanning Data* [online].
- [20] VOSSELMAN, George. *Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data* [online].
- [21] WAGNER, W. et. al. *Robust Filtering of Airborne Laser Scanner Data for Vegetation Analysis* [online].
- [22] WITTE, Christian, et. al. *Airborne Laser Scanning: A Tool for Monitoring and Assessing the Forests and Woodlands of Australia. Laser Altimetry Report 1* [online].