

POROVNÁNÍ METOD DOKUMENTACE HISTORICKÝCH ARTEFAKTŮ

Zdeňka BÍLÁ, Jaroslav ŠEDINA

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
Thákurova 7, Praha 6

zdenka.bila@fsv.cvut.cz, jaroslav.sedina@fsv.cvut.cz

Klíčová slova:

- 3D modelování, image-based modeling, laserové skenování, historické artefakty

Abstrakt:

Dokumentace historických památek je v posledních letech velmi oblíbenou tematikou řady světových i tuzemských odborníků. Cílem jejich výzkumu je snaha nalézt vhodné řešení, jak památky dokumentovat a vizualizovat. Výsledky pak slouží k dalšímu výzkumu nebo jsou v podobě 3D modelů ukázány veřejnosti v podobě virtuálních sbírek.

V této práci jsou popsány dvě metody dokumentace historických artefaktů – metoda vycházející ze série snímků, tzv. image-based modeling a metoda laserového skenování. Pro každou metodu je ukázán princip pořízení dat a zpracování do podoby 3D modelu. Na závěr je provedeno srovnání obou uvedených metod.

1. ÚVOD

Archeologické nálezy jsou obrazem doby mnohdy dávno minulé a mají pro nás velice důležitý význam z hlediska poznání historického období, dřívějšího stylu a způsobu života a zvyklostem. Ve většině případů skončí archeologické vykopávky v muzejních sbírkách či depozitářích, popř. se stávají součástí soukromých sbírek. Dokumentace a následná vizualizace vede k vytvoření kvalitních replik, které mohou být v různé formě ukázány široké veřejnosti.

Metodami dokumentace se zabývá mnoho odborníků jak ve světě [1], [2], [3], tak v České Republice [4], [5]. Zaměřují se na využití moderní technologie pro získání kvalitních replik v podobě prostorových modelů s texturou.

Laboratoř fotogrammetrie na Katedře geomatiky na Fakultě stavební ČVUT se již mnoho let zajímá o problematiku dokumentace kulturního dědictví. Jedná se nejen o dokumentace rozsáhlých památek, ale i o dokumentaci drobných předmětů. Laboratoř se mimo jiné zaměřuje na využití moderních metod vycházejících z principu obrazové korelace, které vedou ke kvalitním výsledkům [6], [7], [8]. Svě místo ve výzkumu nacházejí i klasické metody jako je laserové skenování a klasické metody fotogrammetrie [9], [10],

V této práci budou popsány dvě metody dokumentace – image-based modeling a metoda laserového skenování. Obě metody vedou k velice kvalitnímu výsledku. Pro ukázání rozdílů v přesnosti obou metod je v závěru provedeno porovnání těchto metod pomocí tzv. rozdílového modelu.

2. TVORBA 3D MODELŮ ARTEFAKTŮ

Za účelem vyzkoušení dokumentace rozdílnými metodami, byly zapůjčeny tři historické bronzové artefakty, pocházející ze soukromé sbírky. Tyto drobné artefakty pocházejí z území Středních Čech z doby 8. – 9. století. Porovnání metod dokumentace je demonstrováno na artefaktu o velikosti cca 5cm zobrazeném na Obr.1.



Obr. 1: 3D model bronzového artefaktu z 8.- 9.století

2.1 Image-based modeling

Jako první metoda pro dokumentaci artefaktů byla zvolena metoda nazývaná image-based modeling. Tato metoda vychází ze série snímků, které byly pořízeny tak, aby s dostatečným překrytem pokryly dokumentovaný objekt.

V Laboratoři fotogrammetrie je používán software Agisoft PhotoScan. Tento software patří mezi skupinu programů (např. Bundler, 123D Autodesk a fotogrammetrický software Photomodeler Scanner), které využívají základních matematických principů a metod počítačového vidění jako je např. metoda Structure from Motion. Jak je patrné z názvu této metody, struktura objektu je získávána ze snímků pořízených kamerou, která se kolem dokumentovaného objektu pohybuje.

Vstupními daty v programu Agisoft PhotoScan jsou sekvence snímků, které zachycují objekt ze všech stran. Pro účely dokumentace artefaktů byla použita digitální zrcadlovka Canon EOS 5D Mark II. Nastavení kamery bylo zvoleno na základě světelných podmínek v laboratoři. Celkem bylo pořízeno 62 snímků zmíněného bronzového artefaktu.

Agisoft PhotoScan umožňuje automatickou tvorbu prostorového modelu. Pro ovlivnění kvality výsledku je někdy nezbytné provést tzv. maskování. Tento proces vede k odstranění nechtěných částí snímků (např. jednotvárné pozadí), které by mohly ovlivnit výběr homologických bodů a tím ovlivnit proces tvorby modelu. Části snímků, které jsou zakryty maskou, nejsou zahrnuty do výpočetních procesů.

Zpracování v programu Agisoft PhotoScan probíhá v několika krocích. První krok zahrnuje vyhledávání korespondencí mezi jednotlivými snímky a jejich spojení. Zároveň jsou pro každý snímek, a tedy pro každé stanovisko, určeny prvky vnější orientace a vypočítány kalibrační parametry použitého fotoaparátu. Výsledkem pro další zpracování je řídké mračno bodů. Jsou-li známy pozice kamery, lze vypočítat husté mračno bodů a následně vygenerovat 3D polygonovou síť, která reprezentuje povrch daného objektu. Finálním krokem zpracování je přidání textury, která dodá dokumentovanému objektu reálný vzhled. V průběhu zpracování je nezbytné provést různé editace, např. odstranění odlehlých bodů, uzavření děr,... Tyto úpravy lze provést buď přímo v Agisoft PhotoScan nebo lze využít např. software určený pro zpracování dat laserového skenování jako je Geomagic Studio.

Jedinou Achillovou patou této metody je určení měřítka modelu. Software při zpracování snímků provádí orientaci kamer relativně. Model je vypočten bez měřítka, které je možné určit pomocí několika bodů na snímcích, jejichž souřadnice v místním systému známe (stačí vzdálenost mezi nimi).

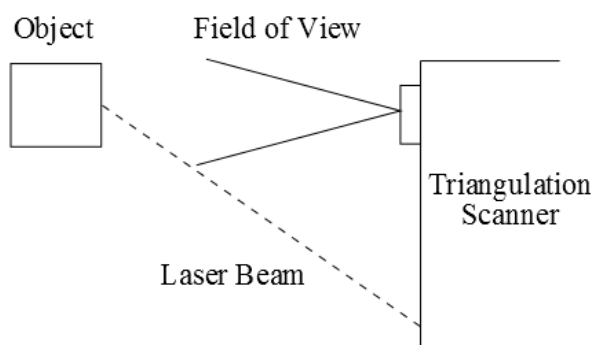
2.2 Laserové skenování

Druhou metodou je laserové skenování, pro tvorbu modelu byl použit triangulační skener Konica Minolta VI-9i. Objekt byl oskenován TELE objektivem ($f=25$ mm) v rozšířeném režimu (vzdálenost skenování 0,5 až 0,6 m). Tento režim poskytuje výsledky s nejvyšším stupněm detailu, zároveň se pohybujeme na minimální vzdálenosti zaostření skeneru, což vede k malé hloubce ostrosti. Dále skenování TELE objektivem vytváří nevhodnou konfiguraci pro skenování, kde malé zorné pole objektivu a relativně velká základna, vedou k šikmému úhlu dopadu laserového paprsku na objekt, viz

obr. 2. Menší plocha je kvalitně oskenována, avšak je zachyceno maximální množství detailu. Další vlastností objektu bylo, že byl lesklý, což vedlo k mnoha odrazům laserového paprsku na objektu a k lokálnímu zašumění dat. Lokální zašumění bylo odstraněno vhodnou konfigurací objektu a skeneru. Jednotlivá mračna byla registrována v software Polygon Editing Tool.

Zpracování modelu proběhlo v software Geomagic Studio 2012. Mračna bylo nutné znovu registrovat, registrace v software Polygon Editing Tool neposkytuje optimální výsledky registrace. Při redukci šumu byl brán ohled na zachování detailů objektu, proto bylo použito nižšího nastavení filtrace dat, zbytkový šum byl odstraněn lokální úpravou dat.

Objekt byl skenován v rozšířeném režimu, aby bylo zachováno co nejvíce detailů objektu. S tímto ohledem bylo přistoupeno ke zpracování mračen, kde byla použita mírnější nastavení filtrace dat. Cílem bylo vytvořit velmi podrobný model objektu.



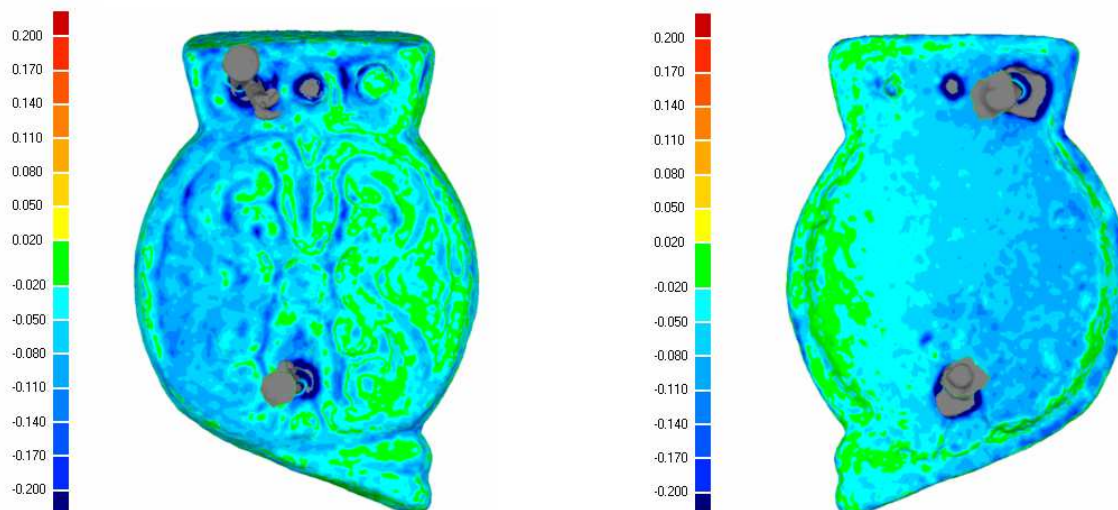
Obr. 2: Konfigurace při skenování objektu

3. POROVNÁNÍ METOD

Aby byla ověřena přesnost modelu získaného metodou image-based modeling, bylo provedeno srovnání s modelem získaným z laserového skenování. Pro porovnání obou získaných modelů byl použit software CloudCompare V2, k vyloučení chyby měřítka, a software Geomagic Studio 2012 pro porovnání modelů.

V Geomagic Studio 2012 se otevřou oba vytvořené modely. Model získaný z laserového skenování byl zvolen jako referenční, a to především z důvodu známé vysoké přesnosti této metody. Druhý model byl připojen k referenčnímu modelu pomocí identických bodů a následně byly spočítány rozdíly. Výpočet diferencí byl prováděn pouze v ploché části artefaktu z důvodu změny polohy částí artefaktů (hřebíčků), během pořizování dat u obou metod.

Výsledek je zobrazen na Obr. 3. Je patrné, že model získaný metodou image-based modeling dosahuje téměř stejné kvality jako výsledek z laserového skenování. Rozdíly obou modelů jsou v desetinách milimetrů.



Obr. 3: Rozdílový model

4. ZÁVĚR

V této práci byla popsána dokumentace historických artefaktů pomocí dvou metod – běžně užívané metody laserového skenování a novější progresivní metody zvané image-based modeling. Jak bylo ukázáno na srovnání obou modelů, model získaný metodou vycházející ze sekvence snímků dosahuje téměř srovnatelné přesnosti jako je tomu u laserového skenování. Z hlediska přesnosti modelu mohou nastat obtíže s určením měřítka, které je takto vytvořenému modelu třeba dodat.

Metodu image-based modeling lze svým způsobem považovat za nízko nákladovou formu dokumentace objektů. Oproti laserovému skenování tato metoda nevyžaduje žádné drahé speciální vybavení. Jediné, co je potřeba, je kvalitní fotoaparát a software na zpracování dat. V našem případě byl použit komerční software Agisoft PhotoScan, ale lze zvolit i volně dostupné programy jako je 123D od firmy Autodesk. Svou nenáročností lze tuto metodu navrhnout jako vhodné řešení pro odborníky, kteří se zabývají dokumentací a ochranou památek a nemohou si dovést investovat do drahého zařízení.

Výsledné modely lze využívat pro další výzkum nebo je lze různou formou vizualizace představit široké veřejnosti. V současné době se stává čím dál populárnější 3D tisk, který dokáže vyhotovený virtuální model převést do uchopitelné podoby. Různými metodami 3D tisku lze v různých měřítcích vyhotovit repliky dokumentovaných předmětů.

5. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Pucci, M., Verdiani, G. Sfm digital survey and modeling for the Museum of the sculptures of the Basilica of St. Silvestro, Catacombs of Priscilla in Rome, Conference on Cultural Heritage and New Technologies, Austria, 2013.
- [2] Cardaci, A. and Versaci, A.: Image-based 3D modeling vs laser scanning for the analysis of medieval architecture: the case of St. Croce Church in Bergamo, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., France, Vol. XL-5/W2, pp. 155-160, 2013.
- [3] Marčiš, M.: Quality of 3D Models Generated by SFM Technology, Slovak Journal of Civil Engineering, Volume XXI, Issue 4, pp.13-24, 2013, 10.2478/sjce-2013-0017, ISSN: 1210-3896, E-ISSN:1338-3973.

- [4] Koska, B., Křemen, T. The Combination of Laser Scanning and Structure from Motion Technology for Creation of Accurate Exterior and Interior Orthophotos of St. Nicholas Baroque Church, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., Vol. XL-5/W1, Italy, pp. 133-138, 2013.
- [5] Musílek, L., Čechák, T., Kubelík, M., Pavelka, K., Pavlík, M., The Laboratory of Quantitative Methods in Historic Monument Research at the CTU Prague. Radiation Physics and Chemistry. 2001, vol. 61, no. 3-6, pp. 725-727. Doi: 10.1016/S0969-806X(01)00388-7. ISSN 0969-806X.
- [6] Pavelka, K., Bílá, Z.: Use of historical images for object reconstruction, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings volume I. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2013, pp. 719-726. ISBN 978-954-91818-9-0. Doi: 10.5593/SGEM2013/BB2.V2/S10.023
- [7] Bílá, Z., Řezníček, J., Pavelka, K., Non-contact digitization and visualisation of historical globes using photogrammetry, 13th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics And Remote Sensing, SGEM2013 Conference Proceedings, Vol. 1, pp. 805 – 812, doi: 10.5593/SGEM2013/BB2.V1/S11.025. ISBN 978-954-91818-9-0. 2013.
- [8] Pavelka, K., Řezníček, J., New Low-cost Automated Processing of Digital Photos for Documentation and Visualisation of the Cultural Heritage. Geoinformatics [online], Czech Republic, vol. 6, no. 6, pp. 245-258, 2011.
- [9] Faltýnová, M. & Pavelka, K.: Aerial Laser Scanning in Archaeology. Geoinformatics CTU FCE., ISSN 1802-2669.vol. 6, no. 1, 2011, pp.103-108.
<http://geoinformatics.fsv.cvut.cz/pdf/geoinformatics-fce-ctu-2011-06.pdf>.
- [10] Hanzalová, K. - Pavelka, K.: Documentation and virtual reconstruction of historical objects in Peru damaged by an earthquake and climatic events. Advances in Geosciences. 2013, vol. 2013, no. 35, p. 67-71. ISSN 1680-7340.

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/052/OHK1/1T/11 - Rozvoj progresivních metod geomatiky.