

METODY GIS A 3D MODELOVÁNÍ JAKO NÁSTROJ PRO UCHOVÁNÍ A VIZUALIZACI KULTURNÍHO DĚDICTVÍ V ANTROPOGENNĚ ZMĚNĚNÉ KRAJINĚ

Jan PACINA¹, Markéta HOLÁ²

^{1,2} Katedra informatiky a geoinformatiky, Fakulta životního prostředí, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Králova výšina 7, 400 96, Ústí nad Labem, Česká republika

Jan.Pacina@ujep.cz M_hola@centrum.cz

Abstrakt

Cílem tohoto příspěvku je představit tvorbu databáze kamenných křížů a odpočivných kamenů v oblasti Krušných hor a podhůří pro uchování a vizualizaci kulturního dědictví v prostředí internetu. Výsledkem je komplexní informační systém, zahrnující databázi, která dokumentuje tyto drobné kulturní památky (dochované i přesunutě), včetně jejich historie, fotografické dokumentace a lokalizace. Databáze je napojena na mapovou aplikaci, která umožňuje vizualizaci objektů zájmů spolu se zpracovanými mapovými archiváliemi. U kamenných křížů, u kterých to bylo technicky možné, byly metodou pozemní fotogrammetrie vyhotoveny 3D modely křížů.

Abstractf

The aim of this paper is to introduce the database of stone crosses and the “rest stones” in the area of the Ore Mountains and its foothills to maintain and visualize the cultural heritage in the internet environment. The resulting comprehensive information system includes the database that contains the available historical landmarks, their history, photographs and localization. The database is connected to a web mapping application that allows visualization of the objects of interest together with processed old maps. The photogrammetric survey was used to create the 3D models of the stone crosses (where technically possible).

Klíčová slova: smírčí kříže; krušné hory; databáze; mapová aplikace; 3D modely.

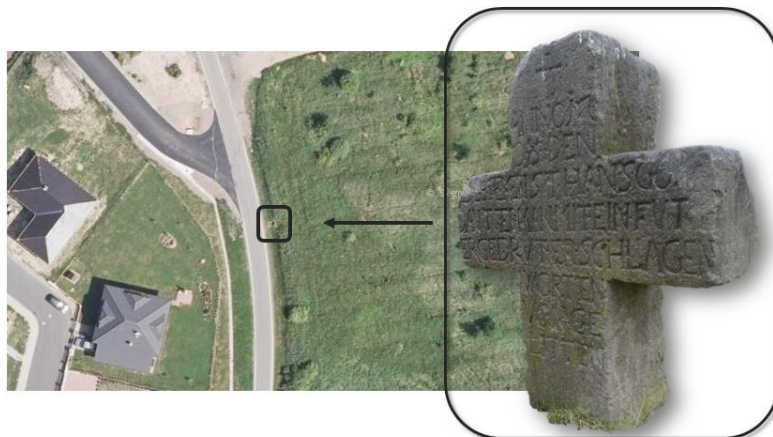
Keywords: conciliation crosses; Ore Mountains; database; map application; 3D models.

SMÍRČÍ KŘÍŽE

Drobné památky jako kamenné kříže, dříve byly neodmyslitelnou součástí krajiny. Stály na svých původních místech a s nimi se nesla jejich jedinečná historie a příběh, který tato památka připomínala svým charakterem či umístěním. Dnes se již málokdy setkáme s kamenným křížem vyskytujícím se na svém původním místě. S ohledem k problematickému kulturně-historickému vývoji česko-německého pohraničí byla pro zpracování vybrána oblast v Ústeckém kraji – okresy Chomutov, Most a Teplice.

Krušné hory dříve zvané též Rudohoří jsou táhnoucí se pohoří asi 130 km v severozápadní části naší republiky a vytváří tak přirozenou hranici s Německem. V této oblasti se často vyskytovaly kamenné kříže na místech symbolizujících jejich charakter. Například na rozcestí se nacházeli kříže doprovázející poutníky na cestách, či odpočivné kameny, jenž sloužily k odpočinku. Dále se kříže vyskytovaly například u kostelů či rodinných domů, nebo snad kdesi za vsí, či v lese. Těmto křížům můžeme připsat původ smírčí, jenž připomíná místo, kde byl někdo zabit nebo kde někdo nešťastně zemřel. Tohoto pohraničí se výrazně dotkl násilný odsun německy mluvících obyvatel po válce. Vesnice a města v této době prošly zásadními změnami nejen v oblasti počtu a původu obyvatel, ale s tím spojené změny krajiny a jejího využití. Drobné památky se z nenávisli často odvážely, nebo pouhým hrubým zacházením či snad dobře myšleným přemístováním poničily. Za ztrátu některých křížů může i přístup a celkový vztah některých lidí, ti byli schopni si z různých důvodů ať opodstatněných či neznámých odvážet kříže na své pozemky. Nebo je snad využívat k jiným účelům jako jsou například stavební práce či doplňky zahrádky. Dalším velkým vlivem na tyto drobné stavby měla těžba hnědého uhlí, která je pro vybraný region typická. Těžba hnědého uhlí zasáhla oblast podhůří zejména Sokolovskou a Mosteckou pánev.

Je velmi důležité paměť krajiny uchovávat. Sdílení prostorových informací (starých map, popisných informací, aj.) v prostředí mapových serverů je jedním ze způsobů, jak tyto informace rozšířit mezi odbornou i laickou veřejnost. Úkolem tohoto projektu je provést analýzu vývoje a stavu drobných památek v krajině ovlivněné antropogenní činností. Pro tyto účely byla vybrána již zmiňovaná oblast pokrývající tři okresy (Teplice, Most, Chomutov). Za pomoci historických i současných map a zdrojů informací byl proveden rozsáhlý terénní průzkum v zájmové oblasti. Součástí terénních prací byla pozemní fotogrammetrie, díky které bylo získáno velké množství dat. Tato data byla využita tvorbu 3D modelů. V rámci badatelské práce byly získány potřebné informace, které postupně vytvořily ucelený soupis památek. Vytvořená evidence se převedla do digitalizované podoby přehledných webových stránek, kde je možné si daný objekt prohlédnout ve 3D zobrazení. Pro orientaci v krajině byla vytvořena mapová aplikace, která znázorňuje polohu jednotlivých křížů na několika mapových podkladech.



Obr. 1 Identifikace kříže na aktuálním ortofoto ČR.

SBĚR A UCHOVÁNÍ DAT

Identifikace smírčích křížů v krajině je v některých případech obtížná – terénní prospekci předcházela badatelská činnost v archivech a pokus o identifikaci objektů na archivních mapách, či leteckých snímcích. V rámci tohoto projektu byly využívány mapy I., II. a III. vojenského mapování Habsburské monarchie, Povinné císařské otisky stabilního katastru, Základní mapa ČR 1: 10000 a aktuální ortofoto ČR (ukázka viz Obr. 1).

Data z terénního výzkumu bylo potřeba uchovávat v datové struktuře, která je snadno editovatelná, dostupná v prostředí internetu a propojitelná s rozhraním GIS. Pro ukládání popisných dat a dokumentačních fotografií tak byla vytvořena databáze s využitím FileMaker Pro a následně publikována v prostředí internetu v rámci FileMaker Server.

Data do databáze byla vkládána na základě badatelské práce, konzultací s odborníky i pamětníky a vlastní terénní prospekce. Zde bylo využito nejen dostupné literatury o smírčích křížích ([6], [9], [13]), ale také vědomostí členů Společnosti pro výzkum kamenných křížů [7].

Pro přehlednost se vytvořily záložky se základními informacemi jako je stav památky, rozměry, evidenční číslo, název obce kde se nachází, stanoviště apod. V neposlední řadě se do databáze vložily získané souřadnice památky (pro propojení s GIS) a odkaz propojující databázi s 3D modelem. Dále se ke každému kříži či kamenu vložily fotografie jeho současné a historické podoby. Ukázka záznamu v databázi je na Obr. 2.

U dosud dochovaných smírčích byl proveden pokus o jejich dohledání a dokumentaci v terénu.

Popis	Foto_historicke	Foto_soucasne
ID_kriz	1	
Jmeno	Mariánské Radčice	
Kod_križe	0893	
Rozměry	75×50×20 cm	
Historie	Do Mariánských Radčic byl kříž převezen z Albrechtic, které ustoupily těžební činnosti. Kříže stály v Albrechticích u cesty do Horního Jiřetína - Černic, odkud byly po roce 1945 přemístěny na protější stranu silnice do Komořan. Odtamtud také	
Stanoviste	Mariánské Radčice, na farním pozemku vlevo od vchodu.	
Stav	Pískovcový latinský kříž. V jeho horní části je	
JRL_3D	https://skfb.ly/WqFO	
X_coord	-788465.875	
Y_coord	-981897.796	
URL_sketch	babeefd8cf348f2b2b3b714a315d8c8	

Obr. 2 Ukázka záznamu smírčího kříže v databázi

Tvorba 3D modelů křížů v terénu

Rychlý rozvoj výpočetní techniky posledních let umožňuje tvorbu trojrozměrných modelů a ortofoto snímků ve vysokém rozlišení ze šikmých i svislých snímků (leteckých i pozemních), pořízených klasickými kompaktními digitálními fotoaparáty – tzv. maloformátové (letecké) snímkování – SFAP [1]. Bylo provedeno mnoho studií (např. [3], [4] a [10]) které prokázaly, že přesnost klasických digitálních kompaktních fotoaparátů pro blízkou (leteckou i pozemní) fotogrammetrii je v porovnání s profesionálními fotogrammetrickými komorami dostačující pro dané účely (tvorba digitálních modelů povrchu - DMP, ortofoto, 3D modely).



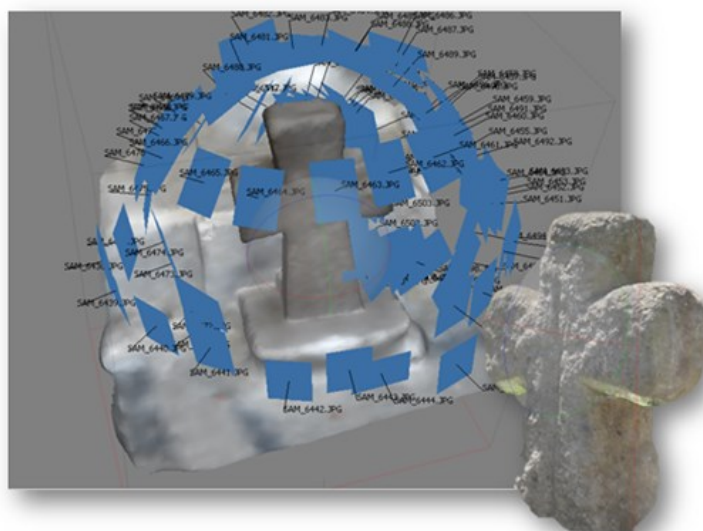
Obr. 3 Sběr dat v terénu

Základním principem tvorby trojrozměrného modelu z klasických fotografií je nasnímání celého objektu zájmu z více míst tak, aby se snímky navzájem překrývaly. Pro zpracování snímků a tvorbu 3D modelu existuje více programových prostředků – komerčních i volně dostupných. Veškeré snímky pořízené v rámci dokumentace smírčích křížů jsou zpracovány v prostředí PhotoScan od firmy Agisoft LLC. Pro rekonstrukci scény, polohy kamer a vnitřní a vnější orientace snímků se využívá algoritmus Structure From Motion [11]. Algoritmus ve snímcích vyhledává geometrické struktury a sleduje jejich pohyb a výskyt v ostatních snímcích. Zároveň jsou určeny polohy kamer a spočítány vnitřní a vnější parametry orientace snímků. Ve výsledku je vytvořeno řídké mračno bodů, které je pomocí dalších algoritmů pro extrakci bodů ze stereo-snímků [12] doplněno na husté mračno bodů. Husté mračno bodů je dále s pomocí metod triangulace

převedeno na spojitý povrch (tzv. *mesh*). Tento spojitý povrch reprezentuje výsledný DMP a je použit pro odvození ortofoto snímku. Detailní popis principu výpočtu v prostředí PhotoScan je uveden v publikaci [14].

Pro fotografování metodou blízké fotogrammetrie byl použit fotoaparát Sony NEX 7 s rozlišením 24MPix. Bylo provedeno mnoho studií (např. [2], [8] a [5]), které porovnávají využití laserového skenování a tvorbu 3D modelů z fotografií. Každá z těchto metod má své výhody i nevýhody [2], nicméně s ohledem k cenové dostupnosti a snadným možnostem dopravy do vzdálených míst byl pro dokumentaci křížů použit klasický digitální fotoaparát. U všech křížů, které byly identifikovány v terénu, byl s využitím pozemní fotogrammetrie vytvořen jejich 3D model. Pro každý modelovaný kříž bylo pořízeno 20 až 30 fotografií digitálním fotoaparátem a následně byly zpracovány pomocí Structure from Motion (SfM) modelování.

Modely jsou přístupné prostřednictvím severu Sketchfab.com, kam je možné 3D modely publikovat a zpřístupnit je široké veřejnosti. Tyto modely jsou následně připojeny do databáze. Ukázka 3D modelu kříže je na Obr. 4.



Obr. 4 3D model smírčího kříže vytvořený v prostředí SW PhotoScan

ZPŘÍSTUPNĚNÍ VÝSLEDKŮ V PROSTŘEDÍ INTERNETU

Informační systém, prezentující výslednou databázi smírčích křížů je dostupný na adrese <http://zanikleobce.fzp.ujep.cz/krize/index.php>. Informační systém se skládá ze dvou částí – textový výstup formou webových stránek z databáze a interaktivní mapové aplikace.

Webové stránky

Webové stránky prezentující získané informace o smírčích křížích využívají export dat z databáze pomocí dynamické technologie PHP. Tato technologie umožňuje v reálném čase generovat webové stránky z obsahu, který byl naplněn do databáze. Struktura stránek je jednoduchá (viz Obr. 5) a uživateli zprostředkuje primárně přehledný seznam křížů a odkaz na mapovou aplikaci.



Obr. 5 Struktura webových stránek

Jednotlivé záznamy o smírčích křížích zahrnují informace získané během badatelské činnosti, aktuální a archivní fotografie, zpracovaný 3D model (pokud byl vytvořen) a aktivní link odkazující na umístění daného kříže v prostředí mapové aplikace – ukázka viz Obr. 6 a Obr. 7.

Drmary

Základní info Fotografie Fotografie historické 3D model

Jméno: Drmary

Kód kříže: 1602
Rozměry: 124x66x22 cm.

Stanoviště: Nachází se na pozemku firmy Wooden Forest za plotem, kousek před bývalou hájovnou.

Stav: Žulový kříž. Jeho hlava je osekána do komolého jehlanu. Přední plocha na břevnu je jemně opracována a je na ní nápis: FRANZ ANDON RICHTER AUS TOERMAL WORDE ALHIR DORCH EINEN WACHEN ERSCHLAGEN. JAHR 1811.

Historie: Ležel v areálu lesní školky zřízené roku 1971 před nevyužívanou hájovnou. Roku 1999 byl znovu postaven.

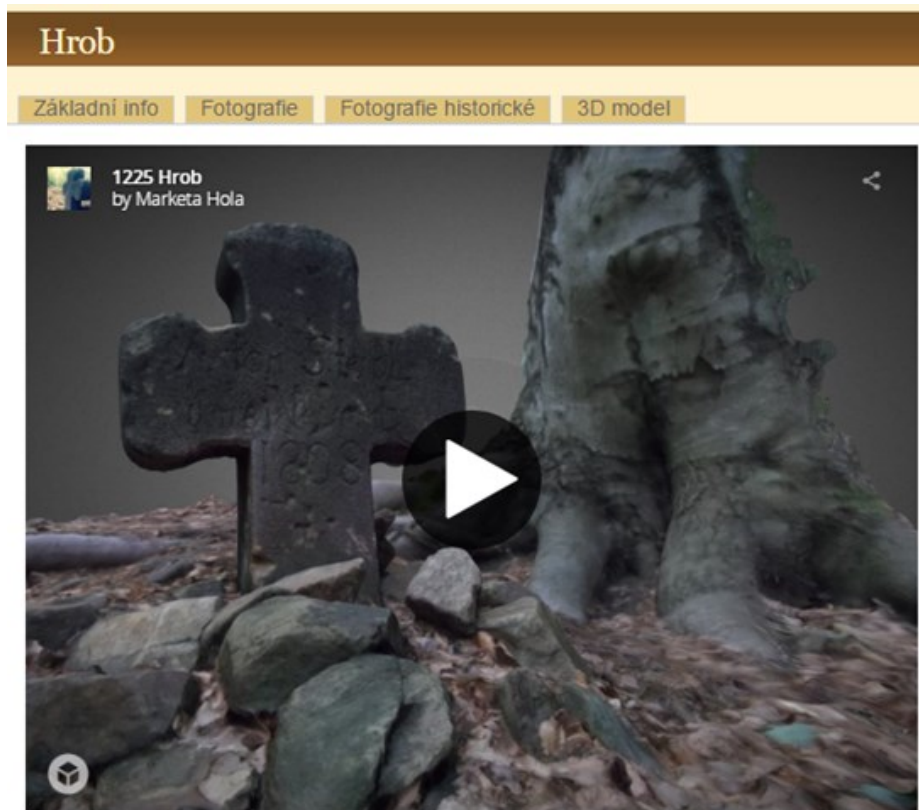
Mapa



Odkaz na 3D model



Obr. 6 Ukázka záznamu smírčího kříže v prostředí webových stránek



Obr. 7 3D model smírčího kříže v prostředí webových stránek

Mapová aplikace

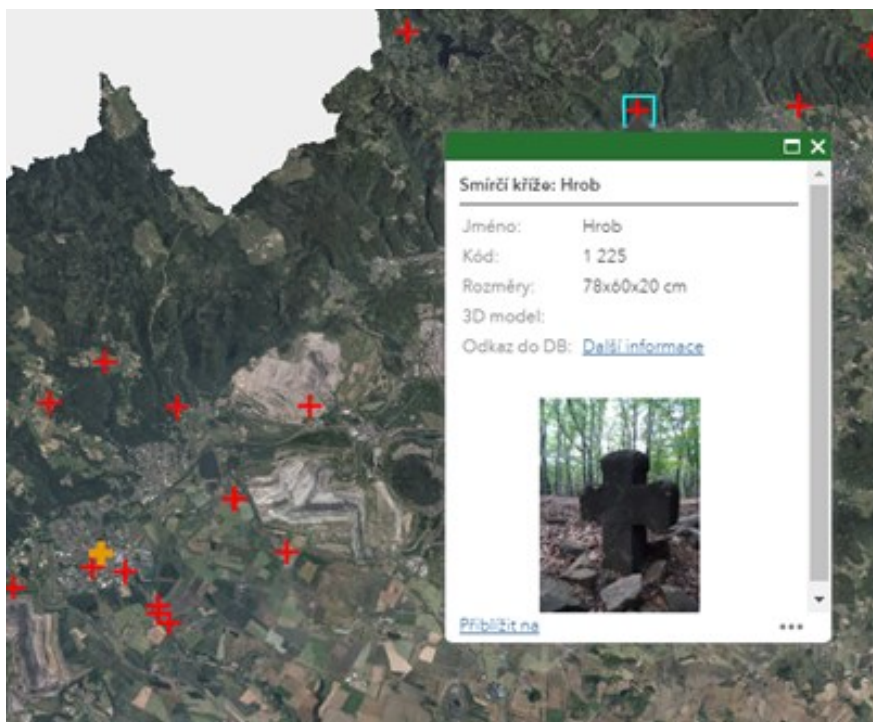
Pro zpřístupnění informací o smírčích křížích na podkladu mapových archiválií a archivních leteckých snímků byla připravena interaktivní mapová aplikace. Pro její tvorbu bylo využito prostředků ArcGIS API for JavaScript a prostředí WebAppBuilder. Mapová aplikace je dostupná z prostředí webových stránek projektu.

Obecná funkcionálna ArcGIS API for JavaScript je veľmi široká a umožňuje využitie vlastných dát publikovaných v rámci ArcGIS Serveru ve webovej aplikácii napr. k interaktívnej dynamickú prezentácii dát, spouštět geoprocessingové modely, zobrazovat data na podkladu ArcGIS Online, vyhledávat prvky na základě atributových dotazů a zobrazovat výsledky, editovat vektorová data, vytvářet tzv. mashups (informace kombinované z více webových zdrojů) a další.

V rámci tohoto projektu byla do mapové aplikace implementovaná funkcionálna zahrnující prohlížení a prolínání mapových podkladů (současných i archivních), prohlížení atributových dát a tisk požadovaných informací. Na ortofoto ČR, zvolené jako výchozí podkladové mapě, se vykreslí bodová vrstva smírčích křížů udávající jednotlivé polohy těchto objektů v krajině. Po kliknutí na symbol kříže na mapě se zobrazí vyskakovací okno tzv. Pop-up okno. To slouží k identifikaci křížů, pro které pak zobrazují doplňující informace, a odkazují na další záložky – viz Obr. 8 a Obr. 9.



Obr. 8 Mapová aplikace, zobrazení bodové vrstvy křížů



Obr. 9 Mapová aplikace, Pop-up okno

ZÁVĚR

V průběhu tohoto projektu byl zhodnocen výskyt křížů v okresech Most, Chomutov a Teplice s využitím badatelské činnosti v archivech a archivních datových podkladech (staré mapy, letecké snímky).

Pro uložení, správu a přehlednost dat, byla vytvořena databáze, v níž jsou k dispozici veškeré informace získané při bádání a terénním průzkumu.

Vývoj výskytu křížů na celé zájmové oblasti v Podkrušnohoří byl zhodnocen díky analýze mezi existujícími a neznámými kříži. Bylo zjištěno, že na tomto území je evidováno 134 křížů, o 56 z nich bylo prokázáno, že již neexistují, nebo se alespoň nenachází na uvedených místech a jejich osud je neznámý.

Velkým přínosem bylo využití pozemní fotogrammetrie pro dokumentaci dosud existujících křížů. Během terénního výzkumu, který byl zaměřen na sběr dat, bylo pořízeno celkem 6 005 fotografií smířčích křížů a odpočivných kamenů. Z nich bylo vytvořeno 74 3D modelů.

3D modely byly vytvářeny pomocí pozemní fotogrammetrie (Structure from Motion modelování) a publikovány jako interaktivní modely v prostředí internetové galerie. Velkým přínosem tohoto projektu se stává možnost využití 3D modelů jako nástroje pro zachování kulturního dědictví a paměti krajiny. V souvislosti s jejich využitím v budoucnosti jako nástroje pro snadnější a ekonomicky přívětivější tvorbu replik jednotlivých památek.

Data zpracovaná v rámci této práce jsou dostupná formou webové mapové aplikace na adrese: <http://zanikleobce.fzp.ujep.cz/krize/index.php>.

LITERATURA

- [1] Aber, James S., Marzoff, Irene, Ries, Johannes B. (2010). *Small-Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications*, Amsterdam, London: Elsevier Science.
- [2] Barsanti, Gonizzi S., Remondino, Fabio, Visintini, Frank D. (2013). 3D surveying and modeling of archaeological sites, some critical issues, in: Grussenmeyer, P. (ed.). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W1, 2013 XXIV International CIPA Symposium, 2, 6 September 2013, Strasbourg, France*, s. 145, 150
- [3] Cardenala, J., Mataa, E., Castroa, P., Delgadoa, J., Hernandeza, M. A., Perez, J.L., Ramos, M., Torres, M. (2004). Evaluation of a digital non metric camera (Canon D30) for the photogrammetric recording of historical buildings. In: Altan, Orhan (ed.). *ISPRS Congress Istanbul. Vol. XXXV, Part B5*, s. 455, 460.
- [4] Chandler, Jim H., Fryer, John, G, Jack, Amanda. (2005) Metric capabilities of low-cost digital cameras for close range surface measurement. *Photogrammetric Record Vol. 20, no. 109*, s. 12-26
- [5] Doneus, M., Verhoeven, G., Fera, M., Briese, Ch., Kucera, M., Neubauer W. (2011). From deposit to point cloud, a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations. In Čepek, Aleš et al- (eds). *International CIPA Symposium, Volume 6*, s. 81, 88.
- [6] Dreyhausen, Walter von. (1940). *Die alten Steinkreuze in Böhmen und im Sudetengau*. Reichenberg: Sudetendeutscher Verlag Franz Kraus. Beiträge zur sudetendeutschen Volkskunde.
- [7] KAMENNÉ KŘÍŽE: Společnost pro výzkum kamenných křížů. MUZEUM AŠ: Národopisné a textilní muzeum [online]. Knihovna, Muzeum a Informační centrum AŠ, příspěvková organizace, 2007 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.muzeum-as.cz/kammenne-krize>.
- [8] Kersten, Thomas P. (2006). Combination and Comparison of Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for the Generation of Virtual Models in Cultural Heritage Applications. In: Ioannides, M, Arnold, D., Niccolucci, F., Mania, K. (eds.). *The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, VAST (2006)*, s. 207–214.
- [9] Procházka, Z., Urfus, V., Wieser, S., Karel, T., Vít, J. (2001). *Kamenné kříže Čech a Moravy. 2., dopl. vyd. Ilustroval Tomáš KAREL, ilustroval Zdeněk PROCHÁZKA*. Praha: Argo, 2001. ISBN 80-7203-370-0.
- [10] Quan, Long. (2010). *Image-based Modeling*. Springer, New York.
- [11] Ullman, Shimon. (1979). The interpretation of structure from motion. *Proceedings of the Royal Society of London, B203*, s. 405–426.
- [12] Seitz, S.M., Curless, B., Diebel, J., Scharstein, D., Szeliski, R.. (2006). A comparison and Evaluation of multi-view stereo reconstruction algorithms. In: Fitzgibbon, Andrew, Taylor, Camillo, J. LeCun,

Yann (eds.). 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06), vol. 1. IEEE, Washington, s. 519, 528.

[13] SMÍRČÍ KŘÍŽE, KŘÍŽOVÉ KAMENY: Okres Most., Jaroslav BROJÍR a František SVOBODA. Smírčí kříže, křížové kameny: a jiné pozoruhodné kamenné PAMÁTKY [online]. Webarchiv: Webarchiv,2001 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: http://smircikrize.euweb.cz/Ceska_Republika/Most/Most_o.html.

[14] Verhoeven, G., Doneusb, M., Briese, Ch., Vermeulen F. (2012). Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs". Journal of Archaeological Science, Volume 39, Issue 7, July 2012, s 2060–2070.