

Tvorba 3D modelů pomocí metody fotogrammetrie na příkladech vybraných typářů

Creation of 3D models using the photogrammetry method on examples of selected seals

Mgr. Klára Rybenská, Ph.D., Mgr. Barbora Borůvková / Filozofická fakulta, Univerzita Hradec Králové (Philosophical faculty, University of Hradec Králové) Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

Mgr. Mariana Poláková, Ph.D. / Muzeum Náchodska (Museum of the Náchod Region) Masarykovo náměstí 1, 547 01 Náchod

Resumé

Cílem této případové studie je poukázat na možnosti digitalizace, kterou lze aplikovat v případě tvorby 3D modelů náročných předmětů, jako jsou typáře. Prostřednictvím metody fotogrammetrie budou na digitalizovaných předmětech prezentovány možné problémy, s nimiž se digitalizační pracovníci mohou setkat při digitalizaci drobných, specifických objektů, jako jsou typáře. V textu budou popsána nejen některá úskalí, ale navržena taktéž možná řešení, jak se s nimi vypořádat.

Klíčová slova: digitalizace, typáře, 3D skenování, pečeti, fotogrammetrie, digitální historické vědy, muzeum, sfragistika

Summary

The aim of this case study is to highlight the possibilities of digitization in the creation of 3D models of complex objects, such as seals. Using photogrammetry, the study will demonstrate potential challenges that digitizers may face to when digitizing small and intricate specific objects, such as seals. The study will not only describe these problems but also propose potential solutions to address them.

Keywords: digitization, seals, 3D scanning, photogrammetry, digital humanities, museum, sfragistics

Úvod

Současná doba se často nazývá informačním věkem či obdobím masivní digitalizace světa. Tak, jako se vyvíjí technika, dochází i k rozvoji metod, které mohou digitalizační pracovníci využívat pro pořizování 3D modelů hmotných památek. Přístupy jednotlivých pracovišť k těmto metodám se ale různí (často jdou ruku v ruce se zkušenostmi a znalostmi, ale hlavně s finančními poměry instituce a celá situace může být kvůli tomu komplikovaná). Je proto užitečné sledovat vývoj a trendy digitalizace, hledat cesty, které jsou nejen efektivní, ale pro paměťové instituce taktéž odborně a finančně dostupné.

Metod, kterých je možné využít pro digitalizaci různých hmotných památek, je mnoho. Jmenujeme například 3D skenování, metodu fotogrammetrie či v současné době ještě ne tolik známou metodu RTI.

Cílem případové studie je představit základní možnosti digitalizace poměrně náročných 3D objektů, jako jsou typáře; na příkladech z praxe poukázat na problémy, s nimiž se u digitalizace podobných objektů lze setkat, a navrhnout jejich možná řešení. Sbírkou typářů, která byla digitalizována pomocí metody fotogrammetrie, pochází z Muzea Náchodska. Jednotlivé typáře, přestože bývají vystavovány, není vždy snadné podrobně prohlížet. Mnohdy se jedná o drobné předměty, křehké, někdy i poškozené vzhledem ke svému stáří. Digitalizace podobných objektů může být velice prospěšná nejen jako forma propagace sbírky i dané instituce, ale též pro možnou další badatelskou činnost. Digitální formát dat umožňuje snadno zpřístupnit informace o hmotných (3D) objektech, aniž by musely být fyzicky vystavovány a aniž by při časté manipulaci s nimi docházelo k opotřebením. Trojrozměrný model může obsahovat podrobnosti, kterých si pouhým okem nemusíme vždy všimnout. V neposlední řadě, v případě nutnosti, lze 3D digitalizaci objektů provést před restaurováním a pak porovnat výsledek s původním stavem. Toto jsou jen některé důvody, proč jsme přistoupili k 3D digitalizaci typářů z Náchodského muzea. Lze říci, že digitalizace historických památek umožňuje jejich zachování pro budoucí generace, relativně snadné zpřístupnění široké veřejnosti, využití pro výzkum a vzdělávání a zároveň snížení rizika jejich poškození.

1 Typáře ze sbírky Muzea Náchodska

Ve sbírce Muzea Náchodska se nachází přes 100 kusů typářů¹. Většina z nich je vyrobena ze slitin nejrůznějších kovů, přičemž převládajícím materiálem je mosaz, nechybí však ani typář ze stříbra. Některé předměty mají držadla kovová, jiné dřevěná, u dalších se dochovala pouze pečetíci plocha. Většina typářů je jednostranných, jednotliviny předmětů jsou buď oboustranné, nebo mají pečetíci plochu na obou koncích rukojeti. Velikost pečetidel se pohybuje od 10 do 52 mm, průměrně mají okolo 30 mm. Pevládající jazyk nápisů tvoří čeština, nejstarší typáře mají opisy v latině². Němčina se na typářích objevuje především v souvislosti s úřady rakousko-uherského mocnářství. Obsahově se jedná o pečetidla měst, cechů, škol, státních úřadů i o velmi jednoduchá pečetidla s prostými monogramy, jejichž původní majitele nelze určit. Výjimečně se objevují pečetidla

¹ V roce 2021 vznikl v muzeu katalog typářů, v němž byla publikována část fondu. Dostupný je na webu muzea: <https://muzeumnachod.cz/typare-on-line-katalog-zdarma/>.

² Jmenovat lze zejména městská znaková pečetidla Červeného Kostelce, Náchoda, Nového Města nad Metují a Police nad Metují, cechovní typáře ševcovského cechu v Náchodě, krejčovského cechu v Náchodě a hrnčířského cechu v Polici nad Metují a slavoňovského kostela.

církevní³ či tovární⁴. Typáře jsou nápisně datovány v poměrně velkém časovém rozmezí od 16. do 19. století⁵. Úroveň řemeslného zpracování značně kolísá, ve fondu se vyskytují i polotovary na výrobu typářů, např. ve formě veverky.

Téměř polovinu fondu tvoří předměty z nejstaršího období existence náchodského muzea⁶. Tyto typáře byly do muzea získávány nejen dary⁷, ale také koupěmi⁸ a archeologickými nálezy⁹. Mnoho z nich pochází ze soukromé sbírky J. K. Hraše, jež se stala základem pro sbírku muzejní. Nejvýznamnější typáře pak byly muzeu darovány městskou radou a bývalými cechy¹⁰ – jedná se zejména o městská znaková pečetidla¹¹, přičemž to nejstarší je datováno do 14. století, dvě mladší (velké a malé) pak nesou letopočet 1570 a svědčí o emancipaci města za Smiřických v druhé polovině 16. století. (Bouza a Vaňková 1972; Hladký 2000; Köcher 1957; Vojtíšek 1928; Wirth 1910)

S implementací muzea v Polici nad Metují do náchodského v 80. letech 20. století byla získána reprezentativní část pečetních typářů, opět zaměřených zejména na městské prostředí.¹² Několik typářů bylo do muzea přijato také ze zrušených muzeí v Červeném Kostelci¹³, Novém Městě nad Metují¹⁴ a Hronově¹⁵. Velkou zajímavostí je sedmířmenné pečetítko kněžny Kateřiny Frederiky Vilemíny Benigny Zaháňské, která vlastnila náchodské panství v letech 1800–1839 a je známá nejen jako výrazná osobnost období napoleonských válek, ale také jako předobraz paní kněžny v díle Babička od Boženy Němcové. (Hladký 1999; Hladký 1998; Hladký 2000; Mühlstein 2001; Hladký 2001)

³ Jedná se o typář slavoňovského kostela (IX-1a-42), oboustranné pečetidlo s církevním znakem a na druhé straně s monogramem (IX-1a-74) a znak Police nad Metují s iniciálami knihovníka a archiváře polického kláštera Bonaventury Pittra (IX-1a-118).

⁴ Ve fondu je zastoupeno např. pečetidlo továrny na cikorku (IX-1a-49).

⁵ Ve fondu se nacházejí i starší (polovina 14. století) a mladší (20. století) pečetidla, která však nejsou datována přímo nápisně.

⁶ Městské muzeum v Náchodě, jehož přímým pokračovatelem je dnešní Muzeum Náchodska, bylo zřízeno na návrh tehdejšího ředitele měšťanské školy, archeologa Jana Karla Hraše (1840–1907) v roce 1879. Je tedy jedním z nejstarších městských muzeí u nás. Např. pečetidlo náchodské textilní školy (IX-1a-1) bylo muzeu věnováno již 2. dubna 1880.

⁷ Zastoupeny jsou (vzhledem k Hrašeho působení ve školství) pečetidla různých škol – např. pečetidla textilní školy v Náchodě (IX-1a-1) či měšťanské školy v Náchodě (IX-1a-6).

⁸ Za příklad mohou sloužit monogramová a znaková pečetidla (IX-1a-25, IX-1a-26, IX-1a-30, IX-1a-37, IX-1a-38, IX-1a-40) koupená 5. dubna 1938 od J. Winklera ze Suchovršic, která pocházejí z rodiny Himmelsteinů z Pekla u Karlových Varů.

⁹ Jedná se např. o pečetidlo s monogramem R.P. S. nalezené roku 1866 v náchodské lokalitě Branka (IX-1a-5) či znakové pečetidlo s vyobrazením štítu se lvem nalezené při regulaci řeky Metuje (IX-1a-23).

¹⁰ Uvést lze pečetidlo cechu řezníků (IX-1a-4), krejčích (IX-1a-9) či cechu pěti řemesel (IX-1a-43).

¹¹ Jedná se o čísla IX-1a-20, IX-1a-21, IX-1a-22.

¹² Jsou to čísla IX-1a-102 až IX-1a-121.

¹³ Zmínit lze pečetidlo města Červeného Kostelce (IX-1a-71 a IX-1a-72) či městského úřadu v Červeném Kostelci (IX-1a-73).

¹⁴ Tyto typáře (IX-1a-78 až IX-1a-83) jsou z části dlouhodobě zapůjčeny obnovenému muzeu v Novém Městě nad Metují.

¹⁵ Předměty získané z Hronova (IX-1a-126 až IX-1a-130) mají ve fondu malé zastoupení, charakterem se jedná o soukromá pečetítka s monogramy a matrice.

1.1 Základní sfragistické pojmy

Pečeť je velmi starým fenoménem. Vyvíjela se po celá staletí, kdy provázela lidskou společnost. Podléhala i trendům své doby – barva, tvar, vyobrazení pečetního obrazu. Vývoj zaznamenala i její funkce. Za nejstarší funkci pečetí lze považovat zapečetění dokumentu, tedy ochranu obsahu před nevyžádaným přečtením. Dále pečeť stvrzovala pravost obsahu a souhlas majitele pečetí s jeho zněním. V neposlední řadě pečeť sloužila jako doklad pro osobu, jež se jí prokázala. (Maráz 2014) Tato kapitola má pouze krátce nastínit základní sfragistickou problematiku a není podstatou tohoto článku.

Pečetní obraz nemusí poukazovat pouze na sociální postavení svého majitele, ale též na trendy, které danou dobu charakterizují. To ukazují například panovnické pečeti a způsob, jakým se například promítly dále do šlechtických pečetí, anebo přejímání typu obrazu z anglických či francouzských pečetí. (Harvey, McGuinness 1996)

Pečetní obraz i tvar pečetí měly svůj význam a užití v určitých sociálních vrstvách. Ku příkladu pro představitele církve a duchovenstva je ve středověku běžný špičatě oválný tvar pečetí. Tento tvar je praktický pro vyobrazení celé postavy v duchovním či světském oděvu a je tedy typický právě pro duchovenstvo anebo ženy bez královského titulu. Nejrozšířenějším tvarem od starověku byl však tvar kulatý/okrouhlý. Pro vyobrazení portrétu mohl být užíván oválný tvar a pro erbovní pečetní obraz se nejvíce hodil štítovitý tvar. Další skupinou jsou víceboké tvary pečetí, které užívaly všechny společenské vrstvy. Výběr samotného tvaru pečetní desky typáře vždy závisel na zadavateli zakázky na výrobu typáře. Ten musel být vyroben z velmi pevného materiálu, nejčastěji kovu, známé jsou také typáře vyrobené ze slonoviny, skla, tvrdých dřev a drahých kamenů. Pečetní obraz byl ryt v negativu, aby po otisknutí byl obraz v pozitivu. Setkáváme se s různými formami typářů, např. z antiky přešly pečetní prsteny. Dalšími formami mohly být například pečetní kleště, pečetidlo s držadlem či kalota – koule zbroušená do tří ploch, kdy každá plocha nesla jiný pečetní obraz. (Maráz 2014)

Typář bývá označován i jako pečetidlo, což je zároveň i ta část typáře, která byla otiskována do pečetící látky. Také se tato část nazývá pečetící plocha/deska. Byla vyrobena z velmi tvrdého materiálu. Rukojeť nebo též držadlo bylo mnohdy umělecky ztvárněno, mohlo mít různé podoby a vyrobeno bylo ze dřeva, skla nebo kovu.

Pečeť ale nezmizela ani s postupem doby, ba se její pole působnosti rozšířilo. Dnes její nejstarší funkci užívá Policie ČR k uzavření místa činu. Známé označení „Pečeť kvality“ slouží pro označení kvalitních výrobků. V její nezměněné funkci ji můžeme najít mezi státními symboly. Též patří mezi insignie českých univerzit. (Ministerstvo vnitra České republiky © 2022)

V neposlední řadě je v současnosti využívána i pečeť elektronická. (ProID 2022)

2 Úvod do problematiky digitalizace drobných hmotných předmětů

Na úvod této kapitoly poukážme na skutečnost, proč je důležité digitalizovat, a to právě i v oblasti hmotných památek. Bohužel v současnosti se lze místy ještě setkat s názorem, že 3D digitalizace zatím do historických věd nepatří. V tomto ohledu je vhodné seznámit

čtenáře s pojmy, jako jsou *digital humanities*¹⁶ (lze volně přeložit jako digitální humanitní vědy) či *digital heritage*¹⁷ (což můžeme vnímat jako digitální dědictví), které jsou hojně užívány v zahraničí (v Evropě či Spojených státech amerických¹⁸). Tyto pojmy již dlouho ukazují, že tradiční historické vědy, archivnictví, pomocné vědy historické apod. se v současné době už bez moderních technologií obejdou jen těžko. Tedy i v naší zemi si postupem času odborníci na problematiku digitalizace hmotných památek začínají nalézat své místo. Pro pojmy *digital humanities* či *digital heritage* pak existuje mnoho definic. Jako příklad uvádíme vybrané definice badatelů Jamese Beechera a Mathewa Kirschenbauma v poznámce pod čarou u konkrétních pojmů.

Člověk žijící v současnosti je konzumentem digitálního obsahu. Média, předně televize, ale hlavně internet, jsou nedílnou součástí života většiny lidí. Světová pandemie Covid-19 ukázala, že paměťové instituce mohou komunikovat a udržovat smysluplný kontakt s návštěvníky i online, prostřednictvím webové technologie, že lze (byť zcela odlišným způsobem) uspořádat i online výstavu, například v podobě 360° videí či online prezentace 3D digitalizovaných hmotných památek. V tomto duchu se objevují i digitální muzea podporující možnosti veřejného porozumění kulturnímu dědictví. Ceněna jsou velmi u mladší – digitální generace. (Giakalaras 2020) Stále se ale kolem potenciální digitalizace hmotného kulturního dědictví objevuje více otázek než odpovědí. Mnohdy se

¹⁶ Například badatel Mathew Kirschenbaum definuje pojem *Digital Humanities* jako obor studia, výzkumu, výuky (...), který se dotýká průniku... nebo je průnikem výpočetní techniky a oborů humanitních věd. Digitální humanitní vědy (dále jen DHV) podle něj zahrnují analýzu, syntézu, výzkum a prezentaci informací v elektronické podobě. DHV studují, jak tato média ovlivňují obory, v nichž se používají, také to, čím může technika přispět těmto oborům, a naopak čím mohou tyto obory přispět k našim znalostem o počítačích. V jádru se tedy digitální humanitní vědy více blíží společnému metodologickému pohledu (...). (Kirschenbaum 2021, dostupné z: <https://dhdebates.gc.cuny.edu/read/untitled-88c11800-9446-469-b-a3be-3fdb36bfd1e/section/f5640d43-b8eb-4d49-bc4b-eb31a16f3d06>) Případně James Beecher definuje pojem *Digital Humanities* jako vědu, která se pokouší definovat, co znamená být člověkem, tuto problematiku řeší například prostřednictvím umění, historie, technologií a vším mezi tím. Podotýká, že „digitální“ humanisté i „analogoví“ humanisté se zajímají o lidi a jejich interakce s ostatními a také o jejich prostředí. (Beecher 2021, dostupné z: <https://georgiasouthern.libguides.com/c.php?g=776356 &p=5726309>)

¹⁷ Pojem *Digital Heritage* definoval například i UNESCO. V českém jazyce volně přeloženo *digitální dědictví* považuje za pojem, který zahrnuje trvalá a hodnotná data, která by měla být uchována pro budoucí generace. UNESCO poukazuje na to, že pořízená data (i digitální historické objekty) vyžadují *aktivní přístupy k uchování*, aby byla zajištěna kontinuita digitálního dědictví. (Unesco 2021, dostupné z: <https://en.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage/concept-digital-heritage>). Podobně se o tomto pojmu zmiňuje i portál IGI Global, který tzv. *Digital Heritage* definuje jako hmotné a nehmotné statky kulturního dědictví, které se zaznamenávají a zobrazují na obrazovce elektronickými prostředky, případně možnosti, jak aplikovat digitální technologie k prezentaci a uchování kulturního dědictví, a také jako soubor obrazových, video- a textových (jiných) informací, které je možné nahlížet prostřednictvím vzdáleného přístupu na internetu. Digitální obsah pak popisuje lidské znalosti a kulturní projevy. Též definuje, že se jedná o dědictví, které je možné zpracovávat, upravovat a sdílet ve virtuálním prostoru. Portál neopomíná zdůraznit, že tento koncept se týká kulturních a vědeckých zdrojů souvisejících s digitálně vytvořeným lidským poznáním a vyjádřením. (IGI Global, 2022, dostupné z: igi-global.com/dictionary/digital-cultural-heritage/69595)

¹⁸ Například He a Zhang 2017, dostupné z: [doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-335-2017](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-335-2017) nebo Wang a kol. 2020, dostupné z: [doi:10.1007/978-981-32-9915-3_17](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_17), případně Kirschenbaum 2012, dostupné z: <https://dhdebates.gc.cuny.edu/read/untitled-88c11800-9446-469-b-a3be-3fdb36bfd1e/section/f5640d43-b8eb-4d49-bc4b-eb31a16f3d06>.

řeší otázky zaměřené na samotné objekty a způsob jejich digitalizace, od čehož se odvíjí volba digitalizačních metod a vhodných nástrojů (například již zmíněné 3D skenování či fotogrammetrie). Následují pak další cesty, které vedou k získání finálního 3D modelu (obvykle se zde digitalizační pracovník neobejde bez úpravy digitalizátu, začištění dat, někdy dokonce domodelování částí chybějících, ať již z důvodu špatné digitalizace nebo poptávky na „zacelení“ objektu, kde daná oblast byla například vlivem stáří poškozena).

Jaké cesty k digitalizaci hmotných, trojrozměrných památek současná doba nabízí? Je jisté, že metody a nástroje se mohou lišit nejen na základě znalostí a schopností, podle finančních možností daného pracoviště, ale i s ohledem na (což je vždy to nejpodstatnější) vlastnosti dané digitalizované předlohy. Digitalizace v paměťových institucích, například v muzeích, má mnoho podob. Počínaje technikami a postupy určenými pro 2D digitalizaci (využitelné například pro fotografie, spisy, listiny, dokumenty a podobně), digitalizace se může týkat i velmi specifických objektů (například nápisy na náhrobcích či hůře čitelné texty na mincích, pečetích nebo typářích). Tyto předměty lze pouze fotografovat, pokusit se (v případě pečetí, mince, typáře, ale například i náhrobku) o 3D skenování či fotogrammetrii, případně přistoupit k samotnému 3D modelování spočívajícím ve vytvoření 3D modelu, bez předchozího sběru dat nějakou jinou formou 3D digitalizace. Též je možné využít jistého „prostředníka“ mezi 2D a 3D digitalizací, což je bezesporu metoda RTI neboli *Reflectance Transformation Imaging*¹⁹. Tato metoda nabízí jedinečný přístup k digitalizaci, neboť informace o digitální odrazivosti jsou získány ze 3D aspektů objektu a tudíž je možné výsledný digitalizovaný obraz upravit způsobem nabízejícím 3D efekt, přestože se nejedná o klasický 3D model (obrázek 1). (Borůvková a Burianová 2020)



Obr. 1 Přestože se jedná o ne zcela ostrý screenshot z programu ReLight, který je určen pro tvorbu RTI, lze si povšimnout, že mince se zdá být částečně trojrozměrná. Právě díky manipulaci se světelnými zdroji je možné odhalit 3D detaily původního objektu. (Foto archiv autorek)

Metoda RTI je využitelná hlavně tam, kde z nějakého důvodu nestačí pouhá „plochá“ fotografie a 3D skenování selže. RTI je užitečná pro digitalizaci hmotných památek, protože umožňuje zachytit a zobrazit detaily, které by jinak mohly být při běžné fotografii ztraceny. Díky tomu mohou být tyto památky lépe studovány a analyzovány, a to jak v rámci výzkumu, tak i pro potřeby vzdělávání a prezentace. RTI také umožňuje interaktivní prohlížení digitálních modelů, což je užitečné pro prezentaci a popularizaci kulturního dědictví. Data získaná prostřednictvím metody RTI jsou taktéž vhodnější k tištěné publikaci. (Nikonova a Biryukova 2015; Basford a Earl 2011)

2.1 Digitalizace typářů metodou fotogrammetrie

V této kapitole popíšeme metodologii digitalizace, již jsme využili pro skenování typářů z Náchodského muzea. Naším cílem není porovnat mezi sebou digitalizační metody a jejich kvalitu či získaná data a jejich

¹⁹ Snímky pořízené metodou RTI jsou tvořeny informacemi odvozených z několika digitálních fotografií předmětu. Ten je snímán ze stacionární pozice kamery. Na každé fotografii se světlo promítá z jiného známého směru. Tento proces tak tvoří sérii snímků stejného předmětu s různými světly a stíny. Veškeré informace o osvětlení ze snímků jsou syntetizovány tak, aby byl vytvořen matematický model povrchu. To uživateli umožňuje interaktivně znovu nasvítit snímek RTI a prozkoumat jeho povrch na obrazovce. (CHI, 2022, dostupné z: <https://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>)

využitelnost. Chceme poukázat formou případové studie na to, jak jsme přistupovali k digitalizaci typářů z Náchodského muzea, co se nám osvědčilo a co nikoliv.

Zprvu stručně popíšeme, co je to fotogrammetrie a jakým způsobem s ní lze pracovat. *Structure From Motion* (SfM) čili fotogrammetrie je metoda bezkontaktní digitalizace, umožňující zachytit geometrické vlastnosti předmětů, jejich strukturu povrchu, tvar a barvu z fotografií. K pořízení série snímků je potřeba fotoaparát (ideálně DSLR), případně i mobilní telefon, který umožňuje kvalitně fotografovat. SfM je technika trojrozměrného měření, která využívá centrální projekci. Základem procesu jsou fotografie, obecně v rozmezí 50–500 snímků na jeden objekt, ovšem 3D model může často vzniknout i například z pouhých 10 snímků. Na druhé straně některé složité objekty je nutné digitalizovat vyšším počtem snímků. Obecně platí, že čím více kvalitních snímků pořídíme, tím kvalitnější by měl být i výsledný 3D model. Snímky jsou pořizovány s dostatečným pokryvem sousedních snímků (doporučujeme cca 60% – 80% překryv fotografií z více úhlů pohledu, též je vhodné pořizovat kolmé záběry cílového povrchu, preferovaných detailů a podobně). Díky tomu nalezneme specifický program určený k tvorbě 3D modelů na fotografiích identické body a následně vypočítá jejich prostorové souřadnice. (Pavelka a Hodač 2008)

Na pořízení co nejkvalitnějších snímků, které budou určeny k tvorbě 3D modelu, nemá vliv pouze fotoaparát, ale také okolní (či přidaná) světla (objekt by měl vždy být co nejlépe nasvícen, ideálně tak, aby ani nevrhal stíny). V neposlední řadě na kvalitu 3D modelu mohou mít vliv i specifické vlastnosti digitalizovaného objektu. Jedná se zde hlavně o sklo, lesklé anebo velmi tmavé předměty, pravidelné tvary, velice tenké objekty (například drátky, drátěné objekty) nebo také předměty perforované či průsvitné. Zde lze jako příklad problémového objektu k digitalizaci uvést historický čepec, který má na sobě našité lesklé zdobení a jeho stuha je částečně průsvitná. Níže na obrázku 2 lze vidět problémy se vzniklým 3D modelem.



Obr. 2 Vlevo nezačištěný 3D model. Část čepce se „rozpadla“ vlivem špatného nasvícení a nedostatku fotografií zachycujících i ohyb látky (vzhled do záhybu). Bílá stuha nebyla skoro zaznamenána kvůli špatnému nasvícení. Jedná se o částečně průhledný materiál, u kterého je nutné vždy pamatovat na zajištění maximální nehybnosti a dobrého, přímého světla, které ale nebude podmiňovat průhlednost látky. Digitalizovaný objekt byl k ověření digitalizačních metod zapůjčen z Muzea východních Čech v Hradci Králové. (Foto archiv autorek)

Metodu fotogrammetrie jsme ve svém projektu využili pro její všestrannost. V textu bude představen postup aplikace metody fotogrammetrie při digitalizaci typářů z Náchodského muzea.

Digitalizace typářů může být sama o sobě poměrně náročná. Typář se skládá z pomyslných dvou částí – strany, kde je pečetící plocha, a strany, kde je rukojeť typáře. U 3D skenování (ale nakonec i u fotogrammetrie) se často setkáváme s problémem, jak digitalizovat objekt „v jednom kuse“. Je jisté, že lze digitalizovat předměty po částech a pak jednotlivé strany na sebe napojovat. To s sebou nese ale potřebu dalších znalostí (alespoň základů 3D modelování) a hlavně čas. Taktéž je možné se zamyslet nad tím, zda by typář bylo přijatelné postavit na hranu rukojeti (například s použitím nějakého držáku). V tomto ohledu je třeba počítat s tím, že držák či jeho pozůstatky bude nutné při úpravě digitalizátu odmazat a vzniklé díry zalepit a pře-texturovat. A konečně, poslední možností je digitalizovat typář po částech – pečetní plochu a rukojeť typáře. To je z našeho pohledu nejlepší (z hlediska kvality snímků), ale i nejhorší (z hlediska doby trvání, napojování) možná cesta. Samozřejmě lze typář vyfotit též ze tří stran – postavený na pečetní plochu, z levé strany položený a následně ze strany pravé. Tím získáme tři modely, které propojíme.

Snímky byly pořízeny smartphonem iPhone 13 PRO s automatickým nastavením a pomocí DSLR Canon EOS 90D s objektivem Canon EF 50 mm f/1,8. Jako program pro zpracování 3D modelů ze snímků jsme zvolili *Agisoft Metashape Professional Edition, Educational Licence*. Samozřejmě si uvědomujeme, že programů určených k fotogrammetrii je mnohem více a v určitých aspektech mohou nabídnout širší využití (namátkou například *Colmap, Zephyr, Meshroom* nebo třeba *RealityCapture*). Naše instituce má zakoupenou licenci výše zmíněného software, s nímž máme dobré zkušenosti. Lze předpokládat, že mnohé instituce jsou v podobné situaci – jejich rozpočet jim neumožní pořídit profesionálnější vybavení. (Agisoft 2023; Colmap 2023; 3DF Zephyr 2023; Meshroom Contributors 2021; CapturingReality 2023)

V naší případové studii jsme digitalizovali typáře jak postupně (ve dvou částech, které jsme posléze spojovali v celek), tak tam, kde to tvar a vlastnosti typáře dovolovaly, jsme jej fotografovali jako jeden celek (postavený na hranu rukojeti) a poté skládali/upravovali výsledný model. Obecně lze říci, že sběr materiálů pro tvorbu modelu jednoho typáře trval mezi cca 8–15 minutami v závislosti na využitém nástroji pro pořizování fotografií, způsobu fotografování typáře a počtu pořizovaných snímků. Na tento případ digitalizace se lze podívat na obrázku číslo 3.

Průběh digitalizace lze popsat následovně. Předně je třeba zajistit dobré světelné podmínky (ideálně, pokud je možné přisvítilit sérií světel, nebo fotografovat za bílého dne, například blízko oknu, ve světlé místnosti). Jestliže to typář umožňuje, je dobré ho postavit na rukojeť (například do stojánu). Ten je sice pak potřeba odmazat a v programu určeném pro 3D modelování (například v *Blenderu*) „zalepit“ vzniklou díru (viz zmiňovaná ukázka a popis obrázku 3), ale tento postup může být relativně rychlý, pokud se nám podaří dobře vyfotografovat i rukojeť typáře (viz obrázek 4). (Blender 2023)

Při tvorbě 3D modelu, z fotografií, které jsou pořízené, začneme po jejich načtení do programu *Agisoft Metashape* skládat model. Nejprve necháme vytvořit mračno bodů (*point cloud*, obrázek 5), které představuje 3D objekt. Každá z poloh bodu má svou sadu souřadnic. Poté umožníme body propojit, stvořit polygonovou síť, která definuje hrany, plochy a vrcholy a tím tvoří podobu vznikajícího 3D předmětu. Nakonec je vypočítán výsledný model, který je potažený texturou. V prvních krocích, když je utvářeno mračno bodů, je vidět, že kromě modelu se na obrázku objevuje i vše ostatní, co bylo zachyceno při pořizování fotografie. V tomto ohledu je dobré nechtěné body hned promazat, hlavně pokud je model skládán z velkého množství fotografií ve vysokém rozlišení. Nepatrně tím lze urychlit zpracování dat. Výsledný model můžeme začistit v *Agisoft Metashape* anebo



Obr. 3 Typář (vlevo) vršek, který je vcelku povedený, nebude potřebovat takřka žádné velké úpravy. Prasknutí na držáku se digitálně upravovat nebude (je reálnou součástí držáku). Tento typář stál na podstavci, který bylo nutné odmazat. Na pravé fotografii je vidět odmazaná spodní část podstavce. Díru bude nutno „zalepit“ a přidat na ni stejnou texturu, jako je na celé dřevěné části. Zní to jednoduše, ovšem v některých případech (čím preciznější je výsledek) může tato činnost zabrat i několik hodin. Model byl pořízen z cca 54 fotografií. (Foto archiv autorek)



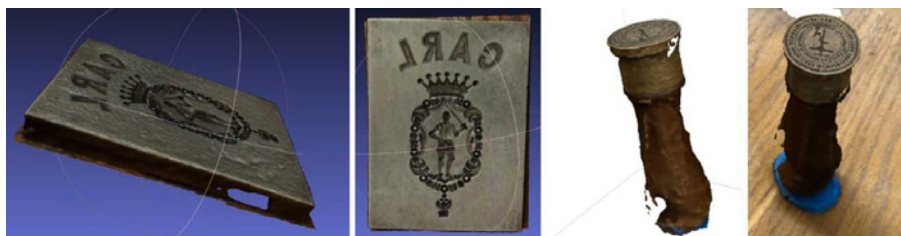
Obr. 4 Vlevo náhled poměrně povedeného 3D modelu vršku typáře. Vpravo ukázka „rozsypaných“ dat. Tuto část typáře bude nutno pře-skenovat anebo domodelovat. (Foto archiv autorek)

exportovat v některém z formátů pro uchování 3D obrazu (např. *.OBJ, který uchovává i texturu, exportovat lze ale obvykle i samotné mračno bodů pro možnou úpravu v jiném programu) a poté model archivovat, prohlížet, prezentovat anebo dále upravovat třeba v již zmíněném programu na 3D modelování *Blender*. Doba tvorby modelu z fotografií se pohybuje od několika málo minut až do několika desítek minut (v závislosti na počtu a kvalitě fotografií). Spojování částí a začišťování 3D modelu může trvat desítky minut i několik hodin (v případě složitých úprav, domodelování chybějících částí a podobně). (Blender 2023)



Obr. 5 Vlevo mračno bodů. Kromě typáře byly zachyceny i předměty, které byly umístěny kolem. Tyto body je nejlepší ihned smazat, než se přistoupí k dalšímu kroku, vytvoření sítě. Vpravo mračno bodů u dalšího typáře. Zde je okolí promazané, ponechána je jen část stolu. Bude nutné data dále začišťovat. (Foto archiv autorek)

Některé problémy, se kterými se lze nejčastěji při tvorbě 3D modelu typáře setkat, jsme popsali již dříve. Připomeňme, že vše záleží na tom, jak se rozhodneme (jak je nutné) daný objekt fotografovat. Avšak nejvíce se setkáváme s problémy v podobě nepořízení dostateku kvalitních dat, tudíž naše modely obsahují „díry“ anebo mají nepravidelný tvar, jak lze vidět na obrázku číslo 6.



Obr. 6 Zleva typář, který měl velmi pěkný pravidelný tvar. Přesto jsme podcenili počet detailních snímků jeho stran. Proto se při tvorbě modelu objevila díra na jedné jeho straně. Další typář má nepravidelnou nožku. K „rozsypaní“ dat došlo také vlivem nedostačujícího počtu detailních fotografií. Zde taktéž bylo podceněno vhodné nasvícení – některé části typáře se mírně leskly a světlo při tvorbě modelu v tomto případě neudělalo dobrou službu. Lesklé části jsou deformované kvůli jejich původní odrazivosti. (Foto archiv autorek)

Co je možné v podobných případech dělat, aby vzniklé modely byly pokud možno co nejkvalitnější a k podobným problémům s daty docházelo co nejméně? Opět se budeme opakovat: základem je dobré nasvícení, pořízení kvalitních fotografií s dostatečným překryvem a hlavně v dostatečném počtu. Obecně platí, že čím více fotografií poříďme, tím více dat a kvalitnější 3D model můžeme získat (rozlišení 3D modelu závisí, jak již bylo uvedeno, i na množství fotografií, jejich kvalitě a míře jejich překrývání mezi nimi; též zde hraje podstatnou roli software pro fotogrammetrii, se kterým pracujeme, a samozřejmě naše znalosti). V tomto případě lze fotografie celého modelu kombinovat i s detailními

snímky. Moderní programy pro tvorbu 3D modelů si dovedou obvykle poradit s celou sérií snímků, jedná-li se o snímky ostré a není použit žádný softwarový algoritmus, například na tvorbu makrofotografií (zde lze zmínit iPhone 13 PRO, kde bylo nutné funkci makra vypnout, neboť se jedná o softwarovou záležitost a program *Agisoft Metashape* tyto fotografie odmítal zpracovat). Rozhodně doporučujeme fotografovat i se stativem. Též je vhodné, aby si digitalizační pracovník fotografie překontroloval rovnou na místě v notebooku, anebo začal zpracovávat 3D model, aby měl jistotu, že má dostatek dat.

Závěr

Typáře pocházející ze sbírky Muzea Náchodska náleží k pokladům, které můžeme při výstavách nahlížet za vitrínami, a to pouze v omezené době; přitom se jedná o památky s bohatou historií, které mohou připadat atraktivní nejen badateli, ale i široké veřejnosti. Ne vždy se s podobnými objekty lze setkat osobně a zblízka – často jsme odkázáni právě pouze na nahlížení předmětu ze vzdálenosti skla, které objekt obklopuje. Pro odborníka však může být klíčové prohlédnout si tvar typáře, jeho opotřebení, poškození či sofistikované zdobení. Tyto informace mohou pomoci k dalšímu odhalení jeho historického původu. V současné době jsou využívány tedy nejen klasické 2D fotografie, ale i 3D modely, které mají výhodu právě třetího rozměru, zapůsobujícího tvar a plastičnost. Tím lze nahlížet takový objekt ze všech stran a na rozdíl od předmětu hmotného je možné jej i přiblížovat, aniž by člověk musel využívat lupu a brát předmět (často křehký) do rukou. Badatelé pak 3D model může pomoci vyčíst z typáře mnoho informací, které by někdy ani z jeho fyzického vzoru nevyčetl. Přesto se 3D digitalizaci věnuje stále málo institucí. Důvody mohou být prosté – cena, čas a znalosti, někdy možná i jistá nedůvěra ve výsledek, či někteří pracovníci v muzeích nemusí znát reálnou užitečnost 3D digitalizace.

Samotné využití 3D modelů historických památek, tedy i modelů typářů, může mít širokou škálu užití v odborné i popularizační činnosti. Trojrozměrné počítačové modely historických památek mohou být použity pro tvorbu virtuálních prohlídek. To umožňuje návštěvníkům prohlédnout si objekty z pohodlí domova. Tato schopnost nahlížení objektů může být aplikována i pro prezentaci památek v místech, kde je z nějakého důvodu přístupnost omezena. Dále lze využít 3D modely jako pomoc při restaurování památek. Například umožnit lepší porozumění objektu, analyzovat původní stav památky, vytvořit detailní plán pro restaurátory a podobně. 3D modely mohou být využívány též pro vzdělávání studentů a veřejnosti. Digitalizované hmotné památky mohou být obohaceny dalšími informacemi, vysvětlivkami či interaktivními prvky, které umožňují lepší seznámení se s historií a zvyšování povědomí o kulturním dědictví. V neposlední řadě lze 3D modely historických památek použít pro vědecký výzkum. Trojrozměrné modely mohou být analyzovány v různém osvětlení, rozlišení či přiblížení, což může přispět k lepšímu porozumění dané památce. (Rizzo a Mignosa 2013; Palčák a kol. 2022; Ferdani a kol. 2019)

Cílem této případové studie bylo popsat možnosti digitalizace menších objektů na příkladech typářů z Náchodského muzea. V textu jsme se zaměřili hlavně na fotogrammetrii, kterou vnímáme jako metodu všestrannou, aplikovatelnou na širokou škálu sbírkových objektů, kterými právě muzea mnohdy disponují. Výsledné 3D modely byly poskládány hlavně z fotografií pořízených iPhone (obrázky 2, 3 a 4), zbylé digitální zrcadlovkou. Mobilní telefon měl výhodu své kompaktnosti, fotografovat jsme mohli takřka kdekoliv. Vzniklé snímky jsou navíc automaticky dosvíceny díky umělé inteligenci, která napomáhá pořizovat snímky iPhone. Tato technologie uměle zvyšuje také hloubku ostroty a dokresluje živější barvy. Na druhou stranu s využitím DSLR vznikaly fotografie s ještě větší hloubkou ostroty, ostřejší a bezesporu s vyšším rozlišením. Pouze bylo třeba se zde skutečně velice pečlivě starat o okolní osvětlení (ideální je rovnoměrné, rozptýlené

osvětlení, vyhýbat se silným stínům či světlům; fotografovat s bleskem se nám spíše neosvědčilo, i když blesk může být účinný pro záznam na krátkou vzdálenost). V tomto ohledu lze také říci, že přestože se iPhonem dá poměrně hodnotně vyfotografovat takřka cokoli, pro vznik modelu s vyšším rozlišením a kvalitnější texturou je rozhodně vhodnější zakoupit digitální zrcadlovku. Telefon je pak možno ponechat jako nástroj pro určité „pilotní výzkumy“, rychlé nafocení předmětu, pokud není zrovna k dispozici DSLR. Nejedná se o nástroj, který by mohl být považován za hlavní vybavení digitální laboratoře. (Mah 2021)

Metoda fotogrammetrie má mnoho výhod, mezi které rozhodně patří rychlost sběru dat, možnost získání detailních záběrů, přístup i k problematictějšími objektům (lze fotografovat z dálky, na rozdíl od 3D skenování, kde je třeba být např. maximálně 20 cm od objektu (až na vysoce specifická zařízení, liší se skener od skeneru). Výsledné 3D modely jsou poměrně hodnotné, a hlavně je fotogrammetrie cenově dostupnější než nákup různých druhů skenerů pro digitalizaci různých typů objektů. Doba zpracování daného modelu se může jevit v některých případech jako časově náročná (záleží na velikosti objektu, počtu pořízených snímků, ale i CPU počítače, GPU, RAM paměti a v neposlední řadě zde významnou roli hraje zkušenost daného digitalizačního pracovníka).

Fotogrammetrie má nicméně i své nevýhody, které souvisejí hlavně s pořízením fotografií (ostrost snímku, kvalitní nasvícení). Čím kvalitnější snímky získáme, tím lepší 3D model můžeme vytvořit. Samotné zpracování dat s sebou může přinést i chybovost závisující například na různých typech povrchu. To jde ruku v ruce i se samotným objektem, který, pokud disponuje odrazivou, lesklou či naopak nevýraznou a tmavou plochou, může ztížit pořizování fotografií, a tudíž i tvorbu samotného 3D modelu.

Přestože i metoda fotogrammetrie má své nedostatky, odvíjející se od techniky, našich znalostí a schopností, a limity, které může způsobovat fotografovaný objekt, považujeme ji za výborné řešení, které lze využít v celé škále případů digitalizace. Ačkoliv 3D skenery mohou poskytnout modely s vyšším rozlišením, kvalitnějšími daty či věrohodnější texturou, doposud nebylo možné digitalizovat pouze jedním skenerem, jakkoliv velké objekty složené z různých materiálů. V tomto ohledu je právě fotogrammetrie velice všestranná metoda, která může být i potenciálně levná (při nejmenším při srovnání nákupu několika profesionálních skenerů pro digitalizaci různých velikých objektů – pro fotogrammetrii nám technicky odrazivou, lesklou či naopak nevýraznou a tmavou plochou, může ztížit pořizování fotografií, a tudíž i tvorbu samotného 3D modelu).

V případové studii *Tvorba 3D modelů pomocí metody fotogrammetrie na příkladech vybraných typářů* byly využity objekty pocházející z Náchodského muzea. Prostřednictvím fotogrammetrie bylo pořízeno několik stovek fotografií typářů, z nichž vznikly (a postupně jsou dokončovány) 3D modely typářů, které budou průběžně prezentovány online na platformě Sketchfab, případně na webových stránkách Náchodského muzea. Přestože 3D modely tvořené prostřednictvím fotogrammetrie nemusí mít tak vysoké rozlišení jako u 3D skenování, domníváme se, že získaná data budou i tak moci sloužit nejen široké veřejnosti, ale i případným badatelům, aby mohli zkoumat a studovat tyto historické objekty, aniž by museli cestovat na místo jejich uložení a třeba i riskovat případné poškození vyplývající z častého fyzického manipulování s objektem.

Literatura

- 3DF ZEPHYR, © 2023. 3D Flow [online]. Itálie: 3Dflow SRL. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/>.
- AGISOFT, © 2023. Agisoft [online]. Rusko: Agisoft. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.agisoft.com/buy/online-store/educational-license/>.
- BASFORD, Philip J., G. EARL & kol, 2011. *Reflectance transformation imaging systems for ancient documentary artefacts*. EVA London 2011: Electronic Visualisation and the Arts [online]. BCS, 2011 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/232730213_Reflectance_transformation_imaging_systems_for_ancient_documentary_artefacts.
- BEECHER, James, 2021. *What Is Digital Humanities? Georgia Southern University* [online]. USA: Georgia Southern University, 2021 [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://georgiasouthern.libguides.com/c.php?g=776356 & p=5726309>.
- BLENDER, © 2023. The Freedom to Create. *Blender* [online]. Amsterdam: Blender [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.blender.org>.
- BORŮVKOVÁ, Barbora a Klára BURIANOVÁ, 2020. RTI metoda jako způsob digitalizace kulturního dědictví. *Muzeum: muzejní a vlastivědná práce*. 2020, **58**(2), 32–38. ISSN 1803-0386.
- BOUZA, E. et al., 1972. *Znaky a pečeti měst Náchodského okresu*, Česká Skalice: Muzeum Boženy Němcové.
- CAPTURING REALITY, © 2023. Create realistic 3D models from photos. *CapturingReality* [online]. USA: Epic Games, Inc. Epic Games, Capturing Reality. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: https://www.capturingreality.com/?utm_source=GoogleAds & utm_medium=cpc & utm_campaign=general_CentralEu & gclid=Cj0KCCQiAic6eBhCoARIsANlox86K_AYFXv-NJGXYDz_CyNdNpzdlxcJQb-Ny9proXR01_ifgLO4JV5a4aAuLEEALw_wcB.
- CARDACI, A., A. VERSACI a P. AZZOLA, (2019a). 3d low-cost acquisition for the knowledge of Cultural Heritage: the case study of the bust of san nicola da tolentino. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. XLII-2/W17, 93–100. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: doi: 10.5194/isprs-archives-xlii-2-w17-93-2019.
- COLMAP, © 2023. COLMAP [online]. Johannes L. Schoenberger. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://colmap.github.io>.
- CULTURAL HERITAGE IMAGING, © 2022. Reflectance Transformation Imaging (RTI). *Cultural Heritage Imaging* [online]. USA: Cultural Heritage Imaging [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>.
- FERDANI, Daniele, Emanuel DEMETRESCU, Marco CAVALIERI, Gloriana PACE a Sara LENZI, 2019. *3D Modelling and Visualization in Field Archaeology. From Survey To Interpretation Of The Past Using Digital Technologies*. Groma. Documenting archaeology [online]. 2019, 15 [cit. 2023-04-23]. ISSN 2531-6672. Dostupné z: doi:10.12977/groma26.
- GIAKALARAS, M., 2020. 3D Technologies for Cultural Heritage. Gaming Engines. *Department of Cultural Technology and Communication, University of Aegean, Lesvos 81100 Greece*.
- HARVEY, P. D. A. a Andrew MCGUINNESS, 1996. *A Guide to British Medieval Seals*. Londýn: British Library and Public Record Office. ISBN 9780802008671.
- HLADKÝ, Ladislav, 1998. *Pečeť, znaky a „znaky“ města Hronova*. Stopami dějin Náchodska: sborník Státního okresního archivu Náchod. Náchod: Státní okresní archiv Náchod, s. 61–70. ISBN 80-902158-3-1.
- HLADKÝ, Ladislav, 1999. *Pečeti, znak a prapor města Police nad Metují*. Stopami dějin Náchodska: sborník Státního okresního archivu Náchod. Náchod: Státní okresní archiv Náchod, s. 43–54. ISBN 80-902158-5-8.

HLADKÝ, Ladislav, 2000. *Pečeti, znak a prapor města Náchoda*. Stopami dějin Náchodska: sborník Státního okresního archivu Náchod. Náchod: Státní okresní archiv Náchod, 37–51. ISBN 80-902158-7-4.

HLADKÝ, Ladislav, 2001. *Pečeti, znak a prapor města Nového Města nad Metují*. Stopami dějin Náchodska: sborník Státního okresního archivu Náchod. Náchod: Státní okresní archiv Náchod, s. 9–18.

IGI GLOBAL, © 2022. What is Digital Cultural Heritage. *IGI Global: Publisher of Timely Knowledge* [online]. USA: IGI Global [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: igi-global.com/dictionary/digital-cultural-heritage/69595.

KIRSCHENBAUM, Matthew, 2012. *Debates in the Digital Humanities: What Is Digital Humanities and What's It Doing in English Departments?*. [online]. USA: Regents of the University of Minnesota. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://dhdebates.gc.cuny.edu/read/untitled-88c11800-9446-469-b-a3be-3fdb36bfd1e/section/f5640d43-b8eb-4d49-bc4b-eb31a16f3d06>.

KÖCHER, Jindřich, 1957. *Sigillum civium de Nachodensium*, Hradecký kraj, Hradec Králové, s. 47–52.

KOSMELOVÁ, Natália a Vojtěch NOSEK, 2019. Porovnanie digitálnych a klasických archeologických dokumentačných metód na príklade stredovekých šachových figúrok. *Studia Archaeologica Brunensia* [online]. 2(24), 29–74, 2019 [cit. 2022-06-12]. ISSN 10.5817/SAB2019-2-2. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/342684318_Porovnanie_digitálnych_a_klasických_archeologických_dokumentačných_metod_na_p_ríklade_stredovekých_sachových_figúrok.

MAH, Paul, 2021. How Apple Uses AI To Produce Better Photos. *CDOTrends* [online]. USA: CDOTrends. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.cdotrends.com/story/15984/how-apple-uses-ai-produce-better-photos>.

MARÁZ, Karel, 2014. *Sfragistika: Studijní texty pro posluchače pomocných věd historických a archivnictví*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-7144-5.

MESHROOM CONTRIBUTORS, © 2021. Tutorial: Meshroom for Beginners. *Meshroom* [online]. Meshroom Contributors [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://meshroom-manual.readthedocs.io/en/latest/tutorials/sketchfab/sketchfab.html>.

MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY, © 2022. Státní symboly ČR. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/statni-symboly-ceske-republiky.aspx>.

MÜHLSTEIN, Ludvík, 2001. *O pečetích, znacích a praporech – Červený Kostelec*. Rodným krajem. Vlastivědný sborník kraje Aloise Jiráska, Boženy Němcové a bratří Čapků. Červený Kostelec: Vlastivědný spolek při Městském kulturním středisku v Červeném Kostelci, s. 30–31.

MUZEUM NÁCHODSKA, © 2021. Typáře – on-line katalog zdarma. Muzeum Náchodska [online]. Náchod: Muzeum Náchodska [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://muzeumnachod.cz/typare-on-line-katalog-zdarma/>.

NIKONOVA, Antonina A. a Marina BIRYUKOVA, 2015. *The Role of Digital Technologies in the Preservation of Cultural Heritage*. *Muzeológia a Kultúrne Dedičstvo* [online]. 2015. 5(1), 169–173 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1339-2204. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/317757322_The_Role_of_Digital_Technologies_in_the_Preservation_of_Cultural_Heritage.

PALČÁK, Michal, Pavol KUDELA, Miriam FANDÁKOVÁ a Juraj KORDEK, 2022. *Utilization of 3D Digital Technologies in the Documentation of Cultural Heritage: A Case Study of the Kunerad Mansion (Slovakia)*. *Applied Sciences* [online]. 2022, 12(9) [cit. 2023-04-23]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: [doi:10.3390/app12094376](https://doi.org/10.3390/app12094376).

PAVELKA, Karel a Jindřich HODAČ, 2008. *Fotogrammetrie 3: Digitální metody a laserové skenování*. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-03978-6.

PAVELKA, Karel et al., 2017. *Exaktní metody průzkumu památek*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, str. 9, str. 21, ISBN 978-80-01-05260-0.

PROID, © 2022. Elektronická pečeť dle eIDAS – jak a co vlastně pečetit? *ProID* [online]. Česká republika: MONET+ [cit. 2023-01-30]. Dostupné z: <https://proid.cz/elektronicka-pecet-dle-eidas-jak-a-co-vlastne-pecetit/>.

RIZZO, Ilde a Anna MIGNOSA, 2013. *Handbook on the Economics of Cultural Heritage* [online]. 2013 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: doi:10.4337/9780857931009.

RYBENSKÁ, Klára, 2021. The issue of digitizing of historical heritage on the example of selected historical clocks. *HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE: PRESERVATION, ACCESS, USE*. Kyjev, Ukrajina: National Aviation University.

UNESCO, © 2021. Concept of Digital Heritage. *UNESCO* [online]. Francie: UNESCO. [cit. 2022-12-18]. Dostupné z: <https://en.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage/concept-digital-heritage>.

VOJTÍŠEK, Václav, 1928. *O pečetích a erbech měst pražských a jiných českých*. Praha: Památkový sbor hlav. města Prahy. 255 s.

WIRTH, Zdeněk, 1910. *Soupis památek historických a uměleckých v politickém okrese náhodském*. Praha: Archeologická komise při české akademii císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění. 171 s.

WOODY, Rachael Cristine, 2021. RTI Digitization in the Museum. *LUCIDEA* [online]. USA: Lucidea [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://lucidea.com/blog/rti-digitization-in-the-museum/>.

RYBENSKÁ, Klára, Mariana POLÁKOVÁ a Barbora BORŮVKOVÁ. Tvorba 3D modelů pomocí metody fotogrammetrie na příkladech vybraných typářů. *Knihovna: knihovnická revue*. 2023, **34**(1), 63–77. ISSN 1801-3252.