

PREZENTÁCIA VYBRANÝCH OBJEKTOV KULTÚRNEHO DEDIČSTVA VO VIRTUÁLNO MÚZEU – TVORBA 3D OBJEKTOV

Matúš FORMANEK - Adam HNAT - Vladimír FILIP

Žilinská univerzita v Žiline
Katedra mediamatiky a kultúrneho dedičstva
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
matus.formanek@fhv.uniza.sk
ORCID ID:0000-0002-0611-1794
SCOPUS Author ID: 57195303648
WOS Researcher ID: W-1127-2019

adam.hnat@fhv.uniza.sk
ORCID ID: 0000-0002-2828-1612

vladimir.filip@fhv.uniza.sk
ORCID ID: 0000-0003-0465-8646
SCOPUS Author ID: 57210266370
WOS Researcher ID: AAQ-5736-2021

FORMANEK, Matúš - HNAT, Adam - FILIP, Vladimír. Presentation of selected objects of cultural heritage in a virtual museum - creation of 3D objects. In *Studia Historica Nitriensia*, 2021, vol. 25, no. 1, pp. 270-289, ISSN 1338-7219, DOI: 10.17846/SHN.2021.25.1.270-289.

By means of a case study, the submitted article describes the solution of a single part of a larger research task. In the submitted article, we deal with the process of creating 3D models of three selected cultural heritage objects (ceramic vase of Pozdišovce, traditional mangle board and traditional music instrument – jaw harp) using two different methods - manual modelling and photogrammetry. As a conclusion, we need to find the method, the use of which leads to better and higher quality results, taking into account the time consumption and other factors. We will use the created virtual 3D equivalents of real objects later in the next phase of research when they will become part of a small test scene of a „virtual museum“. In the museum, the final 3D objects will be presented to the participants in the following phase of our research.

Kľúčové slová: kultúrne dedičstvo; 3D objekt; 3D modely; fotogrametria; modelovanie;

Keywords: Cultural Heritage; 3D Object; 3D Models; Photogrammetry; Modeling;

Virtuálna realita a virtuálne múzeá

Medzi najnovšie technologické trendy patrí jednoznačne i masívne využívanie prostriedkov virtuálnej a rozšírenej reality. Obe tieto pokročilé technológie dokážu ponúknuť široké možnosti uplatnenia, a to i mimo oblasti herného priemyslu - napríklad pri prezentácii objektov kultúrneho dedičstva, ako i pri procesoch moderného vzdelávania, na čo chceme v predložennom článku aj aktívne poukázať. Zameriame sa pritom bližšie na oblasť virtuálnej reality ako nástroja prezentácie objektov kultúrneho dedičstva.

Ako uvádza Župčán¹, virtuálne múzeá tvorené inovatívnou technológiou predstavujú dnes jedny z najmodernejších virtuálnych nástrojov, ktoré môžu byť ako modely použité aj na didaktické účely. Zmyslom týchto moderných technológií je, okrem iného, i podporiť marketingové progresy danej organizácie, a to takým spôsobom, aby sa mohla stať súčasťou zábavného a tiež náučného digitálno-virtuálneho priestoru.

Rey a Casado-Neira² realizovali prieskum, ktorého výsledkom bolo zmapovanie potenciálu digitálnych technológií pri dynamickej prezentácii muzeálnych objektov. Zo záverov štúdie vyplynulo, že múzeá by sa mali neustále pokúšať zvyšovať intenzitu zážitkov vyvolaných u svojich návštevníkov. Podľa autorov² je nutné pôsobiť aktívne na zmysly návštevníkov a nielen pasívne sprostredkovať informácie. Predmetná štúdia však poukázala aj na skutočnosť, že samotní návštevníci nemajú jasnú predstavu o tom, aké technológie by v múzeách privítali. Zásadný krok smerujúci k zmenám v spôsobe prezentácie preto stojí práve na strane múzeí a pamäťových inštitúcií.

Hlavným cieľom nami riešenej väčšej výskumnej úlohy je poukázať na prípadné zistené rozdiely v kvalite zapamätania si informácií o predmetoch prezentovaných klasickou, muzeálnou formou a netradičnou, modernou formou prezentácie prostredníctvom virtuálnej reality (ďalej „VR“). Aby bolo vôbec možné zrealizovať takúto komparáciu, potrebujeme získať niekoľko dostupných reálnych predmetov kultúrneho dedičstva a vhodnou metódou k nim vytvoriť skúšobné 3D modely, resp. 3D ekvivalenty vo virtuálnom priestore. Tieto následne umiestnime v malej testovacej „expozícii virtuálneho múzea“ - vytvorenej primárne kvôli meraniu úrovne percepcie prezentovaných informácií návštevníkmi.

Realizovaným informačným prieskumom odbornej literatúry sme zistili, že definovať virtuálnu realitu ako komplexný pojem je pomerne zložitá úloha. Definícii nachádzame veľké množstvo a mnohé sa navzájom výrazne líšia. Syntézou vybraných konceptov podľa Kardong-Edgren³ a Carrozino, Bergamasco⁴ sme sa rozhodli definovať prostredie virtuálnej reality ako

¹ ŽUPČÁN, Ladislav. 3D modelácia vybranej kultúrnej pamiatky na základe dobových historických i grafických dokumentov. In *Studia Historica Nitriensia*, 2019, roč. 23, č. 1, s. 211-225.

² REY, Fátima Braña - CASADO-NEIRA, David. Participation and technology: perception and public expectations about the use of ICTs in museums. In *Procedia Technology*, 2013, roč. 9, s. 697-704.

³ KARDONG-EDGREN, S. et al. A Call to Unify Definitions of Virtual Reality. In *Clinical Simulation in Nursing*, 2019, roč. 31, s. 28-34.

⁴ CARROZINO, Marcello - BERGAMASCO, Massimo. Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. In *Journal of Cultural Heritage*, 2010, roč. 11, s. 452-458.

rôznorodú, na informačno-komunikačných technológiách priamo závislú aplikáciu, ktorá nesie atribúty pohlcujúceho, tzv. *imerzívneho* zážitku, pri ktorom je účastník simulácie hlboko vtiahnutý, priam až ponorený do pomyselného, virtuálneho sveta a stáva sa akoby jeho súčasťou. Virtuálny svet dosahuje vysoký stupeň obraznosti, pričom je účastníkovi umožnený i pohyb po prostredí, ktoré vyzerá zdanlivo reálne. V ňom sú umiestnené virtuálne objekty pôsobiace priestorovým dojemom a je možné s nimi určitým spôsobom interagovať v reálnom čase. Dôležitou súčasťou použitých technológií sú dnes špeciálne okuliare na virtuálnu realitu (v anglickej literatúre označované ako *HMDs* – *head-mounted displays*) so stereoskopickými vlastnosťami. Ďalej sú potrebné určité vstupné zariadenia a rôzne iné, na ľudské zmysly pôsobiace systémy. Vďaka vytvoreniu imerzívneho virtuálneho prostredia sa technológie VR používajú okrem zábavného priemyslu (počítačové hry) i v medicíne, napríklad pri liečení rôznych druhov chorôb (očných, psychických-najmä liečba úzkosti a fóbií), v chirurgii, ďalej pri armádnom výcviku, tréningoch pilotov lietadiel, pri vizualizácii dát, ako aj pri výučbe a vzdelávaní všeobecne.^{5, 6}

Zhao vidí potenciál použitia virtuálnej reality pri výučbe a sprostredkovaní informácií, pretože technológia VR ponúka interakciu, už spomenutú imerzívnu skúsenosť, ako aj možnosť zapojenia vlastnej predstavivosti. VR sprostredkúva virtuálnu prítomnosť ľudí (v angl. *virtual presence*) bez ohľadu na ich fyzickú vzdialenosť vďaka rozsiahlym informačno-komunikačným sieťam. Diapazón využitia nástrojov virtuálnej reality siaha teda veľmi ďaleko.⁶ Wei et al.⁷ uvádzajú, že pojem *virtuálne múzeum* prvýkrát v literatúre použili autori Tschritzis a Gibbs vo svojom článku už v roku 1991, v ktorom objasňovali počiatky virtuálnych múzeí v zmysle virtuálnych prostredí. Zameriavali sa i na pridružené technológie potrebné pri ich vzniku. Autori charakterizujú virtuálne múzeum predovšetkým cez atribúty prístupnosti a jednoduchosti použitia. Ďalej zdôrazňujú možnosť manipulácie s virtuálnymi kópiami exponátov, ktoré je možné si prehliadnuť z viacerých uhlov pohľadu. Používateľom je taktiež dovolené skúmať exponáty a historické objekty, ktoré sú krehké a zvyčajne vyžadujú zvláštny spôsob zaobchádzania. Skúsenosť návštevníkov je teda v konečnom dôsledku vo virtuálnom múzeu o niečo živšia, rovnako ako aj celkový zážitok z návštevy. Vysvetlivky a rôzne kontext dopĺňujúce informácie sú podané digitálnou formou v podobe zvuku alebo textu. Online múzeum obsahuje teda viacero multimediálnych zložiek prezentujúcich informácie – môžu nimi byť obrázky, video, text atď. Dnes však prezentované informácie pôsobia omnoho komplexnejšie – najmä pri použití setu okuliarov na virtuálnu realitu (už spomínané *HMDs*).

⁵ GALDIERI Riccardo - CARROZZINO Marcello. Natural Interaction in Virtual Reality for Cultural Heritage. In DUGULEANĂ, Mihai - CARROZZINO, Marcello - GAMS, Matjaž - TANEJA, Iulian. (eds.). *VR Technologies in Cultural Heritage. Communications in Computer and Information Science*. Cham: Springer, 2019, s. 122-131.

⁶ ZHAO, Jianghai. Designing Virtual Museum Using Web3D Technology. In *Physics Procedia*, 2012, roč. 33, s. 1596 – 1602.

⁷ WEI, O. C. et al. Three-Dimensional Recording and Photorealistic Model Reconstruction for Virtual Museum Application – An Experience in Malaysia. In *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, roč. XLII-2/W9, s. 763–771.

Cieľom virtuálnych múzeí však v žiadnom prípade nie je úplne nahradiť návštevu reálneho múzea, práve naopak – virtuálne múzeá môžu zvýšiť návštevnosť reálneho múzea. Z najnovších relevantných výskumov na túto tému môžeme ako príklad uviesť štúdiu zameranú na porovnávanie preferencií použitia VR a tradičných metód v múzeách, ktorú realizovali Martinez et al.⁸ Jej závery ukázali, že návštevníci preferujú imerzívnu skúsenosť s VR pred tradičným zobrazovaním objektov (napr. v podobe fotografií), najmä ak cieľový zobrazovaný objekt nie je prístupný priamej, teda fyzickej skúsenosti. Galdieri a Carrozzino⁵ vo svojej štúdii konštatujú, že múzeá a galérie by sa mohli a priam i mali stať súčasťou tejto „virtuálnej“ výzvy, pretože práve tu môže nachádzať virtuálna a rozšírená realita mnohé zaujímavé spôsoby svojho využitia. O konkrétnych príkladoch z prostredia Slovenska informuje stručne nasledovná kapitola.

Príklady využitia virtuálnej reality a fotogrametrie na území Slovenska

Každodenne môžeme zaznamenať snahu najrôznejších inštitúcií zaujať, resp. zapôsobiť na väčšie množstvo ľudí predovšetkým prostredníctvom vizuálnych podnetov, nakoľko už samotný obraz má významnú, ba priam až kľúčovú úlohu v medziľudskej komunikácii. Obdobnou cestou sa vydávajú aj múzeá, či iné inštitúcie aj na Slovensku. Ako uvádzajú Župčán a Župčánová⁹: „súdobé zložky múzejnej virtuálnej reality prinášajú vizuálne rekonštrukcie z oblasti hmotnej kultúry, umenia a architektúry a predstavujú prostriedok pre uchovávanie, prístup (prezentáciu) a rozvoj predmetov kultúrneho dedičstva a pre ďalšie pochopenie minulosti z rôznych lokalít. Virtualita ponúka „návrat do minulosti“, ukazuje každodenný život vychádzajúci nielen z archeologických, ale aj historických a etnografických prameňov“.

Veľmi zaujímavým príkladom využitia techník virtuálnej reality je projekt virtuálnej výstavy hradu Slanec. Ako uvádzajú Župčán a Župčánová⁹, niektoré technické informácie o danej lokalite bolo možné získať prostredníctvom viacerých občianskych združení, ktoré participujú na záchranárskych prácach tejto pamiatky. Následne boli jednotlivé aktuálne údaje začlenené a transformované pomocou technických zariadení GIS (geografických informačných systémov), fotogrametrie, laserového skenovania a leteckej prospekcie. Samotná virtuálna prehliadka je však oveľa komplexnejšia, nakoľko objekty iba nevizualizuje, ale vsádza ich do konkrétnych scén a priestorov, a to aj z časového hľadiska. Autori uvádzajú⁹, že samotná interaktivita je docielená prostredníctvom rukavice, ktorá v návštevníkovi evokuje efekt manipulácie a uchopenia vybraného predmetu. Počas virtuálnej prehliadky je návštevníkom umožnené otvoriť si celú informačnú galériu konkrétneho predmetu, ktorá obsahuje nielen históriu daného predmetu, pravdepodobný rok a spôsob výroby, ale i účel tohto predmetu. Nechýba ani zobrazenie obdobných predmetov v danom čase a priestore.

⁸ MARTINEZ, K.P. et al. Creation of a Virtual Reality environment of a University Museum using 3D Photogrammetric Models. In ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, roč. XLII2/W13, s. 841-847.

⁹ ŽUPČÁN, Ladislav - ŽUPČÁNOVÁ, Martina. Slanecký hrad ako virtuálne múzeum. In Muzeológia a kultúrne dedičstvo, 2015, roč. 3, č. 2, 59-72.

Ďalším zaujímavým projektom, ktorý využíva metódu fotogrametrie je Zvonica na Zvonovom vršku v Banskej Štiavnici. Pre účely potreby rekonštrukcie tohto objektu bolo potrebné vytvoriť dokumentáciu, ktorá by zahŕňala aktuálny stav exteriéru i interiéru. Na základe údajov bola za najlepšiu metódu zvolaná digitálna fotogrametria doplnená o geodetické zameranie vlícovacích bodov. Snímkovanie bolo zrealizované pomocou zrkadlovky Nikon D5100 a objektívu Tamron 10-24 mm. Autori Marčíš a Trhan¹⁰ v tomto smere odporúčajú zabezpečiť dostatočnú hustotu snímok, vďaka ktorej je možné akýkoľvek rekonštrukčný problém riešiť bez nutnosti výjazdu kvôli chýbajúcim dátam.

Metóda fotogrametrie bola taktiež použitá pri tvorbe 3D modelu kaštieľa Radvanských v Banskej Bystrici. Podľa Mareka Fraštia¹¹ bolo celkovo zhotovených 70 digitálnych snímok spomínaného objektu digitálnou kamerou (10 MPix Nikon D200) s objektívom s pevným (20 mm) ohniskom. Následne boli fotografie spracované v počítačovom prostredí Photomodeler 6.

Prípadová štúdia – tvorba 3D modelov vybraných predmetov kultúrneho dedičstva

V prostredí Katedry mediamatiky a kultúrneho dedičstva sme začiatkom roka 2019 zakúpili nevyhnutné hardvérové a softvérové prostriedky pre virtuálnu realitu (budú špecifikované neskôr), aby sme dokázali bližšie skúmať vhodné spôsoby prezentácie (3D) objektov kultúrneho dedičstva.

Pre potreby komplexnej výskumnej úlohy sa pokúsime vytvoriť menšiu expozíciu v rámci „testovacieho virtuálneho múzea“. Jeho objekty predstavujeme práve v tejto štúdii. Naša „expozícia“ bude pozostávať len z troch vybraných predmetov, ktoré sa budú vo výsledku nachádzať ako v priestore reálnom, tak i v priestore virtuálnom. Dopady oboch scén na percepciu prezentovaných informácií budeme neskôr porovnávať v inej štúdii¹². Keď sa zmieňujeme o „expozíciu“ alebo o časti „virtuálneho múzea“, tieto pojmy umiestňujeme do úvodzoviek, nakoľko našim finálnym cieľom nie je snaha vytvoriť plnohodnotné virtuálne múzeum v pravom zmysle slova. Prostredníctvom dostupných objektov kultúrneho dedičstva chceme využiť túto scénu na preukázanie prípadných rozdielov v spôsoboch prezentácie objektov. Prvým spôsobom je prehliadka reálnych objektov. Vo virtuálnej realite však potrebujeme predložiť účastníkom výskumu i hodnotiteľným digitálne ekvivalenty (3D modely) vybraných predmetov. Tieto modely je však nutné najprv vytvoriť s použitím vhodnej metódy. Pri tvorbe 3D modelu z predlohy, ktorou je reálny objekt, máme na výber v zásade dve možné metódy: prvou je použitie fotogrametrie, ktorá reprezentuje automatizovanú metódu.

¹⁰ MARČIŠ, Marián – TRHAN, Ondrej. Fotogrametrická dokumentácia zvonice. In 22. slovenské geodetické dni. Bratislava: Komora geodetov a kartografov, 2014, s. 1-8. [online]. Dostupné na internete: <https://www.kgk.sk/fileadmin/templates/downloads/Zborn%C3%ADk_refer%C3%A1tov_22_SGD/2_7_Marcis_Trhan_p.pdf>

¹¹ FRAŠTIA, Marek. Tvorba presných priestorových modelov historických objektov metódou blízkej fotogrametrie. In Acta Montanistica Slovaca, 2009, roč 14, mimor. č. 1, s. 34-40.

¹² FORMANEK, Matúš – FILIP, Vladimír – HNAT, Adam. Komparácia moderného a tradičného spôsobu percepcie informácií o vybraných objektoch kultúrneho dedičstva. In Slovenský národopis, 2020, roč. 68, č. 1, s. 47-67.

Alternatívu k nej predstavuje prácne manuálne 3D modelovanie. Procesu tvorby a komparácie takto získaných 3D modelov je venovaná väčšina predloženej prípadovej štúdie.

V kontexte tejto práce 3D modelom vo všeobecnosti rozumieme, v zmysle odbornej literatúry, matematickú reprezentáciu ľubovoľného trojrozmerného objektu, či už reálneho alebo imaginárneho, umiestnenú v určitom softvérovom prostredí. Modelovaním analogicky myslíme proces vytvárania a úpravy týchto 3D modelov. My budeme v tejto práci uvažovať len nad polygonálnym typom modelu (v angl. nazývaným *mesh*), ktorý patrí medzi najčastejšie formy 3D modelov. Polygónom zjednodušene chápeme dvojrozmerný objekt vytvorený z rovných čiar. Ide o mnohouholník, ktorý vytvára povrchovú štruktúru objektu v 3D počítačovom priestore.¹³

Po zvážení našich aktuálnych možností a požiadaviek sme sa rozhodli použiť ako reálne predlohy nasledovné objekty kultúrneho dedičstva: drumbľu, keramickú vázu a drevený piest. Uvedené predmety sme vybrali aj z toho dôvodu, že všetky spadajú do oblasti kultúrneho dedičstva, viaže k nim istý kontext a majú teda aj určitú kultúrno-spoločenskú hodnotu. Všetky tieto aspekty predstavujú dôležité skutočnosti podstatné pri ďalšej prezentácii týchto objektov vo virtuálnom i v reálnom priestore. Musíme však dodať, že náš výber bol v tomto smere značne limitovaný i nutnosťou zapožičať si spomenuté predmety na dlhšie obdobie a fyzicky s nimi manipulovať. To by nebolo možné (v našom prípade) zabezpečiť pri jedinečných predmetoch z konkrétnej muzeálnej zbierky. Jedine pri týchto predmetoch sme dostali súhlas ich majiteľov s použitím predmetov pri testovaní, keď ich budeme aj reálne prezentovať v oboch podobách účastníkom výskumu. Je nutné poznamenať, že ako predlohy pre 3D modely by mohli byť použité, samozrejme, aj iné predmety kultúrneho dedičstva, prípadne predmety poškodené, pričom úlohu by bolo možné rozšíriť i o pokus rekonštrukcie takýchto objektov.

Samotný výber predmetov v našom prípade teda nezohrával primárnu úlohu. Skôr sme kladli dôraz na spôsob reálnej aj virtuálnej prezentácie týchto objektov s následným presahom na percepciu zapamätateľnosti informácie poskytovanej príslušnou formou prehliadky.

Každý z vybraných predmetov teraz stručne predstavíme, pričom niektoré fakty a údaje použijeme i pri prezentáciách týchto objektov.¹⁴

Prvým zvoleným predmetom je drumbľa, teda jednoduchý kovový samoznejúci ľudový hudobný nástroj. V princípe ho tvorí 5 – 7 cm kovový rám, ktorý vyúsťuje do dvoch otvorených ramienok, medzi ktorými je umiestnený oceľový jazyk. Kovový rám sa priloží na pery a v štrbine medzi dvoma ramienkami rámu sa drnkaním rukou tento ohnutý jazyk rozkmitá. Rozkmitaný základný tón sa v ústach hráča zosilní. Neustálou zmenou tvaru rezonančnej dutiny hráč dokáže zahrať melódiu. „Drumbľa je celoslovensky rozšírená, často sa spomína v 17. – 19. storočí ako nástroj zábavného a ľúbostného charakteru. Hraný repertoár na drumbli

¹³ SLICK, Justin. 3D Model Components – Vertices, Edges, Polygons & More. Anatomy of a 3D Model. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.lifewire.com/3d-model-components-1952>>

¹⁴ FORMANEK - FILIP - HNAT, Komparácia moderného, s 47–67.



Obr. 1. Drumbľa – fotografia reálneho predmetu. Foto: Autori.

hrúbka), pričom do hrúbky je započítaný aj ohnutý kovový jazýček. Hmotnosť drumble je 27 gramov.

Druhým predmetom je keramická váza, presnejšie váza pozdišovskej keramiky s motívom karičky. Hrnčiarske remeselnícke stredisko v Pozdišovciach na východnom Slovensku patrí medzi najstaršie na Slovensku. Prvý písomný záznam o existencii hrnčiarstva v Pozdišovciach pochádza už z 11. 10. 1416. „Vo väčšine stredísk výroba zanikla na rozmedzí 19. a 20. storočia, tradície hrnčiarskej výroby sa zachovali v mestských dielňach v Bardejove, Prešove a Snine, no najväčšou in-



Obr. 2. Váza – fotografia reálneho predmetu. Foto: Autori.

tenzitou výroby vynikla obec Pozdišovce, ktorá nadobudla medzi ostatnými strediskami osobitné postavenie. Hrnčiarstvo sa tu vyvinulo ako typické dedinské remeslo... inovatívne sa rozvíjalo a stalo sa známym najmä po roku 1945¹⁵. Vďaka poprednému majstrovi Michalovi Parikrupovi-Šiparovi sa pozdišovská keramika stala po roku 1922 známou v Bratislave, ale aj v Čechách a na Morave. V roku 1958 sa dostala aj do Bruselu na svetovú výstavu. Autor uvádza, že výroba dnes už roky pomaly chátra a zrejme čoskoro skončí úplne. Kontinuitu pozdišovského hrnčiarstva aktuálne udržiava majstrov potomok, hrnčiar Ján Parikrupa-Šipar.¹⁷

Konkrétna váza (viď obr. 2) pochádza približne z roku 1900. Motív, ktorý vázu zdobí sa nazýva „karička“, čo je v tomto regióne známy dievčenský kolový tanec. Váza má hmotnosť 1354 g, výšku 286 mm a priemer podstavy 96 mm. V najširšej časti dosahuje priemer 171 mm.

¹⁵ SĽUK. Drumbľa. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.ludovakultura.sk/polozka-encyklopedie/drumbľa/>>

¹⁶ VALENTOVÁ, Zora – RIEČANSKÁ, Eva. Tradičné remeslá a domáce výroby – hrnčiarstvo. [online]. Dostupné na interne: <<http://www.uluv.sk/sk/encyklopedie/tradicne-remesla-a-domacke-vyroby/tradicne-remesla-a-domacke-vyroby/hrnciarstvo/>>

¹⁷ POPRIK, Ján. Hrnčiari [online]. Dostupné na internete: <<http://www.pozdisovce.wbl.sk/Hrnciari.html>>

Tretím predmetom, ktorý sme zvolili a ktorý sa nám podarilo zapožičať, je drevená, ručne zdobená doštička nazývaná piest. Vyrábala sa z kusa tvrdého listnatého dreva doplneného o rukoväť. Tvar a veľkosť závisela od činnosti, na ktorú bol piest určený. Primárne sa používal ako úžitkový predmet pri praní na potoku, resp. na vytĺkanie vody z vrstiev naskladanej látky. Šlo teda o typický ženský pracovný nástroj. Častokrát sa piest bohato zdobil rezbou a rytím a stával sa tak aj darom z lásky. Mládenci a muži ho zvykli darovať svojej frajerke alebo manželke. Následne sa používali prevažne ako dekorácia interiérov izieb.¹⁸

Vo vyobrazovaných dekoráciách „dominovali motívy srdca a kruhu, symbolizujúce lásku a život. Súčasťou kompozície boli tiež iníciały alebo mená darcov, obdarovaných a rok venovania. Výskyt bohato zdobených piestov z druhej polovice 19. a prvej polovice 20. storočia, rozvíjajúcich miestnu tradíciu vzorovania inšpirovaného výšivkou, sa viazal najmä k územiu západného Slovenska“.



Obr. 3. Piest – fotografia reálneho predmetu.
Foto: Autori.

Na konkrétnom pieste (obrázok 3 vyššie) je vyobrazená tzv. slovanská Svarga. Ide o symbol Boha Svaroga, ktorý v slovanskej mytológii predstavoval boha Slnka a ohňa. V ľudovej tvorivosti sa objavoval symbol slnka v rôznych variantoch.¹⁹ Piest na obrázku nie je muzeálnym exponátom. Ide o identickú kópiu vyrobenú a zdobenú tradičným spôsobom podľa starej predlohy, ktorý vyrobil Vít Pieš v roku 2000. Pán Pieš

je majster ľudovej umeleckej výroby, pochádzajúci pôvodne z Čičmian, aktuálne žijúci v Žiline. Piest má rozmery 98 x 202 x 7 mm (šírka, výška, hrúbka) a jeho celková hmotnosť predstavuje 157 gramov.

Metóda 1 – Fotogrametria

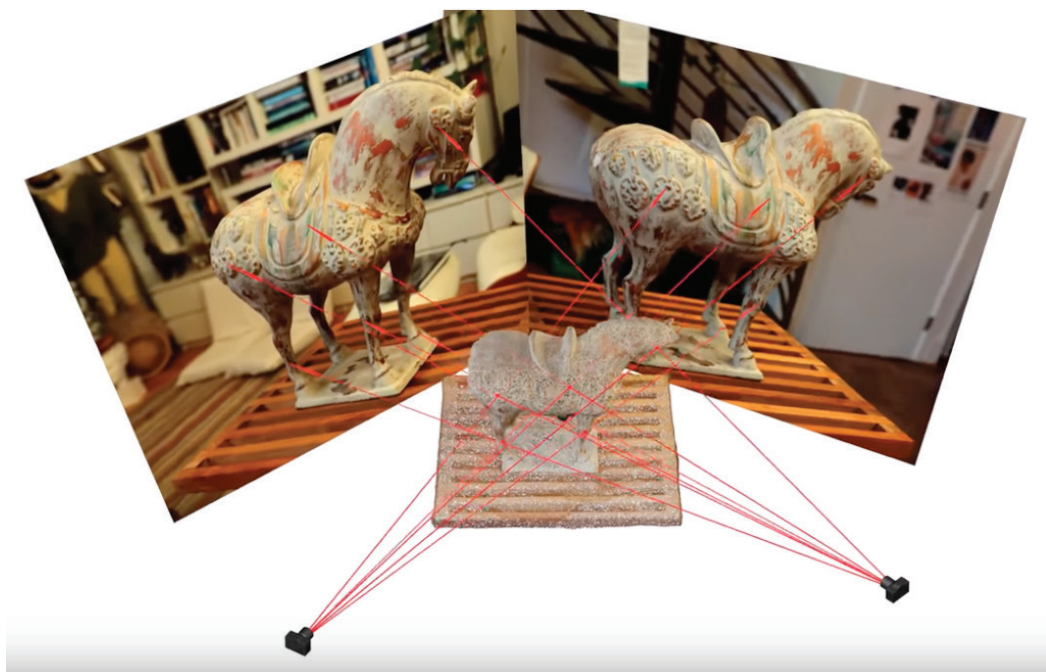
Pri dokumentácii predmetov aj kultúrneho dedičstva sa môžeme stretnúť s trojrozmernými tvarmi, resp. štruktúrami, ktoré je komplikované merať. Väčšinou hovoríme o objektoch kde je takmer nemožné využiť geodetické, prípadne laserové skenovanie. Súčasné metódy fotogrametrie môžu byť v takýchto prípadoch veľmi užitočné. Výhody fotogrametrických metód oproti laserovému skenovaniu sú zrejmé: vyššia rozmanitosť získavania údajov o povrchu, vynikajúce a presné informácie o textúre, ľubovoľná veľkosť objektu, teoreticky neobmedzené detai-

¹⁸ SEUK. Piest. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.ludovakultura.sk/polozka-encyklopedie/piest/>>

¹⁹ PUKANEC, Martin. Etymológia mena Svarog a niektoré indické a iránske paralely. In Slavica Slovaca 2009, roč. 44, č. 1, s. 24-30.

ly modelu, nižšie náklady na hardvér a softvér.²⁰ Aj tieto faktory nás výrazne motivovali vyskúšať fotogrametriu ako prvú, hoci nami zvolené predmety patria medzi menšie, čo sa týka rozmerov.

Fotogrametria je technika automatického vytvárania 3D objektov, resp. modelov s využitím softvéru, ktorý dokáže z dvojrozmerných (2D) fotografií vytvoriť realisticky pôsobiace 3D objekty. Tieto môžu byť použité v oblasti architektúry, urbanizmu, ako i pri uchovávaní objektov kultúrneho dedičstva.²¹ Konkrétne sme využili konvergentné snímkovanie, čo predstavuje viacsnímkovú fotogrametrickú metódu. Ako uvádza M. Fraštia²², osi záberu objektívu môžu byť vtedy vzhľadom na seba vo všeobecnej polohe. Dôležité je ich smerovanie, ktoré by malo maximalizovať prekrytie po sebe nasledujúcich snímok. Snímaný objekt by mal zabrať čo možno najväčšiu plochu. Inými slovami základom metódy je zosnímanie čo možno najkvalitnejších digitálnych fotografií daného objektu z rôznych uhlov pohľadu, pričom tieto sa následne spracujú pomocou špecializovaného softvéru. Softvér sleduje technické parametre expozície - pozíciu fotoaparátu, orientáciu záberu, typ použitého objektívu a jeho ohniskovou vzdialenosťou, pričom porovnáva navzájom sa prekrývajúce zábery v ktorých identifikuje



Obr. 4. Princíp snímania vo fotogrametrii. Zdroj: VIDANOVSKI, Mitko. *What makes photos good for photogrammetry?* [online]. Dostupné na internete: <https://blogs.autodesk.com/recap/what-makes-photos-good-for-photogrammetry/>.

²⁰ MARČIŠ, Marián et al. Use of imagine based modelling for documentation of intricately shaped object. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, roč. XLI-B5, s. 327-334.

²¹ LUHMANN, Thomas et al. *Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications* Dunbeath: Whittles Publishing, 2006.

²² FRAŠTIA, *Tvorba presných priestorových modelov*, s. 34-40.

pixely odpovedajúce fotenému objektu naprieč všetkými zábermi danej scény – vid' obrázok 4.

Pomocou algoritmov a matematických metód následne príslušný softvér automaticky skonštruuje polygonálny 3D model objektu pokrytý textúrou. Po metodologickej stránke hovoríme o vyrovnaní zväzku lúčov s príslušným matematickým modelom perspektívnej transformácie. Dôležitým faktorom metódy je preurčenie pri zobrazení bodu na minimálne troch snímkach. Samozrejme presnosť konvergentného snímkovania je závislá na množstve snímok z viacerých stanovísk.²² Konvergentná fotogrametria je, ako ďalej uvádza, vo všeobecnosti považovaná za najpresnejšiu metódu, avšak je zároveň i výpočtovo najzložitejšia. Preto môžeme predpokladať, že kvalita výsledku celého procesu (t. j. výsledný 3D model) v značnej miere záleží i na použitom softvéri. Na výsledok však vplývajú aj iné okolnosti.

Aby sme dosiahli pri fotogrametrii objektívne čo možno najlepšie výsledky, je nutné dodržiavať i rad ďalších odporúčaní. Využili sme odbornú literatúru²³ a odporúčania zosumarizovali nasledovne:

Prvú časť tvoria podmienky ovplyvňujúce svetelné podmienky scény. Je nutné sa vyvarovať vzniku tieňov s vysokým kontrastom, pretože nepôsobia dobrým dojmom na výslednom modeli. Ak je fotený objekt umiestnený v interiéri, musí byť situovaný na mieste s dostatkom difúzneho svetla. Ak sa naopak fotí v exteriéri, treba sa vyhnúť poludňajšiemu priame slnku a fotiť scénu skôr skoro ráno alebo podvečer. Mimoriadne vhodné sú dni so zamračenou oblohou, keď je svetlo maximálne difúzne. Použitie blesku sa všeobecne neodporúča, pretože vytvára nežiaduce odlesky.

Do druhej časti odporúčaní patria špecifikácie technického príslušenstva: použitý fotoaparát musí byť dostatočne kvalitný, aby zachytil čo možno najviac detailov bez výrazného skreslenia. Vhodným riešením sa stávajú v tomto prípade digitálne zrkadlovky (tzv. DSLR). Lacné objektívy, osadené plastovými šošovkami, nie sú vôbec vhodné. Ideálom je objektív s fixnou ohniskovou vzdialenosťou (50 mm v prepočte na kinofilm). Na objektív je vhodné nasadiť pri fotení polarizačný filter, čo predstavuje ďalší stupeň pri minimalizácii nežiaducich odleskov. Absolútnou nevyhnutnosťou sa stáva statív – keďže sa požaduje dlhší expozičný čas a výsledná vysoká ostrosť snímok.

Tretiu ucelenú časť odporúčaní pri fotení fotografií vhodných pre fotogrametriu tvoria už samotné techniky snímania a nastavenia scény. Snímaný objekt by sa mal vždy nachádzať v strede fotografie tak, aby vyplnil čo najviac plochy. Viac plochy znamená i viac pixelov na fotografiách a teda i detailov vo výslednom 3D modeli. Pozadie za fotografovaným objektom nesmie byť monochromatické – v okolí objektu sa môžu nachádzať iné menšie statické objekty, ktorú pomôžu správne identifikovať pozíciu kamery. Odborná literatúra označuje tento typ pozadia ako „bohaté“ (v angl. *rich*). Na scéne sa však objekty nesmú pohybovať (autá, ľudia v pozadí a pod.). Ide o jednu z hlavných príčin zničenia výsledného modelu. Snímané fotografie sa musia dostatočne prelínať, aby sa zachytili

²³ VIDANOVSKI, Mitko. What makes photos good for photogrammetry? [online]. Dostupné na internete: <<https://blogs.autodesk.com/recap/what-makes-photos-good-for-photogrammetry/>>

i drobné detaily zaznamenané z iného uhla pohľadu. Odporúča sa objekt fotografovať z rovnakej vzdialenosti pri zmene uhla vždy približne o 5°. Pri detailnejších objektoch je možné pracovať aj so zmenou výšky (uhla vo vertikálnej osi). Vyššie prekrývanie snímaných fotografií vedie k presnejšiemu 3D modelu. Pri malých objektoch sa odporúča zhotoviť 50 – 70 fotografií, 70 – 100 pri stredne veľkých objektoch (napr. sochy) a 180 – 200 fotografií pri fotení budov. Počet fotografií však nie je tak výrazným určujúcim faktorom ako miera prekrývania sa fotografií navzájom. Fotografovaná scéna musí byť celá ostrá, takže sa odporúča použiť pri všetkých záberoch minimálne clonové číslo F5 – F6. Nastavenia expozície by mali byť počas snímania taktiež konštantné – ideálny je plne manuálny režim. Použitie citlivosti snímača na úrovni ISO 100 minimalizuje riziko vzniku šumu. Hoci je pri možné pri fotogrametrii použiť i video, jeho použitie sa dôrazne neodporúča. Samostatne zosnímané fotografie zvyčajne dosahujú vyššie rozlíšenie a všeobecne i vyššiu kvalitu.

Berúc do úvahy všetky vyššie uvedené požiadavky, sme následne pristúpili ku konštrukcii scény: každý snímaný objekt sme umiestnili na pevnú podložku (matný biely stôl) a zabezpečili difúzne osvetlenie scény tým, že sme fotografovanie objektov uskutočnili v exteriéri pri zamračennej oblohe. Keďže biely stôl vytvára monochromatické pozadie, okolo fotených predmetov sme rozmiestnili po stole rôzne iné predmety. Tieto vytvárajú na fotografiách meniace sa pestré (*rich*) pozadie, ktoré neskôr pomôže softvéru pri identifikácii polohy fotoaparátu. Náhľad scény možno vidieť na obrázku 5.



Obr. 5. Náhľad scény. Foto: Autori.

Fotografie sme získali pomocou digitálnej zrkadlovky Canon EOS 70D, pričom sme manuálne nastavili nasledujúce parametre - optimálne pre danú scénu:

- doba expozície 1/50s,
- clonové číslo F9,
- citlivosť ISO 100,
- automatické zaostrovanie zapnuté,
- blesk vypnutý,
- ohnisková vzdialenosť objektívu 35 mm v prepočte na kinofilm,
- bitová hĺbka digitálnych fotografií 24 bitov,
- rozlíšenie digitálnych fotografií 5472 x 3648 pixelov (20 MPix)

Fotoaparát s objektívom a nasadeným polarizačným filtrom sme umiestnili na statív. Okolo stola, kde sa nachádzal položený snímaný objekt, sme znázornili na podlahe kružnicu. Postupne sme manuálne posúvali statív po obvodu tejto kružnice tak, aby pri každej novej fotografii došlo k zmene uhla snímania približne 7 – 8°, takže sme vo výsledku zhotovili vždy 50 fotografií ($360^\circ/50 = 7,2^\circ$) každého objektu samostatne. Tieto zábery sa dostatočnou mierou prekrývali a efektívne pokryli 360° záber okolo objektov. Po získaní sérií

fotografií sme tieto importovali do špecializovaného fotogrametrického softvéru 3DF Zephyr²⁴, ktorý je k dispozícii zdarma, no umožňuje spracovanie len 50 fotografií. K jeho použitiu nás viedli odporúčania odbornej literatúry²⁵ a mnohých rebríčkov, kde autori s úspechom použili daný softvér pri vytváraní 3D modelov muzeálnych predmetov. Vo verzii dostupnej zdarma dokáže 3DF Zephyr spracovať síce len 50 fotografií, no pri rozmeroch skúmaných predmetov by tento počet mal plne postačovať. Softvér 3DF Zephyr spracováva, v zmysle teórie, sériu záberov do podoby mraku bodov, z ktorých následne vytvára mnohouholníky (polygóny) potrebné pri vytváraní priestorových 3D objektov. Metóda polygonálneho modelovania má za cieľ aproximovať povrch objektu pomocou prepojených mnohouholníkov – najčastejšie trojuholníkov a štvorcov. Na túto štruktúru sa následne nanáša povrchová textúra. Príklad dekompozície objektu na sieť polygónov a textúru môžeme na obrázku 6.



Obr. 6. Vľavo „mesh“ 131 tisíc trojuholníkov tvoriacich objekt. Vpravo textúra objektu.

Foto: Autori.

Pri voľbe typu snímania sme v softvéri zvolili predvoľbu *Close-range*, ktorá hovorí o tom, že vkladané fotografie boli snímané zblízka. Všetky ďalšie predvoľby sme nastavili na maximum, keďže požadujeme vysokopolygonálny objekt v najvyšších možných detailoch. Po definovaní predvolieb sme spustili proces vytvárania 3D objektu. Takto sme postupovali pri každom z troch predmetov. Pre každý objekt musel proces prebehnúť samostatne.

Pracovný počítač, ktorý sme mali k dispozícii, disponoval dostatočným výkonom. Proces vytvárania 3D modelov sme spustili na tejto hardvérovej konfigurácii:

²⁴ Viac informácií je k dispozícii na adrese <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/>

²⁵ MARTINEZ, Creation of a Virtual Reality, s. 841-847.

- 6-jadrový procesor Intel Core i7-8700K
- 32GB RAM pamäte typu DDR4
- OS Windows 10 Pro 64bit
- Softvér 3DF Zephyr vo verzii 4.501

Pri tejto konfigurácii trvalo spracovanie 50 fotografií do podoby jedného 3D modelu cca 35 minút. Po ukončení sme 3D modely v prostredí 3DF Zephyr orezali od nežiadúceho okolia a ostatných objektov (dotvárajúcich pozadie – pozri obrázok 5). Uskutočnili sme mnoho pokusov pri nastavovaní scény, tak aby boli výsledky čo možno najlepšie. Do porovnania sme použili len tie najkvalitnejšie fotogrametricky získané modely, aké sa nám po sérii pokusov podarilo získať. Ich kvalita by sa dala ešte teoreticky zvýšiť pri použití laserového skenera, ktorý sme však ale nemali k dispozícii.

Manuálne 3D modelovanie

Druhá metóda, ktorá však omnoho prácnejšia než automatická fotogrametria, spočíva v technike manuálneho modelovania 3D objektov s využitím digitálneho podkladu. V našom prípade ním boli fotografie predmetov. Celý proces modelovania prebiehal v profesionálnom 3D modelovacom softvéri s názvom Cinema 4D. Proces tvorby 3D modelu bol jedinečný pre každý reálny objekt, preto popis tvorby modelu pre každý objekt zvlášť. V rámci možností sa pokúsme obmedziť technické detaily na minimum.

3D objekt drumble bol vytvorený nástrojom, ktorý pracuje s krivkou tvaru a vodiacou krivkou. Vodiaca krivka kopíruje tvar rámu v rovine X-Z (ekvivalent pôdorysu), kým krivka tvaru kopíruje tvar rámu drumble v rovine X-Y (ekvivalent nárysu). Zvolený nástroj vytvára z týchto kriviek 3D objekt, ktorý vznikne aplikovaním krivky tvaru v každom bode vodiacej krivky. Konce objektu drumble boli uzavreté nástrojom na uzatváranie polygónových dier. Do rámu boli na jeho vrchole vytvorené zárezy prostredníctvom nástroja „Boole“, ktorý poslúžil pri matematickej funkcii odčítania a to nasledovne: objem 3D objektu veľkosti diery bol odčítaný od 3D objektu predstavujúceho rám drumble. Tento nástroj bol využitý dvakrát, pričom 3D objekty predstavujúce diery boli kváder a ihlan. Lamela drumble bola tvorená tak, že vodiaca krivka predstavovala tvar lamely v rámci roviny Y-Z a krivka tvaru v rovine X-Y. Pre vytvorenie zužovania lamely boli využité vlastnosti tohto nástroja, ktoré umožňujú zmenšenie priemeru krivky tvaru z posunom po vodiacej krivke. Textúra drumble bola vytvorená rovnomerným nanosením materiálu na povrch objektu. Materiál vznikol úpravou jeho vlastností – konkrétne farby, kde bola z podkladovej fotografie prevzatá charakteristická farba pre tento objekt. Ďalej bola nastavená odrazivosť materiálu do podoby matného kovu s pridaním šumu, čím vznikol zdanlivo nehladký povrch objektu drumble.

3D objekt keramickej pozdišovkej vázy bol, podobne ako 3D objekt drumble, vytvorený s využitím princípu ručného modelovania pomocou podkladu z fotografie. Tvar telesa sme vymodelovali s využitím nástroja, ktorý pracuje s krivkou tvaru a definovaním kotevného bodu. Krivka tvaru bola vytvorená obtiahnutím tvaru vázy z fotografickej predlohy vázy použitej v podklade zobrazenia. V rámci

tejto uzavretej krivky bol taktiež aproximovaný tvar vnútra vázy. Na základe definovania polohy kotevného bodu a vybraní zodpovedajúcej osi zvolený nástroj vytváral zdanlivú kružnicu, pričom v každom bode kružnice je vytvorená i krivka samotného tvaru. Pri vytvorení povrchu keramickej vázy bol využitý princíp textúrovania nazvaný UV mapping. Táto technika umožňuje každému vybranému polygónu, resp. skupine polygónov v rámci polygonálnej siete tvoriacej povrch objektu prideliť konkrétnu textúru alebo časť textúry. Pre potreby rozloženia tejto siete polygónov na 2D podklad tvoriaci textúru sme použili jeden z preddefinovaných spôsobov premietania 3D objektu na 2D plochu, ktorými program Cinema 4D disponuje. Výsledok premietania bol následne ešte ručne upravený. Textúru objektu tvoril súbor vo formáte PSD (Photoshop) v s rozlíšení 1024 x 1024 pixelov. Textúra vonkajšieho povrchu vázy, uložená v tomto súbore, vznikla kombináciou 61 vlastných fotografií vázy, ktoré boli zhotovené pri difúznom osvetlení, aby sa eliminovali nežiaduce odlesky vznikajúce pri odraze od glazúrovaného povrchu. Pre vytvorenia textúry vnútra vázy bol využitý podobný princíp. Na konci procesu došlo ešte k finálnej úprave tvaru a farebnosti 3D modelu, čím sme dosiahli finálnu podobu textúry.

Objekt dreveného piestu bol, rovnako ako predchádzajúce modely, tvorený princípom ručného modelovania s využitím podkladu. Ako podklad boli využité tri samostatné fotografie pôdorysu, bokorysu a nárysu piestu. Na základe týchto fotografií bol použitím matematických primitív (kocky a valca) vytvorený základný tvar piestu. Každá ďalšia úprava tvaru objektu (napr. výrezy v drevenom pieste) bola vytvorená opakovaným použitím nástroja „Boole“, ktorého funkciu sme už popísali pri tvorbe modelu drumble. Objekt, od ktorého bol objem odčítaný, predstavoval objekt základného tvaru piestu. Objekty, ktorých objemy boli odstraňované (objem výrezu v pieste), tu predstavovali matematické primitívy (ihlan, guľa, valec). Pre vytvorenie špecifických tvarov obsahujúcich krivky bol využitý iný nástroj. Hĺbka každého „zárezu“ do objektu základného tvaru bola odhadnutá vizuálne z fotografie dreveného piestu, nakoľko drevený piest bol vyrezávaný ručne, a teda aj každý jeho výrez je inak hlboký. Na vytvorenie povrchového vzhľadu 3D objektu piestu sme využili opäť princíp UV mappingu. Polygonálna sieť objektu bola rozložená do 2D povrchovej textúry jedným z preddefinovaných spôsobov premietania 3D objektu na 2D plochu. V princípe išlo o rozloženie stien kvádra. Nasledovala ešte ručná úprava textúry uloženej v súbore formátu PSD (Photoshop) s rozlíšením 1024 x 1024 pixelov. Táto bola vytvorená z 10 vlastných fotografií: 6 fotografií stien piestu a zvyšné 4 fotografie boli zhotovené pre potreby získania presnejšej podoby a definovanie farieb jednotlivých výrezov v dreve. Z vybraných fotografií boli taktiež vytvorené bump mapy a normálové mapy určené na zaistenie realisticky pôsobiaceho povrchu. Kombináciou týchto fotografií sme získali finálnu podobu 3D modelu dreveného piestu.

Porovnanie dosiahnutých výsledkov

Všetky získané 3D modely sme umiestnili do vývojového 3D prostredia Unity, ktoré zabezpečuje jednotné aplikačné rozhranie umožňujúce dané digitálne ob-

jekty prezentovať pomocou pripojeného hardvérového príslušenstva – okuliarov a ovládačov pre virtuálnu realitu. V danom prostredí sa bude neskôr vytvárať i výsledná expozícia virtuálneho múzea, kde budú objekty umiestnené aj s popismi a ďalšími relevantnými informáciami. Táto fáza je však už predmetom inej, budúcej štúdie²⁶.

V prostredí softvéru Unity sme nadefinovali objektom potrebné fyzikálne vlastnosti tak, aby ich bolo možné pomocou pripojených ovládačov vo virtuálnej realite uchopiť a prezeráť – pozri obrázok 7 nižšie. Zaujímavosťou bolo odstránenie efektu gravitácie, takže sa predmety vo virtuálnom priestore správali stabilne v každom bode, nepadali „k zemi“, čo umožňovalo ich lepšiu prehliadku.



Obr. 7. Práca s 3D modelmi vo VR laboratóriu. Foto: Autori.

Následne sme pristúpili k analýze a hodnoteniu kvality všetkých vytvorených modelov. Výsledky a náhľady prinášame ku každému objektu zvlášť.

Prvá komparácia sa týka 3D modelov drumble. Ak vidíme na obrázku 8, drumbl'a už svojou povahou predstavuje objekt, ktorý zjavne nie je vhodný pre fotogrametriu, keďže je drumbl'a pomerne členitá. Tvorbu 3D modelu touto metódou neodporúča ani odborná literatúra²⁷. Aj napriek tomu nás zaujímali výsledky, ktoré fotogrametria dokáže priniesť i v takýchto náročných podmienkach.

Obr. 8. 3D modely drumble (vľavo model vytvorený manuálne, vpravo fotogrametricky). Foto: Autori.

Pripomeňme, že pri fotogrametrii musí byť objekt položený na nejakej podložke. Nech by sme drumbl'u položili akokoľvek, prípadne ju i zavesili na tenké priesvitné vlákno (čo sme taktiež skúšali), výsledok nebude veľmi uspokojivý. Problémom sú najmä voľné, prázdne miesta okolo kovových častí, kde sa

²⁶ FORMANEK - FILIP – HNAT, Komparácia moderného, s. 47–67.

²⁷ MARTINEZ, Creation of a Virtual Reality, s. 841–847.



Obr. 8. 3D modely drumble (vľavo model vytvorený manuálne, vpravo fotogrametricky). Foto: Autori.



Obr. 9. 3D Modely pozdišovskej vázy (vľavo model vytvorený manuálne, vpravo fotogrametricky). Foto: Autori.

štruktúra objektu rozlieva. Hranaté sú aj okraje. Naopak, drumbl'a vytvorená manuálnou metódou (na obrázku 8 vľavo) je na nerozoznanie od originálu.

Obrázok 9 poskytuje náhľad 3D modelov pozdišovskej vázy. Pri vytváraní 3D modelu vázy pomocou fotogrametrie sme zistili, že táto metóda pomerne presne kopíruje geometrický tvar vázy, no zanedbáva isté drobné povrchové nerovnosti. Najväčší nedostatok však spočíva v skutočnosti, že modelu získanému fotogrametriu chýba dno i celá vnútorná textúra, takže vnútro predmetu prakticky nie je definované. Je to pochopiteľné, keďže pri fotení nie je možné naraz zaznamenať vonkajšiu i vnútornú stranu vázy. Umelé zacelenie „dier“ (v angl. *polygon holes*) znamená, že súčasťou modelu budú i nevzhľadné, umelo dopočítané polygóny, ktoré povrch predmetu kompaktné uzavrú, čoho následkom sa ale stratí možnosť nazrieť do vnútra objektu (v našom prípade vázy) či možnosť

prezrieť si realisticky vyzerajúce dno vázy zospodu. Model vytvorený manuálnou metódou má oproti fotogrametrickému modelu výhodu práve v týchto oblastiach. Do modelu vázy je možné i nahliadnuť, keďže vnútorná textúra existuje, čo opäť pridáva na kvalite realistického dojmu pri prezentácii.



Obr. 10. 3D modely piestu (vľavo model vytvorený manuálne, vpravo fotogrametricky).

Foto: Autori.

Obrázok 10 ponúka náhľad 3D modelov piestu. Na prvý pohľad sú rozdiely minimálne. Model vytvorený fotogrametriou však trpí podobnými neduhmi ako model vázy vytvorený totožnou technikou – úplne chýba jedna dlhšia strana modelu, keďže práve na nej bol reálny objekt postavený na stole, a teda ho fotografie ani nemohli zaznamenať. Táto skutočnosť sa vizuálne ihneď prejaví pri rotovaní modelu. Pokus domodelovať túto hranu manuálne tak, aby pôsobila hodnoverne, zlyhal. Dôvodom bola chýbajúca textúra dreveného materiálu, ktorú sa nepodarilo vierohodne napodobniť. Neprijemným prekvapením je i zistenie, že vzory a rezbárske dekorácie, ktoré sú vyryté na reálnom pieste, fotogrametria nahradila len dvojrozmernou povrchovou textúrou. Túto chybu sa však podarilo odhaliť až pri bližšom skúmaní modelu, ktorý je teda hladký a jeho jednotlivé vrypy reálne neexistujú. Pri modeli vytvorenom manuálnou metódou sa zas objavili problémy s nežiaducou priehľadnosťou piestu, ktorá bola zapríčinená odčítaním matematických primitív od základného tvaru.

Záver

Vzhľadom na získané výsledky a nesmierne cenné praktické skúsenosti, ktoré sme pri riešení našej prípadovej štúdie zistili, môžeme potvrdiť, že medzi jednoznačné výhody fotogrametrie patrí jej relatívna jednoduchosť použitia a geometrická presnosť zobrazenia objektov. Ako metóda je fotogrametria vhodná najmä pre objekty celistvé, bez rozličných dier a otvorov, čo napokon konštatuje i odborná literatúra. Na druhej strane, vďaka viac-menej automatizovanému procesu dokážeme veľmi rýchlo získať 3D objekt s vysokokvalitnými povrchovými textúrami plášťa. Horšie je to už s podstavou objektu a členitými štruktúrami, keď fotogrametria nedokáže zachytiť všetky povrchové nerovnosti, ako aj podstavy

objektov. Spomenuté problémy sú zjavné na náhľadoch objektov vytvorených fotogrametricky (viď obrázky v prílohe). Lepšie výsledky by sme pravdepodobne dokázali získať využitím laserového skenera – ten sme však nemali pri našom testovaní k dispozícii. S úspechom sa tento nástroj využíva pri modelovaní vysokokvalitných 3D objektov, pričom metóda blízkeho snímání (v angl. *close-range*) garantuje vysokokvalitné textúry povrchov.

V ďalšom kroku sme názorne ukázali, že výsledky dosiahnuté manuálnym modelovaním sú v praxi limitované len časom a schopnosťami používateľa, ktorý objekty modeluje. Ide však o časovo i technicky náročné činnosti v porovnaní s rýchlym procesom fotogrametrie. V mnohých prípadoch sme však schopní i pri manuálnom modelovaní dosiahnuť vysoký stupeň presnosti geometrie modelovaných predmetov. Opäť však môžu nastať komplikácie v prípade aproximácie priveľmi členitých povrchov – zvlášť ak ide o objekty ručnej výroby.

Pred začatím prác na našej štúdii sme vopred nevedeli, aké výsledky nám dokáže ponúknuť jedna i druhá metóda, najmä pri ich aplikácií na množinu konkrétnych predmetov. Prínos našej štúdie vidíme predovšetkým v praktickej rovine. Pri oboch spomenutých metódach sme vykonali sériu mnohých pokusov pri dodržaní všetkých nám známych odporúčaní prevzatých z odbornej literatúry. Odporúčania týkajúce sa fotogrametrie sme zosumarizovali do prehľadnej podoby. Následne sme názorne vykonali detailnú komparáciu výsledkov oboch základných metód, poukázali sme na rozdiely, pričom sme sa v každom rozoberanom prípade objektívne snažili zaistiť a maximalizovať kvalitu výsledných modelov.

Porovnaním konkrétnych výsledkov manuálneho modelovania 3D objektov s výsledkami získanými metódou fotogrametrie sa ukázalo, že v prípade daných konkrétnych troch predmetov (drumbľa, váza, piest) dosahuje manuálna metóda s využitím podkladu výrazne kvalitnejšie, a teda aj realistickejšie výsledky. Na ďalšie skúmanie, počas ktorého budú 3D modely predstavené v testovacej scéne, plánujeme použiť objektívne kvalitnejšie modely vytvorené manuálnou metódou. V tejto fáze sa viac zameriame na bližšie skúmanie prezentácie 3D objektov vo virtuálnom prostredí v súvislosti s následnou percepciou informácie.

Podakovanie

Naša vďaka patrí predovšetkým vedeniu Žilinskej univerzity v Žiline, ktoré poskytlo finančný grant k projektu „Podpora prostriedkov virtuálnej reality v procese prezentácie kultúrneho dedičstva“, v rámci ktorého bolo možné nakúpiť potrebné technické vybavenie.

Podakovať sa chceme i vedeniu Katedry mediamatiky a kultúrneho dedičstva za finančnú podporu na získanie potrebnej výpočtovej techniky. Ďalej ďakujeme našej kolegyni PhDr. Júlii Marcinovej za sprostredkovanie skúmaných predmetov.

Príloha – chyby vo fotogrametrických modeloch

Spodná časť drumble je vymodelovaná pomerne nekvalitne. V prípade piestu zas na modeli absentuje hrana modelu, na ktorej bol reálny objekt piestu pri fotení postavený.



Obr. 11. Chyby vo fotogrametrických modeloch. Foto: Autori.

Zoznam použitej literatúry:

Monografie a zborníky ako celok:

LUHMANN, Thomas et al. *Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications* Dunbeath: Whittles Publishing, 2006.

Štúdie a články v časopisoch a zborníkoch, kapitoly v kolektívnych monografiách:

CARROZZINO, Marcello – BERGAMASCO, Massimo. Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. In *Journal of Cultural Heritage*, 2010, roč. 11, s. 452-458.

FORMANEK, Matúš – FILIP, Vladimír – HNAT, Adam. Komparácia moderného a tradičného spôsobu percepcie informácií o vybraných objektoch kultúrneho dedičstva. In *Slovenský národopis*, 2020, roč. 68, č. 1, s. 47-67.

FRAŠTIA, Marek. Tvorba presných priestorových modelov historických objektov metódou blízkej fotogrametrie. In *Acta Montanistica Slovaca*, 2009, roč. 14, mimor. č. 1, s. 34-40.

GALDIERI Riccardo – CARROZZINO Marcello. Natural Interaction in Virtual Reality for Cultural Heritage. In DUGULEANĂ, Mihai – CARROZZINO, Marcello – GAMS, Matjaž – TANEJA, Iulian. (eds.). *VR Technologies in Cultural Heritage. Communications in Computer and Information Science*. Cham: Springer, 2019, s. 122-131.

KARDONG-EDGREN, S. et al. A Call to Unify Definitions of Virtual Reality. In *Clinical Simulation in Nursing*, 2019, roč. 31, s. 28-34.

MARČIŠ, Marián et al. Use of imagine based modelling for documentation of intricately shaped object. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, roč. XLI-B5, s. 327-334.

MARTINEZ, K.P. et al. Creation of a Virtual Reality environment of a University Museum using 3D Photogrammetric Models. In *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, roč. XLII2/W13, s. 841-847.

- PUKANEC, Martin. Etymológia mena Svarog a niektoré indické a iránske paralely. In *Slavica Slovaca*, 2009, roč. 44, č. 1, s. 24-30.
- REY, Fátima Braña – CASADO-NEIRA, David. Participation and technology: perception and public expectations about the use of ICTs in museums. In *Procedia Technology*, 2013, roč. 9, s. 697-704.
- WEI, O. C. et al. Three-Dimensional Recording and Photorealistic Model Reconstruction for Virtual Museum Application – An Experience in Malaysia. In *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, roč. XLII-2/W9, s. 763–771.
- ZHAO, Jianghai. Engineering Designing Virtual Museum Using Web3D Technology. In *Physics Procedia*, 2012, č. 33, s. 1596–1602.
- ŽUPČÁN, Ladislav – ŽUPČÁNOVÁ, Martina. Slanecký hrad ako virtuálne múzeum. In *Muzeológia a kultúrne dedičstvo*, 2015, roč. 3, č. 2, 59-72.
- ŽUPČÁN, Ladislav. 3D modelácia vybranej kultúrnej pamiatky na základe dobových historických i grafických dokumentov. In *Studia Historica Nitriensia*, 2019, roč. 23, č. 1, s. 211-225.

Internetové zdroje:

- MARČIŠ, Marián - TRHAN, Ondrej. Fotogrametrická dokumentácia zvonice. In 22. slovenské geodetické dni. Bratislava: Komora geodetov a kartografov, 2014, s. 1-8. [online]. Dostupné na internete: <https://www.kgk.sk/fileadmin/templates/downloads/Zborn%C3%ADk_refer%C3%A1tov_22_SGD/2_7_Marcis_Trhan_p.pdf>
- SLICK, Justin. 3D Model Components – Vertices, Edges, Polygons & More. Anatomy of a 3D Model. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.lifewire.com/3d-model-components-1952>>
- SLUK. Drumbl'a, [online]. Dostupné na internete: <<https://www.ludovakultura.sk/polozka-encyklopedie/drumbla/>>
- SLUK. Piest. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.ludovakultura.sk/polozka-encyklopedie/piest/>>
- POPRIK, Ján. Hrnčiari [online]. Dostupné na internete: <<http://www.pozdisovce.wbl.sk/Hrnciari.html>>
- VALENTOVÁ, Zora – RIEČANSKÁ, Eva. Tradičné remeslá a domáce výroby – hrnčiarstvo. [online]. Dostupné na internete: <<http://www.uluv.sk/sk/encyklopedie/tradicne-remesla-a-domacke-vyroby/tradicne-remesla-a-domacke-vyroby/hrnciarstvo/>>
- VIDANOVSKI, Mitko. What makes photos good for photogrammetry? [online]. Dostupné na internete: <<https://blogs.autodesk.com/recap/what-makes-photos-good-for-photogrammetry/>>
- <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/>

Počet slov: 6358

Počet znakov vrátane medzier: 46 847