CZU: 004.42:351.853(498-25)

PARCUL DIGITAL 3D AL MONUMENTELOR DE ARHITECTURĂ DIN CHIȘINĂU: INOVAȚIE ȘI VALORIFICAREA PATRIMONIULUI CULTURAL

3D DIGITAL PARK OF ARCHITECTURAL MONUMENTS IN CHISINAU: INNOVATION AND VALORIZATION OF CULTURAL HERITAGE

Veaceslav SPRINCEAN, ORCID ID: 0000-0001-6719-7387
Universitatea de Stat din Moldova e-mail: veaceslav.sprincean@usm.md

Sergiu PASCARI, ORCID ID:
Universitatea de Stat din Moldova e-mail: pascariserghei@gmail.com

Marianna SAVVA, ORCID ID: 0000-0003-0618-5360
Universitatea de Stat din Moldova e-mail: savva.mariana90@gmail.com

Sergiu MATVEEV, ORCID 0000-0001-8515-2852
Universitatea de Stat din Moldova e-mail: sergiu.matveev@usm.md

Abstract: UAV-based photogrammetry technologies allow the architectural and aesthetic details of monuments to be captured with extreme precision, which helps to thoroughly document their current condition. These models can be used for further restoration, even if the monument would suffer degradation or destruction. The 3D models act as a digital archive of monuments, making it possible to preserve cultural elements in virtual format even if they physically disappear.
Keywords: 3D digital park, architectural monuments, cultural heritage, uav based photogrammetry technologies, 3D models, Agisoft Metashape, Pix4D Mapper.

Introducere

Patrimoniul arhitectural al municipiului Chișinău își trage originile de la începutul sec. XV, prima atestare documentară a Chișinăului datând din 17 iulie 1436, când domnii Moldovei Ilie și Ștefan, au întărit lui Oancea logofătul mai multe sate pe râurile Răut, Ichel și Bâc. Pe parcursul secolelor următoare orașul a trecut toate intemperiile epocilor: inundații, incendii, războaie, politici de demolare etc. în care de rând cu oamenii au avut de suferit și construcțiile. Drept urmare, cele mai vechi construcții păstrate la ziua de astăzi și singurele edificii din sec. XVIII sunt bisericile Măzărache (1752) și Sfinții Împărați Constantin și Elena (1777). Cele mai grave afecțiuni patrimoniului arhitectural al orașului au fost aduse în prima jumătate a secolului XIX, când orașul Chișinău a fost selectat de administrația țaristă pentru a servi drept capitală provinciei recent anexate la Imperiu, orașul fiind reamenajat conform rigorilor urbelor guberniale de epocă. Din această perioadă au supraviețuit câteva edificii printre care Catedrala Mitropolitană „Nașterea Domnului” (1836), casele negustorilor Ivan Naumov (1820) și Mihalache Cațica (începutul sec. XIX). Cele mai multe edificii cu valoare de patrimoniu ale Chișinăului datează din ultimele decenii ale sec. XIX-primele decenii ale secolului următor, care au suferit grav în anii 1941 și 1944 în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, dar și în timpul reamenajării orașului postbelic în contextul impunerii arhitecturii de tip sovietic. În anii de independență, în ciuda existenței unei legi speciale privind ocrotirea monumentelor [1], demolările și degradarea monumentelor de arhitectură din centrul istoric al orașului Chișinău a continuat, devenind o problemă acută în contextul conservării orașului vechi.

Procesul respectiv era însoțit și de o atitudine de lăsare în ruină sau reconstrucție necontrolată deseori ilicită a unor obiective. Astfel, Cartea neagră a patrimoniului cultural al municipiului Chişinău apărută în anul 2010 enunța 977 de edificii de arhitectură de importanţă locală şi naţională înscrise în Registrul monumentelor ocrotite de stat, dintre care 44 au fost demolate în perioada 1993-2006 şi 33 de edificii arhitecturale au fost demolate în perioada 2006-2010, adică circa 8% din listă [2]. Alte 155 de edificii (cca 15,9%) au suferit intervenţii considerabile structurale ilicite, care au prejudiciat autenticitatea şi integritatea monumentelor şi a zonelor de protecţie a acestora, totodată din indiferenţa şi inacţiunea factorului uman, 17 edificii (1,74%) se aflau în proces de ruinare continuă [2]. Degradarea și distrugerea patrimoniului arhitectural a continuat și în anii următori, astfel încât conducerea municipiului Chișinău s-a văzut nevoită să instituie o interdicție temporară (moratoriu) la autorizarea lucrărilor și demolare în zona istorică centrală a orașului Chișinău [3]. Autoritățile statului finanțând prin intermediul programelor de stat a unor proiecte de cercetare a patrimoniul construit, spre ex: „Sporirea valorii patrimoniului arhitectural din Republica Moldova” (2020-2023), finalizat cu mai multe lucrări [1, 4].

Tehnologiile actuale oferă variate posibilități de aplicare a unor inovații în valorificarea patrimoniului arhitectural, una dintre care este crearea unei baze de date digitale materializate în parcuri digitale 3D. Ultimul timp tot mai multe țări își concentrază efortul spre realizarea unor arhive digitale a patrimoniului arhitectural [5-11] etc. Astfel, demersul nostru se alianiază într-un trend global, valoarea căruia a fost conștientizată în mai multe țări de pe glob.

Preliminarii

Parcurile digitale 3D pot atrage turiști și pot stimula interesul pentru istoria și cultura locală. Tururile virtuale permit vizitatorilor să exploreze monumentele din Chișinău, chiar dacă aceștia nu pot călători fizic în oraș. În școli și universități, modelele digitale pot fi folosite pentru lecții interactive, oferind elevilor și studenților o experiență imersivă și captivantă, ceea ce face procesul de învățare mai atractiv. Orașele pot organiza expoziții cu modele 3D ale viitoarelor parcuri pentru a încuraja feedback-ul comunității. Modelele 3D și tururile virtuale oferă accesibilitate persoanelor care nu se pot deplasa sau celor care locuiesc în alte colțuri ale lumii. Prin platforme digitale, Chișinăul își poate promova patrimoniul la nivel internațional. De asemenea, aceste inițiative digitale vor oferi acces persoanelor cu dizabilități, în special celor nevăzătoare, care vor avea posibilitatea să pipăie obiectele obținute la imprimanta 3D, precum și celor care întâmpină dificultăți în vizitarea fizică a monumentelor

Implicarea specialiștilor locali și colaborarea cu instituțiile monumentelor de arhitectură din Chișinău și cele educaționale va genera noi oportunități pentru dezvoltarea unor competențe specializate în domeniul digital. Proiectul realizat va deveni un model replicabil pentru alte localități din Moldova, consolidând poziția țării în rândul promotorilor patrimoniului digitalizat.

Atât modelele digitale 3D cât și cele imprimate pot fi folosite pentru monitorizarea continuă a stării monumentelor, permițând autorităților să detecteze din timp problemele de degradare și să intervină prompt. Acest tip de gestionare eficientă reduce costurile pe termen lung prin prevenirea deteriorării și planificarea optimizată a lucrărilor de întreținere și restaurare.

Proiectul **3DTur** urmărește crearea unui parc digital 3D al monumentelor de patrimoniu din Chișinău, folosind tehnici inovative de fotogrammetrie, cartografie și tehnologii digitale moderne. Acest demers se aliniază cu nevoia stringentă de digitalizare a patrimoniului cultural și de integrare a acestuia în circuitul turistic și educațional prin soluții interactive și accesibile publicului larg.

Metodologia proiectului

Obiectivele acestei lucrări include fotogrammetria avansată cu drone pentru captarea detaliilor arhitecturale. Pentru realizarea acestor obiective s-au realizat lucrări de teren și lucrări de birou prin efectuarea scanării și prelucrare computațională a datelor pentru a genera modele digitale precise.

Lucrări de teren

Imaginile au fost captate folosind aparatul de zbor DJI Phantom 4 PRO, care este un sistem format dintr-o dronă (UAV) specializată în aerofotografiere și filmări aeriene, utilizabil pentru prelucrarea datelor foto. Modelul Phantom 4 PRO (P4M) este echipat cu un modul RTK integrat, care oferă informații de poziție cu precizie centimetrica în timp real, asigurând astfel o acuratețe ridicată. De asemenea, drona dispune de un modul GNSS redundant, care îi permite să mențină precizia înaltă zborului chiar și în zone cu semnal slab. Drona este compatibilă cu diverse fluxuri de lucru și permite conectarea în mai multe moduri:

- la stația mobilă D-RTK 2, într-un sistem similar cu baza-rover;
- prin protocolul NTRIP (Rețeaua de transport RTCM prin Internet Protocol), utilizând Sistemul Național de Poziționare „MOLDPOS”.

Conexiunea poate fi realizată prin 4G (dongle USB), Wi-Fi, OcuSync sau LAN, garantând o transmisie de date continuă și stabilă. Serviciul TimeSync sincronizează în permanență controlerul de zbor, camera și modulul RTK, maximizând performanța modulelor de poziționare ale P4M.

Planificarea zborului cu fotografie și zbor - punct de referință. Piloții pot alege calea de zbor a dronei în timp ce ajustează elemente precum viteza, altitudinea și parametrii camerei. Precum și o serie de caracteristici, cum ar fi o alertă de vânt puternic care alertează piloții cu privire la condițiile meteorologice nefavorabile.

Lucrări de birou

Pentru prelucrarea datelor colectate cu P4M au fost folosite două softuri, Agisoft Metashape și în Pix4D Mapper. Agisoft Metashape este un software care utilizează algoritmi de fotogrammetrie pentru a converti fotografiile aeriene sau terestre în modele 3D, ortomozaicuri și modele digitale de elevație (DEM). Etapele de prelucrare în Agisoft Metashape care le-am urmat au fost: Am importat setul de imagini captate de dronă. Este important să fie acoperite toate zonele vizate, cu suprapunere între cadre (de obicei 70-80%).

- Agisoft identifică puncte comune (puncte de interes) între imagini și le aliniază pe baza acestora. Se generează o structură preliminară de nor de puncte dispersat, care oferă o reprezentare inițială a poziționării spațiale a fotografiilor. Pe baza punctelor identificate, software-ul construiește un nor de puncte dens, care conține informații spațiale detaliate *Figura 1*. Acest nor poate fi colorat în funcție de imaginile originale. Am generat o suprafață 3D pe baza norului de puncte dens, folosind o tehnică de interpolare pentru a construi un model tip Mesh (rețea de poligoane) *Figura 2*.

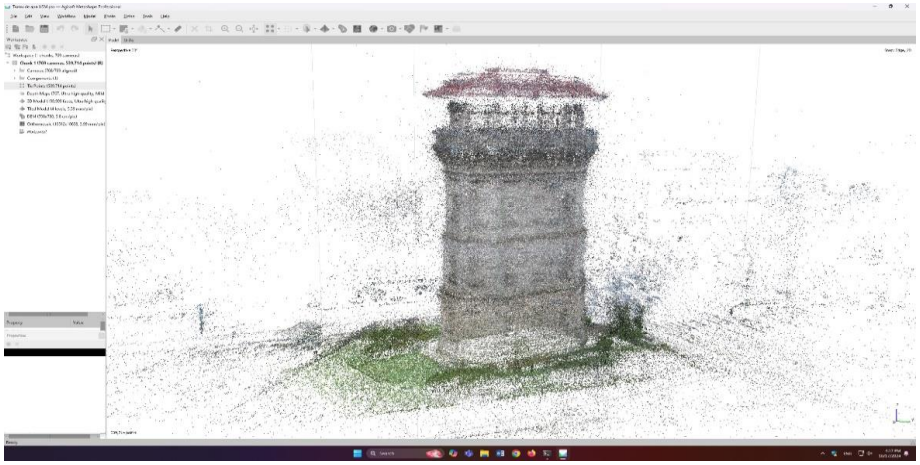


Figura 1. Crearea norilor de puncte

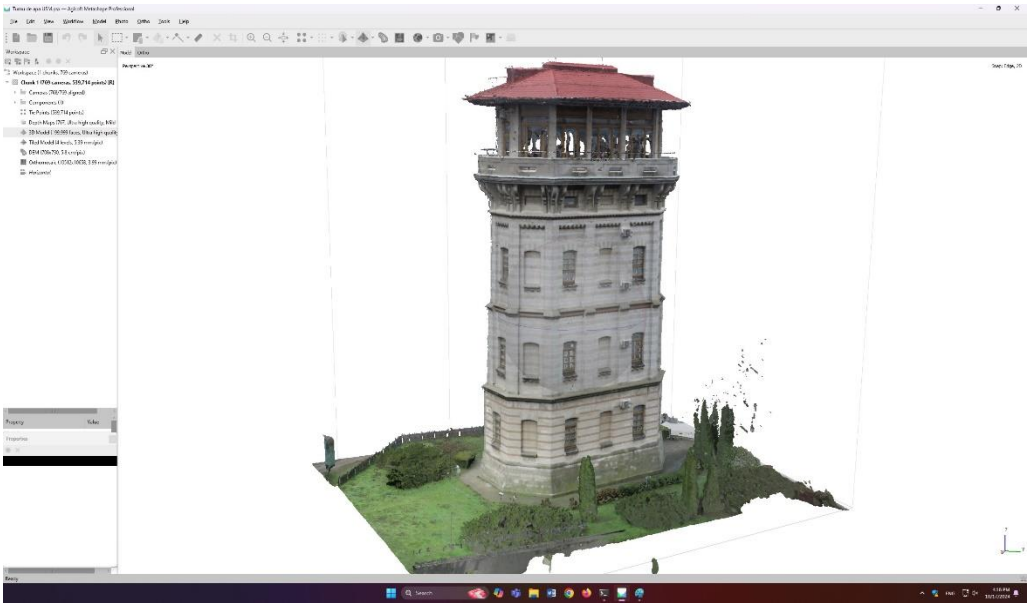


Figura 2 Modelul 3D a turnului de apă

DEM-ul l-am creat prin procesarea datelor 3D, extrăgând elevațiile fiecărui punct. În funcție de tipul de model, putem obține și un DSM (Model Digital al Suprafaței) sau un DTM (Model Digital al Terenului), excluzând vegetația, clădirile și alte obiecte care creează distorsiuni. Ulterior am generat un ortomozaic prin corectarea distorsiunilor și proiectarea imaginilor pe modelul 3D, obținând o hartă georeferențiată, fără deformări de perspectivă[12, 13]. Rezultatele pot fi exportate în diverse formate: nor de puncte (.LAS), model 3D (.OBJ, .PLY), DEM (.TIF) sau ortomozaic (.TIFF, .JPEG).

Deci putem spune că acest soft este potrivit pentru procesări complexe și detaliate, care oferă suport pentru integrarea datelor GNSS/RTK pentru o mai bună georeferențiere, totodată Agisoft Metashape poate lucra cu fotografii multispectrale și termale.

Pix4D Mapper este un alt software de fotogrammetrie popular, specializat în generarea de produse geospațiale precum norii de puncte, DEM și ortomozaicuri, cu accent pe utilizarea datelor din drone. Procesul de lucru este similar cu Agisoft, dar are câteva diferențe notabile. Am importat fotografiile aeriene și am creat un nou proiect. Pix4D detectează automat metadatele (informații GNSS, altitudine etc.) din fișierele EXIF. Software-ul identifică puncte comune în imagini și aliniaza cadrele pentru a crea o structură inițială. Acest proces este esențial pentru generarea norului de puncte. Pix4D-ul oferă opțiuni avansate de calibrare automată a camerei, pentru a corecta erorile geometrice și a optimiza alinierea. După aliniere, am generat un nor de puncte dens, folosind un algoritm de interpolare avansată. Pix4D permite vizualizarea și editarea norului pentru eliminarea punctelor eronate. După care am creeat un model 3D pe baza norului de puncte, care poate fi utilizat pentru vizualizări, simulări sau alte analize. Deci Pix4D Mapper permite crearea atât a unui DSM (care include toate obiectele aflate la suprafață), cât și a unui DTM (care prezintă doar relieful, eliminând clădirile și vegetația). În final obținem un ortomozaic georeferențiat, fără distorsiuni, care poate fi folosit pentru analize topografice și cartografiere. Pix4D Mapper oferă posibilitatea de a exporta norii de puncte (.LAS), modelele 3D, DEM (.TIF) și ortomozaicurile în formate compatibile GIS (.GeoTIFF).

Ca particularități ale Pix4D Mapper sunt, integrarea nativă cu drone și senzori multispectrali, capacitate de a corela datele cu rețele de corecție GNSS, cum ar fi NTRIP și RTK și oferă funcții avansate de editare și optimizare a norilor de puncte și a DEM [12, 14].

Atât Agisoft Metashape, cât și Pix4D Mapper sunt soluții eficiente pentru obținerea norilor de puncte, modelelor 3D, DEM și ortomozaicuri, dar fiecare are avantaje specifice [15]. Agisoft este mai potrivit pentru utilizatori care doresc control detaliat și procesare complexă, în timp ce Pix4D Mapper excelează prin integrarea nativă cu drone și un flux de lucru automatizat, ideal pentru proiecte rapide și eficiente (Tabelul 1).

Tabelul 1 Compararea fluxului de lucru între Agisoft și Pix4D

Aspect	Agisoft Metashape	Pix4D Mapper
Interfață	Ușor tehnică, cu multe opțiuni avansate.	Mai prietenoasă și intuitivă.
Calibrare cameră	Manuală și automată, cu suport pentru multe tipuri de camere.	Calibrare automată avansată.
Tipuri de produse	Modele 3D, DEM, ortomozaicuri.	DEM, ortomozaicuri, analize multispectrale.
Performanță	Procesare detaliată, dar mai lentă.	Procesare rapidă și optimizată pentru drone.
Flux de lucru	Necesită mai multă intervenție manuală.	Mai automatizat, dar cu opțiuni de control.

Pentru a transfera modelele 3D din Agisoft Metashape sau Pix4D Mapper în Blender, trebuie să exportăm proiectele într-un format compatibil (precum OBJ, FBX sau PLY). Pentru exportarea din Agisoft Metashape se deschide proiectul în Agisoft Metashape, selectează modelul pe care dorim să-l exportăm din secțiunea Workspace; File → Export → Export Model, alegem formatul dorit (OBJ, FBX, PLY sau STL). În fereastra de export, selectăm detaliile dorite: texturile, coordonatele UV și decimarea poligoanelor (dacă este necesar). În cazul care dacă modelul are texturi bifăm opțiunea ”Export texture” și salvăm fișierul într-o locație pe disc. Pentru exportarea din Pix4D Mapper deschidem proiectul selectăm 3D Textured Mesh sau modelul pe care dorim să-l exporăm și alegem: Menu → Process → Export Outputs, alege formatul de export (**OBJ**, **PLY**, **FBX**) și setăm export. Selectăm rezoluția modelului și ne asigurăm că texturile sunt incluse în fișier și în final salvăm fișierul exportat într-o locație pe disc.

Pentru a importa modelului în Blender, deschidem programași selectăm File → Import, alegem formatul fișierului exportat (de exemplu, **OBJ** sau **FBX**), apoi navighăm către locația fișierului și îl selectăm. Ne asigurăm că opțiunea Import materials and textures este activată, pentru a importa materialele și texturile asociate modelului. Apoi ajustăm scara modelului deoarece modelele noastre sunt prea mari). După import, utilizăm Viewport Shading în Blender pentru a verifica dacă texturile sunt aplicate corect și efectuăm eventuale ajustări necesare la lumină, poziționare sau texturi.

Blender suportă o varietate de formate (OBJ, FBX, PLY, STL), dar OBJ este cel mai frecvent utilizat pentru modelele din fotogrametrie. În unele cazuri texturile nu apar corect după import, pentru aceasta suntem nevoiți să verificăm în secțiunea Shader Editor din Blender pentru a reasocia fișierele de textură. Este bine să păstrăm organizate fișierele (modelul și texturile) într-un singur fișier pentru a evita probleme la import. Acest flux ne permite să integrăm modelele fotogrammetrice în Blender pentru post-procesare sau pentru utilizări mai avansate [16-18]. După ce am efectuat prelucrarea proiectului transmitem model 3D realizat în Blender către imprimanta 3D. Pentru realizarea acestui proces am urmat careva pași esențiali. Am selectat obiectul pe care dorim să îl imprimăm apoi am selectat File →Export. Este necesar de ales formatul potrivit pentru imprimare 3D, cum ar fi STL (.stl) care este cel mai folosit pentru imprimare 3D, dar în unele cazuri am folosit și OBJ (.obj), deoarece

acest stil este cel mai potrivit pentru modele mai detaliate. Deoarece imprimarea am efectuat-o la diferite imprimante, am fost nevoiți să folosim și formatul 3MF (.3mf), deoarece unele imprimanta folosită este compatibilă doar cu acest format [19].

La realizarea modelului este important să verificăm dacă modelul este imprimabil, totodată ne asigurăm că modelul are dimensiunile reale necesare (în mm/cm). În Blender mergem la Object Properties → Scale și aplicăm cu `Ctrl + A` → Scale. După care activăm `3D Print Toolbox` în Blender prin (Edit → Preferences → Add-ons). Verificăm eventualele erori: găuri, intersecții de suprafețe sau obiecte duble. După care folosim funcția Check All din meniul 3D Print Toolbox pentru a identifica daca persistă careva problemele. Înainte de a imprima, modelul lam trecut printr-un software de slicing pentru a genera fișierele G-code necesare imprimantei. Cele mai populare softuri de slicing sunt: Cura care este un soft (open-source), PrusaSlicer, Simplify3D dar acesta este un soft comercial. Apoi am importat modelul STL/OBJ în softul de slicing și am configurat parametrii de imprimare. Noi la modelele noastre am folosim înălțimea stratului de obicei între 0.1 - 0.3 mm, am setat temperatura extruderului și platformei, Infill (densitatea obiectului), iar în unele cazuri este nevoie de a seta și suporturi deoarece unele modele necesită susținere în timpul imprimării. După setările din slicer am exportat fișierul G-code pe un card USB. Am introdus cardul USB în imprimanta 3D, după care în meniul imprimantei am selectat fișierul G-code și am pornit procesul de imprimare. Periodic am verificat primele straturi pentru a ne asigura că imprimarea decurge corect, deoarece erorile de imprimare apar de obicei la început cum ar fi aderarea la platformă sau probleme de extrudare.



Figura 3. Obiectul 3D imprimat

În final, am obținut un model 3D complet imprimat cu ajutorul imprimantei 3D, transformând designul digital din Blender într-un obiect fizic palpabil *Figura 3*. Rezultatul final reflectă procesul atent de pregătire și ajustare, unde fiecare pas a fost esențial pentru a asigura o imprimare reușită.

Modelul a fost imprimat strat cu strat folosind filamentul corespunzător PLA și ABS, conform parametrilor setați în software-ul de slicing. Am urmărit ca detaliile complexe să fie redate cu precizie, iar suprafețele să fie netede și uniforme.

Densitatea internă a fost calibrată pentru a asigura un echilibru între durabilitate și economie de material, iar suporturile generate automat au fost îndepărtate cu grijă după finalizarea imprimării.

După imprimare, obiectul a trecut printr-o verificare a calității, pentru a identifica eventuale defecte, cum ar fi decalaje între straturi sau zone care necesită finisare. În cazul în care a fost necesară o post-procesare suplimentară, aceasta a inclus fie șlefuirea ușoară a suprafețelor, fie adeziv pentru a îmbina părțile componente. Rezultatul final este un obiect personalizat și unic, demonstrând clar beneficiile tehnologiei de imprimare 3D. Am reușit să transformăm un concept digital într-o prototipare rapidă și funcțională, oferind atât un exemplu concret al procesului de design, cât și un produs fizic ce poate fi utilizat sau expus.

Concluzii

Digitalizarea monumentelor de arhitectură devine esențială în contextul proceselor de restaurare și valorificare promovate de Ministerul Culturii, dar și pentru a contracara impactul negativ al dezvoltatorilor imobiliari.

Prin intermediul fotogrammetriei și tehnologiilor cloud, 3DTur oferă instrumente noi pentru conservarea patrimoniului, promovând în același timp Chișinăul ca destinație turistică modernă.

Modelele digitale și imprimate 3D oferă o nouă metodologie pentru valorificarea patrimoniului cultural prin utilizarea fotogrammetriei și a dronelor. În plus, colaborarea între instituțiile implicate asigură o diseminare eficientă a rezultatelor prin expoziții și seminare.

Produsele digitale dezvoltate vor putea fi utilizate în lucrările educaționale și ghiduri turistice, contribuind astfel la formarea competențelor la elevi și studenți privind cunoașterea și promovarea patrimoniului național. În plus, modelele 3D vor fi accesibile și pentru persoanele cu deficiențe de vedere. Ele vor putea fi comercializate în magazinele muzeelor.

Modelele 3D pot contribui la creșterea competitivității turismului cultural din Republica Moldova și la elaborarea de noi servicii educaționale și tehnologice.

Bibliografie:

1. ALBU, Svetlana, et al. Preserving the Value of Architectural Heritage in Chișinău Municipality. In: *HERiPRENEURSHIP* Sustainable Tourism, Heritage Management and the Cultural and Creative Industries: Creating New Investment Opportunities at Places of Cultural Significance Proceedings of an International Conference. Tulcea. June 8th-9th 2023. Cluj-Napoca, 2023. pp. 181-190.

2. ŞTEFĂNIŢĂ, Ion. Cartea neagră a patrimoniului cultural al municipiului Chişinău. " Continental Crup" SRL, 2010.

3.https://www.chisinau.md/public/files/anul_2021/cmc2021/07.20.21/28._instituirea_interdictiei_temporare_la_autorizarea_lucrarilor_de_constructie.pdf (vizitat pe 1.10.2024).

4. ALBU, Svetlana, et al. Patrimoniul construit: aspecte tehnice, economice și juridice. Probleme și propuneri. Chișinău, 2023.

5. YÖRÜK, Ali Akif, BÜLBÜL, Muhammed Abdullah, HAJISMAIL, Salah. 3D Architectural Heritage Platform. In: Digital international journal of Architecture Art Heritage, 2022, vol. 1, no. 2, pp. 65-90.

6. SAMADZADEGAN, Farhad, DADRASS, Javan F, ZEYNALPOOR, Asl M. Architectural heritage 3D modelling using unmanned aerial vehicles multi-view imaging. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2023, vol. 48. pp.1395-1402.

7. KURAPKAT, Dietmar, et. al. Digital Monument Preservation in 3D. The virtual bazaar of Aleppo (Suq al-Madina) as a discussion tool for the preservation of historical monuments. In: Forum for Digital Archaeology and Infrastructure. 2023, pp. 1-15.

8. NOARDO, Francesca. Architectural heritage information in 3D geospatial models: developing opportunities and challenges. In: Science and Digital Technology for Cultural Heritage-

Interdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models, 2019, pp. 10-18.
9. GARCIA-ESPINEL, Jose Daniel, GONZÁLEZ, José María López-Galiacho, TORRES, Manuel Fernández. 3D Heritage: Preserving Historical and Cultural Heritage Through Reality Capture and Large-Scale 3D Printing. In: Decoding Cultural Heritage: A Critical Dissection and Taxonomy of Human Creativity through Digital Tools. 2024, Springer, pp. 377-394.
10. TAKÁČ, Ondrej, et al. Protection of the city's cultural heritage also with the help of partial 3D models. In: International Journal of Advanced Natural Sciences and EngineeringResearches, 2024, pp. 64-72.
11. STOREIDE, Markus, BAKKEN, Sebastian, et. al. Standardization of digitized heritage: a review of implementations of 3D in cultural heritage. In: Heritage Science, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 1-22.
12. OVER, Jin-Si R, et. al., Processing coastal imagery with Agisoft Metashape Professional Edition, version 1.6—Structure from motion workflow documentation. 2021, US Geological Survey.
13. HAN, Soohee, HONG, Chang-Ki. Assessment of parallel computing performance of Agisoft metashape for orthomosaic generation. In: Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 2019, vol. 37, no. 6, pp. 427-434.
14. BARBASIEWICZ, Adrianna, WIDERSKI, Tadeusz, DALIGA, Karol. The analysis of the accuracy of spatial models using photogrammetric software: Agisoft Photoscan and Pix4D. In: E3S Web of Conferences. 2018. EDP Sciences.
15. ALIDOOST, F, AREFI, H. Comparison of UAS-based photogrammetry software for 3D point cloud generation: a survey over a historical site. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2017, vol. 4, no. pp. 55-61.
16. BRITO, Allan. Blender 3D. Novatec New York, 2007.
17. GUEVARRA, Ezra Thess Mendoza. Modeling and animation using blender: blender 2.80: the rise of Eevee. Apress, 2019.
18. FISHER, Gordon. Blender 3D printing essentials. Packt Publishing Ltd, 2013.
19. HATTORI, Tetsuo, et. al. Utilization of both free 3DCG software “Blender” and 3D printing for early STEM education. in 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE). 2020. IEEE.

Finanțare: Această cercetare a fost finanțată de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova în cadrul subprogramului nr. 011210, „Metode fizice avansate și tehnologii bazate pe UAV pentru monitorizare complexă, evaluare și modelare” și Proiectul Voucher inovațional 3DTur 2024-2025.