



Universitatea Tehnică a Moldovei

APLICAREA LIDAR PENTRU CONSERVAREA DIGITALĂ A PATRIMONIULUI CULTURAL DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU

Student: Culaoglu Roman

**Coordonator: Țîganu Eugeniu
asistent universitar**

Chișinău, 2026

ADNOTARE

la teza de licență cu tema

„APLICAREA LIDAR PENTRU CONSERVAREA DIGITALĂ A PATRIMONIULUI CULTURAL DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU”, autor Culaoglu Roman

Lucrarea este structurată pe trei capitole principale, fiecare abordând o dimensiune distinctă a utilizării tehnologiei LiDAR în conservarea digitală a patrimoniului cultural din Chișinău.

Primul capitol — Aspecte teoretice și metodologice de conservare a patrimoniului cultural — definește conceptul de patrimoniu cultural în sens larg, incluzând componenta materială și cea imaterială, și analizează cadrul legislativ din Republica Moldova, de la Legea privind ocrotirea monumentelor (1993) până la proiectele de aliniere la standardele europene și convențiile UNESCO. Concluzia principală este că problema nu rezidă în absența legislației, ci în implementarea acesteia: resurse financiare limitate, voință politică insuficientă și lipsă de specialiști. Situația din Chișinău ilustrează această contradicție — centrul istoric cuprinde aproape o mie de monumente din secolele XIX–XX, multe confruntându-se cu degradare avansată și presiune imobiliară. În acest context, digitalizarea și scanarea 3D apar ca soluții complementare conservării fizice.

Capitolul al doilea constituie fundamentul tehnic al lucrării. LiDAR (Light Detection and Ranging) este o metodă activă de teledetecție care emite impulsuri laser și măsoară timpul de revenire a semnalului, generând un nor de puncte 3D. Sunt prezentate tipurile de sisteme disponibile — terestru (TLS), aerian (ALS) și mobil (MLS) — precum și limitările tehnologiei: sensibilitate la condițiile atmosferice, costuri ridicate ale echipamentelor și necesitatea unui software specializat. Avantajele rămân însă semnificative: precizie centimetrică, densitate ridicată a datelor și independență față de iluminare.

Capitolul al treilea reprezintă partea aplicativă, centrată pe un studiu de caz concret: scanarea terestră a monumentului Moara Roșie din Chișinău, realizată cu scannerul portabil CHCNAV RS10 în cadrul proiectului european Interreg NONA. Construită la mijlocul secolului al XIX-lea și reconstruită după un incendiu în 1901, Moara Roșie este unul dintre ultimele două exemple de arhitectură industrială eclectică păstrate în oraș. Produsele finale au inclus modelul 3D al construcției, profile secționale și integrarea datelor în sisteme GIS. Capitolul concluzionează că LiDAR și fotogrammetria sunt metode complementare — prima excelând în precizie geometrică, a doua oferind texturi cromatice mai bogate la costuri mai mici — iar abordarea hibridă reprezintă standardul de calitate adoptat în proiect.

Cuvinte-cheie: LiDAR, patrimoniu cultural, conservare digitală, nor de puncte, Chișinău.

ANNOTATION

to the thesis with theme

"APPLICATION OF LIDAR FOR THE DIGITAL PRESERVATION OF CULTURAL HERITAGE IN CHIȘINĂU MUNICIPALITY" author, Culaoglu Roman

The paper is structured into three main chapters, each addressing a distinct dimension of LiDAR technology's use in the digital conservation of cultural heritage in Chișinău.

The first chapter — Theoretical and Methodological Aspects of Cultural Heritage Conservation — defines the concept of cultural heritage in a broad sense, encompassing both its tangible component (buildings, monuments, sites) and its intangible one (traditions, crafts, folklore), and examines the legislative framework of the Republic of Moldova, from the Law on the Protection of Monuments (1993) to ongoing projects aimed at aligning with European standards and UNESCO conventions. The main conclusion is that the problem lies not in the absence of legislation, but in its implementation: limited financial resources, insufficient political will, and a shortage of specialists. The situation in Chișinău illustrates this contradiction well — the historic city centre contains nearly one thousand monuments and buildings from the 19th and 20th centuries, many of which face severe deterioration and real estate development pressure. Against this backdrop, digitisation and 3D scanning emerge as complementary solutions to physical conservation.

The second chapter forms the technical foundation of the paper. LiDAR (*Light Detection and Ranging*) is an active remote sensing method that emits laser pulses and measures the return time of the reflected signal, thereby generating a 3D point cloud. The chapter presents the types of systems available — terrestrial (TLS), airborne (ALS), and mobile (MLS) — as well as the technology's limitations: sensitivity to adverse atmospheric conditions, high equipment costs, and the need for specialised software and trained personnel. The advantages, however, remain significant: centimetre-level accuracy, high point cloud density, and independence from lighting conditions.

The third chapter represents the applied portion of the paper, centred on a concrete case study: the terrestrial scanning of the *Red Mill (Moara Roșie)* monument in Chișinău, carried out using the CHCNAV RS10 portable scanner as part of the European Interreg NONA project. Built in the mid-19th century and reconstructed following a fire in 1901, the Red Mill is one of only two remaining examples of eclectic industrial architecture preserved in the city. The final outputs included a 3D model of the structure, cross-sectional profiles, and the integration of data into GIS systems. The chapter concludes that LiDAR and photogrammetry are complementary methods — the former excelling in geometric precision and the documentation of interior spaces, the latter offering richer chromatic textures at lower operating costs — and that a hybrid approach combining both methods represents the quality standard adopted by the European project within which the Red Mill documentation campaign was conducted.

Keywords: LiDAR, cultural heritage, digital conservation, point cloud, Chișinău.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	10
1. ASPECTE TEORETICE SI METODOLOGICE DE CONSERVARE AL PATRIMONIULUI CULTURAL.....	12
1.1. Definirea patrimoniului cultural.....	12
1.2. Metode si acte normative ale patrimoniului cultural.....	14
1.3. Evoluția protecției patrimoniului în Republica Moldova.....	15
1.4. Situația actuală a monumentelor istorice din Chișinău	16
2. TEHNOLOGIA LiDAR ȘI PRINCIPIILE EI DE FUNCȚIONARE	19
2.1. Bazele teoretice ale tehnologiei LiDAR.....	19
2.2. Tipuri de sisteme LiDAR (terestru, aerian, montat pe drone).....	20
2.3. Avantajele si dezavantajele LiDAR față de metodele tradiționale de măsurare	23
2.4. Limitările și provocările tehnologiei LiDAR	25
2.5. Softuri si metode de prelucrare a datelor Lidar	27
3. APLICAREA LiDAR ÎN CONSERVAREA DIGITALĂ A PATRIMONIULUI CULTURAL..	30
3.1. Studiu de caz: scanarea unui monument din Chișinău	30
3.2. Metodologia de scanare 3D a monumentelor	31
3.3. Procesarea și vizualizarea modelelor digitale	35
3.4. Integrarea datelor LiDAR în sisteme GIS	39
3.5. Compararea datelor LiDAR cu date fotogrametrice	41
CONCLUZII	46
BIBLIOGRAFIE	49
ANEXE	52
Anexa 1. Scanarea Lidar Moara Roșie vederea X-ray	53
Anexa 2. Amplasare secțiuni săpături efectuate.....	54
Anexa 3. Profilul transversal al secțiuni tumulului	55
Anexa 4. Secțiunea 4	56
Anexa 5 Colorizare conform altitudinilor și intensității norului de puncte.....	59

					UTM 0731.2 - 023 ME			
Mod.	Coala	Nr. doc.	Semnăt.	Data				
Elaborat		Culaoglu R			Aplicarea LiDAR pentru conservarea digitală a patrimoniului cultural din municipiul Chișinău	Faza	Coala	Coli
Coordonator		Țiganu E.				L	9	59
Consultant		Cheibaș M.				UTM FCGC		
Verificat		Ovdii M.				IGC-213 F/R		
Aprobat		Taranenco A.						

INTRODUCERE

Trăim într-o perioadă în care tehnologia evoluează rapid și pătrunde în aproape toate domeniile, inclusiv în cel al conservării patrimoniului cultural. Tocmai această intersecție dintre vechi și nou m-a atras spre tema prezentei lucrări: utilizarea tehnologiei LiDAR pentru documentarea și conservarea digitală a monumentelor istorice din Chișinău.

Am ales această temă pentru că mi se pare că patrimoniul arhitectural al capitalei noastre se află într-un moment critic. Centrul istoric al Chișinăului adăpostește aproape o mie de monumente și clădiri din secolele XIX–XX, care poartă amprenta mai multor culturi și epoci — otomană, rusească, românească, sovietică. Și totuși, multe dintre ele se degradează lent, din cauza lipsei finanțării, a presiunii imobiliare și a indiferenței. Când restaurarea fizică nu este posibilă, documentarea digitală devine, practic, singura formă de a păstra memoria unui monument. Iar LiDAR-ul este, în opinia mea, unul dintre cele mai puternice instrumente disponibile în acest scop.

Actualitatea temei este evidentă: Republica Moldova se află în plin proces de aliniere la standardele europene privind protecția patrimoniului cultural, iar tehnologiile moderne de scanare 3D câștigă teren tot mai mult în proiectele internaționale de documentare. Participarea orașului Chișinău la proiecte europene precum Interreg NONA demonstrează că există interes și voință de a integra aceste soluții și la nivel local.

Scopul lucrării este de a analiza modul în care tehnologia LiDAR poate fi aplicată în conservarea digitală a patrimoniului cultural din Chișinău, pornind de la un studiu de caz concret — scanarea monumentului Moara Roșie. Obiectivele pe care mi le-am propus sunt: înțelegerea cadrului teoretic și legislativ al protecției patrimoniului cultural în Republica Moldova; descrierea principiilor de funcționare și a tipurilor de sisteme LiDAR; și prezentarea unui flux complet de lucru, de la achiziția datelor până la produsele finale.

Lucrarea este structurată pe trei capitole principale.

Primul capitol — Aspecte teoretice și metodologice de conservare a patrimoniului cultural — oferă fundamentul conceptual al lucrării. Am început prin a clarifica ce înseamnă patrimoniul cultural ca noțiune, incluzând atât componenta materială (clădiri, monumente, situri), cât și cea imaterială (tradiții, meșteșuguri, folclor). Am analizat apoi cadrul legislativ din Republica Moldova, de la Legea privind ocrotirea monumentelor din 1993 și Registrul Monumentelor publicat în 2010, până la proiectele de legi aflate în prezent în elaborare, menite să alinieze legislația națională la standardele europene și la convențiile UNESCO. O atenție specială am acordat situației concrete din Chișinău, unde bogăția patrimoniului arhitectural contrastează dureros cu starea de degradare în care se află o mare parte dintre monumente.

Al doilea capitol — Tehnologia LiDAR și principiile ei de funcționare — constituie fundamentul tehnic al lucrării. Am explicat principiul de bază al acestei tehnologii: emiterea de impulsuri laser și măsurarea timpului de revenire a semnalului reflectat, din care rezultă un ansamblu

					UTM 0731.2 – 023 ME	Coala
						10
Mod.	Coala	Nr. doc.	Semnătura	Data		

de coordonate 3D denumit nor de puncte. Am trecut în revistă tipurile principale de sisteme LiDAR disponibile — terestru (TLS), aerian (ALS) și mobil (MLS) — precum și avantajele și limitările fiecăruia. Nu am omis nici provocările reale ale tehnologiei: sensibilitatea la condițiile atmosferice, costurile ridicate ale echipamentelor profesionale și necesitatea unui software specializat și a personalului instruit pentru procesarea datelor.

Al treilea capitol — Aplicarea LiDAR în conservarea digitală a patrimoniului cultural — reprezintă partea aplicativă a lucrării și se concentrează pe un studiu de caz concret: scanarea terestră a monumentului Moara Roșie din Chișinău, realizată cu scannerul portabil CHCNAV RS10 în cadrul proiectului european Interreg NONA. Am descris metodologia de scanare, procesul de prelucrare a datelor cu aplicațiile CoPre2 și CoProcess2, produsele finale obținute (model 3D, profile secționale, colorizarea norului de puncte) și integrarea acestora în sisteme GIS. Capitolul se încheie cu o comparație între LiDAR și fotogrammetrie, cele două metode revelându-se ca fiind complementare, nu concurente.

Lucrarea nu își propune să ofere soluții exhaustive la problemele conservării patrimoniului — un subiect mult prea vast pentru o teză de licență. Obiectivul ei mai modest, dar concret, este de a demonstra că tehnologia LiDAR reprezintă un instrument valoros și accesibil pentru documentarea digitală a monumentelor, și că aplicarea ei în contextul Chișinăului este nu doar posibilă, ci și necesară.

					UTM 0731.2 – 023 ME	Coala
						11
Mod.	Coala	Nr. doc.	Semnătura	Data		

BIBLIOGRAFIE

- [1] Legea nr. 280 din 27-12-2011 privind protejarea patrimoniului cultural național mobil.
- [2] JOKILEHTO, J. (1999). A History of Architectural Conservation. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [3] Legea nr. 1530 din 22 iunie 1993 privind ocrotirea monumentelor.
- [4] FEILDEN, B. M. (2003). Conservation of Historic Buildings (3rd ed.). Oxford: Architectural Press/Elsevier.
- [5] Hotărârea Guvernului nr. 1009 din 05 octombrie 2010 privind aprobarea Registrului monumentelor Republicii Moldova ocrotite de stat
- [6] UNESCO World Heritage Centre. (2024). What is World Heritage? Recuperat din <https://whc.unesco.org/en/about/>
- [7] ICOMOS. (2024). Heritage Resources. Recuperat din <https://www.icomos.org/en/resources>
- [8] Open Geospatial Consortium. (2024). OGC Standards — LAS Format. Recuperat din <https://www.ogc.org>
- [9] BĂLAN, G. (2004). Monumente istorice din Republica Moldova. Chișinău: Știința.
- [10] Ciobanu, Ș. (1925). Chișinăul. Chișinău: Cartea Moldovenească. [Ediție facsimilată 2016, Arc].
- [11] REMONDINO, F., & CAMPANA, S. (Eds.). (2014). 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and Best Practices. BAR International Series. Oxford: Archaeopress.
- [12] BRUSAPORCI, S. (Ed.). (2015). Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation (2 vols.). Hershey, PA: IGI Global.
- [13] Cart Engineering SRL. (2024). Scanare 3D și Topografie. Recuperat din <https://www.cartengineering.md>
- [14] Autodesk. (2024). What is LiDAR? Recuperat din <https://www.autodesk.com/solutions/lidar>
- [15] WEHR, A., & LOHR, U. (1999). Airborne Laser Scanning — An Introduction and Overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54(2–3), 68–82. [Reprinted in collected volumes on LiDAR fundamentals].
- [16] CHCNAV. (2024). RS10 Indoor & Outdoor Mobile LiDAR Scanner. Recuperat din <https://www.chcnave.com/product/rs10>
- [17] CHCNAV. (2023). RS10 3D Mobile LiDAR Scanner — User Guide v2.1. Shanghai: CHC Navigation.
- [18] LICHTI, D. D., & LICHT, M. G. (2006). Experiences with Terrestrial Laser Scanner Modelling and Accuracy Assessment. In H.-G. Maas & D. Schneider (Eds.), IAPRS Volume

					<i>UTM 0731.2 – 023 ME</i>	Coala
						49
Mod.	Coala	Nr. doc.	Semnătura	Data		

XXXVI, Part 5. Dresden.

- [19] VOSSSELMAN, G., & MAAS, H.-G. (Eds.). (2010). Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath: Whittles Publishing.
- [20] RICS. (2014). Measured Surveys of Land, Buildings and Utilities: RICS Guidance Note (3rd ed.). London: Royal Institution of Chartered Surveyors.
- [21] FARO Technologies. (2022). FARO Laser Scanner Focus: User Manual. Lake Mary, FL: FARO Technologies Inc.
- [22] ISO 19157:2013. Geographic Information — Data Quality. Geneva: International Organization for Standardization.
- [23] ANSI/ASPRS. (2015). Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Version 1.0. Bethesda: ASPRS.
- [24] Leica Geosystems. (2021). Leica Cyclone REGISTER 360 — User Manual. Heerbrugg: Leica Geosystems AG.
- [25] ASPRS. (2019). LAS Specification, Version 1.4 – R15. The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- [26] VLASENCO, A., PANTAZ, A. Cartografie digitală: Îndrumar metodic privind elaborarea proiectului de an. Editura: U.T.M. 2022. 100 p, ISBN 978-9975-45-780-4.
- [27] Esri. (2024). What is GIS? Recuperat din <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>
- [28] NISTOR-LOPATENCO, L., TIGANU, E., VLASENCO, A., IACOVLEV, A., GRAMA, V. Creation of the Point Cloud and the 3D Model for the Above-Ground Infrastructure in the City of Chisinau by Modern Geodetic Methods. In Bulletin of the Transilvania University of Braşov Vol. 15(64) No. 1-2022.
- [29] ȚIGANU E., ȚIGANU D., VLASENCO A. NISTOR-LOPATENCO L. The Application of Terrestrial Laser Scanning to Monitoring the Cricova Underground Mine in the Republic of Moldova. International Symposium GEOMAT 2023, Technical University "Gheorghe Asachi" Iasi, România. In: RevCAD 35/2023, ISSN 2068-5203, pp. 85-94.
- [30] Interreg NONA Project. (2024). NONA — Network of Natural and Cultural Heritage. Recuperat din <https://www.interreg-nona.eu>
- [31] English Heritage. (2011). 3D Laser Scanning for Heritage: Advice and Guidance to Users on Laser Scanning in Archaeology and Architecture (2nd ed.). Swindon: English Heritage.
- [32] Historic England. (2017). Photogrammetric Applications for Cultural Heritage: Guidance for Good Practice. Swindon: Historic England.
- [33] VLASENCO, A. Proiecții cartografice și transformări de datum în Republica Moldova. Monografie. Editura “Globe Edit”, 2024, ISBN 978-620-6-79753-1.
- [34] VLASENCO, A., NISTOR-LOPATENCO, L., ZUBCO, E., FARIMA, Al-dru. Terrestrial laser scanning for 3D cadastre: A case study of road infrastructure in the Republic of Moldova. In:

					<i>UTM 0731.2 – 023 ME</i>	Coala
						50
Mod.	Coala	Nr. doc.	Semnătura	Data		

[35] ASTM E2544-11a. (2011). Standard Terminology for Three-Dimensional (3D) Imaging Systems. ASTM International, West Conshohocken, PA.

[36] NISTOR-LOPATENCO, L., VLASENCO, A., ȚIGANU, E., ȚIGANU, D. The Use of Laser Scanning Technology for the Restoration of Historical Buildings. International Symposium GEOMAT 2025, Technical University "Gheorghe Asachi" Iasi, România. In: RevCAD 38/2025, ISSN 2068-5203, pp. 37-46.