



Јасна ГРУЈОСКА-КУНЕСКА, Вероника ШЕНДОВА

ДОКУМЕНТАЦИЈА И КОНЗЕРВАЦИЈА НА КУЛТУРНО-ИСТОРИСКИ ОБЈЕКТИ: СТУДИЈА НА ЦРКВАТА СВ. НИКИТА СО ТЕХНИКА ЗА ЗД ЛАСЕРСКО СКЕНИРАЊЕ

Клучни зборови: историски објекти, 3Д ласерски скенер, виртуелен модел, дигитална документација

Апстракт: Историските објекти се значаен дел од заедничкото човеково наследство, тие создаваат врска со нашето минато и нѝ овозможуваат непроценлив увид во нашата историја, архитектура и традиции. Денешната цивилизација има законска и морална обврска да ги зачува овие објекти во сегашноста и да ги пренесе, со сета изворност, на идните генерации.

Основа на секој конзерваторски процес е разбирањето на објектот и прибирањето податоци пред да настане позначајна промена која може да влијае на автентичноста на споменикот. Историските објекти се подложни на промени и оштетувања од разни природни, човекови и климатски фактори, поради што е тешко да се гарантира нивната долговечност. Оттука, особено е значајно тие да бидат добро документирани, бидејќи тоа ќе овозможи да се сочуваат сите значајни информации потребни при процесите на заштита, конзервација/рестаурација.

Документацијата има клучна улога во заштитата на нашето наследство, бидејќи промовира подлабоко разбирање и вреднување на нашата историја и идентитет. Во овој труд претставено е истражувањето на еден доцновизантиски споменик – црквата Св. Никита со примена на современ пристап со техника за 3Д ласерско скенирање. Техниката овозможи да се снимат целиот објектот и да се генерира дигитална копија на споменикот, вклучувајќи ги и најмалите детали, со претходно недостижна точност.

ВОВЕД

Историските објекти се значаен дел од материјалното културно наследство. Тоа се објекти кои опстоиле во период од стотици и повеќе години, како видливи сведоци на времето, културата и луѓето кои ги создале, и како такви заслужуваат

посебно внимание и третман. Со текот на времето неизбежно настануваат одредени оштетувања и промени кај историските објекти, кои влијаат врз нивната изворна автентичност и состојба. Кон ова придонесуваат многубројните природни, климатски и човекови фактори, [1]. Особено се ранливи историските објекти лоцирани во сеизмички подрачја, каде земјотресите се главна причина за оштетување и губење на културното наследство [2], што може да доведе и до бришење на еден вековен културен развој.

Република Северна Македонија е земја со исклучително богато материјално културно наследство, создавано со векови. Ризницата на нашата земја содржи некои од најзачуваните примери на културно-историски богатства во светски рамки: цркви, манастири, џамии, археолошки локалитети и многубројни движни наоди, [3]. Лоцирани во сеизмички активно подрачје, овие објекти се изложени како на влијанието од разни климатски и човекови фактори, така и на ефектите од земјотреси, поради што можноста за нивно оштетување е значително поголема. Во Скопскиот земјотрес од 1963 година (магнитуда од 6.1 степени според Рихтеровата скала) помали или поголеми оштетувања претрпеле речиси сите културно-историски споменици во градот и околината. Многу објекти од Османлиски период биле значително оштетени или разурнати, а не биле поштедени ни византиските цркви лоцирани во околината на градот. Објектите лоцирани во старата чаршија, кои датираат од различни периоди (цркви, џамии, дуќани, бањи) за време на земјотресот претрпеле значителни оштетувања или биле разурнати, [4]. Ваквите историски објекти поседуваат исклучителни културни, архитектонски и уметнички вредности кои ги симболизираат луѓето и традициите од минато, поради што е особено значајно тие навремено да се зачуваат, пред да бидат неповратно изгубени.



Сл. 1 Црква Св. Никита: фасадно обликување и ентериер

Оттука, документацијата на културното наследство е значајна и актуелна тема на современите општества бидејќи истата е неопходен аспект и појдовна точка во процесите поврзани со заштита на историските објекти, [5]. Документацијата е клучен запис на нашето културно-историско наследство, што ни овозможува да го разбереме, зачуваме и пренесеме на идните генерации.

Во областа на културното наследство, денес развиени се низа традиционални и современи техники кои се користат за документирање на материјалните богатства. Секој историски објект е засебен и уникатен, поради што пристапот на документирање и самата документација од еден до друг објект се разликува. Во поново време, примената на дигиталните технологии е сè почеста, бидејќи обезбедува прецизни резултатати и значително го олеснува процесот на документирање, [5]. 3Д ласерското скенирање, како недеструктивна техника, наоѓа честа примена кај историските објекти, каде директниот контакт со нив треба да биде сведен на минимум, [6]. Техниката се користи за снимање и документирање [7][8][9][10][11], анализа и прецизно толкување на состојбата [6][12][13][14][15] на културно-историски објекти, артефакти и локалитети. Споредено со традиционалните техники, ласерското скенирање има низа предности: безконтактен пристап, скратено време на работа, поголема прецизност на прибирање податоци, флексибилност, непречена

функционалност при секакво опкружување, можност за in-situ користење итн., [9].

ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕ: ЦРКВА СВ. НИКИТА, БАЊАНИ

Црквата Св. Никита е типичен доцновизантиски споменик од 14-ти век, која ги носи одликите на повеќето византиски цркви во Р. Северна Македонија. Овој објект поседува исклучителни историски, архитектонски и уметнички вредности. Лоциран е на падините на Скопска Црна гора, во селото Бањани, Скопско. Објектот е изграден како еднокуполна градба со форма на впишан крст во правоаголна основа, со петострана апсида на исток и отсуство на нартекс, [16]. Конструктивниот систем го сочинуваат масивни фасадни ѕидови со дебелина од околу 85см и четири столбови (во внатрешноста) на кои се потпира покривната конструкција: полуцилиндрични сводови и централна купола. Во изградба на објектот користени се традиционални материјали: неколку видови камен (најмногу варовник, а во помала мера травертин, гранит, доломит) и тула поврзани со варов малтер, [17]. Фасадите на црквата се изведени со особено внимание; со исклучок на западната фасада, останатите фасади се изведени од хоризонтални редови камен и тули со широки фуги од фреско малтер – евидентна е примена на техниката “opus cloisonné”. Плитките ниши и

пиластри создаваат дополнителна разиграност на фасадите, (сл. 1).

Внатрешните површини на црквата се едноставно обработени, малтерисани и насликани со фрескоживопис кој е зачуван во поголем обем, (сл. 1). Сочуван е оригиналниот живопис од 14-ти век, кој поседува големи уметнички вредности, а постојат и фрески од подоцнежни периоди – 15-ти и 19-ти век, [16]. Во 80-тите години на минатиот век се извршени последните поопсежни интервенции кои се евидентни во надворешниот изглед на објектот: санација на оштетувањата во носивите сидови, реконструкција на покривните партии и замена на керамидите со оловен лим, [18].

ИСТРАЖУВАЊЕ НА ЦРКВАТА СВ. НИКИТА СО ПРИМЕНА НА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА 3Д ЛАСЕРСКО СКЕНИРАЊЕ

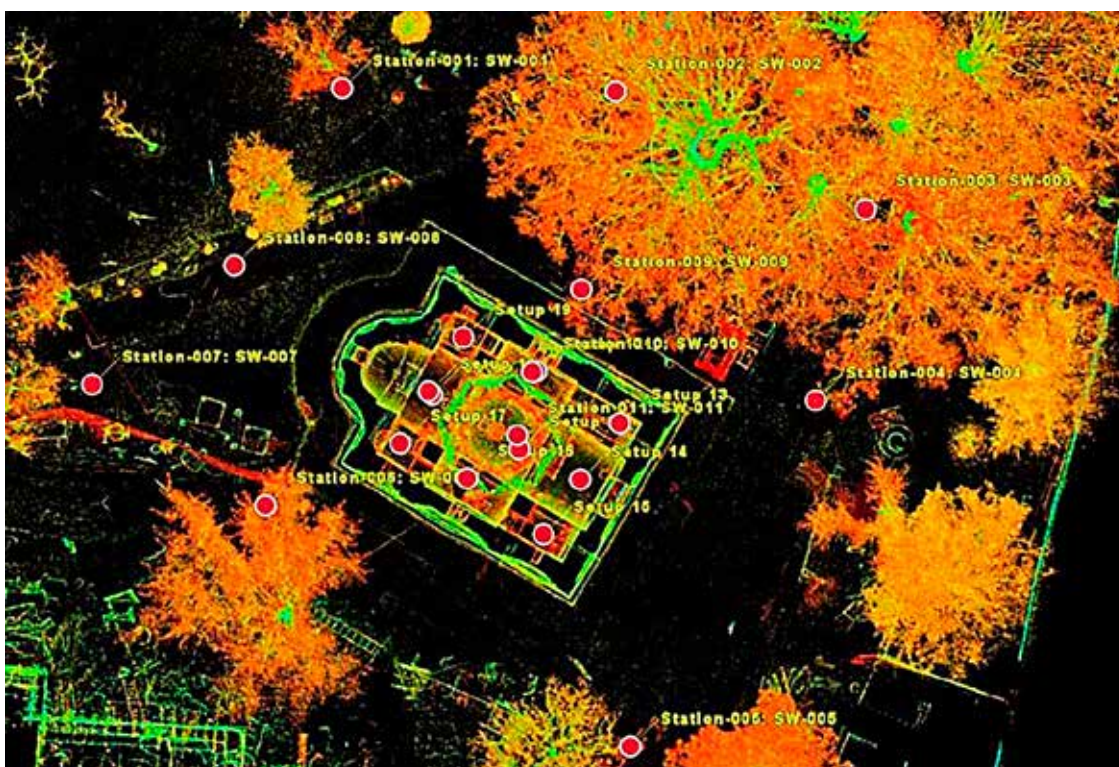
Технологијата со 3Д ласерско скенирање овозможува да се снимат милиони податочни точки, со мерење на растојанието меѓу скенерот и истражуваниите површини. На овој начин се генерира т.н. “облак“ од точки, кои се димензионално точна претстава на истражуваниот објект. Понатаму, овие податоци се процесираат во соодветни софтвери што резултира со прецизен 3Д дигитален модел, што го рефлектира реалниот објект, [19].

Во истражување на црквата Св. Никита користен беше Leica ScanStation P40, еден од најновите модели скенери што се карактеризира со

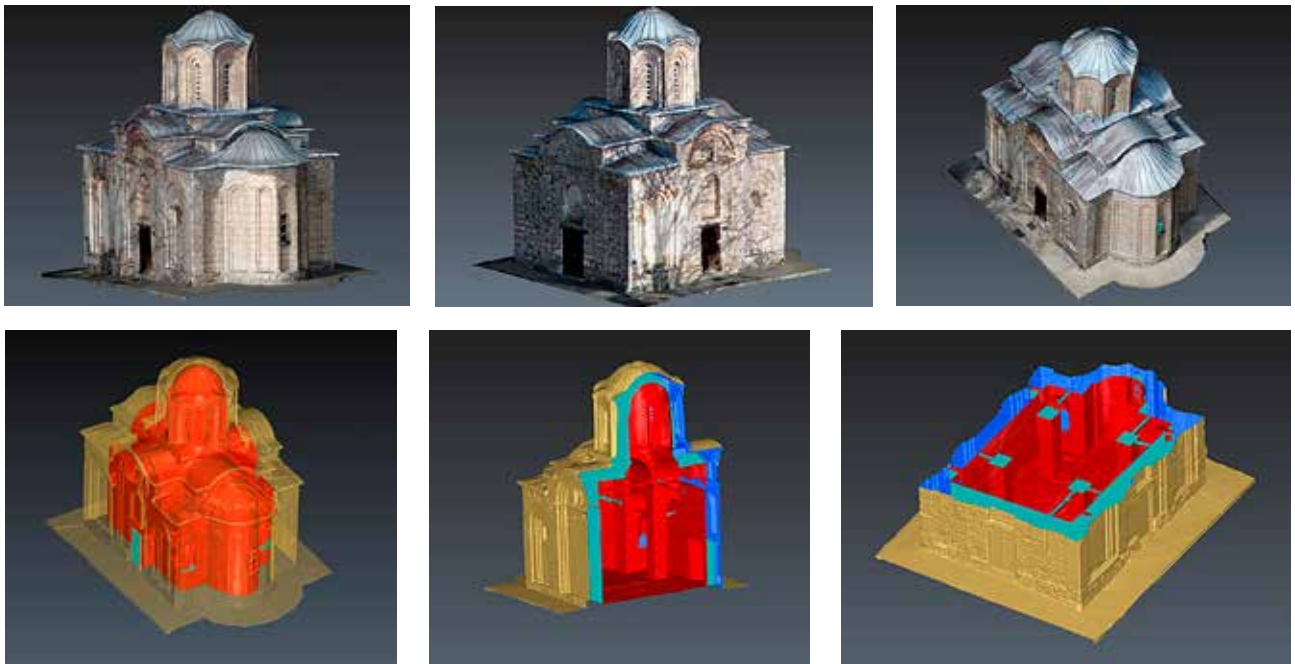
исклучителна прецизност (точност на моделирана површина од 1мм), брзина и разновидност на работа. Користи ласерски мерач на растојанија со видно поле од 360° и панорамско сликање со висока резолуција за да создаде 3Д облак од точки од просторот околу него. Во самиот скенер се наоѓа и дигитална камера со висока резолуција која овозможи приказ на реалните текстури и бои на материјалите од црквата. За процесирање на добиените податоци применет беше софтверот Leica Cyclone FIELD 360, кој овозможи управување со скенираните податоци и процесирање на облакот од точки, [20].

Целокупната теренска работа се спроведе во релативно краток временски период, од приближно два часа, следната фаза вклучување обработка на податоците. За да се опфати целиот објект, скенерот беше позициониран во неколку мерни точки во екстериерот и ентериерот на црквата, (сл. 2). Дополнително, применето беше и снимање со дрон, што овозможи снимки од покривната конструкција. На овој начин беше прецизно дефинирана целокупната геометрија на објектот, [21].

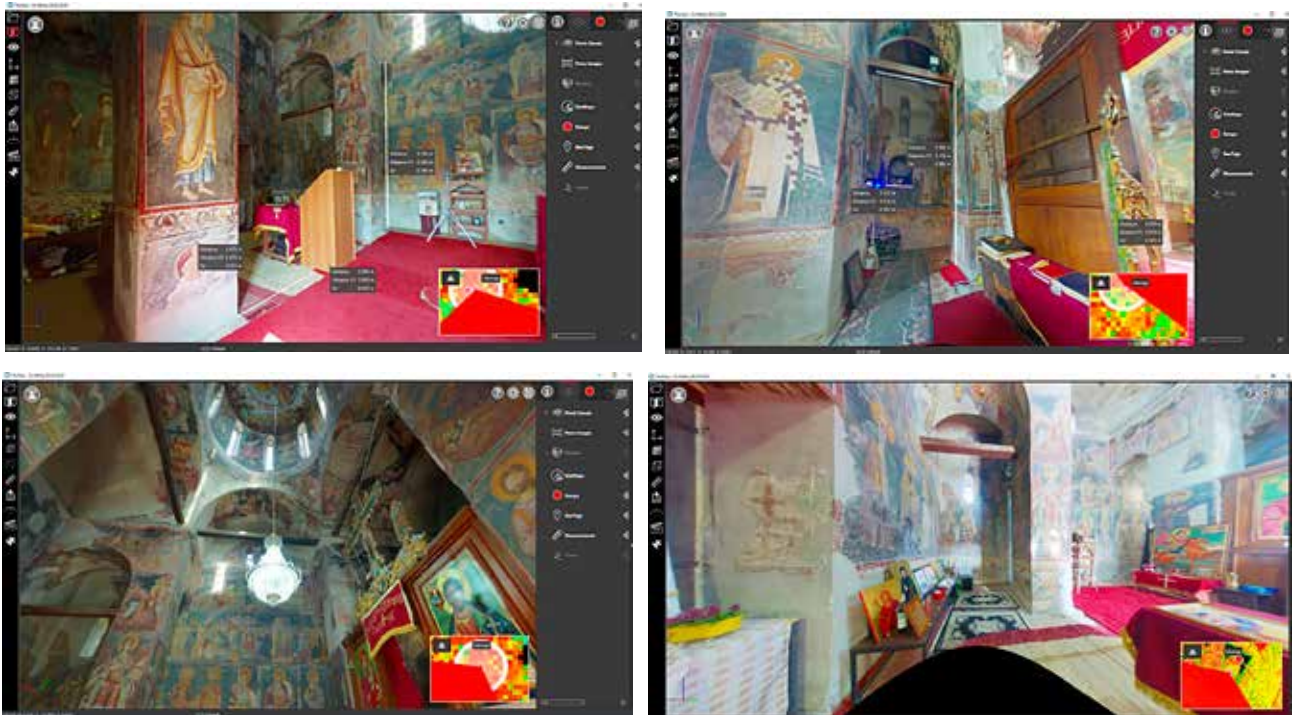
Примената на 3Д ласерскиот скенер овозможи да се добие прецизен 3Д дигитален модел, (сл. 3) односно виртуелна копија на споменикот, што на архитектите, инженерите-конструктори и сите останати истражувачи им дава можност да го проучуваат споменикот согласно потребите, да ја разберат комплексната геометрија и деталите на конструкцијата заедно со карактеризацијата на



Сл. 2 Позиција на мерни точки на 3Д скенерот во ентериерот и екстериерот на црквата, [21]



Сл. 3 Дигитален 3Д модел на црквата Св. Никита добиен со ласерски скенер, [21]

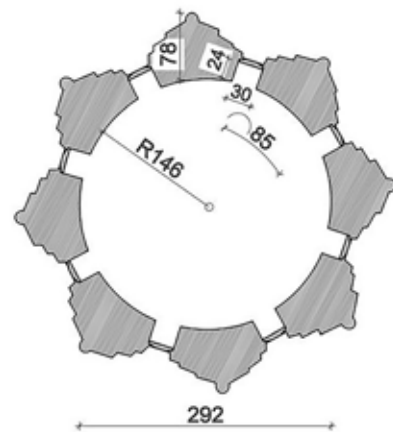
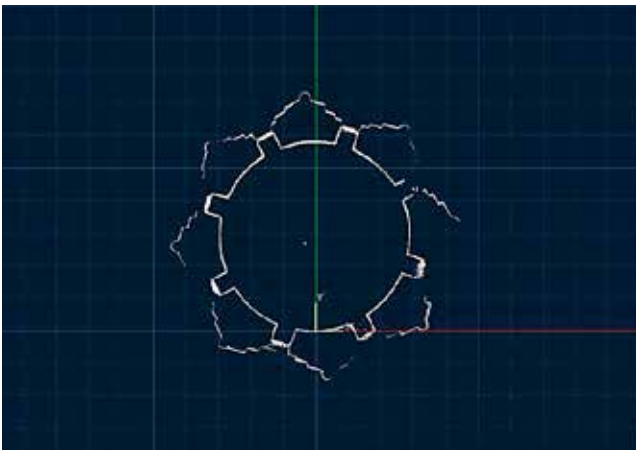
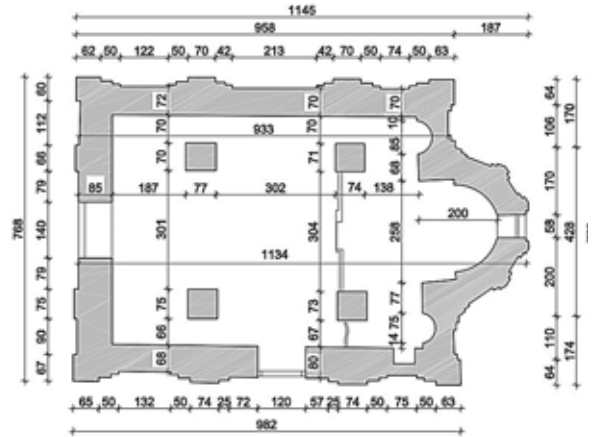
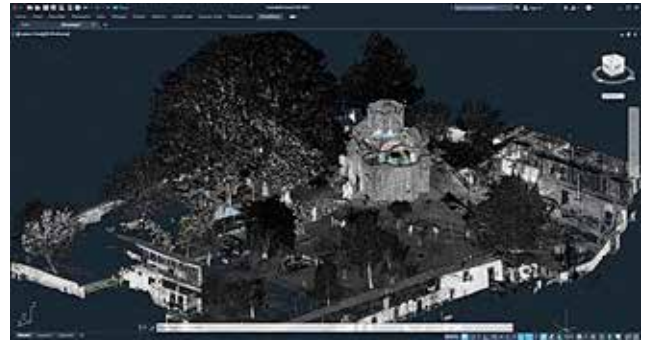


Сл. 4 Визуелни прикази на ентериерот од црквата Св. Никита, снимени со ласерски скенер

составните материјали. Преку овој модел може да се визуелизира и управува објектот од различни агли, во секое време, независно од реалните физички ограничувања. Моделот е изработен со голема прецизност, што дава можност да се измери која било димензија на елементите или растојание и да се идентификуваат и најмалите детали, (сл. 4), [21].

Финално, 3Д моделот беше експортиран во .dwg фајл (AutoCAD програмот) за понатамошна обработка и анализа. CAD програмот дава мож-

ност да се направат хоризонтални и вертикални пресеци во која било рамнина на 3Д моделот, односно да се генерираат потребните основи, пресеци и фасади, што за посложени објекти каде се потребни поголем број цртежи за презентација е особено корисно. Во оваа фаза беа детално разработени основи на црквата, кои се генерираа од 3Д моделот. Сепак, треба да се спомене дека за вака добиените дводимензионални цртежи потребна е дообработка во CAD програмот, (сл. 5) за истите да претставуваат соодветна документација за споменикот.



Сл. 5 Експортиран 3Д модел во AutoCAD, дводимензионални цртежи добиени од моделот (лево) и соодветни дводимензионални цртежи доработени во AutoCAD (десно), [21]

Податоците добиени со 3Д ласерскиот скенер претставуваат дигитална документација на споменикот во моментот на снимање, што е особено значајно бидејќи овозможува да се сочуваат сите физички, историски и културни аспекти на споменикот и истите да се пренесат на идните генерации. Особена предност е што оваа документација е достапна во секое време за потребите на идни истражувачки, конзерваторски и едукативни намени. Прецизноста со која е изработен моделот дава можност да се измери која било димензија на елементите, што значително го олесни формирањето на нумеричкиот модел користен во понатамошната анализа на конструкцијата од гравитациони и сеизмички влијанија, [21].

ЗАКЛУЧНИ НАПОМЕНИ

Во овој труд е прикажано истражувањето на еден доцновизантиски споменик – црквата Св. Никита со примена на 3Д ласерски скенер, со цел да се покажат можностите кои ги нуди оваа технологија во областа на материјалното културно наследство. Генерираниот 3Д модел за црквата дава можност да се анализира и истражува објектот од различни агли, согласно потребите на истражувачите. Снимените податоци претставуваат сеопфатна документација за споменикот, која ги прикажува и најмалите детали, кои со традиционалните техники е тешко да се прикажат. Оваа

документација, за разлика од постоечката, е достапна во секое време и истата може да се користи како основа за понатамошно следење на неговата состојба и при идните процеси за конзервација, но истовремено може да се користи и за едукативни цели, што ќе овозможи промовирање на историските објекти и поблиско запознавање со исто-

риските стилови. Особено е значајно навремено да се документира материјалното наследство кое е лоцирано во сеизмички региони, како што е Р. Северна Македонија, каде и со современиот напредок на технологијата не може да се предвиди кога ќе се случи следниот земјотрес и колкави штети ќе предизвика.

РЕФЕРЕНЦИ

- [1] Feilden B. *Conservation of Historic Buildings*. 3rd Editio. Oxford; Burlington, MA: Architectural Press; 2003.
- [2] Feilden BM. *Between Two Earthquakes: Cultural Property in Seismic Zones*. Rome: Marina del Rey, CA: ICCROM; Getty Conservation Institute; 1987.
- [3] No Title. Управа за заштита на културно наследство n.d. <http://uzkn.gov.mk/mk/публикации/> (accessed October 4, 2024).
- [4] РЗЗСК, Кочишки И. *Завод за заштита на спомениците на културата на град Скопје, 1963-1983*. Завод, Скопје; 1983.
- [5] Hassani F. Documentation of cultural heritage; techniques, potentials, and constraints. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci* 2015;XL-5/W7:207–14. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-207-2015>.
- [6] Armesto-González J, Riveiro-Rodríguez B, González-Aguilera D, Rivas-Brea MT. Terrestrial laser scanning intensity data applied to damage detection for historical buildings. *J Archaeol Sci* 2010;37:3037–47. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.06.031>.
- [7] Yastikli N. Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *J Cult Herit* 2007;8:423–7. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.003>.
- [8] Costanzo A, Minasi M, Casula G, Musacchio M, Buongiorno M. Combined Use of Terrestrial Laser Scanning and IR Thermography Applied to a Historical Building. *Sensors* 2014;15:194–213. <https://doi.org/10.3390/s150100194>.
- [9] Zhang Y, Ying Z, Shen Z, Nishino T, Chen X. 3D Laser Scanning Technology-based Historic Building Mapping for Historic Preservation. *Int Rev Spat Plan Sustain Dev* 2015;3:53–67. https://doi.org/10.14246/irpspd.3.2_53.
- [10] Grosman L, Smikt O, Smilansky U. On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts. *J Archaeol Sci* 2008;35:3101–10. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.06.011>.
- [11] Lezzerini M, Antonelli F, Columbu S, Gadducci R, Marradi A, Miriello D, et al. Cultural Heritage Documentation and Conservation: Three-Dimensional (3D) Laser Scanning and Geographical Information System (GIS) Techniques for Thematic Mapping of Facade Stonework of St. Nicholas Church (Pisa, Italy). *Int J Archit Herit* 2016;10:9–19. <https://doi.org/10.1080/15583058.2014.924605>.
- [12] Lignola GP, Manfredi G. A combination of NDT methods for the restoration of monumental façades: The case study of Monte di Pietà (Naples, Italy). *J Cult Herit* 2010;11:360–4. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.11.010>.
- [13] Casula G, Fais S, Ligas P. An experimental application of a 3D terrestrial laser scanner and acoustic techniques in assessing the quality of the stones used in monumental structures. *Int J Microstruct Mater Prop* 2009;4:45. <https://doi.org/10.1504/IJMMP.2009.028432>.
- [14] Núñez Andrés A, Buill Pozuelo F, Regot Marimón J, de Mesa Gisbert A. Generation of virtual models of cultural heritage. *J Cult Herit* 2012;13:103–6. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2011.06.004>.
- [15] Sánchez-Aparicio LJ, Del Pozo S, Ramos LF, Arce A, Fernandes FM. Heritage site preservation with combined radiometric and geometric analysis of TLS data. *Autom Constr* 2018;85:24–39. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.023>.
- [16] Марковиќ М. *Свети Никита код Скопља*. Београд: Службени Гласник; 2015.
- [17] Шендова В. Докторска дисертација: Сеизмичко зајакнување и санација на Византиски цркви. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, ИЗИИС, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, 1997.
- [18] НУ Конзерваторски центар - Скопје. *Записник, од одржан состанок на комисијата за преглед и прием на проектот и изведувачките работи на реставрацијата на покривот и покривање со*

оловен лим на манастирската црква Св. Никита во с. Горњани Скопско. Скопје: 1980.

[19] Arayici Y. An approach for real world data modelling with the 3D terrestrial laser scanner for built environment. *Autom Constr* 2007;16:816–29. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.02.008>.

[20] Leica ScanStation P30/P40 Product Specifications n.d. <https://leica-geosystems.com/>

[products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30](https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30) (accessed October 4, 2024).

[21] Грујоска-Кунеска Ј. Докторска дисертација: Современ пристап во дијагностика на состојбата на културно историски споменици-архитектонска перспектива. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, ИЗИИС, Скопје, 2024.

Jasna GRUJOSKA-KUNESKA, Veronika ŠENDOVA

DOCUMENTATION AND CONSERVATION OF CULTURAL-HISTORIC BUILDINGS: STUDY ON THE CHURCH OF ST. NIKITA USING 3D LASER SCANNING TECHNOLOGY

Summary

Keywords: *historic buildings, 3D laser scanner, virtual model, digital documentation*

Historic buildings are a significant part of the shared human heritage; they create a link with our past and provide an invaluable insight into our history, architecture and traditions. Today's civilization has a legal and moral obligation to preserve these buildings in the present and to pass them on, with all authenticity, to the future generations.

The fundamental of any conservation process is understanding the building and gathering data prior to any significant change occurs that can affect the authenticity of the monument. Historic buildings are susceptible to changes and damage from various natural, human and climatic factors, which is why it is difficult to guarantee their eternity. Thus, it is of great

importance to be well documented, as this will enable to preserve all the important information during the protection, conservation/restoration processes.

Heritage documentation plays a crucial role in safeguarding our heritage, promoting a better understanding and appreciation of our history and identity. This paper presents the research of a late Byzantine monument - the church of St. Nikita using a modern approach of 3D laser scanning technique. The technique made it possible to record the entire building and generate a digital copy of the monument, including the smallest details, with previously unattainable accuracy.

