



Tadas Žižiūnas

3D VAIZDO TECHNOLOGIJOS KULTŪROS PAVELDO TYRIMAMS IR SKLAIDAI

XXI amžiuje visuomenė dėl informacinių technologijų, interneto ir mobiliųjų ryšių kaip niekada anksčiau yra suburama į glaudų, akimirksniu valdomos informacijos (žinių) srautą. Tai sukūrė taip vadinamą tinklo arba tinklaveikos visuomenę, kurioje dominuoja vizualumas, virtualumas, informacijos (per)kūrimo ir dalijimosi sparta¹. Šiuo metu, ypač moksliniuose tarpdisciplininuose projektuose, akcentuojama proveržio idėja dažnai yra susijusi tiek su tarpdiscipliniškumu², tiek su skaitmeninėmis technologijomis ir skaitmeninėje erdvėje vykstančiais tyrimais.

Skaitmeniniai tyrimai³ yra palyginti nauja informacijos rinkimo, kaupimo, analizavimo, komunikavimo galimybė, leidžianti sukurti naujas, labiau integruotas tyrimo metodologijas ir technikas, o skaitmeninimas yra ne vien informacijos išsaugojimas, minėtos tinklaveikos ir „vaizdų visuomenės“ kontekste siekiant efektyvesnės komunikacijos, bet ir duomenų perkodavimas⁴, kad skaitmeninį turinį būtų galima tirti naujais metodais. Kultūros paveldo (toliau – paveldo) sritis nėra išimtis,

1 Castells M. *Tinklaveikos visuomenės raida*, Kaunas, 2005.

2 Mokslo darbuose Lietuvoje nėra visuotinai priimtų tarpdiscipliniškumo apibendrinimų, todėl ši sąvoka vartojama įvairiausiomis reikšmėmis, kurios angliškoje mokslinėje literatūroje yra skirstomos į „transdisciplinarity“, „interdisciplinarity“ ir „multidisciplinarity“, tačiau lietuvių kalboje terminų atitikčių iki šiol neturi. Šio straipsnio tikslas nėra šios terminologijos vertinimas, todėl jame tarpdiscipliniškumas vartojamas „methodological interdisciplinarity“ prasme. Tai reiškia, anot Thomson Klein J., „tipišką procesą, kuomet pasiskolinami kitų disciplinų metodai, koncepcijos ar sąvokos tam, kad būtų testuojama viena ar kita hipotezė, ieškoma atsakymo į mokslinį klausimą, arba siekiant sukurti naują teorinę prieigą“. Paimta iš: Thomson Klein J. A taxonomy of interdisciplinarity. In: *The Oxford Handbook of interdisciplinarity*, 2012, p. 19.

3 Skaitmeniniai tyrimai šiame darbe bus suprantami per skaitmeninės humanitarikos (angl. *digital humanities*) prizmę, daugiau akcentuojant pačius tyrimus, kurie paremti naujausiomis technologijomis, skaitmeniniais įrankiais, kompiuterinėmis programomis, daugialype terpe bei interneto prieiga. Kitaip sakant, skaitmeniniai SHM tyrimai – tai tradicinės SHM mokslinės interesų sritys, kuriose tyrimai ir komunikacinė sąveika pagrįsti skaitmeninėmis informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis.

4 Laužikas R. Paveldo skaitmeninimas: nuo duomenų banko iki Second life. In: *Liaudies kultūra*, nr. 2, Vilnius, 2012, p. 17.



REALAUS PASAULIO PERKĖLIMAS Į 3D	SKAITMENINĖS MEDIJOS
• 3D skaitmeninė fotogrametrija • Lidar ir 3D lazerinis skenavimas • 3D modeliavimas	• Papildytoji realybė • Virtualioji realybė

1 pav. 3D vaizdo technologijos ir medijos. Iliustracija autoriaus

todėl šiame lauke taip pat vis plačiau pritaikomos naujausios skaitmeninės informacinės ir komunikacijos technologijos (toliau – IKT)⁵, todėl skaitmeninė erdvė tampa ir humanitarų bei socialinių mokslų (toliau – SHM) objektais, o tai lemia naujų tyrimų ir metodų plėtrą. Tokiais metodais galima vadinti ir 3D vaizdo technologijas⁶, tokias kaip *Lidar*⁷ (angl. *light detection and ranging*), skaitmeninė 3D fotogrametrija⁸ ar 3D kompiuterinis modeliavimas, bei skaitmeninės terpės, tokios kaip papildytoji realybė⁹ (angl. *augmented reality*) ar virtualioji¹⁰ realybė¹¹ (angl. *virtual reality*). Šių technologijų (žr. 1 paveikslą) panauda Lietuvos

- 5 Paimta iš: Kapleris I. Skaitmeninių medijų raiška Lietuvos muziejų komunikacijoje (daktaro disertacija), Vilnius, 2014, p. 4.
- 6 3D vaizdas – tai tris dimensijas (aukštį, plotį, ilgį) diskrečiojoje skaitmeninėje aplinkoje atkuriantys vaizdai, manipuliuojami įvairiomis virtualios realybės programinėmis įrangomis per įvairius ekranus. Elektroninis žodynas. Prieiga internete: <http://www.thefreedictionary.com/3+D> [žiūrėta 2017-01-28].
- 7 Lidar – tai elektroniniai lazeriniai ir/ar optiniai prietaisai, kurie automatiškai tam tikra tvarka realiu laiku fiksuoja supančią fizinę tikrovę, rezultatus atvaizduodami kaip x (ilgį), y (plotį), z (aukštį) informaciją (ir, pavyzdžiui, atspindžio intensyvumą, fotoatvaizdą) apie tam tikrą erdvės vietą.
- 8 Šiame darbe skaitmeninė 3D fotogrametrija suprantama kaip realybės fizinių objektų skaitmeninės fotofiksacijos ir specialios programinės įrangos panaudojimas siekiant iš fotomedžiagos atkurti fizinės realybės skaitmeninį 3D modelį.
- 9 Papildytoji realybė – tai daugialypės terpės, įvairių technologinių procesų modelis, kuriuo realiu laiku įgalinamas virtualaus pasaulio sujungimas su analoginiu fiziniu pasauliu, dažniausiai panaudojant išmaniuosius įrenginius (telefonus, planšetinius kompiuterius, akinius, specialius šalmus). Pagal: Mullen T. *Prototyping augmented reality*, New York, JAV, 2011, p. 2–3.
- 10 Egzistuoja daugybė skirtingų „virtualumo“ apibrėžimų ar sampratų, pavyzdžiui: virtualumas kaip konotacija, t. y. neigiamumas; virtualumas kaip ontologinė iliuzija, t. y. antitikrovė ir t.t., tačiau šiame darbe remiamasi skaitmeninių technologijų kuriamo ir valdomo skaitmeninio turinio samprata. Pagal: Huvila I. *The Ecology of Information Work: A Case Study of Bridging Archaeological Work and Virtual Reality Based Knowledge Organisation*, Abo, 2006, p. 63.
- 11 Virtualioji realybė šiame darbe apima visą skaitmeninės ekspozicijos spektrą. Virtuali realybė čia suvokiama kaip virtualus skaitmeninis pasaulis, pažįstamas ir manipuliuojamas ekranais.

paveldo sektoriuje yra vis dar menkai plėtojama tema¹², o praktiniai pritaikymai, pavyzdžiui, muziejinių objektų skaitmenizavime ir sklaidoje, perdėm per menki¹³.

Šio straipsnio tikslas – išryškinti trijų pagrindinių 3D vaizdo sukūrimo technologijų (Lidar, 3D modeliavimas, skaitmeninė 3D fotogrametrija) ir jų galimų rezultatų sklaidos (papildytoji realybė, virtualioji realybė) kultūros paveldo, muziejų sektoriams galimybės. Kaip matyti, šio darbo tikslas siejasi su taikomaisiais tyrimais ir sklaida (šiuo atveju paveldo, muziejų lauke), grindžiamais skaitmeninio emuliatyvumo požiūriu, kur emuliatyvumas, prof. R. Laužiko žodžiais, suprantamas kaip „specifinis žmogaus santykis su tikrove, kai žmonės, remdamiesi kriterijais, atrenka iš realybės objektus ir jų pagrindu skaitmeninėje aplinkoje kuria emuliacines sistemas, kurios mėgdžioja ir imituoja realybėje veikiančių natūralių sistemų veiklą. Svarbu pažymėti, kad emuliacinės sistemos nėra realybėje egzistuojančių sistemų kopijos, jos sukurtos perkodavimo būdu ir yra tokios pat savarankiškos, dinamiškos ir laisvai evoliucionuojančios sistemos, kaip ir tos realybės sistemos, kurias jos mėgdžioja“¹⁴. Kitaip tariant, darbo tematikos pagrindimui svarbiausia yra šiuolaikinio požiūrio paveldo kategorija, kuria grindžiamos praktinės paveldo skaitmeninimo veiklos, lemiančios skaitmeninio paveldo paradigmą. Turima omenyje tai, jog Vakarų kontekste paveldosauginėje mintyje taip akcentuojama paveldo autentiškumo kategorija pamažu pritaikoma (perkeliamą) ir skaitmeninės kilmės (angl. *born digital*) ar suskaitmenintam paveldui¹⁵, nebelaikant šios paveldo

12 Plačiausiai minėtų technologijų panaudojimo Lietuvoje apžvalgą iš praktinės bei teorinės pusės yra atlikęs Vilniaus universiteto profesorius R. Laužikas. Plg.: Laužikas R. Skaitmeninė archeologija pasaulyje ir Lietuvoje: turinys, istorija ir taikymo galimybės. In: *Lietuvos archeologija*, t. 27, Vilnius, 2005; Laužikas R. Paveldo skaitmeninimas: nuo duomenų banko iki Second life. In: *Liaudies kultūra*, nr. 2, Vilnius, 2012; Kuncevičius A., Laužikas R., Šmigelskas R., Augustinavičius R. Erdvės užkariavimas: 3D technologijos taikymo galimybės ir problemos Lietuvos archeologijoje. In: *Archeologija Litua-na*, t. 13, Vilnius, 2012.

13 Plg. Laužikas R., Varnienė-Janssen R.: Paveldas ir visuomenė: Lietuvos kultūros paveldo skaitmeninimo strateginės plėtros gairės 2014–2020 metų programavimo laikotarpiui. In: *Informacijos mokslai*, t. 69, 2014; Žižiūnas T. Išmanusis kultūros paveldas: genius loci ir papildytoji realybė. In: *Vietos dvasios beiėškant*, Vilnius, 2014.

14 Laužikas R. Skaitmeninimas kaip mokslas: BARIS projekto patirtis. In: *Informacijos mokslai*, t. 46, Vilnius, 2008, p. 67.

15 Žižiūnas T. Išmanusis kultūros paveldas: papildytosios realybės technologijos pritaikymas Dubingių archeologiniams objektams (magistro darbas, VU IF), Vilnius, 2014, p. 52–53.



rūšies (skaitmeninio paveldo) tik tikrovės „kopija“ ir suvokiant ją kaip dar vieną, savarankišką medijų paveldo tipą. Tai įtvirtinta ir UNESCO parengtoje „Skaitmeninio paveldo apsaugos chartijoje“, kurioje pažymima, jog „skaitmeninis paveldas turi būti esminis nacionalinės išsaugojimo politikos elementas archyvų veiklą ir teisinį ar savanorišką saugojimą bibliotekose, muziejuose ir kitose viešosiose saugyklose reglamentuojančiuose įstatymuose“¹⁶. Taigi virtualybės įrankiai, kurie dažnai negalimi atkartoti analoginiame pasaulyje, sukuria savotišką ir unikalų santykį, kurio savybės įgalina rasti naujų tiriamųjų galimybių, ypač kai tai derinama su tarpdiscipliniškumo pridėtinėmis vertėmis taikomiesiems mokslo tikslams, šiuo atveju – paveldosauginiame ar muziejų veiklos baruose.

Straipsnio objektas – minėtųjų 3D vaizdo technologijų ir medijų praktinės naudos, vykdant materialijų kilnojamųjų ir nekilnojamųjų kultūros paveldo objektų skaitmeninimą, sklaidą ar tyrimus.

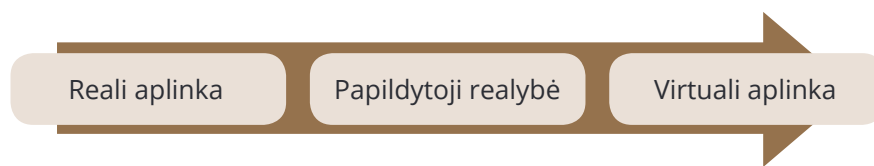
Remiantis išdėstytomis temos aktualumo ir siekiamo tikslo aplinkybėmis, naudojamas kritinės mokslinės literatūros analizės metodas, o minėtiems technologijų pritaikymo atvejo tyrimams pademonstruoti – taikomas eksperimento metodas.

PAPILDYTOJI REALYBĖ

Papildytoji realybė reiškia ne vieną metodą ar konkrečią technologiją, o veikiau technologinių vienetų sistemą (įvairūs telekomunikaciniai įrenginiai, kompiuterinė įranga, technologinės dalys, tokios kaip akcelerometras, giroskopas, GPS imtuvas, elektroninis kompasas ir kt.)¹⁷. Šios technologijos(-jų) veikimo principas toks: ant fizinio, realaus pasaulio vaizdo pridėdama kompiuteriu sukurta atvaizduota skaitmeninė medija. Tai gali būti: 3D modelis, garsinis įrašas, nuotrauka, iliustracija, brėžinys, tekstas ar internetinė nuoroda. Reikia pažymėti, jog priklausomai nuo fizinės realybės ir skaitmeninio turinių santykio yra naudojamos skirtingos atvaizdavimo technologijos, tačiau dažniausiai yra pasitelkiami išmanieji telefonai ir planšetiniai kompiuteriai, į kuriuos

16 Skaitmeninio paveldo apsaugos chartija, 8 str., UNESCO, 2003. Prieiga internete: <http://www.lnb.lt/media/public/katalogai/chartija.pdf> [žiūrėta 2016-12-12].

17 Kipper G., Rampolla J. *Augmented reality. An Emerging Technologies Guide AR, JAV*, 2013, p. 4–5.



2 pav. Papildytoji realybė yra tarpinė grandis tarp realaus fizinio pasaulio ir visiškai skaitmeninės (virtualiosios) erdvės. Ilustracija autoriaus.

įdiegus papildytosios realybės programėlės (angl. *application/app*) įgalinamas minėtasis tikrovę papildantis skaitmeninis turinys, realiu laiku reaguojantis į žmogaus judesius ir jų pobūdį¹⁸. Taigi papildytoji realybė yra tarpe tarp visiškai skaitmeninės erdvės medijos ir tikrovės vaizdo (žr. 2 paveikslą).

Papildytosios realybės kaip paveldo komunikacijos įrankio apžvalga (pasaulyje ir Lietuvoje) yra atlikta autoriaus ankstesniame darbe¹⁹, todėl čia pateikiami tik būdingiausi praktiniai šios technologijos ar technologijų pritaikomumo aspektai ir sklaidos galimybės.

Papildytosios realybės projektai aptariamame sektoriuje užsienyje dažniausiai kuriami siekiant papildyti muziejų ekspozicijas²⁰ ar turistinius maršrutus²¹. Pirmuoju atveju papildytoji realybė veikia kaip dėkingas įrankis, kuriuo ekspoziciją, fiziškai nekeičiant jos pačios, galima papildyti moderniais sprendimais. Tokiu būdu galima eksponuoti žymiai platesnį spektrą skirtingų medijų rūšių bei atverti lankytojams galimybes pamatyti saugomas, tarkime, labai brangias, per dideles, per trapias eksponuoti vertybes. Antruoju atveju, iškalbingas pavyzdys yra Londono muziejaus projektas, kuriam muziejininkai tiesiog panaudojo sunkiai fiziškai prieinamas, gausias istorines miesto fotografijas.

¹⁸ Žižiūnas T. Išmanusis kultūros paveldas: papildytosios realybės technologijos pritaikymas Dubingių archeologiniams objektams (VU IF magistro darbas), Vilnius, 2014, p. 19–21.

¹⁹ Žižiūnas T. Išmanusis kultūros paveldas: genius loci ir papildytoji realybė. In: *Vietos dvasios beiėškant*, Vilnius, 2014.

²⁰ Plg. Liarokapis F. An augmented reality interface for visualizing and interacting with virtual content. In: *Virtual Reality, Sussex*, Didžioji Britanija, 2007; Vlahakis V., Kariannis J., Gounaris M., Tsotros M. ARCHEOGUIDE: First results of an Augmented Reality, Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites. In: *VAST*, New York, 2001; Petty Z., Landrieu J, Coulais, J. F., Père, C., Ganay de O. Space and time scaling issues in data management: the virtual restitution of Cluniac heritage. In: *Appl Geomat*, Cluny, Prancūzija, 2012.

²¹ Plg.: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2567739/Streetmuseum-app-creates-hybrid-images-London.html> [žiūrėta 2017-10-09].



3 pav. Londono muziejaus (The museum of London) sukurta programėlė išmaniesiems iPhone telefonams, kuri senas Londono vietų nuotraukas sujungia su dabartimi. Paimta iš: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2567739/Streetmuseum-app-creates-hybrid-images-London.html> [žiūrėta 2017-10-09].

Taikant GPS technologiją ir papildytosios realybės derinį buvo nuspręsta demonstruoti istorinius vaizdus jų originalioje vietoje ir iš tos pačios pozicijos, tačiau vienu metu per išmaniojo telefono kamerą stebint ir dabartinį miesto vaizdą. Tokiu būdu tapo įdomiau ir efektyviau naudotis iš principo sunkiai panaudojamais muziejaus disponuojamais ištekliais. Istorinės nuotraukos, persidengdamos su dabarties vaizdu, rodo realią miesto kaitą *in situ* (žr. 3 paveikslą). Abiem atvejais papildytosios realybės turinio sklaida yra patogi, nes išmaniųjų įrenginių vartotojų kasmet sparčiai auga²², o jų naudojami „minikompiuteriai“ tampa patogiausiu ir prieinamiausiu tokio turinio panaudojimo platforma (pavyzdžiui, nereikia specialių, dažnai labai brangių akinių²³).

22 Statistinių duomenų bankas: <https://www.statista.com/statistics/494554/smartphone-users-in-western-europe/> [žiūrėta 2017-10-09].

23 Plg. Google Glass projektas. Daugiau internete: <https://www.wired.com/story/google-glass-2-is-here/> [žiūrėta 2017-10-11].



4 pav. Lietuviška mokslo populiarinimo papildytosios realybės knyga *Erelio vaikai*.
Paimta iš: <http://www.kf.vu.lt/naujienos/bendrai/3555-erelio-vaikai-komunikacija-panaudojant-papildytos-realybes-technologija> [žiūrėta 2017-10-08].

Tokių papildytosios realybės projektų yra ir Lietuvoje. Naujausi jų – tai Vilniaus Memorialinių Muziejų direkcijoje įdiegta papildytosios realybės programėlė, kuri įvairiu turiniu papildo muziejaus padalinių ekspozicijas, Valstybės pažinimo centre²⁴ taip pat veikia tokia technologija. Verta paminėti ir spaudos projektus su papildytosios realybės turiniu. Vienas jų yra programėlė mokslo populiarinimo knygai *Erelio vaikai* (žr. 4 paveikslą)²⁵. Spausdinta knyga su skaitmeniniu turiniu gali sukurti originalius būdus perteikti informaciją, pavyzdžiui, į knygos iliustraciją nukreiptus išmanųjį telefoną su specialia programėle, paveikslėlis atgyja ir pateikia daugiau susijusios informacijos 2D, 3D ar kita forma. Autoriaus manymu, tokių galimybių mokslo knygoms, žurnalams potencialas, yra didelis ir vis dar neišnaudotas.

24 Lietuvos Respublikos Valstybės pažinimo centro internetinis tinklalapis: <http://pazin-kvalstybe.lt/lt/apie-mus> [žiūrėta 2017-10-10].

25 Laužikienė A., Laužikas R., Žižiūnas T. *Erelio vaikai: Radvilų giminės pėdsakais*, Vilnius, 2016.



VIRTUALI REALYBĖ IR 3D MODELIAVIMAS

Virtualioji realybė – tai visiškai skaitmeninė erdvė, kurioje dažniausiai vaizdas perteikiamas ekranais. Virtualią realybę sąlyginai galima suskirstyti į keletą atskirų panaudojimo terpių, pavyzdžiui:

- virtualiosios realybės projektavimas pastatų ir kitų objektų vizualizavimui,
- žaidimų kūrimas,
- filmų efektų kūrimas,
- simuliacijos ir virtualūs turai etc.

Virtualiosios realybės projektavimas beveik visada prasideda 3D modeliavimu, arba su modeliavimu yra susijusi bent jau tam tikra darbo dalis, todėl virtualiąją realybę ir 3D modeliavimą, kaip įrankį, tikslingiausia aptarti kartu.



5 pav. Virtualiosios realybės produktai – tikroviškai atkurti pastatų vidus ir išorė.
Paimta iš: www.pro3D.lt [žiūrėta 2017-10-10].

3D aplinka kūriama taikant kompiuterines programas. Atitinkamos programinės įrangos ar jų paketų (pavyzdžiui, *Autodesk*²⁶) pasirinkimas priklauso nuo siekiamo tikslo. Šiandien programinės įrangos ir kompiuterinės techninės galimybės net namų sąlygomis leidžia sukurti gana realistišką 3D objektą, pavyzdžiui, interjero ir eksterjero vizualizacijas nekilnojamojo turto projektams reklamuoti (žr. 5 paveikslą). Paveldo sektoriuje virtualioji realybė dažniausiai naudojama sunykusio ar sunaikinto paveldo virtualiam atkūrimui. Lietuvoje naujausi tokie projektai yra Vilniaus Žemutinės pilies atkūrimas, projektuojant virtualiąją

²⁶ *Autodesk* programinės įrangos paketas: <https://www.autodesk.com/products> [žiūrėta 2017-10-09].



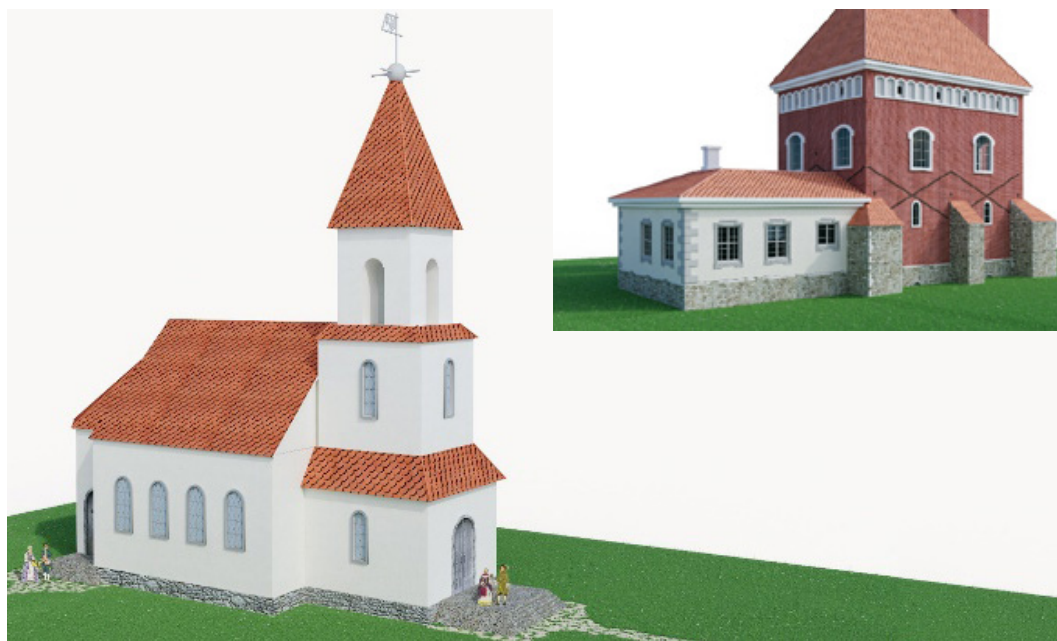
6 pav. Virtualiosios realybės projektas Vilniaus Žemutinės pilies atkūrimui.

Paimta iš: <http://www.valdovurumai.lt/aktualijos/pirma-karta-lietuvoje-galimybe-3d-virtualiojoje-realybeje-simtmeciais-nusikelti-i-praeit#.Wdtjk1uCyUk> [žiūrėta 2017-10-09].

realybę per specialius akinius (žr. 6 paveikslą), bei Dubingių piliavietėje XVI–XVII amžiais buvusių evangelikų reformatų bažnyčios bei rūmų atkūrimo projektas (žr. 7 paveikslą). Iš esmės tokie projektai yra mokslinių duomenų vizualizavimo būdas, kuomet ne mokslinei bendruomenei galima priimtinau perteikti dažnai sudėtingus mokslo faktus ir interpretacijas apie tam tikrą objektą ar, tarkime, miestelio raidą. Virtualiosios realybės projektai leidžia keliauti laiku, pamatyti imaginacinę arba konkrečiai pagrindžiamą praeities epizodą ir tai panaudoti edukacijai, sklaidai internete, turizmui skatinti, žaidimams ir filmams kurti etc. Kita vertus, čia galimas ir mokslinis virtualiosios realybės kaip metodo panaudojimas.

Upsalos universiteto (Švedija) profesorius Isto Huvila savo disertacijoje pademonstravo, kaip virtualia realybe grįsti technologiniai sprendimai gali būti universaliais informacijos organizavimo įrankiais²⁷. Pasaudojant minėto mokslininko teorinėmis prielaidomis, galima būtų pagrįsti „paralelinį“ mokslinio tyrimo modelio pavyzdį, skirtą tam tikram kultūros paveldo objektui ir jo teritorijai atkurti ir tirti.

²⁷ Plačiau žr. Huvila I. *The Ecology of Information Work A Case Study of Bridging Archaeological Work and Virtual Reality Based Knowledge Organisation*, Abo, 2006.



7 pav. Atkurti Dubingių piliavietės objektai – XVI–XVII a. bažnyčia ir rūmai.
Paimta iš: www.radvilosdubingiuose.lt [žiūrėta 2017-10-09].

Norint ištirti architektūrinio paveldo objektą, tyrimų ir vykdomų darbų tikslas (virtualiosios realybės teorinės prieigos prasme) turėtų būti labai neįprastas – ištirtumo lygis turėtų būti toks, kad būtų įmanoma atkurti išbaigtą trimatį praeities vaizdą, kur būtų virtualios realybės (at)kūrimo įrankiai (programinė įranga), *Lidar* technologijos ir kt. padėtų tai įgyvendinti (žr. 1 lentelę). Tai reiškia, jog tiriamo architektūrinio paveldo atveju būtų siekiama ne kuo daugiau surinkti bet kokių duomenų ar informacijos, bet atsakyti į visus tikslinius fundamentinio ir taikomojo pobūdžio klausimus apie tai, kaip, pavyzdžiui, konkrečiai atrodė pirminė dvaro rūmų teritorija, kaip ji pasikeitė etc. Šiuo atveju, virtualioje realybėje siekiant atkurti praeities vaizdą (vaizdus, jei siekiama kelių chronologinių taškų vaizdinio), tampa aišku į kokius klausimus turi būti atsakyta ir kaip organizuoti mokslinius tyrimus. Todėl virtualiosios realybės metodu tirti analoginę realybę taip, kad pakaktų duomenų virtualiai 3D rekonstrukcijai, iš principo reiškia naują – integruojantį – būdą mąstyti. Juk įprastinis praeities tyrėjo darbas yra iš dokumentinių nuotrupų, dažnai tik žodiniu pasakojimu „nupiešti“ praeities vaizdinį, kuris dažnai lieka ypač fragmentiškas, epizodinis tiek laiko, tiek pasakojamos temos prasme.



1 lentelė. Hipotetinio nekilnojamojo kultūros paveldo objekto tyrimas, kurio tikslas yra atkurti virtualiosios realybės vaizdinį (istorinį pasakojimą). 3D vaizdo technologijos čia galėtų veikti kaip bendras metodologinis informacijos išgavimo, perkodavimo ir pateikimo modelis.

Paveldo tyrėjo ieškoma informacija	Galimas tyrimo metodas ar informacijos šaltinis	Skaitmeninės realybės kūrėjui reikalinga informacija
Kaip atrodė praeityje stovėjęs pastatas?	Archeologinių tyrimų fiksacija <i>Lidar</i> technologija	Kokie yra pastato geometrija ir išplanavimas?
Kokios statybinės medžiagos panaudotos?	Pavyzdžiui, spektroskopija – sąveikos tarp medžiagos ir spinduliuojamos energijos tyrimas	Kokios yra pastato sienų tekstūros?
Koks yra aplinkos reliefas?	<i>Lidar</i> technologija	Kokia yra aplinkos geometrija?
Kokiomis gamtinėmis sąlygomis buvo statytas pastatas ir kokiomis sąlygomis jame gyveno žmonės?	Paleoklimato tyrimo metodai, istorinių šaltinių tyrimas ir kt.	Kokį apšvietimą, gamtines sąlygas reikia (at)kurti?
Kokius ūkio padargus naudojo, iš kokių indų valgė? (Dažnai implikuojama ir atsakoma į interpretacinio lygmens klausimus, pvz. koks buvo ekonominis-socialinis tiriamojo objekto gyventojų statusas?)	Archeologiniais tyrimais fiksuotos archeologinės medžiagos (radiniai) analizė, fotogrametrija, <i>Lidar</i> technologija, spektroskopija	Kaip atrodė namų apyvokos daiktai? Kokios jų spalvos ir tekstūros?

Dar daugiau, toks modelis paveldo veikimo tinklaveikos visuomenėje požiūriu gali būti produktyvesnis nei įprastai, nes šiandieninio Z kartos, vaizdų visuomenės, postmodernybės ir okuliacentrizmo²⁸ kontekste knygishkas pasakojimo apie istorinius įvykius būdas tampa kiek pasenusiu ir todėl mažiau paveikiu²⁹, neįdomiu (bent jau mokslo komunikacijos prasme). Tai reiškia, jog, pavyzdžiui, šiuolaikiniam Z kartos atstovui tas pats istorinis naratyvas žymiai labiau suprantamesnis per

28 Žilinskaitė V. Vaizdo link: okuliacentrizmas ir jo tyrimo metodologija. In: *Filosofija. Sociologija*, t. 21, nr. 1, Vilnius, 2010, p. 3–8.

29 Žižiūnas T. Išmanusis kultūros paveldas: papildytosios realybės technologijos pritaikymas Dubingių archeologiniams objektams (VU IF magistro darbas), Vilnius, 2014, p. 3–14



istorinių kompiuterinių žaidimų (angl. *serious games*³⁰) platformą, 3D vizualizacijas, kitas interaktyvias sąsajas su istorija³¹. Taigi, toks, nors ir supaprastintas, skaitmeninės realybės tyrimo modelio pavyzdys bent teoriškai turėtų išsamiau ir kryptingiau organizuoti paveldo (pavyzdžiui, archeologinius) tyrimus, o sukurti mokslinius duomenis reprezentuojantys virtualios realybės produktai (virtualus turas, simuliacija, papildytosios realybės projektas, kompiuterinis žaidimas etc.), ko gero, pasitarnautų efektyvesniam, sistemingesniam ir XXI amžiaus informacijos-vaizdų visuomenės lūkesčius labiau atitinkančiam informacijos sklaidos procesui.

LIDAR TECHNOLOGIJOS

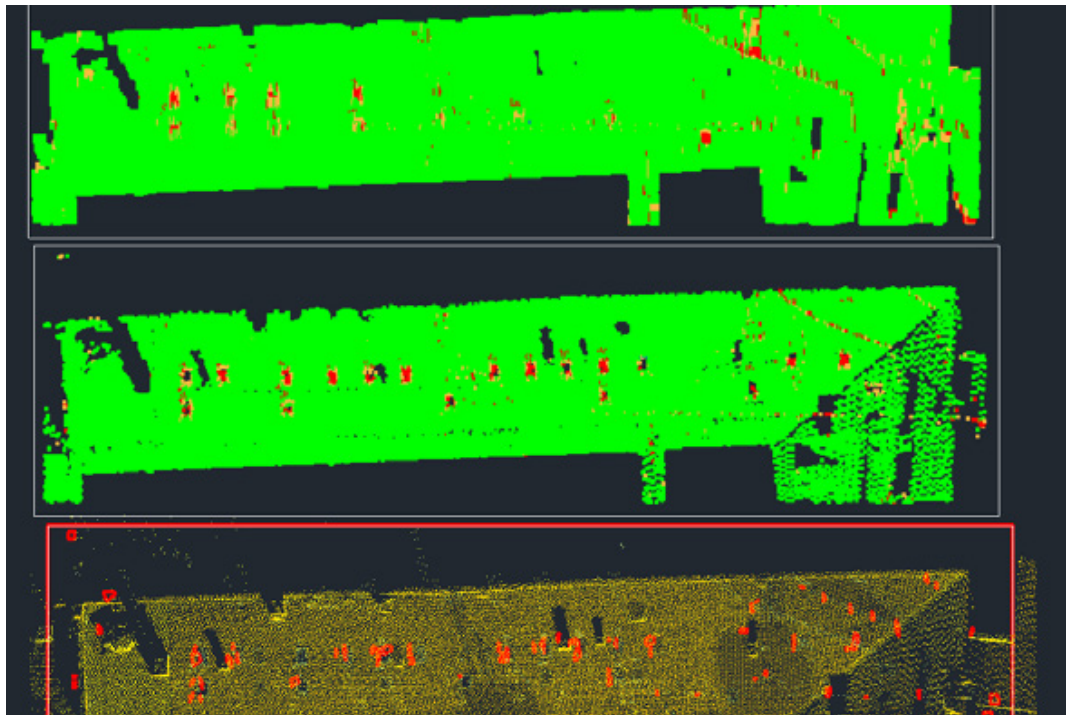
„Lidar“ reiškia technologinių įrankių kompleksą, skirtą realybės matavimui ir perkėlimui į diskretizuotą trimatę erdvę. Lidar dažniausiai reiškia prie orlaivių montuojamų specialių skenerių ir fototechnikos sistemą, tačiau taip pat reiškia antžeminius 3D skenerius ir mobilius 3D skenerių sistemas³². Lidar technologijos pasaulyje taikomos plačiai, o ir kultūros paveldo sektorius yra potenciali technologijos taikymo sritis. Lietuvoje jau yra keletas sėkmingų didesnio masto tyrimų, kuriuose esminę dalį užimta būtent trimatis skenavimas. Bene žymiausi atvejai yra Vilniaus senamiesčio kaitos stebėsenos problema bei pilkapių tyrimas, remiantis Dubingių mikroregiono skaitmeniniu paviršiaus modeliu³³. Pirmuoju atveju skenuojant ir taikant tam tikrą programinę įrangą galima identifikuoti programuojamus pokyčius, kuriuos būtų galima aprašyti geometriškai iš išreikšti matematine kalba. Pradinio

30 Tai tokia videožaidimų sritis, kurioje šalia žaidybinio elemento taip pat svarbus ir tikslingai kuriamas mokomasis, edukacinis turinys. Prieiga internete: https://en.wikipedia.org/wiki/Serious_game [žiūrėta 2016-12-29].

31 Cultural Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling. Prieiga internete: <http://www.chessexperience.eu/> [žiūrėta 2017-01-15].

32 Paimta iš: Bluesky International Ltd priklausantis Lidar technologijai dedikuotas tinklalapis. Prieiga internete: <http://www.Lidar-uk.com/what-is-Lidar/> [žiūrėta 2017-01-28].

33 Laužikas R., Kuncevičius A., Kurauskas V., Žižiūnas T., Šmigelskas R., Augustinavičius R., Žilinskas E. Kultūros paveldo informacijos pusiau automatinis valdymas ir tyrimai naudojant 3D technologijas. In: *Informacijos mokslai*, Vilnius, 2017. Prieiga internete: <http://www.zurnalai.vu.lt/informacijos-mokslai/article/view/10712/8783> [žiūrėta 2017-10-09].

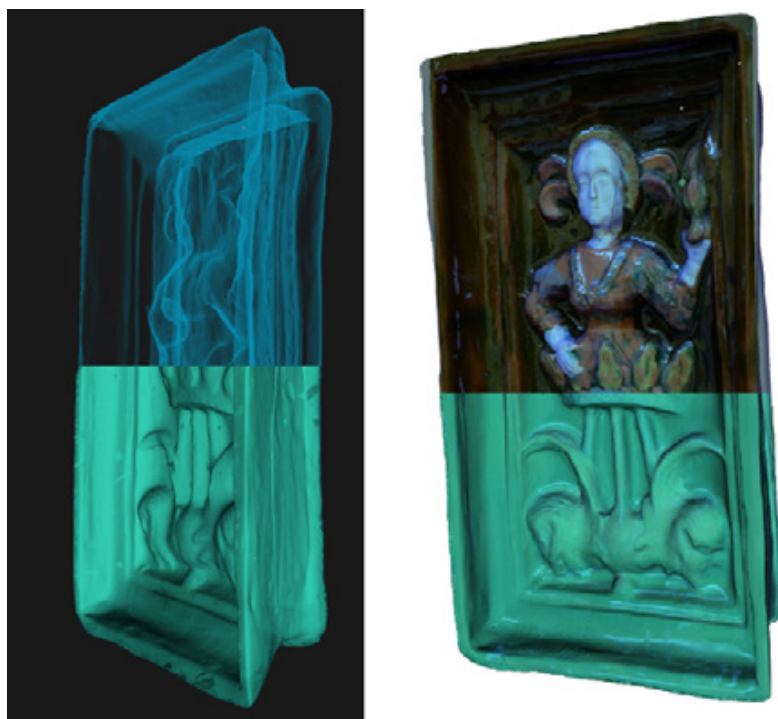


8 pav. Lidar duomenų panaudojimas kultūros paveldo stebėsenos uždaviniams spręsti. Viršuje – stogo situacija 2011 metais, apačioje – 2014 metais. Raudoni kvadratai rodo programos identifikuotas galimų naujų langų vietas. Projekto „Urbanizuotų vietovių paveldo automatinio monitoringo programinės įrangos prototipo sukūrimas panaudojant 3D lazerines technologijas“ medžiaga.

įrangos kūrimo etapu iš Lidar duomenų pavyko identifikuoti naujai atsiradusius stoglangius, kurių anksčiau tame pačiame stoge nebuvo (žr. 8 paveikslą). Tokiu būdu atsiveria efektyvesnės (laiko, tikslumo ir žmogiškųjų resursų prasmėmis) ir paveldo niokojimo arba nelegalios tvarkybos užkardymo (arba bent jau fiksavimo) galimybės.

Antruoju atveju buvo skenuojama Dubingių mikroregiono teritorija ir gauti duomenys analizuojami kuriant unikalią programinę įrangą „Margo“, kuri iš skaitmeninio paviršiaus modelio pagal nustatytus kriterijus identifikavo pilkapius³⁴. Toliau programa tobulinama ir tikėtina, kad ateityje galės automatiškai ieškoti pilkapių visoje Lietuvos teritorijoje, taip pat – atlikti kitas funkcijas.

³⁴ Laužikas R., Kuncėvičius A., Kurauskas V., Žižiūnas T., Šmigelskas R., Augustinavičius R., Žilinskas E. Kultūros paveldo informacijos pusiau automatinis valdymas ir tyrimai naudojant 3D technologijas In: *Informacijos mokslai*, Vilnius, 2017. Prieiga internete: <http://www.zurnalai.vu.lt/informacijos-mokslai/article/view/10712/8783> [žiūrėta 2017-10-09].



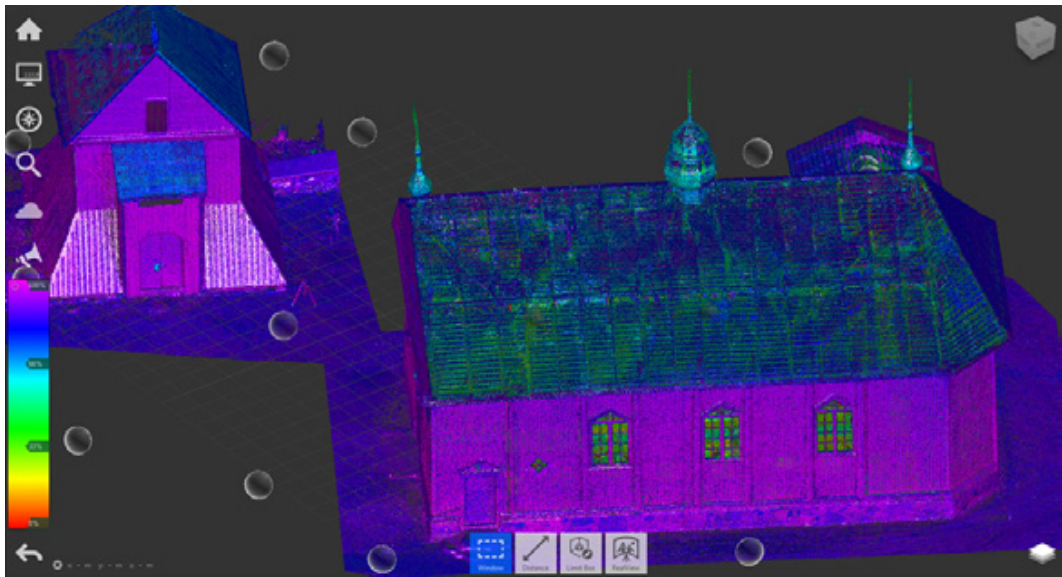
9 pav. Vilniaus Žemutinės pilies tyrimų metu rasto XVII a. koklio kopijos 3D vaizdas, sukurtas panaudojant Faro Edge skenerį. Ilustracija autoriaus.

Paprastesniais atvejais 3D skenavimas naudojamas muziejinių vertybių skaitmenizacijai (žr. 9 paveikslą). Verta paminėti, jog didelį postūmį naudoti Lidar paveldo sektoriuje turėjo ir tebeturi lyderiaujanti nepelno siekianti pasaulinė organizacija „Cyark“, kuri dar nuo 2003 metų trimačiu formatu skaitmenizuoja pasaulio paveldo objektus. Jų veiklos esmė – sukurti nemokamą biblioteką su trimačiais paveldo objektais, kuriems labiausiai gresia sunykimas (paveldosauginis aspektas) bei surinktus duomenis naudoti mokslo tikslams (mokslinis aspektas).³⁵ Taip pat svarbus ir projektas „Europeana“, kuriame galima rasti didžiausią³⁶ praktinę 3D skaitmenizavimo rezultatų bazę – per 3000³⁷ trimačių paveldo objektų.

35 Projekto „Cyark“ portalas. Prieiga internete: <http://www.cyark.org/about/> [žiūrėta 2017-09-02].

36 Neamțu C., Comes R., Popescu D. Methodology to create Digital and Virtual 3d Artefacts in Archaeology. In: *Journal of ancient history and archaeology*, Cluj-Napoca, Rumunia, 2016, p. 64.

37 Portalas „Europeana“. Prieiga internete: <http://www.europeana.eu/portal/lt/search?f%5BMEDIA%5D%5B%5D=true&f%5BTYPE%5D%5B%5D=3D> [žiūrėta 2017-02-01].



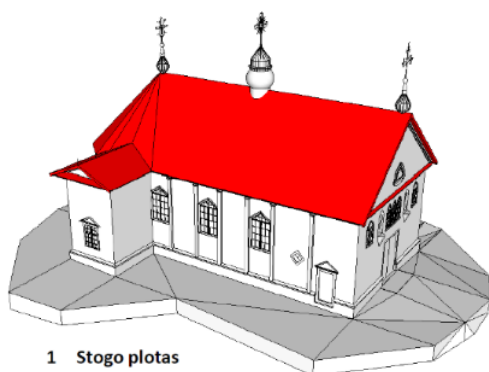
10 pav. Architektūrinio paveldo (Gintališkės Šv. Apaštalo evangelisto Mato bažnyčia su varpine) skaitmeninimas panaudojant 3D skenavimą. Taškų masyvas. Paimta iš VŠĮ „Paveldo komunikacija“ projekto sukurtos medžiagos.

2016 metais, atsižvelgiant į paveldo sritį kuruojančių valstybinių įstaigų išreikštą susidomėjimą tiek minėtomis paveldo stebėjimo programinėmis įrangomis, tiek pačios 3D skenavimo technologijos potencialu kilnojamajam ir nekilnojamajam paveldui, VŠĮ „Paveldo komunikacija“, artu su UAB „Terra Modus“ įgyvendino pilotinį projektą „Medinio sakralinio paveldo 3D skenavimas ir panaudojimas edukacijai“. Buvo skenuojama Gintališkės Šv. Apaštalo evangelisto Mato bažnyčia su varpine ir remiantis gautu taškų masyvu³⁸ (žr. 10 paveikslą) kuriami įvairūs antriniai ar tretiniai produktai (žr. 11–14 paveikslus). CAD brėžiniai (žr. 11 paveikslą) yra neatsiejamas dokumentas, pagal kurį organizuojamas dažnas tvarkybos darbas ar jų kompleksas, todėl parengti tokius brėžinius senaisiais pernelyg atgyvenusiais metodais yra netikslu. Iš šių duomenų galima parengti supaprastintą 3D modelį (žr. 12 paveikslą), kurį galima naudoti, pavyzdžiui, sklaidai internete arba konkrečiam uždaviniui – akimirksniu apskaičiuoti norimų

³⁸ Taškų masyvas (angl. *point cloud*) – tai trijų dimensijų (aukščio, ilgio, pločio) taškinis realybės modelis, kuris pagal pasirinktą (galimą) skenavimo tankumą fiksuoja labai artimą realybei objekto skaitmeninę formą (geometriją), o jeigu įmanoma technologikai – ir spalvą (RGB), atspindžio intensyvumą. Taškų masyvas yra daugumos 3D skenerių pirminiai duomenys.



11 pav. CAD brėžiniai, parengti pagal taškų masyvą. Paimta iš VŠĮ „Paveldo komunikacija“ projekto sukurtos medžiagos.

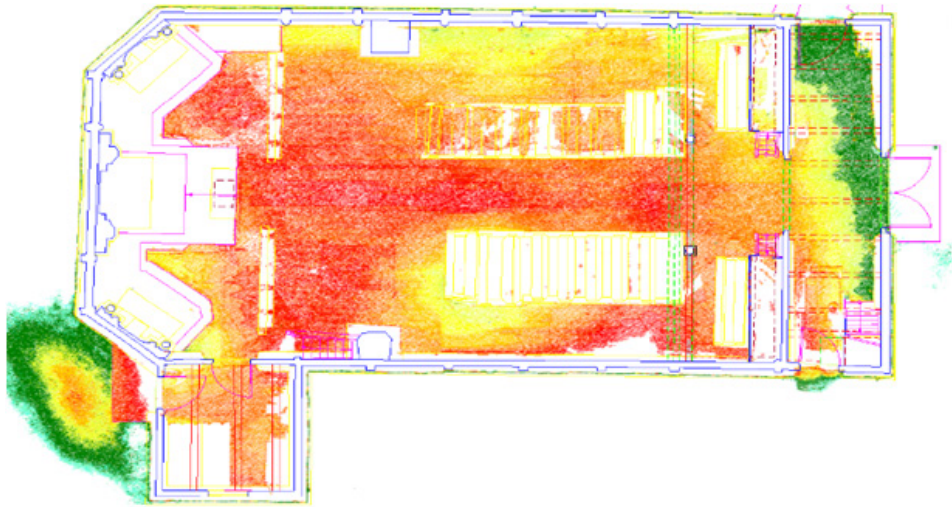


Plotų skaičiavimo suvestinė

Nr.	Plokštumų pavadinimai	Plotas, m ²	Paaiškinimas
1	Stogo plotas	384.86	
2	Cokolio plotas	59.81	
3	Sienų plotas	306.09	
4	Kolonų plotas	43.66	
5	Durų ir durų apvadų plotas	21.9	
6	Langų ir langų apvadų plotas	32	
7	Langų stiklų plotas	21.26	
8	Karnizo plotas	62.68	
9	Cokolio apkalimo plotas	20.01 m ²	



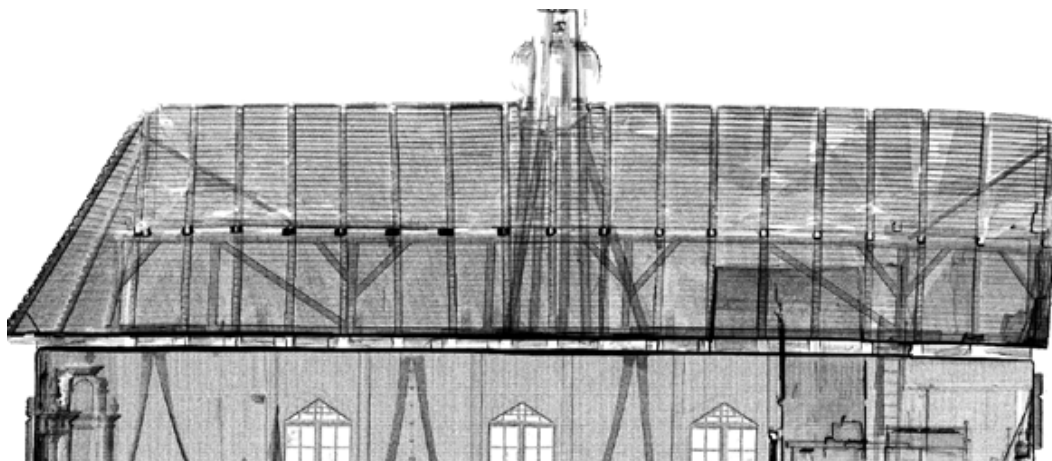
12 pav. Parengto supaprastinto 3D bažnyčios modelio panaudojimas plotų skaičiavimams. Paimta iš VŠĮ „Paveldo komunikacija“ projekto sukurtos medžiagos.



13 pav. Bažnyčios grindų būklės (išgaubimo / įlenkimo) įvertinimas pagal taškų masyvo duomenis. Paimta iš VŠĮ „Paveldo komunikacija“ projekto sukurtos medžiagos.

pastato dalių parametrus. Be to, taškų masyvas tinka ne tik skaičiavimų ir brėžinių rengimui, bet ir pirminei pastatų ar kitų objektų fizinės būklės analizei. Šiuo atveju buvo paskaičiuotos bažnyčios grindų deformacijos (žr. 13 paveikslą). Galų gale, taškų masyvas yra tinkamas įrankis ir pastatų ar kitų objektų vidinių konstrukcijų įvertinimui (žr. 14 paveikslą).

Pateikti pavyzdžiai rodo, jog vien iš 3D taškų masyvo ir iš jo sugeneruotų duomenų galima atlikti net keletą labai skirtingų užduočių: paveldo stebėjimą, fizinių savybių vertinimą, prognostinį būklės vertinimą, brėžinių parengimą, duomenų parengimą skaitmeninei sklaidai, matavimus etc. Dar daugiau, nuskenuoti paveldo objektai yra išsamiausia ir tiksliausia šiandien įmanoma paveldo dokumentacija, todėl net ir sunykus (pvz., dėl žaibo, (ne)tyčinio padegimo, stichinės nelaimės etc.) visam objektui ar jo daliai, iš 3D duomenų galima sąlyginai identišškai atkurti prarastą vertybę. Taigi, net nesiekiant minėtų skaičiavimo, deformacijų vertinimo ar brėžinių rengimo tikslų, visada pagrįstai egzistuoja paveldo prevencinis, bet neintervencinis vertybės išsaugojimo ateities kartoms skenavimo motyvas. Verta paminėti, jog Europoje, pavyzdžiui, Didžiojoje Britanijoje jau prieš dešimt metų buvo parengta ir išleista pirmoji metodologinė knyga *3D Laser Scanning for Heritage: advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and*



14 pav. Bažnyčios šoninis pjūvis įjungiant taškų debesies sluoksnių permatomumo galimybes, t.y. galimybė tiksliai įvertinti pastato konstruktyvą. Paimta iš VŠĮ „Paveldo komunikacija“ projekto sukurtos medžiagos

*architecture*³⁹, o 2011 metais pasirodė ir antrasis, papildytas leidimas⁴⁰. Šios knygos yra pirmas rimtas bandymas apjungti ir susisteminti lazerinio skenavimo metodą įvairiems paveldosaugos klausimams spręsti. Dar daugiau, minėtų technologijų taikymo tikslingumu užsiima tokios pasaulinės organizacijos kaip ICOMOS (angl. *International Council of Monuments and Sites*), kuri įkūrė CIPA⁴¹ Paveldo dokumentavimo (angl. *Heritage Documentation*) komitetą ir pavedė jam rūpintis aptariamų 3D vaizdo technologijų pritaikymu paveldo išsaugojimui, tyrimams bei sklaidai. Komiteto veikloje svarbu yra organizuoti tarptautinius mokymus ir konferencijas, kuriuose mokslininkai keičiasi gerąja patirtimi. CIPA interneto prieigose talpinama daug mokslinių straipsnių apie įvairius su tema susijusius tyrimus⁴².

39 Barber D., Mills J. 3D Laser Scanning for Heritage, '2007. Prieiga internete: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-for-heritage/> [žiūrėta 2017-10-01].

40 Andrews D., Barber D., Mills J. 3D Laser Scanning for Heritage, '2011. Prieiga internete: <https://www.historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-heritage2/> [žiūrėta 2017-01-02].

41 CIPA komiteto prie ICOMOS oficialus tinklalapis. Prieiga internete: http://cipa.icomos.org/about/whatis_cipa/ [žiūrėta 2016-12-29]

42 CIPA komiteto prie ICOMOS oficialus tinklalapis. Prieiga internete: http://cipa.icomos.org/2016/10/10/thesis_awards/ [žiūrėta 2016-12-29]



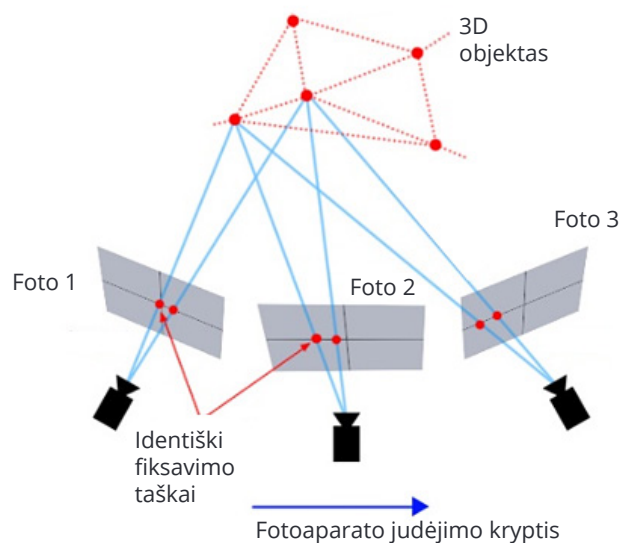
Autoriaus manymu, yra akivaizdu, kad atnaujinto paveldo skaitmeninimo (apskaitos) reikėtų ir Lietuvos paveldotvarkinei sistemai. Tačiau tai išryškinti ir išsamiai pagrįsti – jau atskiro mokslinio taikomojo darbo uždavinys⁴³.

SKAITMENINĖ 3D FOTOGRAMETRIJA

Skaitmeninė 3D fotogrametrija yra trečias būdas (žr. 1 paveikslą) sukurti / atkurti muziejinę vertybę ar kitą kultūros paveldo objektą trimatėje erdvėje. Tai sąlyginai pigiausias ir efektyviausias metodas, jei pagrindiniu tokios technologijos įrankiu laikysime paprastą skaitmeninį fotoaparata. Veikimo principas toks: iš skaitmeninių nuotraukų serijos tam tikromis programinėmis įrangomis generuojami 3D vaizdai. Kitaip tariant, norint, pavyzdžiui, parengti skulptūros trimatį spalvotą modelį, reikia pagal tam tikras taisykles išfotografuoti skulptūrą iš visų pusių. Gautas fotografijas kompiuterinių programų (tokių, kaip *Recap Photo*⁴⁴) algoritmai sujungia į taškų-pikselių tinklą, turintį tris dimensijas (žr. 15 paveikslą). Tokiu būdu, tarkime, archeologijos mokslo atžvilgiu, skaitmeninimas-fiksavimas, pavyzdžiui, per archeologinius tyrimus darant tik skaitmenines nuotraukas, yra neišnaudotos galimybės – tai yra nevisavertis fiksavimas, juk padaryti keletą nuotraukų daugiau nei tai daroma įprastai nėra iš principo didesnis darbo krūvis nei laiko trukmės, nei kitų kaštų prasme. Dar daugiau, minėto archeologijos mokslo prasme, ardomieji archeologiniai tyrimai yra vienkartinis ir negrįžtamas paveldo objekto sunaikinimas, siekiant jį ištirti, t. y. surinkti kiek įmanoma daugiau informacijos, artefaktų ir užfiksuoti visas tyrimui

43 Darbo autorius šiais klausimais dirba nuo 2013 metų nuolat – bendradarbiauja su Kultūros paveldo departamentu prie Lietuvos Respublikos Kultūros ministerijos ir informuoja valdžios organus apie aptariamų technologijų taikymo būtinybę. 2013 metais dalyvavo tuometinio Kultūros viceministro dr. R. Jarockio darbiniam posėdyje dėl Kultūros paveldo centro prie Kultūros paveldo departamento techninės įrangos atnaujinimo ir naujų apskaitos standartų diegimo. 2014 metais dalyvavo Kultūros paveldo departamento rengtoje mokslinėje tarptautinėje konferencijoje „Kultūros paveldo keliai ir regionų plėtra“, kur skaitė pranešimą apie 3D technologijų inovacijas kultūros pavelde. 2016 metais projekto „Medinio sakralinio paveldo 3D skenavimas ir panaudojimas edukacijai“ pagrindu Kultūros paveldo departamentui parengė rekomendaciją „dėl 3D technologijų taikymo kultūros paveldo apskaitoje ir sklaidoje“.

44 Autodesk kompanijos fotogrametrijai skirta programinė įranga: <https://remake.autodesk.com/about> [žiūrėta 2017-10-10].



15 pav. 3D modelio gamyba iš skaitmeninių nuotraukų serijos.

Pagal: <https://thehaskinsociety.wildapricot.org/photogrammetry>
[žiūrėta 2017-10-10].

svarbias aplinkybes⁴⁵. Todėl skaitmeninė 3D fotogrametrija galėtų (privalėtų) pasitarnauti minėtiems archeologinių tyrimų tikslams pasiekti. Muziejinių vertybių perkėlimas į 3D aplinką, panaudojant šį metodą, taip pat gali būti efektyvus, pigus ir kokybiškas būdas skaitmeninti saugomus paveldo objektus.

LITERATŪROS APRAŠAS

1. ANDREWS D., BARBER D., MILLS J. (2011). 3D Laser Scanning for Heritage, '2011. Prieiga internete: <https://www.historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-heritage2/> [žiūrėta 2017-01-02].
2. BARBER D., MILLS J. (2007). 3D Laser Scanning for Heritage, '2007. Prieiga internete: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-for-heritage/> [žiūrėta 2017-10-01].
3. CASTELLS M. (2005). *Tinklaveikos visuomenės raida*, Kaunas.
4. CIPA komiteto prie ICOMOS oficialus tinklapis. Prieiga internete: <http://cipa.icomos.org/about/whatisnipa/> [žiūrėta 2016-12-29].
5. Cyark projekto portalas. Prieiga internete: <http://www.cyark.org/about/> [žiūrėta 2017-09-02].

⁴⁵ Plg. Paveldo tvarkybos reglamentas PTR 2.13.01:2011 „Archeologinio paveldo tvarkyba“. Prieiga internete: <https://e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.8B2A750536FF/sTtQgU-TrYM> [žiūrėta. 2017-10-10].



6. Cultural Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling. Prieiga internete: <http://www.chessexperience.eu/> [žiūrėta 2017-01-15].
7. Europeana portalas. Prieiga internete: <http://www.europeana.eu/portal/lt/search?f%5BMEDIA%5D%5B%5D=true&f%5BTYPE%5D%5B%5D=3D> [žiūrėta 2017-02-01].
8. HUVILA I. (2006). *The Ecology of Information Work A Case Study of Bridging Archaeological Work and Virtual Reality Based Knowledge Organisation*, Abo.
9. KAPLERIS I. (2014). Skaitmeninių medijų raiška Lietuvos muziejų komunikacijoje (daktaro disertacija), Vilnius.
10. KIPPER G., RAMPOLLA J. (2013). *Augmented reality. An Emerging Technologies Guide AR*, JAV.
11. KUNCEVIČIUS A., LAUŽIKAS R., ŠMIGELSKAS R., AUGUSTINAVIČIUS R. (2012). Erdvės užkariavimas: 3D technologijos taikymo galimybės ir problemos Lietuvos archeologijoje. In: *Archaeologia Litwana*, t. 13, Vilnius.
12. LAUŽIKAS R., KUNCEVIČIUS A., KURAUSKAS V., ŽIŽIŪNAS T., ŠMIGELSKAS R., AUGUSTINAVIČIUS R., ŽILINSKAS E. (2017). Kultūros paveldo informacijos pusiau automatinis valdymas ir tyrimai naudojant 3D technologijas. In: *Informacijos mokslai*, Vilnius. Prieiga internete: <http://www.zurnalai.vu.lt/informacijos-mokslai/article/view/10712/8783> [žiūrėta 2017-10-09].
13. LAUŽIKAS R. (2012). Paveldo skaitmeninimas: nuo duomenų banko iki Second life. In: *Liaudies kultūra*, nr. 2, Vilnius.
14. LAUŽIKAS R. (2005). Skaitmeninė archeologija pasaulyje ir Lietuvoje: turinys, istorija ir taikymo galimybės. In: *Lietuvos archeologija*, t. 27, Vilnius.
15. LAUŽIKAS R. (2008). Skaitmeninimas kaip mokslas: BARIS projekto patirtis. In: *Informacijos mokslai*, Vilnius.
16. LAUŽIKAS R., VARNIENĖ-JANSSEN R. (2014). Paveldas ir visuomenė: Lietuvos kultūros paveldo skaitmeninimo strateginės plėtros gairės 2014–2020 metų programavimo laikotarpiui. In: *Informacijos mokslai*.
17. LAUŽIKIENĖ A., LAUŽIKAS R., ŽIŽIŪNAS T. (2016). *Erelio vaikai: Radvilų giminės pėdsakais*, Vilnius.
18. LIAROKAPIS F. (2007). An augmented reality interface for visualizing and interacting with virtual content. In: *Virtual Reality*, Sussex, Didžioji Britanija.
19. Lietuvos Respublikos Valstybės pažinimo centro internetinis tinklalapis: <http://pazinkvalstybe.lt/lt/apie-mus> [žiūrėta 2017-10-10].
20. MULLEN T. (2011). *Prototyping augmented reality*, New York, JAV.
21. NEAMȚU C., COMES R., POPESCU D. (2016). Methodology to create digital and virtual 3d artefacts in archaeology. In: *Journal of ancient history and archaeology*, Cluj-Napoca, Rumunia.
22. PETTY Z., LANDRIEU J., COULAIS, J. F., PÈRE C., de GANAY O. (2012). Space and time scaling issues in data management: the virtual restitution of Cluniac heritage. In: *Appl Geomat*, Cluny, Prancūzija.
23. Skaitmeninio paveldo apsaugos chartija, 8 str., UNESCO, 2003. Prieiga internete: <http://www.lnb.lt/media/public/katalogai/chartija.pdf> [žiūrėta 2016-12-12].
24. Statistinių duomenų bankas: <https://www.statista.com/statistics/494554/smartphone-users-in-western-europe/> [žiūrėta 2017-10-09].
25. THOMSON K. J. (2012). A taxonomy of interdisciplinarity. In: *The Oxford Handbook of interdisciplinarity*.



26. VLAHAKIS V., KARIGIANNIS J., GOUNARIS M., TSOTROS M. (2001). ARCHEO-GUIDE: First results of an Augmented Reality, Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites. In: VAST, New York.
27. ŽILINSKAITĖ V. (2010). Vaizdo link: okuliarcentrizmas ir jo tyrimo metodologija. In: *Filosofija. Sociologija* t. 21, nr. 1, Vilnius.
28. ŽIŽIŪNAS T. (2014a). Išmanusis kultūros paveldas: papildytosios realybės technologijos pritaikymas Dubingių archeologiniams objektams (VU IF magistro darbas), Vilnius.
29. ŽIŽIŪNAS T. (2014b). Išmanusis kultūros paveldas: genius loci ir papildytoji realybė. In: *Vietos dvasios beiėškant*, Vilnius.