



Skaitmeninės kultūros paveldo stebėsenos programinės įrangos naudojimosi vadovas

Versija 1.0

2022

TURINYS

SANTRUMPOS IR SUTARTINIAI ŽENKLAI	3
1. PROGRAMINĖS ĮRANGOS GAMYBOS KONTEKSTAI.....	4
1.1 Projekto poreikio pagrindimas ir paveldosauginės stebėsenos prielaidos	4
1.2 Pažaidą lemiančių veiksnių poveikis urbanistiniam paveldui: komponentai, kriterijai ir rodikliai	7
1.3 Fiksuotų pažaidos veiksnių kriterijų, su jais susijusių urbanistinio paveldo objektų ir jų komponentų aprašas	10
2. DUOMENYS PROGRAMINEI ĮRANGAI	15
2.1 Bendroji metodologija.....	15
2.2 Technologijos ir metodo pasirinkimas	20
2.3 Išvestiniai fotogrametriniai duomenys	29
2.4 Duomenų rinkimo problematika	35
2.5 Techninės specifikacijos	39
2.5.1 Drono matavimams atlikti	39
2.5.2 Antžeminiams matavimams atlikti	39
2.5.3 Galutinių duomenų reikalavimai	39
2.5.4 Duomenų apdorojimo kompiuterinės technikos reikalavimai.....	40
3. PALYGINIMO PROCEDŪRA	41
3.1 Dirbtinio intelekto moduliai	41
3.2 Palyginimo moduliai	44
3.3 Techninis detalizavimas	46
3.3.1 Duomenų saugojimas	46
3.3.2 Duomenų migracija	49
3.3.3 Pradinė ortofotografijos analitika	50
3.3.4 Skaitmeninių aukščio modelių analitika.....	54
3.4.5 Panoramų analitika	55
3.4.6 Vartotojo sąsaja	55
4. DARBAS SU POKYČIAIS IR GALUTINĖS POKYČIŲ ATASKAITOS FORMAVIMAS	57

SANTRUMPOS IR SUTARTINIAI ŽENKLAI

Santrumpa ar sutartinis ženklas	Paaiškinimas
2D	(angl. 2-dimensional) Dvimatis
3D	(angl. 3-dimensional) Trimatis
AI	(angl. Artificial Intelligence) Dirbtinis intelektas
BallTree	Kaimyninių taškų aptikimo algoritmas
DEM, .dem	Skaitmeninio aukščių modelio byla (formatas)
DI	Dirbtinis intelektas
E57, .e57	Bylos formatas, skirtas saugoti 3D duomenims
EPT, .etp	Taškinio debesies byla (formatas)
FOV	(angl. Field of View) Matymo laukas (apreptis)
GPS	(angl. Global Positioning System) Globali padėties nustatymo sistema
GSD	(angl. Ground Sampling Distance) Erdvinės rezoliucijos dydis, t. y. atstumas tarp dviejų iš eilės esančių pikselių centrų, išmatuotu ant žemės
KVR	Kultūros vertybių registras
LAS-07	Lietuvos valstybinė aukščių sistema
LAS, .las	Taškinio debesies byla (nespausti duomenys)
LIDAR	(angl. Light Detection and Ranging) Lazerinė skenavimo technologija, paremta šviesos atspindžio keliavimo laiku nuo atsispindėjusio objekto
MLS	(ang. Mobile Land System) Mobilioji matavimo sistema
NADIR	Fotografavimo kryptis, statmena fiksuojamam paviršiui (ortogonali projekcija)
OBLIQUE	Fotografavimo kampas, kuris nėra NADIR krypties. Įstrižos projekcijos nuotraukos
ORM	(angl. Object Relational Mapping) programavimo metodas, skirtas duomenims konvertuoti tarp tipų sistemų naudojant objektinio programavimo kalbas
PTX, .ptx	Bylos formatas, skirtas saugoti 3D duomenims
QGIS	Atviro kodo trečiųjų šalių programinė įranga
RMS	(angl. root mean square) Kvadratų vidurkio kvadratinė šaknis. Dydis santykinei paklaidai apibrėžti
SLAM	(angl. Simultaneous localization and mapping) Mobilioji skenavimo sistema be konkrečių fiksavimo stočių
UI	(angl. User Interface) vartotojo sąsaja
WSG 84	Pasaulinė ataskaitos koordinatų sistema (angl. World Geodetic System)

1. PROGRAMINĖS ĮRANGOS GAMYBOS KONTEKSTAI

1.1 Projekto poreikio pagrindimas ir paveldosauginės stebėsenos prielaidos

Kultūros paveldo apsauga yra vienas iš šiuolaikinės visuomenės iššūkių, tačiau kultūros paveldo išsaugojimo organizacijos neturi pakankamai žmogiškųjų, technologinių ir finansinių išteklių, kurie yra gyvybiškai svarbūs norint sėkmingai įgyvendinti kultūros paveldo apsaugą. Šiai problemai spręsti gali būti pasitelkta automatinė monitoringo ir jo rezultatų analizės sistema, grindžiama trimačio vaizdo ir dirbtinio intelekto technologijų taikymu. Tokia idėja remiasi teoriniu požiūriu, kad yra galimybė, naudojantis dirbtinio intelekto technologijomis, tiksliai identifikuoti to paties nekilnojamojo kultūros paveldo objekto dviejų skirtingų laikotarpių 3D taškų debesų skirtumus, kurie parodo per atitinkamą laikotarpį įvykusius pokyčius. Pasiūlytas sprendimas įgyvendinamas Lietuvos mokslo tarybos finansuojamame projekte „Urbanizuotų vietovių paveldo automatinis monitoringas panaudojant 3D vaizdo technologijas“¹. Vadove pristatomi projekto rezultatai.

Nekilnojamojo kultūros paveldo (archeologinio, architektūrinio, urbanistinio ir kt.) tvarkyba apima daug sudėtingų, laikui ir finansams imlių procesų. Šių procesų realizavimo problemos išryškėja paveldo ir šiuolaikinės infrastruktūrų plėtros sankirtoje (miestų, kelių, geležinkelių, energetikos infrastruktūros plėtra, pastatų pritaikymas šių laikų poreikiams, turizmo paslaugų plėtra, nelegalūs archeologiniai kasinėjimai, karo veiksmai ir kt.). Panašias problemas ir poreikį akcentuoja ir Lietuvos institucijos. Pavyzdžiui, Valstybinės paveldosaugos komisijos pažymoje „Lietuvos urbanistikos paveldas: apskaita, planavimas, paveldosauginių reikalavimų taikymas, tvarkybos skatinimas ir ankstesnių komisijos sprendimų įgyvendinimas“ nurodoma, kad didžiųjų miestų senamiesčius ir jų istorines dalis labiausiai žaloja kaita, kuriai turi įtakos ir netinkamas jų naudojimas.

Paveldo priežiūros ir tvarkybos institucijos, naudodamosi turimais ištekliais ir technologijomis, negali nuolat stebėti kintančio nekilnojamojo paveldo didelėse teritorijose. Tarptautinės organizacijos *Global Heritage Fund* požiūriu, viena svarbiausių grėsmių paveldui yra

¹ Projektas bendrai finansuotas iš Europos regioninės plėtros fondo lėšų (projekto Nr. 01.2.2-LMT-K-718 01-0043) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMTLT). 2014–2020 m. Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos priemonės 01.2.2-LMT-K-718 „Tiksliniai moksliniai tyrimai sumanios specializacijos srityje“ veiklos „Aukšto lygio tyrėjų grupių vykdomi moksliniai tyrimai“ tikslas – plėtoti taikomąsias žinias, prisidedančias įgyvendinant mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) krypčių prioritetus, ir skatinti mokslo ir studijų institucijas vykdyti mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros veiklas, turinčias komercinį potencialą.

nepakankamas jo valdymas ir efektyvaus monitoringo trūkumas. Taip pat pažymima, kad esamos monitoringo priemonės yra neefektyvios, o efektyviai paveldosaugai užtikrinti pirmiausia reikalinga sistemiška, metodiškai pagrįsta esminių vertingųjų savybių bei dalių, elementų stebėseną (Managing..., 2010). Ir tam taikytini kitokie, inovatyvūs technologiniai sprendimai. UNESCO „Strategy for Reducing Risks from Disasters at World Heritage Properties“ požiūriu, viena svarbiausių rizikas mažinančių priemonių yra inovatyvių technologijų taikymas (Strategy..., 2007).

Atsižvelgiant į šiuolaikinių technologijų galimybes, nekilnojamojo paveldo problemų sprendimui gali būti pasitelkta monitoringo ir jo rezultatų analizės sistema, grindžiama trimačio vaizdo ir dirbtinio intelekto technologijų taikymu. Ši idėja grindžiama teoriniu požiūriu, kad yra galimybė, naudojantis dirbtinio intelekto technologijomis, tiksliai identifikuoti to paties nekilnojamojo kultūros paveldo objekto dviejų skirtingų laikotarpių 3D taškų debesų skirtumus, kurie parodo per atitinkamą laikotarpį įvykusius pokyčius. Tokie sprendimai gali būti taikomi visiems nekilnojamojo paveldo objektams, kurių pokyčiai susiję su tūrio ar paviršiaus kontūrų pasikeitimu (nelegalūs kasinėjimai archeologijos paveldo objektuose, perstatymai senamiesčiuose, žemės darbai kultūriniame kraštovaizdyje).

Lietuvoje archeologijos srityje pirmieji bandymai atlikti 3D fiksaciją tyrimų metu įvyko 2007 m., kai šiuo metodu buvo fiksuoti Rokantiškių piliavietė (archeologas Zenonas Baubonis) ir buvusių bažnyčių pamatai Dubingių piliavietėje (archeologai Albinas Kuncevičius, Rimvydas Laužikas). Trimačio nuskaitymo darbus abiejuose objektuose atliko UAB „Terra Modus“ specialistas Renatas Mažeika (Kuncevičius *ir kt.*, 2009, p. 126; Kuncevičius *ir kt.*, 2012, p. 10). Vėliau tokių bandymų buvo Trakų miesto parapiinės bažnyčios, Senųjų Trakų piliavietės, Klaipėdos piliavietės, Vilniaus didžiosios sinagogos, Vilniaus aukštutinės pilies gynybinės sienos tyrimų metu ir kitur. Gana plačiai taikoma 3D metodika kraštovaizdžio ir archeologinių objektų aplinkos tyrimuose – LIDAR (*Light detection and Ranging*) skaitytuvas iš oro. Būta bandymų netgi sukurti automatizuotą pilkapių paieškos įrankį, panaudojant LIDAR technologija sukauptus duomenis (Laužikas *ir kt.*, 2017, p. 160–179). Nors dirbtinio intelekto naudojimas archeologijoje jau turi kelių dešimtmečių istoriją (Patel, 1989; Puyol-Gruart, 1998; Dries, 1998; Barcelo, 2008; Gardin, 2009), 3D duomenų analizei šios, dirbtinio intelekto technologijos su giliuoju mokymusi ir giliųjų neuroninių tinklų modelių architektūra, pradėtos taikyti tik palyginti neseniai (Gualandi *ir kt.*, 2016; Palma, 2019; Pirotti *ir kt.*, 2019).

Vis tobulesnės analizės technologijos, ypač nuo 2012 m. pradėjus taikyti dirbtinio intelekto technologijas – giliuoju apsimokymu ir giliaisiais neuroniniais tinklais grįstą kompiuterio regą – ir gerokai sumažėję duomenų rinkinių formavimo kaštai sudaro sąlygas mokslininkų ir tyrėjų bendruomenei atlikti kokybiškai naujus 3D informacijos tyrimus, ieškant efektyvesnių kompiuterio regos problemų, susijusių su 3D aplinkos supratimu, sprendimo. Žmogus gyvena ir veikia 3D aplinkoje, todėl ir efektyvioms dirbtinio intelekto sistemoms reikia suteikti kuo geriausią 3D erdvės supratimą. Informacija apie gelmę ir pilnas 3D geometrijos nustatymas leidžia geriau atpažinti 3D objektus, juos klasifikuoti ir semantiškai segmentuoti, geriau nustatyti 3D formas. Šių problemų sprendimų pažanga, kai kuriais atvejais jau prilygstanti žmogaus galimybėms, o atskirais atvejais jas jau viršijanti, leidžia kurti ir įgyvendinti efektyvius praktinių panaudos atvejų sprendimus.

Taigi paveldo (taip pat ir urbanistinio) išsaugojimas iš esmės yra objektams ir jų kompleksams priskirtų vertingųjų savybių išsaugojimas. Urbanistinio paveldo atveju Lietuvoje skiriamos kelios vertingųjų savybių grupės. „Nekilnojamųjų kultūros vertybių vertinimo, atrankos ir reikšmingumo lygmens nustatymo kriterijų aprašo“ 1 priede yra apibrėžtos vertinamų objektų ar vietovių, jų dalių ir elementų pavyzdinės vertingosios savybės. Remiantis šių savybių sąrašu, rengiami Nekilnojamojo kultūros paveldo tarybų aktai ir pateikiami duomenys Kultūros vertybių registre (Kultūros vertybių registras).

Remiantis šiuo „Nekilnojamųjų kultūros vertybių vertinimo, atrankos ir reikšmingumo lygmens nustatymo kriterijų aprašo“ 1 priede pateiktu sąrašu² buvo atrinktos urbanistinio paveldo vertingosios savybės, kurias potencialiai turi būti siekiama fiksuoti ir atlikti jų monitoringą:

1. Vietovės vertingosios savybės:
 - a) plano struktūra (planinės struktūros tipas (radialusis, žiedinis, reguliarus, linijinis, mišrus); planinės struktūros tinklas (kelių, gatvių, aikščių, pėsčiųjų takų, valdų (posesijų)); kvartalai; valdos (posesijos); keliai, gatvės, aikštės, įvažiavimai, pervažiavimai, takai; gamtiniai elementai);
 - b) tūrinė erdvinė struktūra (tūrinės erdvinės struktūros sandara; atviros erdvės (gatvės, aikštės, skverai, parkai); uždaros erdvės (kiemai, praėjimai); panoramos; siluetai; perspektyvos; išklotinės; dominantės; užstatymo bruožai (stogų formos,

² Įsakymas dėl nekilnojamųjų kultūros vertybių vertinimo, atrankos ir reikšmingumo lygmens nustatymo kriterijų aprašo patvirtinimo. 2005. Valstybės žinios, Nr. 52-1756.

fasadų, stogų detalės, jų apdailos medžiagos ir spalvos, tvoros, arkos, tarpuvartės, vartai).

2. Pastato vertingosios savybės:

- aukštis ir (ar) aukštingumas;
- tūrinė erdvinė kompozicija, tūris, stogo forma, stogo elementai (stoglangiai, liukai, ugniasienės, dūmtraukiai, apžvalgos aikštelės);
- fasadų architektūrinis sprendimas, fasadų kompozicija, fasadų architektūros tūrinės detalės (akroterijai, frontonai, stoginės, erkeriai, balkonai ir jų turėklai, išorės laiptai ir nuovažos, kolonos ir kolonados), fasadų puošyba (skulptūros), kitos fasadų funkcinės detalės (kritulių nuvedimo sistema, priešgaisrinės kopėčios, kėlimo įrenginiai);
- konstrukcijos stalių ir kitų medžiagų gaminiai (langai ir langinės, durys).

Išvardytos savybės apibrėžiamos (terminologijos požiūriu), remiantis Nekilnojamųjų kultūros vertybių vertinimo, atrankos ir reikšmingumo lygmens nustatymo kriterijų aprašu (ten pat).

1.2 Pažaidą lemiančių veiksnių poveikis urbanistiniam paveldui: komponentai, kriterijai ir rodikliai

Skirtingų pažaidos veiksnių poveikis konkreitiems paveldo objektams ir jų komponentams skiriasi. Kai kurie autoriai išskiria ilgalaikio (iš esmės – nuolatinio) poveikio gamtinius pažaidos veiksnus, apibrėždami juos kaip iš esmės nuolatinis ir neišvengiamus (vėjas, lietus, saulės šviesa ir radiacija) ir susiedami juos su ardomais paveldo objektų elementais (Žarnić, Rajčić, Skordaki, 2015, p. 389–394; Kanani, Zandi, 2011, p. 1018–1023). Kitos metodikos vertina pažaidos veiksnių (rizikų) paplitimo ir poveikio galimybes (Pedersoli, Antomarchi, Michalski, 2016). Įgyvendinant paveldo automatinį monitoringą taikant 3D vaizdo technologijas, yra svarbu susieti pažaidos veiksnus ir vertingąsias urbanistinio paveldo objektų bei vietovių savybes, siekiant toliau šią matricą naudoti pusiau automatiniam paveldo monitoringui. Šiame kontekste vertingosios urbanistinio paveldo objektų bei vietovių savybės yra suvokiamos kaip potencialiai pažeidžiami objektų ir vietovių komponentai. Pažaidos veiksnių ir vertingųjų savybių sąsajos pateikiamos 1 lentelėje. Rizikos lygis įvertintas naudojantis ICCROM 2016 m. metodika (ten pat).

1 lentelė. Pažaidos veiksmų ir vertingųjų savybių sąsajos

Vertingoji savybė (komponentas)	Pažaidos veiksmo poveikis		
	Retai pasikartojantis poveikis	Dažnai pasikartojantis poveikis	Kaupiamasis poveikis
Vietovės plano struktūra	Kitos žmonių veiklos	Komunalinių paslaugų ir aptarnavimo infrastruktūra	Statyba ir plėtra Transporto infrastruktūra Valdymo ir instituciniai veiksniai
Vietovės tūrinė erdvinė struktūra	Kitos žmonių veiklos	Komunalinių paslaugų ir aptarnavimo infrastruktūra	Statyba ir plėtra Transporto infrastruktūra Valdymo ir instituciniai veiksniai
Pastato aukštis ir aukštingumas	Komunalinių paslaugų ir aptarnavimo infrastruktūra Sociokultūrinis paveldo naudojimas Klimato kaita ir nepalankios gamtinės sąlygos Biologiniai veiksniai	Statyba ir plėtra Kitos žmonių veiklos Valdymo ir instituciniai veiksniai	---
Pastato tūrinė erdvinė kompozicija	Komunalinių paslaugų ir aptarnavimo infrastruktūra Sociokultūrinis paveldo naudojimas Klimato kaita ir nepalankios gamtinės sąlygos Biologiniai veiksniai	Statyba ir plėtra Kitos žmonių veiklos Valdymo ir instituciniai veiksniai	---

Pastato fasadų architektūrinis sprendimas	Komunalinių paslaugų ir aptarnavimo infrastruktūra Sociokultūrinis paveldo naudojimas Klimato kaita ir nepalankios gamtinės sąlygos Biologiniai veiksniai	Statyba ir plėtra Kitos žmonių veiklos Valdymo ir instituciniai veiksniai	Tarša Mikroklimato sąlygos
Pastato konstrukcijos	Sociokultūrinis paveldo naudojimas Biologiniai veiksniai	Statyba ir plėtra Kitos žmonių veiklos Valdymo ir instituciniai veiksniai	Tarša Mikroklimato sąlygos

Igyvendinant paveldo automatinį monitoringą yra taikomi erdviniai kriterijai ir rodikliai, sietini su trimačio vaizdo technologijų fiksavimo galimybėmis. Mokslinių tyrimų požiūriu 3D skaitmeniniai objektai gali būti analizuojami kaip geografinių duomenų sandauga (paprastai taikoma nekilnojamojo paveldo objektams) arba kaip vaizdinis objektas (paprastai taikomas kilnojamiesiems artefaktams ir nekilnojamajam paveldui). Pirmuoju atveju taškų debesis yra traktuojamas kaip GIS duomenys (x, y, z koordinatės), antruoju – kaip vizualus objektas. Urbanistinio paveldo atveju naudojamas kompleksinis variantas – 3D traktuojamas kaip vizualus objektas, turintis savo formą (angl. *shape*), tačiau kartu – susietas su geografinėmis koordinatėmis tam, kad būtų galima identifikuoti pokyčio lokaciją ir taip patikrinti atribucinę informaciją (pavyzdžiui, buvusį pastato aukščio pasikeitimą pagal koordinates). 3D objekto formos erdvinis pokytis (padidėjimas arba sumažėjimas) yra vertinamas kaip potenciali pažaida. Taigi formos pokytis (dviejų skirtingu laikotarpiu atliktų 3D vaizdo fiksacijų sutapimas ir (ar) nesutapimas) laikomas pagrindiniu pažaidos fiksavimo ir įvertinimo kriterijumi.

Pokyčiui matuoti naudojami matematiniai rodikliai, kurie yra apibrėžiami per 3D vaizdo raišką, leidžiančią fiksuoti pokyčio dydį. Igyvendinant paveldo automatinį monitoringą, rodikliai fiksuoja pokyčius, didesnius nei 30 cm. Pokyčio rodikliai skiriasi savo absoliučia išraiška, nes priklauso nuo objektų ir vietovių, kurių monitoringas atliekamas, dydžio. Todėl paveldosauginiu požiūriu negalime jų matuoti pagal santykių skalę, nes ta pati, pavyzdžiui, 10 cm dydžio pokyčio

potenciali pažaida pastato lango kontūrai ar gatvės išklotinei yra skirtingos. Dėl šios priežasties pokyčio matavimui taikomi intervalų skalėje matuojami kriterijai – vietovės ar objekto pokyčio (potencialios pažaidos) procentinė išraiška, kai 0 % reiškia pažaidos nebuvimą, o 100 % – objekto ar vietovės visišką sunaikinimą.

1.3 Fiksuotų pažaidos veiksnių kriterijų, su jais susijusių urbanistinio paveldo objektų ir jų komponentų aprašas

Fiksuotų pažaidos veiksnių kriterijų, su jais susijusių urbanistinio paveldo objektų (pastatų ir kt.) bei jų komponentų aprašo paskirtis yra, ruošiant medžiagą matematinių (statistinių) pažaidos automatinės paieškos algoritmų taikymui, susieti detalius pažaidos veiksnius ir konkrečius urbanistinio paveldo objektus (pastatus ir kt.) bei jų komponentus (stoglangius, langų angas ir kt.).

Nors kiekvieno konkretaus paveldo objekto vertingųjų savybių rinkinys yra individualus, dėl panašių objektų gausos Vilniaus senamiestyje galima išskirti ir algoritmais aprašyti konkrečių paveldo objektų grupei būdingų vertingųjų savybių rinkinius (aibes), pavyzdžiui, gyvenamajam namui, bažnyčiai, aikštei, parkui ir kt. Tokius rinkinius galima skaidyti į komponentus, kurių skaitmeninė stebėseną yra susijusi tiek su didelės geometrijos (pavyzdžiui, stogo forma, pastato aukštingumas), tiek su nedidelių gabaritų (pavyzdžiui, lango sandrikas, durys) vertingosiomis savybėmis. Automatiniam monitoringui svarbu tai, kad analizuojami ir lyginami paveldo objektai ir jų komponentai būtų tokie, kuriuos, pagal išskirtas metodologines prielaidas, galima aprašyti matematiškai arba išreikšti plokštuminėmis ir tūrinėmis geometrinėmis figūromis.

Skaitmeninė stebėseną (monitoringas) remiasi prielaidomis, kad:

- visi tiriamieji kultūros paveldo objektai yra fiziniai objektai (materialaus kultūros paveldo kategorija);
- fizinės objektų vertingosios savybės gali būti išreikštos nesudėtingomis geometrinėmis formomis³ ir (ar) pateikta matematine išraiška.

³ Sudėtinga geometrija šiame projekte apibrėžiama kaip geometrinė paveldo savybė (objektas), kurią atvaizduoti 2D brėžinyje reikėtų daugiau nei trijų elementariųjų geometrinių formų: plokštuminių (apskritimas, stačiakampis, rombas, trikampis, trapecija, lygiagretainis) ir tūrinių (cilindras, stačiakampis gretasienis, sfera). Nesudėtinga geometrija laikoma tokia, kai pakanka 1–3 elementariųjų geometrinių formų. Pavyzdžiui, norint atvaizduoti langą, paprastai pakanka vienos stačiakampio geometrinės formos.

Fiksuotų pažeidimų veiksmų poveikis konkrečioms urbanistinio paveldo objektams bei jų komponentams ir jų geometriniai aprašymai yra pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Pažeidimų veiksmų poveikis konkrečioms urbanistinio paveldo objektams ir jų komponentams

Nr.	Vertingoji savybė	Paveldo objekto komponentas ir (ar) objektas	Dažniausiai pasitaikančios geometrinės formos	Fiksuotino kaitos fakto aprašymas (kriterijus)	Geroji patirtis
1.	Pastato konstrukcijos	Langas	Stačiakampis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, užmūrijimas, angos padarymas	Nguatem, Drauschke, Mayer, 2014
2.	Pastato konstrukcijos	Durys	Stačiakampis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, užmūrijimas, angos padarymas	Nguatem, Drauschke, Mayer, 2014
3.	Pastato aukštis ir aukštingumas Pastato tūrinė erdvinė kompozicija	Stogas	Stačiakampis, trikampis, kūgis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, užmūrijimas, angos padarymas	Rottenstein er, Sohn, ... 2012
4.	Pastato tūrinė erdvinė kompozicija	Stoglangis	Stačiakampis gretasienis, stačiakampis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, nuardymas, sumontavimas	Laužikas, Žiziūnas, ..., 2017
5.	Pastato aukštis ir aukštingumas Pastato tūrinė erdvinė kompozicija	Sienos (jų aukščio ir pločio santykis)	Stačiakampis gretasienis, cilindras, daugiakampis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, nuardymas, sumontavimas	Yu, Xiao, ..., 2015
6.	Pastato fasadų architektūrinis sprendimas	Sandrikai (trikampiai), frontonai	Trikampis	Kraštinių sutrumpėjimas, pailgėjimas, nuardymas, sumontavimas, x ar y	Meschini, Petrucci, ... Italy, 2014

				koordinacių parametro pokyčiai trikampio viduje	
7.	Vietovės plano struktūra Vietovės tūrinė erdvinė struktūra	Dabartinis sklypas, istorinė posesija	Stačiakampis, daugiakampis	Užstatymas, kai yra didesnis nei 3 m aukščio parametro skirtumas (eliminuojant automobilius)	Yu, Xiao, ..., 2015
8.	Vietovės plano struktūra	Senamiesčio planinės struktūros tinklas	Netaisyklingas daugiakampis	Netaisyklingų daugiakampių konfigūracijos (formos) pasikeitimas; kraštinių pailgėjimas, sutrumpėjimas; daugiakampių išnykimas (buvusio planinės struktūros objekto sunaikinimas); naujų daugiakampių atsiradimas (naujo planinės struktūros objekto atsiradimas)	
9.	Vietovės tūrinė erdvinė struktūra	Senamiesčio užstatymo bruožai	Netaisyklingas daugiakampis	Netaisyklingų daugiakampių konfigūracijos (formos) pasikeitimas; kraštinių pailgėjimas, sutrumpėjimas; daugiakampių išnykimas (buvusio planinės struktūros objekto sunaikinimas); naujų daugiakampių atsiradimas (naujo planinės struktūros objekto atsiradimas)	

10.	Vietovės tūrinė erdvinė struktūra	Senamiesčio panoramos, perspektyvos, dominantės, užstatymo bruožai	Netaisyklingas daugiakampis	Netaisyklingų daugiakampių konfigūracijos (formos) pasikeitimas	
-----	-----------------------------------	--	-----------------------------	---	--

Kitame žingsnyje yra tikrinamas duomenų patikimumas pagal turimus palydovinius ar LIDAR duomenis arba tikrinant detekcijas realybėje. Besimokančio algoritmo atveju vertinamas detekcijos reikšmės pokytis (loginiai operatoriai ir santykis su pokyčio detekcija, 3 lentelė) ir jos tikimybė (pavyzdžiui, stogas→padidėjo→86,7%).

3 lentelė. Vertingųjų savybių monitoringo loginiai operatoriai ir jų santykis su pokyčio detekcija⁴

Loginis operatorius	Ankstesnės chronologijos duomenys	Vėlesnės chronologijos duomenys	Vertingosios savybės pokyčio operatoriaus seka	Eiliškumas
Sunaikinimas	XYZ	-XYZ	yra→ nėra	pirmas
Sukūrimas	XYZ	XYZ + 1 s. d.	nėra→ yra	pirmas
Ploto ir (ar) tūrio padidėjimas	XYZ	XYZ + 1 s. d.	yra→ yra (padidėjo)	antras
Ploto ir (ar) tūrio sumažėjimas	XYZ	XYZ - 1 s. d.	yra→ yra (sumažėjo)	antras
Išlikimas	XYZ	XYZ	yra→ yra	pirmas

⁴ Lentelės paaiškinimai:

XYZ – pradinės informacijos dydis pagal ilgį, plotį ir aukštį (atitinkamai X, Y, Z);

s. d. – santykinis dydis, pasirenkamas atsižvelgiant į tyrimo metodiką;

eiliškumas reiškia pradinį loginio operatoriaus taikymą pagal priskirtą vertingosios savybės pokyčio svarbą (pirmas), ir vėliau einantį duomenų analizės žingsnį (antras). Optimizuojant tyrimą galima nevertinti (neskaičiuoti) antrinių operatorių.

Statistiniu požiūriu visos pokyčių vietos yra nepriklausomieji kintamieji. Statistiniai nuokrypio skaičiavimai yra tikslingi tik vykdant monitoringą neturint pradinių duomenų ir naudojant vertingųjų savybių modelius kaip taisykles, kurių atitikimą tikslinga vertinti renkant statistinius duomenis. Bendruoju pokyčio fiksavimo atveju įvertinimo tikimybė skaičiuojama pagal identifikuotų vertingųjų savybių ir jų pokyčių santykį su realybėje fiksuojamų vertingųjų savybių teisingu identifikavimu ir pokyčių įvertinimu, pavyzdžiui, kiek pastato langų ir durų pavyko identifikuoti, kiek programiškai identifikuoti langų ir durų pokyčiai atitiko realybėje fiksuojamus pokyčius.





2. DUOMENYS PROGRAMINEI ĮRANGAI

2.1 Bendroji metodologija

Skaitmeninio įrankio urbanistinio paveldo monitoringui koncepcija yra perkelti paveldo vietovių skaitmeninio pasaulio kopijas į IT sistemas, tolesniam 2D, 3D, 360° vaizdų apdorojimui, naudojant mašininio mokymo ir kitus programavimo skaitmeninius procesus tam, kad būtų atliekami šie procesai: įrašyti ir palyginti fizinio paveldo objektų pokyčius, juos atvaizduoti ir įgalinti gautų duomenų analizę bei perteikimą filtruotų duomenų ataskaitos pavidalu. Tam, kad būtų galima vykdyti paveldo stebėseną tiek pavienių objektų (pastatų), tiek urbanistinių vertingųjų savybių (senamiesčio panoramos, siluetai, pastatų aukštingumo kaita, tūrių ir plotų kaita) atžvilgiais, būtina turėti bent dviejų laikotarpių medžiagą. Toks vietovių skaitmenizavimas turi būti vykdomas nuolatos ir remiantis tokiais pat matavimų parametrais tam, kad būtų galima užtikrinti duomenų kokybę ir palyginimo procesas būtų sklandus. Tam, kad būtų galima įvertinti kultūros paveldo objekto ar jo vertingosios savybės raidą, atitinkami skaitmenizuoti duomenys turi būti konvertuojami į duomenų bazės struktūrą, kurioje kiekviena vertingoji nekilnojamojo kultūros paveldo savybė turi priskirtus atributus, nusakančius objekto vietą realiame pasaulyje, skaitmeninių vaizdų fiksavimo laiką ir faktinę matematinę geometrinę formą. Kiekvieno matavimo etapo eiga nesikeičia ir susideda iš šių etapų (**žr. 4 lentelė**). Vertingųjų savybių galutinis procesas vyksta duomenis įrašant į duomenų bazę.

Turimos tos pačios teritorijos dvi duomenų bazes, sudarytas skirtingu laiko intervalu yra lyginamos ir identifikuojami pokyčiai. Pritaikytas dirbtinio intelekto vaizdinių objektų identifikavimas ir algoritminės objektų geometrijos analizės deriniai leidžia visiškai automatizuoti procesą, vedantį į pirmojo lygio interpretaciją: t. y. informaciją apie geometrinius pokyčius (pasikeitė sumažėjant, pasikeitė padidėjant, pranyko, atsirado, nepasikeitė). Naudojant loginius operatorius nustatomas geometrijos pokytis. Teisinė (paveldosauginė) pokyčio (antro lygio interpretacija) analizė šio projekto ir sukurto programinės įrangos paketo rėmuose nebuvo naudota.

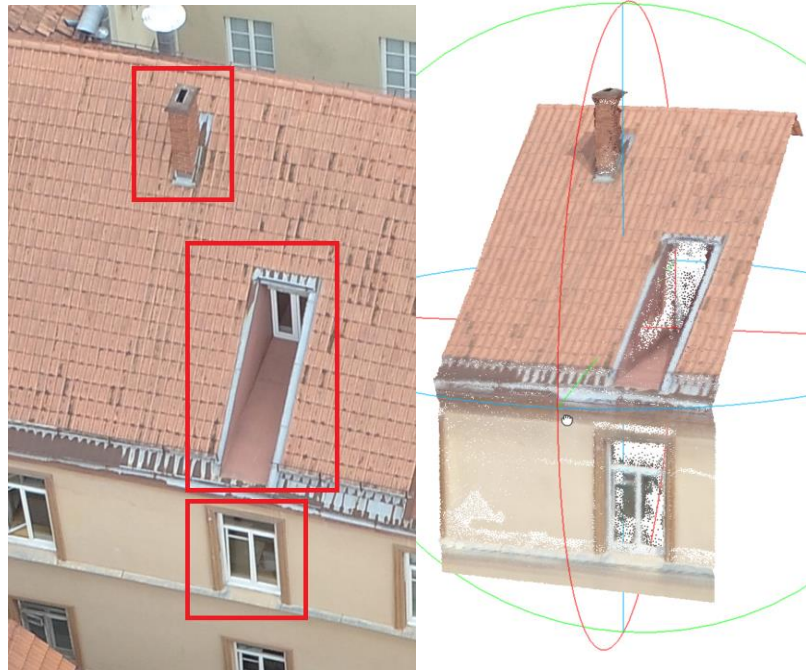
4 lentelė. Vertingųjų savybių monitoringo metodologija

TAIKOMAS METODAS	EIGA	KRITERIJAI IR TECHNOLOGIJOS	REZULTATAS	I lygio INTERPRETACIJA
FIKSAVIMAS		<ul style="list-style-type: none"> • Lidar technologijos • skaitmeninis fotoaparatas (skaitmeninė fotogrametrija) • palydovinis imtuvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Taškų masyvas • Skaitmeninės fotografijos • GPS/GLONASS duomenys 	<ul style="list-style-type: none"> • Taškų masyvo geometriniai duomenys atitinka fiksuojamų vertingųjų savybių fizinius parametrus • Skaitmeninės fotografijos tinkamos vykdyti 3D vaizdo generavimui. • Vietos koordinatės yra tiksliai paskaičiuotos (su numatyta leistina paklaida)
DUOMENŲ APDOROJIMAS		<ul style="list-style-type: none"> • duomenų tvarkymas (neaktualių objektų eliminavimas) • duomenų optimizavimas (skirtingų duomenų blokų apjungimas) • 2D → 3D konversija (skaitmeninės fotogrametrijos atveju). Mastelio suteikimas • 3D duomenų sujungimas su palydovinė fiksavimo pozicijos informacija 	<ul style="list-style-type: none"> • Atrinkti ir paruošti tiksliniai 3D duomenys • Koordinuotas 3D duomenų masyvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Paruošti duomenys yra tinkami mašininio mokymosi procesams atlikti
VERTINGŪJŲ SAVYBIŲ DETEKCIJA		<ul style="list-style-type: none"> • Mašininio mokymosi (statiniai ir/ar besimokantys algoritmai) panaudojimas identifikuojant vertingųjų savybių geometriją ir geografinę padėtį. 	<ul style="list-style-type: none"> • Objektų atpažinimo rezultatų duomenų bazė su priskirtomis semantinėmis reikšmėmis (turint pradinis ir aktualius fiksavimo duomenis) • Atrankos rezultatų duomenų bazė pagal priskirtas matematinės taisykles (turint tik aktualius fiksavimo duomenis) 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikuotos vertingosios savybės taškų debesyse/fotografijose
KOMPIUTERINĖ VERTINGŪJŲ SAVYBIŲ POKYČIŲ ANALIZĖ		<ul style="list-style-type: none"> • Mašininio mokymosi (statiniai ir/ar besimokantys algoritmai) panaudojimas identifikuojant vertingųjų savybių geometrijos pokytį 	<ul style="list-style-type: none"> • Geometriniai pasikeitimai 	<ul style="list-style-type: none"> • Sunaikinimas • Išlikimas • Pristatymas • Ploto/tūrio padidėjimas • Ploto/tūrio sumažėjimas

Siekiant įvertinti šiuos pokyčius projekto eigoje nustatyta, kad pradiniai duomenys turi būti iš dviejų dalių (žr. 1 paveikslas):

- A) 2D fotografiniai vaizdai (skaitmeninės nuotraukos).
- B) 3D taškų masyvas (angl. point cloud).

1 paveikslas. 2D fotografinė nuotrauka (kairėje) ir 3D takų masyvo fragmentas (dešinėje)



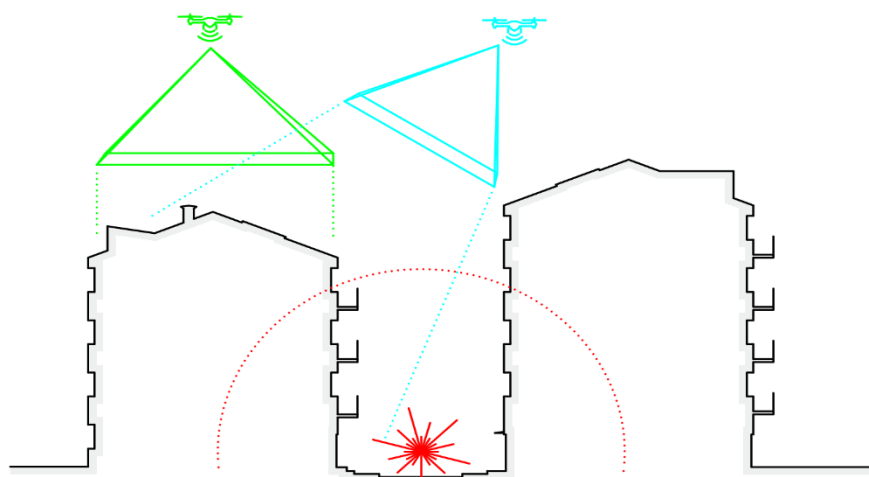
Taip pat projekto eigoje nustatyta, kad yra būtinas ryšys tarp 2D skaitmeninių nuotraukų ir 3D takų masyvo. Kitu atveju algoritmui aptikus objektus 2D vaizduose nėra ryšio nustatyti 3D geometrijos savybes. Arba ta pati problema išlieka, jei nustatomas objektas 3D taškų masyve, nėra atbulinio ryšio identifikuoti to paties objekto 2D vaizduose (skaitmeninėse nuotraukose).

Analizuojamos pasirinktos vertingosios savybės (objektų klasės):

1. Langai (Windows)
2. Stogai (Roofs)
3. Frontonai (Pediments)
4. Tūriniai stoglangiai (Dormers)
5. Durys (Doors)
6. Vartai (Gates)
7. Siluetas (urbanistinis)
8. Stoglangiai (Skylights)
9. Balkonai (Balconies)
10. Kolonos (Pillars)
11. Kaminai (Chimneys)
12. Netūrinės kolonos (pillasters)

Išsamus kultūros paveldo vietovių ir objektų pokyčio stebėjimas grįstas pilnu teritorijos skaitmenizavimu, kuomet siekiama užfiksuoti esamą situaciją iš visų eksterjero pozicijų, idant surinkti pilną vaizdą palyginimo užduočiai spręsti. Projekte siekta įvertinti kuo daugiau vertingųjų savybių, tačiau kiekvienam iš objektų klasės reikalingas išsamus ir pakankamas ne tik duomenų kiekis, tačiau iš DI apmokymų kokybės standartas. To neįmanoma pasiekti turint per mažai duomenų, todėl duomenų rinkimas turi būti vykdomas bent iš **trijų** pozicijų (**žr. 2 paveikslas**).

2 paveikslas. Tinkamas duomenų surinkimas užtikrinamas fiksuojant pastatą iš oro NADIR ir OBLIQUE kryptimis, bei fiksuojant gatvės vaizdą pasitelkiant *Mobile Mapping* įrankius

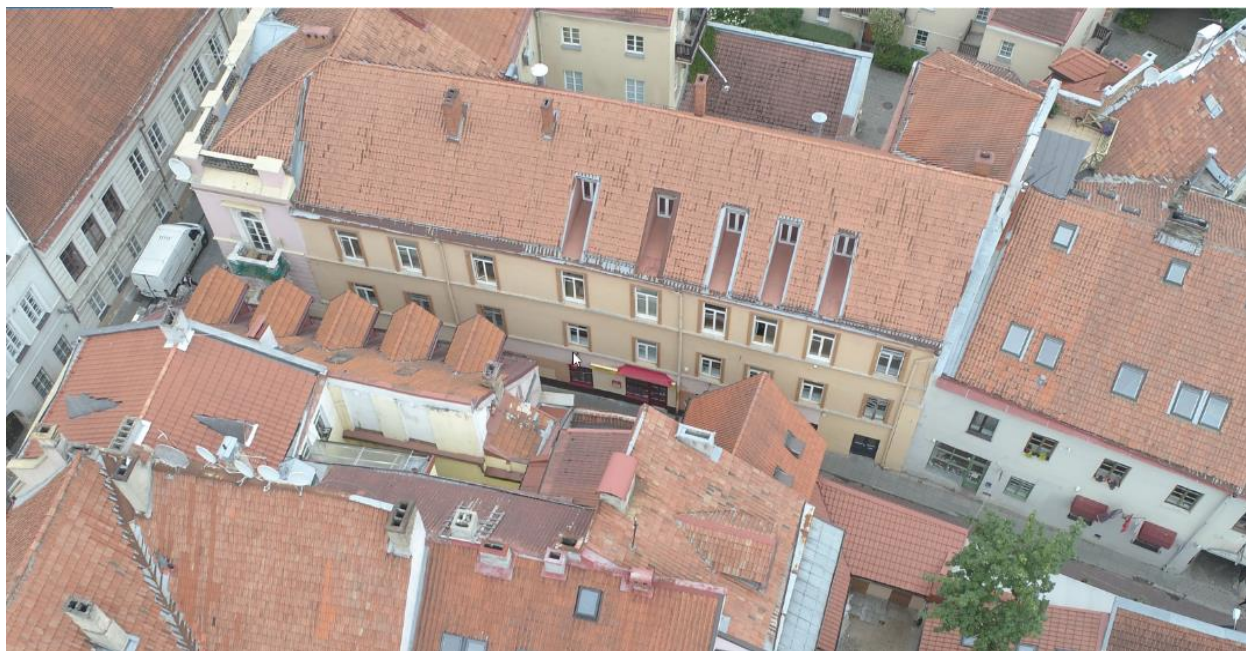


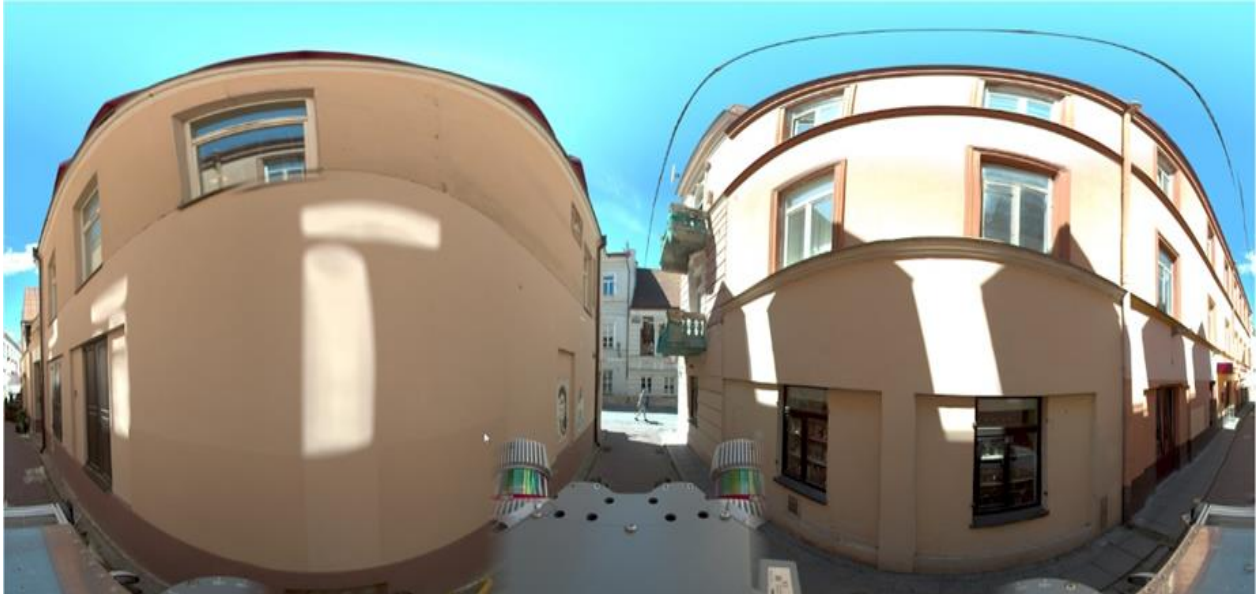
Fiksavimas iš oro atliekamas bepilotėmis skraidyklėmis (drono), kurios turi įmontuotą aukštos raiškos fotokamerą, GPS imtuvą ir, idealiu atveju, gauna RTK paklaidas. Fiksavimas NADIR kryptimi (statmenai žemės paviršiui) užtikrina kokybiškų tikrųjų ortofotografijų (angl. true orthophoto) gamybą (duomenų apdorojimo etape). Taip užfiksuojamas stogų informacinis sluoksnis, tačiau būtinas papildomas užskridimas fiksuojant OBLIQUE (įstrižo matymo kampo) kryptimi, jei siekiama surinkti galimai pasislėpusį aukštesnių nei trijų aukšto pastatų informacinį sluoksnį tarp paskutinio aukšto ir stogo, kuris dažnu atveju nebus užfiksuotas fiksuojant tik NADIR kryptimi iš oro bei fiksuojant judančių sistemų nuo automobilio (mobile mapping). Toks trigubas fiksavimas (**žr. 3, 4, 5 paveikslus**) reikalingas siekiant užfiksuoti visą paviršių, o rinkoje neegzistuoja viena konsoliduota technologija, leidžianti pasiekti įvardintą tikslą.

3 paveikslas. Drono fotofiksacija NADIR kryptimi



4 paveikslas. Drono fotofiksacija OBLIQUE kryptimi





2.2 Technologijos ir metodo pasirinkimas

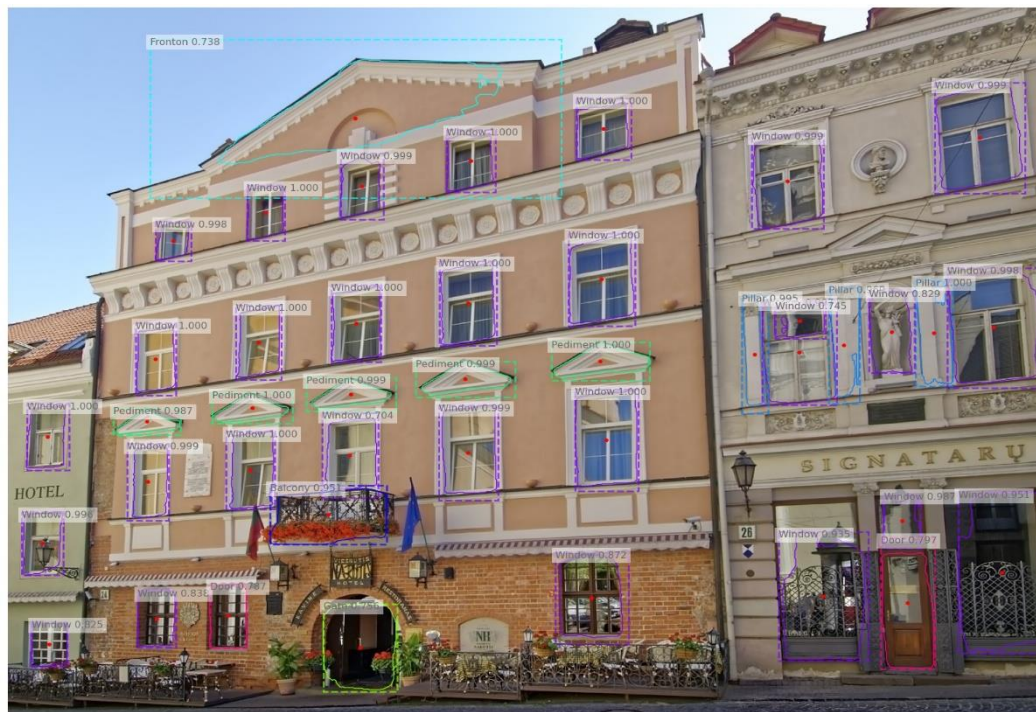
Projekto metu buvo bandytos įvairios technologijos:

- 1) Antžeminė fotografija panaudojant skaitmenines fotokameras **(NEPASITEISINO)**
- 2) SLAM 3D lazerinis skeneris (GEO-Slam Horizon) **(NEPASITEISINO)**
- 3) Antžeminis 3D skeneris (Trimble TX8, X330.) **(PASITEISINO)**
- 4) Mobilios matavimo sistemos **(PASITEISINO)**
- 5) Fotogrametrija naudojant dronus (Nadir + OBLIQUE kryptys) **(PASITEISINO)**

Nors kiekviena iš aukščiau paminėtų technologijų yra tinkama fizinei realybei užfiksuoti (skaitmenizuoti), tačiau priklausomai nuo pasirinkto metodo lauko matavimo darbai atliekami skirtingai bei gaunamas skirtingas rezultatas. Pavyzdžiui, punktyrinės raudonos linijos (**žr. 2 paveikslas**) nubrėžtas skirtingų realybės fiksavimo metodų matymo lauką (FOV): antžeminiai matavimai negali užfiksuoti aukščiau nuo žemės esančių objektų, tačiau trūkstumus duomenis galima užfiksuoti naudojant fiksavimo iš oro technologijas. Kiekviena technologija ir metodas turi konkrečių privalumų ir trūkumų ir gali vienas kitą papildyti. Aptariant naudotas technologijas galima apibendrinti.

pavieniais atpažinimo parametrais veikiantis 90-100% tikslumu net fiksacijoje, kurios atliktos kampu į fasadą (netaisyklingai) (žr. 7 paveikslas).

7 paveikslas. 2D nuotraukos panaudojimas DI procesuose. Vertingųjų savybių automatinis atpažinimas net ir neteisingų fotofiksacijų kampu atžvilgiais.



2) SLAM 3D lazerinis skeneris (GEO-Slam Horizon)

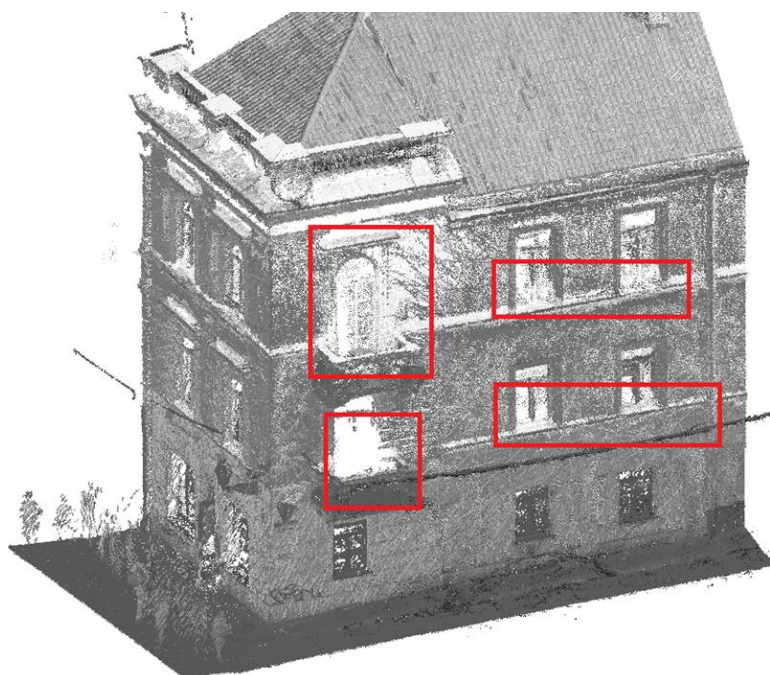
Rankinis SLAM (Simultaneous localization and mapping) skaitytuvas pateikia 3D taškų debesies duomenis judėjimo ašies atžvilgiu (**žr. 8 paveikslas**)

8 paveikslas. Projekto metu išbandytos GEO SLAM 3D skenavimo technologijos. Privalumas – portabilumas

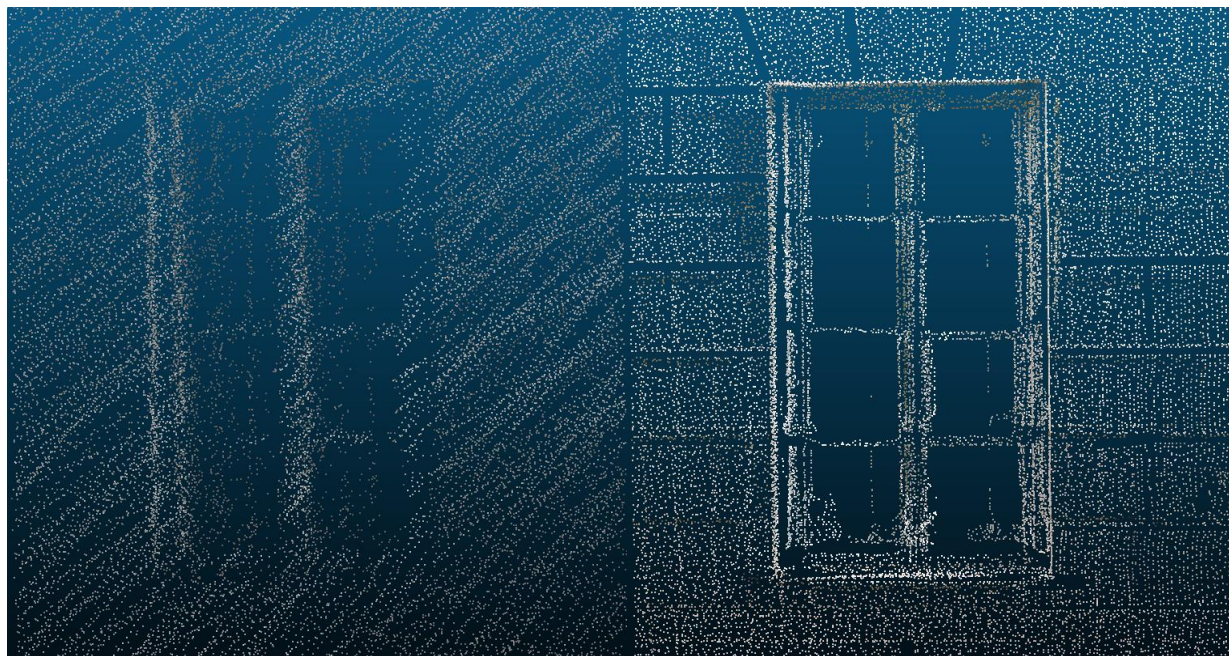


Kadangi tai yra rankinis įrenginys, jo naudojimas leidžia patekti į kiemus, praėjimus – visur, kur tik gali praeiti pėsčiasis. Tai esminis privalumas vykdant senamiesčio paveldo objektų stebėseną. Šis įrenginys užtikrina pilną 3D matavimo objektų aprėptį, tačiau duomenų kokybė yra prastesnė nei kitų stacionarių ar mobilių skenavimo įrenginių (**žr. 9, 10 paveikslus**).

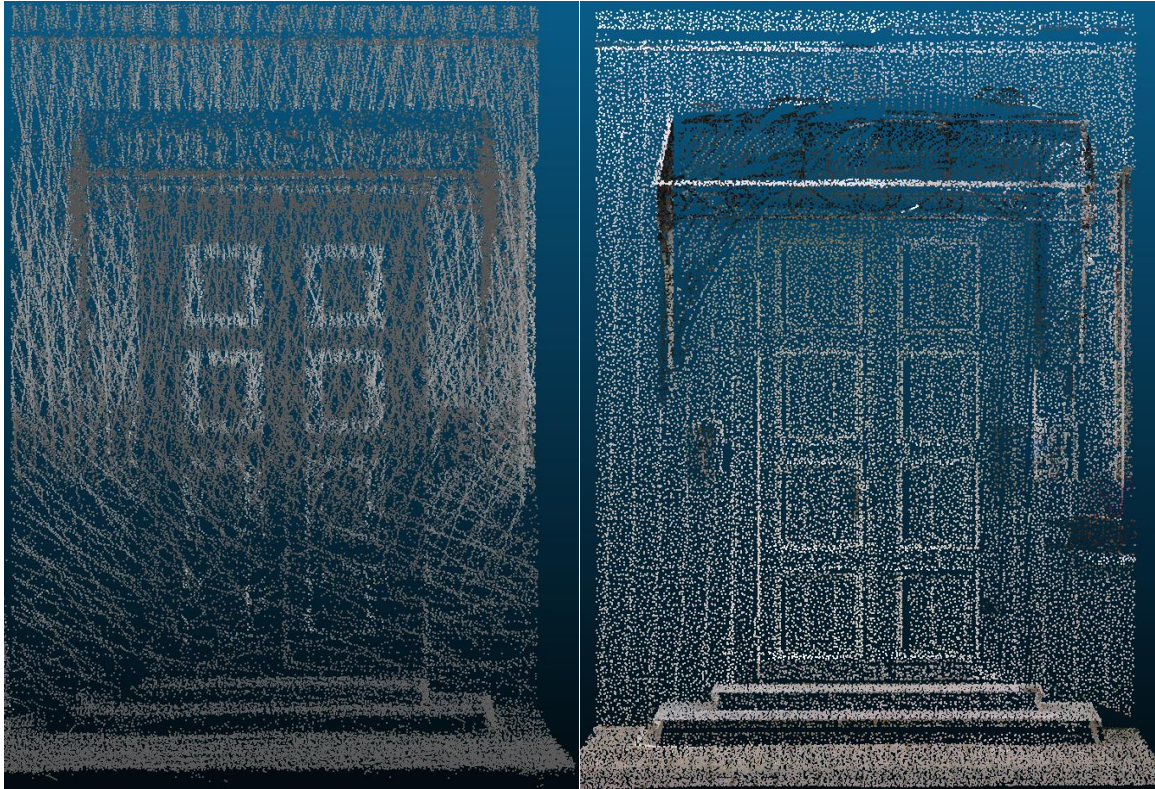
8 paveikslas. GEO Slam duomenų kokybės apribojimai



9 paveikslas. GEO Slam duomenų kokybės apribojimai. Dešinėje- Įprastas 3D duomenų vaizdas iš stacionaraus skenerio. Kairėje- įprastas 3D duomenų vaizdas iš GEO SLam skenerio

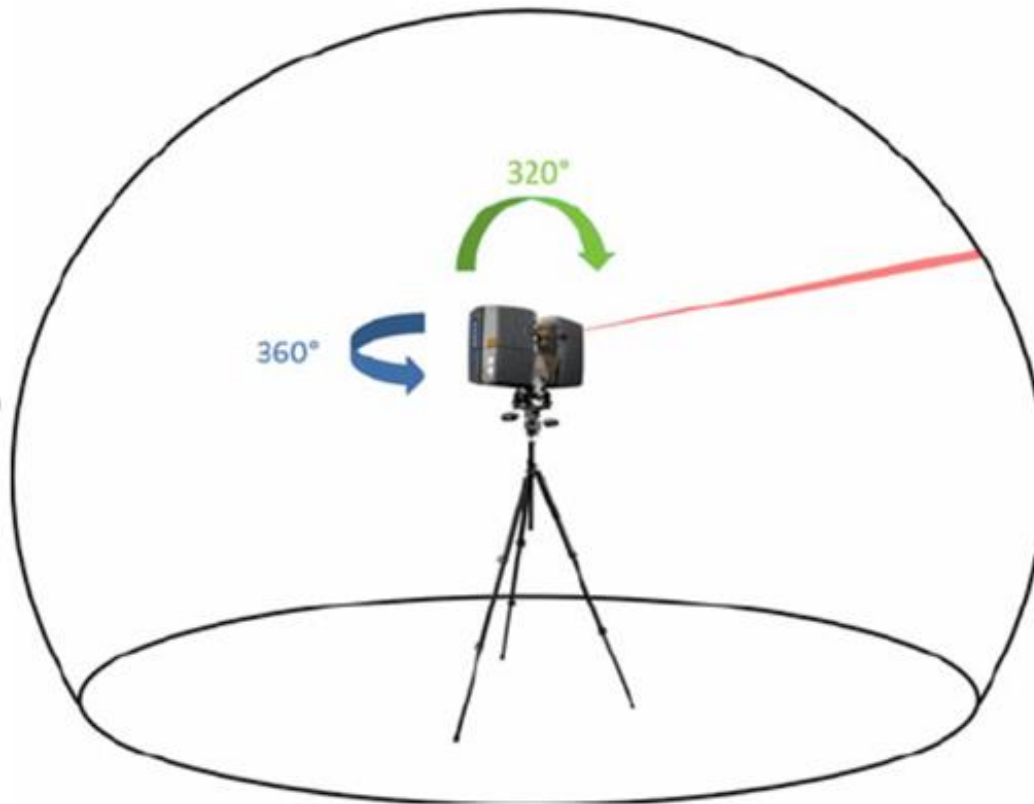


10 paveikslas. GEO Slam duomenų kokybės apribojimai. Dešinėje- Įprastas 3D duomenų vaizdas iš stacionaraus skenerio. Kairėje- įprastas 3D duomenų vaizdas iš GEO SLam skenerio



3) Antžeminis 3D skeneris (TLS), (Trimble TX8, X330..)

Antžeminis 3D lazerinis skaitytuvas (TLS), naudojamas stacionariose matavimo stotyse, yra alternatyvi rankinio SLAM antžeminio matavimo technologija (**žr. 11 paveikslas**), kuri gali pateikti realybės fiksavimo duomenis kaip 360 panoraminius vaizdus ir 3D taškų debesį.



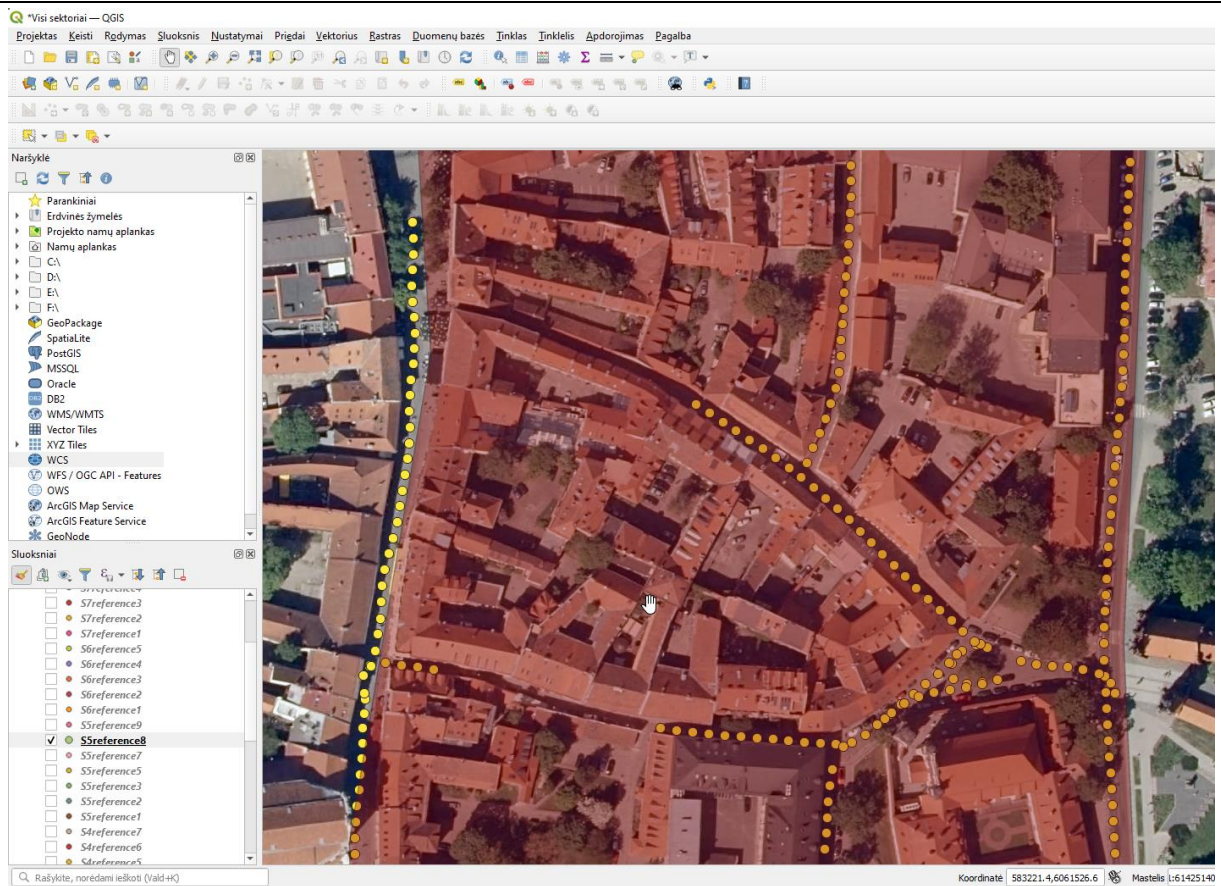
Šis metodas suteikia geriausios kokybės 3D taškų debesies duomenis, išmatuotus pagal tankio ir duomenų triukšmo santykį. Panašiai kaip rankinis SLAM, šis lauko matavimo metodas suteikia lankstumo judėti skirtingais maršrutais, tačiau tai yra daug lėtesnis matavimo metodas, palyginti su bet kokia mobilią matavimo technologija. Nepaisant to, kad išeities duomenys (**žr. 12 paveikslas**) iš šio įrenginio yra tinkami (gaunami ir 2D vaizdai ir 3D taškų masyvas), tačiau projekto galutinės gamybinės programinės įrangos fazėje naudotas tik 3D debesis, nes matymo kampas nuotraukose yra nepakankamas ir tai problemai spęsti pasitelkiamos mobiliųjų skenavimo sistemų gautos fotonuotraukos, kurios dar savyje talpina ir tikrą dydį bei koordinates.



4) Mobilios matavimo sistemos (MLS)

Mobiliojo žemėlapių duomenų rinkimo metodas yra dar viena antžeminių matavimų technologija. Didžiausias jo privalumas yra duomenų fiksavimo greitis – modernios technologijos užtikrina 360° nuotraukų ir 3D taškų debesies duomenis, važiuojant iki 70 km/h greičiu. Konkrečiai mūsų projekto kontekste, kai kultūros paveldo teritorijos yra senamiestyje, o judėjimas motorinėmis priemonėmis yra ribojamas, duomenų rinkimas naudojant mobilųjį žemėlapių sudarymą negalėjo užtikrinti sklandaus duomenų aprėpties visoje dominančioje srityje (žr. 13 paveikslas).

13 paveikslas. Mobilios sistemos panoraminių nuotraukų lokacijos (geltoniai taškai)



5) Fotogrametrija naudojant dronus (*Nadir + Oblique kryptys*)

Dronų žemėlapių sudarymo ir fotogrametrijos darbo eiga sukuria 2D vaizdus kaip išvesties duomenis, kurie gerai tinka naudoti su DI pagrįstais vaizdų apdorojimo įrankiais. Atliekant fotogrametrinius skaičiavimus, gautus duomenis galima nesunkiai konvertuoti į 3D taškų debesį. NADIR krypties fiksavimo būdas tinka pastatų stogams fiksuoti, o įstrižai gali papildyti antžeminius matavimus fiksuojant aukštesnius pastatų fasadų aukštus (**žr. 14 paveikslas**).



Įstrižo fotografavimo vaizdai projekto eigoje nebuvo naudoti aktualių objektų atpažinimui, o tik 3D stogų geometrijos atkūrimui ir 3D taškų masyvui generuoti, todėl čia išlieka neišnaudotas potencialas, panaudoti įstrižo fotografavimo vaizdus atpažinti ir registruoti aktualius objektus (vertingąsias savybes) paveldo vietovėje ar objekte, ypač tiems objektams, kurie yra trečiam ir aukštesniuose aukštuose ir yra nematomi akių horizonte stovint žemės paviršiuje siaurose gatvėse.

2.3 Išvestiniai fotogrametriniai duomenys

Šiame projekte taip pat naudoti išvestiniai fotogrametrijos duomenys, gauti apdorojant drono duomenis:

A) Ortofoto nuotraukos

Ortofoto nuotrauka kuriama (fotogrametrijos pagalba) „True“ tipo, kai pastatų stogai ar kiti aukštuminiai objektai, projektuojami NADIR kryptimi ant DEM (angl. DIGITAL ELEVATION

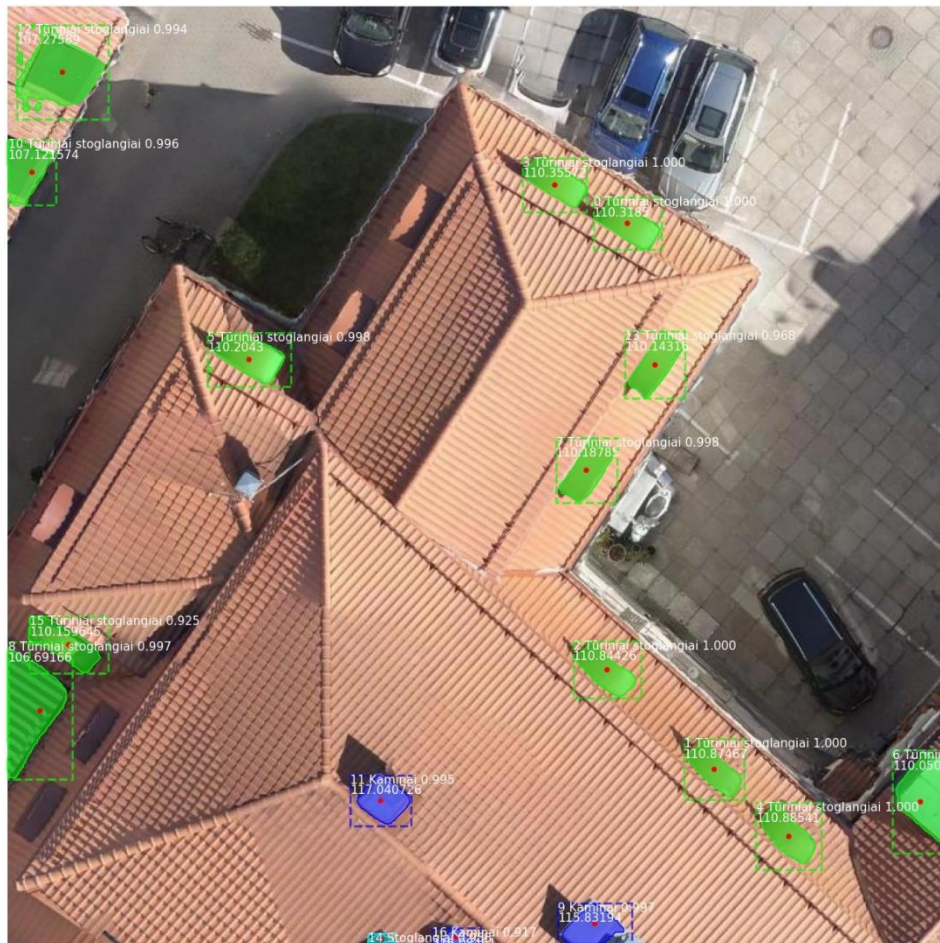
model) modelio. Taip pasirinkta todėl, jog tikslas yra gauti ir naudoti nuotraukas, kurios turėtų tikras / teisingas XYZ objektų koordinates. Praktikoje dažniausiai pasitaiko klasikinės ortofoto (angl. classic orthophoto) nuotraukos, kurios projektuojamos ant DTM (angl. DIGITAL TERRAIN MODEL) ir visi aukštuminiai objektai, pastatų stogai turi neteisingą padėtį, priklausomai nuo objektyvo ir persidengimo fotografuojant. Turint klasikinę ortofoto nuotrauką nebūtų įmanoma nustatyti XY ir Z aukščio koordinatų (žr. **15 paveikslas**).

15 paveikslas. Klasikinės ortofoto nuotraukos vaizdas (kairėje) ir „true orthophoto“ nuotraukos vaizdas dešinėje



Būtent, „true orthophoto“ nuotraukos panaudojimas leido optimizuoti dirbtinio intelekto procesus, nes apdoroti reikėjo tik vieną 2D vaizdą (žr. **16 paveikslas**), o ne tūkstančius NADIR kryptimi surinktų nuotraukų. Reikia pabrėžti, jog apdorojant ortofotografiją, pastaroji buvo skaidyta į dalis, kad būtų optimizuotas skaičiavimo procesas.

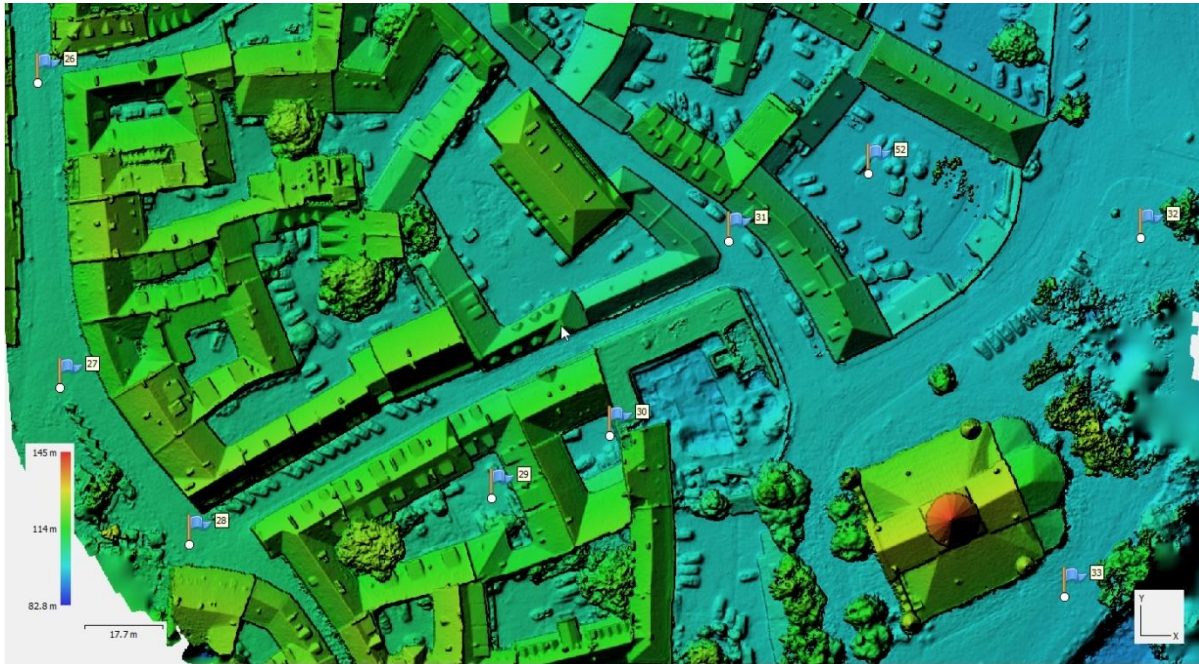
16 paveikslas. Vertingųjų savybių DI atpažinimas ortofoto nuotraukoje



B) DEM (Aukščio modelius)

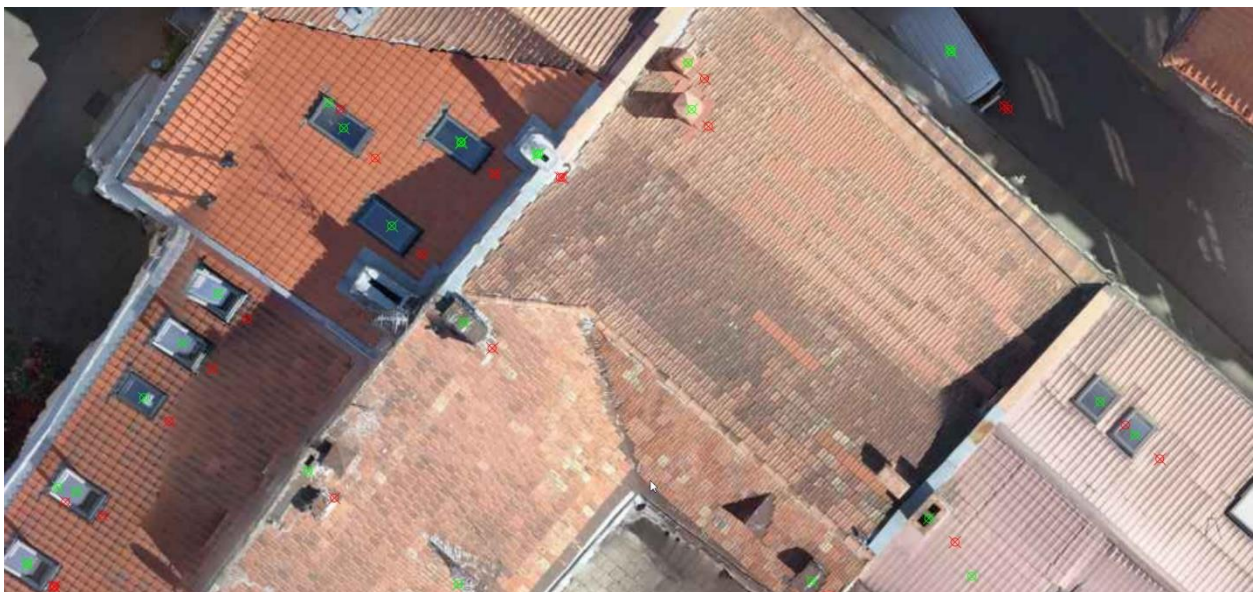
DEM modelis yra ta pati true ortofoto nuotrauka, kurioje kiekvienas pixelis turi aukščio reikšmę, o ne spalvinę reikšmę (žr. 17 paveikslas).

17 paveikslas. DEM modelio fragmentas



Apjungus ortofoto nuotrauką ir DEM modelį, gaunamas pilnas aktualus informacijos blokas, kuriame galima aptikti vertingąsias savybes (su DI) bei nustatyti jų geografinę padėtį, centro koordinates ir aukštį (žr. 18 paveikslas).

18 paveikslas. DI identifikuotos vertingosios stogo savybės (kaminai, tūriniai stoglangiai, veliukso tipo stoglangiai) ir jų centrai.



Vėliau programa atlieka vertingosios savybės paiešką duomenų bazėje ir identifikavus objektą jį iškerpa iš 3D debesies bei atvaizduoja programinės įrangos vaizde.

Taip pat buvo surastas būdas sukurti virtualias 360° nuotraukas pagal aktualias geografines GPS koordinates, urbanistinėms vertingosioms savybės stebėti (**žr. 19 paveikslas**) Vilniaus senamiesčio saugomas siluetas.

19 paveikslas. Vilniaus senamiesčio saugoma urbanistinė savybė – senamiesčio siluetas iš tam tikro apžvalgos taško



Tam, kad būtų galima generuoti senamiesčio siluetų ir panoramų stebėsenos vaizdus, būtina atsižvelgti į faktą, jog nėra iki šiol tiksliai nustatyta koordinatė, iš kurios tokios vertingosios savybės turi būti stebimos. Projekto autoriai siūlo spręsti šią problemą fiksuojant keletą tikslų koordinatžių, iš kurių virtualių pozicijų pagalba galima kaskart generuoti 360° (**žr. 20 paveikslas**) vaizdus (iš 3D taškų masyvo). Tokiu atveju dingsta neaiškumas ir neapibrėžtumas, nes kaskart atliekant fiksaciją iš skirtingos vietos fiksuojam vis kita pozicija, o naudojama įranga ir jos nustatymai kaskart tuos rezultatus iškreipia, todėl virtualios scan pozicijos nereikalauja jokios papildomos sąlygos ar naudojamos įrangos derinimo bei yra efektyvus būdas įvertinti būklę tiksliai.

20 paveikslas. Vilniaus senamiesčio urbanistinių savybių stebėseną pagal virtualias scan pozicijas 360° formatu



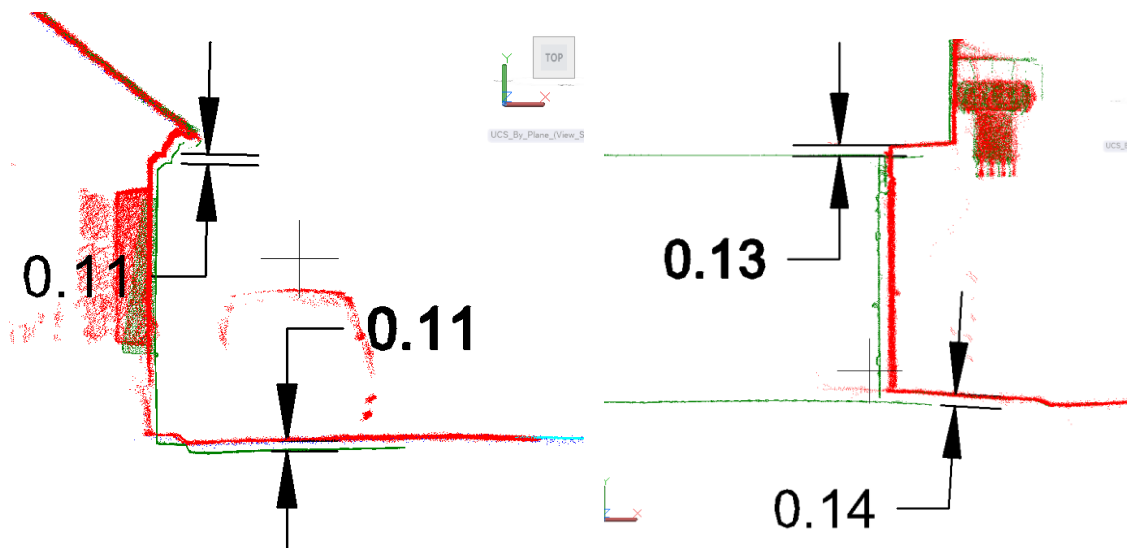
2.4 Duomenų rinkimo problematika

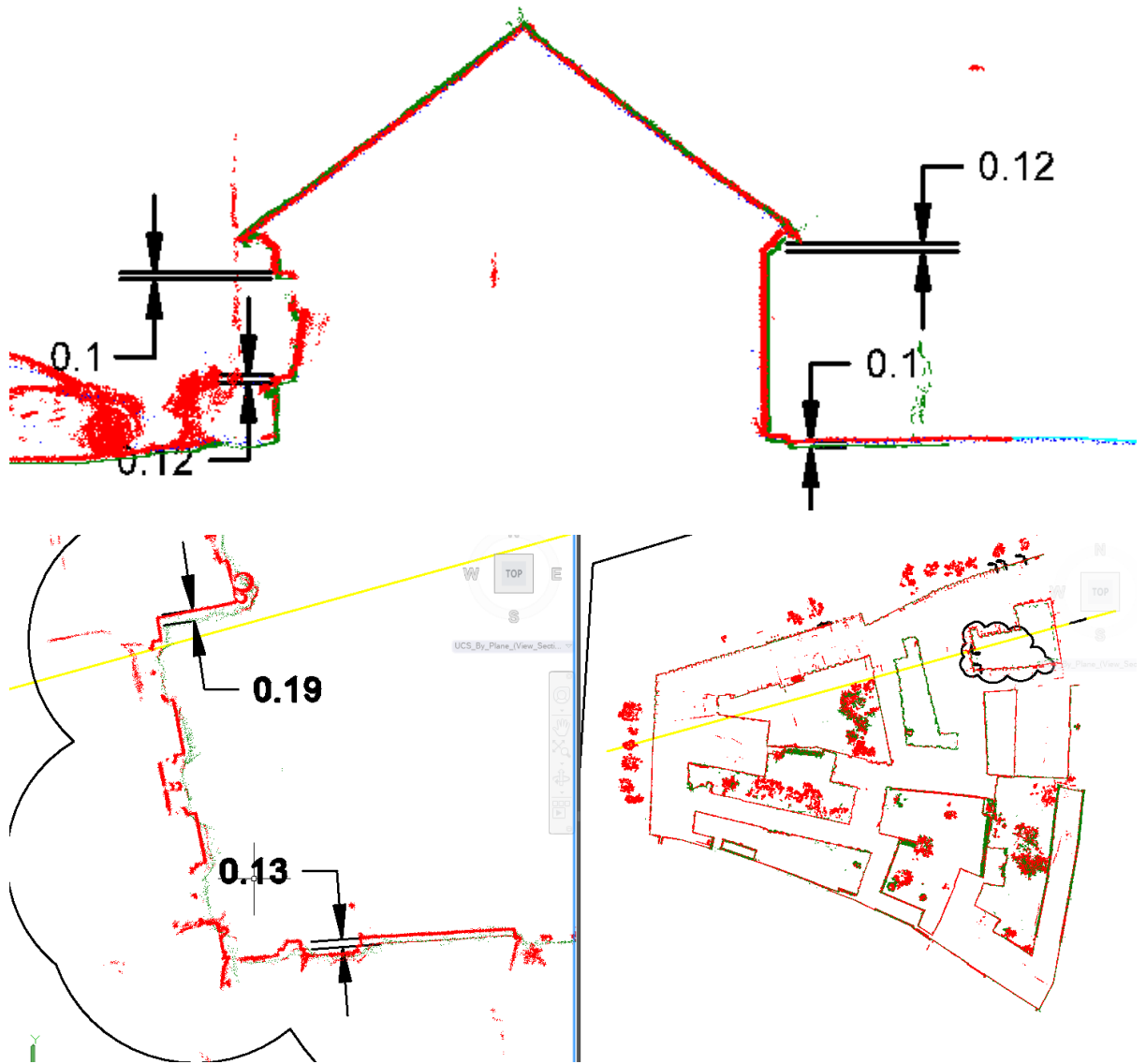
Nepaisant to, kokia pasirenkama matavimo technologija, paveldo vietovės ar objekto skaitmenizavimui išlieka keli svarbūs faktoriai, kurie daro įtaką monitoringo proceso patikimumui ir vientisumui. Tai a) geografinis duomenų tikslumas; b) paveldo vietovės ir objekto padengimas; c) duomenų tankumas ir kokybė.

A) Geografinis duomenų tikslumas

Geografinis tikslumas apibrėžia objekto koordinates ir geometriją realiame pasaulyje ir skaitmeninėje kopijoje. Kadangi stebėseną yra atliekama tai pačiai teritorijai skirtingais laiko intervalais, tai reiškia, kad matavimai gali būti atlikti skirtingų paslaugų tiekėjų, naudojant skirtingas technines įrangas ir duomenų apdorojimo procesus. Todėl yra neišvengiama paklaida, kuri parodo geografinius objektų neatitikimus tarp dviejų rinkinių ir tikslios pozicijos vietovėje. Žemiau pateikiami pavyzdžiai (žr. **21 paveikslas**), parodantys neatitikimus tarp skirtingų duomenų rinkinių.

21 paveikslas. Matavimo duomenų paklaidos, išreikštos metrais





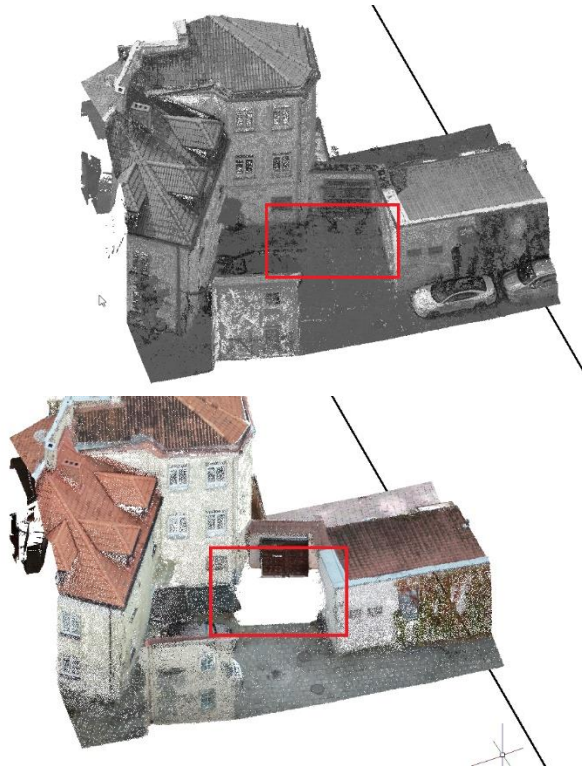
Siekiant išvengti skirtingų duomenų kokybės atvejų, būtina:

- ✓ Atlikti kontrolinius matavimus.
- ✓ Vidinės kokybės kontrolės įstaigoje įdiegimas ir jos laikymasis.

B) Paveldo vietovės ir objektų padengimas

Vietovės padengimo aspektas priklauso ne tik nuo pasirinktos įrangos, ar metodikos duomenims surinkti, bet ir nuo esamos situacijos matavimo metu. Pavyzdžiui, atliekant matavimus aplinka gali kisti, tai t. y. judėti transportas, žmonės, augalija, gyvūnija ar atsirasti kiti objektais, uždengiantys ar kitaip blokuojantys matuojamą objektą (**žr. 22 paveikslas**).

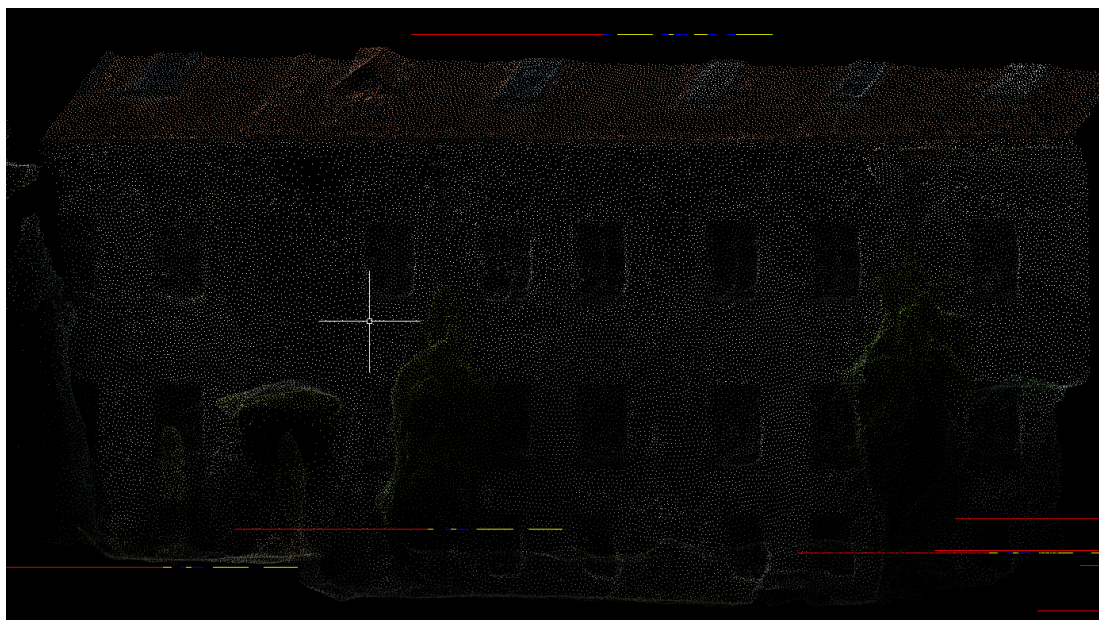
21 paveikslas. Tos pačios vietos duomenys iš skirtingų paslaugos teikėjų



C) Duomenų tankumas ir kokybė

Prieš užsakant matavimo darbus turi būti suderintos identiškios techninės charakteristikos, tam, kad būtų galima rinkti ir lyginti vienodo duomenų tankumo ir kokybės situacijas. Priešingu atveju, gaunamas skirtingas duomenų tankumas (**žr. 22 paveikslas**), kad gali trikdyti tolimesnius programinės įrangos panaudojimo aspektus (nebus identifikuotas objektas, neteisingai nustatytos centro koordinatės ir t.t.)

22 paveikslas. Tos paties objekto 3D vaizdas iš skirtingų duomenų rinkinių (paslaugų tiekėjų)



2.5 Techninės specifikacijos

Techniniai reikalavimai duomenų rinkimui (matavimams) ir priminiams apdorojimui.

2.5.1 Drono matavimams atlikti

- 1) Nuotraukos turi būti koordinuotos LKS94 koordinačių ir LAS-07 aukščių sistemoje.
- 2) Nadir nuotraukų raiška (GSD) nemažesnė nei 2cm, rekomenduojama 1-1.9cm.
- 3) Būtinios įstrižos OBLIQUE nuotraukos, kurių centro raiška (GSD) būtų nemažesnė nei 2cm.
- 4) Įstrižų nuotraukų padengimas turi būti užtikrintas tiek šiaurės – pietų, bet ir rytų – vakarų kryptimis (dvigubas persidengimas).
- 5) Rekomenduojamas išilginis persidengimas nemažesnis nei 80%, o skersinis 60%.

2.5.2 Antžeminiams matavimams atlikti

- 1) Rekomenduojama atlikti skenavimus kartu su fotografavimu, kad būtų gautos 360 laipsnių panoraminės nuotraukos.
- 2) Rekomenduojamas skenavimo tankumas atvirose vietovėse neprastesnei nei 28 milijonų taškų raiškai per vieną skenavimo poziciją (~6mm / 10m).
- 3) Atstumas tarp skenavimo pozicijų linijoje nedidesnis nei 15 metrų, einat gatve įstriža linija (t. y. reikia keisti gatvės puses, atliekant lauko matavimus).
- 4) Naudojant mobilias skenavimo sistemas, atstumas tarp panoraminių nuotraukų centrų nedidesnis nei 3 metrai. Rekomenduojamas atstumas 2-3 metrai.

2.5.3 Galutinių duomenų reikalavimai

- 1) Galutinis 3D taškų masyvas turi būti sudarytas apjungiant antžeminius matavimus su 3D duomenimis iš drono matavimų, naudojant tam skirtą specializuotą programinę įrangą.
- 2) Galutinis 3D taškų masyvas turi būti pateiktas *.e57, *.las ir *.EPT formatais.
- 3) Jeigu matavimai buvo atlikti antžeminiu 3D skeneriu, kartu su apjungtu DSM modeliu, turi būti pateikti atskirų skenavimo stočių duomenys, struktūrizuotu formatu: *.e57, *.ptx ir *.EPT.
- 4) Rekomenduojamas globalus geografinis tikslumas RMS 5cm.

- 5) Visi duomenys turi būti geografiškai orientuoti ir koordinuoti LKS94 koordinacių ir LAS07 aukščių sistemose.
- 6) Naudojant drono matavimus ir fotogrametriją, turi būti pateiktos atskiros koordinuotos nuotraukos, true ortofoto (GSD 2cm) ir DEM modelis (GSD 5cm).
- 5) Naudojant mobilias skenavimo sistemas turi būti pateiktos nuotraukų centrų koordinatės, maršrutų trajektorijos ir 3D taškų masyvo failai *.las formatu.

2.5.4 Duomenų apdorojimo kompiuterinės technikos reikalavimai

Minimalūs reikalavimai	Rekomenduojami reikalavimai
Procesorius: 2.9 GHz 4 branduolių	Procesorius: 3.5 GHz 8 branduolių
Operatyvioji atmintis: 16 Gb	Operatyvioji atmintis: 32 Gb
Vaizdo plokštė: 4 Gb	Vaizdo plokštė: 10 Gb (NVIDIA)
Atmintis: 250 Gb ⁵	Atmintis: 1 Tb
	Monitoriaus rezoliucija: 2560x1440 (4K)

Reikalinga trečiųjų šalių programinė įranga. Kompiuteryje, kuriame naudojama Heritage Guard programa turi būti įrašytos naujausios šių nemokamų atviro kodo programų versijos:

- 1) Qgis (www.qgis.com)
- 2) Cloud compare (<http://www.cloudcompare.org/>)

Šių programų paleisti naudojant Heritage Guard nereikia, bet rekomenduojama įrašius jas pabandyti atidaryti tam, kad įsitikintumėte ar jos veikia. Rekomenduojama periodiškai atnaujinti šias dvi programas. Heritage Guard kūrėjai neprisiima atsakomybės už klaidas trečiųjų šalių programinėje įrangoje ir nesprenžia problemų susijusių su jų įrašymu ar paleidimu.

Visi duomenys yra saugomi vartotojo kompiuteryje ir nėra siunčiami trečiosioms šalims.

⁵ Programinės įrangos paketas užima 2.5 Gb, bet atmintis naudojama duomenų apdorojimui ir saugojimui.

3. PALYGINIMO PROCEDŪRA

3.1 Dirbtinio intelekto moduliai

Projekto metu buvo sukurti du dirbtinio intelekto moduliai, kurių tikslas yra aptikti skirtingus elementus (vertingąsias savybes) skirtinguose duomenyse:

- Veliukso tipo stoglangių, tūrinių stoglangių ir kaminų aptikimas iš ortofoto.
- Langų, durų ir kitų nuo žemės matomų objektų aptikimas iš 360° panoraminių gatvių nuotraukų.

Ortofoto analizės modulis

Modelio apmokymui buvo naudojamos 969 Vilniaus senamiesčio NADIR krypties klasikinės orto nuotraukos. Jos buvo padalintos į apmokymo ir validavimo duomenų rinkinius. Iš apačioje esančios lentelės matome, kad šiame duomenų rinkinyje yra pakankamai tolygus duomenų pasiskirstymas tarp objektų klasių. To negalima pasakyti apie fasadų vertingųjų savybių modulį.

	Apmokymo	Validavimo	Viso
Nuotraukos	645	324	969
Veliukso tipo stoglangiai	28665	14220	42885
Tūriniai stoglangiai	19970	10375	30345
Kaminai	23920	12300	36220

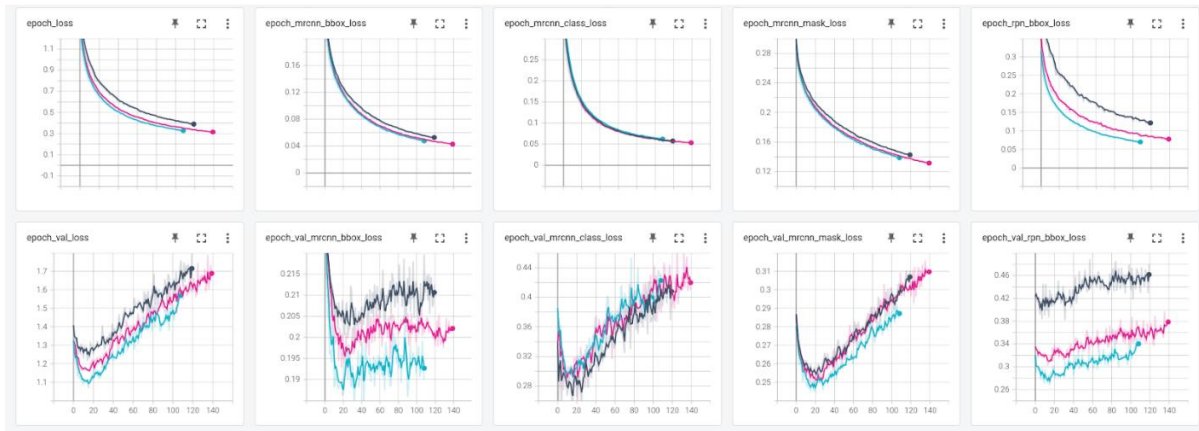
Duomenų rinkiniui buvo pritaikyti duomenų augmentavimo algoritmai ir duomenų kiekis buvo padidintas 4 kartus. Nuotraukos buvo pasukamos 90 ir 180 laipsnių kampais, bei padaromos veidrodinės jų kopijos.

Apmokyme naudoti šie pagrindiniai mokymo parametrai:

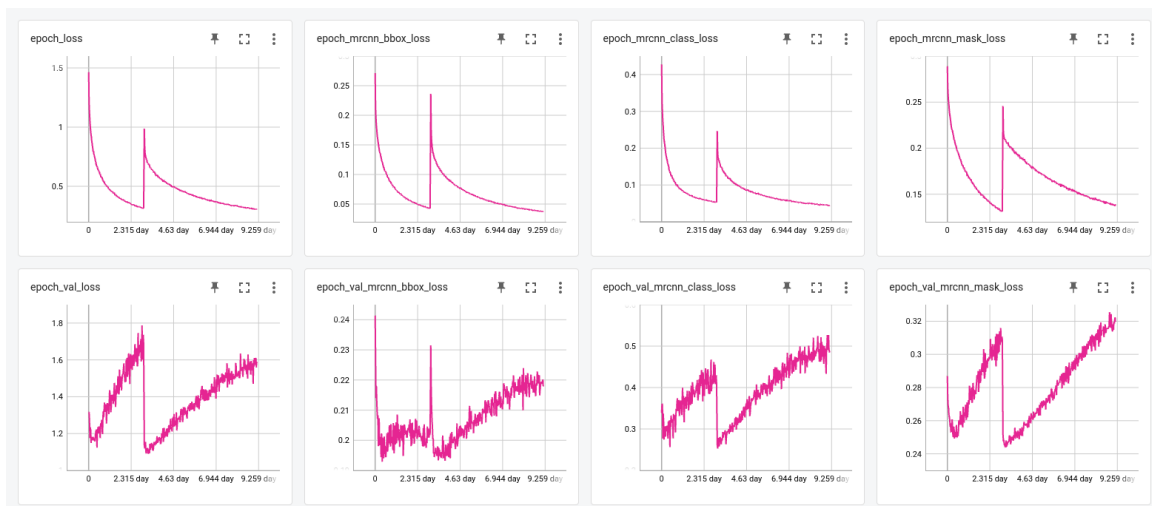
```
BACKBONE_STRIDES      [4, 8, 16, 32, 64]
LEARNING_MOMENTUM     0.9
LEARNING_RATE         0.001
LOSS_WEIGHTS          {'rpn_class_loss': 1.0, 'rpn_bbox_loss': 1.0, 'mrcnn_class_loss': 1.0, 'mrcnn_bbox_loss': 1.0, 'mrcnn_mask_loss': 1.0}
```

ROI_POSITIVE_RATIO 0.33
 STEPS_PER_EPOCH 3225
 VALIDATION_STEPS 1620
 WEIGHT_DECAY 0.0001

Mokymo eigą atvaizduoja toliau pateikiami grafikai:



Iš jų galime matyti, kad besimokydamas modelis vis prasčiau praeina validacijos etapą (ypač objektų kontūrų aptikimo srityje). Tai rodo modelio per didelį prisitaikymą atpažinti apmokymo duomenų rinkinyje esančius objektus (angl. overfitting). Siekiant to išvengti, buvo pasirinktas vieno mokymosi ciklo 15-as žingsnis (kuriame validacijos paklaida buvo dar gana maža) ir mokymasis buvo pratęstas nuo jo, naudojant mažesnę mokymosi greitį (0.00001 vietoje 0.0001). Iš žemiau pateikto grafiko matyti, kad ši strategija leido sumažinti validavimo žingsnio paklaidas ir atitolinti paklaidų augimą. Pavyzdžiui, pirmo grafiko paklaidų lygis pasiektas 70-ame žingsnyje, pritaikius naują strategiją, buvo pasiektas tik 160-ame žingsnyje.

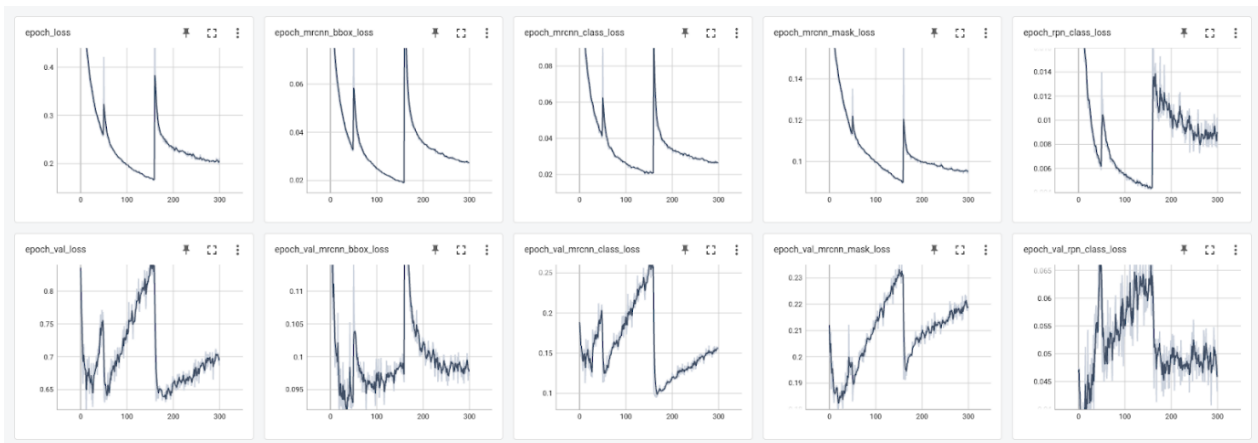


360° nuotraukų analizės modulis

Duomenys apmokymui buvo paruošti naudojant 360° nuotraukų konvertavimą į siauresnio kampo (120°) projekcijas. Siekiant projekcijose sutalpinti kiek įmanoma daugiau objektų, buvo pasirinkti šie parametrai: 15° kampas į viršų nuo horizonto (siekiant sumažinti šaligatvių užimamą plotą ir apimti viršutinius pastatų kampus); 45°, 90°, 135°, -45°, -90°, -135° kampus nuo važiavimo krypties (siekiant sumažinti gatvės vaizdo dalį ir padidinti fasadų užimamą dalį).

Šiai užduočiai buvo panaudota Equirec2Perspec biblioteka. Po to rankiniu būdu buvo atrinktos 1309 nuotraukos apmokymui atsižvelgiant į objektų kiekį nuotraukose ir iškraipymų lygį.

Buvo pasitelkta prieš tai pasiteisinusi strategija apmokyti modelį etapais vis mažinančią *learning rate* parametru. Apmokant modelį langų atpažinimui po trijų apmokymo etapų buvo pasiekti geri rezultatai naudojant 0.001, 0.0001 ir 0.00001 *learning rate* parametrus.



Grafikuose matyti apmokymo rezultatai (pirmoje eilutėje apmokymo rezultatai, antroje eilutėje validacijos rezultatai). Staigūs grafiko pokyčiai žymi naują etapą su kita *learning rate* reikšme. Matyti, kad paskutiniame etape išvengiama stipraus validacijos paklaidų augimo, dėl to didėja modelio tikslumas aptinkant naujus tokio paties tipo objektus. Apačioje pateikiami keli modelio langų aptikimo rezultatai. Matyti, kad langai aptinkami dideliu tikslumu. Taip pat gerai aptinkami nestandartinių formų (trikampio, apvalūs) langai. Kiek sunkiau aptinkami langai su uždarytomis langinėmis ir dideliu kampu nufotografuoti langai.



3.2 Palyginimo moduliai

Ortofoto nuotraukų analizės modulis

Ortofoto nuotraukų analizės tikslas yra aptikti aktualius paveldo objektus (veliuksio tipo stoglangiai, tūriniai stoglangiai ir kaminai) pasitelkiant fotografavimo ir 3D skenavimo duomenis ir stebėti jų pokytį. Programinė įranga leidžia aptikti objektų atsiradimą, išnykimą ir pasikeitimą dviejuose skirtingu laiku užfiksuotuose duomenų rinkiniuose. Tam yra naudojama stebimos teritorijos ortofoto nuotrauka, skaitmeninis aukščio modelis (DEM) ir 3D skenavimo duomenys. Dirbtinis intelektas nuotraukoje aptinka aktualius objektus ir nustato jų geografines koordinatas. Iš aukščio modelio nustatoma objekto padėtis Z ašyje. Tuomet iš 3D skenavimo duomenų (taškų debesies) iškerpami aptiktam objektui priklausantys taškai. Šie duomenys išsaugomi kartu su unikaliu objekto numeriu sistemoje, jo kultūros vertybių registro unikaliu kodu ir adresu. Lyginant tarpusavyje du duomenų rinkinius yra analizuojami anksčiau išsaugoti objektai ir stebimas jų

atsiradimas/dingimas/pokytis/ koordinacių arba aukščio pokytis bei 3D taškų nuotolis. Jei vienas ar keli parametrai nukrypsta nuo nustatytų normų, objektas pažymimas kaip galimas pokytis ir perduodamas vartotojo patvirtinimui. Analizės pabaigoje sugeneruojama galutinė ataskaita su visais patvirtintais pokyčiais.

Skaitmeninių aukščio modelių (DEM) analizės modulis

Ortofoto analizės modulis leidžia aptikti atskirų objektų pokyčius, tačiau jis nėra tinkamas mažesnių pokyčių stebėjimui. Skaitmeninių aukščio modelių analizės tikslas yra palyginti dviejų duomenų rinkinių aukščio modelius ir aptikti pokyčius didesnius nei nustatyta riba. Šioje analizėje nėra stebimi konkretūs objektai (vertingosios savybės) ar jų klasės, bet gali būti aptinkami tiek aukščio pokyčiai (pvz., vieno kamino aukštis), tiek formos (pvz., stogo formos pokytis). Analizės rezultatas yra poligonų (žyminčių teritorijas, kuriose aukščio pokytis yra didesnis nei numatytas) rinkinys. Jis yra perdengiamas su tos pačios teritorijos ortofoto vaizdu. Vartotojas gali peržiūrėti aptiktus poligonus ir ištrinti netikslius rezultatus. Galutinį vaizdą galima išsaugoti kaip paveikslėlį ir naudoti tolimesnėms pokyčio įvertinimo procedūroms ir apžiūrai *in situ*.

Panoramų analizės modulis

Panoramų analizės tikslas yra stebėti urbanistinių vertingųjų savybių pokyčius (siluetai, panoramos). Tam naudojamos virtualios panoramos, sugeneruotos iš taškinio debesies duomenų. Virtualios panoramos leidžia lyginti skirtingu laiko momentu surinktus duomenis, bet išlaikyti tą patį tašką ir kampą, kuriuo padaroma 3D nuotrauka. Taip pat tokioje nuotraukoje nėra dangaus, debesų ir kitų pašalinių objektų, todėl horizonto linija yra labai aiški ir tinkama analizei. Panoramų analizei pasitelkiami vaizdo apdorojimo ir matematiniai algoritmai, kurie apjungia šalia esančius nuotraukos taškus ir palygina juos su kitoje nuotraukoje esančiais taškais. Tokiu būdu sugeneruojamas vaizdas, kuriame aiškiai matosi naujai atsiradę ar dingę panoraminio vaizdo taškai. Gautą vaizdą galima perdengti su originaliomis nuotraukomis ir tokiu būdu pastebėti net nedidelius horizonto (silueto, panoramos) linijos pokyčius. Galutinį vaizdą galima išsaugoti ir naudoti tolimesnėms pokyčio įvertinimo procedūroms ir apžiūrai *in situ*.

3.3 Techninis detalizavimas

3.3.1 Duomenų saugojimas

Apdorotų duomenų rinkinių rezultatai yra saugomi SQLite duomenų bazėje, byloje pavadinimu `./hg_db.db`

Duomenų bazė turi tokias lenteles:

dataset - naudojama saugoti informaciją apie duomenų rinkinius.

element - naudojama saugoti informaciją apie aptiktus objektus.

file - naudojama saugoti iš ortofoto iškirptus paveikslėlius ir informaciją apie juos.

Dataset lentelė turi tokius stulpelius:

id - unikalus duomenų rinkinio identifikacinis numeris (naudojamas susieti duomenis su kitomis lentelėmis ir kuriant direktorijų struktūrą taškinių debesų išsaugojimui)

title - duomenų rinkinio pavadinimas laisvai pasirenkamas vartotojo.

creation_date - duomenų rinkinio sukūrimo data. Nustatoma automatiškai ir nėra lygi duomenų surinkimo datai. Data naudojama generuojant ataskaitą.

dataset_type - skaičius nurodantis duomenų rinkinio tipą. Šioje programos versijoje nenaudojamas ir visada automatiškai nustatomas į reikšmę 1. Šis laukelis buvo sukurtas tikintis skirtingų duomenų rinkinių tipų (ortofoto ir 360 nuotraukų), kuriuos reikėtų apdoroti skirtingais metodais.

description - vartotojo laisvai įvedamas tekstas leidžiantis trumpai aprašyti duomenų rinkinį. Naudojamas tik duomenų rinkinių sąraše.

orto_photo_path - ortofoto bylos lokacija vartotojo kompiuteryje. Naudojama ortofoto analizėje ir skaitmeninių aukščio modelių analizėje, kai reikia perdengti analizės rezultatus su ortofoto.

height_map_path - skaitmeninio aukščio modelio bylos lokacija vartotojo kompiuteryje. Naudojama ortofoto analizėje ir skaitmeninių aukščio modelių analizėje.

point_cloud_path - taškinio debesies pagrindinės bylos lokacija vartotojo kompiuteryje. Naudojamas pradinėje ortofoto analizėje ir duomenų rinkinių palyginime, kai reikia iškirpti trūkstančių objektų taškinius debesis.

***Element* lentelė turi tokius stulpelius:**

id - unikalus objekto identifikacinis numeris. Naudojamas vartotojo sąsajoje ir ataskaitoje.

dataset_id - susieja objektą su duomenų rinkiniu, kuriam jis priklauso.

file_id - susieja objektą su ortofoto iškarpa, kurioje jis buvo aptiktas.

element_type - programoje numatytų aktualių architektūros elementų, kuriam priklauso aptiktas elementas, tipas. Šioje programos versijoje galimos reikšmės: Stoglangiai (veliukso tipo), Tūriniai stoglangiai, Kaminai.

lat - platuma WGS 84 koordinatės sistemoje.

lon - ilguma WGS 84 koordinatės sistemoje.

height - objekto padėtis Z ašyje nuo jūros lygio metrais.

score - dirbtinio intelekto spėjimo patikimumas objekto aptikimo metu (skaičius nuo 0 iki 1).

bbox - objektą apibrėžiančio stačiakampio koordinatės ortofoto iškarpoje. Išsaugoma, kaip serializuotas masyvas pikseliais nuo viršutinio kairio paveikslėlio kampo. Išsaugoma kaip kairio viršutinio ir dešinio apatinio stačiakampio X ir Y koordinatės rinkinys (pvz. [688 551 735 592]). Naudojamas atvaizduojant objektus ortonuotraukoje.

address - pastato, kuriame aptiktas objektas, adresas, jei adresas buvo nustatytas iš vartotojo pateiktos adresų bylos.

status - paveldosauginis objekto statusas, jei toks yra pritaikytas pastatui, kuriame aptiktas objektas

name - objekto pavadinimas, jei toks buvo nustatytas iš vartotojo pateiktos adresų bylos.

code - unikalus Kultūros paveldo registro numeris suteiktas pastatui, kuris buvo suteiktas pastatui, kuriame aptiktas objektas.

File lentelė turi tokius stulpelius:

id - unikalus identifikacinis numeris. Naudojamas susieti nuotraukoje aptiktus objektus su nuotrauka.

filename - nuotraukos pavadinimas nurodantis kurią ortofoto iškarpo tinklelio ceļę atitinka konkreti nuotrauka. Formatas X_Y (pvz. 2_12).

creation_date - nuotraukos išsaugojimo data. Nurodo, kada buvo atlikta pradinė duomenų analizė (nebūtinai sutampa su duomenų rinkinio sukūrimo arba duomenų surinkimo data).

meta - papildomi paveikslėlio metaduomenys (paimami iš pagrindinės ortonuotraukos).

content - serializuoti nuotraukos duomenys.

dataset_id - unikalus duomenų rinkinio numeris naudojamas susieti ortofoto iškarpas su konkrečiu duomenų rinkiniu.

width - paveikslėlio plotis pikseliais.

height - paveikslėlio aukštis pikseliais. Plotis ir aukštis naudojamas deserializuojant nuotraukos duomenis.

Iš taškinio debesies iškirptų su aptiktu objektu susiję ir aplinkiniai taškai saugomi *.las failuose, kurių direktorių struktūra yra tokia: ./data/{dataset_id}/{object_id}.las (pvz., ./data/2/135.las).

Vėlesniame projekto etape buvo atrastas sprendimas palyginti dviejų taškinių debesų taškų tarpusavio nuotolį naudojant atviro kodo *CloudCompare* programinę įrangą. Jos ribotas funkcionalumas leidžia dirbti tik su diske išsaugotais taškiniais debesimis (nėra galimybės pasiimti duomenų iš duomenų bazės ar kitų šaltinių). Vietoje to, kad išsaugotume kiekvieną taškų debesį į diską prieš pat palyginimą, optimaliau yra išsaugoti juos objektų aptikimo metu ir vėliau panaudoti lyginant duomenų rinkinius.

Lyginant dviejų duomenų rinkinių objektų taškinių duomenų nuotolį vienas nuo kito yra sugeneruojami laikini taškiniai debesys su nuotolio nuo aplinkinių taškų reikšmėmis. Jie yra išsaugomi direktorijoje ./temp formatu {object_id_in_dataset_A}_{object_id_in_dataset_B}.asc (pvz., ./temp/11_345.asc).

Duomenų rinkinių palyginimo metu gali pasitaikyti atveju, kai viename duomenų rinkinyje objektas aptinkamas, o kitame ne. Tokiu atveju iš rinkinio, kuriame objekto nėra, iškerpamas taškinio debesies vaizdas tose pačiose koordinatėse. Jis yra išsaugomas: `/temp/{dataset_id}/{object_id}.las` (pvz., `/temp/1/23.las`).

Nors laikini duomenys atvaizdavimo tikslams galėtų būti išsaugomi tik atmintyje, bet dėl anksčiau minėtos CloudCompare programinės įrangos limitacijos, jie taip pat turi būti išsaugomi diske.

Migruojant duomenis, atnaujinant programą ar siekiant sutaupyti vietos diske `/temp` direktorija gali būti ištrinta kartu su joje esančiomis bylomis. Tačiau to daryti be priežasties nerekomenduojama, nes laikini analizės rezultatai paspartina pakartotinį tų pačių duomenų rinkinių palyginimą.

3.3.2 Duomenų migracija

Duomenis migruoti (perkelti) gali reikėti dėl kelių priežasčių:

- norint perkelti duomenis iš vieno kompiuterio į kitą;
- norint pasidalinti duomenimis su kolegomis;
- atnaujinant programą į naujausią versiją;
- norint sukurti duomenų archyvinę kopiją.

Procedūra:

- Duomenų kopijavimas:
 1. Nueiname į direktoriją, kurioje yra įrašyta Heritage Guard programinė įranga.
 2. Surandame ir pažymime bylą pavadinimu **hg_db.db** ir aplanką pavadinimu **data**.
 3. Nukopijuojame juos į atskirą direktoriją diske arba išorinę laikmeną.
- Duomenų įkėlimas:
 1. Nueiname į direktoriją, kurioje yra įrašyta Heritage Guard programinė įranga. Ištriname **hg_db.db** bylą ir aplanką pavadinimu **data**, jei jie egzistuoja. Svarbu ištrinti senus duomenis, nes jie gali nesutapti su naujais duomenimis ir programa neveiks taip, kaip numatyta. Jei seni duomenis bus reikalingi, reikia padaryti jų atsarginę kopiją prieš atliekant šį žingsnį.

2. Nukopijuojame byla pavadinimu **hg_db.db** ir aplanką pavadinimu **data** iš vietos, kur jos buvo išsaugotos
3. Įkeliame juos į direktoriją, kurioje įrašyta Heritage Guard programinė įranga.

Norint apjungti duomenis iš skirtingų Heritage Guard programos sukurtų duomenų rinkinių reikalinga rankinė duomenų bazių apjungimo procedūra, išlaikanti sinchronizaciją tarp duomenų bazės įrašų *id* ir taškinių debesų bylų pavadinimų.

3.3.3 Pradinė ortofotografijos analitika

Ši procedūra atliekama prieš ortofoto duomenų rinkinių palyginimą ir reikalinga tam, kad vartotojo pateiktuose duomenyse būtų aptikti aktualūs objektai (vertingosios savybės) ir būtų išsaugoma visa informacija, reikalinga dviejų duomenų rinkinių palyginimui. Šis žingsnis yra imliausias laikui ir kompiuterio resursams iš visų programoje naudojamų procedūrų. Jis susideda iš kelių etapų:

Duomenų įkėlimas

Vartotojas, naudodamas vartotoja sąsają, pasirenka tinkamai paruoštus dokumentus:

- ortofoto nuotrauką (.jpg formatu);
- skaitmeninio aukščių modelio (DEM) bylą (.tif formatu);
- taškinių debesies bylą (EPT formatu, pasirenkant ept.json bylą);
- adresų ir KVR duomenų sluoksnio bylą (.shp formatu).

Prasidėjus analizei vartotojo pateiktų bylų lokacijos diske (išskyrus adresų ir KVR duomenų sluoksnio bylą, nes ji tolimesniuose etapuose nenaudojama), išsaugomos duomenų bazėje kaip duomenų rinkinio parametrai. Visi duomenys konvertuojami į darbinę WGS 84 koordinacių sistemą. WGS 84 koordinacių sistema buvo pasirinkta kaip darbinė, nes ji yra geriausiai suderinama su įvairiomis trečiųjų šalių bibliotekomis ir lengviausiai panaudojama atliekant skaičiavimus. Duomenis nesunkiai galima konvertuoti iš vartotojo pateiktų duomenų koordinacių sistemos į WGS 84 ir atgal. Tam naudojama bibliotekos pyproj klasė Transformer.

Duomenų apdorojimas

Šiame etape ortofoto nuotrauka yra sukarpoma į mažesnius paveikslėlius, kurie yra tinkami dirbtinio intelekto analizei. Buvo nustatyta, kad efektyviausia yra padalinti ortofoto į 800x800 dydžio nuotraukas su 100 pikselių persidengimu. Persidengimas reikalingas norint tinkamai aptikti objektus, kurie gali būti apkirptos nuotraukos krašte ir dėl to ne visas objektas patektų į nuotrauką. Persidengimas padidina tikimybę, kad visas objektas tilps vienoje nuotraukoje. Tačiau tai reiškia, kad tas pats objektas bus aptiktas keliose skirtingose nuotraukose. Todėl po pradinės duomenų analizės pasikartojantys objektai turi būti aptinkami, iš jų išrenkamas tinkamiausias, o kiti eliminuojami.

Siekiant optimizuoti operatyvinės atminties naudojimą ir palikti kiek įmanoma daugiau kompiuterio resursų dirbtinio intelekto veikimui, nuotraukos iškerpamos po vieną prieš pat analizuojant konkrečią nuotrauką (o ne visa nuotrauka sukarpoma iškart ir laikoma atmintyje, kol prireiks ją analizuoti).

Kiekviena nuotrauka pateikiama dirbtinio intelekto analizei. Jei nuotraukoje aptinkamas bent vienas aktualus objektas, ji įrašoma į duomenų bazę. Tuomet analizuojami aptikti objektai.

Dirbtinio intelekto modelio kūrimui ir pritaikymui buvo panaudota Mask CRNN (angl. Convolutional recursive neural network) biblioteka, kuri yra aukštesnio lygio abstrakcija, apimanti Tensorflow ir Keras karkasus. Ji yra specialiai pritaikyta nuotraukų analizei.

Dirbtinio intelekto analizės rezultatas yra aktualių objektų (angl. "ROIs" - regions of interest) masyvas. Dirbtinis intelektas atlieka dvi pagrindines užduotis - objektų klasifikavimą ir objektų segmentavimą. Klasifikavimo rezultatas yra objekto priskyrimas tam tikrai klasei (išvestis yra klasės id, kuris programoje toliau konvertuojamas į žodinę reikšmę). Segmentavimo rezultatas yra poligonas, apimantis nustatyto objekto ribas ir stačiakampis, apibrėžiantis poligoną (angl. bbox - bounding box). Taip pat pateikiamas bendras klasifikavimo ir segmentavimo spėjimo patikimumas (skaičius nuo 0 iki 1, kur 1 yra didelis patikimumas). Dažniausiai šis skaičius svyruoja tarp 0,7 ir 0,99.

Iš ortofoto duomenų yra nustatomos aptikto objekto centro geografinės koordinatės. Iš skaitmeninio aukščio modelio yra nustatoma objekto padėtis Z ašyje. Pastaruosiuose dviejuose žingsniuose yra naudojama rasterio biblioteka, kuri leidžia naudoti ne tik ortofoto grafinę informaciją, bet ir papildomus metaduomenis, tokius kaip kiekvieno pikselio geografinė koordinatė. Iš adresų ir KVR duomenų bylos yra nuskaityti pastato duomenys, į kurio ribas

patenka aptikto objekto centras. Tam naudojama GeoPandas biblioteka. leidžianti efektyviai dirbti su dideliais geografinių duomenų kiekiais ir greitai juos filtruoti, rūšiuoti ir atlikti paiešką. Kadangi duomenyse yra keli poligonai, į kuriuos gali patekti aptiktas objektas (miesto teritorija, tam tikros miesto dalies teritorija, pastatų kompleksas, konkretus pastatas), tai visi poligonai surūšiuojami pagal plotą ir imamas mažiausią plotą turintis poligonas, kuris atitinka pastatą. Taip pat nustatoma 5 metrų paklaidos riba, nes dėl prieinamų duomenų netikslumo, kai kurių pastatų poligonai nesutampa su realia jų padėtimi ortofoto.

Duomenys išvalomi, konvertuojami į tinkamus tipus ir išsaugomi duomenų bazėje. Tuomet iš taškinio debesies yra iškerpamas regionas, kurio centre yra aptiktas objektas. Iškerpamas rutulio formos taškinis debesis, kurio spindulys parenkamas proporcingai aptikto objekto dydžiui nuotraukoje (bet ne didesnis nei 5 metrai ir ne mažesnis nei 3 metrai). Taškinis debesis išsaugomas atskiroje byloje. Taškinių debesų iškirpimui yra naudojama *pdal* biblioteka. Ji leidžia aprašyti procedūrų seką su tam tikrais parametrais ir ją paleisti. Siekiant optimaliausio programos veikimo, iš viso taškinio debesies pradžiai užkraunamas tam tikras regionas, kuriame yra aptiktas objektas, po to yra iškerpamas rutulio formos debesis, kurio centras yra aptikto objekto centras geografinėje koordinačių sistemoje, o spindulys apskaičiuotas pagal objektą apibrėžiančio stačiakampio plotą. Buvo pastebėta, kad dėl klaidos *pdal* bibliotekos kode, apkerpant didelį kiekį taškinių debesų, nebuvo tinkamai išvaloma operatyvioji atmintis. Dėl to programa po tam tikro išanalizuotų objektų skaičiaus tiesiog išsijungdavo. Šios problemos sprendimas buvo paleisti kiekvieną apkirpimo procedūrą atskirame procese, kuriam pasibaigus atmintis išvaloma automatiškai.

Pasibaigus analizei, jos rezultatai atvaizduojami lentelėje, joje vartotojas gali peržiūrėti aktualiausius duomenis, vaizdą ortofoto nuotraukoje ir taškiniame debesyje, ištrinti netinkamus rezultatus ar pakeisti objekto tipą (klasę). Dėl ortofoto iškarpu persidengimo tas pats objektas gali būti aptiktas kelis kartus. Objektų apjungimui naudojamas *BallTree* kaimyninių tašku aptikimo algoritmas. Iš pradžių iš visų aptiktų objektų koordinačių, paverstų radianais, algoritmas sudaro kaimynų medį. Naudojant šį medį, aptinkami artimiausi kiekvieno objekto kaimynai ir jiems priskiriamas bendras laikinas koreliacijos id. Kai visi elementai gauna savo koreliacijos id, iš visų objektų, kurie turi bendrus id, išrenkamas vienas, turintis didžiausią plotą, ir jis paimamas, kaip pagrindinis. Šalia jo prijungiami likusieji objektai. Vartotojui parodomas tik pagrindinis objektas.

Duomenų rinkinių palyginimas

Iš pradžių yra užkraunami reikiami abiejų duomenų rinkinių duomenys (elementų duomenys iš duomenų bazės, abiejų rinkinių orto nuotraukos ir taškiniai debesys). Prieš pradėdant analizę, kiekvienas rinkinys iš naujo atfiltruojamas naudojant *BallTree* algoritimą tam, kad palyginimui būtų naudojami tik unikalūs aptikti objektai. Kiekvienas objektas analizuojamas atskirai ir ieškoma jo geriausio atitikmens kitame duomenų rinkinyje. Jei kitame rinkinyje toje pačioje geografinėje lokacijoje yra randamas objektas, tačiau jo tipas (klasė) nesutampa su analizuojamo objekto, yra fiksuojamas pokytis. Taip pat pokytis fiksuojamas jei objektas toje vietoje kitame duomenų rinkinyje neaptinkamas. Tuomet elementas pažymimas kaip dingęs arba atsiradęs (priklausomai nuo to, iš kurio duomenų rinkinio perspektyvos analizuojama). Šiam palyginimui naudojamas tas pats *BallTree* bazinis algoritmas, bet šiuo atveju yra sudaromi du kaimynų medžiai (rinkinio A ir rinkinio B). Analizuojamo objekto koordinatės yra panaudojamos surasti artimiausius kaimynus kito rinkinio kaimynų medyje. Tuomet iš visų artimiausių kaimynų yra išrenkamas tinkamiausias. Tam yra skaičiuojamas kiekvieno kaimyninio elemento įvertis, kuris susideda iš tokių parametrų: plotas artimiausias analizuojamo objekto plotui, minimalus atstumas nuo analizuojamo objekto centro, objektų tipai sutampa. Naudojant tik vieną arba kelis iš kriterijų buvo gauti prastesni palyginimo rezultatai.

Kitame palyginimo žingsnyje yra lyginami dviejų objektų taškiniai debesys. Jei objektas atsirado arba dingo, tuomet tokio paties dydžio taškinis debesis iškerpamas iš bendro taškinio debesies to rinkinio, kuriame objekto trūksta. Tuomet du taškiniai debesys palyginami tarpusavyje ir gaunama statistinė taškų nuotolio nuo artimiausių kaimynų kitame taškiniame debesyje histograma. Iš jų apskaičiuojamas sutapimo koeficientas (nuo 100 iki -1000, kur 100 yra didelis sutapimas, o -1000 labai mažas sutapimas), kuris leidžia nustatyti ar taškiniuose debesyse yra reikšmingų pasikeitimų bei atmesti klaidingus dingo/atirado pokyčius (jei dirbtinis intelektas objekto neaptiko, bet taškinių debesų analizė rodo didelį sutapimą).

Taškinių debesų palyginimui naudojama *CloudCompare* trečiųjų šalių programinė įrangą. Kaip parametrai jai paduodami dvi taškinių debesų *.las bylos, o išvestis yra ataskaitos byla, kurios vienas iš duomenų yra kiekvieno taško atstumas iki artimiausio kito taškų debesies taško. Iš šių duomenų yra išskaičiuojamos histogramos, kurios parodo, kiek procentų taškų yra nutolę iki 5cm, iki 10cm, iki 15cm, 20cm, 25cm, 35cm, 45cm, 1m ir daugiau nei 1 m. Sutapimo koeficientas apskaičiuojamas sudėjus pirmų keturių rėžių procentus ir atėmus likusių rėžių procentų sumą. Nors

toks skaičiavimas nėra standartinė statistikos procedūra, jis leidžia gerai atrinkti reikšmingus ir nereikšmingus pokyčius. Histogramų skaičiavimui naudojama *numpy* biblioteka.

Galutinis analizės rezultatas atvaizduojamas lentelėje. Vartotojas gali peržiūrėti duomenis, palyginti objektų vaizdus ortofoto nuotraukose bei perdengtuose taškiniuose debesyse. Taip pat yra galimybė suvienodinti objektų tipus dviejuose duomenų rinkiniuose, ištrinti klaidingus duomenis iš duomenų rinkinio, pašalinti neteisingai aptiktą pokytį iš ataskaitos bei peržiūrėti kiekvieną objektą atitinkamame duomenų rinkinyje. Galutinę ataskaitą galima išsaugoti pdf formatu. Pdf dokumento generavimui buvo panaudota *FPDF* biblioteka.

3.3.4 Skaitmeninių aukščio modelių analitika

Analizuojant aukščio žemėlapius yra panaudojama atviro kodo trečiųjų šalių programinė įranga *QGIS*. Ji leidžia sudaryti modelį, susidedantį iš daugelio algoritmų ar funkcijų, kurie vienas po kito apdoroja duomenis ir sugeneruoja galutinį rezultatą - poligonus, žyminčius reikšmingą pokytį. Heritage Guard programoje naudojamas modelis susidedantis iš tokių žingsnių:

- *Raster calculator* (iš dviejų paveikslėlių sugeneruoja vieną, kuriame aukščiai skiriasi daugiau nei 50cm).
- *Sieve* - panaikina taškų grupes, mažesnes nei 25 pikseliai (atmetami triukšmo sugeneruoti pokyčiai).
- *Polygonize* - iš paveikslėlio taškų grupių sukuriama vektoriai.
- *Field calculator* - apskaičiuoja poligono plotą.
- *Extract by attribute* - atfiltruoja poligonus, kurių plotas mažesnis nei 0.5.
- *Delete holes* - užpildo poligonuose esančias skylės, taip sumažinant duomenų kiekį.
- *Smooth* - užapvalina poligonų kampus dėl patrauklesnio vartotojui atvaizdavimo.

Poligonai išsaugomi *./temp/Final.shp* byloje ir iš jos užkraunami atvaizdavimui. Poligonų atidarymui naudojama *rasterio* biblioteka. Sparčiam atvaizdavimui naudojamas *Tkinter* bibliotekos *Canvas* elementas, kuris leidžia efektyviai atvaizduoti tiek nuotraukas (ortofoto), tiek vektorinę grafiką (poligonus) ir perdengti juos vienas ant kito.

3.4.5 Panoramų analitika

Panoramų analizei naudojamas *OpenCV 2* biblioteka, kuri leidžia naudoti daugybę metodų nuotraukų manipuliavimui ir analizei. Atliekant nuotraukų analizę vykdomi šie žingsniai:

- Struktūrinių elementų išskyrimas, kuris aptinka objektų kontūrus.
- Morfologijos uždarymas užbaigia nepabaigtas figūras.
- Morfologijos išplėtimas apjungia šalia esančias mažas figūras.
- Papildomas morfologijos apjungimas naudojant *diplib* biblioteką (buvo pastebėti geresni rezultatai nei naudojant tik *OpenCV 2* siūlomą morfologijos apjungimą).
- Kontūrų paieška, apibrėžiami gautos figūros kontūrai.

Šių žingsnių tikslas yra gauti vaizdą, kuriame žemiau horizonto esanti nuotraukos dalis yra užpildyta balta spalva, o dangus užpildytas juoda spalva. Du tokie vaizdai palyginami naudojant *threshold* algoritimą du kartus. Vieną kartą lyginamas vaizdas A su vaizdu B, o kitą kartą vaizdas B su vaizdu A. Taip gaunami nauji vaizdai, kuriuose matomas teigiamas pokytis abiejuose palyginimo atvejuose. Tada abu vaizdai sujungiami į vieną ir pažymimi kaip teigiamas ir neigiamas pokytis vaizdo A atžvilgiu. Likęs vaizdas užpildomas permatomais pikseliais. Naudojant *Tkinter* bibliotekos *Canvas* originalios nuotraukos perdengiamos su analizės metu gautu pokyčiu vaizdu.

3.4.6 Vartotojo sąsaja

Heritage Guard vartotoja sąsaja sukurta naudojant *python* programavimo kalbą ir *Tkinter* biblioteką, kuri yra skirta grafinių vartotojo sąsajų kūrimui. Ji paremta hierarchine modulių struktūra, kur baziniai elementai savyje turi priklausančius elementus ir programos struktūra apjungiamą į bendrą medį. Programos moduliai suskirstyti į pagrindinius vaizdus (pagal atliekamos analizės tipą arba duomenų tvarkymo poreikius). Vaizduose naudojami smulkesni grafiniai elementai tokie, kaip mygtukai, lentelės, išskleidžiami sąrašai ir t.t., kurių tikslas suteikti programai interaktyvumo ir suvienodinti naudojamus stilius bei funkcionalumą. Taip pat yra naudojami didesni moduliai apjungiantys smulkesnius grafinius elementus į funkcinis blokus, kurie turi savo vidinę logiką ir sudėtingesnę veikimą (pvz., taškinio debesies peržiūros modulis, nuotraukos su pažymėtais objektais modulis).

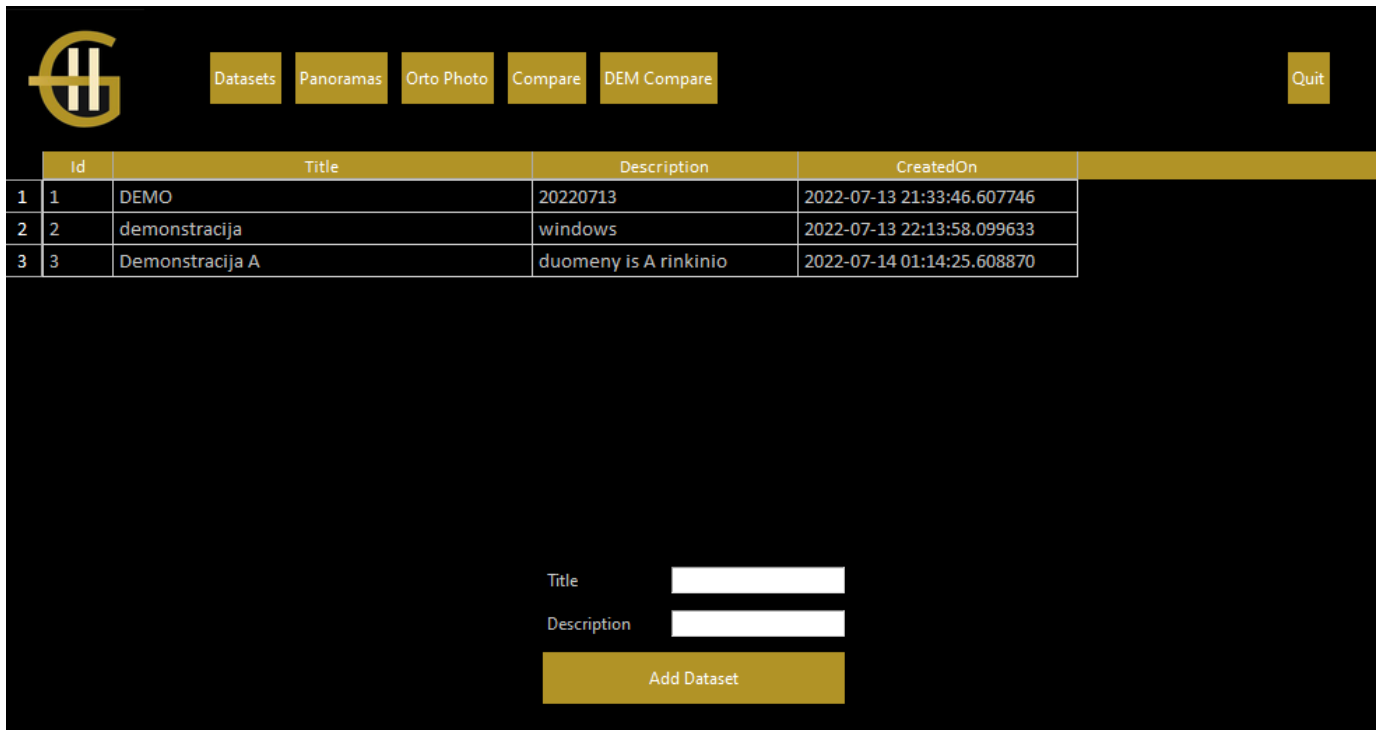
Šie moduliai tarpusavyje komponuojami naudojant konteinerius ir pasitelkiant *Tkinter* UI *pack* elementų išdėstymo strategiją, kur elementai automatiškai užima proporcingą plotą, nenurodant tikslių jų koordinacių lange. Tai leidžia programai teisingai veikti skirtingų dydžių languose.

Be grafinių modulių programoje taip pat naudojamos klasės skirtos susieti duomenų bazėje esančius duomenis su programoje naudojamomis duomenų struktūromis (angl. ORM - object relational mapping). Šios klasės atsakingos už duomenų užkrovimą, išsaugojimą ir trynimą, tai pat šios klasės atsakingos už prisijungimą ir atsijungimą nuo duomenų bazės.

Sudėtingiems skaičiavimams atlikti sukurtos atskiros klasės, atsakingos už tam tikrą sritį (taškinių debesų analizė ir bylų tvarkymas, dirbtinio intelekto paleidimas, ortofoto atidarymas, apkarpymas ir t.t.). Šios klasės turi vidinius metodus (paslėptą logiką) ir atvirus metodus, kurie yra naudojami grafiniuose moduluose. Tokiu būdu gaunamas logikos atskyrimas, kas leidžia lengviau skaityti ir tvarkyti kodą.

4. DARBAS SU POKYČIAIS IR GALUTINĖS POKYČIŲ ATASKAITOS FORMAVIMAS

Iliustracijos nebus papildomai žymimos, o jų turinys aprašomas artimiausiose teksto eilutėse.

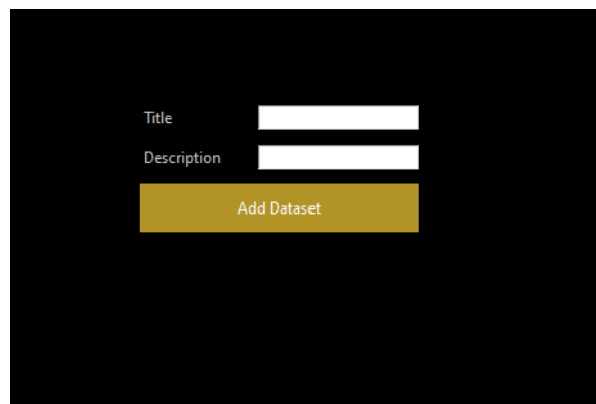


The screenshot shows a software interface with a dark background and yellow accents. At the top left is a logo consisting of a stylized 'G' with a vertical bar. To its right are navigation buttons: 'Datasets', 'Panoramas', 'Orto Photo', 'Compare', 'DEM Compare', and 'Quit'. Below these is a table with the following data:

	Id	Title	Description	CreatedOn
1	1	DEMO	20220713	2022-07-13 21:33:46.607746
2	2	demonstracija	windows	2022-07-13 22:13:58.099633
3	3	Demonstracija A	duomenys A rinkinio	2022-07-14 01:14:25.608870

Below the table is a form with two input fields labeled 'Title' and 'Description', and a yellow 'Add Dataset' button.

DATASETS pasirinkimu kuriamas naujas duomenų masyvas, kuris bus toliau analizuojamas pagal pasirinktus parametrus. Įvedamas norimas pavadinimas ir reikšminai žodžiai, apibūdinantys duomenis.



This is a close-up of the 'Add Dataset' form. It features two white input fields on a dark background. The first field is labeled 'Title' and the second is labeled 'Description'. Below the fields is a yellow button with the text 'Add Dataset'.

Apibūdinus duomenis, įkeliami atitinkami duomenų failai nurodytais formatais. Įkėlus, spaudžiama *PROCESS* (apdoroti).

Orto photo

VADOVAS

Select orto photo (.jpg or .png) Choose file

Select height map (.tif) Choose file

Select point cloud (.json) Choose file

Select data gis layer (.shp) Choose file

Process

PANORAMAS pasirinkimu aktyvuojame urbanistinių vertybių analizės skiltį.

Home Panorama Orto Photo Compare DEM Compare

Select photo A (.jpg or .png) 3_B.jpg Choose file Select photo B (.jpg or .png) 3_A.jpg Choose file Compare Save

Show A Show B Show result Filter size 5000000 Kernel 1 size 1 Kernel 2 size 5

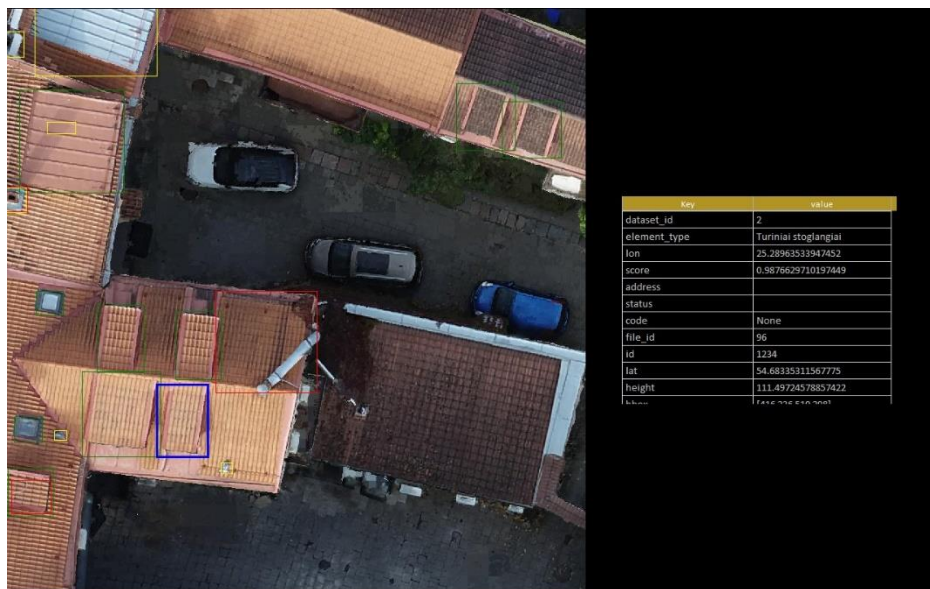
ORTO PHOTO pasirinkimu atidaromas po analizės atliktas elementų pokyčių registravimas su papildomu funkcionalumu (3D elemento demonstracija, papildoma GIS duomenų demonstracija apie kiekvieną pasirenkamą objektą).

Objekto ID	Objekto pavadinimas	Objekto koordinatės (X, Y, Z)	Objekto dydis (m)
1001	Objektas 1	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1002	Objektas 2	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1003	Objektas 3	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1004	Objektas 4	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1005	Objektas 5	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1006	Objektas 6	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1007	Objektas 7	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1008	Objektas 8	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1009	Objektas 9	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000
1010	Objektas 10	1000000.000, 1000000.000, 1000000.000	1000

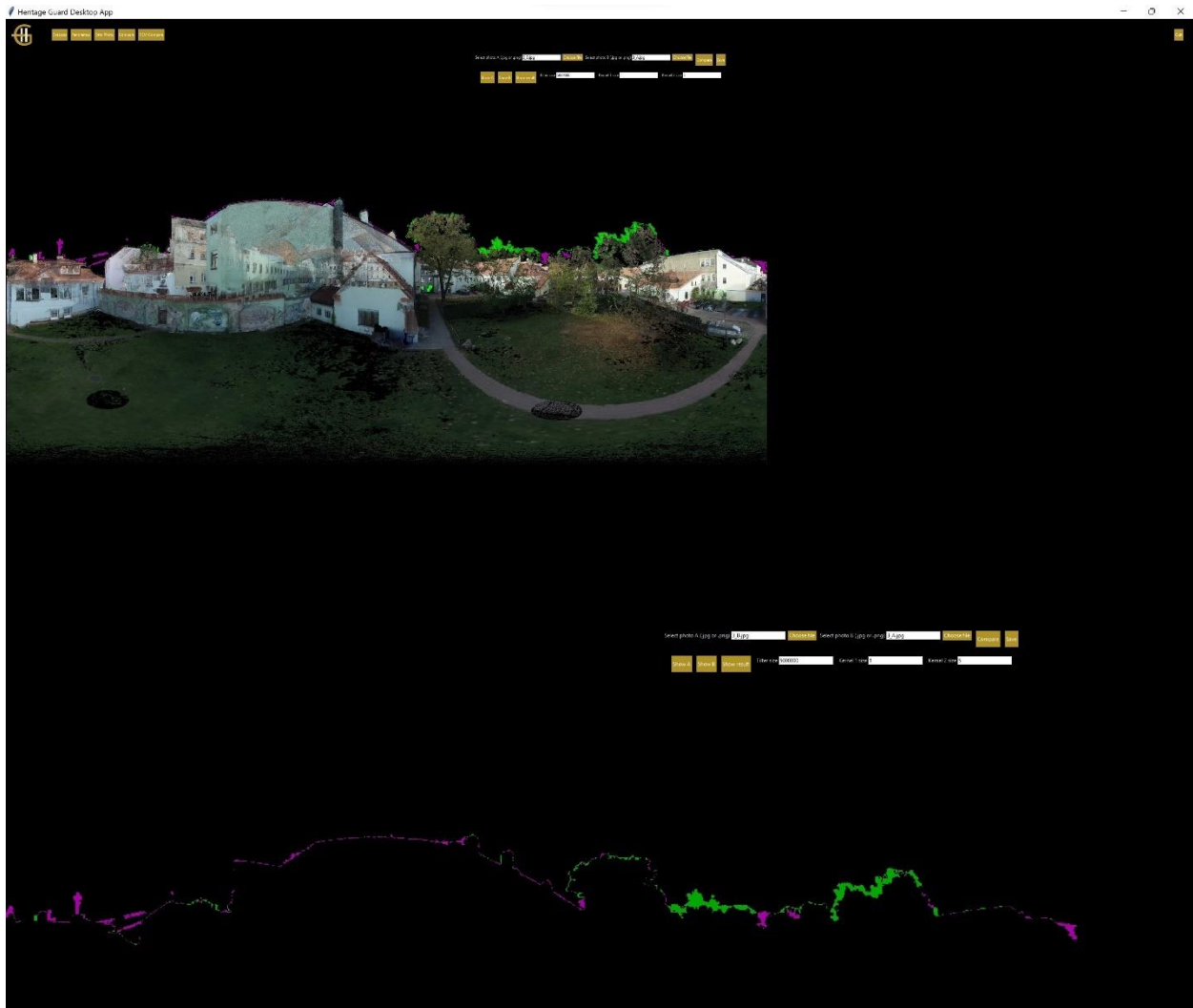
Toliau įkeliamas antrasis palyginamasis duomenų masyvas, kuris bus lyginamas su pirmuoju. Analogiškai sukėlus reikalingus failus į naująją duomenų masyvo duomenų bazę, pasirenkama *PROCESS*. Tuomet galima rinktis *COMPARE* funkciją bei *DEM COMPARE* skiltis. *COMPARE* rezultatas parodo nustatytus pokyčius ir sudeda duomenis į lentelę. Darbas su lentelėmis apibūdinamas 3.3 Vadovo dalyje “Techninis detalizavimas”.

Spalvų žymėjimas turi tokias reikšmes:

- mėlyna - lentelėje pasirinktas objektas
- raudona - DI spėjimo patikimumas < 80%
- geltona - DI spėjimo patikimumas < 95%
- žalia - DI spėjimo patikimumas $\geq 95\%$



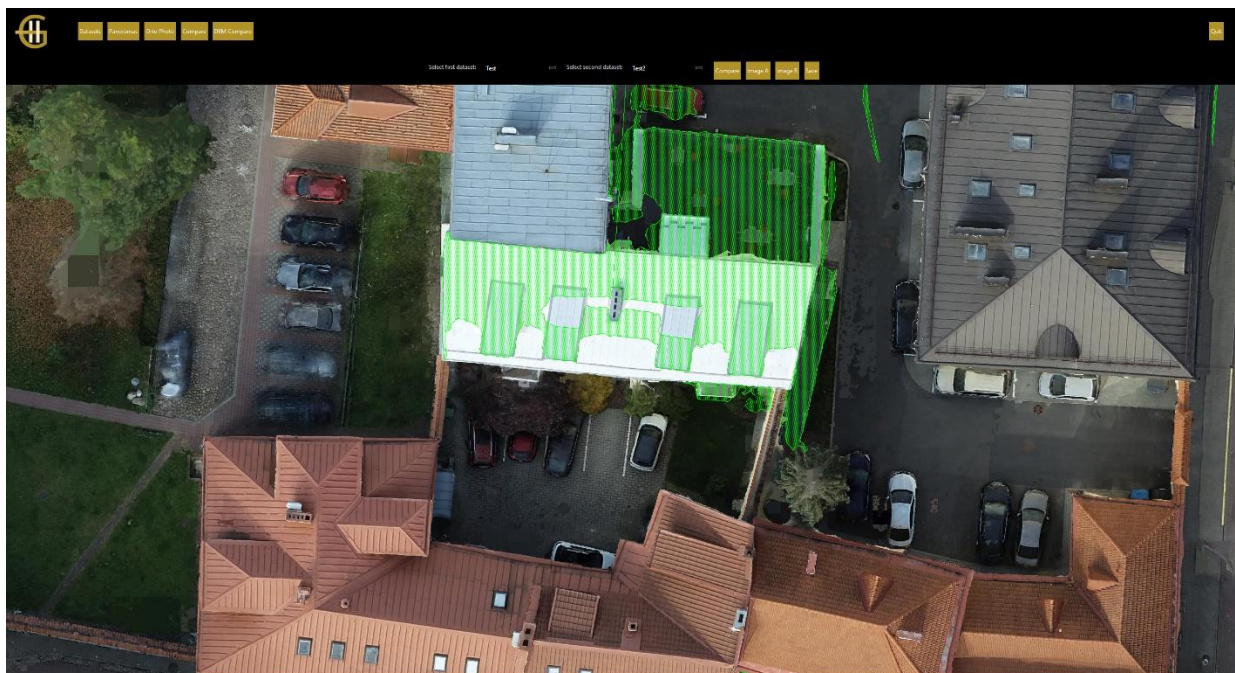
PANORAMAS skiltyje galima keisti lyginamųjų duomenų atvaizdavimą išjungiant pačią panoramą ir paliekant tik fiksuotą pokytį arba rodant bendrą vaizdą. Rezultatą galima išsaugoti JPG formatu.



DEM COMPARE skiltyje lyginami aukščių žemėlapiai ir gaunamas pokyčio vaizdas žalia spalva.



Norint panaikinti neaktualių pokyčio fiksavimus galima paspausti ant kiekvieno iš tokių neaktualių pokyčių jį panaikinant. Rezultatą galima išsaugoti JPG formatu.



Atlikus galimas manipuliacijas ir duomenų papildomą apdorojimą pagal stulpelių informaciją išfiltruojami duomenys galutinei ataskaitai formuoti PDF formatu.

	id	File id	ElementType	Lat	Lon	Height	Area	Address
1	282	22	Turiniai stoglangiai	54.684945324652	25.291676321348284	105.6686782836914	3404	
2	283	22	Turiniai stoglangiai	54.684961973618584	25.291834117308124	105.88028717041016	11808	
3	287	23	Stoglangiai	54.684958254061016	25.292107123053164	106.68240356445312	1872	
4	288	23	Stoglangiai	54.68497241106008	25.29216992135051	106.8096694946289	1147	
5	290	23	Kaminai	54.68496913096642	25.292079037278413	107.15919494628906	2196	
6	291	23	Turiniai stoglangiai	54.6850526499992	25.292122575088973	105.86190795898438	14195	
7	297	23	Kaminai	54.68499046813907	25.292195620550956	107.31190490722656	1000	
8	298	23	Kaminai	54.68496093232616	25.292007636558107	107.41265869140625	2040	
9	299	23	Kaminai	54.684948350784666	25.291952485148537	107.51966094970703	1782	
10	300	23	Stoglangiai	54.68493913050034	25.291953901264893	106.71504974365234	1000	
11	302	23	Turiniai stoglangiai	54.68493541896219	25.292200881007436	105.29509735107422	720	
12	305	24	Stoglangiai	54.68498321827086	25.29236987230644	104.36189270019531	1620	
13	306	24	Stoglangiai	54.685045025800974	25.292463964229295	103.93445587158203	1020	
14	309	24	Kaminai	54.685012371985344	25.29244198865794	106.44854736328125	2294	
15	312	24	Stoglangiai	54.68499075844633	25.292522262015887	110.70883178710938	2244	
16	317	24	Kaminai	54.684970978770615	25.292481153430547	107.71392822265625	1120	
17	318	24	Kaminai	54.68500609801958	25.29234780107098	107.08368682861328	880	
18	319	24	Turiniai stoglangiai	54.68494040979195	25.292440632631624	105.54193115234375	3876	
19	321	25	Stoglangiai	54.684772625494205	25.291186474861643	106.43665313720703	1496	
20	324	25	Stoglangiai	54.6847624953781	25.29112520090341	106.47857666015625	924	
21	327	26	Stoglangiai	54.6847543275454	25.291383210078884	107.85411834716797	465	
22	331	26	Stoglangiai	54.68477719875445	25.29149091680944	107.3585205078125	1230	
23	335	26	Kaminai	54.68477703197417	25.29125361586405	111.10630798339844	3936	
24	336	26	Stoglangiai	54.684799085589056	25.291334345133446	109.748080926513672	414	
25	339	27	Turiniai stoglangiai	54.68486912381115	25.29179441075127	105.51547241210938	1947	
26	340	27	Kaminai	54.68492564435947	25.291777594298345	107.52666473388872	1260	
27	342	27	Turiniai stoglangiai	54.684903137829885	25.291638223980396	105.77815246582031	12560	
28	343	27	Stoglangiai	54.68477183827857	25.291766195648776	108.32807159423828	1215	
29	346	27	Turiniai stoglangiai	54.68478795576734	25.2916703933364505	105.7016983022266	10790	
30	347	27	Stoglangiai	54.68486576581885	25.291730094550278	106.18412017822266	1760	
31	348	27	Kaminai	54.68483115110142	25.29171503669044	107.77889361572266	1302	
32	351	27	Turiniai stoglangiai	54.684795071696335	25.291786224636846	108.36176300048828	7788	
33	352	27	Kaminai	54.68491793990272	25.29171639698899	108.0224609375	1410	
34	353	27	Stoglangiai	54.684916693595866	25.291868018990118	106.6846475341797	1886	
35	354	27	Turiniai stoglangiai	54.684787627915284	25.291549408665137	94.9818344116211	5372	

report 2022.07.14.pdf - Adobe Acrobat Reader DC (64-bit)

Home Tools report 2022.07.14... x

Heritage Guard

Report for Demonstracija A and demonstracija

From: 2022-07-14 To: 2022-07-13

Id A	Id B	KVR	Type	Reason	Address	Lat, Lon
6150	-	-	Turiniai stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6802, 25.2915
5008	-	-	Kaminai	Disappeared in demonstracija		54.6825, 25.2915
6222	-	-	Stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6797, 25.2916
-	2758	-	Turiniai stoglangiai	Appeared in demonstracija		54.6811, 25.2901
4056	1078	669	Turiniai stoglangiai	Elements differ Kaminai		54.6835, 25.2895
5928	2814	-	Stoglangiai	Element changed		54.6808, 25.2903
6132	-	-	Kaminai	Disappeared in demonstracija		54.6804, 25.2919
6063	-	-	Stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6805, 25.2904
5152	-	-	Turiniai stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6822, 25.2911
6330	-	-	Stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6796, 25.2918
3627	537	10640	Kaminai	Elements differ Stoglangiai		54.6844, 25.2907
4465	1447	-	Stoglangiai	Element changed		54.6831, 25.2916
6057	-	-	Turiniai stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6807, 25.2912
5805	-	41952	Stoglangiai	Disappeared in demonstracija		54.6813, 25.2911
-	2960	-	Turiniai stoglangiai	Appeared in demonstracija		54.68, 25.2911
4068	1071	669	Stoglangiai	Element changed		54.6835, 25.2896