



Spolufinancovaný
Európskou úniou

MODUL 02

FOTOGRAMETRIA A 3D SKENOVANIE

DIGITAL RURAL EUROPEAN ART
AND MEMORY



Partneri projektu



Project DREAM
Digital Rural European Art and Memory
2025-1-SK01-KA210-ADU-000360122



Spolufinancovaný
Európskou úniou

Informácie o projekte:

DREAM - Digital Rural European Art and Memory
2025-1-SK01-KA210-ADU-000360122

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a stanoviská sú však výlučne názormi autora alebo autorov a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie ani SAAIC. Európska únia ani orgán poskytujúci grant za ne nenesú zodpovednosť.



Ako používať túto e-knihu

Tento materiál si môžete prečítať pred stretnutím, počas neho alebo po ňom. Každá časť predstavuje jeden koncept, vysvetľuje základnú teóriu, ktorá za ním stojí, a spája ho s praktickým rozhodnutím, ktoré musia účastníci spraviť v reálnom projekte.

Aktivity sú navrhnuté tak, aby účastníkom pomohli pozorovať, porovnávať, robiť rozhodnutia a procvičovať na základe kritérií. Vyžadujú si pokročilé vybavenie. Vo väčšine prípadov stačí na pochopenie princípu smartfón, jednoduchý objekt a dôkladné pozorovanie.



*Tradičná drevená architektúra v
Podbieli na Slovensku*

INFORMÁCIE O MODULE

 Číslo modulu 02	 Úroveň Začiatočník
 Téma Praktický úvod do fotogrametrie, dronov, WebODM a 3D skenovania	 Forma Hybridné vzdelávanie
 Trvanie 3 hodiny	 Hlavný výstup Plán 3D dokumentácie dedičstva

O tomto module

Tento e-book sprevádza modul DREAM venovaný fotogrametrii a 3D skenovaniu. Jeho cieľom je pomôcť účastníkom pochopiť, ako možno fotografie, snímky z dronov a techniky 3D snímania využiť na digitálnu dokumentáciu predmetov, budov, krajiny a lokalít kultúrneho dedičstva.

Fotogrametria je meracia technika, ktorá využíva prekrývajúce sa fotografie na rekonštrukciu tvaru, polohy a vizuálneho vzhľadu skutočného objektu alebo priestoru. Po spracovaní fotografií pomocou špecializovaného softvéru možno vytvárať mračná bodov, textúrované 3D modely, ortofotomapy, výškové modely a technické správy. Tieto výstupy možno využiť vo vzdelávaní, pri ochrane a interpretácii kultúrneho dedičstva, vo virtuálnych výstavách a v projektoch zameraných na uchovávanie komunitnej pamäti.

V tomto module používame ako hlavný nástroj fotogrametrie WebODM. WebODM je platforma s otvoreným zdrojovým kódom, ktorá používateľom umožňuje nahrať súbory obrazových údajov, spracovať ich a prostredníctvom webového rozhrania prezerať výsledné 2D a 3D výstupy. Pre účastníkov je obzvlášť užitočná, pretože umožňuje sledovať celý pracovný postup: súbor údajov, úlohu spracovania, výstupy, správu, kontrolu a export.

Drony sú do modulu zahrnuté preto, že sa vo veľkej miere využívajú na získavanie snímok pre fotogrametriu. Umožňujú dokumentovať strechy, fasády, pamiatky, archeologické lokality a kultúrnu krajinu z miest, ktoré sú zo zeme ťažko dostupné alebo by bol prístup k nim nebezpečný. Práca s dronmi zároveň prináša dôležité povinnosti súvisiace s plánovaním letu, bezpečnosťou, potrebnými povoleniami, ochranou súkromia, poveternostnými podmienkami a rešpektovaním obmedzení týkajúcich sa ochrany kultúrneho dedičstva. Účastníci nemusia ovládať všetky technické detaily, mali by však rozumieť tomu, kedy je ktorá metóda vhodná a aké sú jej hlavné obmedzenia.



Ciele vzdelávania

- Pochopiť, čo je fotogrametria a ako premieňa prekrývajúce sa fotografie na digitálne 3D výstupy.
- Vysvetliť na základnej úrovni párovanie význačných bodov (feature matching), odhad polohy kamery, mračná bodov, siete (meshes), textúry a ortofotomapy.
- Identifikovať praktické využitie fotogrametrie a 3D skenovania vo vzdelávaní, kultúre, kultúrnom dedičstve a komunitných projektoch.
- Rozpoznať úlohu dronov pri snímaní snímok pre dokumentáciu budov, krajiny a kultúrneho dedičstva.
- Pochopiť základné princípy správneho snímania snímok: prekrytie, pokrytie, osvetlenie, ostrosť, uhly kamery a textúru.
- Naplánovať jednoduchý postup snímania snímok pre objekt, budovu alebo vonkajší priestor kultúrneho dedičstva.
- Používať WebODM na základnej úrovni pre pochopenie postupu spracovania od snímok k výstupom.
- Uplatňovať bezpečnostné, právne a etické hľadiská, ako aj hľadiská ochrany súkromia pri zapojení dronov alebo lokalít kultúrneho dedičstva.
- Analyzovať bežné chyby vo výsledkoch fotogrametrie a navrhnúť praktické vylepšenia.
- Dokumentovať jednoduchý projekt snímania kultúrneho dedičstva s jasnými metadátami, organizáciou súborov a účelom.

Obsah

0. Predtým, ako začnete: Môj východiskový bod	3
1. Čo je fotogrametria.....	4
2. Skutočné využitie fotogrametrie a 3D skenovania	8
3. Fotogrametria, drony a miestne kultúrne dedičstvo	12
4. Základné technológie: fotogrametria a 3D skenovanie	17
5. Zariadenia na snímánie: fotoaparáty, smartfóny, drony a skenery	21
6. Sady snímok a plánovanie letu.....	25
7. Bezpečnosť, povolenia a príprava lokality	29
8. Od fotografií k 3D modelu.....	32
9. WebODM: Projekty, spracovanie a výstupy.....	36
10. Kvalita, presnosť a bežné chyby rekonštrukcie.....	40
11. Práca s mračnami bodov, ortofotkami a 3D modelmi	43
12. Základná správa údajov a dokumentácia	45
13. Úvod do pracovných postupov fotogrametrie s využitím dronov	48
14. Záverečná aktivita: Plán 3D dokumentácie kultúrneho dedičstva.....	52
15. Tip pre digitálnu pohodu	54
16. Základný slovník.....	55
16. Záver modulu	57

0. Predtým, ako začnete: Môj východiskový bod

Pred začatím modulu ohodnoťte každé tvrdenie na stupnici od 1 do 5. Hodnotenie 1 použite vtedy, ak danú úlohu zatiaľ neviete vykonať, a hodnotenie 5, ak ju dokážete zvládnuť samostatne. Nejde o test. Cieľom je uvedomiť si svoju východiskovú úroveň a neskôr rozpoznať vlastný pokrok.

- Viem vysvetliť, ako sa dajú fotografie použiť na vytvorenie 3D modelu.
- Viem naplánovať, ako zhotoviť prekrývajúce sa fotografie objektu, budovy alebo pamiatky.
- Viem si vybrať vhodnú metódu snímania, napríklad smartfón, fotoaparát, dron alebo 3D skener.
- Viem identifikovať základné otázky týkajúce sa bezpečnosti, súkromia a povolení pred zdokumentovaním miesta alebo objektu.
- Viem vysvetliť základný postup od zberu fotografií až po kontrolu výsledkov fotogrametrie.

Svoje hodnotenia si uchovajte. K týmto tvrdeniam sa vrátite na konci modulu.

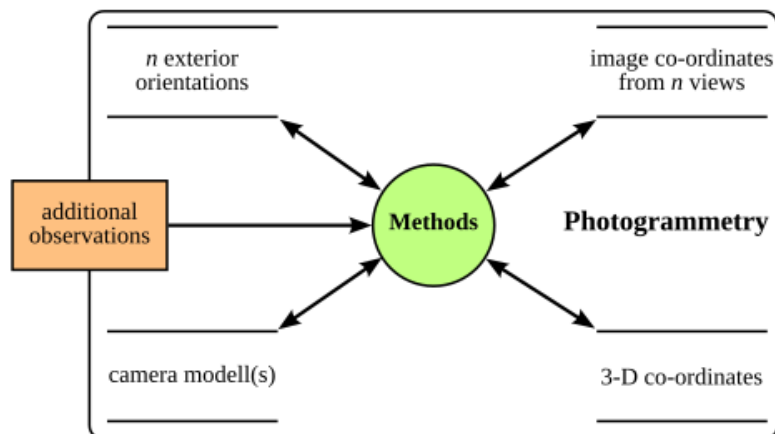
1. Čo je fotogrametria

Fotogrametria je technika, ktorá na základe fotografií vytvára merania, mapy alebo 3D modely. Základná myšlienka je jednoduchá: ak sa ten istý bod objaví na viacerých snímkach zhotovených z rôznych pozícií, softvér môže tieto snímky porovnať a vypočítať, kde sa tento bod nachádza v priestore. Tento výpočet je založený na **triangulácii**. Keď dve alebo viac pozícií fotoaparátov sníma ten istý objekt, softvér odhadne línie pohľadu z každého fotoaparátu a zistí, kde sa stretávajú v trojrozmernom priestore. Jedna fotografia je plochá, ale súbor prekrývajúcich sa fotografií môže obsahovať priestorové informácie.

Moderný fotogrametrický softvér využíva proces, ktorý sa často nazýva „**Structure from Motion**“ (**štruktúra z pohybu**). Vyhľadáva charakteristické body, porovnáva ich medzi snímkami, odhaduje polohy kamier a vytvára počiatočný riedky mrak bodov. Tento riedky mrak bodov nie je konečným modelom; je to prvá geometrická kostra scény. Aby to fungovalo, fotografie sa musia prekrývať a musia obsahovať rozpoznateľnú **textúru**. Kameň, drevo, natreté povrchy, pôda a tehla zvyčajne fungujú dobre, pretože obsahujú viditeľné detaily. Sklo, lesklý kov, voda, hladké biele steny alebo pohybujúca sa vegetácia sú náročnejšie, pretože softvér nedokáže spoľahlivo identifikovať stabilné body.

Obrázok 1

Dátový model fotogrametrie



Poznámka. Schéma znázorňujúca geometrické parametre 3D fotogrametrie. Z publikácie *Photogrammetry Wiora EN* [Vektorová grafika], autor G. Wiora, 2005, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photogrammetry_Wiora_EN.svg). CC BY-SA 3.0.

Fotogrametria spája reálny svet s digitálnym zobrazením. Najskôr existuje objekt, budova, pamiatka alebo krajina. Následne sa zhotoví plánovaná séria fotografií. Nakoniec softvér, ako napríklad WebODM, spracuje tieto fotografie a vygeneruje výstupy, ktoré je možné prezerať, merať, zdieľať alebo opätovne využiť.



Hlavné pojmy

Fotografia: Digitálny obraz zachytený fotoaparátom, smartfónom alebo dronom. Vo fotogrametrii sa používa niekoľko fotografií rovnakého objektu alebo miesta spoločne na vytvorenie priestorovej informácie.

Prekrytie: Časť scény, ktorá sa zobrazuje na dvoch alebo viacerých fotografiách.

Význačný bod (Feature point): Jasne rozpoznateľný detail na snímke, ako je roh, značka, trhlina alebo vzor textúry, ktorý dokáže softvér identifikovať na viacerých fotografiách.

Triangulácia: Metóda výpočtu polohy bodu v trojrozmernom priestore porovnaním toho, kde sa tento bod nachádza na fotografiách zhotovených z rôznych pozícií.

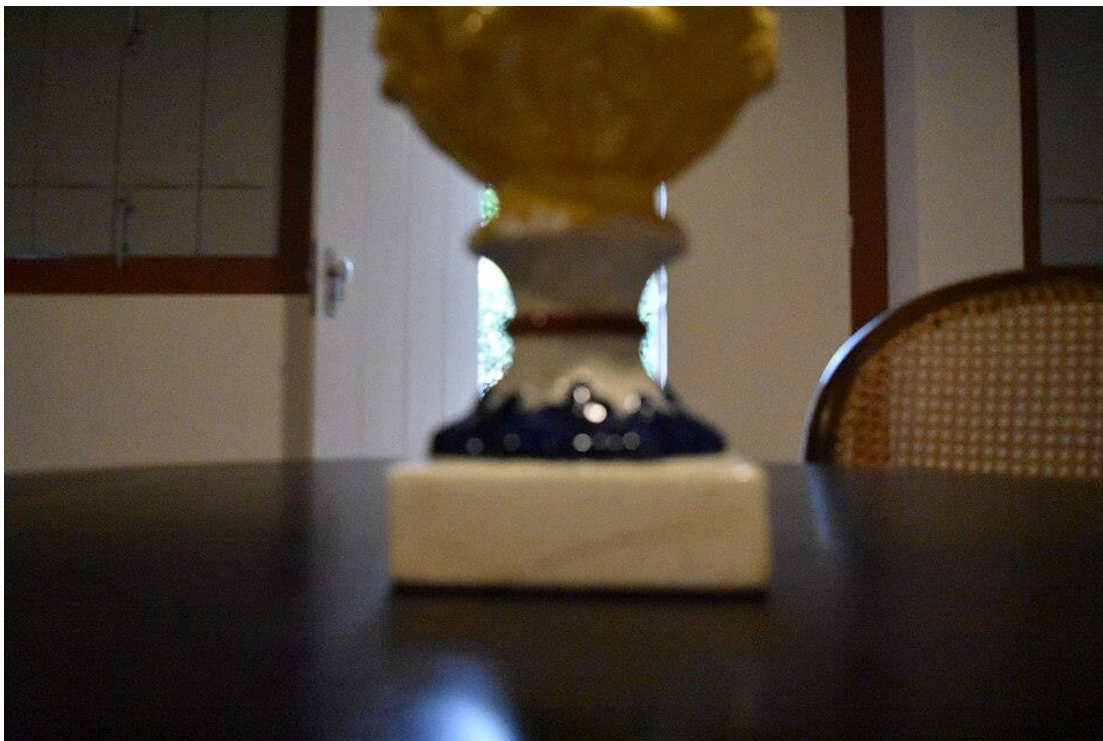
Structure from Motion (SfM): Fotogrametrický proces, pri ktorom softvér porovnáva prekrývajúce sa fotografie, identifikuje zhodné znaky a odhaduje polohy fotoaparátov a základnú 3D štruktúru scény.

Riedke mračno bodov (Sparse point cloud): Prvá jednoduchá 3D reprezentácia vytvorená počas spracovania fotogrametrie, ktorá obsahuje obmedzený počet bodov zobrazujúcich približný tvar a štruktúru fotografovaného objektu alebo miesta.

Textúra: Viditeľné detaily povrchu objektu, ako sú farby, vzory, trhliny alebo drsnosť.

Obrázok 2

Fotografia detailu pre cvičenie z fotogrametrie



Poznámka: Obrázok dekoratívnej sochy v tvare šišky v Fazenda do Pinhal. Z Foto para exercício de fotogrametria – Pinha (56), N.ELAC [Fotografia], autor: N.ELAC, 2019a, Wikimedia Commons ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria - Pinha\(56\), N.ELAC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha(56),_N.ELAC.jpg)). CC BY-SA 4.0.



Praktická úloha

Vyberte si objekt a predstavte si, že z neho chcete vytvoriť 3D model pomocou fotografií.

Ktoré strany objektu by ste museli odfotografovať?

Kam by ste umiestnili fotoaparát?

Ktoré časti by mohli byť ťažké zachytiť?

Má objekt dostatočnú textúru?

Pomohlo by osvetlenie, alebo by zachytenie skôr skomplikovalo?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa študenti mali naučiť vykonávať jednoduché fotogrametrické snímanie z blízkej vzdialenosti. Cieľom je zozbierať čistú sadu prekrývajúcich sa snímok, ktoré bude možné neskôr spracovať v programe WebODM.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Vyberte objekt s viditeľnou textúrou a vyhnite sa lesklým, priehl'adným alebo hladkým povrchom.
- Používajte mäkké, stabilné osvetlenie; vyhnite sa silným tieňom a odrazom.
- Objekt držte v kľude a pohybujte fotoaparátom okolo neho.
- Zhotovte prekrývajúce sa fotografie z viacerých uhlov; nevynechajte zadnú stranu ani boky.
- Držte fotoaparát pevne a vyhnite sa rozmazaniu.
- Ak je dôležitá veľkosť, pridajte pravítko, meradlovú lištu alebo známu mierku.

Krok za krokom

1. Umiestnite objekt do stabilnej polohy s dostatočným priestorom okolo neho.
2. Urobte jednu skúšobnú fotografiu a skontrolujte ostrosť, osvetlenie a kompozíciu.
3. Pohybujte sa okolo objektu po kruhu a pri každom malom kroku urobte jednu fotografiu.
4. Zaznamenajte druhý kruh z mierne vyššieho uhla.
5. Zachyťte detaily alebo skryté oblasti, ktoré ste pri prvom prechode vynechali.
6. Prezrite si všetky fotografie a rozmazané alebo zle osvetlené snímky zopakujte.
7. Uložte súbor údajov do zreteľne pomenovanej zložky pre WebODM alebo neskôršie prehliadanie.

Malý tip: Skôr než začnete uvažovať o softvéri, zamyslite sa nad snímkami. Kvalitný súbor údajov výrazne uľahčuje spracovanie.

2. Skutočné využitie fotogrametrie a 3D skenovania

Fotogrametria a 3D skenovanie sa využívajú v mnohých kontextoch. V oblasti kultúrneho dedičstva môžu pomôcť zdokumentovať pamiatky, archeologické nálezy, historické budovy, predmety, umelecké diela, nástroje, krajiny a priestory spojené s miestnou históriou. Vo vzdelávaní umožňuje 3D dokumentácia študentom preskúmať predmety a miesta, ktoré môžu byť vzdialené, krehké, obmedzené alebo ťažko prístupné. 3D model je možné využiť v učebni, na virtuálnej výstave, na webovej stránke, v prezentácii alebo v projekte zameranom na miestne kultúrne dedičstvo. V oblasti konzervácie a monitorovania môžu digitálne modely slúžiť na porovnávanie zmien v priebehu času. Ak sa budova, socha alebo lokalita zdokumentuje dnes a neskôr v budúcnosti, zmeny sa dajú pozorovať jasnejšie. To nenahrádza odbornú konzervačnú prácu, ale môže poskytnúť užitočné vizuálne a priestorové záznamy. V komunitných projektoch môže fotogrametria pomôcť ľuďom zdokumentovať predmety alebo miesta, ktoré sú dôležité pre miestnu identitu. Táto technológia sa stáva spôsobom, ako rozprávať príbehy, uchovávať spomienky a vytvárať prístupné digitálne materiály.



Hlavné pojmy

Digitálna dokumentácia: Používanie digitálnych nástrojov na zaznamenávanie a uchovávanie informácií o objekte, mieste alebo lokalite kultúrneho dedičstva.

Monitorovanie zachovania (Conservation monitoring): Dokumentovanie objektu alebo miesta v priebehu času za účelom pozorovania zmien alebo poškodení.

Virtuálna výstava: Digitálny priestor, v ktorom je možné prezentovať a skúmať objekty, miesta alebo príbehy online.

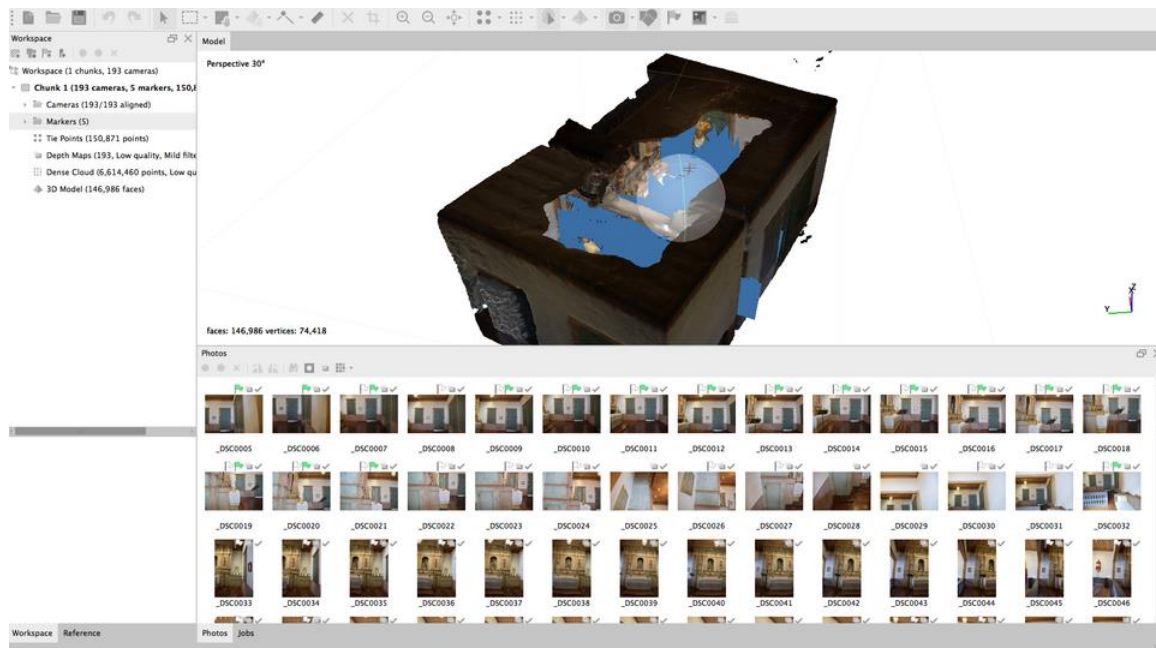
Pristupnosť (Accessibility): Uľahčenie prístupu a používania kultúrneho dedičstva a informácií pre rôznych ľudí.

Komunitná pamäť: Zdieľané príbehy, tradície, miesta a skúsenosti, ktoré pomáhajú komunite pamätať si svoju minulosť.

Dôležitý je účel modelu. Model pre webovú stránku múzea môže uprednostňovať vizuálnu kvalitu a rozprávanie príbehov. Model pre konzerváciu môže vyžadovať mierku, metadáta, dôkladnú dokumentáciu a opakovateľné podmienky snímania. Tá istá technológia môže slúžiť rôznym cieľom, projekt však musí definovať svoj cieľ ešte pred začatím snímania.

Obrázok 3

Architektonická fotogrametria



Poznámka: Vonkajšia fasáda hlavnej budovy Fazenda do Pinhal. Z *Sede da Fazenda do Pinhal (143)*, N.ELAC [Fotografia], autor: N.ELAC, 2019b, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sede_da_Fazenda_do_Pinhal_%28143%29,_N.ELAC.png). CC BY-SA 4.0.



Praktická úloha

Vyberte si jeden skutočný predmet, budovu alebo miesto vo vašej komunite.

Opíšte jedno možné využitie jeho digitálnej 3D verzie.

Kto by tento model používal?

Čo by im model pomohol pochopiť?

Mal by byť výsledok vizuálne atraktívny, merateľný alebo oboje?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa študenti mali naučiť vykonávať jednoduché fotogrametrické snímanie z blízkej vzdialenosti. Cieľom je zozbierať súbor čistých, prekrývajúcich sa snímok, ktoré bude možné neskôr spracovať v programe WebODM.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Vyberte objekt s viditeľnou textúrou a vyhnite sa lesklým, priehľadným alebo hladkým povrchom.
- Používajte mäkké, stabilné osvetlenie; vyhnite sa silným tieňom a odrazom.
- Objekt držte v kľude a pohybujte fotoaparátom okolo neho.
- Zhotovte prekrývajúce sa fotografie z viacerých uhlov; nevynechajte zadnú stranu ani boky.
- Držte fotoaparát pevne a vyhnite sa rozmazaniu.
- Ak je dôležitá veľkosť, pridajte pravítko, meradlovú lištu alebo známu mierku.

Krok za krokom

1. Umiestnite objekt do stabilnej polohy s dostatočným priestorom okolo neho.
2. Urobte jednu skúšobnú fotografiu a skontrolujte ostrosť, osvetlenie a kompozíciu.
3. Pohybujte sa okolo objektu po kruhu a pri každom malom kroku urobte jednu fotografiu.
4. Zaznamenajte druhý kruh z mierne vyššieho uhla.
5. Zachyťte detaily alebo skryté oblasti, ktoré ste pri prvom prechode vynechali.
6. Prezrite si všetky fotografie a rozmazané alebo zle osvetlené snímky zopakujte.
7. Uložte súbor údajov do zreteľne pomenovanej zložky pre WebODM alebo neskoršie prehliadanie.

Malý tip: 3D model je užitočnejší, ak je spojený s jasným účelom: kto ho bude používať, prečo a aký príbeh pomáha vysvetliť.

3. Fotogrametria, drony a miestne kultúrne dedičstvo

V projekte DREAM sa fotogrametria nepredstavuje len ako technický proces. Je to aj spôsob, ako sa pozorne pozrieť na miestne kultúrne dedičstvo. Námestie, vidiecka budova, tradičný nástroj, pamiatka, múr, chodník, fontána alebo malý predmet sa môžu stať východiskovým bodom pre činnosť digitálnej dokumentácie.

Drony rozširujú možnosti dokumentácie. Z výšky dokážu zachytiť strechy, veže, fasády, archeologické lokality, veľké budovy a krajinu. To je obzvlášť užitočné v prípadoch, keď fotografovanie zo zeme nedokáže poskytnúť dostatočné pokrytie. Dron nie je len lietajúca kamera. Vo fotogrametrii je súčasťou plánovaného systému snímania. Trasa, výška, uhol kamery, prekryvanie a osvetlenie musia podporovať rekonštrukciu. Náhodné letecké snímky môžu vyzeráť atraktívne, ale nemusia obsahovať dostatočné systematické prekryvanie pre 3D spracovanie.

Obrázok 4

4K Dron v akcii



Poznámka. Z DJI Phantom 4K dron v akcii [Fotografia], autor: S. Dwivedi, 2019, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DJI_Phantom_4K_drone_in_action.jpg). CC BY-SA 4.0.



Hlavné pojmy

Snímky z dronu: Fotografie zachytené zo vzduchu pomocou dronu.

Nadírová snímka (Nadir image): Fotografia zhotovená s fotoaparátom nasmerovaným kolmo nadol k zemi.

Šikmá snímka (Oblique image): Fotografia zhotovená pod uhlom, užitočná na zachytenie fasád, striech a vertikálnych konštrukcií.

Pokrytie (Coverage): Miera, do akej je objekt alebo oblasť zachytená v rámci celej sady fotografií.

Kontext kultúrneho dedičstva: Historický, kultúrny alebo komunitný význam spojený s objektom, miestom alebo lokalitou.

Nie každý projekt však vyžaduje použitie dronu. Malé objekty je možné zdokumentovať pomocou telefónu alebo fotoaparátu. Fasáda môže vyžadovať zábery z úrovne zeme a šikmé zábery. Krajina môže profitovať z plánovaného letu dronom. Výber správneho nástroja závisí od objektu, miesta, cieľa a dostupných povolení.

Práca v oblasti kultúrneho dedičstva si vyžaduje aj interpretáciu. Digitálny model by nemal zachytávať len geometriu. Mal by pomáhať vysvetliť, prečo je dané miesto alebo objekt dôležitý, aký kontext ho obklopuje a ako komunita vníma jeho hodnotu.

Obrázok 5

Kamerový dron typu kvadrokoptéra



Poznámka. Z: Dron s kamerou typu kvadrokoptéra v lete [Fotografia], autor: J. Sorenson, 2018, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadcopter_camera_drone_in_flight.jpg). Vo verejnej doméne.



Reflexia

Zamyslite sa nad miestnou pamiatkou, budovou alebo pamätníkom. Zvážte, ako by sa dali zdokumentovať a či by použitie dronu prinieslo užitočné informácie.

Dala by sa táto pamiatka zdokumentovať zo zeme?

Zlepšil by dron túto dokumentáciu?

Aké povolenia by mohli byť potrebné?

Ktoré časti lokality by sa nemali zachytávať?

Ako by mohol digitálny výsledok pomôcť vysvetliť jej hodnotu?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by sa študenti mali najprv zamerať na úlohu tímu zodpovedného za snímame, až potom na úlohu používateľov softvéru. Trasa dronu alebo fotoaparátu musí byť naplánovaná tak, aby bolo miesto zachytené systematicky, bezpečne a v súlade so zákonom. **Malá rada:** Pri práci s kultúrnym dedičstvom nezachytávajú len samotný tvar. Zachyťte aj kontext, význam a dôvod, prečo je dané miesto alebo objekt dôležitý.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Uistite sa, že na danom mieste je povolené používanie dronov a že sú dodržané obmedzenia týkajúce sa súkromia.
- Skontrolujte počasie, vietor, osvetlenie, stav batérie, úložný priestor, prekážky a ľudí v okolí.
- Na výstupy podobné mapám používajte nadirálne fotografie a na fasády, steny, strechy alebo vertikálne konštrukcie šikmé fotografie.
- Ak je to možné, udržiavajte konštantnú výšku a uhol kamery.
- Snažte sa o výrazné prekryvanie susedných snímok; vyhnite sa izolovaným alebo náhodným fotografiám.
- Pred odchodom z miesta si snímky skontrolujte a zopakujte chýbajúce alebo rozmazané oblasti.

Krok za krokom

1. Určite typ výstupu: ortofotografia, 3D model, dokumentácia fasády alebo jednoduchý vizuálny záznam.
2. Nakreslite oblasť snímania a označte bezpečné miesta na vzlet, pristátie a pozorovanie.
3. Naplánujte trasu: paralelné línie pre mapovanie, kruhové alebo šikmé prelety pre vertikálne prvky.
4. Urobte prvú skúšobnú fotografiu a skontrolujte expozíciu, ostrosť a kompozíciu.

5. Zaznamenajte celú trasu pomaly a systematicky, pričom zachovajte prekrývanie medzi fotografiami.
6. Okamžite skontrolujte súbor údajov: odstráňte zjavné chyby a identifikujte medzery.
7. Usporiadajte snímky do zreteľne pomenovanej zložky pred ich nahratím do WebODM.

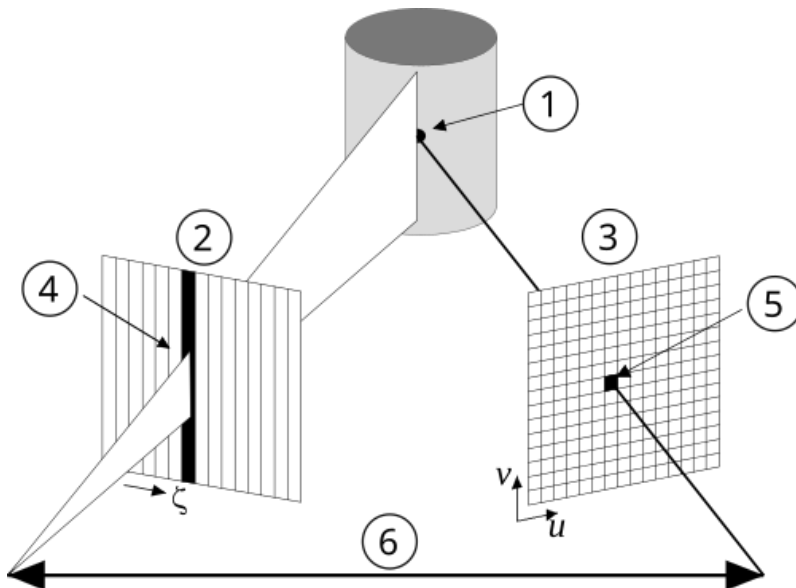
4. Základné technológie: fotogrametria a 3D skenovanie

Fotogrametria aj 3D skenovanie vytvárajú digitálne reprezentácie reálnych objektov alebo priestorov, robia to však odlišnými spôsobmi. **Fotogrametria** využíva fotografie a existujúce svetlo. Z tohto dôvodu sa často opisuje ako pasívna technika. Fotogrametria je pre začiatočníkov často prístupnejšia, pretože ju možno vykonávať pomocou fotoaparátu, smartfónu alebo dronu. Je efektívna pre objekty, budovy, fasády a vonkajšie priestory, ak je k dispozícii dostatočná textúra a dobré prekryvanie snímok.

3D skenovanie zvyčajne využíva aktívne senzory, ako sú lasery, štruktúrované svetlo, hĺbkové kamery alebo LiDAR, na priamejšie zachytenie geometrie. Skener vysiela alebo prijíma informácie o hĺbke a z týchto údajov zo senzorov vytvára mrak bodov alebo sieť. 3D skenovanie môže byť veľmi užitočné pri detailných objektoch, sochách, malých artefaktoch alebo zložitých povrchoch. V závislosti od skenera môže zachytiť geometriu s vysokou presnosťou. Skenery však môžu byť drahšie a môžu vyžadovať kontrolované podmienky.

Obrázok 6

Tzv. “pruhová projekcia” pri 3D skenovaní



Poznámka: Z dokumentu „Princip 3D projekcie pruhov“ s číslom [Vektorová grafika], autor Dr. Schorsch, 2010, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principle_of_3d_fringe_projection_numbered.svg). CC BY-SA 2.5.



Hlavné pojmy

Pasívny senzor: Senzor, ktorý zaznamenáva informácie pomocou existujúceho svetla alebo energie namiesto vysielania vlastného signálu.

Aktívny senzor: Senzor, ktorý vysiela signál, ako napríklad svetelné alebo laserové impulzy, a meria, ako sa vracia.

LiDAR: Technológia skenovania, ktorá využíva laserové impulzy na meranie vzdialenosti a vytváranie detailnej 3D reprezentácie objektu alebo priestoru.

Štruktúrované svetlo: Metóda skenovania, ktorá premieta známy svetelný vzor na objekt a meria, ako sa tento vzor mení po jeho povrchu.

Hĺbková kamera: Kamera, ktorá meria vzdialenosť medzi kamerou a bodmi v scéne na zachytenie 3D informácií.

Sieť (Mesh): Digitálny 3D povrch vytvorený z mnohých prepojených polygónov, ktoré predstavujú tvar objektu.

V praxi sa obe techniky môžu navzájom dopĺňať. Prieskum pomocou dronov dokáže zdokumentovať rozsiahle lokality, zatiaľ čo skener alebo fotogrametria z blízkej vzdialenosti dokážu zachytiť menšie objekty alebo detaily. Najvhodnejšia metóda je tá, ktorá zodpovedá danému objektu, účelu, rozpočtu a požadovanej úrovni detailov.



Praktická úloha

Zaraďte tieto prípady podľa toho, či je pre ne vhodnejšia fotogrametria, 3D skenovanie alebo oboje:

- kamenná fasáda
- malý keramický objekt
- rozsiahle archeologické nálezisko
- lesklý kovový nástroj
- vidiecka budova
- socha s detailnou textúrou

Vysvetlite svoje rozhodnutie pre každý prípad.

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa študenti mali naučiť vykonávať jednoduché snímanie pomocou fotogrametrie z blízkej vzdialenosti. Cieľom je zozbierať čistú sadu prekrývajúcich sa snímok, ktoré bude možné neskôr spracovať v programe WebODM.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Vyberte objekt s viditeľnou textúrou a vyhnite sa lesklým, priehľadným alebo hladkým povrchom.
- Používajte mäkké, stabilné osvetlenie; vyhnite sa silným tieňom a odrazom.
- Objekt držte v kľude a pohybujte fotoaparátom okolo neho.
- Zhotovte prekrývajúce sa fotografie z viacerých uhlov; nevynechajte zadnú stranu ani boky.
- Držte fotoaparát pevne a vyhnite sa rozmazaniu.
- Ak je dôležitá veľkosť, pridajte pravítko, meradlovú lištu alebo známu mierku.

Krok za krokom

1. Umiestnite objekt do stabilnej polohy s dostatočným priestorom okolo neho.
2. Urobte jednu skúšobnú fotografiu a skontrolujte ostrosť, osvetlenie a kompozíciu.
3. Pohybujte sa okolo objektu po kruhu a pri každom malom kroku urobte jednu fotografiu.
4. Zaznamenajte druhý kruh z mierne vyššieho uhla.
5. Zachyťte detaily alebo skryté oblasti, ktoré ste pri prvom prechode vynechali.
6. Prezrite si všetky fotografie a rozmazané alebo zle osvetlené zábery vyfotografujte znovu.
7. Uložte súbor údajov do zložky s jasným názvom pre WebODM alebo neskôršie prehliadanie.

Malý tip: Techniku si vyberajte podľa objektu, nie podľa toho, čo znie pokročilejšie.

5. Zariadenia na snímanie: fotoaparáty, smartfóny, drony a skenery

Na snímanie údajov pre fotogrametriu a 3D skenovanie sa dajú použiť rôzne nástroje. Na jednoduchý objekt môže stačiť **smartfón**. **Fotoaparát** môže poskytnúť lepšiu kontrolu a kvalitu obrazu. **Dron** dokáže snímať letecké zábery budov a krajiny. **3D skener** dokáže priamo snímať geometriu, ak je k dispozícii. Najdôležitejším faktorom nie je vždy cena zariadenia. Dôležitejšia je jasná stratégia snímania. Rozmazané snímky, nedostatočné prekrývanie alebo zlé osvetlenie môžu viesť k slabým výsledkom aj pri použití dobrého zariadenia.

Obrázok 7

Nastavenie stereoskopickkej hĺbkovej kamery RGB-D



Poznámka. Hĺbková kamera Intel RealSense D435 používaná na priestorové mapovanie, sledovanie a fotogrametriu z blízkej vzdialenosti. Z *hĺbkovej kamery Intel RealSense D435* [Fotografia], autor: M. Auledas, 2021, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intel_Realsense_depth_camera_D435.jpg). CC BY-SA 4.0.

Pre fotogrametriu je dôležitá konzistentnosť snímok. Pevná ohnisková vzdialenosť, stabilné zaostrenie, nízka hodnota ISO a dobrá expozícia pomáhajú softvéru porovnávať snímky. Náhle zmeny v priblížení, zaostrení alebo osvetlení môžu sťažiť zosúladzovanie

snímok. Pri práci s dronmi musí pilot naplánovať letovú trasu a zachytiť dostatočný počet prekrývajúcich sa snímok. Pri práci s pozemným fotoaparátom typu „ground-“ sa fotograf musí systematicky pohybovať okolo objektu alebo miesta. Pri skenovaní musí obsluha udržiavať stabilné podmienky objektu a skenera.

Ďalšou dôležitou otázkou je mierka. Fotogrametria dokáže vytvoriť model so správnymi relatívnymi proporciami, ale na prepojenie modelu s reálnymi rozmermi môže byť potrebný známy rozmer, mierková lišta alebo pozemný kontrolný bod.



Hlavné pojmy

Skener: Zariadenie, ktoré zachytáva tvar a rozmery reálneho objektu alebo priestoru na vytvorenie digitálnych 3D dát.

Referenčná mierka (Scale reference): Objekt alebo známy rozmer zahrnutý počas snímania, ktorý pomáha prepojiť digitálny model s reálnou veľkosťou.

Vzťažný bod / Vzťažná značka (Ground control point): Jasne označený bod so známymi reálnymi súradnicami, ktorý sa používa na spresnenie polohy a presnosti fotogrametrického modelu.



Praktická úloha

Aké vybavenie je k dispozícii pre jednoduchú triednu aktivitu?

Aké sú jeho silné stránky?

Aké sú jeho obmedzenia?

Ako by ste mohli zahrnúť referenčnú mierku?

Aké nastavenia alebo podmienky by mali zostať stabilné?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by sa študenti mali najprv zamerať na úlohu tímu zodpovedného za snímanie, až potom na úlohu používateľov softvéru. Trasa dronu alebo fotoaparátu musí byť naplánovaná tak, aby bola lokalita pokryta systematicky, bezpečne a v súlade so zákonom.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Uistite sa, že na danom mieste je povolené používanie dronov a že sú dodržané obmedzenia týkajúce sa súkromia.
- Skontrolujte počasie, vietor, osvetlenie, stav batérie, úložný priestor, prekážky a ľudí v okolí.
- Na výstupy podobné mapám používajte nadirálne fotografie a na fasády, steny, strechy alebo vertikálne konštrukcie šikmé fotografie.
- Ak je to možné, udržiavajte konštantnú výšku a uhol kamery.
- Snažte sa o výrazné prekrývanie susedných snímok; vyhnite sa izolovaným alebo náhodným fotografiám.
- Pred odchodom z miesta si snímky skontrolujte a zopakujte chýbajúce alebo rozmazané oblasti.

Krok za krokom

1. Určite typ výstupu: ortofotografia, 3D model, dokumentácia fasády alebo jednoduchý vizuálny záznam.
2. Nakreslite oblasť snímania a označte bezpečné miesta na vzlet, pristátie a pozorovanie.
3. Naplánujte trasu: paralelné línie pre mapovanie, kruhové alebo šikmé prelety pre vertikálne prvky.
4. Urobte prvú skúšobnú fotografiu a skontrolujte expozíciu, ostrosť a kompozíciu.

5. Zaznamenajte celú trasu pomaly a systematicky, pričom zachovajte prekrývanie medzi fotografiami.
6. Okamžite skontrolujte súbor údajov: odstráňte zjavné chyby a identifikujte medzery.
7. Usporiadajte snímky do zreteľne pomenovanej zložky pred ich nahratím do WebODM.

6. Sady snímok a plánovanie letu

Súbor údajov z fotogrametrie nie je len zbierkou fotografií. Ide o plánovaný súbor snímok, ktoré spolu pokrývajú objekt alebo lokalitu z dostatočného počtu pozícií. Každá snímka by sa mala spájať so susednými snímkami prostredníctvom viditeľného prekrývania. Prekrývanie znamená, že rovnaké časti scény sa objavujú na viacerých snímkach. Predné prekrývanie spája snímky nasnímané za sebou. Bočné prekrývanie spája snímky zo susedných radov alebo pozícií. Bez prekrývania softvér nedokáže spojiť fotografie do uceleného modelu.

Pri projektoch s dronmi pomáha plánovanie letu udržiavať konzistentnú výšku, trasu a uhol kamery. Paralelné letové línie sú užitočné pre mapovanie a ortofotografie. Šikmé snímky sú užitočné pre vertikálne štruktúry, ako sú fasády, veže a steny.



Hlavné pojmy

Dátový súbor: Organizovaná zbierka fotografií zachytených na spoločné spracovanie vo fotogrametrickom projekte.

Pozdĺžny prekryv: Zdieľaná oblasť medzi fotografiami zhotovenými za sebou pozdĺž rovnakej trasy.

Priečný prekryv: Zdieľaná oblasť medzi fotografiami zhotovenými na susedných radoch alebo letoch.

Línia letu: Plánovaná trasa, ktorú dron sleduje počas zachytávania sekvencie fotografií.

Šikmá snímka: Fotografia zhotovená pod angle namiesto kolmého pohľadu nadol, užitočná pre fasády, strechy a vertikálne konštrukcie.

Rozlíšenie vzorky zeme (Ground Sample Distance - GSD): Reálna veľkosť reprezentovaná jedným pixelom na snímke; menšie GSD zvyčajne znamená viditeľnejšie detaily.

Vzdialenosť vzorky na zemi (Ground Sample Distance, GSD) je skutočná veľkosť, ktorú reprezentuje jeden pixel snímky. Nižšia hodnota GSD znamená väčší detail, zvyčajne však vyžaduje let v nižšej výške alebo použitie kvalitnejšej kamery. Pri projektoch pre začiatočníkov študenti nepotrebujú zložité výpočty, mali by však pochopiť, že výška a rozlíšenie snímok ovplyvňujú úroveň detailov.

Pred opustením lokality by sa mal skontrolovať, či je súbor údajov v poriadku. Rozmazané snímky, chýbajúce strany, veľké tieň, pohybujúce sa objekty alebo medzery v pokrytie môžu neskôr spôsobiť problémy pri spracovaní.



Praktická úloha

Nakreslite jednoduchý plán snímania pre objekt alebo malú budovu.

Kde by mala byť zhotovená prvá snímka?

Ako by ste sa pohybovali okolo objektu?

Kde by sa mohli objaviť medzery v pokrytí?

Čo by ste skontrolovali pred spracovaním?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by sa študenti mali najprv vžiť do úlohy tímu zodpovedného za zber údajov a až potom do úlohy používateľov softvéru. Trasa dronu alebo fotoaparátu sa musí napláňovať tak, aby bola lokalita pokryta systematicky, bezpečne a v súlade so zákonom.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Uistite sa, že na danom mieste je povolené používanie dronov a že sú dodržiavané obmedzenia týkajúce sa súkromia.
- Skontrolujte počasie, vietor, osvetlenie, stav batérie, úložný priestor, prekážky a ľudí v okolí.
- Na výstupy podobné mapám použite nadirálne fotografie a na fasády, steny, strechy alebo vertikálne konštrukcie šikmé fotografie.
- Ak je to možné, udržiavajte konštantnú výšku a uhol kamery.
- Snažte sa o výrazné prekrývanie susedných snímok; vyhnite sa izolovaným alebo náhodným fotografiám.
- Pred odchodom z miesta si snímky skontrolujte a zopakujte chýbajúce alebo rozmazané oblasti.

Krok za krokom

1. Určite výstup: ortofotografiu, 3D model, dokumentáciu fasády alebo jednoduchý vizuálny záznam.
2. Nakreslite oblasť snímania a označte bezpečné miesta na vzlet, pristátie a pozorovanie.

3. Naplánujte trasu: paralelnými líniami pre mapovanie, kruhovými alebo šikmými preletmi pre vertikálne prvky.
4. Urobte prvú skúšobnú fotografiu a skontrolujte expozíciu, ostrosť a kompozíciu.
5. Zaznamenajte celú trasu pomaly a systematicky, pričom zachovajte prekryvanie medzi fotografiami.
6. Okamžite skontrolujte súbor údajov: odstráňte zjavné chyby a identifikujte medzery.
7. Usporiadajte snímky do zreteľne pomenovanej zložky pred ich nahratím do WebODM.

Malý tip: Krásne snímky nie sú vždy užitočné snímky. Fotogrametria vyžaduje systematické pokrytie.

7. Bezpečnosť, povolenia a príprava lokality

Technické plánovanie nestačí. Projekt fotogrametrie alebo dronov musí byť tiež bezpečný, zákonný a ohľaduplný. To je obzvlášť dôležité v kontexte kultúrneho dedičstva, kde môžu byť miesta krehké, obmedzené, posvätné, súkromné alebo sa nachádzajú v blízkosti ľudí. Používanie dronov musí spĺňať príslušné predpisy. V Európe pravidlá EASA rozdeľujú prevádzku dronov do kategórií a vyžadujú, aby piloti zohľadnili riziko, polohu, nadmorskú výšku, ľudí v okolí, obmedzenia vzdušného priestoru a typ použitého dronu. Súčasťou prípravy je aj ochrana súkromia. Pri snímaní budovy, námestia alebo krajiny sa môžu náhodne zachytiť ľudia, poznávacie značky, súkromné domy alebo citlivé oblasti. Zodpovedný projekt plánuje, ako tomu pred snímaním predísť alebo ako to zvládnuť. Príprava na mieste zahŕňa kontrolu prístupu, počasia, osvetlenia, batérií, úložného priestoru, prekážok a postupov v núdzových situáciách. V prípade pamiatkových



Hlavné pojmy

Povolenie: Oficiálny súhlas alebo povolenie potrebné pred fotografovaním, skenovaním alebo letom s dronom na konkrétnej lokalite.

Súkromie: Ochrana ľudí a súkromných informácií pred ich zachytením alebo zdieľaním bez náležitého dôvodu alebo súhlasu.

EASA: Európska agentúra pre bezpečnosť letectva, ktorá stanovuje spoločná pravidlá leteckej bezpečnosti pre prevádzku dronov v Európe.

Geografická zóna (Geo zone): Oblasť, v ktorej môžu byť lety dronov obmedzené alebo podliehať špecifickým podmienkam.

Hodnotenie rizík: Identifikácia možných nebezpečenstiev pred vykonávaním aktivity a rozhodovanie o tom, ako ich znížiť.

Predletová kontrola: Súbor kontrol bezpečnosti a zariadenia dokončených pred vzlietnutím dronu.

objektov môže zahŕňať aj kontaktovanie správcov objektu, získanie povolenia a dohodnutie sa na tom, čo sa môže fotografovať.

Nezabudnite: *Technicky dokonalý model nie je úspešným projektom, ak bolo snímanie nebezpečné, nezákonné alebo neúctivé. Dobrá dokumentácia spája technickú kvalitu s etickým postupom.*



Reflexia

Aké riziká by mohli existovať na danej lokalite?

Kto by mohol musieť dať povolenie?

Mohli by sa na snímkach objaviť ľudia alebo súkromné priestory?

Aké poveternostné podmienky by zastavili túto aktivitu?

Čo by sa malo skontrolovať pred začatím?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by sa študenti mali najprv vžiť do role tímu zodpovedného za snímanie a až potom do role používateľov softvéru. Trasa dronu alebo fotoaparátu musí byť naplánovaná tak, aby bola lokalita pokryta systematicky, bezpečne a v súlade so zákonom.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Uistite sa, že na danom mieste je povolené používanie dronov a že sú dodržiavané obmedzenia týkajúce sa súkromia.

- Skontrolujte počasie, vietor, osvetlenie, stav batérie, úložný priestor, prekážky a ľudí v okolí.
- Na výstupy podobné mapám používajte nadirálne fotografie a na fasády, steny, strechy alebo vertikálne konštrukcie šikmé fotografie.
- Ak je to možné, udržiavajte konštantnú výšku a uhol kamery.
- Snažte sa o výrazné prekrývanie susedných snímok; vyhnite sa izolovaným alebo náhodným fotografiám.
- Pred odchodom z miesta si snímky skontrolujte a zopakujte chýbajúce alebo rozmazané oblasti.

Krok za krokom

1. Určite typ výstupu: ortofotografia, 3D model, dokumentácia fasády alebo jednoduchý vizuálny záznam.
2. Nakreslite oblasť zachytenia a vyznačte bezpečné miesta na vzlet, pristátie a pozorovanie.
3. Naplánujte trasu: paralelné línie pre mapovanie, kruhové alebo šikmé prelety pre vertikálne prvky.
4. Urobte prvú skúšobnú fotografiu a skontrolujte expozíciu, ostrosť a kompozíciu.
5. Zaznamenajte celú trasu pomaly a systematicky, pričom zachovajte prekrývanie medzi fotografiami.
6. Okamžite skontrolujte súbor údajov: odstráňte zjavné chyby a identifikujte medzery.
7. Usporiadajte snímky do zreteľne pomenovanej zložky pred ich nahratím do WebODM.

Malý tip: Ak nie sú jasné právne alebo etické podmienky, pozastavte snímanie. Dokumentácia by mala chrániť kultúrne dedičstvo, nie vytvárať nové problémy.

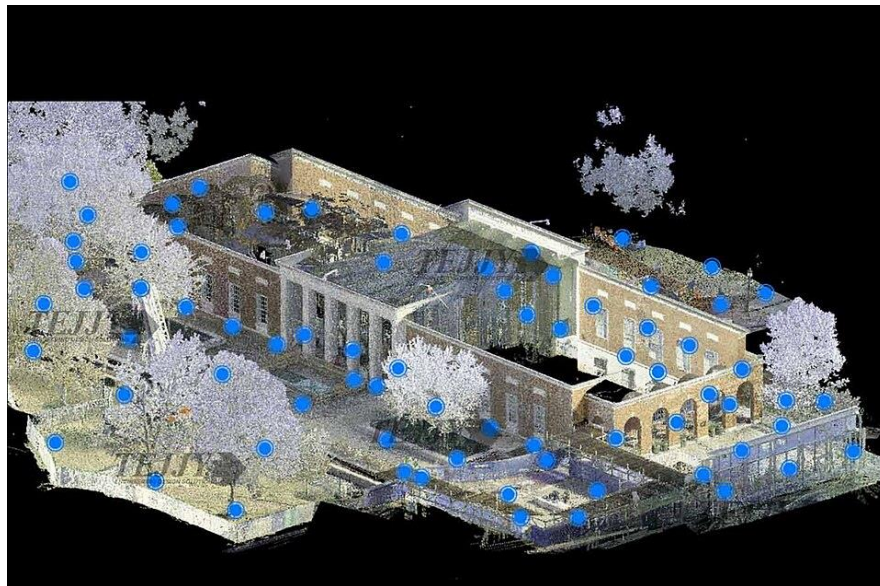
8. Od fotografií k 3D modelu

Premena fotografií na 3D model prebieha v niekoľkých fázach. Najskôr softvér analyzuje fotografie a detekuje charakteristické body. Následne spája tieto body medzi rôznymi snímkami. Počas **zarovňovania** softvér odhaduje, kde sa nachádzala každá kamera v okamihu zhotovenia danej fotografie. V tejto fáze vzniká **riedky mrak bodov**, ktorý ukazuje, či je súbor údajov súvislý. Ak sa mnohé snímky nedajú zarovnať, súbor údajov má pravdepodobne problémy s prekryvaním, rozmazaním, textúrou alebo osvetlením.

Po zarovnaní môže softvér vygenerovať **hustý mrak bodov**. V tejto fáze sa pridá oveľa viac bodov, čím sa scéna stane detailnejšou. Hustý mrak bodov sa potom môže previesť na sieť, čo je povrch vytvorený zo spojených mnohouholníkov. V fáze textúrovania sa vizuálne informácie z pôvodných fotografií premietajú na sieť. Vďaka tomu model vyzerá realisticky. Pre mapovacie projekty môže softvér vytvoriť aj ortofotografiu alebo výškový model.

Obrázok 8

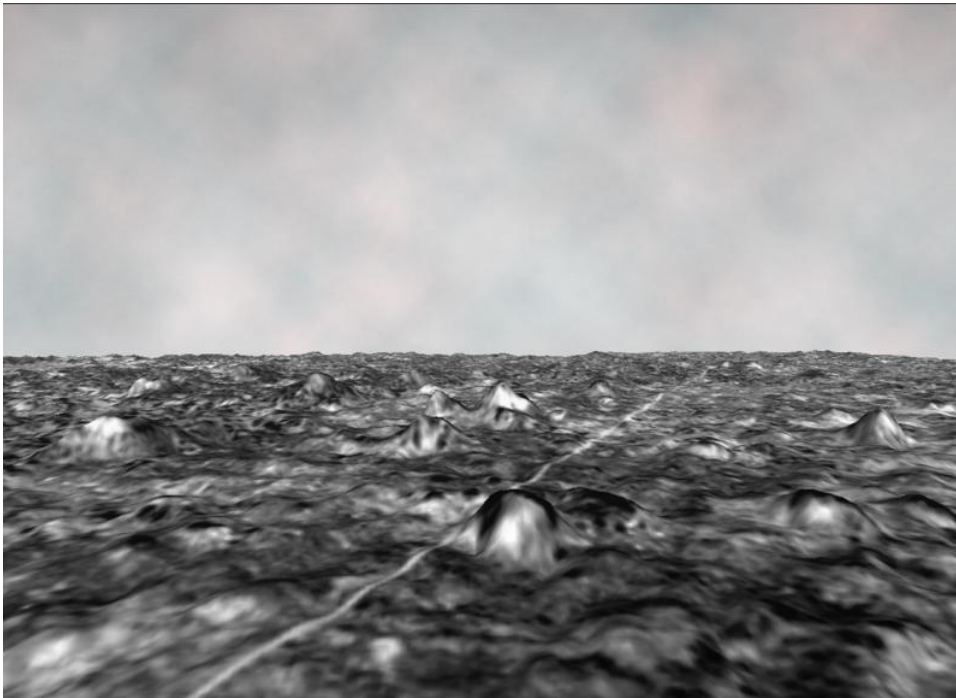
Vizualizácia budovy pomocou mračien bodov



Poznámka: Z prehľadu 3D mraku bodov knižnice Milтона S. Eisenhowera, Univerzita Johna Hopkinsa [digitálny obrázok], autor: Matthewadams66, 2025, Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Point_Cloud_Overview_of_Milton_S._Eisenhower_Library,_Johns_Hopkins_University.jpg). Vo verejnej doméne.

Obrázok 9

Príklad ortofotografie



Poznámka. Z *Chun-air-sar-dem-orthophoto* [digitálny obrázok], autor: Hixson, D. R., 2007, Wikimedia Commons (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chun-air-sar-dem-orthophoto.jpg>). Vo verejnej doméne.



Hlavné pojmy

Zarovnanie: Fáza, v ktorej softvér spája fotografie a odhaduje polohu každej kamery.

Riedke mračno bodov (Sparse point cloud): Prvá základná sada 3D bodov vytvorená zo spárovaných fotografií.

Husté mračno bodov (Dense point cloud): Detailnejšia sada 3D bodov vygenerovaná po počiatocnom zarovnaní.

Ortofotomapa: Snímka korigovaná o perspektívu, aby sa dala použiť ako mapa alebo výkres náhľadu/pohľadu.

Pamätajte: *Spracovanie nemôže vymyslieť chýbajúce informácie. Ak súbor údajov neobsahuje zadnú stranu objektu, softvér ju nemôže správne rekonštruovať. Ak sú snímky rozmazané, model bude zvyčajne nekvalitný.*



Praktická úloha

Usporiadajte fázy pracovného postupu v správnom poradí:

- Čo vytvára každá fáza?
- Ktorá fáza by odhalila, že mnohé snímky zlyhali?
- Ktorý výstup je najlepší na vizuálnu prezentáciu?
- Ktorý výstup je užitočný na interpretáciu podobnú mape?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa fotografie mali považovať za vstupné údaje pre WebODM. Cieľom je pochopiť, ako rozhodnutia týkajúce sa snímania ovplyvňujú zarovnanie, mraky bodov, siete a ortofotografie.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Používajte ostré snímky so stabilnou expozíciou a dostatočne viditeľnou textúrou.

- Zachyťte všetky strany objektu alebo lokality; chýbajúce pohľady sa zvyčajne prejavujú ako medzery v modeli.
- Zabezpečte prekryvanie medzi po sebe idúcimi snímkami; každá oblasť by sa mala objaviť na viacerých fotografiách.
- Vyhnite sa pohybujúcim sa ľuďom, vozidlám, vegetácii, silným odrazom a ostrým tieňom.
- Ak model vyžaduje reálne rozmery, zahrňte známy merací údaj alebo referenčnú mierku.
- Pôvodné snímky ponechajte nezmenené a spracúvajte kópie, ak je to možné.

Krok za krokom

1. Vytvorte priečinok pre súbor údajov a dajte mu jasný názov.
2. Fotografujte objekt alebo lokalitu v logickom poradí, nie náhodne.
3. Ak má objekt zložitú geometriu, zhotovte druhý rad fotografií z vyššej alebo nižšej úrovne.
4. Skontrolujte snímky, či nie sú rozmazané, či nechýbajú uhly a či nemajú problémy s expozíciou.
5. Nahrajte súbor údajov do WebODM a vytvorte úlohu na spracovanie.
6. Prezrite si správu o kvalite, zarovnané snímky a výstupy.
7. Zapište si, čo by sa malo vylepšiť pri druhom pokuse o snímkanie.

Malá rada: Spracovanie nie je záchranná operácia. K najlepším vylepšeniam zvyčajne dochádza ešte pred spracovaním, počas plánovania a zberu údajov.

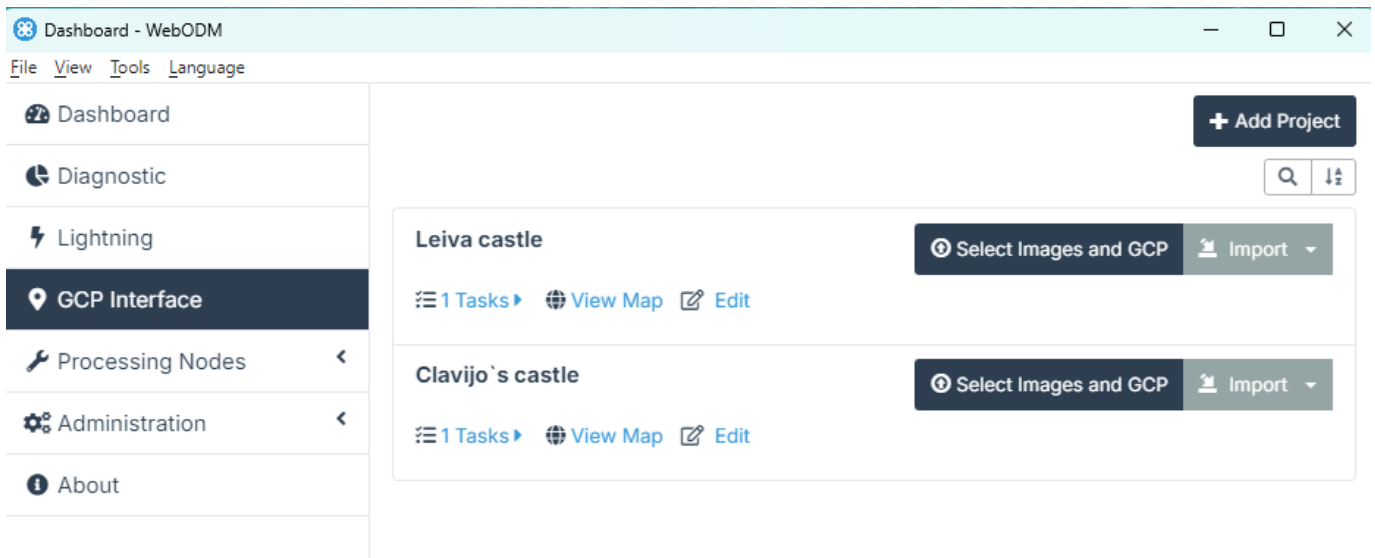
9. WebODM: Projekty, spracovanie a výstupy

WebODM je hlavný nástroj používaný v tomto module. Poskytuje webové rozhranie na vytváranie projektov, nahrávanie súborov s obrázkami, spúšťanie úloh spracovania a kontrolu výstupov. Vďaka tomu je vhodný na učenie, pretože pracovný postup je prehľadný a organizovaný.

Projekt v WebODM môže obsahovať jednu alebo viac úloh. Úloha zvyčajne zodpovedá jednému súboru údajov a jednému spracovateľskému cyklu. Ak študenti zmenia nastavenia alebo vylepšia súbor údajov, môžu vytvoriť novú úlohu a porovnať výsledky. WebODM môže generovať viacero výstupov: mraky bodov, textúrované modely, ortofotografie, digitálne modely povrchu, digitálne modely terénu a správy o spracovaní. Každý výstup má iné využitie. Textúrovaný model je užitočný na vizualizáciu, zatiaľ čo ortofotografia slúži na zobrazenie podobné mape.

Obrázok 10

Snímka obrazovky pracovného postupu WebODM



Poznámka: Snímka obrazovky z výcvikovej inštancie projektu DREAM, vytvorená tímom DREAM, CC BY-SA 4.0

Správa o spracovaní je dôležitá. Môže ukázať, koľko snímok bolo použitých, či bolo zarovnanie úspešné a či má model problémy s kvalitou. Študenti by nemali správu ignorovať len preto, že model na prvý pohľad vyzerá dobre.



Hlavné pojmy

Projekt: Pracovný priestor vo WebODM, ktorý organizuje jednu alebo viacero úloh spracovania fotogrametrie.

Úloha: Jeden beh spracovania vo WebODM s použitím konkrétneho dátového súboru snímok a zvolených nastavení.

Správa o spracovaní: Súhrn ukazujúci, ako boli snímky spracované a či sa počas rekonštrukcie vyskytli problémy.

DSM: Digitálny model povrchu (Digital Surface Model); model zobrazujúci výšku viditeľných povrchov, ako sú budovy, stromy a zem.

DTM: Digitálny model terénu (Digital Terrain Model); model, ktorý predstavuje povrch zeme bez budov alebo vegetácie.

Nezabudnite: *WebODM tiež pomáha študentom pochopiť, že fotogrametria je iteratívny proces. Prvý výsledok môže vykazovať medzery, šum alebo skreslenia. Ďalším krokom je zistiť, prečo k tomu došlo, a vylepšiť snímanie alebo nastavenia.*



Reflexia

Po spracovaní snímok sa na chvíľu pozrite na výsledok a zamyslite sa nad tým, čo vám hovorí o kvalite vášho dátového súboru.

- Aké informácie by ste skontrolovali po spracovaní?
- Zarovnali sa všetky snímky?
- Ktorý výstup by ste použili na prezentáciu?
- Ktorý výstup by ste použili pre dokument podobný mape?
- Čo by ste zmenili, ak má model diery?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa fotografie mali považovať za vstupné údaje pre WebODM. Cieľom je pochopiť, ako rozhodnutia týkajúce sa snímania ovplyvňujú zarovnanie, mraky bodov, siete a ortofotografie.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Používajte ostré snímky so stabilnou expozíciou a dostatočne viditeľnou textúrou.
- Zachyťte všetky strany objektu alebo lokality; chýbajúce pohľady sa zvyčajne prejavujú ako medzery v modeli.
- Zabezpečte prekrývanie medzi po sebe idúcimi snímkami; každá oblasť by sa mala objaviť na viacerých fotografiách.
- Vyhnite sa pohybujúcim sa ľuďom, vozidlám, vegetácii, silným odrazom a ostrým tieňom.
- Ak model vyžaduje reálne rozmery, zahrňte známy merací údaj alebo referenčnú mierku.

- Pôvodné snímky ponechajte nezmenené a spracúvajte kópie, ak je to možné.

Krok za krokom

1. Vytvorte priečinok pre súbor údajov a dajte mu jasný názov.
2. Fotografujte objekt alebo lokalitu v logickom poradí, nie náhodne.
3. Ak má objekt zložitú geometriu, zhotovte druhý rad fotografií z vyššej alebo nižšej úrovne.
4. Skontrolujte snímky, či nie sú rozmazané, či nechýbajú uhly a či nemajú problémy s expozíciou.
5. Nahrajte súbor údajov do WebODM a vytvorte úlohu na spracovanie.
6. Prezrite si správu o kvalite, zarovnané snímky a výstupy.
7. Zapište si, čo by sa malo vylepšiť pri druhom pokuse o snímanie.

Malý tip: Správa o kvalite je súčasťou procesu učenia. Prečítajte si ju, skôr než rozhodnete, že model je hotový.

10. Kvalita, presnosť a bežné chyby rekonštrukcie

Kvalita vo fotogrametrii závisí od viacerých faktorov: ostrosti snímok, prekrývania, osvetlenia, textúry, stability fotoaparátu, úplného pokrytia a absencie pohybujúcich sa prvkov. Model môže vyzeráť pôsobivo, ale aj tak obsahovať chyby. Presnosť znamená, do akej miery sa model približuje skutočným rozmerom alebo polohám. Presnosť znamená, do akej miery sú merania vnútri modelu konzistentné. Vizuálne atraktívny model nie je automaticky presný, najmä ak nebola použitá žiadna referenčná mierka ani kontrolný bod.

Medzi bežné chyby rekonštrukcie patria diery, plávajúce body, zdeformované povrchy, zdvojená geometria a slabé textúry. Tieto chyby často vyplývajú z



Hlavné pojmy

Presnosť: Ako blízko sú model alebo jeho merania k reálnemu objektu, veľkosti alebo polohám.

Precíznosť: Ako konzistentné sú merania v rámci modelu pri opakovaní.

Šum: Nesprávne alebo nežiaduce body či tvary, ktoré sa objavajú vo výsledku fotogrametrie.

Rozostrenie: Strata ostrosti na fotografii, často spôsobená pohybom alebo zlým zaostrením.

Medzera v pokrytí: Oblasť objektu alebo lokality, ktorá nebola dostatočne odфотографovaná, a preto môže v modeli chýbať.

Reflexný povrch: Lesklý povrch, ako napríklad sklo alebo kov, ktorý odráža svetlo a môže softvéru skomplikovať identifikáciu stabilných bodov.

RMSE (Root Mean Square Error - Stredná kvadratická chyba): Číselná miera používaná na zobrazenie priemernej miery chyby v modeli; nižšia hodnota RMSE zvyčajne naznačuje vyššiu presnosť.

nedostatočného prekryvania, lesklých povrchov, rozmazania spôsobeného pohybom, opakujúcich sa vzorov, silných tieňov alebo pohybujúcich sa objektov.

Vegetácia, voda, sklo a odrazový kov predstavujú problém, pretože menia svoj vzhľad medzi jednotlivými snímkami alebo neposkytujú stabilné orientačné body. Ľudia a vozidlá môžu tiež vytvárať šum, pretože sa medzi fotografiami pohybujú.

Zlepšenie kvality zvyčajne znamená vrátiť sa k súboru údajov: nasnímať viac snímok, zvýšiť prekryvanie, zmeniť osvetlenie, vyhnúť sa rozmazaniu, zahrnúť chýbajúce uhly alebo zvoliť vhodnejšiu metódu snímania.



Praktická úloha

Pozrite sa na výsledok fotogrametrie s chybami.

Kde sa nachádzajú diery alebo skreslenia?

Čo ich mohlo spôsobiť?

Pomohlo by väčšie prekrytie snímok?

Pomohlo by iné osvetlenie?

Bola by lepšia iná technika?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa fotografie mali považovať za vstupné údaje pre WebODM. Cieľom je pochopiť, ako rozhodnutia týkajúce sa snímania ovplyvňujú zarovnanie, mraky bodov, siete a ortofotografie.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Používajte ostré snímky so stabilnou expozíciou a dostatočne viditeľnou textúrou.
- Zachyťte všetky strany objektu alebo lokality; chýbajúce pohľady sa zvyčajne prejavujú ako medzery v modeli.
- Zabezpečte prekryvanie medzi po sebe idúcimi snímkami; každá oblasť by sa mala objaviť na viacerých fotografiách.
- Vyhnite sa pohybujúcim sa ľuďom, vozidlám, vegetácii, silným odrazom a ostrým tieňom.
- Ak model vyžaduje reálne rozmery, zahrňte známy merací údaj alebo referenčnú mierku.
- Pôvodné snímky ponechajte nezmenené a spracúvajte kópie, ak je to možné.

Krok za krokom

1. Vytvorte priečinok pre súbor údajov a dajte mu jasný názov.
2. Fotografujte objekt alebo lokalitu v logickom poradí, nie náhodne.
3. Ak má objekt zložitú geometriu, zhotovte druhý rad fotografií z vyššej alebo nižšej úrovne.
4. Skontrolujte snímky, či nie sú rozmazané, či nechýbajú uhly a či nemajú problémy s expozíciou.
5. Nahrajte súbor údajov do WebODM a vytvorte úlohu na spracovanie.
6. Prezrite si správu o kvalite, zarovnané snímky a výstupy.
7. Zapište si, čo by sa malo vylepšiť pri druhom pokuse o snímkanie.

Malý tip: Nehodnotte model len na základe prvého vizuálneho dojmu. Hľadajte chyby, chýbajúce oblasti a známky slabšej rekonštrukcie.

11. Práca s mračnami bodov, ortofotkami a 3D modelmi

Výstupy fotogrametrie nie sú všetky rovnaké. **Mračno bodov** je súbor bodov v 3D priestore. Môže znázorňovať tvar objektu alebo lokality a môže byť užitočný na meranie, analýzu alebo ďalšie spracovanie. **Sieť** je povrch tvorený prepojenými mnohouholníkmi. Po aplikácii textúry sa stáva vizuálne zrozumiteľnejšou. Textúrované siete sú užitočné na prezentácie, virtuálne výstavy a rozprávanie príbehov, ale nemusia byť vždy najlepším výstupom pre presné meranie. **Ortofotografia** alebo **ortomozaika** je obraz korigovaný z hľadiska perspektívy, takže sa dá použiť ako mapa alebo výškový výkres. Pri práci s kultúrnym dedičstvom môžu ortofotografie pomôcť zdokumentovať fasády, podlahy, steny, archeologické lokality alebo prvky krajiny.

Digitálne modely povrchov zahŕňajú viditeľné povrchy, ako sú budovy, stromy a stavby. Digitálne modely terénu sa snažia znázorniť povrch zeme. Pochopenie tohto rozdielu pomáha študentom správne interpretovať výstupy týkajúce sa krajiny. Voľba výstupu závisí od účelu projektu. Školská výstava môže vyžadovať textúrovaný 3D model. Analýza fasády môže vyžadovať ortofotografiu. Aktivita zameraná na krajinu môže využívať výškové modely. Pracovný postup v oblasti pamiatkovej starostlivosti môže vyžadovať mraky bodov a metadáta.



Praktická úloha

Priradte každý výstup ku konkrétnemu prípadu použitia:

- Mračno bodov
- Polygónová sieť
- Textúra
- Ortofotografia
- Ortofotomozaika
- DSM (Digitálny model povrchu)
- DTM (Digitálny model terénu)

Ktorý výstup je najlepší pre vizuálne rozprávanie príbehov (storytelling)?

Ktorý výstup je najlepší na interpretáciu podobnú mape?

Ktorý výstup by mohol podporiť meranie?

Ktorý výstup by bol pre študentov najjednoduchší na prezentovanie?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa fotografie mali považovať za vstupné údaje pre WebODM. Cieľom je pochopiť, ako rozhodnutia týkajúce sa snímania ovplyvňujú zarovnanie, mraky bodov, siete a ortofotografie.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Používajte ostré snímky so stabilnou expozíciou a dostatočne viditeľnou textúrou.
- Zachyťte všetky strany objektu alebo lokality; chýbajúce pohľady sa zvyčajne prejavujú ako medzery v modeli.
- Zabezpečte prekryvanie medzi po sebe idúcimi snímkami; každá oblasť by sa mala objaviť na viacerých fotografiách.
- Vyhnite sa pohybujúcim sa ľuďom, vozidlám, vegetácii, silným odrazom a ostrým tieňom.
- Ak model vyžaduje reálne rozmery, zahrňte známy merací údaj alebo referenčnú mierku.
- Pôvodné snímky ponechajte nezmenené a spracúvajte kópie, ak je to možné.

Krok za krokom

1. Vytvorte priečinok pre súbor údajov a dajte mu jasný názov.
2. Fotografujte objekt alebo lokalitu v logickom poradí, nie náhodne.
3. Ak má objekt zložitú geometriu, zhotovte druhý rad fotografií z vyššej alebo nižšej úrovne.
4. Skontrolujte snímky, či nie sú rozmazané, či nechýbajú uhly a či nemajú problémy s expozíciou.
5. Nahrajte súbor údajov do WebODM a vytvorte úlohu na spracovanie.
6. Prezrite si správu o kvalite, zarovnané snímky a výstupy.
7. Zapište si, čo by sa malo vylepšiť pri druhom pokuse o snímkanie.

Malý tip: Najlepší výstup nie je vždy ten vizuálne najatraktívnejší. Vyberte výstup, ktorý slúži cieľu projektu.

12. Základná správa údajov a dokumentácia

V rámci fotogrametrického projektu vzniká množstvo súborov: pôvodné snímky, spracované výstupy, správy, exportované súbory, poznámky a niekedy aj dokumenty o povoleniach. Bez systematického usporiadania sa projekt stáva ťažko zrozumiteľným a ťažko sa dá opätovne využiť. Pôvodné fotografie predstavujú primárny záznam. Mali by sa uchovávať, pretože budúci softvér ich možno bude vedieť lepšie spracovať. Študenti by sa mali vyvarovať mazania alebo úpravy pôvodných snímok a v prípade potreby by mali pracovať s kópiami. Pomáha aj správne pomenovanie súborov. Zložka s dátovým súborom môže obsahovať dátum, miesto, názov objektu a spôsob zachytenia. V jednoduchom liste s metadátami je možné zaznamenať, kto snímky zachytil, aké zariadenie sa použilo, aké povolenia boli získané a aký bol účel projektu.

Dokumentácia je obzvlášť dôležitá v prípade kultúrneho dedičstva. Digitálny model bez kontextu sa môže odtrhnúť od miesta alebo komunity, ktorú reprezentuje. Poznámky o význame, mieste, autorstve a etických obmedzeniach pomáhajú zachovať užitočnosť a rešpekt voči modelu. Zálohovanie a verzionovanie sú súčasťou základnej zodpovednosti. Ak je súbor údajov dôležitý, nemal by existovať len na jednom mieste. Ak je model revidovaný, stará a nová verzia by mali byť jasne označené.



Hlavné pojmy

Metadáta: Informácie, ktoré popisujú digitálny súbor alebo projekt, ako napríklad dátum, lokalita, tvorca, použité vybavenie a účel.

Záloha: Dodatočná kópia dôležitých súborov uložená oddelene pre prípad, že sa originály stratia alebo poškodia.

Verziovanie: Uchovávanie a jasné označovanie rôznych verzií súboru alebo modelu pri jeho úpravách alebo vylepšovaní.

Záznam o povolení: Dokumentácia preukazujúca, aké povolenie bolo získané na fotografovanie, skenovanie alebo použitie lokality či objektu.

Poznámky k spracovaniu: Krátke záznamy o nastaveniach, problémoch, rozhodnutiach a výsledkoch z pokusu o spracovanie fotogrametrie.



Praktická úloha

Vytvorte systém pomenovania priečinkov pre projekt dokumentácie kultúrneho dedičstva.

Aké metadáta by sa mali zaznamenať?

Kde by sa mali ukladať povolenia?

Ako by ste označili druhý pokus o spracovanie?

Ktoré súbory by sa nikdy nemali vymazať?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by študenti mali súčasne zaznamenávať a dokumentovať. Dobrý súbor údajov nie je len skupina obrázkov; zahŕňa aj poznámky, ktoré vysvetľujú, odkiaľ obrázky pochádzajú a ako sa môžu použiť.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Zaznamenajte dátum, miesto, názov objektu/lokality, autora a účel.
- Pôvodné snímky uchováajte v chránenej zložke.
- Vytvorte samostatné priečinky pre surové snímky, spracované výstupy, správy a exporty.
- Poznámky o povoleniach alebo obmedzeniach prístupu uložte spolu so súbormi projektu.
- Používajte jednotné názvy súborov a zložiek.
- Pred úpravou alebo spracovaním si zálohujte dôležité súbory údajov.

Krok za krokom

1. Vytvorte zložku projektu ešte pred začatím snímania.
2. Napíšte krátku poznámku o zbere údajov s uvedením účelu, miesta a vybavenia.
3. Fotografie zhotovte podľa naplánovanej trasy a uchovajte všetky originály.
4. Skopírujte vybrané snímky do zložky na spracovanie.
5. Výstupy z WebODM uložte do samostatného priečinka s výsledkami.
6. Pridajte krátku poznámku vysvetľujúcu chyby, obmedzenia a možné vylepšenia.
7. Zálohujte celý projektový priečinok.

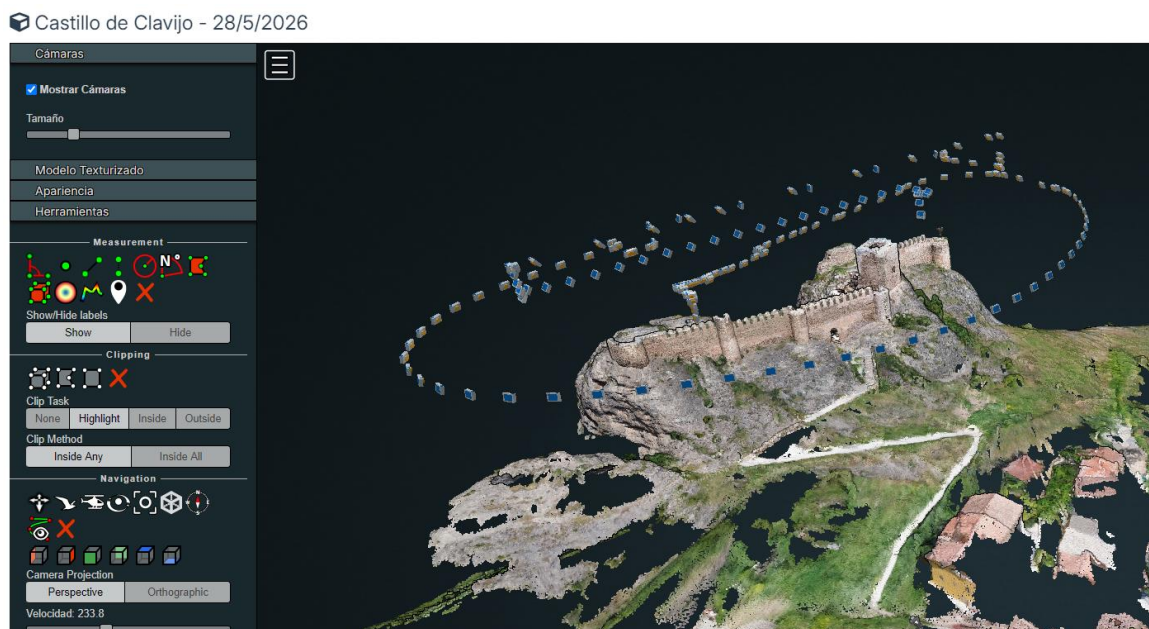
Malý tip: Model bez poznámok sa ľahko stratí, môže byť nesprávne pochopený alebo nesprávne použitý. Zdokumentujte nielen výsledok, ale aj samotný proces.

13. Úvod do pracovných postupov fotogrametrie s využitím dronov

Pracovný postup fotogrametrie s využitím dronov začína ešte pred letom. Tím definuje účel, overí povolenia, preskúma lokalitu, naplánuje letovú trasu a rozhodne, aké výstupy sú potrebné. Projekt mapovania a projekt fasády nepoužívajú presne rovnakú stratégiu snímania. **Nadirálne snímky** sa snímajú kamerou smerujúcou priamo nadol. Sú užitočné pre mapy, ortofotografie a povrchy podobné terénu. **Šikmé snímky** sa snímajú pod uhlom. Sú užitočné pre vertikálne štruktúry, ako sú fasády, veže, strechy a steny.

Obrázok 11

Mriežka dronov a kruhová dráha snímania



Poznámka. Softvérová vizualizácia polôh kamier znázorňujúca šikmú kruhovú letovú dráhu, vytvorená tímom DREAM, CC BY-SA 4.0

Prekrývanie je kľúčové. Dron by mal snímať snímky tak, aby sa každá časť lokality objavila na viacerých fotografiách. Konzistentná výška a rýchlosť pomáhajú udržať

stabilný mierku a ostrosť snímok. Silný vietor, slabé osvetlenie alebo rýchly pohyb môžu spôsobiť rozmazanie.

Po lete by sa mal súbor údajov skontrolovať ešte pred opustením lokality. Tím by mal skontrolovať, či sú snímky ostré, či je pokryté celé územie, či nie sú problémy s expozíciou a či nechýba nejaký dôležitý uhol.

Nezabudnite: *Fotogrametria pomocou dronov môže byť veľmi účinná, musí však byť systematická. Súbor atraktívnych leteckých snímok nie je to isté ako súbor údajov pripravený na rekonštrukciu.*



Hlavné pojmy

Trasa letu: Plánovaná trasa, ktorú dron sleduje pri snímaní fotografií nad lokalitou alebo okolo nej.

Kontrola po lete: Kontrola fotografií po ukončení letu dronu s cieľom overiť, či sú ostré, úplné a vhodné na ďalšie spracovanie.

Bezletová zóna: Oblasť, v ktorej sú lety dronov zakázané alebo výrazne obmedzené.



Praktická úloha

Naplánujte jednoduchý postup snímania malej historickej budovy pomocou dronu.

Aký výstup potrebujete vytvoriť?

Stačili by nadirálne snímky?

Boli by potrebné aj šikmé snímky?

Aké bezpečnostné kontroly je potrebné vykonať?

Čo by ste mali skontrolovať po pristátí?

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

Pri tejto aktivite by sa študenti mali najprv zamerať na úlohu snímacieho tímu a až potom na úlohu používateľov softvéru. Trasa dronu alebo fotoaparátu musí byť naplánovaná tak, aby bola lokalita pokryta systematicky, bezpečne a v súlade so zákonom.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Uistite sa, že na danom mieste je povolené používanie dronov a že sú dodržané obmedzenia týkajúce sa súkromia.
- Skontrolujte počasie, vietor, osvetlenie, stav batérie, úložný priestor, prekážky a ľudí v okolí.
- Na výstupy podobné mapám používajte nadirálne fotografie a na fasády, steny, strechy alebo vertikálne konštrukcie šikmé fotografie.
- Ak je to možné, udržiavajte konštantnú výšku a uhol kamery.
- Snažte sa o výrazné prekryvanie susedných snímok; vyhnite sa izolovaným alebo náhodným fotografiám.

- Pred odchodom z miesta si snímky skontrolujte a zopakujte chýbajúce alebo rozmazané oblasti.

Krok za krokom

1. Určite výstup: ortofotografia, 3D model, dokumentácia fasády alebo jednoduchý vizuálny záznam.
2. Nakreslite oblasť snímania a označte bezpečné miesta na vzlet, pristátie a pozorovanie.
3. Naplánujte trasu: paralelné línie pre mapovanie, kruhové alebo šikmé prelety pre vertikálne prvky.
4. Urobte prvú skúšobnú fotografiu a skontrolujte expozíciu, ostrosť a kompozíciu.
5. Zaznamenajte celú trasu pomaly a systematicky, pričom zachovajte prekryvanie medzi fotografiami.
6. Okamžite skontrolujte súbor údajov: odstráňte zjavné chyby a identifikujte medzery.
7. Usporiadajte snímky do zreteľne pomenovanej zložky pred ich nahratím do WebODM.

Malý tip: Náhodné krásne fotografie z dronu nie sú dátami. Fotogrametria vyžaduje naplánovaný súbor dát.

14. Záverečná aktivita: Plán 3D dokumentácie kultúrneho dedičstva

Záverečná aktivita spája celý pracovný postup do jedného celku. Študenti si vyberú jednoduchý objekt, detail budovy alebo prvok miestneho kultúrneho dedičstva a pripraví základný plán dokumentácie. Cieľom nie je vytvoriť dokonalý profesionálny model, ale pochopiť celý proces vrátane kritérií. Aktivita začína stanovením účelu. Študenti sa musia rozhodnúť, prečo by mal byť daný objekt alebo miesto zdokumentované. Medzi možné účely patrí vzdelávanie, výstava, prístupnosť, zvyšovanie povedomia o ochrane pamiatok, interpretácia pre cestovný ruch alebo zachovanie spomienok komunity.

Potom účastníci naplánujú snímame. Rozhodnú sa, či použijú smartfón, fotoaparát, dron alebo skener; koľko strán je potrebné zachytiť; kde by sa mali snímky zhotoviť; aké povolenia sú potrebné; a ako bude súbor údajov usporiadaný. Ak je k dispozícii WebODM, účastníci spracujú súbor údajov a skontrolujú výstupy. Ak spracovanie nie je možné počas lekcie, môžu analyzovať príkladový súbor údajov a diskutovať o tom, aké by boli očakávané výstupy.

Záverečná prezentácia by mala obsahovať objekt alebo lokalitu, účel, plán zaznamenávania, hlavné riziká, očakávané výstupy a jedno vylepšenie, ktoré by sa urobilo pri druhom pokuse.



Praktická úloha

Pracujte samostatne alebo vo dvojiciach. Vyberte si jeden jednoduchý prvok miestneho kultúrneho dedičstva, napríklad predmet, detail budovy alebo pamiatku. Využite poznatky z modulu a pripravte základný plán jeho digitálnej dokumentácie.

1. Vyberte jednoduchý prvok kultúrneho dedičstva.
2. Určte účel digitálnej dokumentácie.
3. Vyberte spôsob snímania.
4. Naplánujte pozície, z ktorých budú snímky vytvorené.
5. Určte bezpečnostné otázky a potrebné povolenia.
6. Opíšte očakávané výstupy z WebODM.
7. Uveďte jedno ponaučenie, ktoré ste si z aktivity odniesli.

Ako fotografovať alebo zbierať údaje

V rámci tejto aktivity by sa študenti mali nacvičiť jednoduché snímanie pomocou fotogrametrie z blízkej vzdialenosti. Cieľom je zhromaždiť čistú sadu prekrývajúcich sa snímok, ktoré by sa neskôr mohli spracovať v programe WebODM.

Čo je potrebné mať na pamäti

- Vyberte objekt s viditeľnou textúrou a vyhnite sa lesklým, priehľadným alebo hladkým povrchom.
- Používajte mäkké, stabilné osvetlenie; vyhýbajte sa silným tieňom a odrazom.
- Objekt držte v kľude a pohybujte fotoaparátom okolo neho.
- Zhotovte prekrývajúce sa fotografie z viacerých uhlov; nevynechajte zadnú stranu ani boky.
- Držte fotoaparát pevne a vyhnite sa rozmazaniu.
- Ak je dôležitá veľkosť, pridajte pravítko, meradlovú lištu alebo známu mierku.

Krok za krokom

1. Umiestnite objekt do stabilnej polohy s dostatočným priestorom okolo neho.
2. Urobte jednu skúšobnú fotografiu a skontrolujte ostrosť, osvetlenie a kompozíciu.
3. Pohybujte sa okolo objektu po kruhu a pri každom malom kroku urobte jednu fotografiu.
4. Zaznamenajte druhý kruh z mierne vyššieho uhla.
5. Zachyťte detaily alebo skryté oblasti, ktoré ste pri prvom prechode vynechali.
6. Prezrite si všetky fotografie a rozmazané alebo zle osvetlené snímky zopakujte.
7. Uložte súbor údajov do zreteľne pomenovanej zložky pre WebODM alebo neskôršie prehliadanie.

Malý tip: Začnite v malom. Jednoduchý objekt, ktorý je dobre zdokumentovaný, vám poskytne viac informácií ako ambiciózny objekt, ktorý je zdokumentovaný zle.

15. Tip pre digitálnu pohodu



Tip pre digitálnu pohodu

Všímajte si, ako sa pri používaní digitálnych technológií cítite

Nie všetok čas strávený pred obrazovkou na nás vplýva rovnako. Niektoré digitálne aktivity v nás môžu zanechať pocit informovanosti, prepojenia alebo tvorivosti, zatiaľ čo iné môžu spôsobiť, že sa cítime rozptýlení, unavení alebo preťažení. Všímanie si tohto rozdielu nám môže pomôcť používať technológie uvedomelejšie.

Vyskúšajte toto: Po čase strávenom online si na chvíľu všimnite, ako sa cítite. Ak vo vás určitá aktivita pravidelne zanecháva napätie alebo vyčerpanie, zvážte prestávku, zmenu času, ktorý jej venujete, alebo výber inej aktivity.

Otázka na zamyslenie: Po ktorých digitálnych aktivitách sa zvyčajne cítite lepšie a po ktorých bývate skôr unavení alebo rozptýlení?

16. Základný slovník

Presnosť: Miera, do akej sa model, meranie alebo poloha približuje skutočnej hodnote.

Bundle adjustment: Matematický optimalizačný proces, ktorý vylepšuje odhadované polohy kamery a 3D body.

Hustý mrak bodov: Podrobný súbor 3D bodov vygenerovaný po počiatočnom zarovnaní snímok.

DSM: Digitálny model povrchu. Zobrazuje viditeľné povrchy, ako sú zem, budovy, vegetácia a objekty.

DTM: Digitálny model terénu. Jeho cieľom je znázorniť povrch zeme bez budov a vegetácie.

Charakteristický bod: Vizuálny detail, ktorý softvér dokáže rozpoznať na viacerých fotografiách.

Prekrývanie dopredu: Spoločná oblasť snímok medzi fotografiami zhotovenými za sebou pozdĺž trasy.

GCP: Ground Control Point (zemný kontrolný bod). Bod so známymi súradnicami, ktorý slúži na zlepšenie georeferencovania alebo presnosti.

GSD: Vzdialenosť vzorky na zemi. Skutočná veľkosť, ktorú reprezentuje jeden pixel na obrázku.

Mesh: 3D povrch vytvorený zo spojených polygónov.

Nadírny snímok: Snímok zhotovený tak, že kamera smeruje priamo nadol.

Šikmý snímok: Snímok nasnímaný pod uhlom, užitočný pre fasády a vertikálne konštrukcie.

Ortofotografia: Snímka s korekciou perspektívy, takže ju možno použiť ako mapu alebo výškový výkres.

Mrak bodov: Súbor 3D bodov reprezentujúcich tvar objektu alebo priestoru.

Presnosť: Miera konzistentnosti meraní pri ich opakovaní, aj keď nie sú úplne presné.

RMSE: Stredná kvadratická chyba. Štatistický ukazovateľ často používaný na opis chyby merania.

Bočné prekrývanie: Spoločná oblasť snímky medzi susednými radmi alebo letovými líniami.

Riedky mrak bodov: Prvý, redší mrak bodov vytvorený počas zarovnávania snímok.

Structure from Motion: Fotogrametrický proces, ktorý odhaduje polohy kamery a počiatočnú 3D štruktúru na základe prekrývajúcich sa snímok.

Textúra: Vizuálne informácie o povrchu aplikované na 3D sieť z pôvodných fotografií.

WebODM: Webová platforma s otvoreným zdrojovým kódom na spracovanie dátových súborov snímok z dronov a pozemných snímok na fotogrametrické výstupy.

16. Záver modulu

Fotogrametria a 3D skenovanie sú praktické spôsoby, ako prepojiť reálne kultúrne dedičstvo s digitálnym vzdelávaním, dokumentáciou a interpretáciou. Umožňujú študentom pozorne pozorovať objekty a miesta, plánovať rozhodnutia o snímaní a vytvárať digitálne výstupy, ktoré je možné zdieľať a diskutovať o nich.

Najdôležitejším ponaučením je, že kvalitná 3D dokumentácia nie je len úlohou softvéru. Ide o komplexný pracovný postup: účel, plánovanie, povolenia, snímanie, spracovanie, kontrola kvality, dokumentácia, archivácia a komunikácia. WebODM pomáha tento pracovný postup zviditeľniť. Drony rozširujú možnosti snímania, vyžadujú si však aj zodpovednosť. 3D skenovanie ponúka ďalšiu cestu na zachytenie geometrie, najmä keď objekty alebo podmienky sťažujú fotogrametriu. Úspešný projekt nie je dokončený vtedy, keď model vyzerá dobre. Je dokončený vtedy, keď je súbor údajov usporiadaný, proces zdokumentovaný, etické podmienky dodržané a výstup pomáha ľuďom pochopiť hodnotu objektu alebo miesta.



Reflexia

Ktorá časť pracovného postupu sa zdá byť najdôležitejšia pre kvalitu?

Ktorá časť pracovného postupu sa zdá byť najdôležitejšia pre interpretáciu kultúrneho dedičstva?

Kedy by ste použili dron?

Kedy by ste sa použitiu dronu vyhli?

Čo by ste zlepšili v druhej verzii svojho projektu?

Bibliografia

Auledas, M. (2021). *Intel Realsense depth camera D435* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intel_Realsense_depth_camera_D435.jpg

Dr. Schorsch. (2010). *Principle of 3d fringe projection numbered* [Vector graphic]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Principle_of_3d_fringe_projection_numbered.svg

Dwivedi, S. (2019). *DJI Phantom 4K drone in action* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DJI_Phantom_4K_drone_in_action.jpg

Hixson, D. R. (2007). *Chun-air sar-dem-orthophoto* [Digital image]. Wikimedia Commons.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chun-air sar-dem-orthophoto.jpg>

Matthewadams66. (2025). *3D Point Cloud Overview of Milton S. Eisenhower Library, Johns Hopkins University* [Digital image]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Point_Cloud_Overview_of_Milton_S._Eisenhower_Library,_Johns_Hopkins_University.jpg

N.ELAC. (2019a). *Foto para exercício de fotogrametria - Pinha (56), N.ELAC* [Photograph]. Wikimedia Commons.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha\(56\),_N.ELAC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foto_para_exerc%C3%ADcio_de_fotogrametria_-_Pinha(56),_N.ELAC.jpg)

N.ELAC. (2019b). *Sede da Fazenda do Pinhal (143), N.ELAC* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sede_da_Fazenda_do_Pinhal_%28143%29,_N.ELAC.png

Sorenson, J. (2018). *Quadcopter camera drone in flight* [Photograph]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadcopter_camera_drone_in_flight.jpg

Wiora, G. (2005). *Photogrammetry Wiora EN* [Vector graphic]. Wikimedia Commons.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photogrammetry_Wiora_EN.svg