

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 11 : Stavebnictví, architektura a design interiérů

VYUŽITÍ DRONŮ VE STAVEBNICTVÍ A IMPLEMENTACE UMĚLÉ INTELIGENCE VE STAVEBNICTVÍ

**Daniel Krofta
Praha 2024**

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 11 : Stavebnictví, architektura a design interiérů

VYUŽITÍ DRONŮ VE STAVEBNICTVÍ A IMPLEMENTACE UMĚLÉ INTELIGENCE VE STAVEBNICTVÍ

USE OF DRONES IN CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

Autoři: Daniel Krofta

**Škola: Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola
stavební, Praha 1, Dušní 17**

Kraj: Praha

Konzultant: Ing. Beáta Kunáková

Praha 2024

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Fotogrametrie ve stavebnictví.....	2-5
3	3D laserové skenování	6
4	Implementace umělé inteligence do procesu zaměrování objektů	7-8
5	Vektorizace čar z mračen bodů.....	8-9
6	Jak pasportizovat?	10-12
2	Vizualizace za pomoci umělé inteligence.....	12-13
2	Využití dronů při monitoringu stavby	13
3	Závěr	14

1. ÚVOD

Budu popisovat využití dronů ve stavebnictví, převážně se zaměřením na pasportizaci stavby a ulehčení jejího provedení v co nejkratším čase. K tomu využiji pomoc již známé umělé inteligence a moderních softwarů. V rámci této práce také popíši její implementaci do stavebnictví. Všechny postupy využívají některé stavební softwary jako je Revit, AutoCAD, ArchSynth, PolyCam, Pointly.ai, PinPoint, Revit a Revit ReCap. Moje práce je zaměřena převážně na vyhledání nejideálnější cesty mezi softwary na základě požadovaného výsledku.

V odvěti dronů se snažím za poslední dva roky podnikat a nějakým způsobem se odlišovat od ostatní konkurence. Za poslední rok jsem nejvíce pracoval a pomáhal u pasportizací objektů. Měl jsem možnost pomáhat i na pasportizaci DSH Háje, tam jsem objevil, jak při takhle velké pasportizaci může vzniknout nespočet problémů a neshod. Když jsem začal pracovat více na menších projektech, tak jsem si práci začal zkoušet co nejvíce ulehčovat, tím jsem přišel na mnoho způsobů jak na to a to Vám zde popíši. Nejdříve Vám, ale představím technologie a softwary se, kterými je možné tento proces řádně provést. V rámci mé práce také zmíním i využití dronů jako nástroje ve stavebnictví k monitoringu staveb a ulehčení záznamu dat. S pomocí mračen bodů. U mračen bodů využívám jak mračna bodů z fotogrammetrie, tak mračna bodů z 3D laserového skenování.

Kde mohou být mračenja bodů ve stavebnictví využity:

- Vytváření nové výkresové dokumentace.
- Kontrola stávajícího stavu výstavby.
- Zaměření špatně přístupných míst (kontrola).
- Zjištění stavu okolní vegetace.
- Aktuální ortofoto zakreslení do katastrální mapy.
- Vytvoření vizualizace objektu.
- Analýza okolního prostředí

2. FOTOGRAMETRIE VE STAVEBNICTVÍ

Fotogrametrie je obor geodézie, který se zaměřuje na získávání prostorových dat a měření objektů a prostředí pomocí fotografických snímků. Tato metoda využívá principy geometrie a optiky k získávání informací o trojrozměrných objektech z jejich dvojrozměrných zobrazení v podobě fotografií nebo digitálních obrazů. Principy fotogrammetrie zahrnují triangulaci a stereoskopické vidění. Triangulace se používá k určení polohy bodů v prostoru na základě jejich projekce na fotografický obraz a známé polohy fotoaparátu. Stereoskopické vidění

naproti tomu umožňuje měřit vzdálenosti a tvary objektů porovnáním jejich obrazů zachycených dvěma (nebo více) kamerami umístěnými na různých místech. Fotogrametrie má široké uplatnění v mnoha odvětvích, já ji využívám právě v oboru stavebnictví a 3D tisku. Díky rychlému vývoji technologií se stává fotogrametrie velice dostupným procesem vytváření 3D modelů a může si ji vyzkoušet skoro každý i na chytrém telefonu.

Ve stavebnictví můžeme fotogrametrii využívat, když máme stávající projektovou dokumentaci k dispozici a je nutno pouze něco do zaměřit. Tímto se můžeme vyhnout zdoluhavému ručnímu zaměřování objektu.

Tento systém využívám přímo na dronu (DJI Mavic 3 Pro) a díky tomu jsem si schopný objekt nasnímat velice rychle a automatizovaně ze vzduchu ze všech možných úhlů. Poté si měření zpracuji a mám pro sebe za relativně krátký čas obrovské množství dat, které mohou dále využít. Mohu také například kombinovat spojení fotogrametrie z dronu s 3D laserovým skenem interiéru abych dosáhl požadované přesnosti měření v případě nutnosti přesnější fotogrametrie na dron mohu umístit RTK (Real Time Kinematic) modul. Snímání za pomoci dronů je velice jednoduché a je i možnost výběru jiného softwaru jako například DJI Terra, Pix4D..., ale já si vystačím s DroneDeploy.

Sken probíhá v rozhraní DroneDeploy a nejdříve si na mapě vyznačíme oblast, která má být měřena a navolíme si detailnost snímání a počtu přeletů viz. Obrázek č. 2. Před zahájením letu je nutné si většinou požádat od úřadu civilního letectví o OkP (oprávnění k provozu). Výsledné fotografie nahrajeme do softwaru DroneDeploy, ten si dle známých polohových souřadnic vytvoří fotogrametrický model. Tento model jsme již schopni například vizualizovat pomocí ArchSynth a také ho můžeme především převést na mračna bodů se kterými můžeme dále pracovat. Nabízí se možnost i využití fotogrametrie přímo na zemi a to již například za využití Apple iPhone 12, 13, 14, 15 Pro Max, které mají zabudovaný LIDAR (Light Detection And Ranging) senzor. Tento senzor zajistí větší přesnost měření spolu se spojením s aplikací PolyCam nebo jiné aplikace vytvořené na zpracování fotogrametrického 3D skenu.



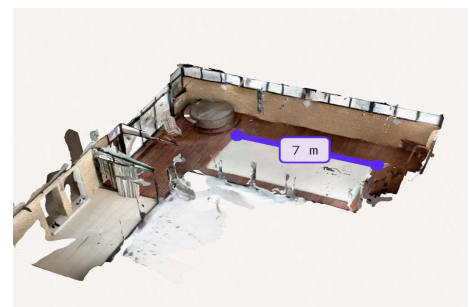
Obrázek 1: Model objektu vytvořený za pomoci fotogrametrie a softwaru DroneDeploy.



Obrázek 2: Naplánovaná trasa přeletu dronu nad objektem v aplikaci DroneDeploy



Obrázek 3: 3D model vytvořený za pomoci fotogrametrie a softwaru DroneDeploy



Obrázek 4: Fotogrametrický sken za pomoci iPhone 13 Pro Max a aplikace PolyCam

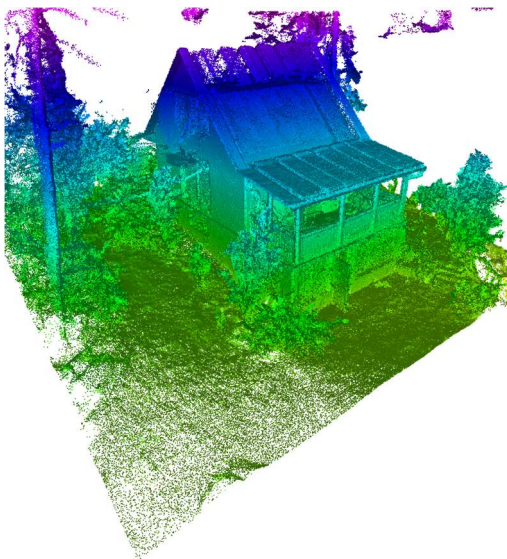
3. 3D LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

Laserový sken využívám převážně k velmi přesnému zaměření nemovitosti a to když není žádná stávající projektová dokumentace a musí se vytvořit nová projektová dokumentace, která se musí shodovat se zaměřením objektu geodetem.

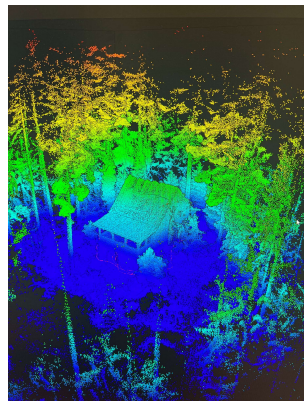
3D laserový skener vysílá laserové paprsky a měří čas, za který se odražené paprsky vrátí. Tato metoda rychle zachycuje složité detaily povrchu. Laserové pulzy se nám odrážejí od povrchu a vrací se zpět do skeneru. Senzory vypočítají uplynulý čas a určí vzdálenost. Paprsky se vysílají tři a poslední vždy doputuje až na zem, díky tomu jsem schopný nasnímat i prostor pod korunami stromů nebo tam kde nejsou pořádně vyklizené prostory.

K práci využívám půjčený skener GeoSLAM ZEB-GO a také jsem pracoval se skenerem GeoSLAM ZEB-HORIZON. Laserový scan je oproti ručnímu měření mnohonásobně rychlejší, něco co bych měřil 2 hodiny ručně, tak se skenerem mám za 15 minut hotové. Skener dokáže zaměřit během jedné vteřiny až 43 tisíc bodů. Přesnost se uvádí plus mínus podle výrobce 10-30 mm z praxe bych řekl, že to je spíše okolo 30 mm, ale oproti fotogrametrii, kde je přesnost v řádech centimetrech, tak je to nejlepší možnost rychlého zaměření.

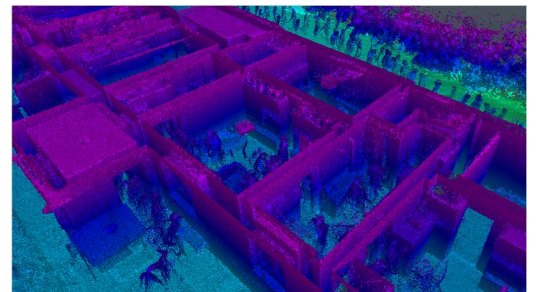
3D laserový skener můžeme upevnit také na dron a naskenovat i například nedostupné vysoké střechy objektu. Pokud skenujeme ze země, tak máme skenery statické a skenery, které jsou schopny skenovat za pohybu, ten využívám já.



Obrázek 5 a 6: Pozemní 3D laserový sken spojený se skenem z dronu



Obrázek 8: 3D laserový skener GeoSLAM ZEB-GO



Obrázek 9: Již provedený řez mračna bodů k viditelnosti půdorysu



Obrázek 7 : 3D laserový sken RD vytvořený se skenerem GeoSLAM.



Obrázek 10: Příčný řez mračenem bodů pro zobrazení všech podlaží RD

4. Implementace umělé inteligence do procesu zaměřování objektů.

Jak již z názvu plyne, tak popíši, jak využívám umělou inteligenci k velmi rychlému vytvoření půdorysu objektu. Také zde zmíním, jak můžeme využít s kombinací skenování z dronu možnost automatické detekce různých objektů a určení jejich počtu z mračna bodů nástrojem pointly.ai.

Využití aplikace PolyCam probíhá následujícím způsobem. Musíte mít některý iPhone z řady Pro Max (12,13,14 a 15). Tyto iPhony totiž obsahují LIDAR senzor (Light Detection And Ranging). Ten usnadňuje iPhonu na základě světla a vzdálenosti lépe půdorys zaměřit. Aplikace si zaměří aktuální polohu a zkalibruje se. Následně začne vše okolo analyzovat a za pomoci částečné umělé inteligence si dokáže vyhodnotit typ nábytku, který se v místnosti nachází (zařizovací předměty, otvory oken a dveří). Tento sken jde následně jednoduše exportovat do .dxf formátu a dále s ním pracovat například v AutoCADU. Tento proces se hodí pro ověření stávajícího stavu objektu, pro kontrolu ručně měřeného půdorysu, rychlého vytvoření studie nebo k vytvoření jednoduchého 3D modelu stavby. Aplikace také dokáže automaticky půdorys okótovat, bohužel se tam stále vyskytují nějaké nesrovnalosti a je vždy nutné půdorys manuálně opravit.



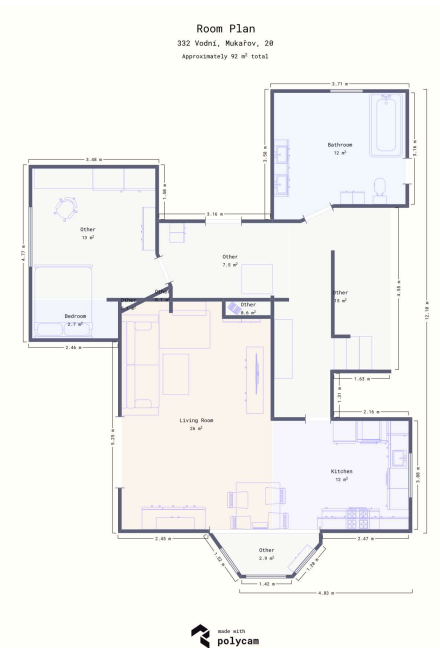
Obrázek 11: Vytvořený 3D půdorys za pomoci aplikace PolyCam



Obrázek 12: Půdorys již s vyznačenými hranami půdorysu



Obrázek 13: 3D pohled do místnosti



Obrázek 14: 2D automaticky vytvořená studie nakenovaného půdorysu

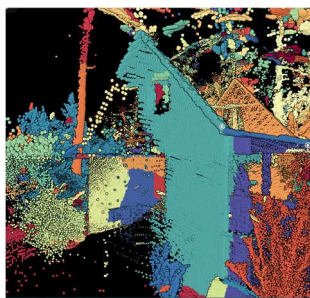


Obrázek 15: Exportovaný půdorys do .dxf



Obrázek 16: Automatické okótování 3D půdorysu

Dále si umělá inteligence našla využití v oblasti automatické detekce objektů z mračen bodů. Tento způsob je možný provést přes software pointly.ai, jelikož nemám vhodné data připravených na řádné otestování za pomoci Pointly.ai, tak vám zde ukážu převážně obrázky z dat zpřístupněných na Demo účtu Pointly.ai, ale zřídil jsem si i oficiální placený účet a zkusil jsem udělat analýzu mračen, které jsem naskenoval já. Software dokáže rozpoznat skoro všechny větší předměty, které dokáže označit a spočítat například (hydranty, budovy, různé vysokou vegetaci, stromy, elektrické kabely, lampy, automobily, silnice, střechy, vodu, zábradlí...). Vše se barevně odliší. Pointly.ai dokáže rozeznat tyto předměty pouze z obarveného mračen bodů. Tento software si najde využití převážně při skenování z dronů a práci v zaměření na územní plánování, dopravy a dalších oborech zabývající se infrastrukturou.



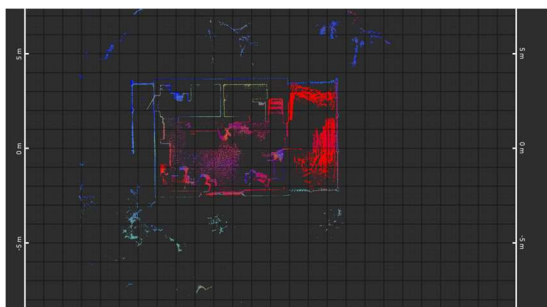
Obrázek 17: Automaticky analyzované mračno bodů za pomoci Pointly.ai



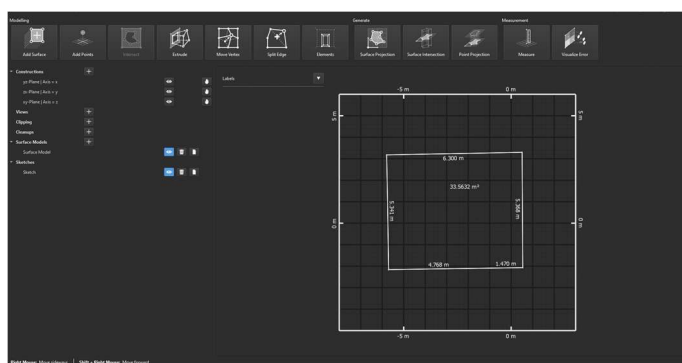
Obrázek 18: Automaticky analyzované mračno bodů za pomoci Pointly.ai a dat z Demo účtu Pointly.ai

5. VEKTORIZACE ČAR Z MRAČEN BODŮ

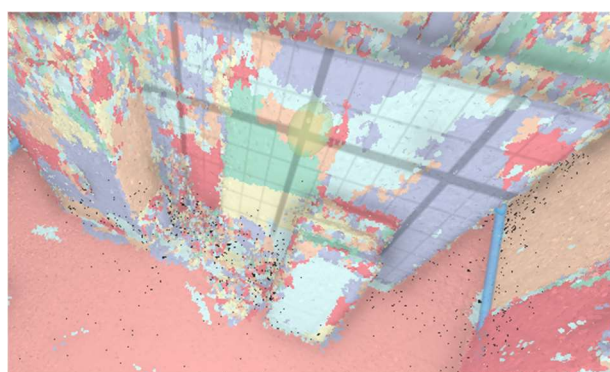
Tento způsob automatizovaného vytvoření půdorysu z mračka bodů ještě není úplně na jedno kliknutí, ale dokáže práci velmi usnadnit a urychlit. A věřím, že za pár let to bude již samozřejmostí automatické vektorizace z mračka bodů. V tomto bodě vývoje využívám k dosažení přesného výsledku software PinPoint. Po importu mračka bodů do softwaru a založení nového projektu se mračko na základě našich zvolených parametrů pročistí o rušivé elementy (lidé, nábytek, nepřesnosti). Po tomto procesu si můžeme půdorys jakkoli otočit, řezat nebo filtrovat. Software nám již automaticky analyzuje plochy stěn podlah a stropů. Tyto plochy si manuálně označíme jedním kliknutím a tím nám vznikne síť spojených bodů. Ty si následně zobrazíme ve 2D pohledu, kde se nám mračko skryje. Tento 2D půdorys si vyexportujeme do .dxf. Následně soubor .dxf můžeme vložit do Revitu, AutoCadu nebo jiného stavebního softwaru. V těchto softwarech si můžeme v případě správnosti půdorysu pouze doplnit scházející prvky nebo z něho vytvořit 3D model.



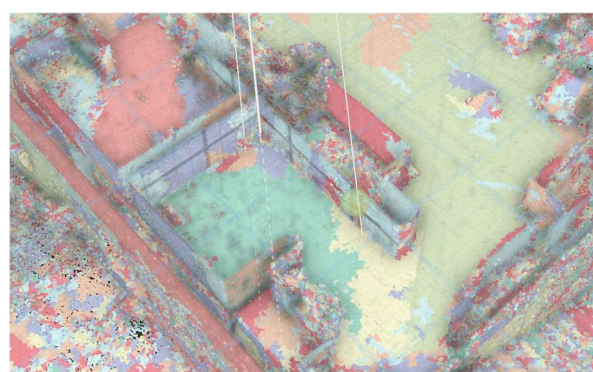
Obrázek 19: Vyčištěné mračko připravené na automatické vyznačení půdorysu



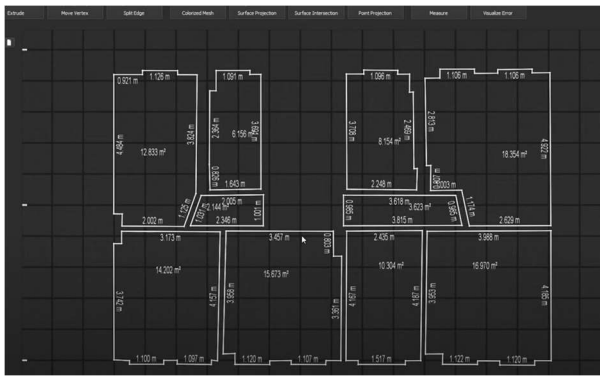
Obrázek 20: Poloautomaticky vytvořený obrys objektu s vyznačenými vzdálenostmi



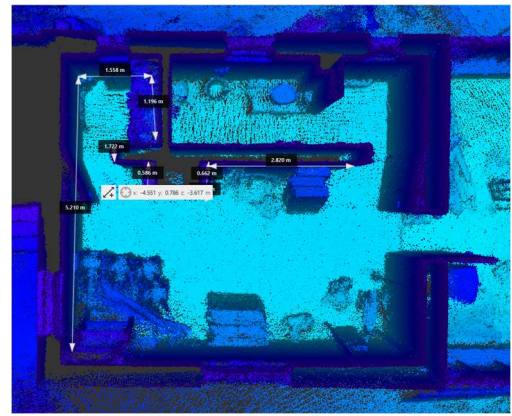
Obrázek 21: Automatická detekce ploch stěn a podlah



Obrázek 22: Automaticky vyznačená část stěny



Obrázek 23: Ukázka využití tohoto způsobu u většího objektu



Obrázek 24: Ukázka manuálního měření mračen v Revit ReCap

6. JAK PASPORTIZOVAT?

Zde popíši způsob, jakým provádím pasport stavby. Tyto způsoby jsou za mě nejrychlejším způsobem, jak pasport stavby provést. Cenově jsou díky softwarům trochu dražší, ale není to o tolik, jelikož je u těchto postupů velmi velká úspora času a dokumentace je mnohem detailnější, než by to bylo u ručně měřeného objektu.

1. Naskenování objektu dronem, skenerem nebo ve spojení obou kombinací. (možno využít i aplikaci PolyCam, jak jsem psal výše)

2. Automatické čištění a filtrace mračna bodů v softwaru skeneru (v případě GeoSLAM skeneru to je GeoSLAM HUB nebo to může být i PinPoint). Těchto softwarů je opravdu hodně.

VIZUALIZACE

1. Vytahání jednotlivých prvků v Revitu, dle mračen (prvky se samy chytají).
2. Jednoduchý model exportuji do .png, následné použití ArchSynth.
3. Vizualizace dle mého popisu.

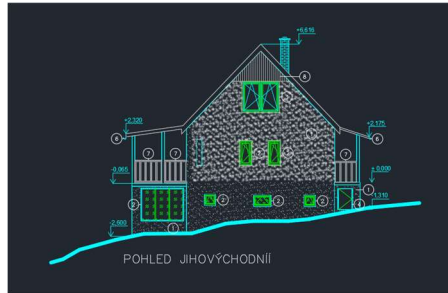
NOVÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

1. Použití vektorizace v PinPoint a získání základního, ale méně přesného půdorysu.
2. Do vymodelování celého objektu v Revitu (AutoCADU).
3. Export .ifc, .dwg, .pdf

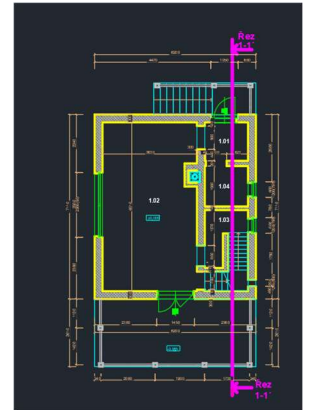
Výsledky pasportizace:



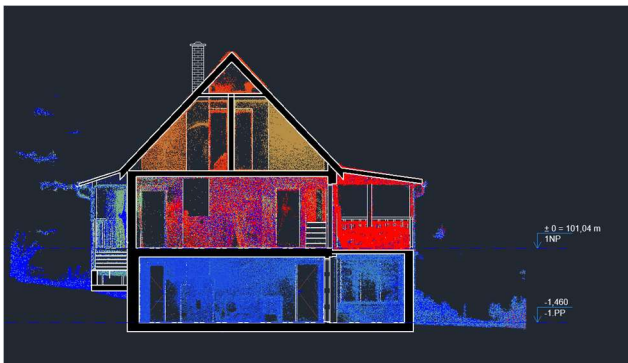
Obrázek 25: 3D model budovy vytvořený a připravený pro export do .ifc formátu



Obrázek 26: Exportovaný 2D pohled z vytvořeného 3D modelu



Obrázek 27: Exportovaný 2D půdorys z vytvořeného 3D modelu



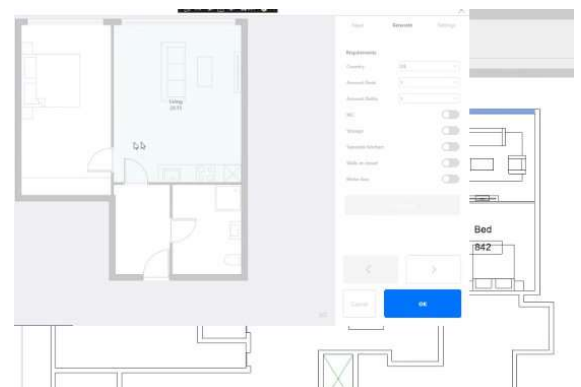
Obrázek 28: Vytvořený řez z mračen bodů

DOPLNĚNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

1. Dobrý stav – sken stávající papírové projektové dokumentace a převedení .pdf do .dwg – následné úpravy. (CadSoftTools)
2. Špatný stav – sken pomocí iPhoneu s Lidar senzorem – následný export a úprava .cad souboru.
3. Export .pdf

NOVÝ OBJEKT

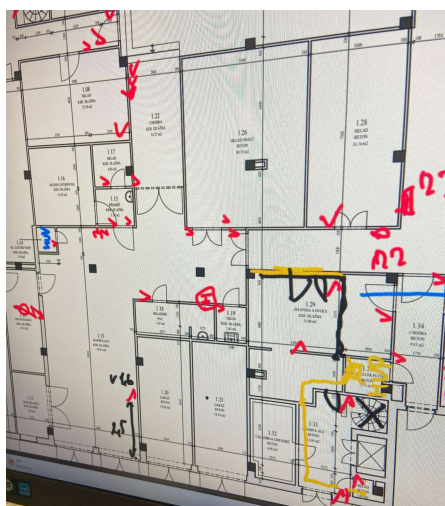
4. Použití softwaru PlanFinder v Revitu.
5. Určím základní požadované dispozice.
6. Automatické vytvoření půdorysu.
7. Doplnění a úprava objektu.



8. Kótování dle ČSN.
9. Export do požadovaného formátu.

PŮVODNÍ ZPŮSOB VYTVÁŘENÍ NOVÉ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

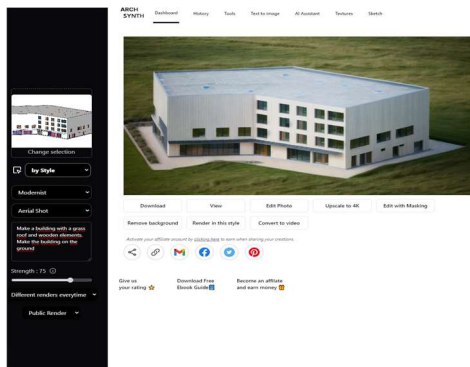
1. Ruční měření objektu (velmi časově náročné, nepřesné a většinou se to neobejde bez dvou návštěv objektu).
2. Ručně nakreslené zaměření překreslit do CADU nebo Revitu
3. Následné využití zaměření na papíře je v budoucnu většinou již nevyužité.



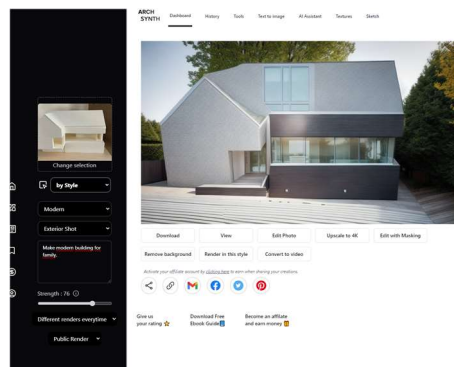
Obrázek 30: Při ručním způsobu zaměřování může vzniknout mnoho nesrovnalostí

7. VIZUALIZACE ZA POMOCÍ UMĚLÉ INTELIGENCE

Rychle rostoucí poptávka po umělé inteligenci se dostala již na počátku i do stavebnictví a generování obrázků dostalo další pravidla, které dokážou vytvořit vizualizaci objektu nebo místnosti takovým způsobem, že nejde rozeznat s tou, kterou vytvořil člověk. Je zde možnost vytvoření vizualizace přímo z ruční skici, úprava vygenerované fotografie z Lumionu, úprava jakékoli fotografie objektu i hrubé stavby, 3D tištěného modelu...



Obrázek 31: 3D render z modelu budovy vytvořeného v Revitu za pomoci ArchSynth



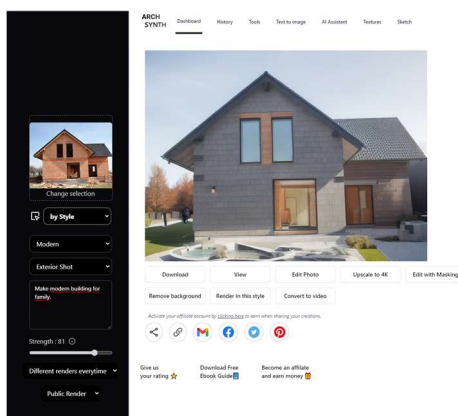
Obrázek 32: Render pohledu na objekt vytvořeného z 3D vytisknutého modelu stavby za pomoci ArchSynth



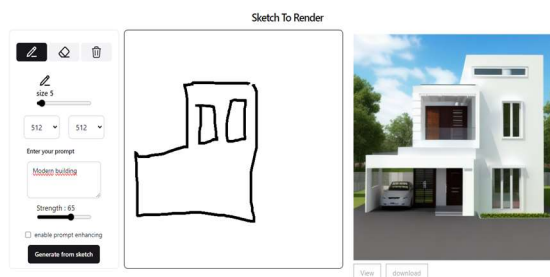
Obrázek 33: Původní fotografie vytvořená z dronu



Obrázek 34: Fotografie automaticky vizualizována dle dopisu a vzhledu původní fotky za pomoci ArchSynth



Obrázek 35: Vizualizace hrubé stavby za pomoci ArchSynth



Obrázek 36: Vizualizace z jednoduchého náčrtu za pomoci ArchSynth



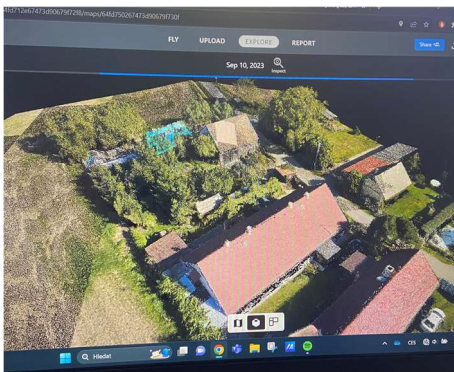
Obrázek 37: Revit 3D model vytvořený při pasportizaci



Obrázek 38: Vizualizace Revit 3D modelu pasportizovaného objektu za pomoci ArchSynth

VYUŽITÍ DRONŮ PŘI MONITORINGU STAVBY.

V rámci rozsáhlých staveb není možné, aby každých pár hodin chodil člověk a vše kontroloval, nabízí se tu možnost monitoringu stavby za pomoci dronu. Který dokáže automatizovaně takto rozsáhlý prostor zdokumentovat během pár minut a data odeslat pracovníkovi, který vše zaznamená a zapíše. Data jsem musel použít z demo účtu DroneDeploy, jelikož se mi mé vlastní data ze serveru DroneDeploy smazali. Postup při monitoringu je takový, že je nejprve nutné si do mapy vyznačit oblast měření. Nastavíme si hustotu snímkování a množství přeletů. Dron z nasnímaných snímků vytvoří 3D fotogrametrický model, který si převedeme do mračen bodů. Z tohoto mračna bodů jsme schopni vypočítat objemy stavebního materiálu na staveništi.



Obrázek 39: Vyznačení jednotlivých prvků na místě „stavby“ ve webovém rozhraní DroneDeploy.



Obrázek 40: Změření kubatury materiálu, zde bylo měřeno množství dřeva. Ve webovém rozhraní DroneDeploy.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 24.03.2024 Daniel Krofta

Závěr

Ve své práci jsem se zabýval nalezením nejrychlejších a nejefektivnějších použití různých metod při vytváření pasportu stavby, jak zacházet s mračny bodů při pasportizaci objektů. Také jsem popsal, jak se nám umělá inteligence implementuje do stavebnictví a jak ji můžeme využívat. Tento způsob využívám při své práci a funguje mi.

Klíčová slova

Fotogrametrie ; Vektoriace ; Skenování ; Pasportizace ; Umělá inteligence

Keywords

Photogrammetry ; Vectoring ; Scanning ; Passporting ; Artificial intelligence