

Automatické 3D skenovanie s použitím dronu a fotogrametrie

Školiteľ: doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.

Konzultant: RNDr. Martin Bujňák, PhD.

Autor: Bc. Ladislav Feldsam

Cieľ práce

Navrhnuť autonómny algoritmus, ktorý dokáže skenovať všeobecný 3D objekt v priestore pomocou dronu a fotogrametrie

Časť výpočtu fotogrametrie rieši SDK Capturing Reality

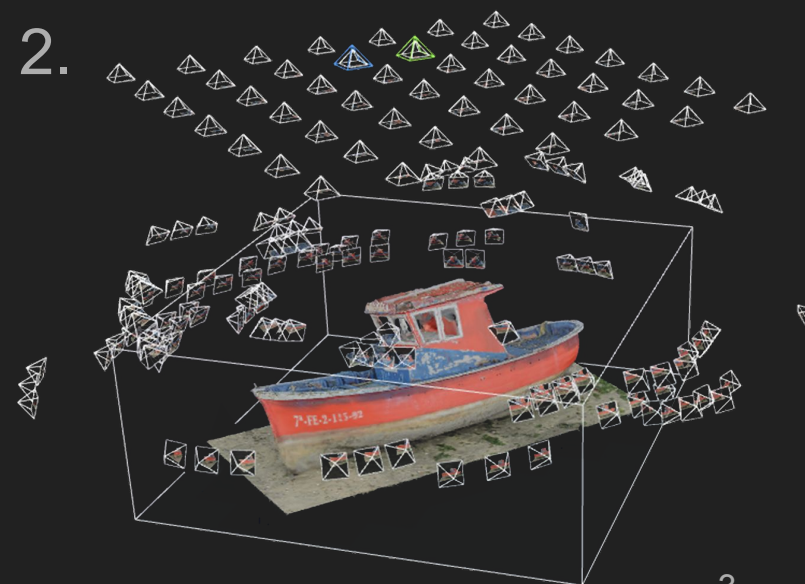
Motivácia:

Autonómia na nebezpečných miestach (zrútené budovy, vojenské objekty a pod.)

Zabezpečenie proti ľudským chybám (zabudol podstatný detail, rozostrená fotografia a pod.)

Postup algoritmu

1. Ortografické skenovanie a rekonštrukcia modelu zo Štruktúry z Pohybu (Structure from Motion, SfM)
2. Výpočet optimálnych pozícií kamier a trasy pre dron
3. Let dronu a zbieranie dát
4. SfM rekonštrukcia z novo nazbieraných dát
5. Opakuj, kým model nemá dostatočný detail od bodu 2.

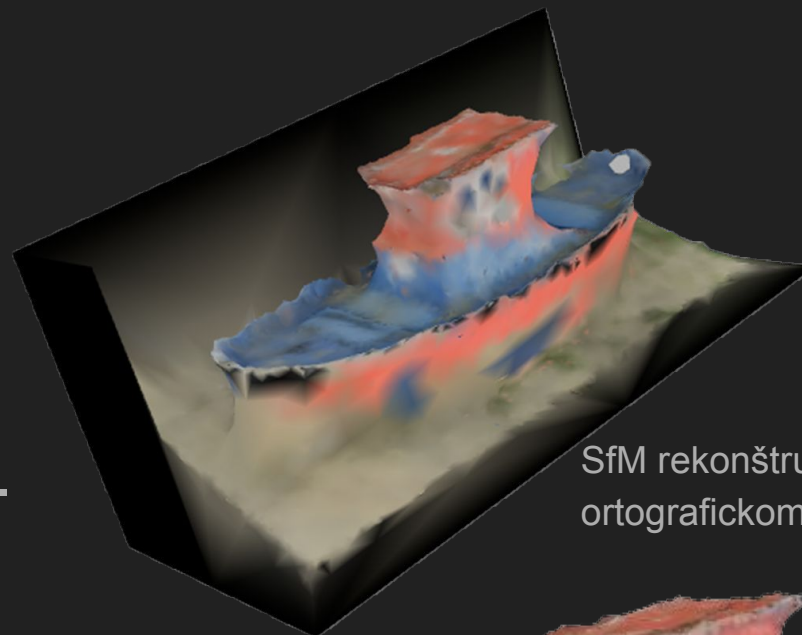


Detegovanie

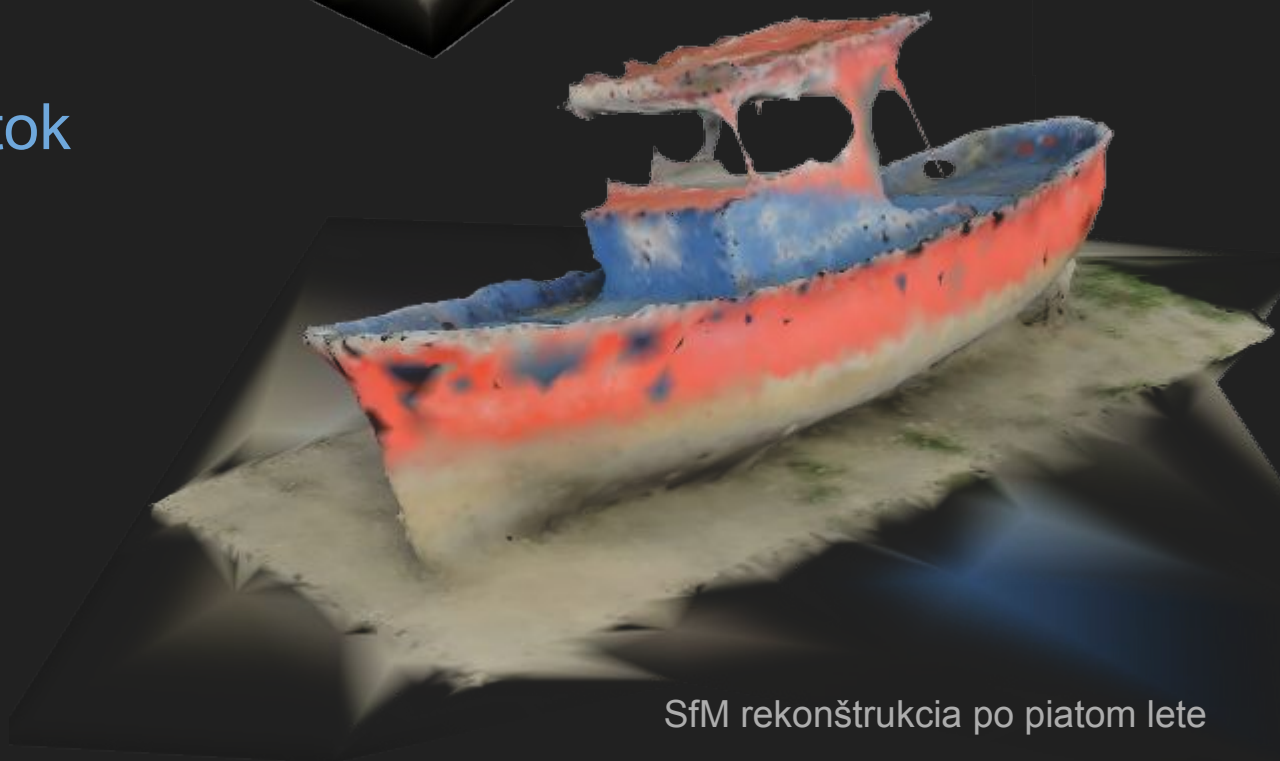
Po rekonštrukcii z fotografií je potrebné nájsť povrchy s nedostatočným detailom na modeli.

Model (mesh) z riedkeho mračna bodov.

Rýchlo sa dá vypočítať a obsahuje dostatok informácií.



SfM rekonštrukcia po prvom ortografickom lete



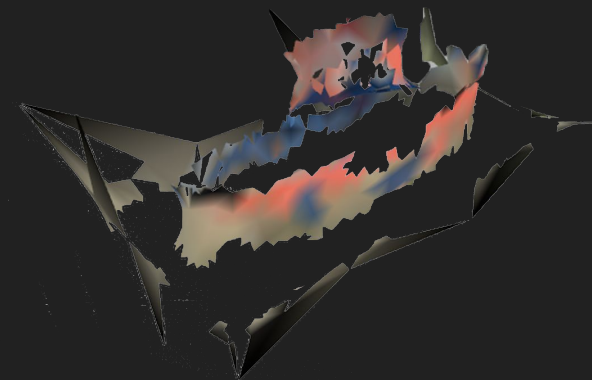
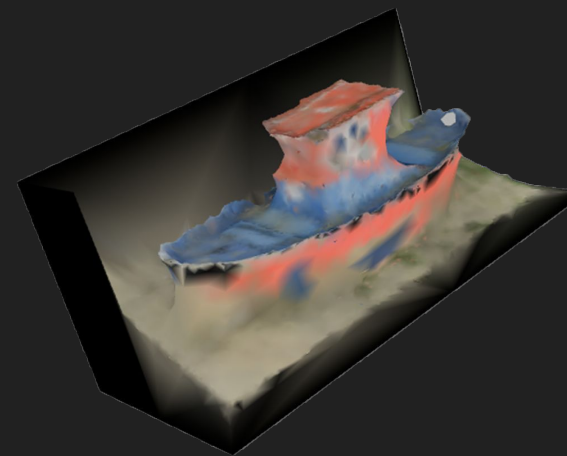
SfM rekonštrukcia po piatom lete

Detegovanie

Model sa vyfiltruje podľa veľkostí trojuholníkov.

Veľké trojuholníky v modeli sú miesta, kde nie je dostatok detailu.

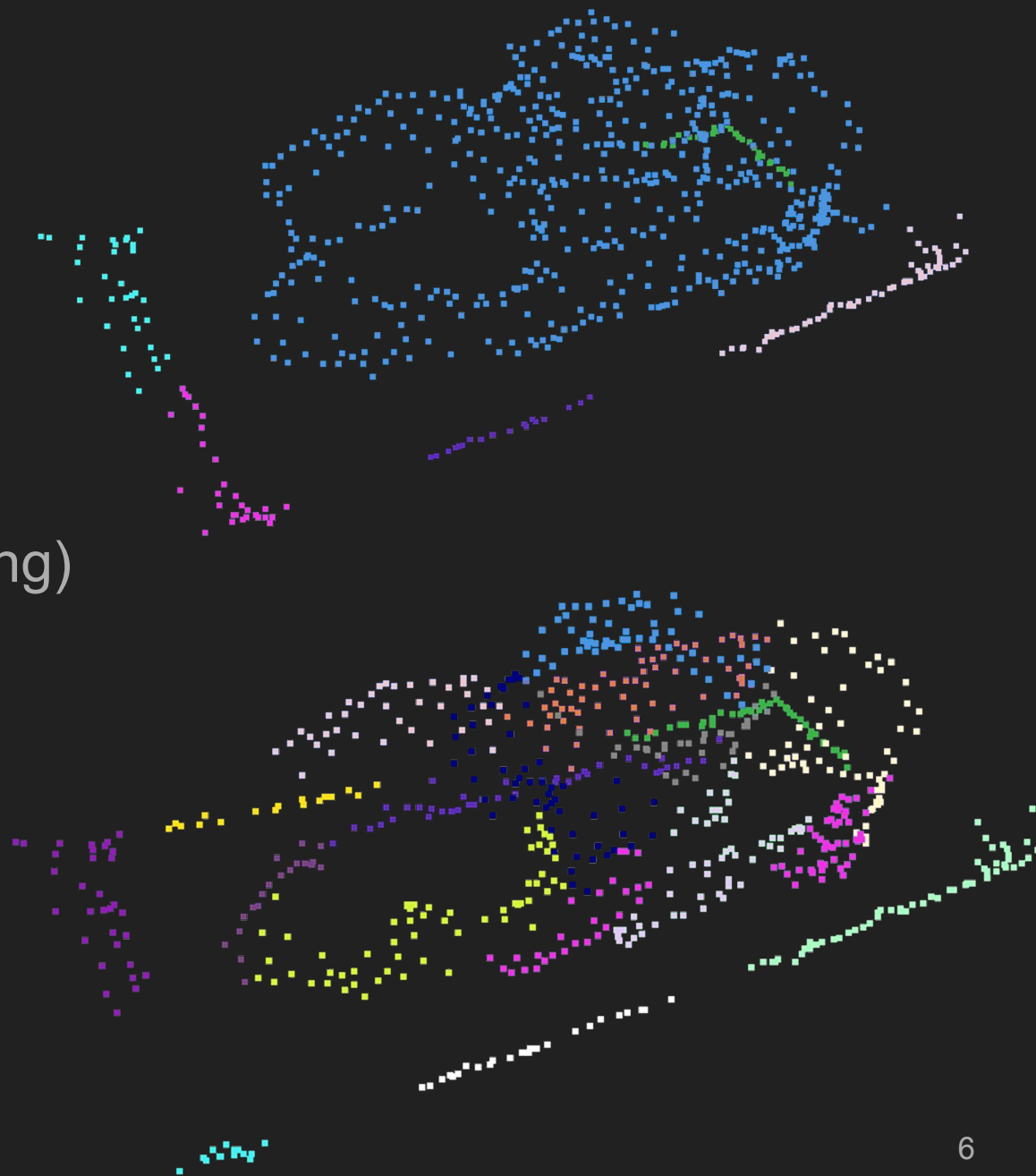
Vylepšenie tejto hypotézy je vypočítať veľkosť pixelov, ktoré sú projektované z fotografií na trojuholníky. Takto by sme vedeli rozoznať, či trojuholník vznikol zlou textúrou alebo nedostatkom informácie.



Detegovanie

Zhlukovanie (clustering)

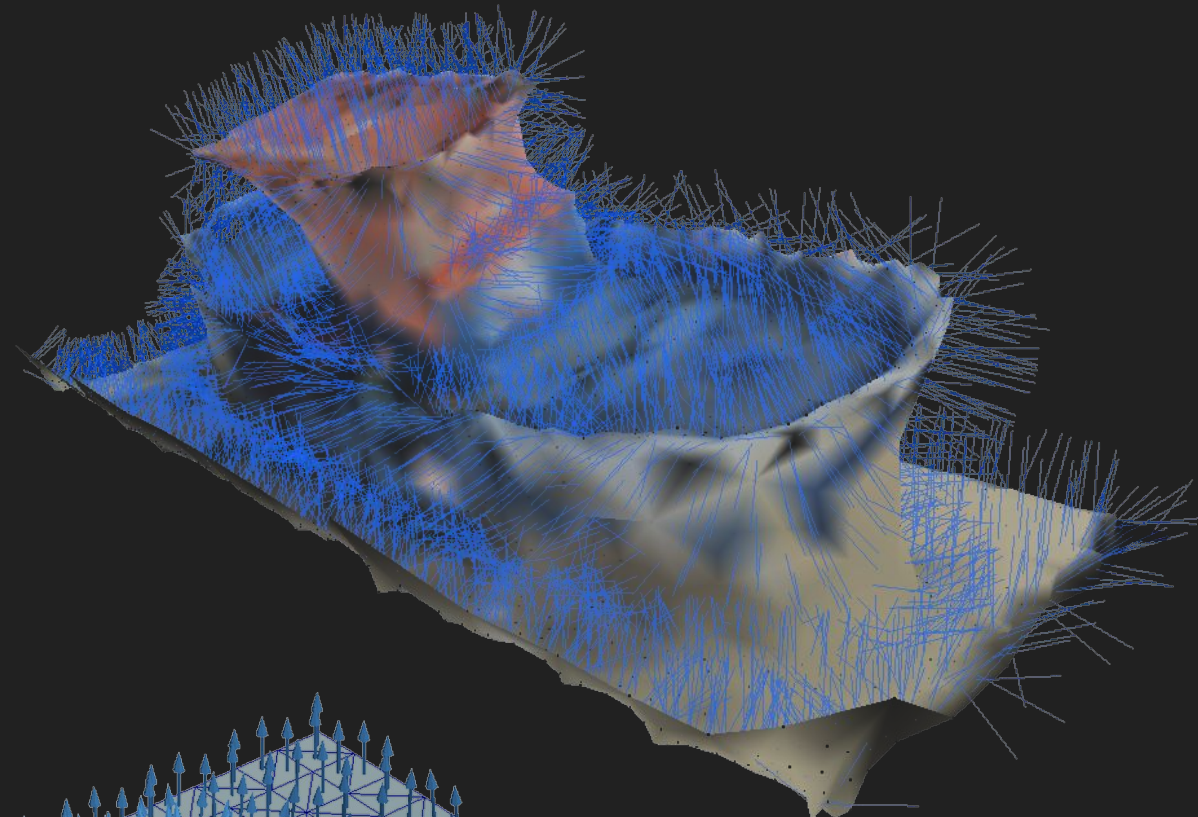
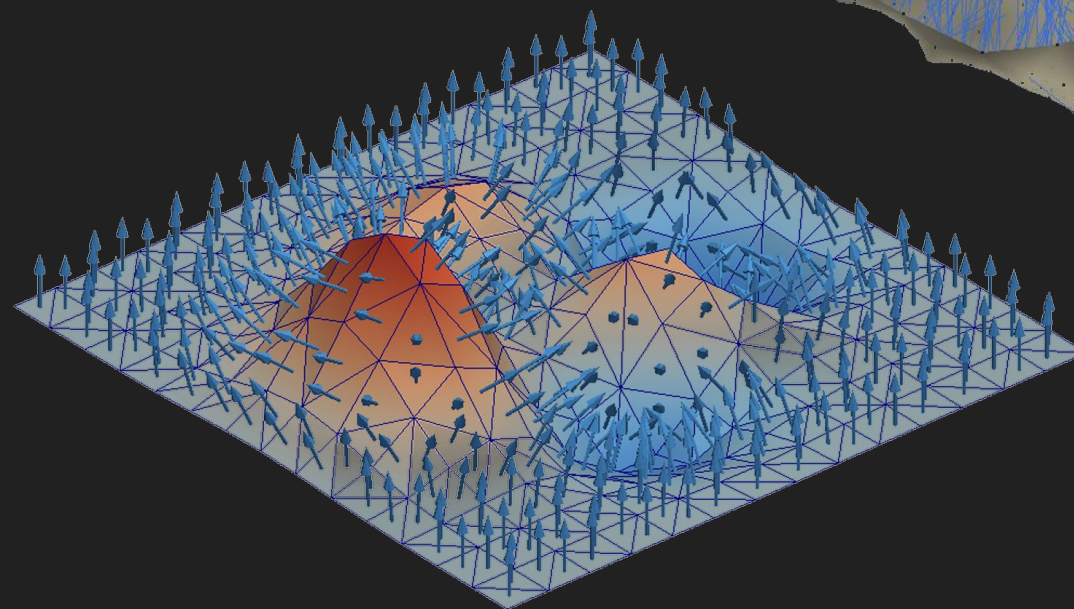
- k-priemery (k-means)
- stredový posun (mean shift)
- DBScan (Density-based spatial clustering)



Pozícia kamier

Pre každý zhluk sa vypočíta jeho centroid a normála z bodov, ktoré do neho patria.

Výsledok je jeden bod so smerovým vektorom, ktorý určuje, odkiaľ je zhluk viditeľný.

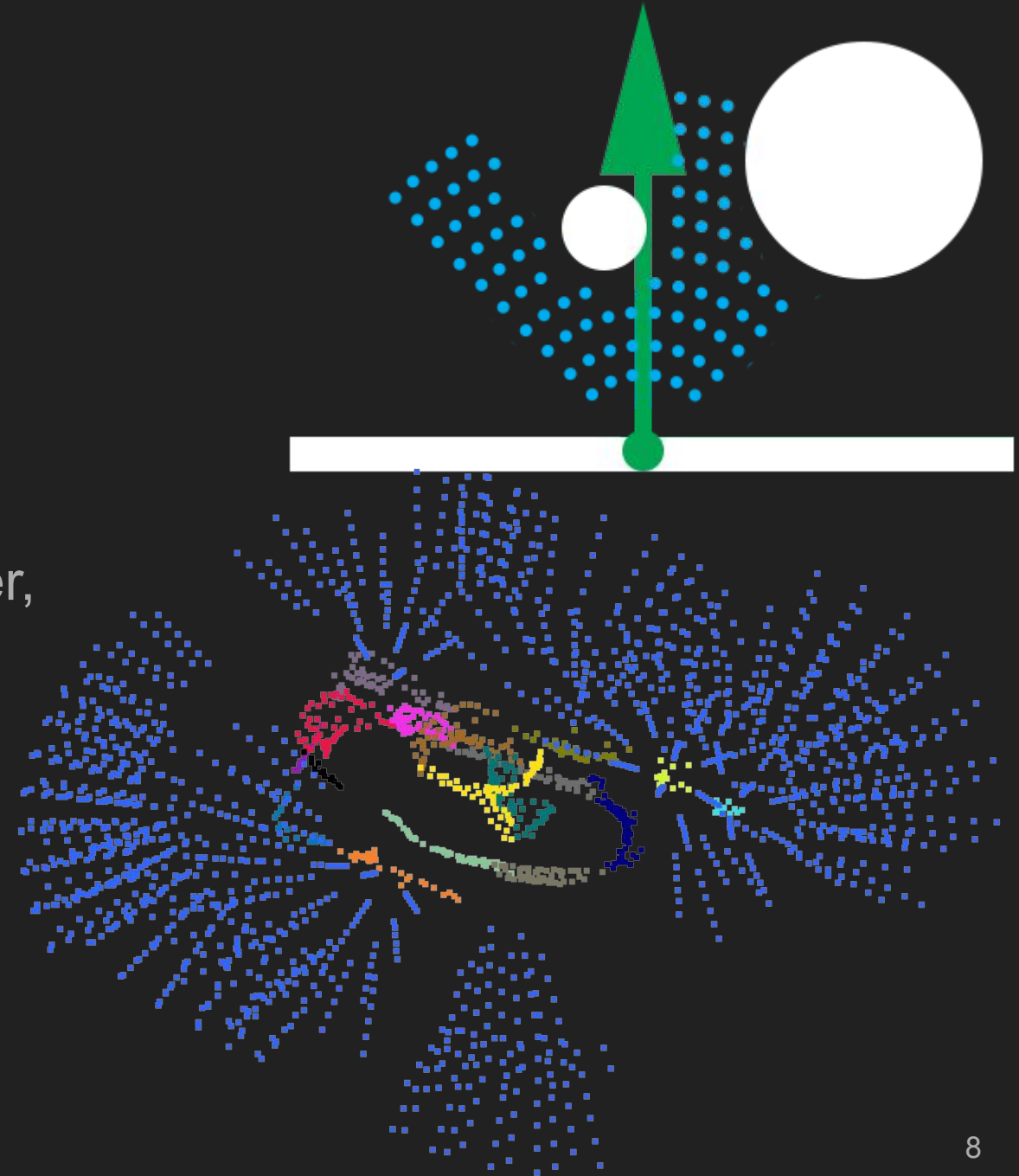


Pozícia kamier

Z vypočítaných miest sa vytvoria kužele, reprezentujúce možné pozície pre nové kamery.

Vytvárajú sa postupným zväčšovaním sfér, ktoré majú rovnomerne rozmiestované body na povrchu.

Kolízia bodu s modelom reprezentuje prekážku.



Cesta letu

Cieľom je navštíviť všetky kamery zo štartovacieho miesta a vrátiť sa naspäť.

V prvom kroku sa objavuje priestor (3D mriežka) z daného štartovacieho miesta.

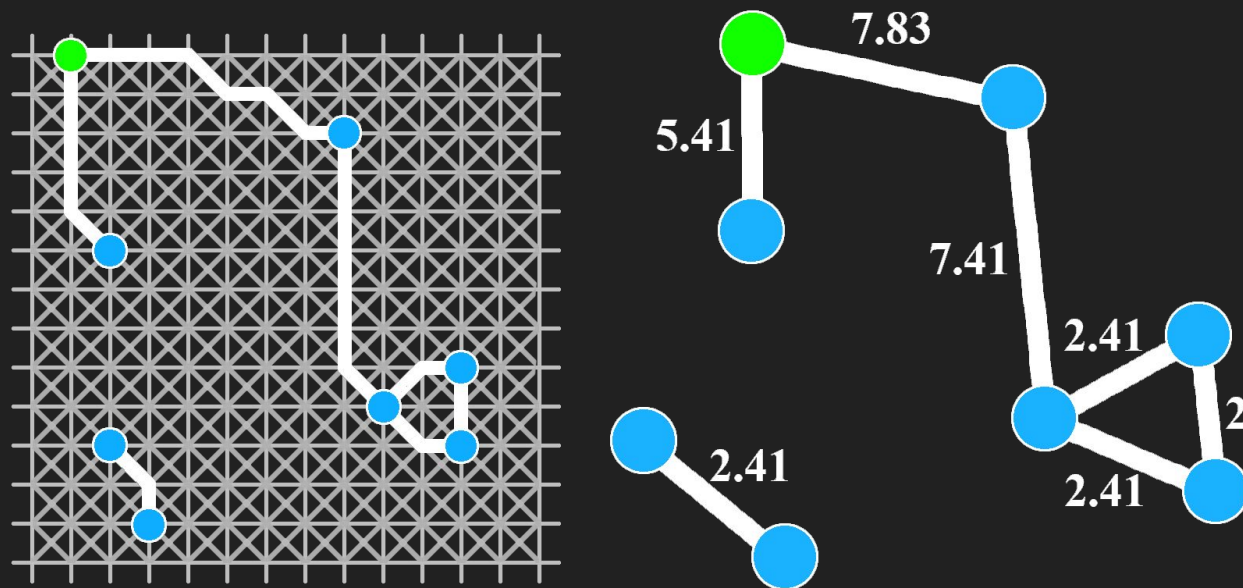
Reprezentuje miesta, kde všade sa vie dron dostať v rámci oblasti záujmu (region of interest, ROI), ktorá je obdĺžnikového tvaru.

Vieme, že ak pozícia kamery sa nachádza v objavenej mriežke, tak existuje cesta zo štartovacieho bodu a tiež aj medzi kamerami, ktoré sú v objaviteľnej oblasti.

Cesta letu

V mriežke sa nájdú cesty medzi kamerami pomocou A* algoritmu.

Kompresiou ciest v mriežke sa vytvorí menší graf, na ktorom sa dá vypočítať trasa letu.



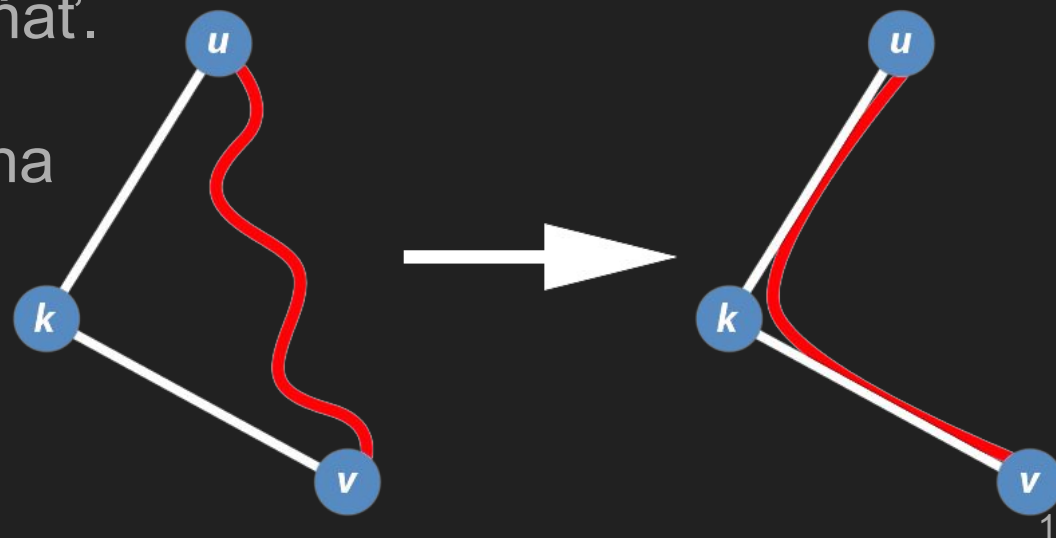
Cesta letu

Na nájdenie cesty použijeme aproximačný algoritmus pre problém obchodného cestujúceho (TSP).

Graf musí spĺňať trojuholníkovú nerovnosť.

A* algoritmus je heuristický a nemusí vždy platiť, že komprimovaný graf bude túto nerovnosť spĺňať.

Rekurzívna funkcia vykonávajúca operáciu na obrázku.



Cesta letu

Rozbalenie nájdenej cesty v komprimovanom grafe nám dá cestu, ktorá bezpečne navštívi všetky pozície kamier zo štartovacieho miesta, na ktoré sa vráti.



Testovanie

Nebezpečné a nepraktické testovať s reálnym dronom.

Vopred vyrenderovaný model (Ground truth model).

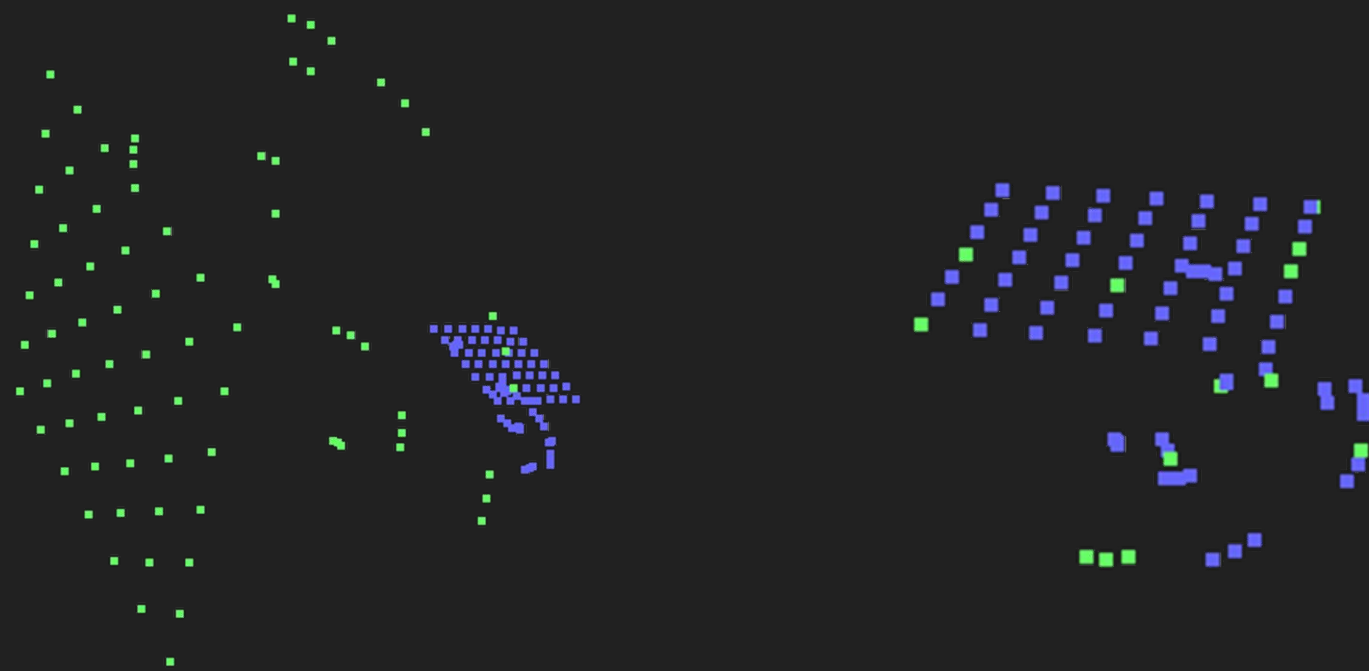
Simulácia letu: renderovanie v OpenGL.



Testovanie

Generované fotky nie sú georeferencované a výsledky z modelu môžu byť zle naškálované, otočené alebo posunuté.

Potrebné pre simulátor, aby súradnicové systémy medzi ground truth modelom a pozíciami kamier boli rovnaké.



Výsledky

Priemerné časy jednej iterácie

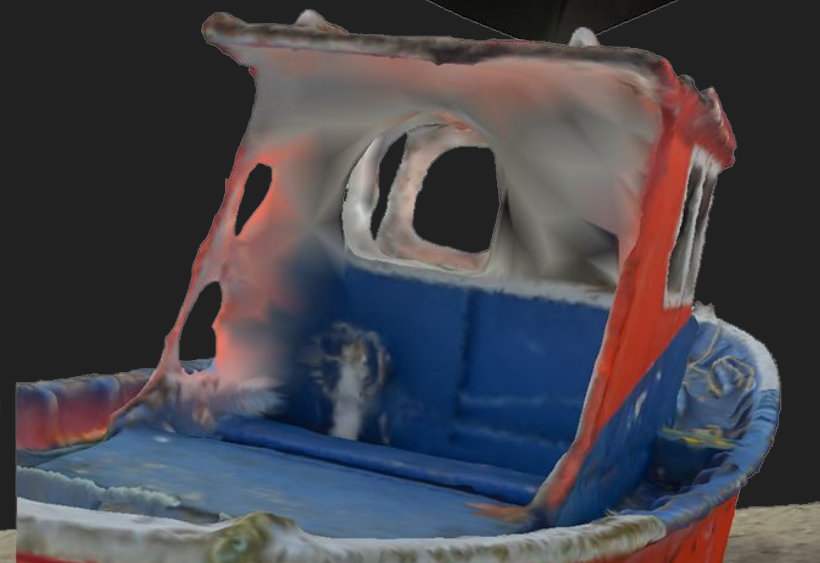
- SfM a Meshing: 39.56 s
- Zhlukovanie: 0.69 s
- Detekcia kolízií: 3.46 s
- Pozície kamier: 2.25 s
- Trasy letu: 31.62 s
- Total: 1 min 17.58 s

3 iterácie

Ground truth: 293 fotiek



Výsledok práce: 153 fotiek



Video simulácie letu

Ďakujem za pozornosť

čas na otázky

Otázky od školiteľa

1. Ako záleží práca navrhnutého algoritmu na počítačnej voľbe prvej dráhy letu dronu?

Prvé fotky môžu byť ľubovoľného charakteru, z ktorých sa dá zrekonštruovať prvotný 3D model.

Pre dron je ortografická trasa nad objektom/scénou určite bezpečná, ak užívateľ zadal výšku letu, kde nič nie je.

Otázky od školiteľa

2. Aké kroky vidíte na ceste k algoritmu, ktorý by riešil problém optimálnej trasy letu a určenia dôležitých pohľadov v reálnom čase, teda počas samotného letu?

Pridanie informácie do modelu s jednou fotografiou musí prebehnúť v modeli veľmi lokálne (v rámci zorného poľa (FOV, frustum) kamery).

Výpočty pozície nových kamier na doplnenom zmenenom povrchu by mohlo fungovať aj na tejto verzii v reálnom čase.

Treba zobrať do úvahy, kde sa novou fotografiou pridal detail a ktoré pozície kamier sa stali zbytočnými.

Pripojenie nových kamier do existujúcej trasy môže byť náročná úprava.

Otázky od oponenta

1. Je efektívne zapojiť Christofidesov algoritmus?

Christofidesov algoritmus $O(|V|^3)$ vs $O(|V|^2)$ pomocou MST.

Vrcholov v komprimovanom grafe je rádovo 100.

Najviac času zaberá hľadanie trás pomocou A* algoritmu medzi kamerami v objavenom priestore.

2. Bude tento algoritmus oficiálne zapojený do softvéru Capturing Reality?

Áno.

Budem na tom pracovať od leta. Konkurencia minulý týždeň vydala aktualizáciu, kde je implementovaná beta verzia tohto algoritmu.