



Dalelių filtro metodo ir vizualios odometrijos taikymas BPO lokalizacijai

2014 – 2018 m. studijos

Doktorantas: Rokas Jurevičius

Vadovas: Virginijus Marcinkevičius

2017-10-25



Disertacijos tikslas ir objektas

- Disertacijos tema: Autonominio sraigtasparnio lokalizacija ir navigacija vizualinės informacijos pagalba
- Tikslas: Sukurti sinchroninės lokalizacijos ir žemėlapių sudarymo (angl. *Synchronous localization and mapping, SLAM*) algoritmą skirtą sraigtasparnio autonominei navigacijai nežinomoje aplinkoje nenaudojant GPS sistemos.
- Objektas: vaizdo apdorojimo (angl. *Image processing*) algoritmai taikomi autonominių skraidyklių lokalizacijai ir navigacijai.



Disertacijos uždaviniai

- Nustatyti energetiškai efektyviausią įterptinę platformą, kuri tinkama sparčiam vaizdo apdorojimui nepilotuojamoje skraidyklėje;
- Ištirti skraidyklės lokalizavimą taikant dalelių filtro lokalizacija su vaizdu iš vienos vaizdo kameros ir nenaudojant GPS sistemos duomenų.



Šiuo metu pasiekti rezultatai

- Išlaikyti visi doktorantūros kursų egzaminai;
- Atliktas tyrimas lygiagrečių skaičiavimų tematikoje, sobelio filtrą pritaikytas skirtingose įterptinėse sistemose, padarytas pranešimas tarptautinėje konferencijoje AIEEE 2015 Rygoje, publikuoti du straipsniai:
 - *Energy efficient platform for sobel filter implementation in energy and size constrained systems. Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE), 2015 IEEE 3rd Workshop on Advances in. IEEE, 2015. (ISBN: 978-1-5090-1201-5);*
 - *Energy Efficient Platform for Sobel Filter in Energy and Size Constrained Systems. Baltic Journal of Modern Computing 4.1 (2016): 79. (ISSN: 2255-8950);*



Šiuo metu pasiekti rezultatai

- **Atliktų tyrimų pagrindu paruoštas straipsnis, pristatytas tarptautinėje konferencijoje CSIST 2016 Minske, publikuotas straipsnis:**
 - Comparison of image similarity functions and sampling algorithms in vision-based particle filter for UAV localization. Международный конгресс по информатике: Информационные системы и технологии : Материалы международного научного конгресса Республика Беларусь (2016). (ISBN: 978-985-566-369-1);
- **Atliktų tyrimų pagrindu paruoštas straipsnis, pristatytas tarptautinėje konferencijoje WSCG 2017 Pilzene, publikuotas straipsnis**
 - An Application of Vision-based Particle Filter and Visual Odometry for UAV Localization. WSCG 2017 Short papers proceedings, CSRN 2702, Pilzen, Czech Republic (2017). (ISSN: 2464-4617);



Algoritmai pozicijos nustatymui be GPS

- Vizualinė odometrija
 - Paklaidos integruojasi
 - Neapima globalios lokalizacijos
- Lokalizacija žinomame žemėlapyje
 - Galimybė minizuoti paklaidas
 - Globali lokalizacija
 - Lokalizacija nutrūkus vaizdo signalui (angl. dead-reckoning)

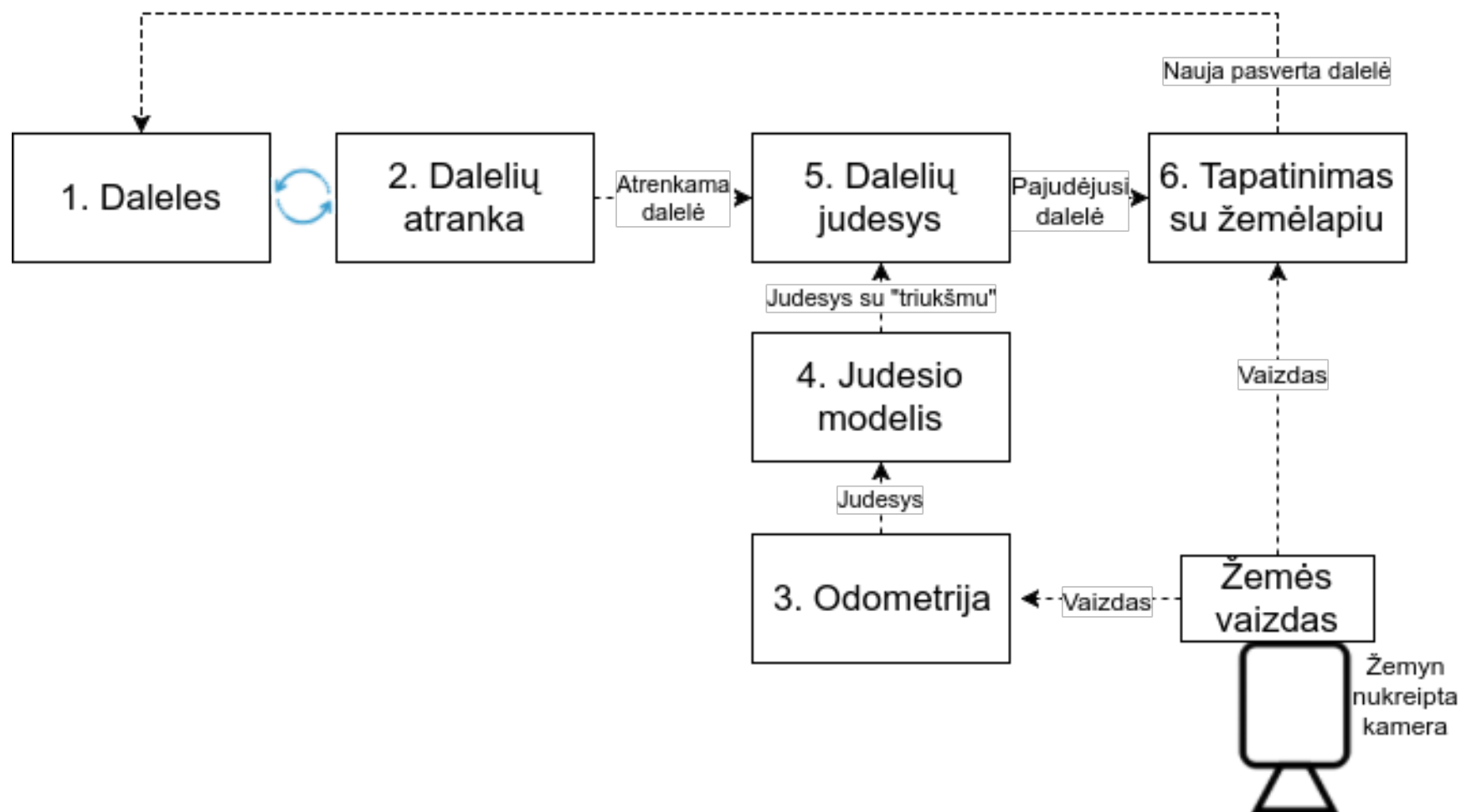


Eksperimentinio skrydžio aprašymas

- Skrydis atliekamas su lėktuve įmontuota ir žemyn nukreipta vaizdo kamera.
- Sugeneruojamos galimos lėktuvo pradinės pozicijos - dalelės.
- Kamera matomas vaizdas yra lyginamas su ortofoto žemėlapiu skaičiuojant koreliaciją.
- Vaizdų koreliacijos vertė prilyginama dalelės įsitikinimo vertei, kad tai yra tikroji lėktuvo pozicija.
- Dalelių įsitikinimai naudojami atrenkant daleles, siekiant išfiltruoti labiausiai tikėtiną lėktuvo poziciją



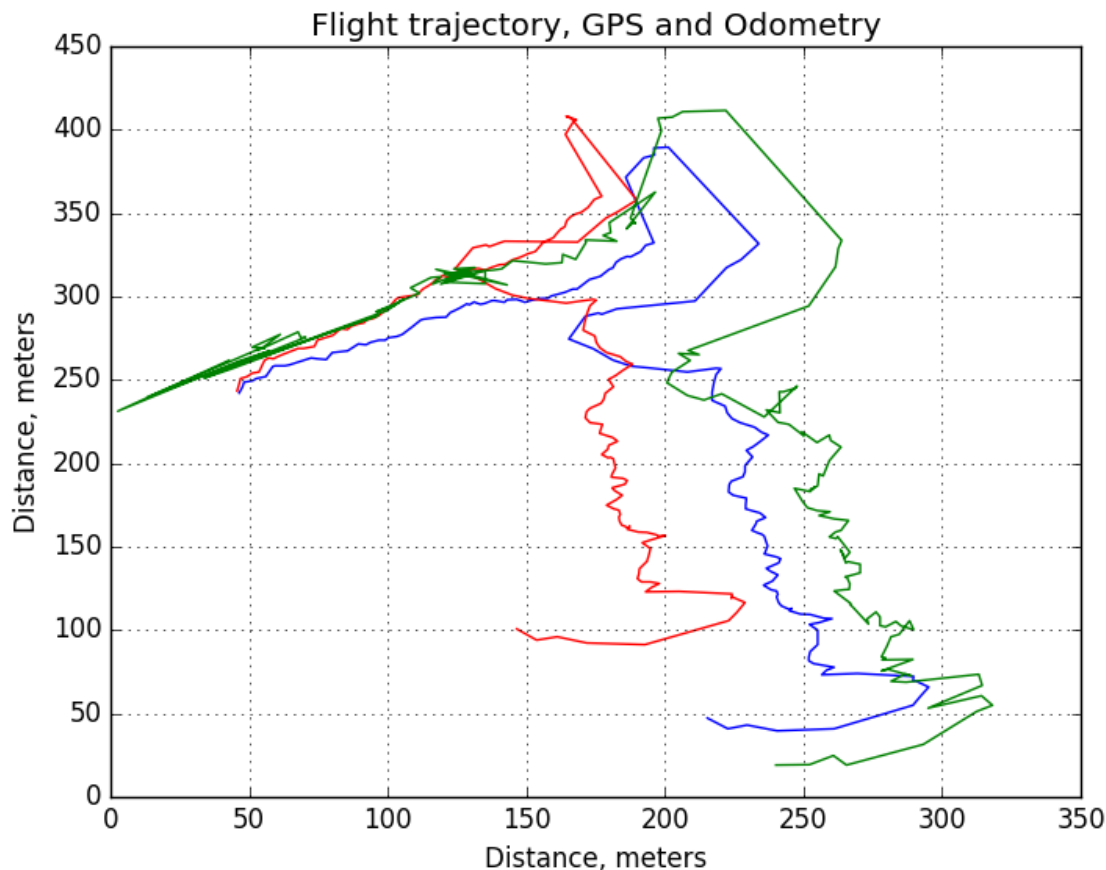
Dalelių filtro algoritmas



Atkurtos trajektorijos

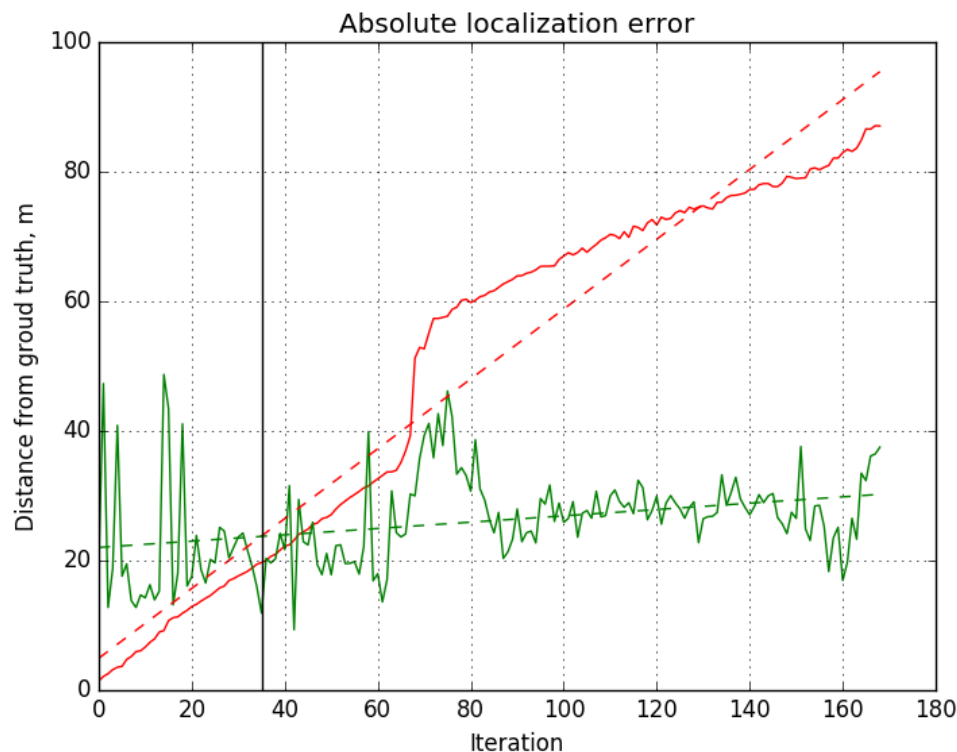
Atkurtos skrydžio trajektorijos:

- Mėlyna kreivė – GPS koordinatės
- Raudona kreivė – Vizualinė odometrija
- Žalia kreivė – Dalelių filtro lokalizacija



Trajektorijų tikslumas

- Vizualinės odometrijos paklaida su laiku vis auga – odometrija neturi jokio mechanizmo apsaugoti nuo paklaidos sumavimo
- Dalelių filtras turi paklaidą nuo pat pradžių kuri kinta, tačiau ilginiui ji lieka išlieka 50 metrų ribose.



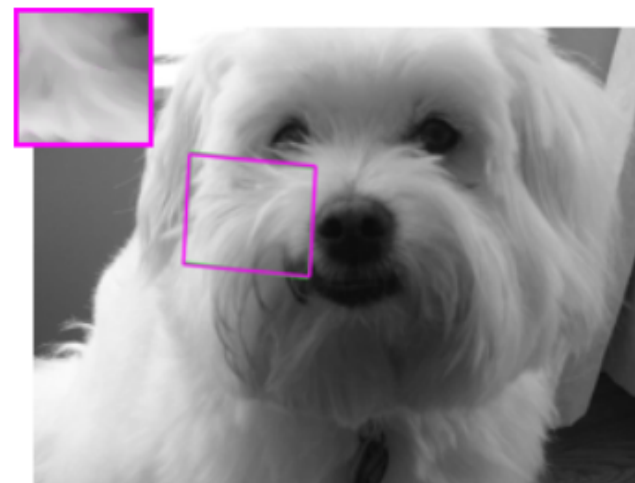
Raudona – odometrija
Žalia – Dalelių filtras

Fast-Match algoritmo taikymas

- Norint pagreitinoti lokalizaciją ir gauti mažesnes paklaidas, reikalingas tikslesnis metodas skaičiuoti koreliacijai;
- Fast-Match ieško apytikslės afininės transformacijos tarp dviejų vaizdų;
- Transformacija ieškoma minimizuojant SAD (angl. Sum of Absolute Differences) metriką:

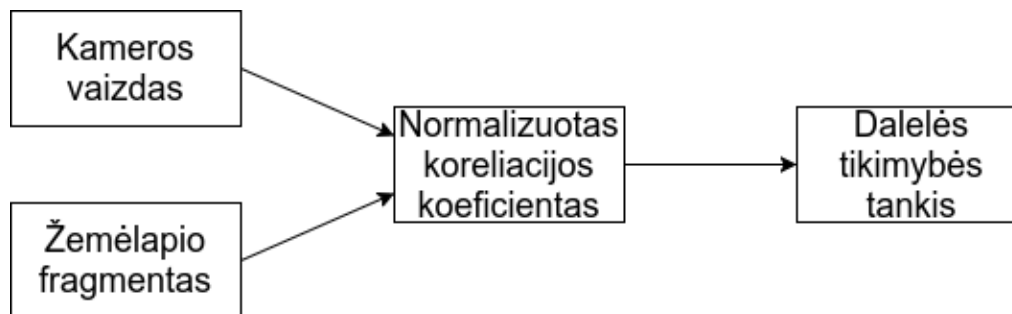
$$\Delta_T(I_1, I_2) = \frac{1}{n_1^2} \sum_{p \in I_1} |I_1(p) - I_2(T(p))|$$

- Algoritmas spartinamas naudojant šakų ir rėžių (angl. *Branch and Bound*) algoritmą, atstumas tarp nuotraukų skaičiuojamas ir tik tarp atsitiktinai atrinktų pikselių aibės.

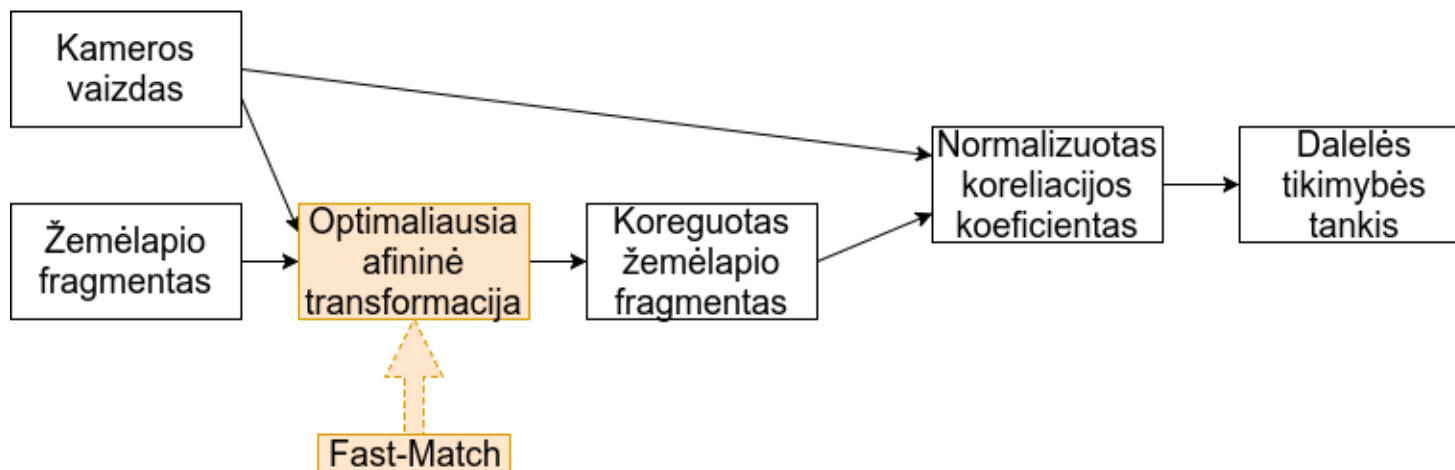


Šablono paieškos vizualizacija

Fast-Match algoritmo taikymas



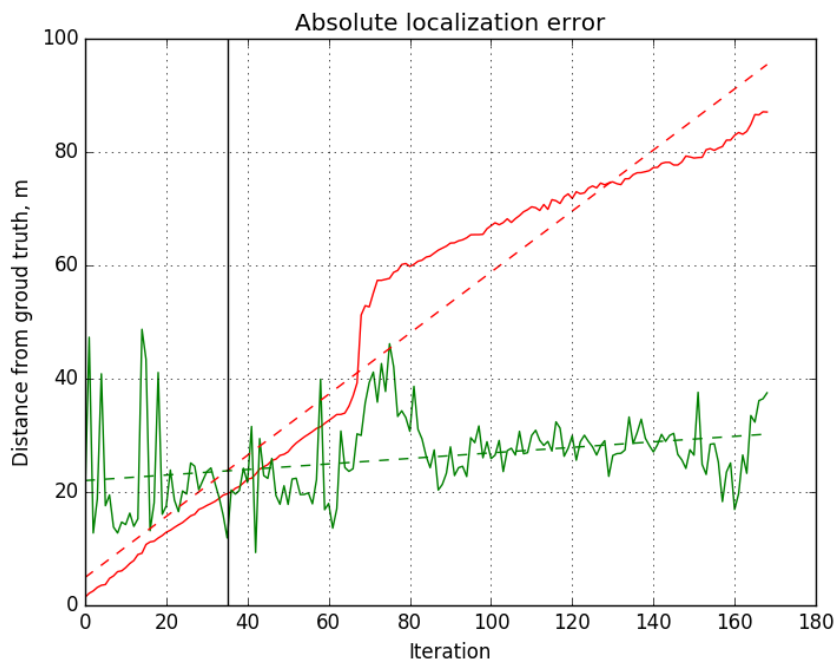
Dalės tikimybės tankio skaičiavimas



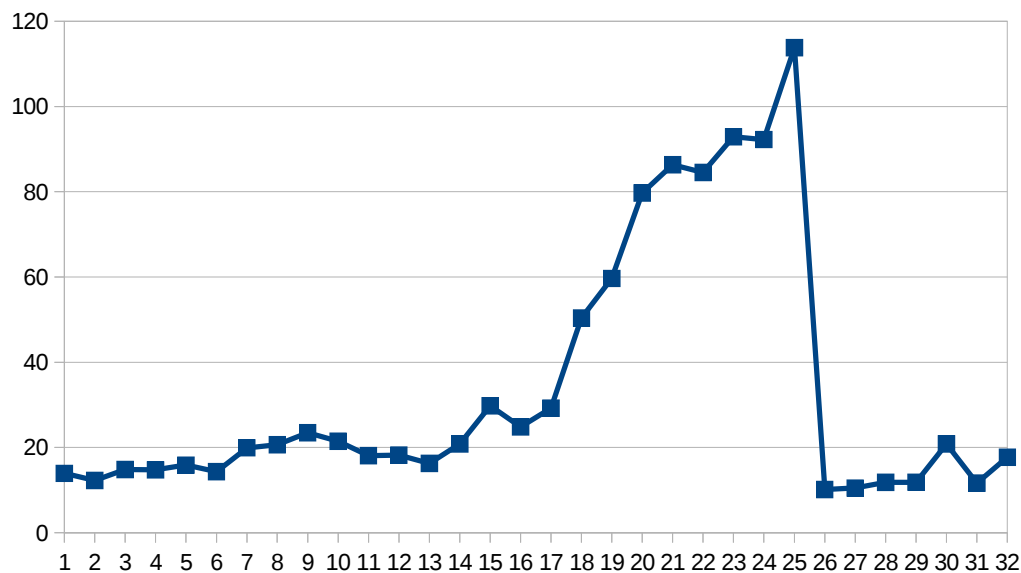
Dalės tikimybės tankio skaičiavimas taikant Fast-Match algoritmą



Preliminarūs rezultatai



A. Tikslumas be Fast-Match algoritmo.
Dalelių skaičius kinta [2000; 5000]



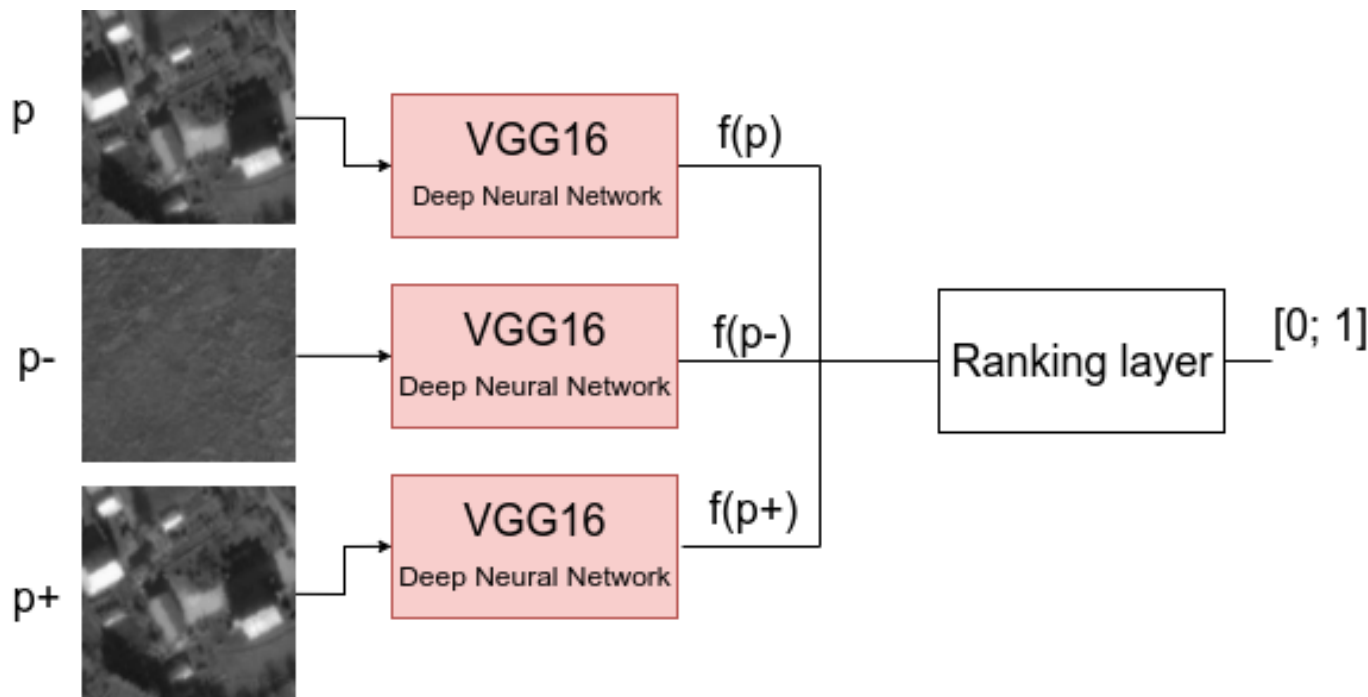
B. Tikslumas taikant Fast-Match algoritmą.
Dalelių skaičius kinta [100; 250]



Gilus metrikos mokymas

- Siekiama pakeisti koreliacijos koeficientą kita metrika, gaunama giliu metrikos mokymo metodu (angl. Deep metric learning), tokiu būdu gaunant metriką galinčią sutapatinti vaizdus gautus skirtingu metų laiku;
- Apmokant gilų neuroninį tinklą su vaizdais surinktais iš palydovų skirtingais metų laikais galima gauti metriką invariantišką sezoniškam vaizdui bei nedideliamei iškreipymui.

Gilus metrikos mokymas



Triplet neuroninio tinklo architektūra

$$l(p_i, p_i^+, p_i^-) = \max\{0, g + D(f(p_i), f(p_i^+)) - D(f(p_i), f(p_i^-))\}$$

Nuostolių funkcija, kurią optimizuojant mokomas tinklas



Išvados

- Eksperimentiniai tyrimai su realiais duomenimis parodė, kad dalelių filtras su KLD atranka leido sumažinti besikaupiančias odometrijos paklaidas 11 kartų.
- Naudojant dalelių filtro lokalizaciją po $\sim 2,5$ kilometro skrydžio pavyko pagerinti pozicijos tikslumą daugiau nei 2 kartus lyginant su vizualine odometrija.



Numatomi darbai

- Tęsti tyrimus su Fast-Match algoritmu atliekant daugiau eksperimentų įvairiose aplinkose, greitinti algoritmą jį lygiagretinant naudojant grafinę vaizdo plokštę;
- Apmokyti gilaus mokymo metriką siekiant sumažinti sezoniškumo ir sensorių paklaidų įtaką, palyginti metrikos tikslumą su koreliacijos koeficientu;
- Gautus rezultatus publikuoti tarptautiniame recenzuojamame žurnale ir padaryti pranešimą mokslinėje konferencijoje;
- Paruošti disertacijos tekstą.



Ačiū už dėmesį!

2017-10-25