

Reaaliaikaisten tekoälymenetelmien käyttö spektrikuvantamisessa

MATINEn tutkimusseminaari 2024

Antti Näsilä, Akseli Miranto, Matti Okkonen, Vili
Kellokumpu, Juhani Heinonen, Erkki Sinisalo

Hankkeen kuvaus

- Tutkimuksen tavoitteena on kehittää uusia menetelmiä hyperspektridatan automaattiseen ja reaaliaikaiseen analysointiin
- Osana tutkimusta pyritään myös löytämään keinoja joiden avulla voidaan hyödyntää olemassa olevia hahmontunnistusalgoritmeja hyperspektridatalle ilman massiivista uudelleen koulutusta

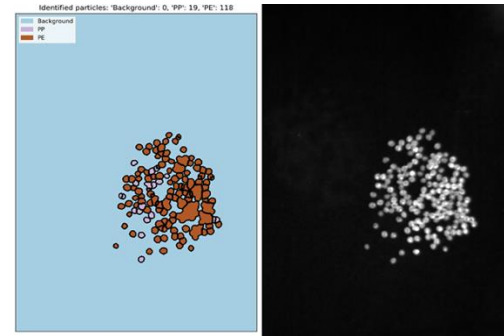


Tausta & historia

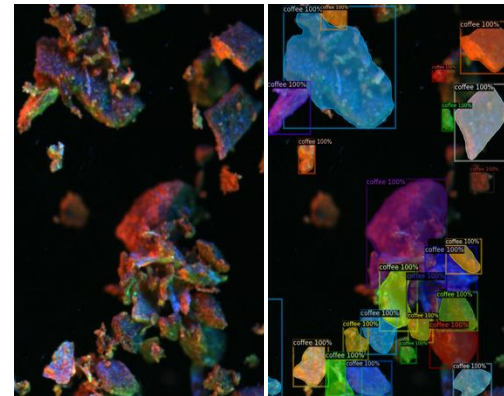
- Hyperspektrikuvantamisella tarkoitetaan kuvien ottoa useammalla aallonpituuskanavalla kuin mitä normaalit värikamerat kuvaavat ja kamerat voivat toimia myös infrapuna-alueella.
- VTT on kehittänyt hyperspektrikameroita ja konenäköalgoritmeja useita vuosia, ja ensimmäiset lennökkikokeet on tehtiin vuonna 2010.
- Vuonna 2022 valmistettiin ensimmäinen prototyyppikamera, joka kykeni tallentamaan kokonaisia datakuutioita videotaajuuksilla.
- Tämän hankkeen päätavoite on yhdistää algoritmit uuteen kameraprototyyppiin ja demonstroida sen käyttö realistisessa sovelluksessa.

Esimerkki aikaisemmasta projektista

- Hyperspektrikuva on kolmiulotteinen datakuutio, joka sisältää varsinaisen kuvadatan (x, y) ja spektraalisen informaation (z).
- Perinteisessä spektrianalyysissä data käsitellään erikseen per pikseli
 - Menetelmä ei kuitenkaan ole täydellinen, yksittäiset partikkelit sekoittuvat toisiinsa (Kuva 1).
- Moderneilla tekoälymenetelmillä on mahdollista hyödyntää myös kappaleiden muoto data-analyysissä.
 - Tämä menetelmä ei kuitenkaan kerro kappaleen materiaalista mitään. (Kuva 2).
- Miten yhdistää molempien menetelmien parhaat puolet?



Kuva 1. Muovipartikkelin tunnistus hyperspektrikuvasta perinteisin menetelmin.



Kuva 2. Kappaleen tunnistus RGB kuvasta neurooverkon avulla.

Esimerkki aikaisemmasta projektista

- Ensimmäistä prototyyppiä testattiin myös haastavissa olosuhteissa
- Valkoinen takki oli mahdollista erottaa hangelta, mutta mittausolosuhde oli haastava

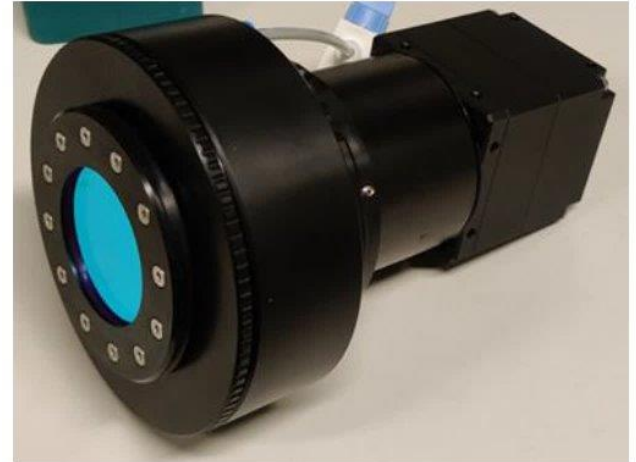


he obvious



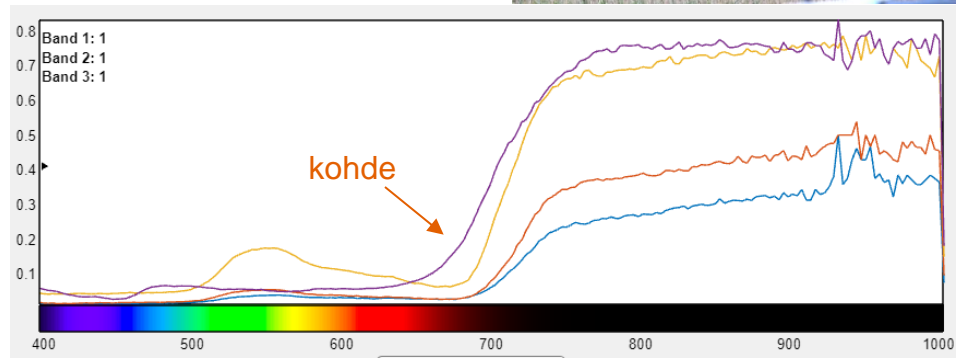
AI HYPE konsepti

- Aikaisempien tulosten perusteella pystyttiin määrittämään projektille muutamia teknisiä vaatimuksia:
 1. Kameran valovoima on maksimoitava huonojen olosuhteiden varalta -> käytetään VTT:n uusinta spektrifiltteriteknologiaa
 2. Dataprosessointialgoritmia on pystyttävä ajamaan reaaliajassa mutta kuitenkin riittävän kompaktissa koossa -> Hyödynnetään NVIDIAN uusinta korttitason laskentayksikköä
 3. Koulutusdatan määrä pyritään maksimoimaan -> alussa käytetään olemassa olevaa protoa jonka ominaisuuksia voidaan virittää lennossa



Projektin toteutus

- Näiden tavoitteiden pohjalta projekti voidaan jakaa selkeisiin vaiheisiin
 1. Proton rakennus
 2. **Datan keruu & algoritmien viritys**
 3. Proton päivitys
 4. Demonstrointi



Hyperspektrikamera

Kaupallinen kameramoduli

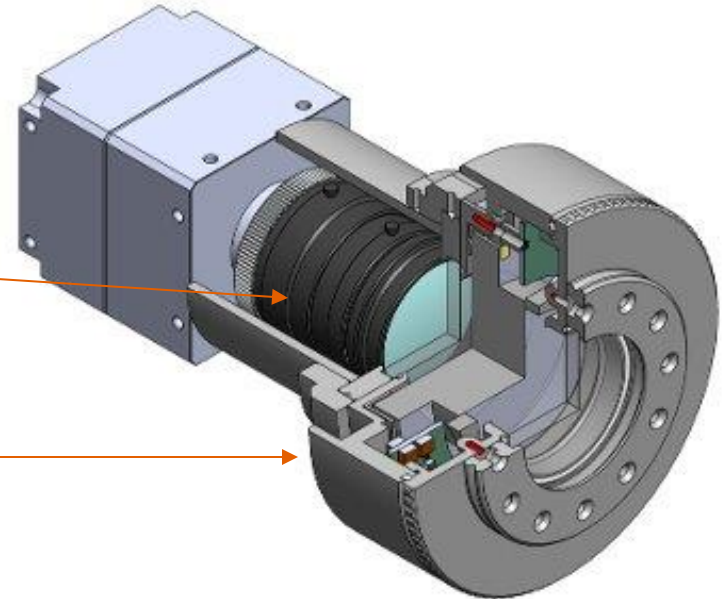
- Herkkyysalue VIS - SWIR (400 – 1700 nm)

Kaupallinen optiikka

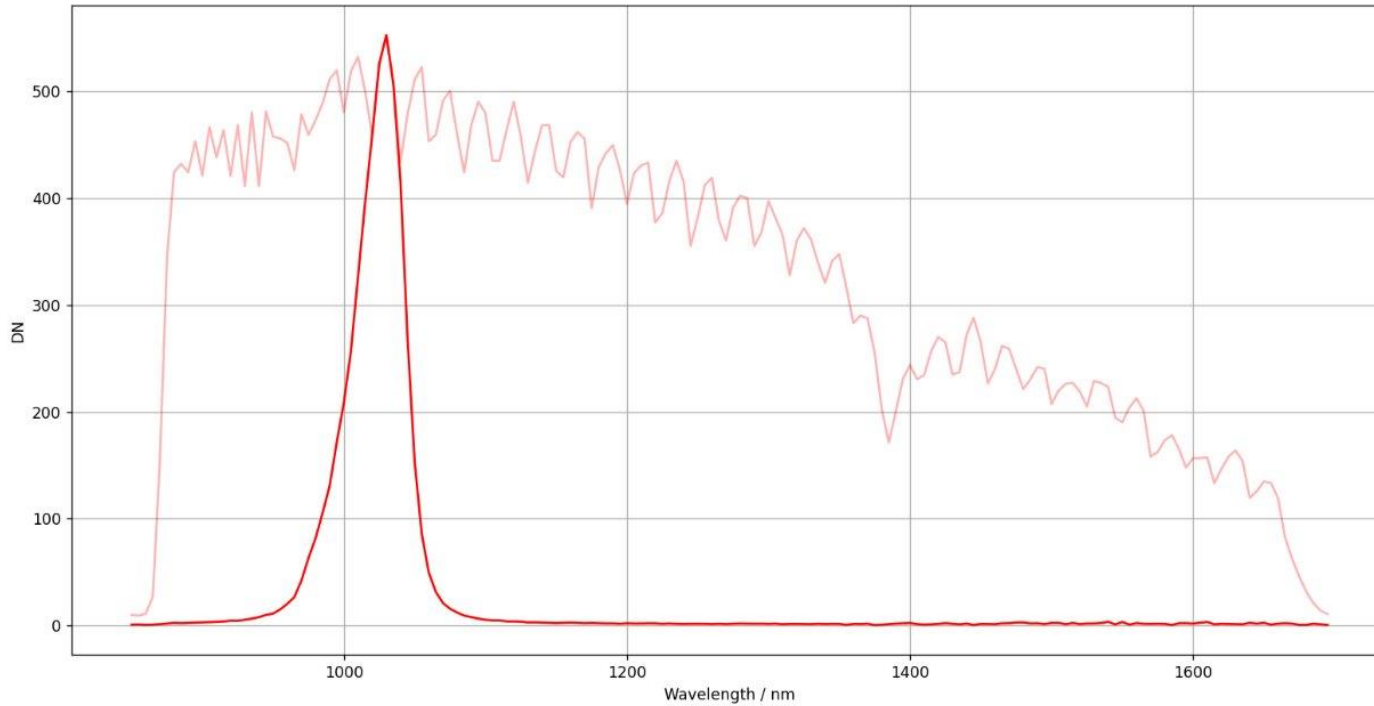
- 50 mm, F1.8
- Toiminta-alue VIS - SWIR

VTT:n säädettävä aallonpituussuodatin

- Päästää läpi kerrallaan vain yhden n. 20 nm aallonpituuskaistan
- Päästökaista säädettävissä VIS – SWIR alueella
- Perustuu Fabry-Perot interferometriin
- Tyhjiöpaketoitu nopeuden maksimoimiseksi

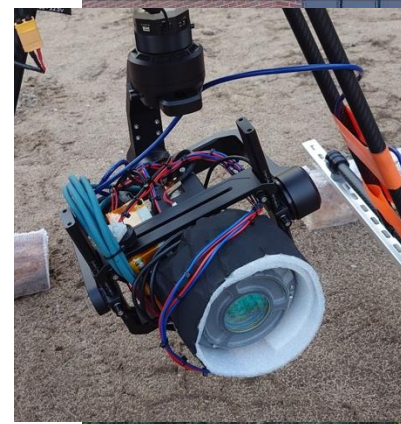


Aallonpituussuodattimen kalibrointi



Rakennettu hyperspektrikamera

- Projektin ensimmäisenä vuonna aallonpituussuodatin paketoitiin 3D-printattuun mekaniikkakoteloon
- Seuraava suodatin paketoidaan metalliseen tyhjiökoteloon, joka mahdollistaa suodattimen nopean säätämisen ja reaaliaikaisen kuvaamisen.



Datan keräys



Harmaa ja mustareferenssit

Leppävaarassa



Erilaisia maastoja



Dronetestejä



18.11.2024 VTT – beyond the obvious



Alustavia tuloksia

- Ensimmäisenä testattiin 3 kanavan syöttämistä valmiiseen neuroverkkoon. Aallonpituuksiksi valittiin 690, 900 ja 1580 nm.
- Mitään esiprosessointia ei tehty, eikä kuvissa olleita heijastureferenssejä hyödynnetty
- Prosessointivuo:
 1. Datan tarkistus
 2. Esikoulutetun state-of-the-art RGB neuroverkon testaus
 3. Neuroverkon hienosäätö muutamalla kuvalla
 4. Hienosäädetyin neurverkon testaus



Alustavia tuloksia

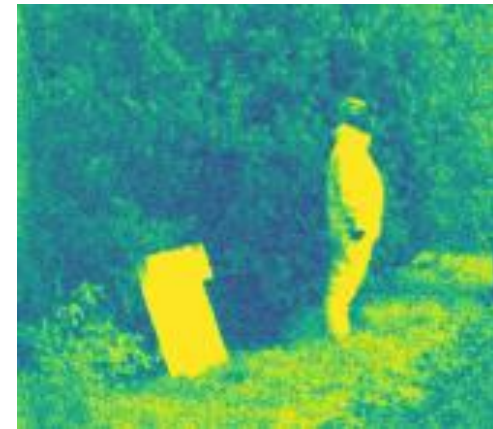
- Datan tarkistuksessa huomattiin että data ei ole täydellistä
- Esikoulutetulla suurella verkolla saatiin kohtalaisia tuloksia
- 3/5 oikein ilman mitään uudelleenkoulutusta



Liikeartefakteja



Kohinaa



Alustavia tuloksia

- Pienellä virityksellä tarkkuus parani (86%)
- Pienen näyttekoon takia luotettavuus on kuitenkin heikohko.



Alustavia tuloksia

- Vääriä havaintojakin saatiin



Tulosten yhteenveto

- Kanavat valittiin niin että maastopukuinen henkilö näyttää erilaiselta miltä tausta
- Valmis neuroverkko “pakasta vedettynä” tuotti yli 50% havaintotarkkuuden
- Pienellä lisäkoulutuksella saatiin merkittävä parannus
 - Koulutusmateriaalia lisäämällä tulosten pitäisi vielä parantua

Seuraavat vaiheet

- Projektin tulokset vaikuttavat lupaavilta, mutta operatiiviseen käyttöön on vielä matkaa
- Seuraavaksi varsinainen kameraproto päivitetään lopulliseen muotoonsa, mikä kasvattaa kuvausnopeuden n. 100 kertaiseksi. Tämä helpottaa myös datankeruuta huomattavasti.
- Koulutusmateriaalin lisääntyessä data-analyysi myös paranee
- Analyysiin pyritään ottamaan mukaan myös kehittyneempiä tekoälymalleja. Tämän jälkeen testataan havaintotarkkuutta tavalliseen RGB kameraan verrattuna.

bey⁰nd

the obvious

Antti Näsilä
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy