

Konenäön hyödyntäminen runko- ja pintakelirikon tunnistamiseen

- Jarkko Pirinen, Väylävirasto
- Pertti Valo, VAR ELY
- Mikko Leinonen, Juho Meriläinen,
Pasi Hyytiä, Destia Oy

DESTIA

A COLAS COMPANY

Esityksen sisältö

- 1. Kelirikon määritelmä**
- 2. Kelirikon nykyinen inventointi ja tulevaisuus (tavoitetila)**
- 3. Neuroverkkomallit ja kuvantunnistus**
 - Konvolutionaalinen neuroverkko (CNN)
 - Mallin koulutus
 - Koulutuksen haasteita
 - Maastokäynti
- 4. Validointitulokset ja mallin suoriutuminen**
- 5. Johtopäätökset**
- 6. Jatkotutkimukset**

1. Kelirikon määritelmä

1. Runkokelirikko

- Tierakenteen roudantuessa hienojakoinen maa-aines imee saatavilla olevaa vettä → muodostuu jäälinsejä
- Sulaessaan jäälinssit kasvattavat tierungon vesipitoisuutta ja heikentävät tierakenteen kantavuutta ja siten kuormitusten sietokykyä. Runkokelirikko on sitä hankalampi mitä suuremmat liikennekuormitukset ovat.
- Runkokelirikko aiheuttaa usein pahoja epätasaisuuksia, jotka hankaloittavat tai jopa estävät tiellä liikkumisen.

2. Pintakelirikko

- Soratien pintakerroksen pehmenemistä enimmillään 10 cm syvyydelle → tien pinnan kantavuus heikkenee.
- Tien rakenteellinen kosteus, keväinen sulamisvesi tai runsas sade muuttaa tiepinnan plastiseksi → haittaa/estää tiellä liikennöinnin.
- Pintakelirikko ilmiönä on yleistynyt huomattavasti viime vuosina ilmaston muuttuessa leudommaksi. Perinteiset pitkät pakkastalvet ovat harventuneet ja lumisateet muuttuneet vesisateiksi.



2. Kelirikon nykyinen inventointi ja tulevaisuus

▪ Runkokelirikon silmämääräinen inventointi (RKR)

- Liikkuvasta ajoneuvosta (10-30km/h) arvioiden sekä runkokelirikon vaikeusastetta, että sen edellyttämää korjaustoimenpidettä.
- Suoritetaan jatkuvana ja tieosoitteeseen sidottuna ja tietokoneavusteisesti inventointisovelluksella hyödyntäen GPS-paikannusta.
- Luokitellaan neljään vaikeusasteluokkaan: vakava (1), keskivakava (2), lievä (3), ei kelirikkoa (4)
- Korjaustoimenpide kolmeen luokkaan: raskas, keskiraskas, kevyt

▪ Inventointitavan ongelmat

- Kertaluonteisuus (kerran keväässä) → oikean ajoituksen vaikeus.
- Vaatii tiivistä yhteydenpitoa Tilaajan ja inventointien suorittajan välillä.
- Kaikkia kelirikkoisia jaksoja ei välttämättä löydetä, koska kelirikko voi esiintyä tieosan sisällä eri kohdissa eri aikaan. Kuvaa inventointipäivän tilannetta.
- Ei tuota tietoa pintakelirikosta.

▪ Tulevaisuuden tavoite?

- Tiekuvat: pystytäänkö hyödyntämään koneoppimista kelirikon havainnoinnissa?
- Tehokkaampi inventointi? Parempi tilannekuva?

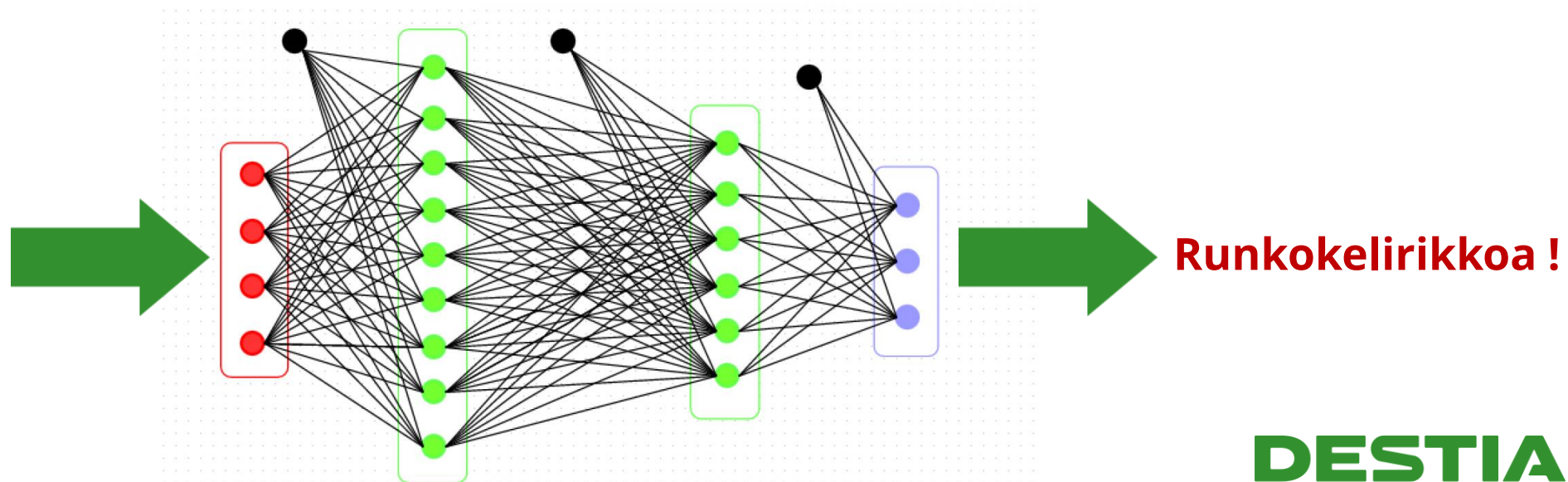
▪ Tässä työssä tehtiin ensimmäinen yritys koneoppisen/keinoälyn soveltamiseen kelirikkoilmiön tunnistamisessa

DESTIA

A COLAS COMPANY

3. Neuroverkkomallit ja kuvantunnistus

- Kuvan tunnistus neuroverkoilla
- Mallin laadinta lobe.ai-sovelluksella, jonka taustalla ResNet50V2-neuroverkkorakenne
- *Konvolutionaalinen ja residuaalinen*
- 23 M parametria, koulutus = optimointi
- Kolmiarvoinen malli: "runkokelirikko" / "pintakelirikko" / "ei kelirikkoa"

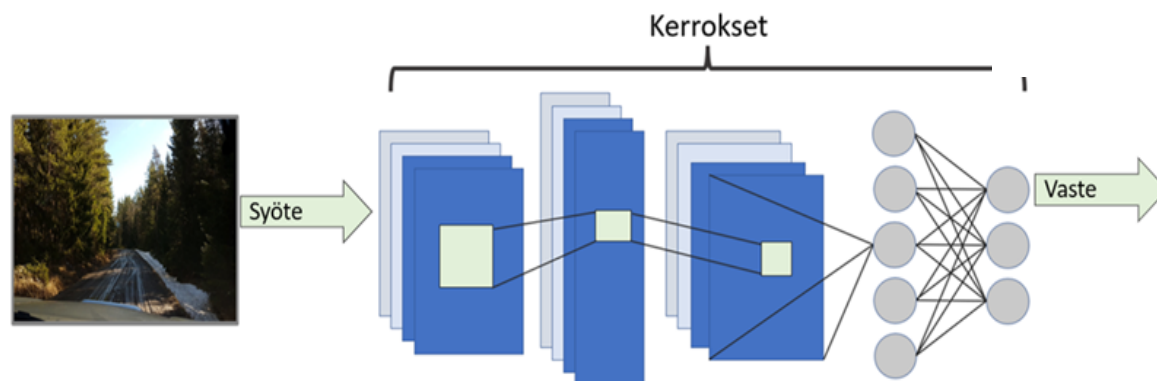
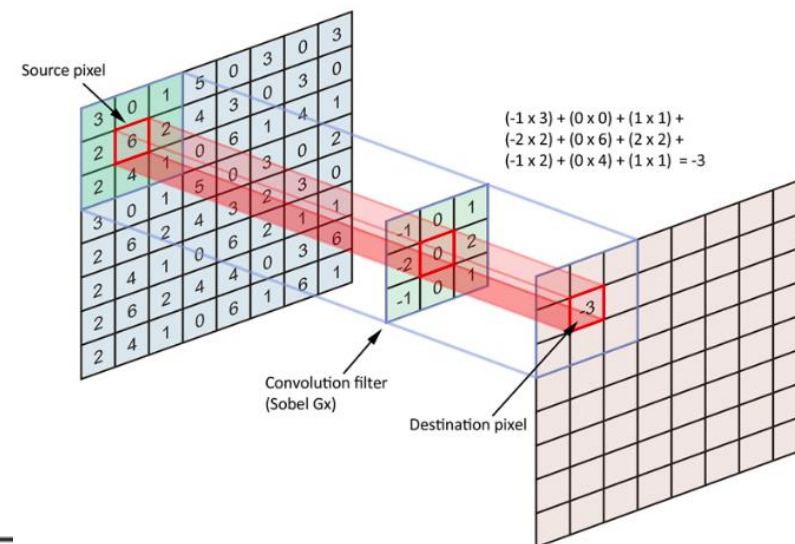
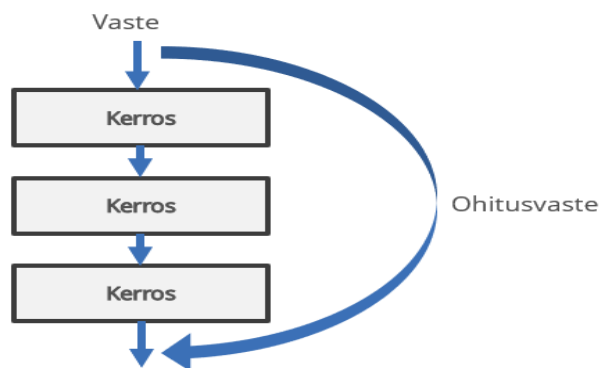


DESTIA

A COLAS COMPANY

3.1 Konvolutionaalinen neuroverkko (CNN)

- Tavoitteena syväoppiminen – tulkinta aiheesta ihmisen tasolla
- Kouluttamisen kompastuskivien välttäminen
- ResNet50: hyväksi todettu arkkitehtuuri (ImageNet - mestari)



3.2 Mallin koulutus

- Kuvat kelirikon inventoinnista 10K
- Kuvahaulla hankitut kuvat (äärimmäiset kelirikon esimerkit)
- Peilikuvat
- Kattokamerakuvat, kojelautakuvat... – ei tarkkoja määritteitä



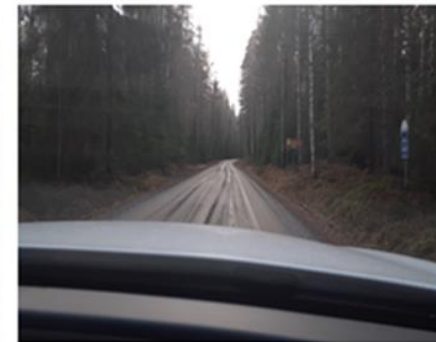
3.3 Koulutuksen haasteita

- **Kuvamateriaalin laadinta**
 - Manuaalinen kerääminen ja järjestely
- **Maiseman merkitys**
 - Useimmissa kuvissa vain pieni osa kuvasta tienpintaa
- **Kelirikon eri asteet – asiantuntemus**
 - Kelirikkoa vai vain kosteutta ja urautumista?



3.4 Maastokäynti

- Marraskuu 2021 – Kolme pintakelirikkoa omaavaa tietä Etelä-Suomessa
- Mallin suoriutuminen heikohkoa, mutta kerääntyi koulutusmateriaalia



4. Validointitulokset ja mallin suoriutuminen

- Mallin toimivuuden testaus erillisellä validointiaineistolla
- Validointi tehtiin kahdessa vaiheessa
 - Tilaajan asiantuntijoiden kanssa sekä Destian asiantuntijoiden kanssa - alla yhdistelmä näistä
- Ihminen ja malli
 - Eroaako tulkinta ja kuinka paljon?
- Harhamatriisi
- Osumia 67%

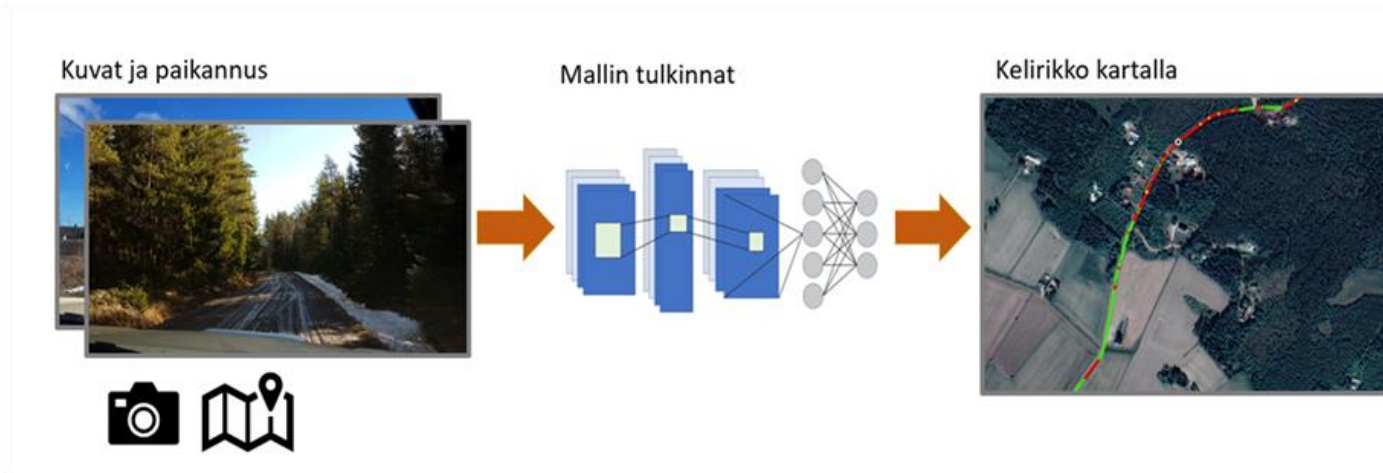
		Actual, todettu		
		703	ei kelirikkoa	pintakelirikko
Predicted, mallin tulkinta	ei kelirikkoa	197	3	17
	pintakelirikko	68	63	10
	runkokelirikko	97	36	212

5. Johtopäätökset

- Nykyinen malli tekee merkittävässä määrin virheitä erityisesti pintakelirikon osalta, mutta vaikuttaisi ymmärtävän sille annettua tehtävää
- Onnistumisprosentti korkeampi runkokelirikon tunnistamisessa
- Koulutusmateriaalilla on ratkaiseva merkitys
- Kattokamerakuvat parhaita, mutta toimii jokseenkin myös kojelaudalta kännykällä
- Malli saattaa tehdä tulkintoja vaurioista liian herkästi – pintakelirikkoa vai vain kosteutta?

6. Sovelluskohteita – hyödyt tien pitäjälle

- **Joukkoistamisen mahdollisuudet – tiheämmin tuotettu tieto voisi mahdollistaa kelirikon tarkemman ajallisen ja paikallisen tunnistamisen (esim. maitoautot, posti?)**
 - Mitkä tiet ovat alttiita kelirikolle ja kuinka usein? Toistuuko pintakelirikko eri vuoden aikoina?
- **RKR-inventoinnista luopuminen tai sen tarkempi ajallinen/paikallinen kohdistaminen.**
 - Kelirikon jakautuminen/tiheys eri teillä.
 - Vaatii vielä jälkikäsittelyä ja tulosten manuaalista varmentamista sekä koostamista
- **Kuvat + paikannus tieosoitteeseen → malli (tulkinta) → Karttasovellukset.**
 - Malli → heräte → asiantuntijan tarkistus ja validointi



7. Jatkokehittäminen

- Neuroverkkoarkkitehtuurien vertailu
- Koulutusaineiston vaihtoehdot
- Lisää kategorioita? Vaurioluokat?
- Nykyisen mallin parametrien kierrättäminen – transfer learning
- Kelirikon ajallista ja paikallista esiintyvyyttä kuvaavien tunnuslukujen kehittäminen
- Joukkoistetun tiedon mahdollisuudet

Kiitos

Kysymyksiä, kommentteja?