

Konenäön vakiintuva hyödyntäminen tieomaisuuden hallinnassa

Pohjaesitys maanteiden hoidossa ja ylläpidossa käytettävän annotoidun kuva-aineiston hallinnan, tietosisällön ja terminologian standardoimiseksi



Saku Suuriniemi, Lauri Kettunen, Oiva Huuskonen, Juha-Matti Halme, Rauno Kuusela, Jari Myllärinen ja Pekka Kinnunen

Konenäön vakiintuva hyödyntäminen tieomaisuuden hallinnassa

Pohjaesitys maanteiden hoidossa ja ylläpidossa käytettävän annotoidun kuva-aineiston hallinnan, tietosisällön ja terminologian standardoimiseksi

Väyläviraston julkaisuja 13/2019

Kannen kuva: Jalonne Oy

Verkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-676-8

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. 0295 34 3000

Saku Suuriniemi, Lauri Kettunen, Oiva Huuskonen, Juha-Matti Halme, Rauno Kuusela, Jari Myllärinen ja Pekka Kinnunen: Konenäön vakiintuva hyödyntäminen tieomaisuuden hallinnassa – Pohjaesitys maanteiden hoidossa ja ylläpidossa käytettävän annotoidun kuva-aineiston hallinnan, tietosisällön ja terminologian standardoimiseksi. Väylävirasto. Helsinki 2019. Väyläviraston julkaisuja 13/2019. 22 sivua ja 1 liite. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-676-8.

Avainsanat: tiet, omaisuus, hoito, ylläpito, konenäkö, kuvat

Tiivistelmä

Tiestön kuntoa koskevaa aineistoa on nykyään mahdollista kerätä rutiininomaisesti suuria määriä. Suuri osa tästä aineistosta on erilaisia kuvavirtoja. Sen analysointi pelkällä ihmistyöllä ei ole mahdollista, joten analysointi on automatisoitava. Tämä tarkoittaa käytännössä erilaisten konenäkötekniikoiden hyödyntämistä. Jotta eri toimijoiden johtopäätökset tiestön tilasta olisivat keskenään vertailukelpoisia ja samansuuntaisia, tarvitaan toimintatapojen, käsitteistön ja tunnuslukujen standardointia.

Johtopäätösten yhtenäistämiseksi avaintekijä on konenäköjen opetukseen ja arviointiin käytettävä annotoitu kuva-aineisto. Standardointi on suoritettava yhteistyönä alan toimijoiden kesken. Tässä julkaisussa esitetään standardointikeskustelun käynnistämiseksi pohjaehdotus, joka koskee annotoidun aineiston luontiperusteita, tietosisältöä, keräämistä ja hallintaa.

Saku Suuriniemi, Lauri Kettunen, Oiva Huuskonen, Juha-Matti Halme, Rauno Kuusela, Jari Myllärinen och Pekka Kinnunen: Maskinsyn blir etablerad i vägförmögenhetsförvaltning - Motion att standardisera administrering, begrepp och kodbeteckningar av annoterad bildmaterial. Trafikledsverket. Helsingfors 2019. Trafikledsverkets publikationer 13/2019. 22 sidor och 1 bilaga. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-676-8.

Sammanfattning

Nuförtiden är det möjligt att rutinmässigt samla in en ansevärd mängd information om vägnätets skick. Datamaterialet innehåller stora mängder av olika bildströmmar. Det är omöjligt för en människa att analysera dessa, så analysen måste automatiseras. I praktiken betyder det att man utnyttjar olika former av maskinsyn. För att komma fram till överensstämmande slutsatser om vägnätets skick, som rapporterats av olika operatörer, måste man standardisera insamlingsmetoder, begrepp och kodbeteckningar. Särskilt viktigt är det förbehandlade bildmaterialet, som används för inläring och bedömning av maskinsynsfunktionen.

En viss standardisering måste ske i samarbete med vägunderhållets operatörer. Denna publikationen har som syfte att påbörja en diskussion om standardisering utgående från ett förslag för hur man insamlar data, hur databasens innehåll skall se ut och hur man administrerar förbehandlat bildmaterial.

Saku Suuriniemi, Lauri Kettunen, Oiva Huuskonen, Juha-Matti Halme, Rauno Kuusela, Jari Myllärinen and Pekka Kinnunen: Machine vision gets established in road asset management - Proposal for standardization of administration, information content, and label systems of annotated images. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2019. Publications the Finnish Transport Infrastructure Agency 13/2019. 22 pages and 1 appendix. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-676-8.

Abstract

Nowadays it is possible to routinely accumulate substantial amount of data about the condition of a road network. Much of this data consists of different image streams. It is not possible to analyze it all with human labor, so automatization is mandatory. In practice, this means the use of different machine vision techniques. In order to make the conclusions of different operators comparable and concurring, standardization of processes, concepts, and figures of merit is needed.

The key aspect in the pursuit of commensurate conclusions is the annotated image data, that is needed in training and evaluation of machine visions. The standardization must be done in collaboration between the operators of road maintenance. In order to launch the discussions, this publication sets forth a proposal for the standardization of creation, information content, collection, and governing of annotated image data.

Esipuhe

Digitalisoituminen tuo mukanaan uusia ratkaisumahdollisuuksia tien hoidon ja ylläpidon toteuttamiseen. Kuvamateriaalin kerääminen teillä liikkuvista autoista on jo vakiintunut käytäntö, ja konenäön hyödyntäminen kuvamateriaalin tulkitsemiseksi on vahvasti tuloillaan. Kun automaattiset konetulkinnat yleistyvät, resurssien tehokas hyödyntäminen edellyttää, että eri toimijoiden järjestelmät tuottamat tulkinnat johtavat saman suuntaisiin johtopäätöksiin tien hoidon ja ylläpidon toimenpidetarpeista. Tähän tarvitaan standardisointia. Huonoin vaihtoehto olisi, että kukin taho toteuttaisi automatisoinnin täysin omalla tavallaan: lopputuloksena jokainen käyttäisi omia tunnuslukujaan ja termejään, jolloin osapuolten välille syntyisi eriävä käsitys tiestön tilasta.

Konenäön tuottamat tulkinnat riippuvat nk. annotointi-, eli kansanomaisesti sanottuna opetusaineistosta, jolla konenäköalgoritmit opetetaan liittämään avainsanoja tai lukuarvoja kuva-aineistoon. Konenäön hyödyntämisen standardoimiseksi on standardoitava opetusaineistoa, sen keräämistä ja ylläpitoa: mm. avainsanat, avainsanoista muodostuvat luokat, kuvamateriaalin liite- eli nk. metadata ja kuvien laatu- ja tunnusluvut tulee määritellä, jotta eri konenäköalgoritmit saadaan tuottamaan yhdensuuntaisia tuloksia. Tien hoidon, inventoinnin ja ylläpidon sujuva toteutus tilaaja-tuottajamallissa saattaa myös edellyttää kansallisen annotoidun kuvapankin tuottamista.

Standardoinnin tulee siis kattaa prosessi käytettävien avainsanajoukkojen eli termistöjen määräämiseen, termistöjen tekniset esitystavat, kuvien metadatan vaatimukset, aineiston laatu- ja tunnusluvut, annotointien ensisijainen esitystapa, jonkinlaiset kehykset annotoidun aineiston hankinnalle ja vaihdannalle, sekä annotoidun aineiston ylläpito ja julkaisu. Sen sijaan itse käytettävien konenäkötekniikoiden tulee olla vapaasti valittavissa ja arvioitavissa julkaistua aineistoa käyttäen.

Tämän raportin tarkoitus on luoda pohjaesitys kansallisesta standardointimallista ja käynnistää keskustelu tien hoidon ja ylläpidon konenäköyötapojen standardoimisesta alan toimijoiden kesken. Raporttiin on koottu tekijöitä, jotka ovat vallitsevan tiedon ja ymmärryksen perusteella arvioitu keskeisiksi tien hoidon ja ylläpidon kannalta. Standardisointiprosessi jatkuu ja yksityiskohdat täsmeytyvät pohjaesityksestä käytävän keskustelun ja sen tuottaman palautteen perusteella.

Tämän julkaisun aineiston keräämiseen ja hallintaan liittyvä sisältö on luotu koko työryhmän yhteistyönä. Näyteaineiston aihepiirien valinnat ovat lin alueurakan, termistöjen valinta etupäässä Destian ja annotointityön on tehnyt Jalonne. Annotointitapaa koskevissa kysymyksissä on keskusteltu Rauno Kuuselan (Destia) kanssa. Tietosisältöjä ja teknisiä esitystapoja koskevat osuudet ovat etupäässä Jalonne-Väylävirasto-yhteistyön tulosta.

Helsingissä helmikuussa 2019

Väylävirasto

Sisältö

1	JOHDANTO	8
2	ENNAKOINTI	10
2.1	Konenäön käyttötarpeet	10
2.2	Tekniikat	10
2.3	Ennakoidut tarpeet vertailtavuuden takaamiseksi.....	11
2.3.1	Termistön vaatimukset.....	11
2.3.2	Annotoidun aineiston vaatimukset.....	11
2.3.3	Laatutunnuslukujen vaatimukset	12
2.3.4	Toimintatapavaatimukset	12
3	ANNOTOITU KUVA-AINEISTO	13
3.1	Määritelmät.....	13
3.2	Merkitys ja arvo	13
3.3	Laatumittarit.....	14
4	ANNOTOIDUN AINEISTON HANKINTA- JA JULKAISUPROSESSI	18
4.1	Annotointitermistöjen määräytyminen	18
4.2	Toimijat.....	18
4.3	Insentiivit.....	19
4.4	Tieto- vuokaavio	20
4.5	Julkaisu.....	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
	LÄHTEET	22
	LIITTEET	
Liite 1	Tekniset vaatimukset ja tarpeet	
Liite 2	Näyteaineisto	

1 Johdanto

Suomessa maanteiden hoitotoiminta on järjestetty viisivuotiseksi alueurakoiksi, joista ELY-keskukset järjestävät tarjouskilpailun. Kilpailuihin osallistuvat urakoijat, joiden vastuulla on pitää tiestön kunto vaaditulla laatuasteella urakkasopimuksen mukaisesti. ELY-keskukset valvovat tiestön kuntoa laatuasteen takaamiseksi, ja urakoijat pyrkivät ylläpitämään tiestön kunnosta tilannekuvaa organisoidakseen hoitotoimenpiteet mahdollisimman tehokkaiksi. Lisäksi vähintään alueurakan kauden vaihtuessa tiestö inventoidaan. Tämä sekä tilaajan että tuottajan harjoittama tiestön kunnon valvonta on perinteisesti ollut varsin aikaa vievää ja vaatinut paljon varta vasten ajettuja tarkastusajaja.

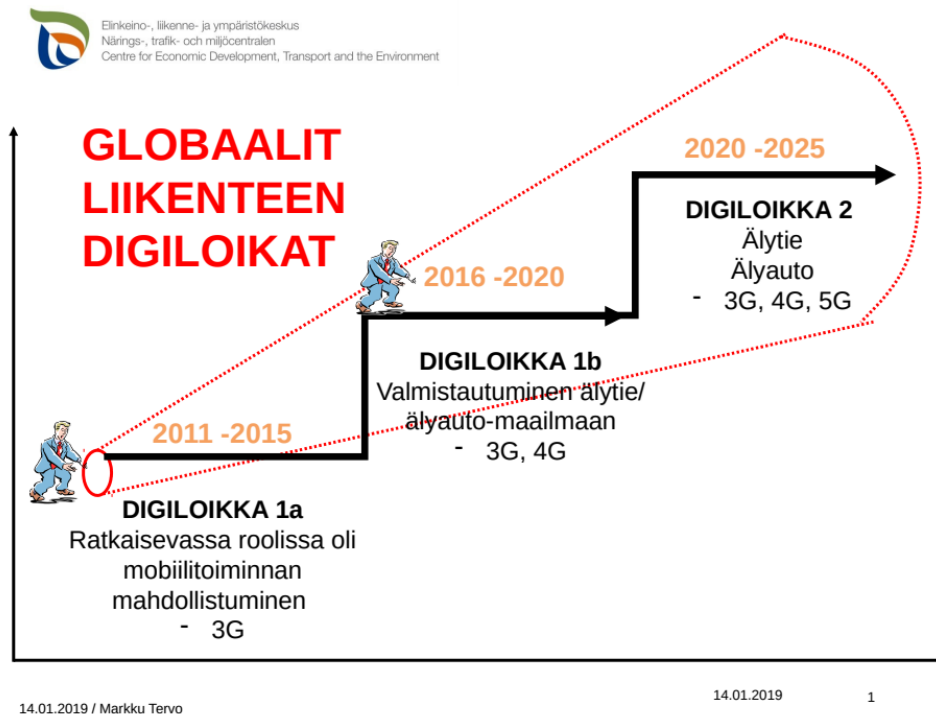
Tiestöstä dokumentoidulle hyvälaatuisella kuva-aineistolla saavutetaan useita etuja:

- Tarkastusajajien automatisoitu kuvadokumentointi parantaa tarkastushuomioiden kattavuutta ja helpottaa huomioiden kirjauskuormaa.
- Sen avulla voidaan välttää ajamista samoille alueille eri asioita huomioimaan. Tarkastusajajien määrää voidaan pyrkiä vähentämään myös käyttämällä keräämiseen esimerkiksi ammattiautoilijoita, jotka joutuvat ajamaan alueella muissa asioissa. Tästä tehostumisesta hyötyvät sekä urakoijat että ELY-keskukset.
- Ajallisesti ja paikallisesti riittävän kattava ja ajantasainen aineisto tehostaa merkittävästi esimerkiksi hoitotoimenpiteiden suunnittelua.
- Kuva-aineistoa voidaan hyödyntää tienkäyttäjien palvelun kehittämisessä: esimerkiksi kyselyihin vastaamiseen on aineistoa saatavilla jo yhteydenoton aikaan.

Tämä tarkoittaa tarvetta kerätä hyvin suuria määriä hyvälaatuista kuva-aineistoa. Tämä taas on mahdollista joukkoistamalla, mikä edellyttää kuluttajatuotteisiin nojautuvia keräystekniikoita.

Nykyinen teknologia mahdollistaa tällaisen hyvin suuren kuva-aineiston keräämisen ja tallettamisen. Se olisi periaatteessa ratkaisu, mutta kertyvän aineiston määrän vuoksi sen läpikäynti ja johtopäätökset laatueroista eivät voi perustua pelkkään ihmistyöhön. Aineiston analyysiä on siis automatisoitava, ja kuvien kohdalla tämä merkitsee konenäköteknikoita.

Konenäön tarpeita tienhoidossa ja inventoinnissa on kartoitettu varsin kattavasti jo yli vuosikymmen sitten [1]. Tämän jälkeen näytönohjainten ja konenäköteknikoiden kehitys on periaatteessa mahdollistanut kuva-aineiston analyysin osittaisen automatisoimisen. Käytäntöön on toistaiseksi viety suunnitellusta vasta osa. Toisaalta sekä tiestön että kulkuneuvojen tekninen kehitys vaatii joka tapauksessa sekä konenäön että monien muiden digitaalisuuteen perustuvien toimintatapojen käyttöönottoa tienhoidossa.



Kuva 1. Kuvalähde: Markku Tervo

On sekä tilaajan että tuottajan intressi, että automatisointi tehdään siten, että eri toimijoiden analyysitulokset ovat vertailukelpoisia. Tätä tavoitetta silmällä pitäen Liikennevirasto (nyk. Väylävirasto) ja lin alueurakan 2016–2021 ohjausryhmä ovat antaneet Jalonne Oy:lle toimeksi ennakoida noin viiden vuoden aikajänteellä automatisoinnin kehitystä ja nostaa yhteensopivuuden kannalta oleelliset asiat esiin. Lisäksi tätä huomiota summaavaa raporttia on tarkoitus käyttää monenkeskisen keskustelun käynnistämiseen hoitotoiminnassa käytettävien konenäköratkaisujen vertailtavuuden takaamiseksi

2 Ennakointi

Alueurakkaan liittyvät seuraavat toimijat:

- Alueurakat kilpailuttaa ja valvoo maakunnallinen tilaaja, joka nykyisin on ELY-keskus. Maakuntauudistuksessa tilanne säilyy luultavasti samana.
- Kunkin alueurakan hoitotoiminnan tekee urakoija. Aliurakoijia ei käsitellä itsenäisenä toimijana tässä yhteydessä.
- ELY-keskus valvoo alueurakkaa käytännössä laatukonsultin välityksellä.
- Valtakunnalliset laatumormit, joihin alueurakassa tulee yltää, asettaa Väylävirasto.
- Väylävirasto kerää tietoa tiestön tilasta inventoijan välityksellä.
- Väylävirasto luo keräämästään aineistosta tilannekuvaa analytiikkakonsulttien avustuksella.

2.1 Konenäön käyttötarpeet

Eri toimijoilla on omat tarpeensa konenäköratkaisuille:

- Tuottajat kehittävät konenäkökykyään kilpaillakseen toimintojensa tehokkuudella ja tarjoamansa palvelun laadulla.
- Väylävirasto tarjoaa konenäköpalveluja ELY-keskuksille väylänpidon tarkastustoiminnan kuvantulkintaan.
- Väylävirasto luo omaa tilannekuvaansa konenäön avulla.
- Osa inventoijista luultavasti kehittää konenäkövalmiuksia.

Tilaajan laatukonsulttien tilannetta on vaikeampi ennakoida. Suuremmat toimijat saattavat kehittää omaa kykyä, valtaosin aineiston analyysi tehtäen ELY-keskuksissa Väyläviraston tarjoamalla kyvyllä.

2.2 Tekniikat

Valtaosa kuva-aineistosta tuotetaan rajatulla joukkoistamisella, eli esimerkiksi ammattiautoilijat pitävät työajossaan keräyskalustoa mukanaan. Myös työnjohto, laatukonsultit ja inventoijat tallentavat kuva-aineistoa. Kuvat liittyvät useimmiten osaksi jotain kuvavirtaa, yksittäin otetut kuvat ovat varsin pieni vähemmistö. Kuvien lisäksi on välttämätöntä tietää kuvausaika ja -paikka, sekä kuvaussuunta. Muutakin dataa luultavasti kerätään yleisesti. Aineistoa kertyy varsin paljon, ja sen tallentaminen keskitetysti on edullisinta. Käytännössä tallennustarpeeseen vastataan pilvitallennuksella.

Neuroverkkokonenäöt ja -tekoälyt ovat kehittyneet ratkaisevasti. Lisäksi grafiikkapiirien kehitys on arkipäiväistänyt niiden hyödyntämistä. Ne tulevat olemaan todennäköinen vallitseva analyysityökalu. Neuroverkkojen peruspiirre on, että ne vaativat opetusta annotoidulla kuva-aineistolla. Yhtenäisten johtopäätösten kannalta on tärkeää, että annotoidun aineiston tulee tukea yhteensopivuutta. Väylävirasto tulee keräämään annotoitua aineistoa.

2.3 Ennakoidut tarpeet vertailtavuuden takaamiseksi

Seuraavassa esitetään vaatimuksia, joiden avulla konenäön opetukseen käytettävä aineisto saadaan sisältämään riittäväksi katsottavat tiedot sekaannusten ja tulkinnanvaran välttämiseksi. Lisäksi tiedon esitystavan tulee mahdollistaa täsmällinen ja selkeä ilmaisu, sekä mahdollistaa sujuva aineiston siirto toimijoiden kesken.

2.3.1 Termistön vaatimukset

Jotta analyyseissä käytettävät käsitteet olisivat selkeät, tarvitaan annotointien tekemiseen yhtenäinen ja jäljitettävä termistö/nimikkeistö:

- Kohteille, joiden kuntoa valvotaan tai laatu poikkeamille
- Kohteiden kuntuoluokittelulle tai poikkeaman vakavuusluokittelulle
- Osoituskynnys
 - Yleinen hyvä periaate: Ihminen tunnistaa kohteen tai sen tilan kuvasta käyttämättä kontekstietoa.

Termistön määrittämisen tulee tapahtua tietyissä teknisissä puitteissa, jotta voidaan taata termistön jäljitettävyyden ja estämättä sen tulkinnanvaraisuutta. Vaatimukset esitetään nojautuen jakoon, jossa sisältötieto ja sen esitystapa tai -formaatti on eroteltu toisistaan:

- Termistöillä tulee itse termien lisäksi olla **termistön minimisisältö**, jolla yksilöidään termistön määräävä lähdedokumentti, termistön yksikäsitteinen nimi, sekä termistön käyttötapa, esimerkiksi osoitustapa ("Irrallaan taustasta" tai ei).
- Termistöille olisi hyvä kiinnittää **ensisijainen formaatti**, johon kuvattavuus on kriteeri termistön muun esitysmuodon hyväksyttävyydelle. Tällaisen kiinnittäminen sujuvoittaa esim. viranomaisten välistä toimintaa. Termistön näyteformaatti löytyy liitteestä 2.

2.3.2 Annotoidun aineiston vaatimukset

Myös annotoitu aineisto koostuu riittävästä määrästä tietoa, yksiselitteisesti ja koneluettavasti ilmaistuna.

- Annotoidulle aineistolle tulee asettaa **annotoidun kuva-aineiston minimitietosisältö**. Tähän vaaditaan kuva tai sen hakutapa ja yksilöinti, kuvalle riittävä metadata, annotointikohteiden ilmaisutapa, annotointitermistön yksilöinti ja kohteiden relaatio annotointitermien kanssa.
- Annotoidulle aineistolle olisi hyvä kiinnittää **annotoidun kuva-aineiston ensisijainen formaatti**. Sen kiinnittäminen sujuvoittaa esim. viranomaisten välistä toimintaa. Esimerkkiformaatti löytyy liitteestä 2.

Yhteenvedon omaisesti ilmaistuna onnistuneen standardointityön tulee tuottaa välttämättömiksi nähdyt vaatimukset kaikkiin seuraavan nelikentän ruutuihin:

	Minimitietosisältö	Ensisijainen formaatti
Termistö		
Annotoitu aineisto		

2.3.3 Laatutunnuslukujen vaatimukset

Kuva-aineiston sekä sen annotoinnin laadulle tulee olla automaattisesti evaluoitavissa oleva **arviointitapa tunnuslukuineen**. Kuvien kohdalla tärkeintä on sopia muutamista avaintunnusluvuista, joilla kuva-aineistohakuja voidaan tehokkaasti rajata hakurajapinnoissa. Annotoinnin laadun arviointiin tarvitaan eri käyttötarkoituksiin soveltuvia mittareita: väärin positiivisiksi osoitettujen pikselien suhteellisen osuuden ylärajaa voidaan tarvita osana sopimusehtojen tarkistamista, kuvaan liitettyjen avainsanojen oikeat lukumäärät taas antavat yleisluontoisempaa viitettä aineiston laadusta. Uusi luku aloitetaan aina edellisen luvun viimeisen kappaleen jälkeen tulevalta uudelta sivulta (sivu voi olla joko parillinen tai pariton).

2.3.4 Toimintatapavaatimukset

Aivan erityisesti tarvitaan prosessi, jolla tilaaja- ja tuottajatahot rakentavat edellytykset yhteensopiville konenäköratkaisuilleen. Käytännössä prosessiin tarvitaan ainakin seuraavat aliprosessit:

1. **termistöjen ja formaattien** määräämisprosessi
2. annotoidun kuva-aineiston **hankinta-** ja **julkaisuprosessi**

Näin saadaan tarjolle aineistoa, jolla esimerkiksi neuroverkkokonenäölle voidaan opettaa yksiselitteisesti nimettyjen kohteiden paikallistamista kuvista: kuvat ovat opetustilanteessa syöte ja osoitetut alueet avainsanoineen mallivas-taus. Riittävän suurella määrällä laadukkaita opetustapauksia konenäkö alkaa yleistää yhä paremmin, eli esimerkiksi tunnistaa nimettyjen kohteiden esiintyminen tai valikoida nimettyihin kohteisiin kuuluvia pikseleitä yhä tarkemmin ennestään tuntemattomista kuvista.

3 Annotoitu kuva-aineisto

Konenäön opettamisessa annotoitu kuva-aineisto on avainasemassa. Luodaan katsaus sen käsitteistöön ja arvomuodostukseen.

3.1 Määritelmät

Kuvan metadatalta tarkoitetaan koneluettavassa muodossa esitettyä kuvaa koskevaa lisätietoa. Suurten kuva-aineistojen yhteydessä on välttämätöntä liittää kuvaan metadata, jonka avulla kuvan merkitys voidaan säilyttää ymmärrettävänä. Käytännössä täytyy vähintään tallettaa tieto kuvan ottoajasta ja -paikasta, sekä kuvassa näkyvien kohteiden edes summittaista sijaintia tai maantieteellistä sijoittumista kuvaava tieto. Metadata on olennaista kaikille kuville: opetusaineiston kuvien metadatan avulla voidaan esimerkiksi ohjata lisääaineiston hankintaa. Erityisen tarpeellista metadata on konenäön avulla analysoitaville kuville, koska analyysissä havaitut laatupoikkeamat ja muut havainnot on voitava ajoittaa ja paikantaa toimenpiteitä varten.

Annotointi on myös metadatan liittämistä aineistoon. Tämä on usein ihmisen kuvassa näkemiin kohteisiin liittyvää tietoa. Tieto on **semanttista**, jos se luonnehtii kuvan näkymää jonkin aihepiirin avainsanoin, kuten säätila tai ajoneuvon tyyppi.

Kuvan segmentointi tarkoittaa kuvan pikseleiden jakamista osa-alueisiin jonkin luokittelun mukaisesti.

Kuvan semanttinen segmentointi tarkoittaa kuvan segmentointia alueisiin, joihin liitetään tietyn aihepiirin avainsanat.

Tässä dokumentissa "Annotoitu kuva-aineisto" tarkoittaa etupäässä semanttisesti segmentoituja kuvia. Nämä voivat olla joko käsin tai koneellisesti segmentoituja.

3.2 Merkitys ja arvo

Annotoidun aineiston ilmeinen käyttötarkoitus on konenäön opettaminen. Sen lisäksi annotoidulla aineistolla voidaan arvioida konenäön suorituskykyä. Varsinaisen konenäköjen sertifiointi vaatisi jatkuvasti merkittäviä määriä uutta laadukasta annotoitua aineistoa, joten tätä mahdollisuutta ei luultavasti kukaan toimijoista tule tarjoamaan. Paitsi konenäön opettamiseen ja suorituskykyarviointiin, annotoitua kuva-aineistoa voidaan käyttää esimerkin tai normin omaisesti. Esimerkiksi Väyläviraston laatuksikirjojen esimerkkikuvia voidaan täydentää esimerkkikokeelmilla. Pidemmällä aikavälillä saattaa olla mahdollista ilmaista laatuormeja jopa kokonaan annotoitua kuva-aineistoa käyttäen.

Annotoidun kuva-aineiston arvo määräytyy mm. seuraavista tekijöistä:

- Kuvien tekninen laatu
- Aineiston kattavuus: ajallinen, maantieteellinen ja kohdekattavuus mahdollistavat tarkoituksenmukaisen opetusaineiston saatavuuden ja hakemisen, vrt. poroista varoittavat liikennemerkit tai liikenneruuhkat.
- Kohteiden osoitustarkkuus
- Termien oikeellisuus
- Saatavuus:
 - Ehdot, joilla aineistoa voi noutaa
 - ylläpidetty rajapinta, jolla voidaan tehdä hakuja ja saada aineistoa sopivissa muodoissa.
- Siisteys:
 - yhdenmukainen ja yksiselitteisesti identifioitu termistö.
 - yhdenmukainen, hyvin dokumentoitu esitystapa.
 - Päivitys annotointitavan muutostilanteissa:
 - Annotoinnin automaattinen lisäys.
 - Annotoinnin manuaalinen lisäys.
 - Kriteeri aineiston vanhentumiselle ja sen täyttymisestä seuraava poisto.

Annotoitu kuva-aineisto on taloudellisesti arvokasta. Käsin annotointi on työvoimaintensiivistä ja hidasta työtä. Uuden konenäön perustaminen vaatii käytännössä joko käsin segmentoitua tai valmiiksi suorituskykyisellä konenäöllä kone-segmentoitua aineistoa. Myöskään konesegmentointi ei ole ilmaista ja jos siihen liitetään tarkastuskierros, se nostaa hintaa tuntuvasti.

Esimerkkejä annotointityöstä: Laatikolla ympäröinti 7 sekuntia/kohde, nopea monikulmio-osoitus 20 sekuntia/kohde, tarkka osoitus monikulmiolla 54 sekuntia/kohde [2]. Lähteessä [3] yhden kaupunkikuvan kattava semanttinen segmentointi (97% kuva-alasta) taustan kohteista etualalle päin vei 1,5h/kuva.

Siinä missä konesegmentoidulla aineistolla voidaan eräässä mielessä siirtää suorituskykyä konenäöltä toiselle, tässä on oltava varovainen: myös virheet ja vinoumat siirtyvät helposti.

3.3 Laatumittarit

Eri konenäön tehtävät vaativat eri laatuista opetusaineistoa. Hankalat tunnistehtävät voivat vaatia muihin tehtäviin menestyksellä sovelletun aineiston laadun parantamista [4].

Väyläviraston tarkoitus on kerätä kaiken laatuista aineistoa erottelematta. Kuitenkin jos aineisto kuuluu urakan velvoitteisiin, sille luultavasti esitetään automaattisesti kontrolloitavia teknisiä laatuvaatimuksia. Tällöin on vaadittava kuva-aineiston toimittamista sellaisenaan: sen laatulukuja ei saa keinotekoisesti parantaa, tai luoda kuvista automatisoidusti esim. leikkaamalla tai peilamalla uusia variantteja.

Laatumittareita ennakoidaan käytettävän usein eri tavoin. Hankaliin tunnistustehtäviin voidaan haluta ennalta valita riittävän laadukas opetusaineisto. Toisaalta konenäkö voidaan vahingossa opettaa liian laadukkaaksi rajatulla opetusaineistolla. Tällöin heikkolaatuisesta kuvavirrasta voi epäonnistua tunnistustehtävä, joka saadaan onnistumaan, kun opetusaineistoa täydennetään heikkolaatuisemmilla annotoiduilla kuvilla.

Esittelemme esimerkinomaisesti kaksi tunnuslukua, jotka luonnehtivat kuvien laatua. Liitteen 2 näyteaineiston kuvista on laskettu nämä tunnusluvut.

Terävyys voidaan arvioida soveltamalla kuvaan Gaussin pehmennystä (tässä 7×7 pisteen ytimellä) ja laskemalla näin saadun kuvan ja alkuperäisen kuvan pikselien kaikkien värikanavien arvojen erotus. Tämä jaetaan valoisuusarvojen maksimilla (255, jos värisyvyys 8 bittiä) ja lasketaan tuloksesta neliösumma. Neliösumma jaetaan kuvan pikseliväriarvojen lukumäärällä, jotta kuvakoolla ja värikanavien lukumäärällä ei olisi merkitystä tunnusluvun arvoon. Tulos on nollan ja yhden välillä oleva luku, joka voi olla hyvin lähellä nollaa. Käyttökelpoinen vertailuasteikko saadaan, kun tulokseen lisätään hyvin pieni luku, esim. $10e-16$ ja summasta otetaan kymmenkantainen logaritmi. Jos tulos on suurempi kuin -3.0 , kuva on varsin terävä. Jos tulos on alle -4.0 , kuva on hyvin pehmeä. Näyteaineiston heikoin arvo on -4.1 kuvalla numero 15, joka on kuvattu vähäisessä valossa maantienopeudessa. Paras näyteaineiston terävyys on -2.3 näytekuvalla 73, joka on kuvattu kesällä kirkkaassa valossa ja hitaassa vauhdissa. Lisäksi siinä on runsaasti yksityiskohtaista tekstuuria kasvillisuudessa. Alla esimerkkikuvissa arvot -3.4 , -4.3 , -4.8 ja -5.0 .



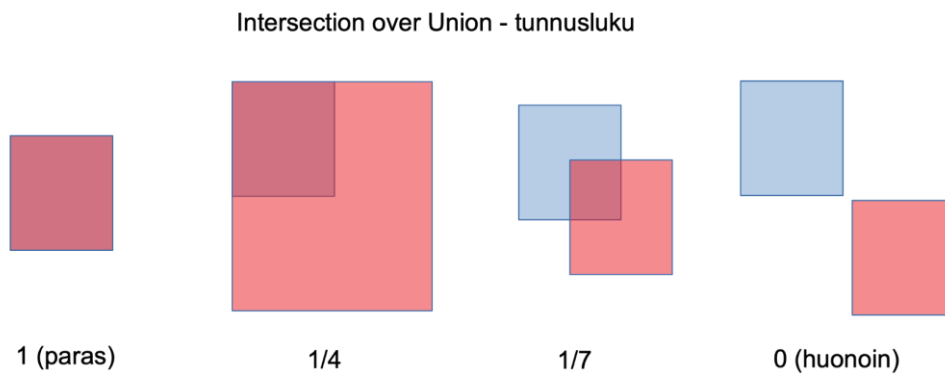
Kuva 2. Esimerkkikuvasarja terävyydestä.

Kontrasti: Käytämme seuraavasta tunnusluvusta sanaa kontrasti, vaikka itse asiassa heikko kontrasti on vain yksi syy tämän tunnusluvun matalaan arvoon. Kontrastitunnusluvulla mitataan, kuinka tehokkaasti saatavilla olevia valoisuusarvoja hyödynnetään. Luku lasketaan järjestämällä kuvan 256:n arvon valoisuushistogrammi (syy valintaan on kuvien tyypillinen 8-bittinen syvyys) kasvavaan järjestykseen ja jakamalla tulos kuvan pikselilukumäärällä. Näin histogrammin lukemien summa on 1. Tämän jälkeen etsitään järjestetyn histogrammin alusta lähtien ensimmäinen lukema, jossa keskiarvo $1/256$ saavutetaan tai se ylittyy. Olkoon lukeman järjestysluku N . Parhaimmillaan tämä tapahtuisi ensimmäisessä lukemassa (kaikkia valoisuusarvoja yhtä paljon), huonoimmillaan vasta viimeisessä lukemassa (kuvassa käytännössä vain yhtä valoisuusarvoa). Jotta histogrammin lukemien lukumäärä ei olisi merkitsevä, jaetaan N 256:lla. Näin saadaan luku n , joka on väliltä $[0,1]$. Koska arvo $n = 1$ on huonoin mahdollinen, muodostetaan tunnusluku $2^{*(1-n)}$. Näin arvo 0 on huonoin ja arvo 2 paras mahdollinen. Näyteaineistossa heikoin arvo 0.3 on kuvalla numero 31, jossa on paljon tummaa edustaa ja kirkkaalta taivaalta matalalta paistava aurinko. Paras kontrasti 1.1 on kuvalla numero 62, joka on kuvattu valoisana pilvipoutaisena kevätpäivänä. Seuraavien esimerkkikuvien kontrastit ovat 0.8, 0.6, 0.2 ja 0.1.



Kuva 3. Esimerkkikuvasarja kontrastista.

Kohteiden **osoitustarkkuus** parantaa aineiston laatua, koska sen avulla voidaan vähentää opetuksessa tarvittavien kuvien määrää ja mahdollistaa vaikeampien tunnistustehtävien opettaminen. Osoitustarkkuuden arvioinnin on oltava automatisoitavissa, ja tämä tapahtuu joko käsin annotoituun aineistoon vertaamalla tai riittävän luotettavasti toimivaa referenssikonenäköä apuna käyttäen. Paljon käytetty mittari on leikkauksen ja unionin osamäärä (Intersection over Union, IoU), jossa molempien valitsemien pikselien lukumäärä jaetaan niiden pikselien lukumäärällä, jotka jompikumpi on valinnut. Näin saadaan tunnusluku, joka luonnehtii yksimielisyyttä välillä $[0,1]$.



Kuva 4. Leikkauksen ja unionin osamäärä, Intersection over Union.

Jos osoitustarkkuudelle halutaan esittää vähimmäisvaatimuksia, IoU ei mittaa niitä kovin hyvin. Tällöin on analysoitava referenssikonenäön suorituskykyyn tukeutumalla pahin tapaus, jota voidaan käyttää testattavan konenäön suorituskyvyn alarajana.

Esimerkki: oletetaan, että 1% virheeseen pystyvä konenäkö teki kaikki virheensä pikseleissä, jotka myös testattava konenäkö valitsi. Näin saadaan alaraja testattavan konenäön oikein osoittamille pikseleille ja yläraja väärin menneille.

Alle n. 5% osoitusvirheen valvonta on käytännössä mahdotonta.

Kuvan metadatan avulla säilytetään kuvan merkitys. Vähimmillään tulisi tietää kuvauspaikka ja -aika, sekä mielellään kuvaussuunta. Itse metadatan laatu riippuu esimerkiksi paikka- ja suuntatiedon tarkkuudesta ja aikatiedon paikkansapitävyydestä. Näin voidaan tarkemmin ymmärtää, mitä kuvassa näkyy ja milloin kuva on otettu. Metadatan avulla voidaan myös arvioida laajemman aineiston laatua, kuten ajallista kattavuutta ja paikallista kattavuutta.

4 Annotoidun aineiston hankinta- ja julkaisuprosessi

Käsitellään kaikki aineiston hankintaan ja sisällön määrittelyyn liittyvät prosessit osana hankinta- ja julkaisuprosessia.

4.1 Annotointitermistöjen määräytyminen

Annotointitermistöjen kiinnittämisen tekee Väylävirasto. Termistön määräytymisjärjestys on seuraava:

1. Jos termistö määräytyy lakitekstissä, käytetään termistöä ja identifioidaan lähde viittaamalla lainkohtaan. (Esim. liikennemerkki)
2. Käytetään määräytymisperusteena Väyläviraston laatukäsikirjaa.
 - Identifioidaan ensisijaisesti sähköisesti julkaistun dokumentin ISBN-numerolla.
 - Toissijaisesti julkaisusarjan tunnus.
 - Lopulta (Nimi, Julkaisija, Julkaisuvuosi)
 - Tarkennetaan tarvittaessa viittaamalla oleelliseen lukuun/kappaleeseen.
3. Väyläviraston Tietosisältökuvaus
 - Jos näitä käytetään, on oltava käytännöllinen viittaustapa: tämä on sähköinen dokumentti, joka ilmeisesti päivittyy silloin tällöin.
4. Väylävirasto kokoaa työryhmän kiinnittämään nimikkeistön.
 - Työryhmän tulee
 - julkaista termistö ISBN-numerolla identifioitavana julkaisuna, sekä
 - julkaista termistö sähköisesti ensisijaisessa termistöformaatissa.

4.2 Toimijat

Jaotellaan kohdassa ("Ennakointi, Toimijat") esiteltyt alueurakoiden toimijat annotoidun aineiston kannalta. Annotoidun aineiston tuottajat ovat

- Urakoija
- Mahdollisesti laatukonsultti
- Mahdollisesti inventoija
- Väylävirasto

Tilaaajat ovat

- ELY-keskukset
- Väylävirasto

Hyödyntäjiä ovat

- Viranomaiset, oppilaitokset
- Muut

4.3 Insentiivit

Kuvadataa ennakoidaan kertyvän etupäässä hoitourakka-, mittaus- ja inventointitoimeksiantojen puitteissa sopimusten mukaisesti. Lisäksi voidaan tilata erillisiä kuvauskampanjoita. Pääosan kuvamääräisestä annotoimattomasta aineistosta ennakoidaan kertyvän näin.

Vaikka tällainen systemaattinen annotoitavaksi sopivan kuva-aineiston keruu on mahdollista myös kuluttajalaiteilla, on vaikea nähdä insentiivejä, joilla autoilijat yleisemmin saataisiin hankkimaan aineistoa, koska keruujärjestelmät varaavat puhelimen. Lisäksi kertyvä kuvamäärä merkitsee suurehkoa tietoliikennekapasiteetin tarvetta (3 sekunnin kuvausvälillä minuutissa kertyy kohtuullaisia jpeg-kuvia noin 5-10 megatavua). Heikon dataverkon alueilla tai datan siirtomäärän mukaan laskutettavalla liittymällä on vaikea luoda riittävää insentiiviä. Yksittäisiä ongelmaraportteihin liittyviä kuvia saadaan, mutta niiden metatiedot voivat olla puutteelliset.

Konenäön opettamiseen tien hoidon ja ylläpidon edellyttämälle luotettavuustasolle tarvitaan annotoitua aineistoa tyypillisesti hyvin suuri määrä, kertaluokkaa tuhansia kuvia kutakin kohdetta. Tarpeeseen vaikuttavat tavoiteltavan tunnistustehtävän vaikeus ja aineiston laatu - erityisesti osoitustarkkuus (joka siis sisältää ristiriidattomuuden). Aineiston kokoamiseksi Väylävirasto voi tilanteen mukaan joko ostaa valmiiksi annotoitua aineistoa tai annotoida kuva-aineistoa itse. Osana mittaus-, kunnossapito- tai inventointisopimusta vaihdon peruste on **taloudellista korvaus**, kuten nykyisessäkin toiminnassa. Samoin erillistoimeksiannoissa. Koska annotoidussa kuva-aineistossa on kyse uudesta aineistolajista, sitä koskevia tarjouksia on aluksi vaikea laatia. Toiminta kannattaa siksi aloittaa pienimuotoisesti.

Toinen aineiston toimittamisen insentiivi voi olla **aineiston vaihto**, lähinnä tuottajien kesken. Tällöin aineiston automatisoitavat laatumittarit voivat auttaa aineiston vaihtoarvon määrittämisessä. Yksi Väyläviraston konenäkökyvyn mahdollinen käyttö onkin vaihdantaekosysteemin tukeminen, mikäli sitä käytetään vaihtoon annettavien aineistojen laadun analysointiin.

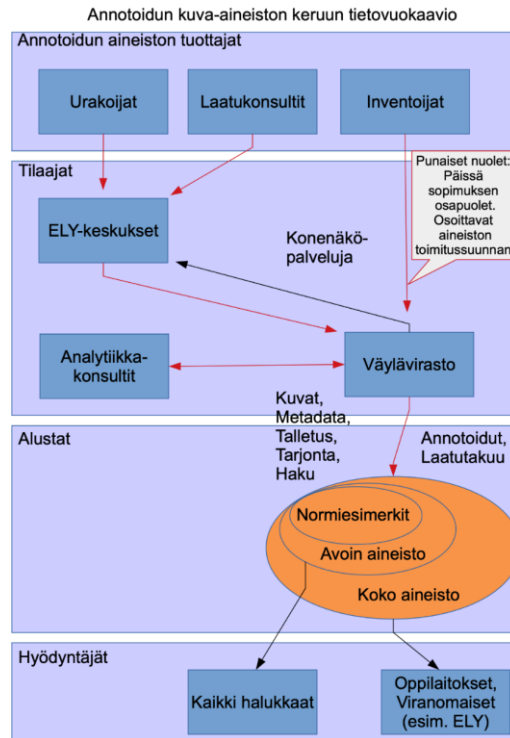
Yksityishenkilöt voidaan mahdollisesti saada tuottamaan annotoitua kuva-aineistoa ns. puhdetöinä, mikäli heidät saadaan **vakuutettua tienhoidon palvelun paranemisesta**. Tällöin kyseeseen tule lähinnä rajatulla joukkoistamisella kerätty aineisto, jonka sisältö ja esitystapa tiedetään vaatimusten mukaisiksi. Annotointia varten on oltava virhemahdollisuudet minimoiva selaintyökalu ja automatisoitu jälkikäteiskontrolli tahattomien ja ilkkivaltaisessa tarkoituksessa tehtyjen virheiden varalta.

Koska kuva-aineiston tallentaminen aiheuttaa kustannuksia, aineiston luovuttaminen muualle säilytykseen tuottaa säästöä. Tämän edellytys on vastaanottajan antama staattinen osoite kuvaan ja takeet säilytyksestä tietyn ajan. Käsin annotoidun aineiston määrä on aina niin pieni, ettei tämä ole taloudellisesti merkittävää, mutta esimerkiksi konesegmentoidun aineiston kohdalla tilanne voi olla toinen. Tekstissä olevan lähdeviittauksen tarkoituksena on viitata julkaisun

lopussa olevaan kirjallisuusluetteluun, jossa esitetään tarkat bibliografiset tiedot siteeratuista julkaisuista. Lähdeviitteen on ohjattava lukija vaivattomasti lähdeluettelon oikeaan kohtaan.

4.4 Tietovuokaavio

Esitetään annotoidun kuva-aineiston tietovuokaaviona. Pidetään aineiston toimittamisen perusteena lähtökohtaisesti sopimusta, riippumatta sopimuksen taloudellisesta tai muusta vastikkeellisuudesta koskevasta sisällystä. Annotoidun aineiston virtaus ilmaistaan punaisiin nuolin, joiden päissä ovat sopimusosapuolet.



4.5 Julkaisu

Tarvitaan alusta, jossa julkaistaan materiaalia, jolla on arvoa luvun 4.2 mielessä. Julkaisijat ovat tahoja, joilla on insentiivi julkaista aineistoa ja resursseja ylläpitää aineiston arvon takaavaa rajapintaa hakupalveluineen.

- Väylävirasto aikoo tallettaa ja tarjota annotoitua aineistoa ja hakutoiminnot
- "Vaihtokauppa-alusta" vaikuttaa epätodennäköisemmältä, koska alustan ylläpidon täytyy olla taloudellisesti kestävä.

Väylävirasto julkaisee aineistoa seuraavien periaatteiden mukaan:

- Aineisto, jonka immateriaalioikeudet Väylävirasto omistaa, voidaan julkaista avoimena, mutta avaaminen harkitaan tapauskohtaisesti.
- Kaikkea aineistoa ei välttämättä julkaista. Ennen aineistolajin julkaisemista on tehtävä vaikuttavuusarvio.

5 Johtopäätökset

Tieliikenteeseen liittyvä tekniikka on nopeassa muutoksessa ja tienhoidon tarpeisiin kerättävän aineiston määrä on kovassa kasvussa tehokkaampien keräysvälineiden ja tapojen myötä. Suuri määrä kasvusta on kuva-aineistoa. Johtopäätösten veto aineistosta on suurelta osin automatisoitava. Jotta samasta aineistosta eri tahojen vetämät johtopäätökset olisivat samansuuntaiset, nimitykset ja tunnusluvut on standardoitava. Erityisesti kuva-aineistosta tullaan vetämään paljon erilaisia johtopäätöksiä, joten konenäön standardisointi on erityisen tärkeää.

Vastaava kehitys on tapahtumassa myös kansainvälisesti. Koska digitalisaatioon liittyy usein nopeita toimintaympäristömuutoksia, kansallinen standardointi tulee ottaa ensi tilassa keskusteluun. Tämä julkaisu tarjoaa keskustelulle lähtökohtia.

Väyläviraston selkeä tavoite on konenäkökyvyn rakentaminen tienhoidon viranomaisanalyysien tarpeisiin. Tämä edellyttää suuren annotoidun kuva-aineiston keräämistä neuroverkkoihin perustuvan konenäön opettamiseen. Keruu voi tapahtua kolmella eri päätavalla: toimeksiantoina taloudellista korvausta vastaan, vaihtomarkkinoilla ja omalla annotointityöllä. Väyläviraston tarkoitus on kerätä aineistoa jalostusastetta ja laatua rajaamatta. Taloudellista korvausta vastaan toimitettavan aineiston laadulle on luultavasti tarkoituksenmukaista esittää vaatimuksia.

Annotoitu aineisto on arvokasta. Sen arvo riippuu paitsi siihen käytetystä työpanoksesta, myös raakamateriaalin laadusta sekä suoritettujen annotointien laadusta. Näille on oltava automatisoidusti evaluoitavat tunnusluvut ja muutamia sellaisia esimerkinomaisesti käsitelläänkin tässä raportissa. Aineiston taloudellisen arvon vuoksi sen toimeksiantoluonteinen kerääminen tulee aloittaa rajatuissa ja huolellisesti suunnitelluissa ja raportoitavissa piloteissa.

Yhdenmukainen annotointitapa edellyttää annotointitermistöjen standardointitapaa. Standardoinnin tulee koskea termistöjen määräytymistapaa, niiden lähdedokumenttien yksilöintitapaa, teknistä tietosisältöä ja ensisijaista esitystapaa. Liitteessä 2 on ehdotettu termistöjen esitystapa JSON-tiedostomuotoa käyttäen.

Annotointien ja laatu-tunnuksien esittämiseen Väyläviraston kannattaa kiinnittää ensisijainen esitysmuoto. Tähän julkaisuun liittyvä näyteaineisto (Liite 2) on esitetty JSON-muotoon perustuvalla esimerkinomaisella tavalla.

Väyläviraston suunnitelmissa on myös julkaista annotoitua aineistoa vaikutusarvioiden jälkeen omalla alustallaan. Alusta tarjoaa sijaintiin, aikaa, annotointikohteisiin ja materiaalin laatuun perustuvat hakutoiminnot. Aineistoa on tarkoitus käyttää normiesimerkkien esittämiseen ja konenäköratkaisujen suorituskäytön arviointiin. Väylävirasto suunnittelee toimivansa mahdollistajana konenäkömarkkinoiden kehittämisessä laskemalla oppilaitosten, yritysten, harrastajien ja muiden konenäkösovellusten kehittäjien kynnystä uusien tekniikoiden käyttöönottoon.

Lähteet

- [1] "Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa", Mäenpää, Niskanen, Pyllkkö, Ropponen, Silven, Tiehallinnon selvityksiä 26/2008
- [2] "Predicting Sufficient Annotation Strength for Interactive Foreground Segmentation", S. D. Jain, Kristen Grauman, University of Texas at Austin, 2013
- [3] "The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding", M. Cordts, M. Omran, S. Ramos, T. Rehfeld, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth, B. Schiele, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 3213-3223
- [4] "Object Contour Detection With a Fully Convolutional Encoder-Decoder Network", J. Yang, B. Price, S. Cohen, H. Lee, M.-H. Yang; The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 193-202
- [5] <https://tools.ietf.org/html/rfc3339>
- [6] "Standard ECMA-404: The JSON Data Interchange Syntax", 2. painos 2017, <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>
- [7] <https://tools.ietf.org/html/rfc3629>
- [8] ISO/IEC 10646:201

Tekniset vaatimukset ja tarpeet

Kuvien laadulle ei ole yleisiä vaatimuksia, mutta kuvien metadatan tulisi sisältää vähintään

- UTC-aika RFC3339:n [5] mukaisesti,
- kuvauskohdan WGS84-koordinaatit (joita GPS käyttää),
- kuvauskohdan ETRS89-TM35FIN-koordinaatit (Suomessa käytetyt, koordinaattilukujen erotus vastaa metrejä),
- kuvan ottoilmansuunta (näyteaineistossa avainsanalla "bearing", asteina välillä [0,360), pohjoinen 0, itä 90)

Jotta kuva-aineisto voidaan jättää vastaanottajan säilytettäväksi,

- tarvitaan staattisten osoitteiden palauttaminen kuvia vastaan ja
- tarvitaan minimisäilytysajan takaamista ja eksplisiittistä ilmaisua kuvan vastaanoton kuittauksessa.

Annotointitermistöiltä vaaditaan seuraava minimisisältö:

- termistön lähdedokumentin yksilöivä tunniste (ks. "Annotointitermistön määräytyminen", kohta 2),
- yksikäsitteinen tunniste, jonka ei tarvitse olla ihmiselle helppolukuinen,
- termistöön liitettävien kohteiden osoitustapa ("Irrallaan taustasta osoitettava" tai ei).
- Lisäksi suositellaan termin "Tuntematon" liittämistä termistöihin. Esimerkki: liikennemerkkin tyyppi voi olla tunnistettavissa kuvasta, mutta sen kuntoa ei voi kuvasta arvioida.

Annotointitermistöjen esitysformaattia koskien ehdotetaan:

- termien yksilöintiä kiinteällä termien järjestyksellä (JSONissa [6] Array), eikä esimerkiksi tietyn kielisellä avainsanalla ja
- yhden ensisijainen formaatin valintaa. Esitysmuotona esim. UTF-8 [7], [8] enkoodatulla JSONilla. Ks. Liite 2.

Aihepiirit kannattaa jaotella termistöihin seuraavia periaatteita noudattaen joustavuuden ja päivitettävyyden takaamiseksi:

- Samojen kohteiden eri ominaisuudet sijoitetaan eri termistöihin.
- Laitteiden eri osat omiin termistöihinsä.
- Erityisesti laatuluokitus omaksi termistöksen.

Nämä periaatteet mahdollistavat osittaiset automaattiset päivitykset uusien rakenneratkaisujen ja arviointitapojen käyttöönoton yhteydessä ja pitävät kunkin termistön avainsanamerkkijonojen määrän hallittavana. Esimerkkeinä näiden periaatteiden soveltamisesta ovat Liitteessä 2

- Kaiteet (Kaidetyyppi, pylvästyyppi, korkeus, johteen kunto, "pylväät ja kiinnitykset") ja
- Päällystevauriot (tyyppi, korjaustarve)

Annotoinnilta vaaditaan seuraava minimietosisältö:

- Kuvan esitys: (Kuvan yksikäsitteinen tunniste URI sekä hakukeino URL, MIME-tyyppi, mahdollisesti esim. SHA265-tarkistussumma)
- Käytetyn annotointitermistön yksikäsitteinen tunniste
- Yksikäsitteisten avainten liittäminen termistön termeihin (Termeillä kannattaa olla kiinteä järjestys, jolloin sitä voi käyttää).
 - Avain kannattaa vaatia annotointiesityksen sisäiseksi, jolloin siltä vaaditaan vain yksikäsitteisyys.
- Osoitetun alueen kuvaus:
 - Esim. Suljetut yksinkertaiset monikulmiot ilmaistuna avain-sanalla ja listalla kärkipisteiden kuvakoordinaatteja.
- Kuhunkin osoitettuun alueeseen liitetty yksikäsitteinen avain.
 - Avain on annotointiesityksen sisäinen, jolloin siltä vaaditaan vain yksikäsitteisyys.
- Joukko annotointirelaatioissa olevia avainpareja, joista toinen osoitetun alueen ja toinen termin avain.

Ehdotetaan valittavaksi yksi ensisijainen formaatti, esitettynä esim. UTF-8 enkoodatulla JSONilla. Ks. liite 2.

Annotoidun aineiston hakua varten tulisi toteuttaa ainakin seuraavat rajaukset:

- Ajan suhteen,
- kuvauskohdan mukaan,
- kuvauskohteen sijainnin mukaan,
- kuvaussuunnan mukaan,
- annotointitermistön tunnisteiden mukaan,
- annotointitermistön avainsanan mukaan
- Esim. haku "Kaiteen johde, Kolhiintunut"

Samat haut hyödyllisiä annotoidun kuva-aineiston lisäksi myös konenäön analyysituloksille.

Näyteaineisto

Näyteaineiston tarkoitus on esitellä realistista kuva-aineistoa, ehdotettujen annotointitermistöjen tarkoituksenmukaisuutta, kuva-aineiston teknisiä laatumittareita ja kuvien metatietoja. Termistöt ja esitystavat ovat näyteluonteisia, ja ne tulee ymmärtää keskustelunavauksina. Näyteaineisto sisältää lin alueurakan ja Jalonne Oy:n käsin segmentoitua stillkuva-aineistoa, joka on semanttisesti segmentoitu monikulmioilla osoittaen. Termistöinä on käytetty kaiteita ja päällystevaurioita koskevia termistöjä. Näyteaineisto ei suoraan heijasta urakka-alueen tiestön ja varusteiden tilaa, vaan siihen on valikoitu sellaisia kuvia, joissa esiintyy termistöjen puitteissa annotoitavia kohteita.

Näyteaineisto sisältää

- Stillkuvia 89 kpl, jpeg-muodossa
- Kuvien metadata JSON-muodossa
 - UTC-aika RFC3339:n mukaisesti
 - Kuvauskohtan WGS84-koordinaatit GeoJSON-muodossa
 - Kuvauskohtan ETRS89-TM35FIN-koordinaatit
 - Kuvan ottoilmansuunta
- Kuvien laatutunnusluvut
- Termistöt
- Kuvan pikselikoordinaattien avulla esitetyt annotointiosoitukset ja niihin liitetyt termistön termit JSON-muodossa.

Näyteaineisto on saatavilla osoitteessa

https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-13_nayteaineisto_web.zip

lin ohjausryhmä on valinnut annotointikohteiksi maanteiden päällystevauriot ja maantien kaiteet. Näihin aihealueisiin sovelletaan ehdotuksen luonteisesti seuraavia annotointitermistöjä:

Päällystevauriot, 2 termistöä:

Lähde: Päällystevauriokartoituksen inventointiohje, Liikennevirasto 2017

- Otsikko:"Maantien päällystevauriotyyppit 2017"
 - Irrallaan osoitettava: ei
 - Annotointitermit: "Pituushalkeama", "Poikkihalkeama", "Verkkohalkeama", "Päällystesaumahalkeama", "Purkauma", "Reikä", "Painuma", "Paikatut päällystevauriot", "Tuntematon"
- Otsikko:"Maantien päällystevaurion korjaustarve 2017"
 - Irrallaan osoitettava: ei
 - Annotointitermit:"Ei korjaustarvetta", "Korjaustarve", "Tuntematon"

Termistö soveltuu inventointiin ja se ilmeisesti tuottaa osajoukkonaan kaiken tienhoidon kannalta oleellisen. Dokumentti määrittelee korjaustarvekynnykset.

Maantien kaiteet, 5 termistöä:

Lähde: Tierekisterin 2018 tietosisällön kuvaus

- Otsikko: "Kaidetyyppi tierekisteri 2018"
 - Irrallaan osoitettava: ei
 - Annotointitermit: "Teräspalkkikaide", "Puinen kaide", "Vaijerikaide", "Betoninen kaide", "Teräksinen putkipalkkikaide", "Kaksiputki-kaide", "Muu kaide", "Tuntematon"
- Otsikko: "Kaidepylväs tierekisteri 2018"
 - Irrallaan osoitettava: kyllä
 - Annotointitermit: "U-100", "I- tai U-160", "Ratakisko", "Betoni", "Muu materiaali", "Tuntematon"
- Otsikko: "Kaiteen johde tierekisteri 2018"
 - Irrallaan osoitettava: kyllä
 - Annotointitermit: "Kolhiintunut", "Tuntematon"
- Otsikko: "Kaiteen pylväät ja kiinnitykset tierekisteri 2018"
 - Irrallaan osoitettava: kyllä
 - Annotointitermit: "Pylväsvika", "Kaide vinossa", "Tuntematon"
- Otsikko: "Liian matala kaide, tierekisteri 2018"
 - Irrallaan osoitettava: ei
 - Annotointitermit: "Liian matala", "Tuntematon"

Termistön lähteen valinta perustuu nykyiseen inventointitarpeeseen, johon voidaan käyttää tukena konenäköä.

2.1 Termistön näyteformaatti

Termistölle kiinnitetään yksikäsitteinen avain tietojärjestelmäkäyttöön. Avaimen ei tarvitse olla ihmiselle helppokäyttöinen.

Termistöt määräytyvät aina lähdedokumentista. Ensisijaisesti lähde yksilöidään ISBN-numeroilla, mutta muutoin käytetään kaikkia muita bibliografisia tietoja, joiden on täsmättävä tarkalleen.

Jos termistö on haettavissa sähköisesti, siihen liitetään URL.

Ihmiselle esitettävässä osiossa

1. Kerrotaan saatavilla olevat kielet.
2. Annetaan annotointiotsetikko kaikilla em. kielillä.
3. Kerrotaan, onko kohde osoitettava erillään taustasta (esim. verkkoaita ei voi olla).
4. Luetellaan termivaihtoehdot kaikilla em. kielillä. Termien järjestys on ratkaiseva yksilöintitieto, ei esim. jonkin kielinen merkkijono.

Alla tämän tyyppisen termistön ilmaisutapa JSON-muodossa, ja esimerkki näyteaineiston tuottamiseen käytetystä termistöstä. Kaikki avaimet vaaditaan kieliä koskevia listoja lukuun ottamatta. Puuttuva tieto ilmaistaan null-arvolla.

```

{
  "type":"demoAnnotationLabelFormat",
  "version":<str, sisältönä kokonaisluku.kokonaisluku>,
  "identification":{
    "annotationSystemId":<str, yksikäsitteinen, ei helppolukuinen>,
    "sourceDocument":{
      "title":<str>,
      "publisher":<str> / null,
      "publicationNumber":<str> / null,
      "year":<number> / null",
      "ISBN":<str, täsmälleen, vain tavuviivoin erotettuina> / null,
      "URI":<str> / null
    },
  },
  "retrieval":{
    "URL":<str> / null,
    ...
  },
  "humanInterface":{
    "languages": [
      "fi_FI",
      <str, IETF:n mukaisesti kaksi pientä, alaviiva, kaksi suurta>,
      ...
    ],
    "title":{
      "fi_FI":<str>,
      ...
    },
    "applicationInstructions":{
      "separatelyIndicated":<boolean>, Vaaditaan
      ... Voidaan lisätä tarpeen mukaan
    },
    "terms":[ Kaikki otsikot kaikilla luvatuilla kielillä
      {
        "fi_FI":<str>,
        ...
      },
      ...,
      {
        "fi_FI":"Tuntematon", Suositus
        ...
      }
    ]
  }
}

```

Esimerkkinä päällystevaurioiden tyyppiluokittelu:

```

{
  "type":"demoAnnotationLabelFormat",
  "version":"1.0",
  "identification":{
    "annotationSystemId":"7300d8f6408e338aaafce194121d3a1f",
    "sourceDocument":{
      "title":"Päällystevauriokartoituksen inventointiohje",
      "publisher":"Liikennevirasto",
      "publicationNumber":null,
      "year":2017,
    }
  }
}

```

```

        "ISBN":null,
        "URI":null
    }
},
"retrieval":{
    "URL":null
},
"humanInterface":{
    "languages": [
        "fi_FI"
    ],
    "title":{
        "fi_FI":"Päällystevauriotyypit 2017"
    },
    "applicationInstructions":{
        "separatelyIndicated":false
    },
    "terms":[
        {"fi_FI":"Pituushalkeama"},
        {"fi_FI":"Poikkihalkeama"},
        {"fi_FI":"Verkkohalkeama"},
        {"fi_FI":"Päällystesaumahalkeama"},
        {"fi_FI":"Purkauma"},
        {"fi_FI":"Reikä"},
        {"fi_FI":"Painuma"},
        {"fi_FI":"Paikatut päällystevauriot"},
        {"fi_FI":"Tunteaton"}
    ]
}
}
}

```

2.2 Annotoinnin näyteformaatti

Kunkin termistön suhteen suoritettu annotointi ilmaistaan myös JSON-muodossa. Tätä ilmaistutapaa ei pidä kaikin osin ottaa valmiina pohjaehdotuksena, vaan näyteaineiston de facto-tiedonhaketavan määrittelynä.

```

{
  "type": "intermediateImageAnnotation",
  "annotationSystem": {
    "annotationSystemID": <str>,
    "filename": <str>,
    "URI": null / <str>,
    "SHA256": null / <str>,
    "MIMEType": "application/json",
    "targetTypes": [ Vain näitä saa käyttää ”targets”-osiossa
      "polygon",
      ...
    ],
    "labels": [ Sidottu termien järjestykseen
      {
        "key": <str, termiavain, koskee vain annotointitiedostoa>,
        "strings": {
          "fi_FI": <str>,
          ... ,
        }
      }
    ]
  }
}

```

```
},
...,
{
  "key": <str, termiavain, koskee vain annotointitiedostoa>,
  "strings": {
    "fi_FL": "Tuntematon", Suositus
    ...
  }
}
],
"item": {
  "filename": <str, kuvatiedoston nimi>,
  "URI": null / <str>,
  "SHA256": <str>,
  "MIMEType": <str>,
  "targets": [
    {
      "type": <str, nyt vain "polygon" käytössä>,
      "definition": {
        "points": [
          {
            "x": <number>,
            "y": <number>
          },
          ...
        ],
        "origin": <str, nyt vain "upLeft" käytössä>,
        "directions": {
          "horizontal": <str, nyt vain "x" käytössä>,
          "vertical": <str, nyt vain "y" käytössä>
        }
      },
      ...
    }
  ],
  "annotations": [ Tässä ilmaistaan annotointirelaatio
  {
    "label": <str, termiavain, koskee vain annotointitiedostoa>,
    "target": <str, kohdeavain, nyt kohteen järjestysnumero "0", "1", jne.>
  }
  ]
}
```

Esimerkkinä pylviäitä ja niiden kiinnityksiä koskeva annotointi näyttekuvalla numero 68.

```
{
  "type": "intermediateImageAnnotation",
  "annotationSystem": {
    "annotationSystemID": "1116d83d64cc8ee5210cbf6fb372bd76",
    "filename": "pylvaat_kiinnitykset2018.json",
    "URI": null,
    "SHA256": null,
    "MIMEType": "application/json",
    "targetTypes": [
      "polygon"
    ],
    "labels": [
```

```
{
  "key": "0",
  "strings": {
    "fi_FI": "Pylv\u00e4svika"
  }
},
{
  "key": "1",
  "strings": {
    "fi_FI": "Kaide vinossa"
  }
},
{
  "key": "2",
  "strings": {
    "fi_FI": "Tuntematon"
  }
}
],
"item": {
  "filename": "img68.jpg",
  "URI": null,
  "SHA256": "a2f6a138d52c8a038364a4ecdce2c32d5a2614f4899a2ccad53440d454130fd7",
  "MIMEType": "image/jpeg",
  "targets": [
    {
      "type": "polygon",
      "definition": {
        "points": [
          {
            "x": 138,
            "y": 861
          },
          {
            "x": 172,
            "y": 829
          },
          {
            "x": 189,
            "y": 830
          },
          {
            "x": 157,
            "y": 864
          }
        ]
      },
      "origin": "upLeft",
      "directions": {
        "horizontal": "x",
        "vertical": "y"
      }
    }
  ]
},
"annotations": [
  {
```



```
"label": "0",
"target": "0"
}
]
}
```

Kuvan xxx.jpg annotointi termistön yyy suhteen on näyteaineistossa xxx_yyy.json-tiedostossa.

2.3 Metadatan ja laatulukujen esitykset

Kuvien metatiedot esitetään JSON-muodossa seuraavasti:

```
{
"filename": <str, kuvan tiedostonimi>,
"timestamp": <str, RFC3339:n mukainen>,
"geometry": { GeoJSONin mukainen
"type": "Point",
"coordinates": [ <num, pituusaste>, <num, leveysaste>
]
},
"bearing": <num, kameran kuvaussuunta, astelukuna pohjoisesta idän kautta [0, 360]>,
"originalFilename": null / <str, jäljitettävyyden säilyttämiseksi>,
"position": {
"etrs89tm35fin": {
"epsg": 3067,
"coordinates": {
"E": <num>,
"N": <num>
}
}
}
}
```

Metatiedot ovat näyteaineistossa sidoksissa kuvaan tiedostonimellään, kuvan xxx.jpg metatiedot ovat xxx_metadata.json-tiedostossa.

Laatutunnusluvut ilmaistaan seuraavasti:

```
{
"type": "demoImageQuality",
"version": "1.0",
"filename": <str>,
"quality": {
"sharpness7": <num>,
"contrast": <num>
}
}
```

Laatutunnusluvut ovat näyteaineistossa sidoksissa kuvaan myös tiedostonimellään, kuvan xxx.jpg tunnusluvut ovat xxx_quality.json-tiedostossa.



ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-676-8
www.vayla.fi