



Ilona Engblom, Turun ammattikorkeakoulu

KONENÄÖN KÄYTTÖ TEKSTILIEN RAKENTEEN TUNNISTAMISESSA

– Turun ammattikorkeakoulun konenäkö- ja
sensoritekniikan kurssin projekti Lounais-Suomen
jätehuollolle



SISÄLTÖ

| | |
|--|----------|
| 1 JOHDANTO JA TAVOITTEET | 1 |
| 2 ÄLYKAMERAJÄRJESTELMÄT | 2 |
| 2.1 Kuvien tunnistus FQ2 Touchfinder -simulaattorilla | 2 |
| 2.2 Älykamerat tekstiilien rakenteen tunnistuksessa | 3 |
| 3 NEUROVERKKOJEN JA KONEOPPIMISEN HYÖDYNTÄMINEN | 5 |
| 3.1 Microsoft Azure / Custom Vision | 6 |
| 3.2 Tensorflow.js / Teachable machine | 6 |
| 4 YHTEENVETO | 8 |

1 JOHDANTO JA TAVOITTEET

Turun ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelman konenäkö- ja sensoritekniikan kurssilla tehtiin keväällä 2020 opiskelijaprojekti, jonka tavoitteena oli tutkia konenäköjärjestelmien soveltuvuutta tekstiilien rakenteen tunnistamiseen. Projektin toimeksiantajana toimi Lounais-Suomen Jätehuolto Oy. Tarkoituksena oli selvittää, millä tunnistustekniikalla tai -tekniikoilla saataisiin koneellisesti tunnistettua kuluttajapoisto-tekstiilien rakenne ja lajiteltua ne rakenteen mukaan. Tässä projektissa keskityttiin erottelemaan toisistaan kudotut kankaat ja neulokset.

Tekstiilimateriaalin tehokas kierrätys vaatii tiedon sekä kuitujen kemiallisesta koostuksesta että tekstiilin rakenteesta, koska rakenteen määrittämä sidospisteiden määrä vaikuttaa mekaanisen kierrätysprosessin tehokkuuteen ja siitä saatavan kuidun laatuun.

Seitsemän opiskelijaryhmän lähtökohtaisena tehtävänä oli perehtyä Turun AMK:lla käytössä oleviin älykamerajärjestelmiin ja testata niiden soveltuvuutta tekstiilien rakenteen tunnistukseen. Kukin ryhmä painotti hieman eri menetelmiä ja selvitettäviä osa-alueita oman etenemisensä ja kiinnostuksensa mukaan, joten lopputulokset käsittelevät toimeksiantoa seitsemästä eri näkökulmasta. Tämä raportti on yhteenveto niistä.

2 ÄLYKAMERAJÄRJESTELMÄT

Älykameralla tarkoitetaan konenäköjärjestelmän kameraa, jossa itsessään on sisäänrakennettu tietokone, t.s. riisuttu käyttöjärjestelmä, joka sisältää yleensä ainoastaan kuvantunnistus- ja käsittelyohjelmiston. Konenäköjärjestelmään kuuluu olennaisena osana kameran lisäksi myös valaistuslaitteisto.

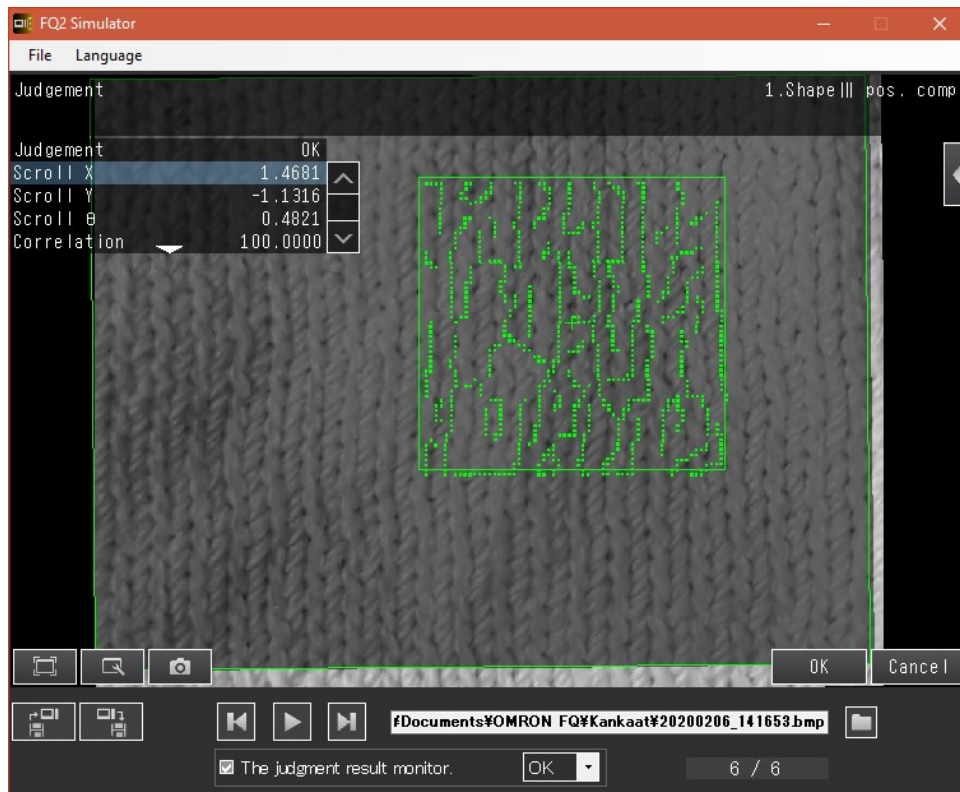
Turun AMK:n #Tehdas-oppimisympäristössä on käytössä kaksi eri älykamerajärjestelmää, Omron FH-SM21R ja Sick VSPM 6F2113, joita testattiin kankaiden rakenteen tunnistukseen. Lisäksi kaikki opiskelijat kokeilivat Omronin FQ2 Touchfinder -simulaattoria, johon syötettiin muilla kameroilla otettuja kuvia – älypuhelimien kamerat osoittautuivat pääasiassa hyvin riittäviksi tarkoitukseen, kunhan valaistus saatiin sopivaksi.

Yhteistä kaikille järjestelmille on, että tunnistus sujuu varmimmin, kun tekstiili on kuvattaessa yksinkertaisena, sileänä ja mieluusti hieman pingotettuna, jolloin sen rakenne erottuu selkeämmin. Erityisesti pingottaminen tai jopa venyttäminen paransi tiheästi kudottujen/neulottujen tekstiilien tunnistustulosta. Nämä vaatimukset aiheuttavat omat haasteensa lajittelun käytännön toteutuksen suunnittelulle.

Kuvantunnistusta käytettäessä on myös ratkaistava, miten luotettavaa ja vastaavasti nopeaa tunnistusta tarvitaan. Tekstiilien asettelu kuvattavaksi lajittelua varten parantaa tunnistustulosta mutta hidastaa prosessia huomattavasti. Sama haaste on kuvien käsitteilyllä ennen koneellista tunnistusta.

2.1 Kuvien tunnistus FQ2 Touchfinder -simulaattorilla

Rakenteiden tunnistuksen testaus aloitettiin Omronin älykamerajärjestelmän ohjelmistoa simuloivalla FQ2-simulaattorilla, jolle syötettiin tunnistettavaksi niin puhelimilla kuin tavallisilla pokkarikameroillakin otettuja lähikuvia neuloksista ja kudoksista.



Kuva 1. Esimerkki FQ2-simulaattorin muodontunnistuksesta.

FQ2-simulaattorilla enemmistö päätyi käyttämään muodontunnistusta, Shape Search III, rakenteen ominaisuuksien tunnistamiseen, ja parhaita tunnistustuloksia saaneet ryhmät käyttivät kuvissa taustavaloa, t.s. läpivalaisivat tekstiilit yksinkertaisina. Shape Search III lajittelee kuvat joko OK:ksi tai NG:ksi (not good) sen mukaan, miten hyvin ne vastaavat ohjelmalle opetettua mallikuvaa, joten käytännössä ohjelmalle opetettiin joko neulos tai kudus, ja hylätyt kuvat oletettiin siksi, jota ei opetettu.

Yksi ryhmä käytti opetettavana piirteenä kankaan sidospisteiden kokoa ja väliä, koska tyypillisesti neuloksessa ne ovat suurempia kuin vastaavan tiheyden kudotussa kankaassa. Ongelmaksi muodostuivat tiheet neulokset, koska sidospisteiden koko vastasi sitä, mikä ohjelmalle oli määriteltä kudotuksi kankaaksi.

2.2 Älykamerat tekstiilien rakenteen tunnistuksessa

Molemmat testatut Turun ammattikorkeakoulun älykamerat osoittautuivat suunnitelluiksi kappaletavara-automaation konenäkösovelluksiin, ja niiden ohjelmistot tunnistavat nopeasti ja tarkasti selkeälinjaiset kappaleet ja muodot, mutta epähomogeenisen,

rakenteeltaan, tiheydeltään, väriltään ja kuvioinniltaan vaihtelevan tekstiilimateriaalin yhtenevien piirteiden löytäminen osoittautui hyvin haastavaksi. Kameran itsessään soveltuisivat tunnistustehtävään, mutta valmistajien tarjoamista niihin kuuluvista ohjelmistoista puuttuvat tehtävään sopivat työkalut.

Opiskelijoiden kokeiluissa tuli ilmi, että tarkimman tunnistustuloksen saamiseksi tekstiilit tulisi kuvata vähintään kahdella eri valaistuksella tai erivärisillä taustoilla, koska tiheille ja tummille kankailla toimii parhaiten viisto sivuvalo, kun taas harvarakenteisemmat ja vaaleat kankaat tunnistuvat usein melko tarkastikin pelkän kirkkaan taustavalon kanssa. Vaaleiden tekstiilien rakenne erottui luonnollisesti selkeämmin tummaa taustaa vasten ja päinvastoin.

Omronin älykameran ohjelmisto vastaa toiminnaltaan ja ominaisuuksiltaan hyvin pitkälti FQ2-simulaattoria, joten sama Shape Search III -muodontunnistus oli pääosin käytössä myös älykameralla tehdyissä tunnistuskokeiluissa.

3 NEUROVERKKOJEN JA KONEOPPIMISEN HYÖDYNTÄMINEN

Kaksi opiskelijaryhmää hyödynsi kuvantunnistuskokeiluissa neuroverkkoja ja yksityiseen käyttöön ilmaiseksi saatavilla olevia pilvipalveluja, Microsoftin Azurea ja Googlen Tensorflow'ta. Lisäksi ennen Azureen siirtymistä yksi ryhmä käytti paikallisesti Python-ohjelmointikielellä tehtyä koneoppimisohjelmaa tunnistukseen. Tensorflow'n palvelusta tehtiin myös linkin kautta mobiilisti toimiva kokeiluversio, jolla kuka tahansa pystyy käyttämään puhelimen kameraa tunnistamiseen reaaliajassa.

Modernien mikroprosessorien suorituskyky mahdollistaa nykyään neuroverkkojen tehokkaan käyttämisen kuvadatan tulkintaan jopa kotikoneilla. Onnistunut sovellus vaatii aluksi suuren määrän kuvadataa, josta neuroverkolle opetetaan halutut piirteet. Tässä kokeilussa materiaalia kuvattavaksi oli runsaasti, joten opetuskuvia saatiin tarpeeksi osoittamaan, miten neuroverkkojen käyttö soveltuu tehtävään.

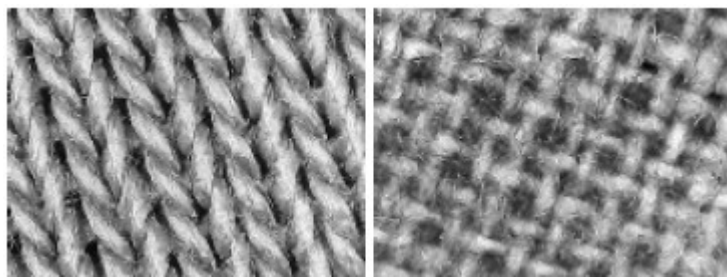
Neuroverkkoja hyödyntävän kuvantunnistuksen laitteistoksi käytännössä riittää teollisuusympäristöön suunniteltu, turvallisella internetyhteydellä varustettu PC ja riittävän tarkka ja sopivalla optiikalla varustettu kamera, josta kuvadata on mahdollista lukea suoraan esimerkiksi USB- tai Ethernet-liitännän välityksellä. Kuvauskäskyn tuonti lajittelulaitteistolta tietokoneelle ja kuvantunnistuksen tuloksen mukaisen ohjaussignaalin vieni PC:ltä lajittelulaitteistolle on mahdollista toteuttaa monin eri tavoin lajittelulaitteiston ohjausjärjestelmän kokoonpanosta riippuen.

Tarkkaan kuvaluokitteluun kykenevän neuroverkon rakentaminen alusta alkaen vaatii huomattavan määrän erityisosaamista ja pitkäkestoista kehitystyötä, mutta testien perusteella tulokset neuroverkkojen soveltamisesta kankaiden lajitteluun olivat lupaavia. Esimerkiksi Python-ohjelmointikielen Keras-koneoppimiskirjastoa käyttäen saavutettiin rajatussa testiympäristössä noin 85 %:n tunnistustarkkuus pienellä määrällä heikkolaa- tuista kuvadataa ja ilman neuroverkon optimointia. Datana käytettiin puhelimen kame- ralla otettuja mustavalkokuvia, joista ihminen pystyi erottamaan kankaan rakenteen. Ku- via oli tässä kokeilussa noin sata.

3.1 Microsoft Azure / Custom Vision

Neuroverkkotekniikan soveltuvuutta tekstiilien lajitteluun rakenteen perusteella kokeiltiin esimerkiksi Microsoftin Custom Vision -työkalulla. Se on helppokäyttöinen neuroverkkoja hyödyntävä kuvantunnistukseen erikoistunut online-työkalu, jonka tekniikka perustuu Microsoft Azure -pilvipalvelun Cognitive Services -työkalupakettiin.

Custom Vision -projektiin ladattiin 502 kankaista edullisella USB-mikroskooppikameralla otettua 160x120-kokoista harmaasävykuvaa (220 kpl neuletta, 282 kpl kudosta). Järjestelmän suositus on, että kuvakoko olisi lyhimmältä reunaltaan vähintään 256 kuvapistettä, mutta kuvadatan skaalaus suuremmaksi jätettiin järjestelmän automaation tehtäväksi kuvien lataamisen yhteydessä.



Kuva 2. Esimerkki mallin opettamiseen käytetyistä kuvista (neule, kudost).

Kokeilun tuloksena saavutettiin noin 99 %:n tunnistustarkkuus kuvien pienehköstä määrästä, kuvaamiseen käytetystä laitteesta ja kuvien pienestä koosta huolimatta. Neuroverkon tarkkuus testattiin vielä syöttämällä algoritmille samalla laitteistolla otettuja kuvia, joita ei käytetty neuroverkon kouluttamiseen.

Kokeella todettiin, että pilvipalvelun hyödyntäminen lajitteluautomaatiojärjestelmän ohjauksessa on potentiaalinen vaihtoehto. Microsoftin ohjelmistokehitystyökalut mahdollistavat pilvipalvelun resurssien paikallisen hyödyntämisen usealla eri tavalla. Tässä käytetyt työkalut ovat yksityiskäytössä ilmaisia, ja teollisessa mittakaavassa kustannukset muodostuvat käyttöasteen ja siirretyn datamäärän perusteella.

3.2 Tensorflow.js / Teachable machine

TensorFlow on Googlen kehittämä avoimen lähdekoodin ohjelmakirjasto tietovirran ohjelmointiin eri tehtäviin. TensorFlow'ta käytetään tutkimukseen ja tuotantoon Googlella.

TensorFlow on saatavilla kaikille yleisimmille käyttöjärjestelmille, ja siitä kehitetty Javascript-versio TensorFlow.js voidaan lisätä verkkosivujen html-koodiin käytettäväksi selaimessa.

TensorFlow'ta kokeiltiin tekstiilien rakenteelliseen tunnistukseen Teachable Machine -työkalun avulla. Se on web-pohjainen työkalu, jolla voidaan tehdä koneoppimismalli. Teachable Machineen ladattiin mallikuvat, joiden perusteella malli opetettiin luokittelemaan kuvia. Luokat työkalussa voi itse nimetä. Opetuksen jälkeen mallia voi esikatsella tietokoneeseen liitetyn kameran avulla, ja se voidaan myös ladata pilveen, jolloin siihen pääsee käsiksi linkin avulla esimerkiksi mobiililaitteilla. Tässä kokeilussa mobiililaitteiden kameraa käytettiin tunnistamaan kudokset ja neulokset reaaliajassa kameran kuvasta. Tunnistus voi tapahtua myös järjestelmään ladatuista kuvista.

TensorFlow'ta Teachable Machinessa testannut ryhmä käytti mallin opettamiseen vain kymmentä itse ottamaansa kuvaa kudoksista ja neuloksista, mutta niinkin pienellä

4 YHTEENVETO

Kokeilussa käytetyt älykamerajärjestelmät osoittautuivat ohjelmistoltaan soveltumattomiksi tekstiilien rakenteen tunnistukseen, koska tekstiileissä tunnistettavat piirteet vaihtelevat paljon kankaasta toiseen, kun taas ohjelmistot on selkeästi tarkoitettu selväpiirteisten kappaleiden ja ominaisuuksien tunnistamiseen.

Sen sijaan neuroverkkojen ja koneoppimisen käyttö kuvantunnistuksessa antoi lupaavia tuloksia pienilläkin opetuskuvamäärillä ja valmiita koodimalleja hyödyntäen, ja kokeiden perusteella neuroverkkotekniikka soveltuisi kankaiden rakenteelliseen lajitteluun. Kuva-
datakirjaston kasvattaminen parantaa neuroverkon toimivuutta ja luo paremmat edellytykset hyvin epähomogeenisen tekstiilimateriaalin luotettavalle lajittelulle.

Neuroverkkotunnistus ei vaadi kovalta korkeaa tarkkuutta tai suurta kokoa, mutta älykameranlaitteiston yhdistämistä siihen kannattaa testata tunnistusta kehittäessä muun muassa kuvanoton nopeuttamiseksi.