

Labrobot
Seminaari 6.5.2019

Konenäön hyödyntäminen elintarviketeollisuudessa

Pekka Sangi
Oulun yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta
Konenäön ja signaalianalyysin tutkimusryhmä

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

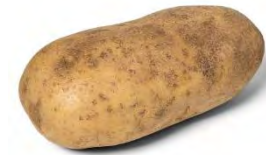
Sisältö

- Mitä konenäkö on?
- Motivaatiot käytölle
- Kuvausjärjestelmistä
- Kuva-analyysistä
- Sovellusesimerkkejä



Konenäkö

- Tarkoitukseen sopivalla **kuvausjärjestelmällä** otetaan kohteesta yksi tai useampi kuva
 - Yksittäinen kuva tarkoittaa tässä lukujen muodostamaa matriisia
 - Näitä ns. pikseleitä voi olla miljoonia
 - Vaihtelevat pikseliarvot – tietoa rakenteesta
- Tietokoneella ajettavat **algoritmit** saavat syötteenä nämä kuvat ja tekevät haluttuja päätelmiä/arvioita kohteesta
 - Esim. mikä on kohteen rakenne, koko, laatu, luokka, paikka, asento
 - Kehitystyön painopiste usein algoritmeissa



(1) kuvaus



:	:	:	:	:	:
...	100	101	93	101	...
'''	110	112	109	112	'''
'''	120	115	110	115	'''
'''	170	172	170	171	'''
'''	171	168	165	111	'''
'''	125	165	160	110	'''
'''	110	103	93	86	'''
:	:	:	:	:	:



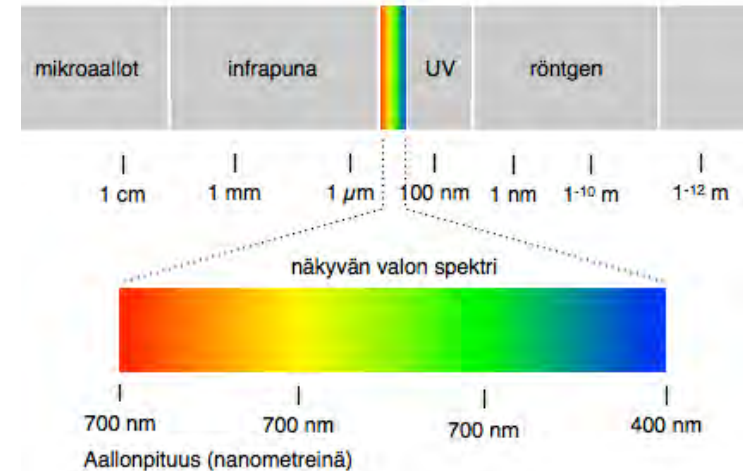
(2) laskenta



"ei pintavaurioita"

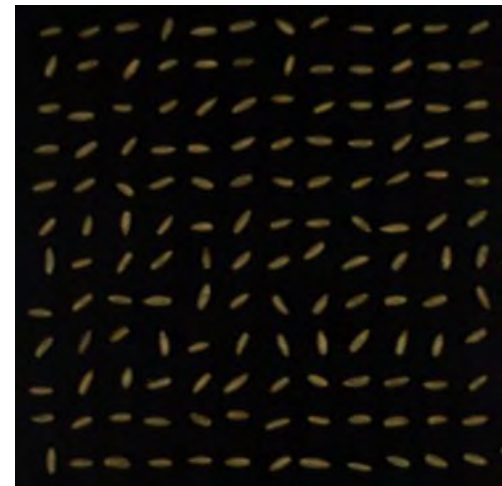
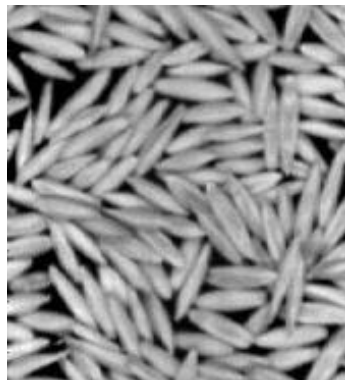
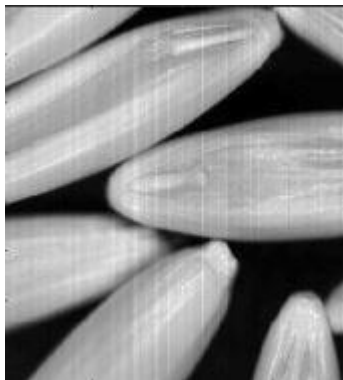
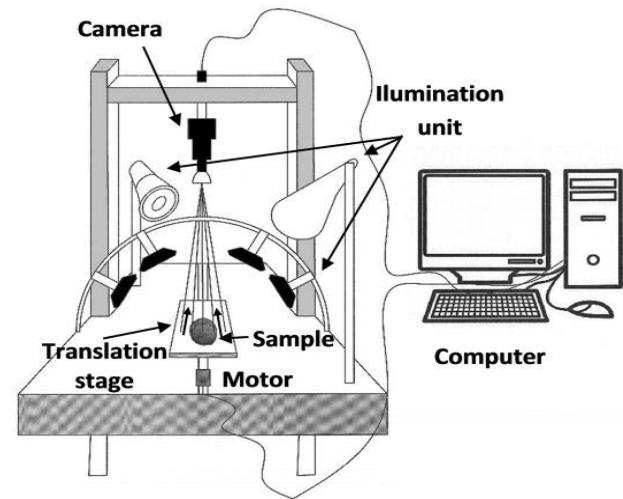
Motivaatio konenäön käytölle

- Tarkistukset keskeinen sovellus
 - elintarvikkeen laatu, turvallisuus
 - optinen lajittelu
- Konenäkö vs. ihmisen näkö
 - objektiivinen, nopea, toistettava
 - suurempi tarkkuus mahdollinen
 - ei rajoittunut näkyvän valon aallonpituuksiin
 - kyky nähdä läpi (esim. röntgensäteet)
- Ei-destruktiivisuus
 - elintarviketta/pakkausta ei tarvitse rikkoa analyysia varten
- Muita tarpeita automaatiossa
 - Robotin kamera-anturointi: konenäön avulla ymmärretään, mitä ympäristössä on
 - Tuotteen valmistusprosessin seuranta ja ohjaus
 - Pakkaustunnisteet (viivakoodit, QR, merkkien tunnistus)

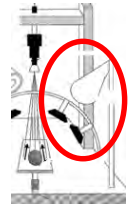


Kuvausjärjestelmä

- Kuvausjärjestelmän osat
 - Valaistus
 - Kamera(t)
 - Kuvauskohteen käsittely (mekaniikka)
- Suunnittelun tavoitteita
 - kuvat ovat hyvälaatuisia (esim. kontrasti)
 - kuvien resoluutio on riittävä
 - riittävä käsittelynopeus
 - kuvien analyysia pyritään yksinkertaistamaan

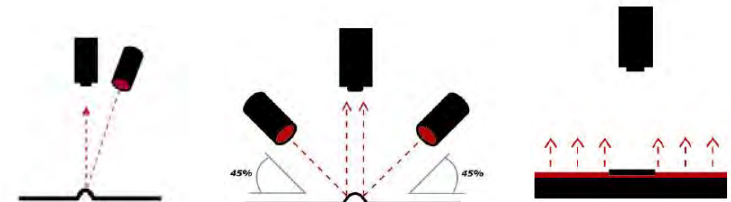
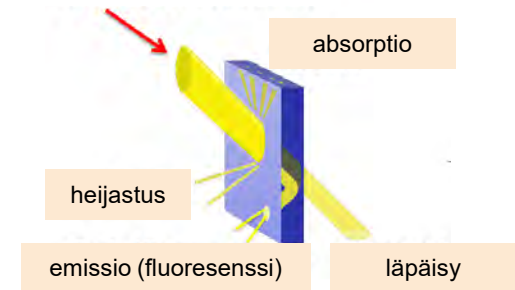


Kohteen valaisu

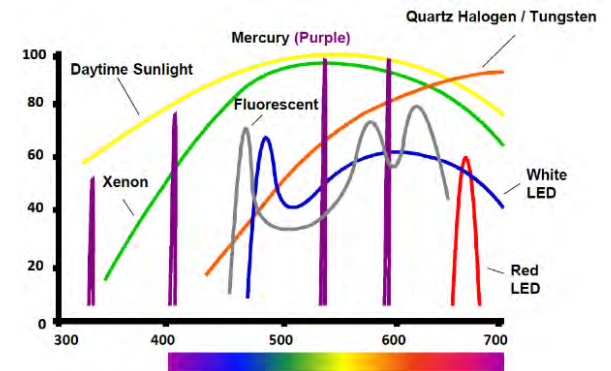


- Vuorovaikutus kuvauskohteen kanssa
 - Merkittävät aallonpituudet ongelmasta riippuvia
- Tavoite: kohdepiirteeseen sovitettu valaistus
 - Kontrasti korkea piirteelle
 - Valaisu edestä: pinnassa näkyvät piirteet esille
 - Valaisu takaa: kohteen sisäiset ominaisuudet esille
 - Rakenteinen valo / tomografia: 3D muoto / koostumus
 - Kapeakaistainen valolähde: spektritietoa tavallisella kameralla

Tuleva valo



- Huomioitavia asioita
 - Käytetyn valaisimen spektri kattaa halutun alueen
 - Ympäröivän valon vaikutus
 - Valaisun tasaisuus
 - Vertailukappaleet (musta/valko): mittauksen kalibrointi
 - Valaisun intensiteetti ja kameras asetukset (aukko, valotusaika): riittävä valotus, ei saturoitumista kuvattaessa



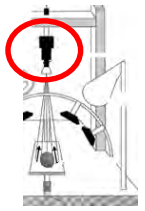
Kuvaus

- Kamera (elektroniikka) + optiikka

- riittävä tarkkuus (resoluutio)
- herkkyys aallonpituuksille

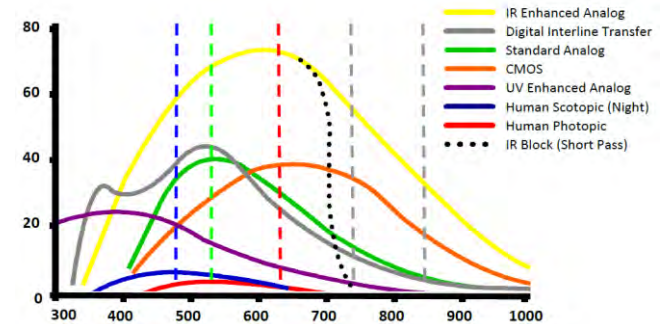


- 2/3 inch Sony CMOS Pregius sensor (IMX264LQR)
- 2,448x2,048 (5 MP), up to 24 fps
- Global shutter
- Trigger and I/O inputs



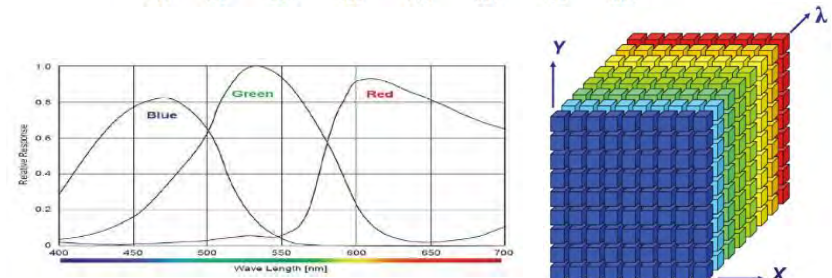
- Harmaasävykamerat

- saattaa olla tehtävään riittävä (paikka, muoto)
- valon suodatus / kapeakaistainen valotus



- Värikamerat (RGB)

- Kullakin kanavalla laaja aallonpituusalue



- Hyperspektrikamerat (HSI)

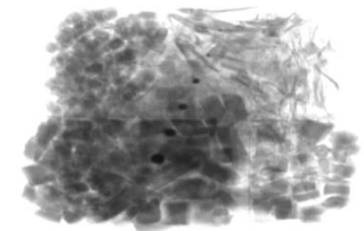
- Tietyn aallonpituusalueen spektri jaetaan suureen määrään kaistoja (leveys muutama nm)
- Tärkeä informaatio saattaa olla jo muutamalla kaistalla

- Röntgen-sensorit

- Vierasaineen ilmaisu: metalli, kivi, kumi, lasi, puu, luu ..

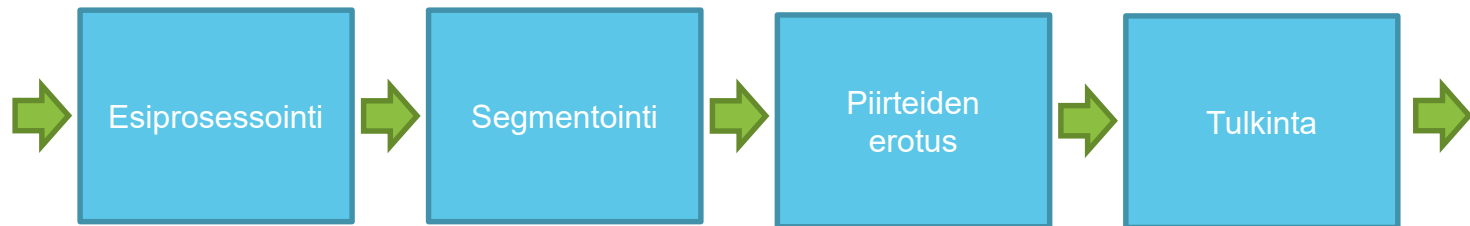
- Muita kuvantamistapoja

- MRI, Raman spektroskopia, ...



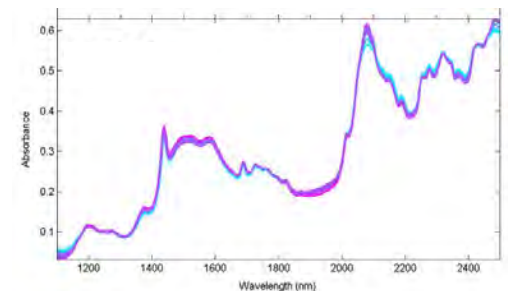
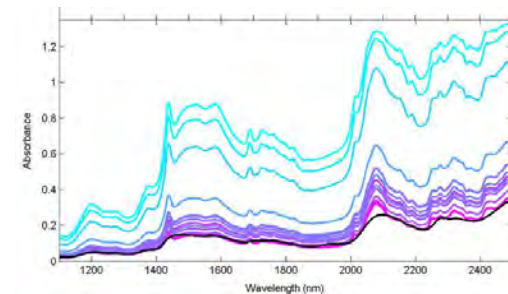
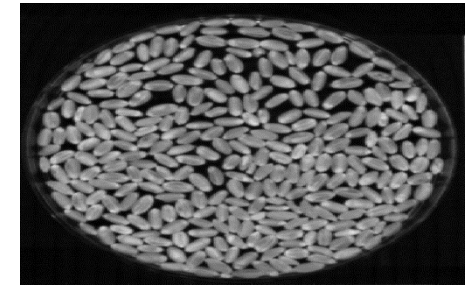
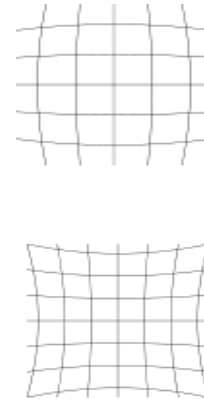
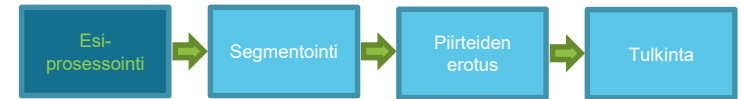
Kuvien analyysi

- Konenäön ohjelmisto-osa
- Analyysi etenee usean prosessointivaiheen kautta
- Yksinkertaistettu vaihejako

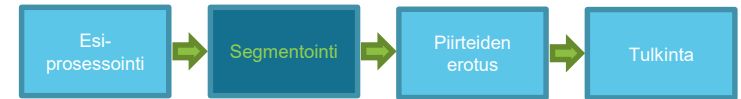


Esiprosessointi

- Kuvauksen puutteellisuuden kompensointi ohjelmallisesti
 - valmistava askel piirteiden erottamiseksi (yhdessä segmentoinnin kanssa)
- Geometriset korjaukset
 - Esim. kohteen muodon säilytys, 3D-rekonstruktio
 - Linssivääristymät
 - Kuvaustavan aiheuttamat vääristymät
- Valaistuskorjaukset
 - Epätasainen kohteen valotus kuvassa (esim. vinjetointi)
- Kohinan/häiriöiden suodatus
 - virheellisten mittausten (outliers) karsinta
 - spektridata: valon sironnan vaikutusten eliminointi
 - kromaattiset vääristymät
 - samentuminen (blur) esim. kohteen liikkeen takia
- Tiedon pakkaus
 - esim. hyperspektrikuvissa dataa paljon, mutta selkeitä riippuvuuksia

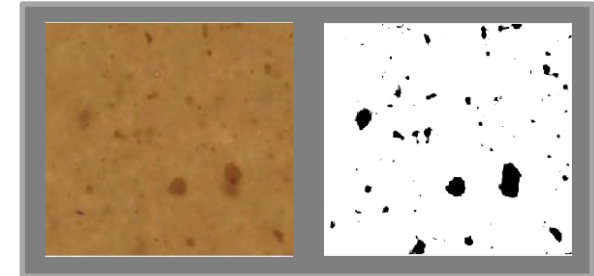


Segmentointi



- Kahdenlaisia tehtäviä:

- Kohteen erottaminen taustasta
- Kohteen osien erottelu

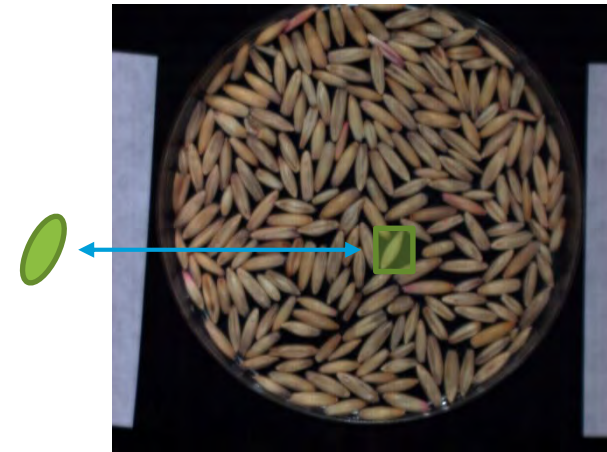


- Kynnystys

- Määritetään kynnysarvo, joka jakaa kuvaa alueisiin
- Alueiden korjailu morfologisilla operaatioilla
- Liittyvyysanalyysi => lista erillisistä alueista
- Edut: laskennallisesti kevyt, kohderiippumaton

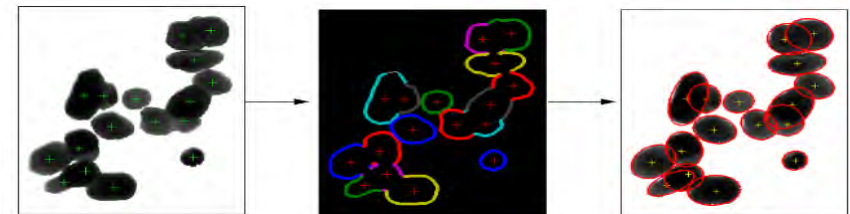
- Liukuva ikkuna

- Siirretään analyysi-ikkunaa kuvassa eri paikkoihin
- Luokitin tunnistaa ikkunan sisällön
- Hyödynnetään reuna/aluetietoa
- Edellyttää kohteen mallinnusta (miltä näyttää?)



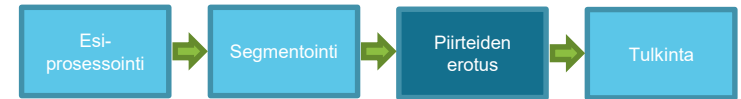
- Piirteitä yhdistelevät tekniikat

- Reunojen ilmaisu, alueiden koko, muoto, ...
- Monimutkaisuus => toimintavarmuus? nopeus?

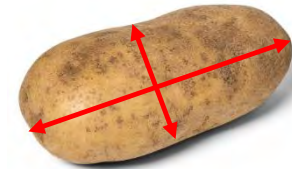


Piirteiden erotus

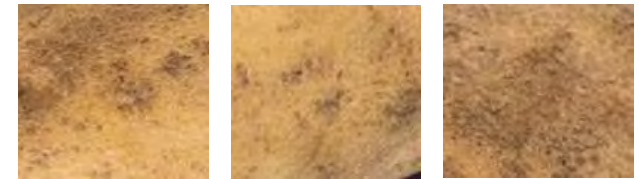
- Geometriset piirteet
 - segmentoitu alue: paikka, koko, orientaatio, muoto
 - erilaisia piirteitä kymmenittäin (Mery et al 2012: 50)
- Intensiteetti- ja väripiirteet
 - väri, tekstuuriin tilastolliset kuvaukset, kuvamuunnokset
 - vaihtoehtoja sadoittain (Mery et al 2012: 400)
- Opetetut piirteet
 - piirteiden kehittelyn sijaan ne opitaan datasta
 - neuroverkko- ja tilastolliset menetelmät, joissa piirteet opetetaan esimerkkikuvia käyttämällä
 - piirteet opitaan luokittimen/regressorin opetuksen yhteydessä
 - voidaan myös käyttää mahdollisesti toisessa kontekstissa opittuja tehokkaita piirteitä
- Paljon vaihtoehtoja: mikä on paras?
 - kokemusperäinen tunnistus - rajaus
 - vaihtoehtojen testaus



Geometria



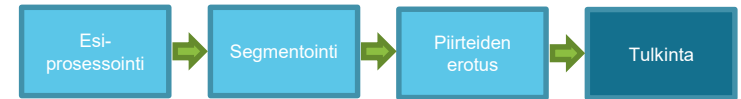
Intensiteetti/väri ja sen vaihtelu



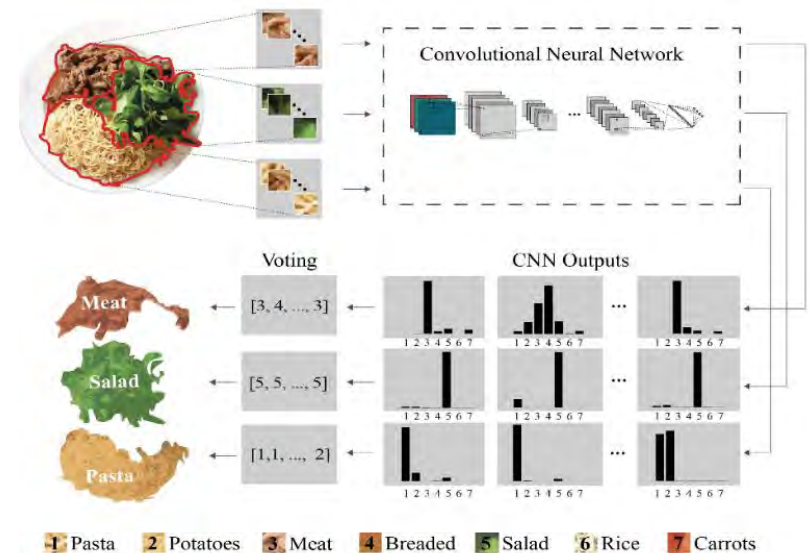
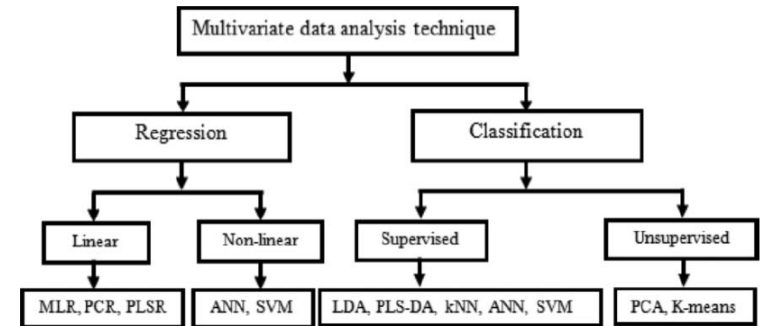
Opittuja eri tason piirresuotimia (kasvontunnistus)



Tulkinta

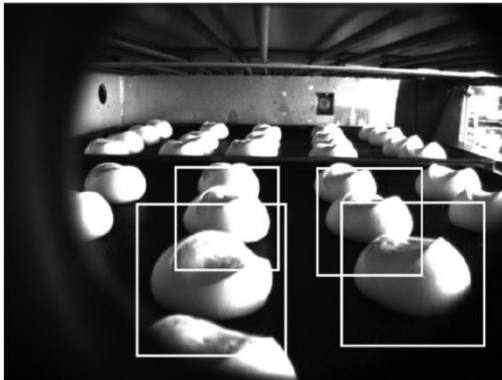


- **Tavoite:** kuvan piirteistä tehdään haluttu ennuste
 - Luokitus: tunnistus, mitä kuvassa näkyy
 - Regressio: kohteen ominaisuuden mittaaminen / arviointi
- **Opetusdatan tarve**
 - Ohjattu (supervised) opetus: mikä todellinen luokitus/mitta-arvo kuviin liittyy
 - Tiedonkeruu: kuvatun kohteen asiantuntija-arvio tai analyysi jollain (destruktiivisella) keinolla
- **Klusterointi voi auttaa**
 - piirrevektorien ryhmittely samankaltaisuuden mukaan
 - ryhmien ominaisuuksien tunnistus => luokitus
- **Neuroverkkoratkaisut, joissa em. piirteiden oppiminen mukana**
 - tehokas GPU-laskenta tarjolla + hyvät tulokset => aktiivinen soveltava tutkimus nykyisin

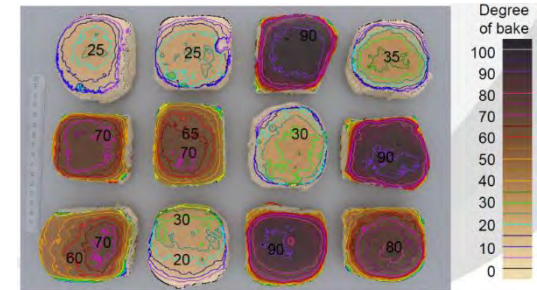
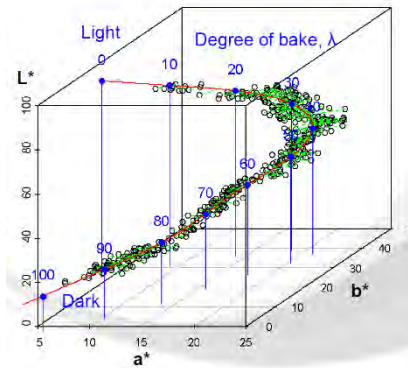


Sovellusesimerkkejä (1)

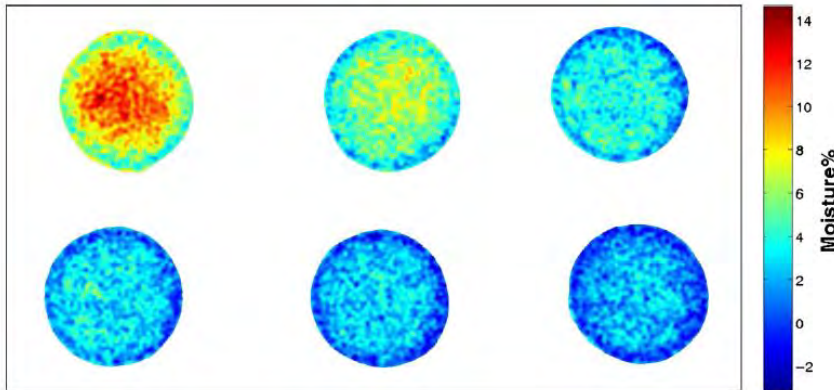
Paiston seuranta: leipien paikannus, muodonmuutos, värin muutos



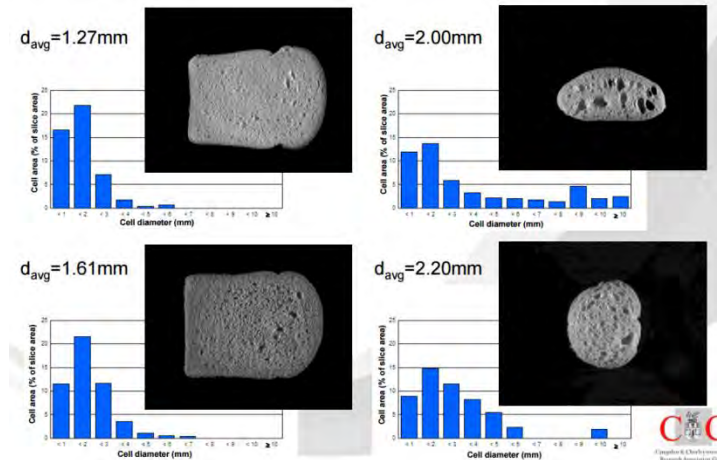
Kalibroitu RGB kuvaus: paistoaste



Kosteusmittaus: spektriipiikit 385-970 nm alueella



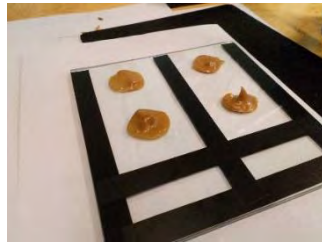
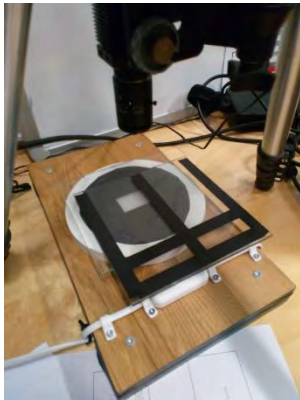
Leivän rakenne: harmaasävykuvan analyysi



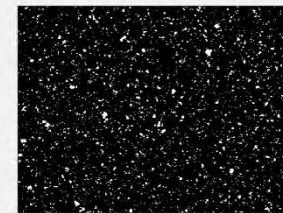
Sovellusesimerkkejä (2)

Labrobot case: sinapin jauhatustasteen automaattinen tunnistus

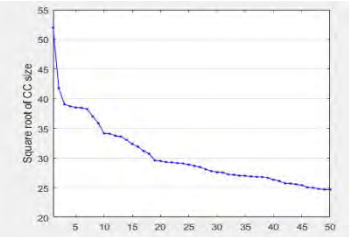
- kuvaus: makro-optiikalla varustettu RGB kamera
- analyysi: rakeiden segmentointi useista kuvista + näiden kokojakauma
- näytteitä asiantuntijan antamalla luokituksella



Input
Alueen koko 24x20 mm,
5 Mpix, 10 μ m



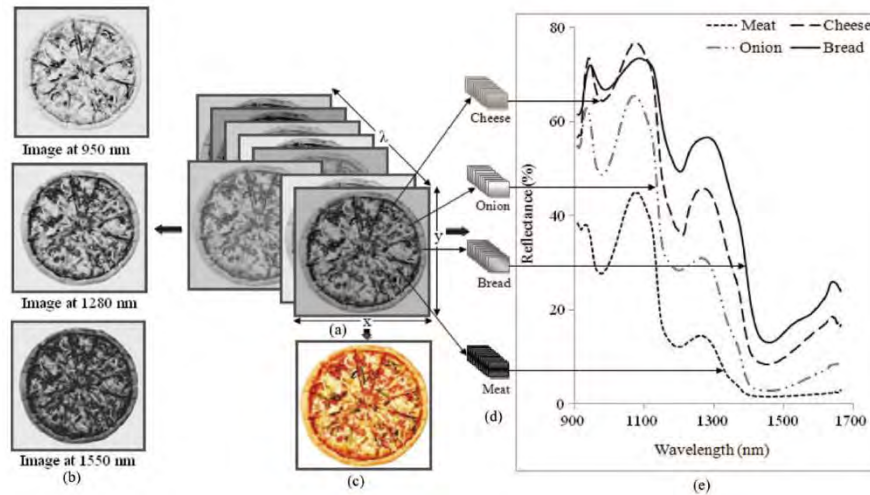
Kynnystystulos



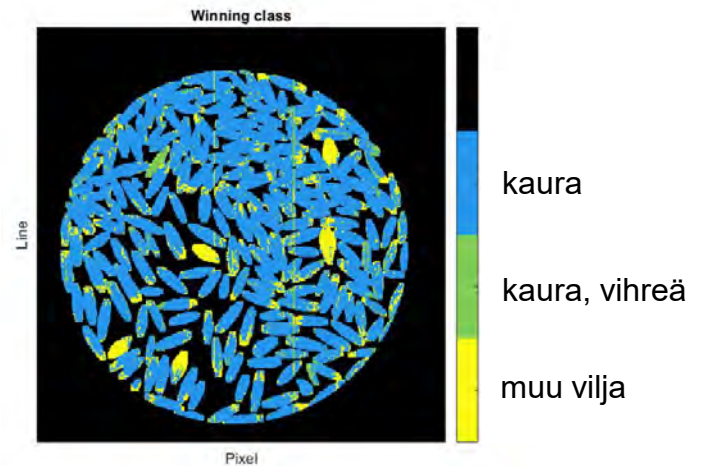
Suurimmat rakeet

Sovellusesimerkkejä (3)

Pizzan ainesosien tunnistus



Labrobot case: viljanjyvien tunnistus



Yhteenveto

- Elintarviketeollisuudessa konenäkö sovellettavissa useisiin tarkoituksiin eri tuotannon aloilla
- Teknologiaan sisältyy hyvin laaja määrä erilaisia laiteratkaisuja ja analyysimenetelmiä
- Ratkaisujen perustana hallittu kohteen kuvantaminen
 - analyysin helpottaminen / varmuus teollisissa ratkaisussa
- Prosessoritekniikan kehitys tuo uusia mahdollisuuksia
 - Koneoppimisen soveltaminen, hyperspektrikuvien käsittely, ...
 - Konenäkö sinänsä usein laskennallisesti intensiivistä

