



Atte Seppänen

Konenäkö jakelukeskuksen tuotannon tehostamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

7.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Atte Seppänen
Otsikko: Konenäkö jakelukeskuksen tuotannon tehostamisessa
Sivumäärä: 25 sivua
Aika: 7.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Kehityspäällikkö Sami Korhonen
Lehtori Kristian Junno

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa mahdollisia paikkoja konenäköjärjestelmille Inexin jakelukeskuksen tuotannossa. Konenäköjärjestelmällä on tarkoitus tehdä laaduntarkkailua erilaisten tuotannossa liikkuvien kuljetusyksiköiden osalta, jotta vialliset kuljetusyksiköt huomattaisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja ne saataisiin pois tuotannosta aiheuttamasta ylimääräisiä virheitä.

Opinnäytetyössä käytiin ensin läpi konenäön teoriaa ja käyttösovelluksia, minkä jälkeen pohdittiin konenäköjärjestelmien toteutuksen mahdollisuutta eri käyttötarkoituksiin ja mitkä kuvaamismenetelmät sopisivat kuhunkin tarkoitukseen parhaiten.

Konenäköjärjestelmien toteuttaminen ja asentaminen Inexin tuotantotiloihin ei olisi ongelmallista, sillä nykyaikaisilla laitteistoilla ja kameroilla kuvaaminen onnistuu hyvin nopealla tahdilla, joten konenäköjärjestelmä ei vaikuttaisi nykyisiin tuotannon läpimenoaikoihin. Tämän lisäksi Inexin kuljettimiin ja niiden yhteyteen on melko vaivatonta lisätä erilaisia laitteistoja joutumatta tekemään suuria muokkauksia nykyisiin kuljetin- tai laitekokonaisuuksiin.

Avainsanat: Konenäkö, Konenäkökamera, Laaduntarkkailu.

Abstract

Author: Atte Seppänen
Title: Machine Vision in the Production Efficiency of the Distribution Center
Number of Pages: 25 pages
Date: 7 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Sami Korhonen, Development Manager
Kristian Junno, Senior Lecturer

The purpose of this thesis is to map out possible locations for machine vision systems in the production of the Inex's distribution center. The purpose of the machine vision system is to perform quality control for various transport units moving in production, so that defective transport units are detected as early as possible and they can be removed from production where they could cause additional errors.

The thesis first covers the theory and applications of machine vision, after which the possibility of implementing machine vision systems for different purposes and which imaging methods would be best suited for each purpose are considered.

As result, it can be stated that the implementation and installation of machine vision systems in Inex's production facilities would not be problematic, as imaging can be done at a very fast pace with modern equipment and cameras, so the machine vision system would not affect the current production lead times. It is also quite easy to add various equipment to Inex's conveyors without having to make major modifications to the current conveyor or equipment assemblies.

Keywords: Machine vision, Machine vision camera, Quality control

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Konenäkö	1
2.1	Teoriaa	1
2.2	Konenäön käyttösovelluksia	3
3	Konenäköjärjestelmä	4
3.1	Kameratyypit	5
3.2	Optiikka	7
3.3	Valaistus	9
3.4	Kuvankäsittelyohjelmisto	12
3.5	Ohjausjärjestelmä	13
3.6	3D-kuvaus	13
3.6.1	Laserkolmiomittaus	13
3.6.2	Stereokuvaus	14
3.6.3	Rakenteelliseen valaistukseen perustuva kuvaus	14
3.6.4	Time of Flight (ToF)	15
4	Konenäkö jakelukeskuksessa	15
4.1	Jakelukeskus	15
4.2	Konenäön käyttökohteet jakelukeskuksessa	16
4.2.1	Lavojen kunnon tarkistus	17
4.2.2	Järjestelmälavojen kumitassujen tarkistus	19
4.2.3	Tarjottimen kunnon tarkistus	20
4.2.4	Laatikoiden kunnon tarkistus	21
4.3	Laitteisto	22
5	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Lyhenteet

ToF: *Time of Flight. 3d-kuvaamismenetelmä.*

CCD: *Charge coupled device, valoherkkä kenno, jota käytetään infrapunasäteilyn muuttamiseksi digitaaliseen muotoon.*

CMOS: *Complementary metal oxide semiconductor eli komplementaarinen metallioksidipuolijohde.*

1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli kartoittaa jakelukeskuksen tuotannosta paikkoja, joissa konenäön avulla tuotantoa voitaisiin tehostaa ja samalla parantaa tuotannon turvallisuutta. Työn toimeksiantaja on Inex Partners Oy, missä työskentelen laitekäyttäjänä. Työn aikana on tarkoitus oppia konenäön teoriaa, konenäköjärjestelmien toiminnasta ja konenäköjärjestelmien käyttösovelluksia.

Työn alussa käydään läpi konenäön teoriaa, konenäköjärjestelmien toimintamalleja sekä konenäön hyödyntämistä automaatiojärjestelmissä.

Tämän jälkeen käydään läpi jakelukeskuksen toimintaa sekä sitä, kuinka konenäköä voitaisiin hyödyntää jakelukeskuksen tuotannossa. Pohditaan, minkälaista tekniikkaa tuotannossa voitaisiin käyttää ja selvitetään, onko tuotannossa tiloja, jonne laitteistot voitaisiin sijoittaa.

2 Konenäkö

2.1 Teoriaa

Konenäön tavoitteena on yleensä saada kone näkemään haluttuja kohteita ihmismillään tavoin ja käyttämään tätä tietoa apuna erilaisissa sovelluksissa. Konenäköjärjestelmä koostuu yleensä valonlähteestä, kuvattavasta kohteesta, kamerasta, tietokoneesta ja sen ohjelmistosta, joka tulkitsee kuvia automaattisesti. Ohjelmiston avulla järjestelmällä saatua tietoa voidaan hyödyntää teollisuuden sovelluksissa, esimerkiksi jakelukeskuksen tuotannossa. Koneen tulee pystyä tunnistamaan kuvattuja kohteita ja määrittämään niiden sijainnit ja asennot sekä esimerkiksi kohteessa tapahtuneet muutokset ja poikkeamat. Konenäön tavoitteena on lisäarvoa tuottavien ja hyödyllisten sovellusten tuottaminen esimerkiksi digitaalista kuvankäsittelyä ja kuva-analyysiä hyödyntäen.

Konenäkö voidaan jakaa perinteiseen sääntöpohjaiseen konenäköön ja koneoppimista hyödyntävään konenäköön. Perinteisessä konenäössä käyttäjä itse muodostaa säännöt kuvan tulkinnalle, kun taas koneoppimista hyödyntävässä konenäössä tietokoneohjelma oppii itse säännöt sille esimerkkinä annettujen kuvamassojen perusteella. Koneoppimismenetelmät vaativat todella suuria määriä esimerkkikuvia tunnistettavista kategorioista, mieluiten tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia kuvia. Perinteinen konenäkö sopii tilanteisiin, joissa kuvaolosuhteet pystytään pitämään muuttumattomina ja joissa erot kuvattavien kohteiden välillä ovat pieniä. Koneoppimiseen perustuva konenäkö soveltuu paremmin tilanteisiin, joissa olosuhteet ja kuvattavat kohteet vaihtelevat.

Valaistus on suuressa roolissa konenäköjärjestelmän toimivuuden kannalta. Valaistuksen muutokset aiheuttavat suuria poikkeamia, jotka häiritsevät kuvien tulkittamista ja voivat aiheuttaa ei-haluttuja lopputuloksia. Valaistukseen on siis syytä panostaa ja valaistukseen liittyvät muuttujat tulisi minimoida, jotta konenäköjärjestelmä toimisi halutulla varmuudella.

Perinteisen konenäköoppimisen vaiheet

Ensimmäisenä vaiheena on kuvan muodostaminen esimerkiksi normaalilla digikameralla. Kuvan analysointia voidaan yleensä merkittävästi helpottaa valaistuksen ja muun kuvausjärjestelyn hyvällä suunnittelulla. (Pietikäinen M. & Silven O.2019, 129.)

Seuraavana vaiheena on kuvan esikäsittely, jossa kuva muokataan digitaalisen kuvankäsittelyn menetelmillä analyysin kannalta edullisempaan muotoon. Kuvaa voidaan esimerkiksi normalisoida siten, että valaistuksessa ja muissa ympäristötekijöissä tapahtuneet vaihtelut eivät vaikuta liikaa lopputulokseen. Monesti kuvasta pyritään poistamaan kohinaa tai muita analyysiä häiritseviä sävyvaihteluja sekä korostamaan mielenkiinnon kohteina olevia piirteitä. (Pietikäinen M. & Silven O.2019, 129.)

Seuraavaksi kuva segmentoidaan, minkä tavoitteena on erottaa kohteet ja kohteiden osat toisistaan ja taustastaan. Segmentointiin on käytetty perinteisesti

kahta vaihtoehtoista periaatetta. Näitä ovat aluepohjainen menetelmä, jossa kuva jaetaan harmaasävyltään, väriltään tai muilta ominaisuuksiltaan homogeenisiin alueisiin, ja reunailmaisuus, jossa kuvasta ilmaistaan jyrkkiä sävynmuutoskohtia eli alueiden reunoja. Yleensä segmentointi on kuva-analyysin kriittisimpiä vaiheita, ja menetelmät vaihtelevat sovellutuksen mukaan. Huono segmentointi tekee analysoinnista vaikeampaa tai saattaa jopa tehdä analyysin tekemisen mahdottomaksi. (Pietikäinen M. & Silven O.2019, 129.)

Segmentoinnin jälkeen lasketaan segmentoitujen alueiden, reunojen tai vastaavia ominaisuuksia kuvaavia piirteitä, joiden perusteella erilaisia kohteita voidaan erottaa toisistaan. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi muoto, väri ja alueiden pintarakenteiden tekstuuri. Muodostettuja kuvia verrataan systeemille etukäteen opetettujen prototyyppikohteiden malleihin ja tällä tavalla pyritään tunnistamaan kuvassa esiintyviä kohteita tai ilmaisemaan poikkeamia malleista. (Pietikäinen M. & Silven O.2019, 129.)

2.2 Konenäön käyttösovelluksia

Konenäön käyttökohteita ovat esimerkiksi kohteen tunnistus, kohteen sijainnin ja asennon määrittäminen, laadunvalvonta, kohteen automaattinen mittaaminen ja mallin muodostus ja tekstin, merkkien ja koodien tunnistus. Konenäköä hyödynnetään myös prosessinohjauksessa, lääketieteessä ja turvatarkastuksissa.

Konenäön hyödyntämismahdollisuuksia teollisuudessa ovat esimerkiksi laadunvalvontatehtävät paperin ja sellun valmistuksessa, autoteollisuudessa ja lääkevalmistuksessa. Konenäköjärjestelmiä käytetään myös lautojen ja malmikivien lajittelussa, paikoituksissa ja tarkistuksissa kokoonpanoissa, hitsauksen railon seurannassa ja laivalohkojen mittauksissa.

Elintarviketeollisuudessa konenäköä hyödynnetään esimerkiksi tuotteiden lajittelussa ja pakkaamisessa, erilaisten tuotteiden laadunvalvonnassa ja

pakkausten oikean sulkeutumisen ja pakkausmerkintöjen tarkastuksissa. Konenäköä käytetään myös esimerkiksi liukuhihnalla tapahtuvissa tuotetarkastuksissa, pullonpalautusautomaateissa ja monissa eri teollisuuden sovelluksissa.

3 Konenäköjärjestelmä

Konenäköjärjestelmä koostuu yleensä kamerasta, valaistuksesta, kuvattavasta kohteesta ja tietokoneesta, jossa on kuvien tulkitsemiseen sopiva ohjelmisto. Järjestelmä voi sisältää myös muita komponentteja, kuten esimerkiksi anturin ohjaamaan kameran kuvanottohetkeä tai muita toimilaitteita, kuten esimerkiksi robotteja tai kuljettimia.

Kameran ja optiikan tehtävänä on ottaa kuva tutkittavasta kohteesta ja siirtää se kuvankäsittelylaitteistolle.

Valaistuksen avulla pyritään kappaleesta saamaan mahdollisimman tarkka ja stabiili kuva, jotta kuvankäsittely onnistuisi ja olisi sekä luotettavaa että nopeaa.

Perinteinen konenäköjärjestelmä usein vaatii, että kuvattavia kohteita voidaan kuvata yhtenäisissä olosuhteissa eli kohdetta pitää pystyä kuvaamaan esimerkiksi aina samasta suunnasta, samalta etäisyydeltä ja samanlaisessa valaistuksessa, jotta kuvien analysointi ja analysoinnin perusteella tehtävät jatkotoimenpiteet onnistuvat halutulla tavalla.

Kaikkien konenäköjärjestelmien perustana on kuvankäsittelyn suorittava prosessori, joka muokkaa ja käsittelee kameralta tulevan kuvainformaation tuottaen mittaustietoa esimerkiksi robotin tai muun koneen ohjausta varten.

Kuvassa 1 näkyvä järjestelmä on niin sanottu stand-alone-järjestelmä. Stand-alone-ratkaisuissa on kamera, keskusyksikkö, monitori sekä ohjainlaite. Keskusyksikkö on konenäköä varten rakennettu niin sanottu musta laatikko, joka sisältää kuvankäsittelyprosessorin, ohjelmiston sekä liitynnät muihin laitteisiin ja usein myös omalle erilliselle näytölle. Tällaiset järjestelmät vaativat usein tietokoneen sovelluskehitystä varten. Järjestelmän kalibrointi ja parametrien

muuttaminen sekä mahdollisesti pienten ohjelmamuutosten teko onnistuu myös ilman erillistä tietokonetta.



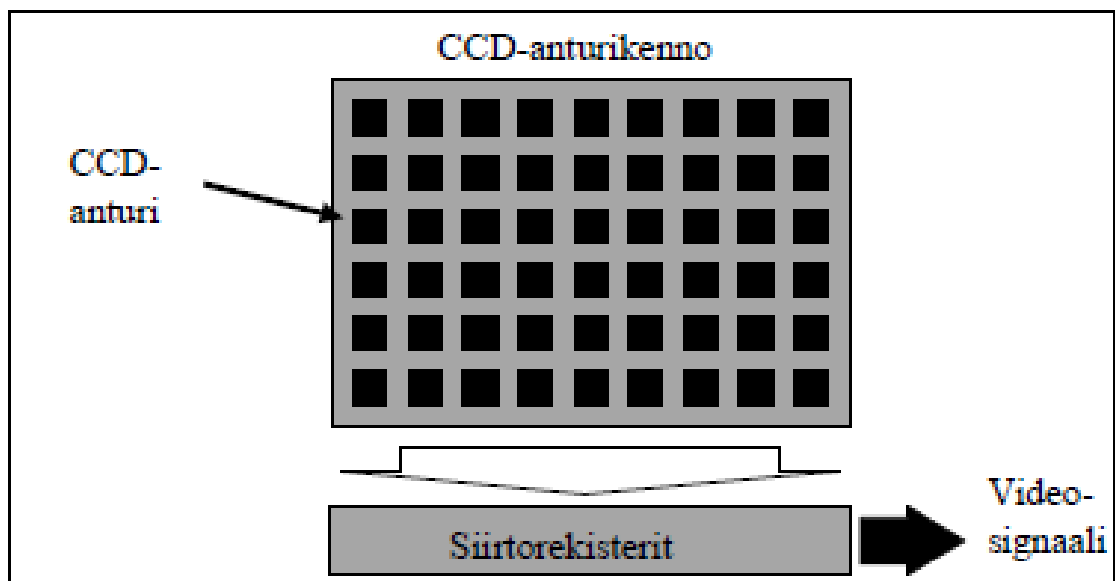
Kuva 1. Perinteinen konenäköjärjestelmä (Metropolia luentomateriaali, 2015)

Toinen vaihtoehto on älykamera, jossa kameraan on integroitu kuvankäsittelyprosessori, ohjelmisto ja liitännät ohjattaviin laitteisiin.

3.1 Kameratyypit

Konenäkökameroiden jaotteluun voidaan käyttää useita eri tapoja, kuten esimerkiksi kennotyyppin tai kennon muodon mukaan jaottelu. Yleisimmät kennotyyppit ovat CCD- (charge coupled device) ja CMOS- (complementary metal oxide semiconductor) kennot. Kennon muodon mukaan kamerat voidaan jaotella matriisi- ja viivakameroihin, harmaasävy- ja värikameroihin, 2D- ja 3D-kameroihin sekä perinteisiin ja älykameroihin. Konenäkökamerat ovat perinteisesti joko viiva- tai matriisikameroita.

Kuvassa 2 on CCD-kennon toimintaperiaate. CCD-kamerassa valoanturina on CCD-kenno, joka koostuu tuhansista pienistä yhteen liitetystä puolijohdeantureista, joista jokainen vastaa yhtä pikseliä kuva-alueella ja muodostaa kuvan kirkkautta vastaavan sähköisen varauksen. Yleensä puolijohdeanturit sisältävät piirin, joka tallentaa ja siirtää informaation siirtorekisteriin, missä antureiden sähköisessä muodossa oleva kuvainformaatio muunnetaan aikariippuvaksi video-signaaliksi.



Kuva 2. CCD-kenno (Metropolia luentomateriaali, 2015)

CMOS-kennojen käyttö on lisääntynyt kuvasensoreissa. Niissä on alhainen tehonkulutus, ja ne voidaan integroida yhteen ohjauselektronikan kanssa. CMOS-kennoilla voidaan saavuttaa suuria kuvausnopeuksia.

Viivakamera

Viivakameralla saadaan yksiulotteinen kuva, jossa on pystysuunnassa 1–3 pikseliä ja vaakasuunnassa kameran ominaisuuksien mukaan 1024 pikselistä jopa 16 000 pikseliin. Viivakameraa käytetään yleensä liikkuvan kohteen kuvaamiseen. Viivakameralla saadaan tarkkoja kuvia ja useita samansuuntaisia kuvia yhdistämällä saadaan kuvatusta kohteesta yksi tarkka ja todenmukainen kuva.

Matriisikamera

Matriisikameralla koko kohde kuvataan yhdellä kerralla, ja kennon pikselit on rakennettu jonkin matriisin muotoon eli kuvasta tulee kaksiulotteinen. Matriisikamera on tyypillisin kennotyyppi konenäkökamaroissa. Tavallisesti matriisikameralla kuva otetaan kahdessa kehyksessä, toisen sisältäessä parittomat ja toisen parilliset vaakaviivat, jolloin kuvattaessa liikkuvaa kappaletta jää kuvien oton väliin aina pieni viive, joka näkyy kuvassa epätarkkuutena. Matriisikamerat ovat hyviä kuvattaessa irrallisia kappaleita.

Älykamera

Uusin kehitys on suuntautunut älykameroihin, jotka sisältävät itsessään kaikki konenäköjärjestelmässä vaaditut elementit eli kamerasen, valaistuksen sekä kuvankäsittelyn prosessoinnin. Älykameroiden etuna ovat kompaktimpi toteutus ja yksinkertaisempi käyttöliittymä perinteisempään konenäköjärjestelmään verrattuna, hyvä liitettävyyden muihin laitteisiin sekä se voi myös joissakin tilanteissa olla edullisempi ratkaisu kuin perinteinen konenäköjärjestelmä.

Älykameran heikkoutena on tietokonepohjaiseen ohjelmaan verrattuna algoritmien määrä, ja kuvan analysointikyvyt ovat suppeita. Lisäksi älykameran prosessointiyksikön suorituskyky rajaa kamerasen resoluutiota, analysointinopeutta ja monimutkaisten algoritmien käyttöä.

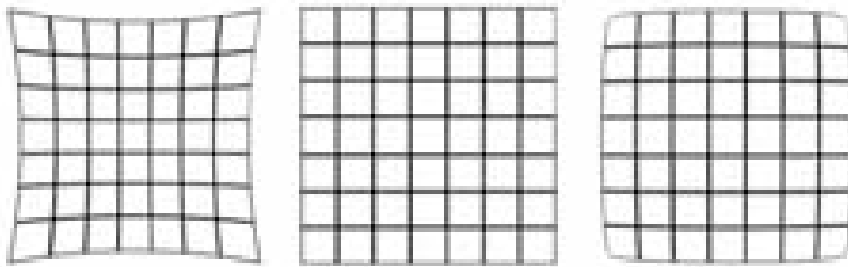
3.2 Optiikka

Optiikan valinnalla on suuri vaikutus kuvan laatuun. Optiikan tehtävänä on kerätä valoa näkökentästä ja ohjata se objektiivin toiselle puolelle, jossa se muodostaa terävän kuvan valoherkälle kennolle. Objektiivin valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi kuvakenttä, tarvittava erottelukyky, kohteen etäisyys, haluttu kontrasti ja kuva-alueen syvyys.

Optiikan aiheuttamat virheet ovat aina osa optisia järjestelmiä, eikä niitä voida kokonaan poistaa. Optiikan virheet eivät hukkaa informaatiota, vaan ainoastaan

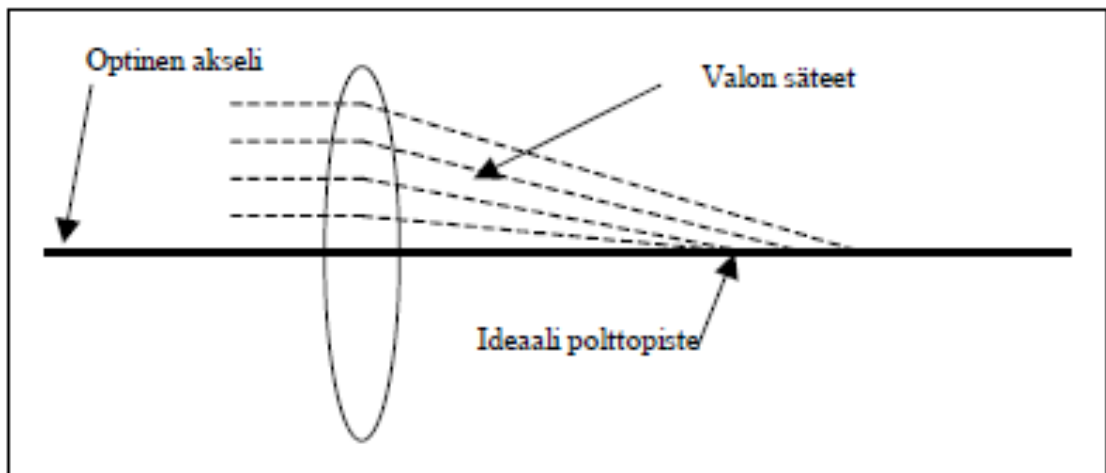
sijoittavat informaation väärään paikkaan. Optiikan kuvaan aiheuttamia virheitä ovat esimerkiksi kuva-alan radiaalivääristymät, pallomainen aberraatio, hajataitto, kuvakentän kaareutuminen ja värien taittovirheet.

Kuvassa 3 kuva-alueen radiaalivääristymät, jotka syntyvät, kun kuva-alue vääristyy valon läpäistessä optiikan linssin. Linssi muuttaa kuvaa reunoilta joko tynnyri- tai tyynymäiseksi.



Kuva 3. Kuva-alueen radiaalivääristymät (Metropolia luentomateriaali 2015)

Kuvassa 4 näkyy pallomainen aberraatio, joka syntyy, kun kaikki valonsäteet eivät kohtaa ideaalissa polttopisteessä.



Kuva 4. Pallomainen aberraatio (Metropolia luentomateriaali, 2015)

3.3 Valaistus

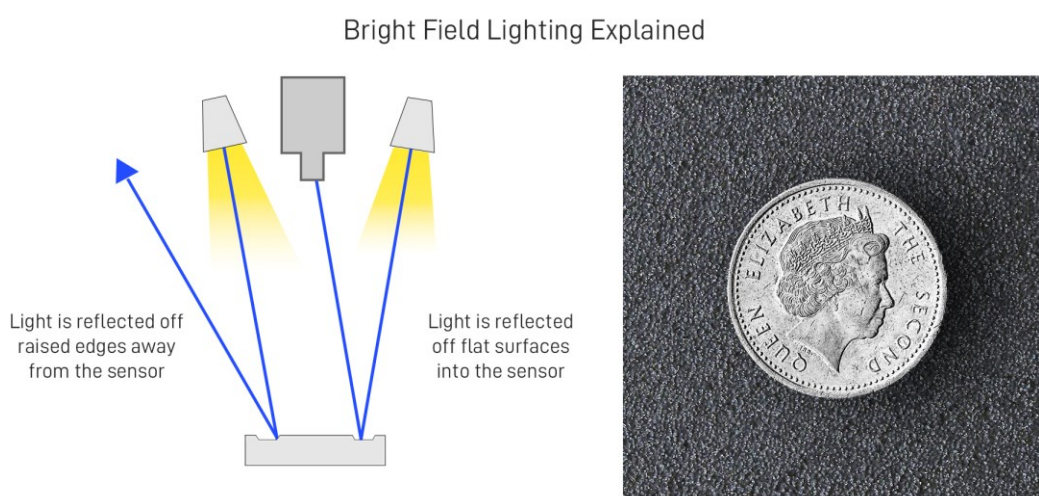
Huonosti toteutettu valaistus voi vaikuttaa konenäköjärjestelmän toimimiseen merkittävästi, sillä huono valaistus aiheuttaa kuviin ylimääräisiä varjoja ja heijastuksia, jotka aiheuttavat kuvia käsiteltäessä ongelmia. Tarkka kuvaaminen ja virheettömien mittaustuloksien saaminen edellyttää siis erinomaista valaistusta, mikä tekee valaistuksesta yhden konenäön kriittisimmistä tekijöistä. Valaistuksen tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen, mutta riittävä. Tämän lisäksi auringonvalon pääseminen kuvattavalle alueelle pitäisi estää, sillä se tuo liikaa muuttuvia tekijöitä valaistukseen.

Valaistuksessa tulee huomioida seuraavia asioita:

- valon käyttäytyminen tutkittavassa kappaleessa
- valonlähteen sijainti kameraan nähden
- valaisimen valotekniikka eli lähde
- suuntaus
- valon väri
- valon polarisaatio
- konenäköjärjestelmän vaatimukset
- ympäristön vaikutukset. (Kujanpää T. 2012)

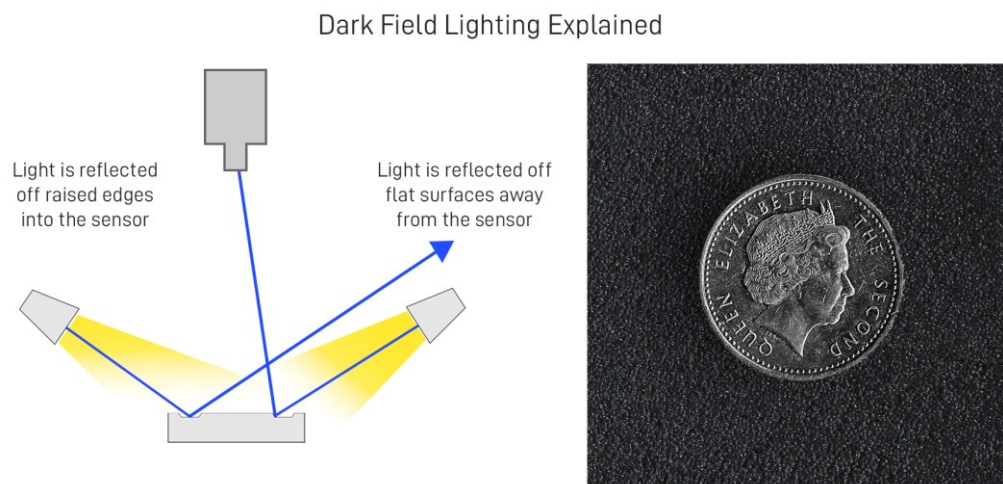
Valaistuskulmat tulee valita kohteen materiaalin ja ympäristön perusteella. Suosituimpia valaistuskulmia ovat suora kohdevalaistus, sivulta valaisu, taustavalaisu ja kupolivalaistus.

Suora kohdevalaistus on yleisin valaistustekniikan muoto. Kohdetta kuvataan kohtisuoraan ylhäältä, ja valaistus on suurin piirtein kameran kanssa samalla linjalla luoden näin heijastuksen kohteesta kameralle. Suora kohdevalaistus on helppo asentaa ja käyttää. Kohteesta saadaan hyvä kontrasti. Haittapuolina suorassa kohdevalaistuksessa ovat 3D-kohteista tulevat varjot ja kiiltävistä kohteista tulevat heijastukset. Kuvassa 5 on esimerkki suorasta kohdevalaistuksesta.



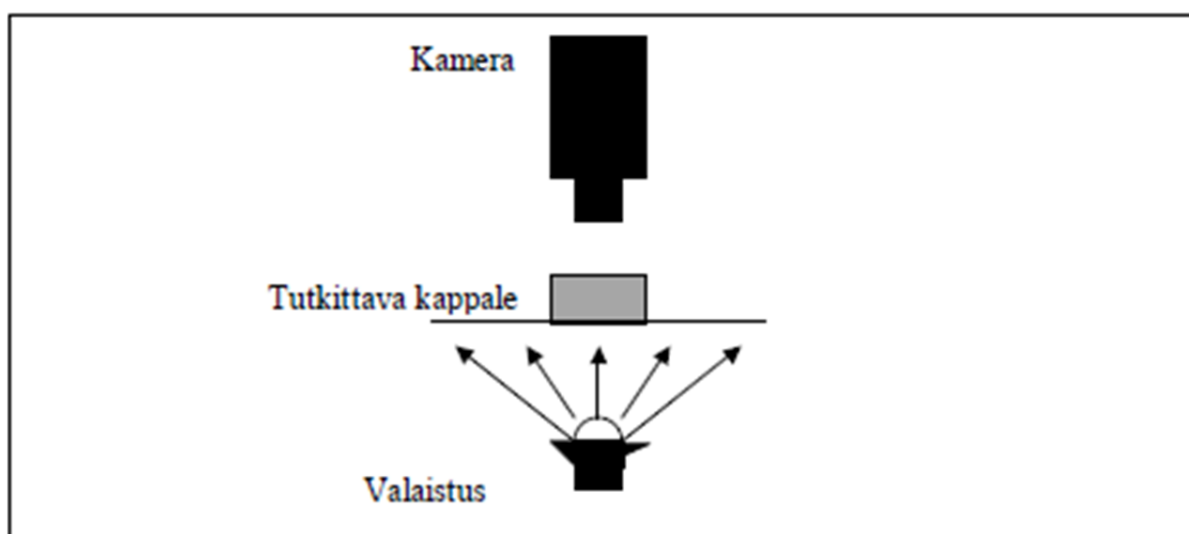
Kuva 5. Suora kohdevalaistus (Clearview Imaging, 2021)

Sivulta valaistusta käytetään usein etsittäessä kuvattavan kohteen pinnalta jälkiä tai naarmuja. Kohteen tasaisilta pinoilta valonsäteet heijastuvat pois kameran näkökentältä, jolloin epätasaiset pinnan muodot näkyvät kuvissa. Sivulta valaistusta toteutetaan yleensä kuvan 6 mukaisesti pimeäkenttävalaistuksella, jossa valo ohjataan kuvattavaan kohteeseen hyvin pienestä kulmasta, jolloin suurin osa valosta ei heijastu kameraan. Tällöin kameraan heijastunut valo tulee pinnan yksityiskohdista, kuten kohoumista ja naarmuista.



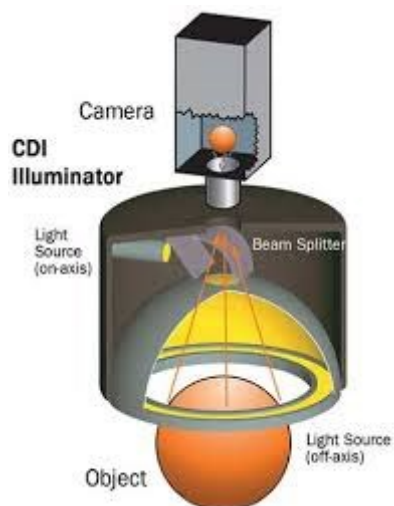
Kuva 6. Sivulta valaisu (Clearview Imaging, 2021)

Taustavalaisussa valo kohdistetaan kohteeseen vastakkaiselta puolelta suhteessa kameraan. Taustavalaisulla saadaan hyvä kontrasti kuvattavan kappaleen reunoille. Taustavalo yksinkertaistaa kohdetta tekemällä siitä ns. binäärikuvan. Taustavaloa käytetään kappaleiden dimensioiden tai aukkojen mittauksiin sekä läpikuultavien kappaleiden homogeenisuuden mittauksia. Taustavaloa käyttäessä kuvista katoavat kaikki pinnan muodot ja taustavaloa on vaikea saada tasaisella voimakkuudella koko kuvattavalle alueelle varsinkin, jos kuva-alue on suuri. Kuvassa 7 on esimerkki taustavalon toteutuksesta.



Kuva 7. Taustavalaistus (Metropolia luentomateriaali, 2015)

Kupolivalaistus sallii varjottoman ja tasaisen valon, joka on erinomainen kiiltävien tai ei-tasaisten pintojen tai folioon käärittyjen esineiden tarkastamiseen. Kupolivalaistuksella vältetään heijastukset ja varjot monimuotoisissa kohteissa. Kuvassa 8 on esimerkki kupolivalaistuksesta.



Kuva 8. Kupolivalaistus (Qualitydigest.com, 2011)

3.4 Kuvankäsittelyohjelmisto

Kaikkien konenäköjärjestelmien perustana on kuvankäsittelyn suorittava prosessori. Se muokkaa ja käsittelee kameran tulevan kuvainformaation muun jatkokäytön kannalta parempaan muotoon ja antaa ohjauskomennot tuotantolinjan koneille ja laitteille. Ohjelmisto erottaa kuvasta kaiken ylimääräisen tiedon ja karsii sen pois, minkä avulla datan määrä pienenee ja datan siirto nopeutuu. Kuvaa voidaan esimerkiksi normalisoida, jotta valaistuksen ja ympäristötekijöiden muutokset eivät vaikuta liikaa lopputulokseen. Yleensä kuvasta suodatetaan pois kohinaa tai muita analyysiä häiritseviä häirtatekijöitä ja pyritään korostamaan analyysin kannalta merkittäviä ja kiinnostavia tekijöitä.

3.5 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmään syötetään kuvankäsittelyohjelman käsitellyt kuvat, joiden perusteella ohjausjärjestelmä tekee esimerkiksi laatu- ja lajittelupäätöksiä. Ohjausjärjestelmä antaa toimilaitteille ohjauskäskyt näiden päätöksien perusteella. Esimerkiksi kuvasta löytyvän poikkeaman perusteella viallinen tuote voidaan ohjata pois tuotantolinjalta. Ohjausjärjestelmän avulla konenäköjärjestelmä voidaan liittää toiseen ohjausjärjestelmään tai suoraan toiminnalliseen laitteeseen.

3.6 3D-kuvaus

3D-kuvauksessa kuvattavaa kohdetta tarkastellaan kolmiulotteisesti. 3D-kuvauksen yleisimpiä tekniikoita ovat laserkolmiomittaus, stereokuvaus, rakenteelliseen valaistukseen perustuva kuvaus ja Time of Flight -tekniikkaan perustuva kuvausmenetelmä.

3.6.1 Laserkolmiomittaus

Laserkolmiomittauksessa pulssin lähetin ja heijastuksen vastaanotin ovat hieman eri kohdissa ja niiden välinen etäisyys ja kulma tiedetään tarkasti. Kun lähetin lähettää laserpulssin kuvattavaa kohdetta kohti, saapuu se vastaanottiin hieman sivulta, jolloin kuvattavan kohteen etäisyys voidaan laskea geometrisesti. Tämä tekniikka tarjoaa korkean resoluution, toistettavuuden ja tarkkuuden yksinkertaisilla asetuksilla ja matalilla kustannuksilla. Laser lähetetään kohti kohdetta joko pistemäisesti, jolloin kuvataan vain yhtä tiettyä pistettä kohteesta tai viivamaisesti, jolloin voidaan tarkastella kohteen profiilia.

Haasteina laserkolmiomittauksessa on kohteen profiilin aiheuttamat varjot, johon yhtenä ratkaisuna on käyttää yhtä tai kahta laseria ja kahta kameraa, mutta tämä ratkaisu lisää luonnollisesti kustannuksia. Tämän lisäksi kohteen pinnasta heijastuvan laserin kohina vähentää järjestelmien resoluutiota, joten tämä tekniikka ei sovellu valoa vaimentaviin tai heijastaviin kohteisiin.

3.6.2 Stereokuvaus

Stereokuvauksessa kuvattavasta kohteesta otetaan samaan aikaan kuvat kahdella eri kameralla. Yhdistämällä tiedot näistä kuvista saadaan aikaan 3D-kuva kohteesta. Stereokuvauksessa voidaan käyttää kahta normaalia matriisikameraa, ja tietokoneohjelma yhdistää kuvat yhdeksi 3D-kuvaksi. Kuvattavaa kohdetta ei tarvitse pysäyttää kuvaamisen ajaksi vaikkakin nopeasti liikkuva kohde voi aiheuttaa kuvissa laadun heikkenemistä. Stereokuvaus on käytännöllinen silloin, kun kuvilta ei vaadita suurta resoluutiota, mutta kohteesta tarvitaan kuitenkin 3D-kuva.

Stereokuvauksen haasteina on yleensä valaistus. Kun käytössä on kaksi kaksikulotteista kuvaa, valaistus ja ympäristön valo voivat vääristää lopputulosta. Stereokuvauksen haittana on myös heikko syvyysterävyys, kun 3D-kuva saadaan 2D-kuvien avulla.

3.6.3 Rakenteelliseen valaistukseen perustuva kuvaus

Rakenteelliseen valaistukseen perustuva kuvaus toimii samalla periaatteella kuin laserkolmiomittaus, mutta laservalon sijasta käytetään valokuviota, joka heijastetaan kohteeseen käyttäen LCD-projektorita tai jotain muuta vakaata valonlähdettä. Rakenteellisessa valaistuksessa käytetään valkoista tai sinistä valoa ja valon kuviointi koostuu yleensä sarjoista viivoja, mutta voi koostua myös esimerkiksi valopisteistä matriisimuodossa tai muista muodoista.

Rakenteelliseen valaistukseen perustuvan kuvauksen etuina ovat nopea kuvaaminen ja kuva-alue voi olla laaja. Laserkolmiomittauksen tapaan rakenteelliseen valaistukseen perustuva kuvauksen avulla saadaan äärimmäisen tarkkoja kuvia suurella resoluutiolla. Heikkoutena voidaan pitää valaistusolosuhteiden muutoksien vaikutusta kuvaamiseen ja saatujen kuvien laatuun, eli tämä tekniikka vaatii muuttumattomat valaistusolosuhteet.

3.6.4 Time of Flight (ToF)

Time of Flight -tekniikka toimii samaan tapaan ultraäänimittauksen kanssa, mutta tässä tekniikassa hyödynnetään valoa ultraäänien sijaan. 3D-kuva saadaan mittaamalla aika, joka valolla kuluu kulkeutumiseen valon lähteestä vastaanottimeen eli yleensä kameraan ja tästä tulee nimitys Time of Flight. Tätä tekniikkaa käytetään suuriin kohteisiin, jotka ovat suhteellisen kaukana kamerasta. Tämän tekniikan hyötynä on se, että 3D-kuva muodostetaan vain yhdestä kuvasta. 3D-kuva tuotetaan mittaamalla valon lähettimen ja vastaanottimen välinen kulma. Tämä tekniikka on kuitenkin herkkä ympäristön valolle, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä. Tämän lisäksi kuvattavan kohteen liike luo pahasti vääristyneitä kuvia.

4 Konenäkö jakelukeskuksessa

4.1 Jakelukeskus

Työn kohteena oleva Inexin Sipoon Bastukärrtiin 2016 avattu päivittäistavaroiden logistiikkakeskus on Suomen suurin ja modernein logistiikkakeskus, ja sen toiminnot ovat suurimmilta osin automatisoituja. Jakelukeskuksessa kiinnitetään paljon huomiota ergonomiaan ja työturvallisuuteen. Päivittäistavaralogistiikan tuotannon tilat ovat lämpötilasäädetyjä. Jakelukeskuksessa työskennellään viikon jokaisena päivänä ympäri vuorokauden. Jakelukeskuksen kautta toimitetaan tuotteet S-ryhmän myymälöihin Suomessa ja Virossa.

Jakelukeskuksessa tulevat lavat puretaan, tuotteet varastoidaan ja myymälöiden tilausten mukaisesti lähtevät lavat kasataan. Noin 80 % tuotteista kulkee tuotannon läpi täysin automaattisesti.

Ensin jakelukeskukseen saapuvat lavat nostetaan tuotannon sisäisille järjestelmälavoille, jotta jokaista lavaa voidaan liikuttaa tuotannossa, sillä kuljettimet on mitoitettu näiden järjestelmälavojen mittojen mukaisesti. Tämän jälkeen lavoista poistetaan kelmut ja muovipannat, joilla lavat pysyvät kasassa kuljetuksen ajan.

Tämän jälkeen lavat puretaan depalletizer-laitteella, joka erottelee tuotteet lavalta kerros kerrokselta. Seuraavaksi tuotteet laitetaan tarjottimille, joiden päälle on mahdollista laittaa yhdestä neljään tuotetta samanaikaisesti.

Lavanpurun jälkeen tuotteet varastoidaan korkeavarastoihin, joista tuotteet lähtevät myymälöiden tilausten mukaisesti laitteille, joissa lavat kootaan halutuista tuotteista. Valmiit lavat siirtyvät lavankelmutuskoneille, minkä jälkeen ne varastoidaan lähettämöön odottamaan kuljetukseen kuormaamista.

Systeemilavat ja tarjottimet eivät koskaan päädy ulos jakelukeskuksesta ja jokaisessa systeemilavassa ja tarjottimessa on yksilöllinen viivakoodi, jonka avulla ne voidaan syöttää järjestelmään. Tuotannossa on useita skannereita, jotka lukevat lavojen ja tarjottimien viivakoodeja, jolloin järjestelmässä on tarkka tieto jokaisen systeemilavan ja tarjottimen sijainnista ja siitä, mitä lavan tai tarjottimen päällä on.

Jakelukeskuksessa on jo valmiiksi käytössä hyvin paljon konenäköjärjestelmiä, joilla tunnistetaan esimerkiksi lavojen, tarjottimien ja tuotteiden paikkoja, viivakoodeja ja mittoja. Tämä helpottaa uusien konenäköjärjestelmien hankintaa ja integrointia, kun siitä on jo ennestään paljon kokemuksia.

4.2 Konenäön käyttökohteet jakelukeskuksessa

Konenäön avulla olisi tarkoitus vähentää jakelukeskuksessa liikkuvia rikkiäisiä lavoja, laatikoita ja tarjottimia, jolloin vikatilanteiden määrä laskisi ja tuotannon läpimeno tehostuisi. Rikkiäisten kuljetusyksiköiden poistaminen lisäisi myös tuotantotilojen turvallisuutta. Uusilla konenäköjärjestelmillä suoritettaisiin laadunvalvontaa systeemilavojen, tarjottimien ja kuljetuslaatikoiden osalta, jolloin vialliset yksiköt saataisiin poistettua tuotannosta.

Konenäköjärjestelmät, joilla kuvataan järjestelmälavoja ja tarjottimia, voitaisiin sijoittaa lava- ja tarjotinstackereiden eteen niin, että rikkiäiset yksiköt eivät pääse ehjien lavojen ja tarjottimien kanssa samoihin pinoihin, jolloin ne voidaan

erikseen lähettää palautustermiinaaliin kunnostettavaksi tai tuotannosta poistettaviksi.

Jakelukeskuksessa on hyvät mahdollisuudet toteuttaa konenäköjärjestelmien asennus, sillä tuotannon tilat ovat tilavat eikä ympäristötekijät, kuten auringonvalo pääse vaikuttamaan konenäköjärjestelmien toimintaan. Tämän lisäksi olosuhteet, joissa lavoja, tarjottimia tai laatikoita kuvattaisiin, voidaan pitää hyvin vakaina, sillä tarkasteltavat kohteet saapuisivat tarkastuspisteille aina samansuuntaisina ja vakionopeudella.

Haasteita konenäköjärjestelmän hankintaan tuottaa tuotannon koko ja se, että voi olla vaikeaa löytää sopivaa paikkaa tällaiselle järjestelmälle, sillä lavoja ja tarjottimia liikkuu tuotannossa toisistaan erotetuilla lämpötila-alueilla ja useilla kuljettimilla. Jos konenäköjärjestelmiä olisi harvakseltaan ja kaikki tarkasteltavat lavat ja tarjottimet haluttaisiin viedä järjestelmän läpi, vaatisi se todella paljon ylimääräistä lavojen ja tarjottimien siirtelyä tuotannon sisällä. Useamman konenäköjärjestelmän hankinta taas lisää merkittävästi hankintakustannuksia.

Konenäköjärjestelmän avulla saavutetaan taloudellista hyötyä useimmiten välillisesti, ja kokonaisvaltainen hyötyjen mittaaminen on hankala toteuttaa. Konenäköjärjestelmä voisi vähentää työntekijöiden työkuormaa ja vapauttaa työaikaa muiden työtehtävien tekemiseen.

4.2.1 Lavojen kunnan tarkistus

Systemilavojen ehjänä pysyminen on avainasemassa tuotannon jatkuvuuden varmistamisessa, sillä pienikin rikko systemilavassa voi johtaa siihen, etteivät anturit havaitse lavaa, jolloin riski virheiden syntymisestä kasvaa merkittävästi, mikä lisää tuotantotyöntekijöiden työmäärää.

Konenäköjärjestelmän avulla voitaisiin havaita rikkinäiset lavat, jolloin ne saataisiin pois tuotannosta aiheuttamasta ylimääräisiä virheitä. Tällaisen järjestelmän voisi sijoittaa systemilavoja pinoavien laitteiden yhteyteen, mistä rikkinäiset

lavat voidaan joko nostaa pois kuljettimelta tai ohjata kuljettimien avulla palautustermiinaaliin kunnostettavaksi riippuen lavan kunnosta.

Konenäköjärjestelmäksi sopisi laserkolmiomittausta hyödyntävät 3d-kamerat, jotka käyttäisivät viivamaista laseria ja sijoitettaisiin kuljettimien ylä- ja alapuolelle, jolloin systeemilavasta saataisiin koko lavan kattava 3d-profiili ja tietokoneohjelmalle opetettaisiin ehjän lavan mitat ja parametrit, jolloin näistä poikkeavat lavat eivät päätyisi ehjien ja normaalien lavojen kanssa samoihin pinoihin, vaan ne saataisiin ohjattua pois tuotannosta.

Laserkolmiomittaus toimisi tässä käyttötarkoituksessa parhaiten, koska se on edullinen toteuttaa, kun esimerkiksi erillistä valaistuslaitteistoa ei tarvitse hankkia. Laserkolmiomittausta hyödyntävät laitteet ovat CMOS-tekniikan kehittymisen ansiosta nykyään luotettavia, nopeita ja kestäviä. Laitteet ovat myös helposti asennettavia ja helposti integroitavissa jo valmiiseen laitteistoon. Tämän lisäksi osa jakelukeskuksen kuljettimista sijaitsee eri korkeuksilla rakenteiden varassa, jolloin tärinä voi aiheuttaa muilla kuvaamisen menetelmillä ongelmia, mutta laserkolmiomittauksessa tärinä ei aiheuta ongelmia kuvien laatuun. (Boridy R. 2019)

Järjestelmään voisi liittää myös anturin, jonka kohdalla kuva lavasta otettaisiin, ja skannerin, jotta tiedetään, onko kyseessä tyhjä systeemilava vai ei, ja turhilta kuvaamisilta vältyttäisiin. Systeemilavoja pinoavia laitteita on tuotannon sisällä useita, jolloin konenäköjärjestelmiäkin pitäisi asentaa useita, mikä voi aiheuttaa liikaa kustannuksia hyötyihin nähden. Konenäköjärjestelmän asennus voi myös aiheuttaa valmiiden laitekokonaisuuksien muokkaamista, joka osaltaan lisää kustannuksia.

Laaduntarkkailu vaatii järjestelmältä 3d-kuvien saamista, joten 2d-tekniikkaa ei voida tässä käyttää. Stereokuvaus ei sovi tähän käyttötarkoitukseen yhtä hyvin, sillä se vaatii hyvin paljon valaistukselta, eikä stereokuvauksella saada yhtä tarkkaa kuvaa kuin laserkolmiomittauksella. Time of flight -menetelmää ei voida tässä tapauksessa käyttää, sillä lavat täytyy kuvata niiden ollessa liikkeessä,

koska kuljettimien turhaa pysäyttelyä täytyy välttää. Liikkuvaa kohdetta ei voida kuvata Time of flight -menetelmällä, koska se aiheuttaa kuviin suuria vääristymiä. Rakenteelliseen valoon perustuvaa tekniikka ei ole mahdollisen tärinän vuoksi yhtä hyvä vaihtoehto kuin laserkolmiomittaus, sillä tärinä luo vääristymiä kuviin toisin kuin laserkolmiomittauksessa. Tämän lisäksi rakenteellisen valon tuottaminen vaatii laadukasta projektoria, jotta saavutettaisiin riittävän laadukas valaistus.

4.2.2 Järjestelmälavojen kumitassujen tarkistus

Jakelukeskuksen sisällä liikuteltavissa systeemilavoissa on kumitassuja, joiden avulla estetään systeemilavan päällä olevan lavan liikkuminen suhteessa systeemilavaan. Systeemilavat ovat usein myös pinoissa, jolloin ylin lava voi herkästi tippua pinosta, jos sen alapuolella olevasta lavasta puuttuvat nämä kumitassut. Kumitassut ovat kuitenkin usein irronneet ja tuotannon työntekijöiden tehtäviin kuuluu laittaa lavoihin uudet kumitassut, jos huomaa niiden puuttuvan. Systeemilavat ovat usein pinoissa tai systeemilavan päällä on esimerkiksi eurolava, joten kumitassujen puute on usein mahdotonta nähdä.

Konenäköjärjestelmän avulla kumitassuttomat systeemilavat voitaisiin pysäyttää, ennen kuin lava menee lavoja pinoavaan koneeseen ja kumitassujen puutteesta voisi aiheutua virhe, jolloin työntekijät saisi ilmoituksen kumitassujen puutteesta. Kumitassut puuttuvat niin suuresta osasta järjestelmälavoja, että niitä varten asennettu konenäköjärjestelmä ei välttämättä ole paras ratkaisu ja kumitassujen mallin vaihtamista kannattaisi myös harkita. Toisaalta, jos konenäköjärjestelmän avulla aina puutteet huomattaessa lavoihin lisättäisiin puuttuvat kumitassut, ajan kanssa puutteelliset lavat vähenisivät ja virheiden määrä laskisi niin konenäköjärjestelmän kohdalla kuin muuallakin tuotannossa, kun lavapinojen päältä ei pääsisi enää tippumaan lavoja ympäri tuotantoa.

Systeemilavojen kumitassuja voidaan tarkastaa samalla järjestelmällä, millä tarkastetaan systeemilavojen kuntoa yleisestikin, joten erillistä laitteistoa vain tätä toimenpidettä varten ei tarvitse hankkia.

4.2.3 Tarjottimen kunnon tarkistus

Jakelukeskukseen tulevat tuotteet erotellaan toisistaan, jotta jokaista yksittäistä tuotetta voidaan siirrellä jakelukeskuksessa. Tuotteita siirrellään tuotannon sisäisillä tarjottimilla, joita on kahta eri kokoa. Lavanpurun yhteydessä tuotteet naitetaan tarjottimen kanssa, yhdestä neljään tuotetta tarjotinta kohden, jolloin tuotteita voidaan liikutella tuotannossa. Tuotannon tarjotinkuljettimet ovat mitoitettu näiden tarjottimien mittojen mukaan ja jokaisessa tarjotimessa on viivakoodi samalla tapaan kuin tuotannon sisäisesti liikkuvissa systeemilavoissa, jolloin järjestelmä tietää tarkkaan yksittäisen tuotteen sijainnin.

Rikkinäiset tarjottimet voivat aiheuttaa virheitä kuljettimilla, laiterikkoja tai tarjottimella olevan tuotteen rikkoutumisen. Tämän lisäksi rikkinäiset tarjottimet voivat aiheuttaa vikatilanteita tarjotinnostureilla, ja näiden virheiden korjaaminen vie paljon aikaa työntekijöiltä, kun virheen aiheuttama tarjotin voi sijaita hyvin korkealla varastopaikalla, jonne joutuu kiipeämään vian korjatakseen.

Konenäköjärjestelmän, jolla rikkinäiset tarjottimet voitaisiin havaita, voisi sijoittaa tarjottimia pinoavien laitteiden yhteyteen, mistä rikkinäiset tarjottimet voitaisiin nostaa kuljettimelta pois tai ohjata kuljettimien avulla palautustermiinaaliin kunnostettavaksi. Tarjottimia pinoavia laitteita on monta, joten konenäköjärjestelmän sijainti saattaa olla ongelmallista, jotta jokainen tarjotin saataisiin tarkastettua.

Tarjottimien laadun tarkastukseen sopisi myös laserkolmiomittausta hyödyntävä järjestelmä, jossa käytettäisiin viivamaista laseria. Tässäkin tapauksessa 3d-kamerat sijoitettaisiin kuljettimien ylä- ja alapuolelle kokonaiskuvan saamiseksi. Samoin, kun Systeemilavojen kohdalla tietokoneohjelma analysoisi kuvat ja tekisi päätöksen niiden ohjaamisesta normaalisti pinottavaksi tai tuotannosta poistettavaksi tietokoneelle opetettujen mittojen mukaisesti.

Laserkolmiomittaus sopisi tähänkin käyttötarkoitukseen, koska käyttötarkoitus on sama kuin systeemilavojen kohdalla ja tarjottimia tarkasteltaessa vallitsee samat olosuhteet kuin systeemilavojakin tarkasteltaessa eli tarjottimia täytyisi

kuvata niiden liikkussa ja tärinän mahdollisuutta ei voi unohtaa kuvaamismenetelmää suunniteltaessa.

Myös tarjottimia kuvattaessa järjestelmään voisi liittää anturin, jonka kohdalla kuva otettaisiin ja skannerin, jotta varmistutaan siitä, että tarjotin on kuvaushetkellä tyhjä. Tarjottimia liikkuu tuotannossa niin monella kuljettimella sekä eri tasoilla ja lämpötila-alueilla, että voi olla mahdotonta löytää paikkaa, jossa kaikki tarjottimet saataisiin kuvattua samalla järjestelmällä.

4.2.4 Laatikoiden kunnon tarkistus

Osa jakelukeskukseen saapuvista tuotteista tulevat Euro Pool Systemsin laatikoissa, joiden reunat on mahdollista kääntää laatikon sisään, jolloin niitä voidaan pinota suurempia määriä laatikoiden ollessa kasattuna. Tämä aiheuttaa sen ongelman, että laatikoiden reunat saattavat olla osittain auki myös silloin, kun niiden ei pitäisi olla, jolloin lähtevää lavaa koottaessa tuotepino voi helposti kaatua. Lavanpurussa depalletizer-laite purkaa lavan kerros kerrokselta nostamalla ylimmät laatikot irti lavasta ja laskee ne laatikoiden alle tulevalle tasolle. Depalletizer ottaa laatikoista kiinni sivusuunnasta ilmapalkeilla, mikä voi aiheuttaa laatikoiden sivujen aukeamisen, mikä myöhemmässä vaiheessa voi johtaa tuotepinon kaatumisen.

Konenäköjärjestelmän avulla ongelmia aiheuttavat laatikot voitaisiin havaita ennen ongelmien aiheutumista. Tällaisen järjestelmän voisi sijoittaa lavanpurun jälkeen ennen kuin laatikot naitetaan tarjottimille. Tässäkin tapauksessa jokaisella lämpötila-alueella on omat kuljettimensa, missä laatikot liikkuvat ja jokaisella alueella on monta vierekkäin kulkevaa linjastoa, joten konenäköjärjestelmiä tarvitsee hankkia useampia, jotta jokainen laatikko saataisiin tarkastettua. Tämän lisäksi laatikoiden sisällä olevat tuotteet tai tuotteiden pakkausmateriaalit voivat joissain tapauksissa tulla hieman laatikoiden reunojen yli, jolloin ne voivat aiheuttaa kuviin vääristymiä tai estää tarkan laatikoiden reunojen kuvaamisen. Tämän vuoksi on vaikeaa arvioida tähän tarkoitukseen sopivaa kuvaamismenetelmää, kun perinteinen sääntöpohjainen konenäköjärjestelmä olisi suuren

vaihtelun vuoksi vaikeaa toteuttaa ja koneoppimista hyödyntävä järjestelmä vaatisi todella paljon esimerkkikuvia ja olisi vaativaa ja työteliästä toteuttaa.

4.3 Laitteisto

Kamera

Kameraa valittaessa tulee huomioida kameran kuvausalue, jotta se on tarpeeksi suuri kuvattaessa esimerkiksi systeemilavaa. Laserkolmiomittausta hyödyntäviä kameroita myyviä yrityksiä on todella paljon ja kameraa hankittaessa tärkeintä on huomioida kameran resoluutio, kuvaamisnopeus, hinta ja yhteensopivuus jo olemassa olevien laitteiden kanssa. Jakelukeskuksessa on jo käytössä paljon Sickin valmistamia sensoreita, joten Sickin 3d-konenäkökameran liitettävyyden ja jakelukeskuksen muuhun laitteistoon saattaa olla helpompaa kuin muiden valmistajien kameroiden kohdalla. Myös laitteiston huollettavuus ja varaosien hankinta helpottuu, jos mahdollisimman suuri osa laitteistosta tulee samalta valmistajalta ja mahdollisuuksien mukaan käytettäisiin saman mallisia kameroita useissa järjestelmissä.

Ohjelmisto

Aikataulun tullessa vastaan en perehtynyt syvästi konenäköjärjestelmien ohjelmistopuoleen. Ohjelmistoa valittaessa tulee pohtia sen käyttötarkoitusta. Monet ohjelmistojen valmistajat tarjoavat ohjelmistoja useisiin eri käyttötarkoituksiin ja erilaisille aloille, kuten puuteollisuuteen ja lääketeollisuuteen. Elintarvikkeisiin keskittyvistä ohjelmistoistakin löytyy useita erilaisia käyttötarkoituksia, kuten erilaisten materiaalien tunnistaminen ja lajittelu, viallisten tuotteiden, viivakoodien ja etikettien tunnistaminen ja huonojen tuotteiden lajittelu.

5 Yhteenveto

Insinööriyössä kartoitettiin, missä paikoissa konenäköjärjestelmiä voitaisiin hyödyntää Inexin tuotantotiloissa ja mitä tekniikkaa nämä järjestelmät voisivat hyödyntää. Lisäksi työhön kuului konenäön teoriaan ja konenäköjärjestelmien käyttökohteisiin tutustumista. Konenäköjärjestelmien käyttö voisi vähentää viallisten kuljetusyksiköiden määrää Inexin tuotantotiloissa, mikä osaltaan lisää työturvallisuutta, tehostaa tuotantoa ja vähentäisi tuotantotyöntekijöiden työmäärää tai vapauttaisi resursseja muiden virheiden ja vikojen korjaamiseen.

Myynnissä olevien laitepakettien ja ohjelmistojen selvittäminen jäi tässä työssä suppeaksi, koska työn tarkoituksena ei ollut saada valmista järjestelmää tuotantoon. Laitteita kuitenkin myy suuri määrä yrityksiä ja laitteiden ja ohjelmistojen kilpailutus tulee eteen vasta myöhemmin, jos konenäköjärjestelmiä aletaan tuotantotiloihin suunnittelemaan.

Isoimpana tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli kuitenkin oppia konenäön teoriaa sekä konenäön käyttösovelluksia. Tämän tavoitteen ainakin saavutin.

Lähteet

Boridy R. 2019, Verkkoaineisto. https://www.novuslight.com/pros-and-cons-of-popular-3d-technologies_N8910.html. Luettu 16.4.2023.

Carlota V. 2019, Verkkoaineisto. <https://www.3dnatives.com/en/laser-3d-scanner-vs-structured-light-3d-scanner-080820194/#>. Luettu 16.4.2023.

Clearview Imaging 2021, Verkkoaineisto. (<https://www.clearview-imaging.com/en/blog/how-to-choose-correct-lighting-for-industrial-applications>). Luettu 17.4.2023.

Hermary T. 2022, Verkkoaineisto. <https://hermary.com/learning/principles-of-laser-triangulation/>. Luettu 16.4.2023.

Hirvonen J. 2021, Verkkoaineisto. <https://lehti.seamk.fi/alykkaat-ja-energiatehokkaat-jarjestelmat/konenakojarjestelmat-ja-menetelmat-tutuksi/>. Luettu 12.2.2023.

Jokelainen J., Mäntykoski J. & Kasurinen T. 2015, Metropolia kurssimateriaali

Kettunen Z. 2020, Verkkoaineisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020121728912>. Luettu 1.3.2023.

Kujanpää T. 2012, Verkkoaineisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205229291>. Luettu 1.3.2023.

Pietikäinen M. & Silvén O. 2019, Verkkoaineisto. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526224824.pdf>. Luettu 16.10.2022.

Qualitydigest, 2011, Verkkoaineisto. <https://www.qualitydigest.com/inside/metrology-article/eight-tips-optimal-machine-vision-lighting-071111.html>. Luettu 17.4.2023.

Tuominen H. & Neittaanmäki P. 2019, Verkkoaineisto. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/64975>. Luettu 16.10.2022.

