

Robot med banebrydende "syn" kombinerer inspektion og pakning

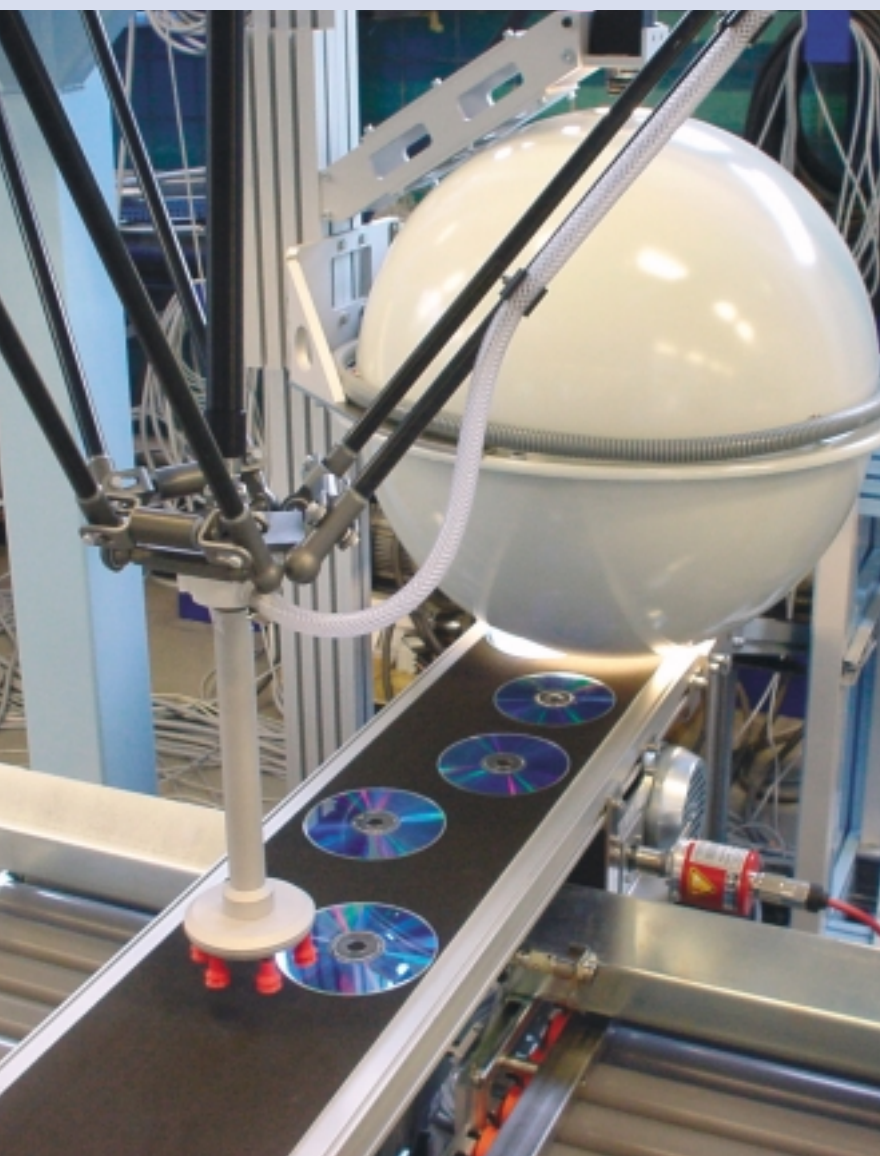
*Af civ. ing. Leif Dalum,
adm. direktør i både ProInvent A/S og
Videometer A/S,
civ. ing., Ph.D Jens Michael Carsten-
sen, teknisk direktør i Videometer A/S
og lektor på DTU,
civ. ing. Morten Jacobsen, salgs- og
projektleder i ProInvent A/S og
civ. ing. Kåre L. Jensen,
udviklingsingeniør i Videometer A/S*

Når man ønsker at automatisere en produktions kvalitetssortering er det oftest meget hensigtsmæssigt samtidigt at automatisere pakningen af produkterne, idet inspektion og pakning tidligere har været udført i én proces af de samme personer - og vise versa. Eye-Q-Packer er et banebrydende, men enkelt og tillige danskudviklet inspektions- og pakkesystem, der udnytter samme visionsystem til præcis måling af visuel kvalitet, styring af sorterings-systemet og endvidere styring af den fleksible pakkerobot.

Systemet fungerer på den måde, at emnerne, der er placeret i tilfældige positioner på et transportbånd, passerer en visionstation og transporteres derefter videre til robotten, der fanger emnerne i en flyvende bevægelse (tracking) fra båndet og placerer den i magasiner eller kasser ved siden af båndet. Visionstationen foretager dels inspektionen af emnerne, dels bestemmelse af position i forhold til båndets encoder og dels emnernes orientering, og endelig udvælger det de fejlemner, som robotten så får besked om ikke at pakke dvs. de løber båndet ud og falder i en opsamlingskasse til fejl-emner.

Eye-Q-Packer inspicerer, sorterer og pakker op til 90 emner pr. minut.

Visionsystemet, med en hidtil uset præcision i farvemåling, er udviklet af Videometer A/S. Systemets pakkedel er baseret på den ultra hurtige flex-picker robot fra ABB. Styringen og kommunikationen er udviklet af ProInvent A/S, der leverer Eye-Q-Packere mere eller mindre som hyldevare. Ofte skal der dog foretages



Prototypen af en Eye-Q-Packer inspicerer, sorterer og pakker op til 90 emner pr. minut. Emnerne passerer en visionstation og transporteres derefter videre til robotten, der fanger de gode emner i en flyvende bevægelse fra båndet og placerer dem i magasiner. Vision-systemet er udviklet af Videometer A/S. Mekanik, styring og kommunikation til robotten er udviklet af ProInvent A/S, der leverer Eye-Q-pakker mere eller mindre som hyldevare.



Videometer A/S har udviklet visionssystemer til automatisk farvemåling og sortering af minkskind til Copenhagen Fur Center. Udviklingsindsatsen har resulteret i levering af visionssystemer til i alt 4 farvemåle-anlæg.

tilpasninger i visionsoftwaren afhængig af emnernes form og struktur og der skal designes griber (eller gribere), der er optimeret til at håndtere det givne emne (de givne emner).

Historien bag udvikling af Eye-Q-Packer er baseret på konkrete kundebehov

Historien om Eye-Q-Packeren startede med, at ProInvent A/S som turn-key leverandør sidste år stod for at udvikle et fuldautomatiske anlæg til inspektion, sortering og pakning af medicotekniske plast-



Forbedring af konkurrenceevnen?

I ProInvent er vi specialister i vanskeligt automatiserbare processer



Udviklingsprojekter til industrien

ProInvent identificerer, tilrettelægger og gennemfører udviklingsprojekter for udviklingsintensive industrivirksomheder, for herigennem at forbedre deres konkurrenceevne. Her er vores referencer:

Produktionsanalyser og teknologiplaner til bl.a.:

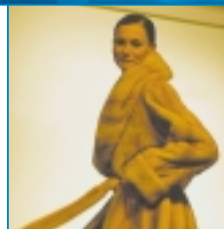
- Coloplast A/S, Danske Pels Auktioner, Lucent Technologies Denmark I/S, Royal Scandinavia A/S.

Udvikling af produktionsudstyr for bl.a.:

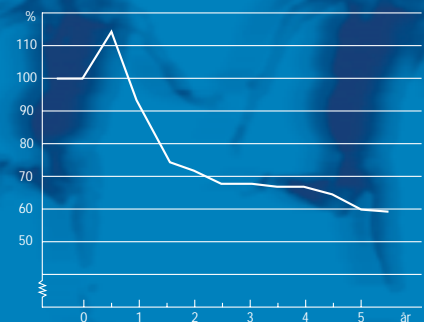
- Danionics A/S, NKT Flexibles I/S, NKT Research & Innovation A/S, AdSphere, Disa Industries A/S, Slagteriernes Forskningsinstitut, Junkers Industrier A/S, Gotthard Aluminium A/S, Novozymes A/S.

Produktudvikling for bl.a.:

- Novo Nordisk A/S, Radiometer Medical A/S, Zensys A/S, JAI A/S, Kompan A/S.



Eksempel på reduktion af kostpriser efter et samarbejdsprojekt med ProInvent



produkter. Videometer A/S stod for at udvikle anlæggets nøgleteknologi, der var et visionsystem til automatisk visuel kvalitetsmåling, hvor der var store krav til måling af både farve og tekstur med høj præcision og stor gentagelsesnøjagtighed. Systemet er i stand til at finde alle forskellige fejltypen, hvoraf flere fejl er ganske små. Anlægget foretager endvidere en automatisk pakning af plastprodukterne ved hjælp af den visionstyrede flex-picker robot. Visionstyringen til den ultra-hurtige pakkerobot er også udviklet af Videometer og ProInvent. Vitale teknologier, viden og delkomponenter er hentet fra dette projekt og danner baggrund for udviklingen af "Eye-Q-Pack", der er en forkortelse for "Eye-Quality-Pack".

Historien om Videometer og samarbejdet med ProInvent

Videometer A/S blev stiftet i februar 1999 af Jens Michael Carstensen og Seven Technologies A/S. I juli 2000 købte ProInvent A/S Seven Technologies' andel af Videometer. Videometer A/S ejes af ProInvent, som ejes af Leif Dalum og Allan Spork, samt Maintec ApS,

som ejes af Jens Michael Carstensen. Videometer kan i samarbejde med ProInvent tilbyde at tage totalansvaret for opgaver med automatisk sortering eller inspektion. Der er stor synergi mellem Videometers og ProInvents produktudviklings- og automatiseringsaktiviteter. Videometer deler forretningssystem, kontor og montagehal med ProInvent i "Den Kongelige Militære Klædefabrik" i Hørsholm.

Videometer har gennem de seneste to år udviklet visionsystemer til automatisk farvemåling og -sortering af minkskind til Copenhagen Fur Center (Danske Pels Auktioner). Videometers farvemåling har større gentagelsesnøjagtighed end de uddannede, trænede og erfarne sortere. Udviklingsindsatsen har resulteret i levering af visionsystemer til i alt 4 farvemåleanlæg. De automatiske anlæg sortere 2.200 skind i timen.

Videometer har netop færdiggjort flere års udviklingsarbejde, der har ført til Videometers første apparat, kaldet VideometerLab. VideometerLab er et teknologiførende apparat

til farve-, tekstur- og kvalitetsmåling i laboratorier eller i produktionens stikprøvekontrol. Produktudviklingen er gennemført i tæt samarbejde med ProInvent og industriel designer Steve McGugan. VideometerLab blev lanceret på det danske marked i juli 2001.

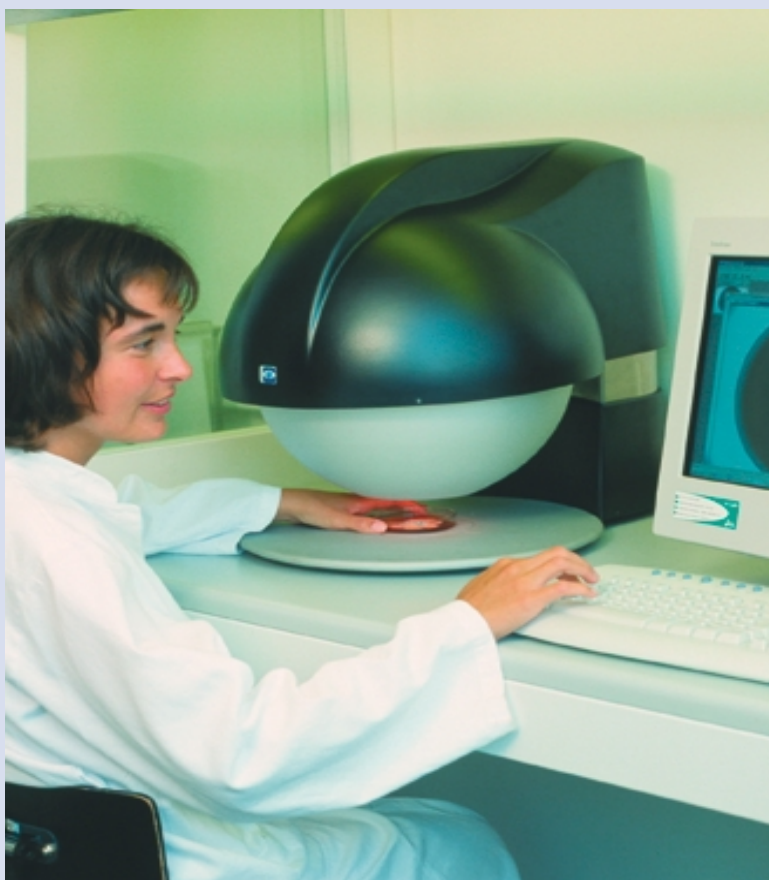
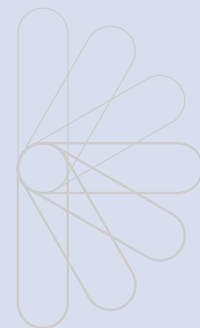
Samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet

Videometer er tæt knyttet til IMM's billedlaboratorium på Danmarks Tekniske Universitet. Dette samarbejde sikrer nær adgang til de nyeste forskningsresultater i billedbehandlings- og visionsystemer. Teknisk direktør i Videometer Jens Michael Carstensen underviser på deltid som lektor på Danmarks Tekniske Universitet.

Teknologi til vision-baseret farvemåling og præcis måling af visuel kvalitet

Vurdering af en række visuelle kvalitetsparametre har længe lidt under mangel på objektive måleteknologier. Er der fejl i et engangs-plastprodukt? Hvor slidt er et stykke tekstil? Hvilken farve har en pels? Er farveteksturen på mine fliser eller på min træbeklædning tilstrækkelig ens? Er farvetrykket på emballagen af en tilstrækkelig kvalitet? Spørgsmål som disse har i stort omfang været overladt til en subjektiv manuel bedømmelse. Den manuelle bedømmelse har kunnet forfines gennem udvælgelse og træning af specielle vurderingseksperter samlet i såkaldte testpaneler, men med denne fremgangsmåde er der en række indbyggede ulemper. Først og fremmest er det ofte en meget dyr løsning, der konstant mister konkurrenceevne i takt med, at automatiske teknologier udvikles.

Videometer A/S har netop færdiggjort flere års udviklingsarbejde, der har ført til Videometers første apparat, kaldet VideometerLab. VideometerLab er et teknologiførende apparat til farve-, tekstur- og kvalitetsmåling i laboratorier eller i produktionens stikprøvekontrol.



Farvevision i tekstilindustrien. Visuelle kvalitetsparametre er meget vigtige indenfor tekstilindustrien. Videometers farvevision kan præcist måle kvalitetsparametre som farve, slid, huller, krympning, regularitet af væve/strik-struktur, pletter, stoftrykkvalitet etc.



Det er også i mange tilfælde umuligt at forene manuel vurdering med høje produktionshastigheder, og dermed udelukkes total kvalitetskontrol på produktionslinien. Dernæst er det meget svært at sikre reproducerbarhed af vurderingerne. Det er oftest bekesteligt og ikke praktisk håndterbart at sende vurderingseksperter rundt i verden for at sikre reproducerbarhed fra sted til sted. Reproducerbarhed over tid er også meget svær at håndtere, når målingen er baseret på menneskelige subjektive vurderinger. Endelig er der kvalitetsparametre, som er mere funktionelle end kosmetiske, og hvor menneskets sanser simpelthen ikke kan skelne. Det kunne f.eks. være fænomener, der viser sig ved bølgelængder, der er usynlige for mennesker f.eks. ultraviolet og infrarødt lys, eller fænomener i det visuelle område, hvor menneskets farvesyn ikke har den hensigtsmæssige spektrale opløsning.

Hvorfor bruge vision til farvemåling?

Farver har i mange år været målt uden at bruge vision. Colorimetre og spektrofotometre måler gennemsnitsfarven over et givet område. Colorimetre giver en farveværdi, der ligger tæt på menneskets farveopfattelse, hvor spektrofotometre er mere fleksible og kan give en vilkårlig værdi baseret på et fuldt farvespektrum. Colorimetre og spektrofotometre virker bedst når den målte overflade er helt plan og ensfarvet. Derfor ligger der en stor fordel i vision-baseret farvemåling, når overfladen har topografisk tekstur (ruhed) eller farvetekstur (ikke ensfarvet). Farvevision tager nemlig ikke et gennemsnit over et givet område, men giver i stedet f.eks. 1 million forskellige målinger hen

over området. Derefter kan man anvende en passende vægtning af de mange målinger, således at målingerne opsummeres i en meget robust og præcis måling. Hvis man f.eks. skal måle farven på et plasgranulat, vil der i en gennemsnitsmåling optræde granuler og mellemrum mellem granuler, og der vil være granuleflader i alle mulige orienteringer. Disse vil optisk optræde forskelligt og vil gøre gennemsnitsmålingen afhængig af størrelses- og formfordeling af granulerne. I en vision-baseret farvemåling kan man derimod anvende en automatisk algoritme, der selekterer de områder af granulebilledet, der er mest repræsentative for den farve, der skal måles. F.eks. kan mellemrum mellem granuler og flader, der er næsten vinkelret på synsretningen nedvægtes.

Kalibreringen er enkelt

Kalibreringen af systemet er enkelt, og det sker ved at der lægges - typisk fire - kalibreringsark ind under kuglen og så bruges arkene som reference. Hos Videometer bruges NCS-farvesystemet til kalibreringen, hvorimod CIELAB-systemet ikke bruges direkte, fordi det system kun egner sig til situationer, hvor følsomheden er tilpasset øjets farveopfattelse. Men den nøjagtige kalibrering er tit vigtigere for et godt resultat end det specifikke valg af farverum. Når farvefølsomheden skal tunes, bruger vi den multispektrale billedoptagelse, hvor der er frihed til valg af en farvestandard via softwaren. Flere af Videometers systemer har automatisk kalibrering indbygget.

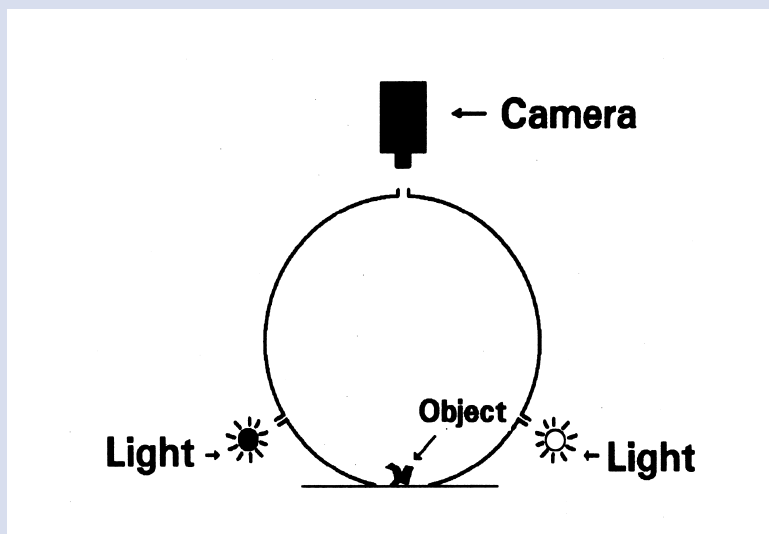
Internationalt patent på videometer-teknologien

Videometers unikke og patentan-

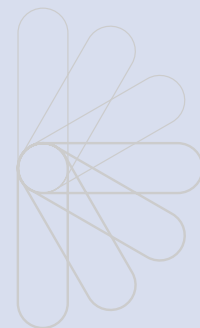
meldte teknologi bag vision-baseret farvemåling er udviklet på Danmarks Tekniske Universitet og videreudvikles og markedsføres af Videometer. Videometers teknologi er beskrevet i den internationale patentansøgning DK99/00058 - PCT fra 1999. Det, der adskiller den fra de fleste andre visionsystemer til farvemåling er, at det er direkte baseret på flere års forskning i anvendelsen af kameraet som måleinstrument, og at der i denne sammenhæng er fokuseret på hele målesystemets egenskaber. Ved designet har man således integreret og lavet en samlet optimering af delsystemerne: lyskilde, belyningsgeometri, optik, kameraorientering, kamera-teknologi, computerteknologi, styringselektronik og dataanalyse. Designet endte op med den i figuren viste belyningsgeometri baseret på en integrerende kugle (Ulbricht kugle). Den integrerende kugle er indvendigt belagt med en hvid diffusende belægning, der gør, at det betragtede objekts belysning alt-overvejende kommer fra refleksioner på den indre kugleoverflade og ikke direkte fra lyskilderne. Denne belyningsgeometri giver den meget jævne og diffuse belysning, der er grundlaget for præcisionsfarvemålingen. En tilsvarende kugle i mindre størrelse er i øvrigt brugt i mange colorimetre og spektrofotometre. Den meget diffuse belysning gør, at der i målingen fokuseres på reflektansforskelle i det betragtede objekt, og at effekten af topografisk tekstur og glansforskelle undertrykkes. I farvevisionsystemet indgår i ovennævnte kalibreringsprocedure, der sikrer en høj præcision, stor reproducerbarhed og god udnyttelse af kameraets dynamikområde gennem modellering og korrektion for de forskellige fejlkilder i systemet. Endelig er der en række dataanalysealgoritmer, der kan beregne en hensigtsmæssig vægtning af de enkelte farvemålinger i billedet, således at systemet kan give en meget robust opsummering af det samlede farveindtryk.

Anvendelsesområder

Anvendelsesområdet for teknologien spænder over en lang række industri- og laboratoriegrene, hvor visuel kvalitet og farve er i fokus. I dag anvendes teknologien både som



Belysningsprincippet i Videometers visionbaserede farvemålingsapparat. Den integrerende kugle er indvendigt belagt med en hvid diffusende belægning, der gør, at det betragtede objekts belysning altovervejende kommer fra refleksioner på den indre kugleoverflade og ikke direkte fra lyskilderne. Denne belysningsgeometri giver den meget jævne og diffuse belysning, der er en del af grundlaget for den visionbaserede farve- og teksturmåling med høj præcision.



stand-alone apparat til laboratorieanalyser eller stikprøvekontrol og som in-line apparat, hvor der er behov for en 100% løbende objektiv kvalitetsortering eller proceskontrol:

• Medico- og plastindustri

I medico- og plastindustrien er behovet for fuldautomatiske anlæg til inspektion, sortering og pakning af engangsprodukter meget stort, idet der i denne branche produceres i meget store styktal. Udfordringerne er specielt store i medicoindustrien, idet der her er uhyre store krav til den visuelle kvalitetsmåling både hvad angår præcision og gentagelsesnøjagtighed i måling af farve og tekstur. Der er typisk mange forskellige fejltypen og fejlene er ofte ganske små. Når man ønsker at foretage en automatisering af kvalitetsorteringen er det oftest meget hensigtsmæssigt at automatisere pakningen af produkterne også, idet inspektion og pakning tidligere har været udført i én proces af de samme personer – og vise versa.

• Grafisk produktion

Farvevision kan bruges til at måle kvalitet af farvetryk f.eks. inden for emballageindustrien. Der kan endvidere foretages en måling af trykmediet før tryk og f.eks. checke grundfarve og finde urenheder.

• Metal- og metalforarbejdende industri

I metalindustrien og i den metalforarbejdende industri er behovet for fuldautomatiske anlæg til inspektion, sortering og pakning af

halvfabrikata og færdige produkter stort, idet der i denne branche også produceres i relative høje styktal. Her er udfordringerne store, idet der her ofte er tale om emner med avancerede geometrier og overfladerne kan være blankpolerede. Der er også her typisk mange forskellige fejltypen og fejlene er ofte ganske små. Eksemplerne er mangeartede: armaturer og armaturdele, spisebestik, pumper og pumpedele, dele til biler, herunder bremseklodser, vitale dele i bremserør og andre højtryksrør osv.

• Fødevarer

Farvevision kan gennemføre en række relevante målinger, der er relateret til fødevarer f.eks. friskhed, farve, kød/fedt-marmorering, svampe- og insektskade og fremmedlegemer.

• Bioteknologi

I laboratoriet kan farvevisionsystemet f.eks. bruges til måling på svampe dyrket i petriskåle. Farvevisionsystemet har vist sig at kunne artsbestemme svampe inden for svampesfamilier, der visuelt er meget ens. Nye resultater viser, at det også er muligt at detektere forskellige genetiske populationer inden for en art. Anvendelser af en sådan visuel svampemåling er f.eks. måling i forbindelse syge bygninger, fødevarerproduktion og bioteknologisk produktion.

• Tekstilindustri

Visuelle kvalitetsparametre er meget vigtige inden for tekstilindustrien. Farvevision kan præcist måle kvalitetsparametre som farve, slid, huller,

krympning, regularitet af væve/strikstruktur, pletter, stoftrykkvalitet etc.

Produkter og turn-key anlæg

Det er i dag muligt at designe vision-systemer til et bredt udsnit af analyse, kvalitets- og sorteringsopgaver. Det er nødvendigt at gennemføre en systematisk udvikling med matematisk modelleringer og simuleringer inden systemerne tages i anvendelse i laboratoriet eller implementeres i produktionen. Dette indledende forarbejde sikrer, at alle forhold er analyseret og der kan opnås en 100%-løsning, hvor alle varianter og forhold er analyseret og afprøvet. Implementeringen foregår efterfølgende optimalt uden unødvendige driftstab og forstyrrelser. Videometer har i tæt samarbejde med ProInvent leveret komplette kundetilpassede anlæg indenfor en række af de nævnte brancher, herunder farvesortering af minkskind, kvalitetskontrol af engangsartikler, farveklaringsmålinger af tekstiler og sortering af kaffebønner efter kvalitet.