

Machine vision kwaliteitsinspectie van gerooide knolvruchten

Student: Degrande Stan

Promotoren: Ing. Descamps Dries, Ing. Demasure Thibaut

In samenwerking met: DEMA-Construct

Academiejaar 2022- 2023

I. INLEIDING

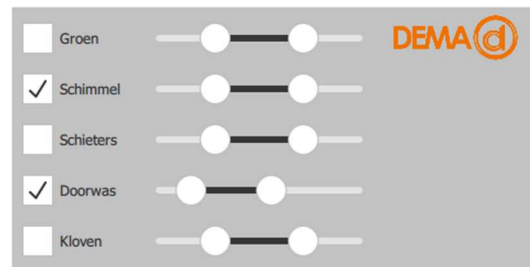
A. DEMA-Construct

DEMA-Construct is een machine constructie bedrijf, gespecialiseerd in machines voor bulkgoederen transport, zoals transportbanden, stortbunkers en aanverwante machines.

B. Smart Select machine

De Smart Select machine is een optische sorteerder voor knolvruchten. Het toestel kan gebruikt worden als standalone module of geïntegreerd in een stortbunker. Kluiten aarde worden uit de productstroom gefilterd aan de hand van rollen. De overblijvende producten komen terecht op een transportband waar deze geïnspecteerd worden. Twee 5.1MP Allied Vision Alvium camera's staan in voor het capteren en versturen van de beelden via USB-3. De beelden worden verwerkt door een industriële pc die geoptimaliseerd is voor het runnen van AI-toepassingen. Op basis van een Yolo-v3 model worden de knolvruchten gesegmenteerd en in enkele groepen ingedeeld. Afhankelijk van deze indeling, worden bepaalde python-scripts aangesproken om het percentage defecten in knolvruchten te bepalen. Dat percentage bepaalt in welke categorie de knollen ingedeeld worden. Momenteel is er enkel een onderscheid tussen goed- of afgekeurd. In de toekomst is het de bedoeling om een extra optie voor 2^e keuze toe te voegen. De classificatiepercentages van een

product zijn afhankelijk van het uiteindelijke doel waarvoor het wordt gebruikt. Om deze instellingen makkelijk aan te passen, kan gebruik gemaakt worden van een GUI (Graphical User Interface). Onderstaande afbeelding geeft weer hoe deze er kan uit zien.



Figuur 1: Voorbeeld lay-out GUI

De slechte producten worden gevolgd op de transportband en hun snelheid wordt berekend. De software berekent, aan de hand van deze positie en snelheid, de timing voor het uitschieten van de knollen. Het uitschieten gebeurt door middel van een kleppenbalk met 60 individueel aanstuurbare nozzles.

II. DOELSTELLINGEN

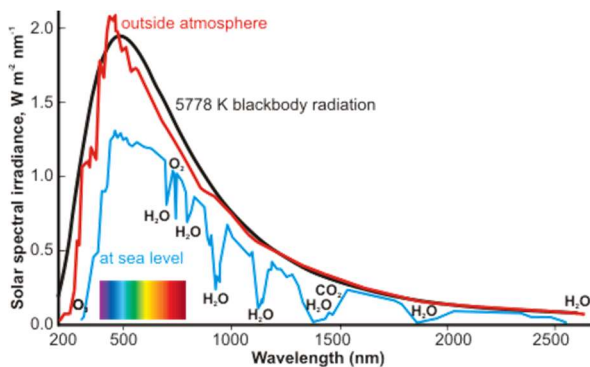
Het doel van deze thesis was de bestaande visie applicatie, uitgewerkt door Vintec, uit te breiden. Er moest eerst onderzoek gedaan worden naar de verschillende ziektes en defecten die voorkomen bij knolvruchten. Specifiek werden aardappelen, ajuinen en wortelen bestudeerd. Niet ieder defect is zichtbaar in het visueel spectrum. Hierdoor was onderzoek naar verschillende mogelijke technologieën om deze defecten in beeld te kunnen brengen nodig. Met deze resultaten moest er dan verder aan de slag gegaan worden om het visiesysteem van de machine onder de loep te nemen. Het tot dan toe gebruikte AI-model kon enkel aangeven of het product in een

bepaalde, vooraf getrainde, categorie viel of niet. Om een instelbaar percentage te kunnen kiezen moesten er dus andere methodes gezocht worden, die dit wel konden.

III. RESULTATEN

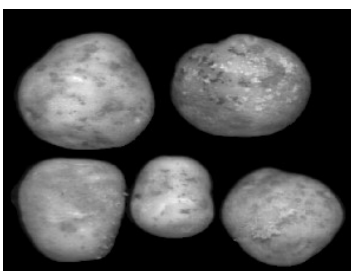
A. Onderzoek SWIR (Short-Wave Infrared) spectrum

Na het onderzoeken van verschillende defecten bij knolvruchten, bleek dat veel van deze afwijkingen te maken hebben met een variatie van vochtgehalte in de knol. Vocht, water, is het best zichtbaar in het SWIR spectrum. 1450nm is de golflengte waar dit effect het meest uitgesproken is. Figuur 2 geeft het absorptiespectrum weer van water.

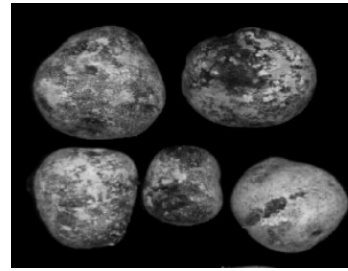


Figuur 2: Absorptiespectrum water

Deze theorie werd gestaafd door een onderzoek, in samenwerking met ILVO (Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek), met een hyperspectrale camera. De gebruikte camera was een Specim FX17 met een gevoeligheid van 900nm tot 1700nm, uitgespreid over 224 spectrale banden. Voor de verdere verwerking werden telkens 2 banden uit iedere scan opgeslagen, een band rond 900nm als referentie en een band rond 1450nm. Onderstaande afbeeldingen, van aardappelen, geven respectievelijk het scanresultaat weer bij 900 en 1450nm.



Figuur 3: Scan 900nm

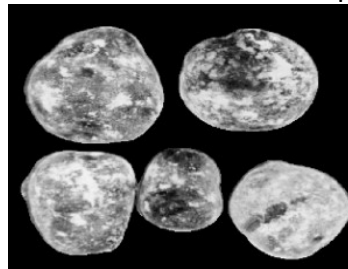


Figuur 4: Scan 1450nm

De verschillen tussen beide afbeeldingen werden vergroot door gebruik te maken van onderstaande formule.

$$Px_{norm} = \frac{Px_{1450} - Px_{900}}{Px_{1450} + Px_{900}}$$

Dit leverde onderstaande resultaat op.



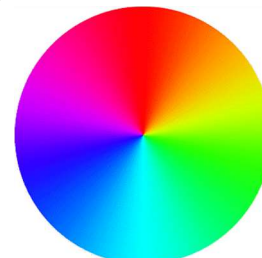
Figuur 5: Genormaliseerde scan

Van de bovenstaande set waren er op de 2^e aardappel geen externe defecten zichtbaar, waardoor deze niet verder onderzocht werd. De 4^e knol had een groene kleur en de 5^e bevatte enkele kloven.

B. Onderzoek zichtbaar spectrum

Een tweede deel van de thesis bestond eruit om te bepalen welk percentage van de knol defecten vertoonde. Hier werd er vooral gefocust op groene aardappelen, gezien dit het moeilijkst te detecteren is en het meest voorkomt.

Doordat geel en groen vrij dicht bij elkaar liggen qua kleur, te zien op Figuur 6, is de belichting en kleurinstelling van de camera zeer belangrijk.



Figuur 6: HSV kleurencirkel

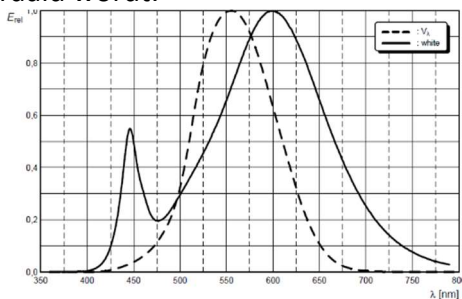
Er werden 3 soorten belichting getest. Led TL-lampen, ledlampen bedoeld voor machine vision en industriële ledstrips. De TL-lampen hadden een lage kleurtemperatuur (5000K), wat ervoor zorgde dat de beelden een rode tint hadden. In

combinatie met een lage CRI (Color Rendering Index) van 85 zorgde dit ervoor dat er weinig contrast te zien was tussen het groen en geel, zoals te zien is in de Figuur 7.[1]



Figuur 7: Groene aardappel led TL-lampen

De machine vision lampen hebben een kleurtemperatuur van 5500K.[2] Een CRI van deze leds werd niet gevonden. Uit het spectrum, hieronder weergegeven, valt op dat ondanks de hogere kleurtemperatuur er minder blauw licht uitgestraald wordt.



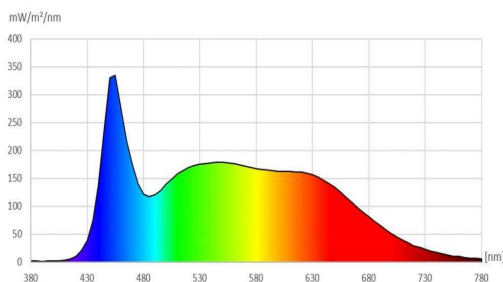
Figuur 8: Spectrum MV-leds

Op onderstaande afbeelding, genomen met de Machine-vision-ledlamp, is een duidelijk verschil tussen groen en geel merkbaar.



Figuur 9: Groene aardappel MV-ledlamp

De ledstrips hebben een temperatuur van 5800K, met een CRI van 95 of meer.[3] In vergelijking met de vorige lampen, bevat het spectrum, hieronder weergegeven, relatief veel blauw licht.



Figuur 10: Spectrum ledstrips

Hierdoor kan er minder contrast waargenomen worden bij de gele kleuren. Dit is ook zichtbaar op Figuur 11.



Figuur 11: Groene aardappel ledstrips

Een belangrijke opmerking die bij bovenstaande afbeelding moet gemaakt worden is dat deze afbeeldingen op een ander moment met andere aardappelen genomen zijn. Hierdoor is het niet mogelijk om een 1-op-1 vergelijking te maken.

IV. BESLUIT

A. SWIR spectrum

Alle defecten zijn zichtbaar in het SWIR spectrum. Om de afwijkingen goed te detecteren moet er gebruik gemaakt worden van een 2^e golf lengte. Hierdoor wordt het gebruik van een monochrome SWIR camera uitgesloten. Een hyperspectrale camera, weliswaar met slechts 2 spectra, moet gebruikt worden hiervoor. Ook het gebrek aan kleurinformatie van de knol zorgt dat het classificeren van de afwijking moeilijk is. Er is dus altijd een RGB camera nodig in het systeem. De toegevoegde waarde van deze setup is echter te laag, in vergelijking met de kostprijs ervan.

B. Zichtbaar spectrum

Het detecteren van groene aardappelen is vrij eenvoudig. Om een percentage groen op de knol te kunnen bepalen, moet de juiste belichting gebruikt worden. Het vinden van de correcte belichting en het afstellen van de kleurechtheid op de camera zijn niet evident en nemen veel tijd in beslag.

V. REFERENTIES

- [1] Iluno, 'Hermetisch Armatuur', 2017.
- [2] Effilux, 'Adjustable beam angle LED bar', 2022.
- [3] LuxaLight, 'LuxaLight LED-strip White 5800K', 2018.