AI VOOR HET MAKEN VAN CT-BEELDEN VAN FRUIT

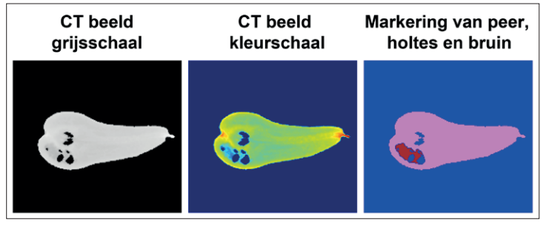
De identificatie van defecten in fruit met X-stralen computertomografie (CT) beelden biedt veel mogelijkheden voor een betere sortering. Het maken van nauwkeurige algoritmes voor sortering vereist echter grote gelabelde datasets, die moeilijk te verkrijgen zijn vanwege de onvoorspelbare beschikbaarheid van fruit met alle mogelijke defecten. Deze studie stelt een oplossing voor om artificiële intelligentie (AI) te gebruiken om synthetische CT-beelden te genereren voor verschillende klassen fruitweefsel. De methode produceert hoogwaardige beelden en kan worden gebruikt om bestaande datasets uit te breiden, waardoor de robuustheid van classificatie-algoritmes voor sortering kan worden vergroot.

X-STRALEN CT BIEDT INTERESSANTE TOEPASSINGS-MOGELIJKHEDEN IN FRUITSORTERING

CT ZIET DE INWENDIGE DEFECTEN IN FRUIT

De detectie van interne defecten van allerlei aard (zoals bewaardefecten, blutsen, insecten-infecties) blijft een grote uitdaging voor de fruitsector. Er bestaan slechts een beperkt aantal visietechnologieën die de afwijkingen in de vrucht niet-destructief in beeld kunnen brengen, en dus toepasbaar zijn voor automatische sortering. De X-stralen van een CT-apparaat dringen makkelijk doorheen het fruit en pikken het contrast op tussen gezond en aangetast weefsel. Dit maakt van CT een interessante techniek voor niet-destructieve detectie van defecten. Op de CT-beelden kunnen dan de defecten worden gemarkeerd en geïdentificeerd op een virtuele doorsnede van de vrucht (Figuur 1).

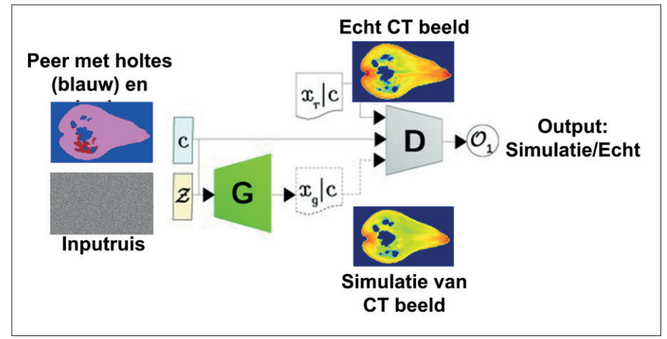
Voor toepassing in sortering moet o.a. die beeldverwerking geautomatiseerd worden. Voor een robuust sorteerprogramma is een groot aantal CT-beelden nodig die de verschillende soorten en vormen van de defecten aanbieden voor het trainen en het testen van de sorteer-algoritmes. Het aanleggen van die grote datasets van CT beelden is erg tijdrovend, en fruit met allerlei types van defecten is niet zomaar beschikbaar.



Figuur 1: CT beeld van een peer met interne defecten. Links: de grijsschaal van donker naar licht geeft een stijgende densiteit van het weefsel aan. Midden: de kleurschaal geeft van blauw naar rood een stijgende dichtheid van het weefsel aan. Rechts: holtes, klokhuis, lucht (blauw), bruin (bruin) en gezond weefsel (roze).

AI GENEREERT CT-BEELDEN OM SORTEERAPPARATUUR TE TRAINEN

Om het euvel van een tekort aan CT-beelden op te lossen, ontwikkelden we een computerprogramma dat, op basis van AI, realistische CT-beelden aanmaakt, met verschillende types defecten met eender welke vorm, grootte of positie in de vrucht. Daarvoor maken we gebruik van zogenaamde cGAN (conditional Generative Adversarial Network) netwerken. Dit soort AI model bestaat uit twee netwerken, een generatornetwerk G en een discriminatornetwerk D, die met elkaar concurreren (Figuur 2). De generator leert de pixels van de contouren van een vrucht met of zonder defecten toe te wijzen aan dat van een CT-beeld van die vrucht. Deze geschatte CT-afbeelding wordt vervolgens ingevoerd in het discriminatornetwerk, dat nagaat of het geschatte beeld zich onderscheidt van het echte beeld. Zowel de generator als de discriminator worden samen getraind, want de generator heeft tot doel betere beelden te produceren, terwijl de discriminator vaardiger wordt in het beoordelen van de synthetische beelden.

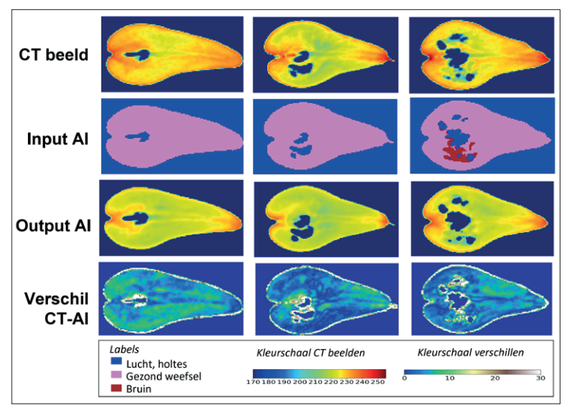


Figuur 2: Principe van een cGAN voor het genereren van realistische CT beelden van een peer met defecten.

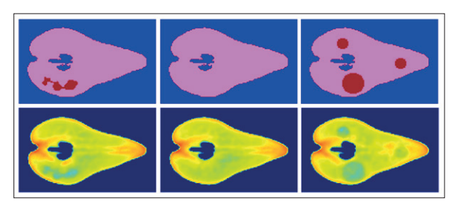
AI GESIMULEERDE CT-BEELDEN NAUWELIJKS TE ONDERSCHEIDEN VAN ECHTE

Het resultaat van het trainen van de cGAN zijn gesimuleerde CT-beelden die steeds meer gaan lijken op echte beelden. Ultiem zijn de twee niet meer te onderscheiden. We trainden en testten het netwerk op een dataset van 6480 CT-beelden van peren, zowel gezonde als vruchten met verschillende gradaties van bruin en hol. In Figuur 3 tonen we de resultaten van de AI generatie van het CT-beeld voor een aantal peren met verschillende defecten. De peer links is een gezonde peer. De AI slaagt erin de gradiënten in het weefsel te voorspellen, met name (1) het verschil tussen de vaatbundels in de nek en het vruchtvlees, en (2) de dichtere zone rond het klokhuis, de kelk en onder de schil. De peer in het midden is een vrucht met een aantal holtes maar zonder inwendig bruin. Ook hier worden de dichtheidsverschillen van het CT-beeld goed voorspeld. Ten slotte, in de peer rechts is ook bruin weefsel aanwezig tussen de holtes wat minder dicht is dan het gezonde weefsel. Ook deze zone wordt juist ingekleurd door het AI model.

De cGAN-benadering bleek effectief te zijn in het genereren van realistische CT-beelden van Conference-peren op basis van de annotatie. Het model was in staat om zowel gezonde als defecte peren met verschillende aandoeningen te voorspellen. Het grote potentieel van het cGAN-model als techniek voor het vergroten van gegevens wordt geïllustreerd in nieuwe voorbeelden van onbestaande maar realistische peerbeelden (Figuur 4). Deze uitgebreide dataset kan vervolgens worden toegepast om sorteermodellen voor CT apparatuur te trainen. Het uiteindelijke doel van deze aanpak is om de prestaties van de modellen te verbeteren en ze robuuster te maken voor variaties in de gegevens.



Figuur 3: Vergelijking van de met AI genereerde CT beelden met echte beelden voor peren met verschillende soorten defecten.



Figuur 4. Nieuwe CT beelden van peren met defecten.

AI FOR GENERATING CT IMAGES OF FRUIT

AI has made significant strides in computer vision tasks, such as identifying defects in fruit using X-ray CT images. However, creating accurate models requires large annotated datasets, which can be difficult to obtain due to unpredictable fruit availability and representation of all possible defects. This study proposes a solution by using a conditional Generative Adversarial Network (cGAN) to generate synthetic CT images for different classes of fruit tissue. The method was shown to produce high-quality images and can be used to augment existing datasets, increasing the robustness of other AI models during training.

Onderzoek in het kader van het doctoraatsbeurs, 1S23721N, gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). Met ondersteuning door de KU Leuven (project C3I91059).