



The Next Fruit 4.0: Multifunctionele robot Software perendetectie en plukstrategie

Auteurs: Jochen Hemming
Projectnummer: LWV20.131

Achtergrond project

The Next Fruit 4.0 is gericht op het ontwikkelen van technologische oplossingen voor de fruitteelt van morgen met focus op: (1) verduurzaming van teelt en keten, (2) opbrengstmaximalisatie en/of (3) kostenminimalisatie. In het werkpakket multifunctionele robot wordt gewerkt aan essentiële onderdelen voor toekomstige boomgaard robots. Een van de toepassingen is het oogsten van peren. Hiervoor is een softwaremodule ontwikkeld die de peer kan detecteren en in 3D kan bepalen waar deze aangegrepen moet worden. Dit laatste maakt het mogelijk dat een robotarm de peer benadert, vastpakt en de oogst uitvoert. De in het project ontwikkelde gripper voor het gerobotiseerd oogsten van peren is niet hier maar in een additionele fact-sheet beschreven.

Perendetectie met Deep Learning

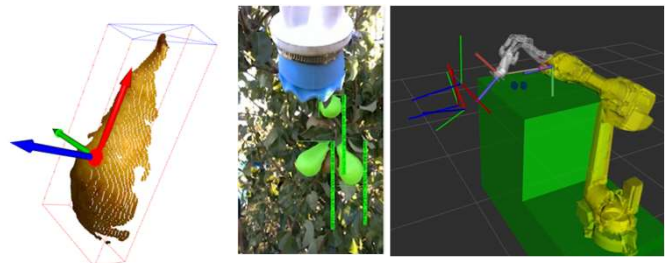
Voor de detectie van de peer en de schatting van het grijppunt wordt gebruik gemaakt van zogenaamde Deep-Learning Keypoint R-CNN. Dit algoritme is een 'region-based convolutional' neurale netwerk (R-CNN) dat tegelijkertijd het object (de peer) en het grijppunt (punt op de peer) in een beeld kan detecteren. Niet alleen de positie van de peer maar ook het grijppunt kan end-to-end worden geleerd d.m.v. met de hand gelabelde trainingsbeelden. De rode stip in onderstaande figuur visualiseert het grijppunt van de peer, geschat door Keypoint R-CNN.



Figuur 1. *Linker afbeelding:* kleurenbeeld opgenomen met de robot camera. *Rechter afbeelding:* Keypoint R-CNN-detectie. Groene pixels zijn de gedetecteerde peren, rode stippen zijn de gedetecteerde keypoints/aangrijppunten voor de robot gripper. De betrouwbaarheidsdrempel van het detectienetwerk is op een hoge waarde ingesteld, zodat alleen de peren met een hoge detectiescore worden weergegeven. Meestal zijn dit de peren die zich dicht bij de camera en dus robot bevinden.

3D positie en oriëntatie bepaling

De gebruikte camera (Intel RealSense D405) levert niet alleen kleurenbeelden maar ook 3D puntenwolken. Met behulp van deze extra data kan een schatting van de peren 3D-positie en oriëntatie berekend worden. Hiervoor wordt een begrenzend kader (rood gekleurd kader in figuur 2) om de puntenwolk van de peer geplaatst. Ook het 2D grijppunt wordt vertaald naar een 3D positie. Samen met de resultaten van de robot hand-oog kalibratie kunnen zo gedetecteerde peren in wereld coördinaten worden berekend.



Figuur 2. *Linker afbeelding:* puntenwolk van een peer met aanduiding van de 3D oriëntatie. *Midden en rechter afbeelding:* Visualisatie van meerdere gedetecteerde peren in het camerabeeld van de gripper en posities en oriëntaties van deze peren t.o.v. de gripper en robot arm in wereld coördinaten.

Resultaten 3D positie

In een experiment met 45 peren is bepaald hoe nauwkeurig de 3D positie van het grijppunt bepaald kan worden. De gemiddelde fout tussen het handmatig bepaalde punt en het door de software berekende punt was minder dan 5 mm. De fouten worden groter als de peren in het beeld sterk horizontaal gekanteld zijn.

Evaluatiewaardes	Fout (mm)
Gemiddelde Euclidische afstand* (3D)	4,7
Minimum Euclidische afstand* (3D)	1,2
Maximum Euclidische afstand* (3D)	21,1
Median Euclidische afstand* (3D)	3,4

*de afstand tussen twee punten die worden gegeven door hun cartesische coördinaten (x,y,z)

Plukstrategie

De robotarm beweegt de gripper met camera systematisch langs een vooraf ingesteld zoekkader op ca. 20-30 cm afstand van de boom. Bij een detectie wordt de peer direct geoogst. Als meerdere peren in één beeld gedetecteerd worden, dan wordt eerst de peer geplukt die het dichtst bij de robot arm is. Deze is namelijk in het algemeen het beste bereikbaar.

Succesvolle oogst

Tijdens de oogstperiode in september 2023 zijn met een experimentele robot opstelling door WUR op FRC Randwijk testen uitgevoerd met de oogst van Conference peren. De robot kan peren detecteren én oogsten zonder dat de peer beschadigd.



Video: <https://youtu.be/o8yMqIqyJiY>



Figuur 3. Experimenten in de boomgaard met de plukrobot.

Dankwoord

Dank aan Pieter Blok voor zijn bijdrage aan de ontwikkeling van software voor de peren detectie en lokalitisatie. Aan dit onderdeel is meegewerkt door ABB Robotics, Munchhof Fruit Tech Innovators, RIWO Engineering en de Washington Tree Fruit Research Commission (WTFRC).

