

HET GEBRUIK VAN DIGITALE BEELDVERWERKING BIJ SORTEEERPROCESSEN IN DE TUINBOUW

Het vervangen van het menselijk oog door een computer oog.

J. Dijkstra

In de tuinbouw gebeuren nog veel sorteerprocessen handmatig. Dit komt door het feit dat er tot nu toe geen technieken zijn ontwikkeld om de mens als beoordelaar te vervangen. Bij de vakgroep Agrotechniek en -fysica van de Landbouw Universiteit wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om deze handmatige processen te automatiseren. Voor de automatisering van de beoordeling van het plantmateriaal wordt de toepasbaarheid van digitale beeldverwerkings technieken onderzocht, met als doel de uniformiteit tijdens het teeltproces te verbeteren. Daarnaast biedt de inzet van digitale beeldverwerking aanvullende voordelen, bijvoorbeeld bij de koppeling met management systemen.

Een deel van het onderzoek bestaat uit het vertalen van subjectieve menselijke criteria naar objectieve criteria, meetbaar met behulp van digitale beeldverwerking. Van het gewas Saintpaulia worden enige resultaten getoond.

Inleiding.

In de elektronica- en autoindustrie wordt de digitale beeldverwerking reeds veelvuldig toegepast bij procesautomatisering en kwaliteitscontrole. In de landbouw vindt men tot op het heden slechts enkele toepassingen van digitale beeldverwerking. Er zijn een aantal redenen aan te wijzen voor dit verschil tussen industrie en landbouw :

- Landbouwproducten vertonen een veel grotere variatie in vorm en afmeting dan industriële producten, dit als gevolg van biologische variatie. Wordt er gezocht naar een bepaald object in een beeld, bijvoorbeeld een appel, dan is het moeilijk om een standaard appel te definiëren. Wel kan gezocht worden naar objecten die ongeveer voldoen aan de kenmerken van een appel, zoals ongeveer rond, afmetingen binnen bepaalde grenzen en met een bepaalde kleur. Deze kleur kan bovendien nog variëren binnen het object;
- Er wordt vaak gewerkt met specifieke kenmerken, die in de industrie minder gebruikt worden. Hierbij valt te denken aan de kleurverandering bij het rijper worden van appels;
- De door de mens gehanteerde kenmerken bij visuele inspectie en selectie zijn veelal slecht gedefinieerd. Het gaat vaak om subjectieve kenmerken die moeilijk te objectiveren zijn. Als voorbeeld kan genoemd worden de subjectieve term compactheid van een plant. Veel onderzoek is nodig om een set equivalente kenmerken te ontwikkelen met minimaal dezelfde nauwkeurigheid als bij menselijke beoordeling.

Op dit moment worden de meeste sorteer handelingen in de tuinbouw handmatig uitgevoerd. Dit arbeidsintensieve, geestdodende werk vindt vaak plaats onder relatief slechte arbeidsomstandigheden, waardoor het steeds moeilijker wordt hiervoor mensen te vinden. Aan de Landbouwuniversiteit in Wageningen bij de vakgroep Agrotechniek en -fysica wordt onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van digitale beeldverwerking als hulpmiddel bij sorteer- en beoordelingsprocessen in de tuinbouw om een oplossing voor deze problematiek te vinden.

Waarom sorteren in de tuinbouw

Het sorteren van de onbewortelde stek heeft een aantal voordelen voor de besturing en automatisering van de teelt:

- Betere benutting van de kasruimte doordat minder productieve planten in een eerder stadium kunnen worden uitgesloten van het groeiproces;
- Vermindering van de onderlinge concurrentie tussen de planten omdat ze in een meer uniforme omgeving opgroeien. Indien een kleine plant tussen grotere planten opgroeit, zal deze door overschaduwning achterblijven in de groei;
- Mogelijkheid voor de tuinder om de juiste behandeling op het juiste tijdstip te verrichten. Bijvoorbeeld bij het toedienen van groeiremmers wordt nu het middel toegepast op het moment dat de grootste planten uit een partij er aan toe zijn. Voor de kleine planten in de partij is dit tijdstip meestal nog te vroeg en worden deze kleine planten nadelig beïnvloed in hun groei. Door sorteringen aan te brengen, kan een behandeling op het juiste moment worden uitgevoerd;
- Bij het automatisch leeghalen van een kasruimte hoeven na afloop van het sorteerproces in de verwerkingsruimte minder planten terug te worden gezet in de kas doordat een partij planten uniformer is dan in de vroegere situatie. Er zijn meer planten oogstrijp, waardoor de goederenstroom in de kas kleiner wordt;
- Betere ruimte benutting in de kas omdat vroeger de kasruimte pas beschikbaar kwam bij het volledig rijp zijn van een partij. Bij het toepassen van sorteringen, kunnen de ruimten met grote planten eerder worden leeggehaald en opnieuw worden gebruikt.

Het huidige sorteerproces.

Op dit moment wordt er slechts bij een aantal planten een vroegtijdig sortering aangebracht. Vaak gebeurt dit door de mens. De mens heeft als beoordelaar echter een aantal nadelen:

- De sortering van de mens is tijdsafhankelijk. Zo zal hij op maandagochtend anders indelen dan op dinsdag

middag. Deze fluctuaties gaan vrij snel. De resultaten kunnen van uur tot uur verschillen;

- De indeling van de ene persoon is anders dan van de andere persoon. Bij het samenvoegen van de resultaten van diverse steksorteerders zal de heterogeniteit toenemen in de partijen;
- De mens is slechts in staat om een beperkt aantal sorteringen in een beperkte tijdsbestek te maken. Er zijn een aantal mogelijke oplossingen te bedenken om plantmateriaal te sorteren. Zo is er bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om stekmateriaal op basis van gewicht te sorteren. Het nadeel hiervan is dat er slechts één parameter, gewicht, bepaald wordt. Omtrent de ruimtelijke opbouw van het materiaal is dan niets bekend. Deze is wel visueel waar te nemen en kan eveneens met digitale beeldverwerking worden gekwantificeerd.

Wat kan er zoal met digitale beeldverwerking gemeten worden.

Met gewone CCD-camera's wordt hoofdzakelijk gekeken naar uiterlijke kenmerken. Bedacht moet worden dat er vaak gewerkt wordt met 3-dimensionale structuren, die door de camera als 2-dimensionaal wordt gerepresenteerd. Deze projectie heeft vervorming tot gevolg die het schatten van bepaalde parameters van de plant moeilijker maakt. Bij de keuze van het kenmerk is het belangrijk te bepalen hoeveel opnamen er nodig zijn om bij een bepaalde oriëntatie dit kenmerk voldoende nauwkeurig in beeld te krijgen. Bij het huidige onderzoek is er voor gekozen om planten naar een centrale verwerkingsruimte, waar een beeldverwerkingsstation staat onder geconditioneerde omstandigheden, te brengen om verenkelde planten onder geconditioneerde lichtomstandigheden te kunnen meten. Op dit moment lijkt het nog te gecompliceerd om met een camera-systeem door een gewas heen te gaan en uitspraken te doen over de individuele plant.

Met behulp van digitale beeldverwerking kunnen een groot aantal kenmerken gemeten worden aan een plant. De volgende kenmerken zouden relevant kunnen zijn voor een sortering:

- **Vorm kenmerken:** complexiteit; symmetrie; lengte/breedte verhouding; optisch zwaartepunt; vertakingsstructuur en bladnerven.
- **Grootte kenmerken:**
 - lengte van de delen: afzonderlijke stengels en wortel.
 - diameter van de delen: kroon; afzonderlijke stengels en wortel.
 - oppervlak van de delen: wortel;
 - afzonderlijke stengels; afzonderlijke bladeren; bloemen en omtrek van de diverse onderdelen.
- **Gezondheid kenmerken:** ziekten; kleurverschillen en beschadigingen van de onderdelen

Bij het ontwikkelen van een sorteercriterium moeten twee dingen worden meegenomen :

- De kwaliteit van het meetproces. Met welke nauwkeurigheid kunnen kenmerken bepaald worden. Voor de verder automatisering van het sorteerproces is het belangrijk dat er niet te hoge eisen worden gesteld aan de

oriëntatie van het object. Daarom speelt het oriëntatie onafhankelijk maken van de meetroutine een belangrijke rol. Er zijn meetroutines ontwikkeld die onafhankelijk van de oriëntatie een schatting kunnen geven van bijvoorbeeld het bladoppervlak. Deze routines worden getest in uitgebreide consistentie proeven waarbij het object random wordt aangeboden aan het digitale beeldverwerkings systeem;

- Effectiviteit van de gemeten kenmerken. Welke relatie bestaat er tussen de kwaliteit van het product en het gemeten kenmerk.

Als er bijvoorbeeld een goede uitspraak over lengte van een plant kan worden gedaan en het blijkt dat de lengte geen kwaliteitsparameter is, dan is de lengte meting geen goed kenmerk. Een ander voorbeeld is als het aantal zijscheuten van een plant een goed kenmerk is voor de kwaliteit, maar het is niet goed meetbaar, dan is dit kenmerk ook niet geschikt.

Nut van digitale beeldverwerking in de tuinbouw

De digitale beeldverwerking kan nuttig zijn voor in de tuinbouw :

- Als intelligente objectieve meetsensor die instaat is de mens te vervangen inzake sorteerprocessen. De sorteringen van een digitaal beeldverwerkingsstation zijn objectief.
- Als vervanger van geestdodende sorteerarbeid. Het frequenter sorteren gedurende het teeltproces kan worden overwogen.
- Als ondersteuning bij het management van de tuinder doordat naast het sorteren, de sorteerunit direct aantallen verschaft die beschikbaar zijn voor planning en registratie systemen, ondermeer ten behoeve van de ruimte- en arbeidsplanning.
- Als teeltevaluatie. Dit is afhankelijk van de punten waarop digitale beeldverwerking wordt ingezet. Indien er acties plaats vinden op diverse punten in de teelt, kan de informatie die verkregen wordt uit de sorteerunits gekoppeld worden aan andere informatie uit het systeem en zou een eventuele evaluatie van de teelt kunnen worden uitgevoerd.

Echter voordat er kan worden overgegaan tot de implementatie van een geautomatiseerd sorteersysteem, moeten er een aantal overwegingen worden gemaakt, zoals de vraag of het zinvol is om te gaan sorteren. Op een gegeven ogenblik kan er besloten worden om te gaan sorteren bij een proces. Nagegaan moet worden wat het effect is van deze sorteeractie, in termen van rentabiliteit, productkwaliteit, arbeidstechnische consequenties en logistieke consequenties.

Verder is een belangrijke vraag of de criteria die de mens hanteert, wel goed vertaalbaar zijn naar objectieve, meetbare grootheden.

Huidig onderzoek.

Op dit moment vinden er uitgebreide proeven plaats op het gebied van het sorteren van 'onbewortelde stekken' en het sorteren van de 'halfwas planten'. Onder onbewortelde

stek wordt verstaan de pas afgesneden scheut van de moederplant, voordat het de grond in gaat om te bewortelen. Onder halfwas plant wordt verstaan dezelfde stek na een bepaalde groeiperiode waarin het beworteld is en de eerste groei heeft plaatsgevonden.

De proeven zijn bedoeld om de kenmerken te definiëren die gemeten moeten worden om een sortering in uniforme groeigroepen te realiseren. Onder uniforme groeigroepen worden groepen planten verstaan die ongeveer even snel groeien en elkaar in gelijke mate zullen beïnvloeden tijdens de groei. Daarnaast dienen de proeven ervoor om aan te geven wat het effect van het sorteren op de planten is. Op dit moment worden proeven gedaan bij Begonia, Dieffenbachia en Saintpaulia.

Als voorbeeld van reeds behaalde resultaten bij het onderzoek kan het sorteren van Saintpaulia's worden gegeven. Hierbij is vergeleken wat de uniformiteit van de groeigroepen na een groeiperiode van 6 weken is, nadat de Saintpaulia's in de onbewortelde stek fase op basis van bladoppervlak en stengel/blad verhouding in 5 groepen zijn ingedeeld. De resultaten van deze groeiproef zijn vergeleken met de resultaten van de door de mens gesorteerde stekken. De mens sorteert in 3 groepen. De beoordeling van de 6 weken oude stekken heeft plaatsgevonden op basis van bladoppervlak in bovenaanzicht.

Voor de vergelijking van de resultaten van de mens en die van de digitale beeldverwerking is de variantie bepaald in het geval dat de computer ook in 3 groepen zou indelen (tabel 1a). In werkelijkheid deelt het digitale beeldverwerkingssysteem de onbewortelde stekken in 5 groepen in (tabel 1b).

Tabel 1a : Handgesorteerde (h) en computergesorteerde (c) onbewortelde stek in evenveel groepen.

groep		gem. oppervlak (pixels)	variantie
klein (h)		3903	0.109
klasse 1 (c)		3965	0.093
midden (h)		6704	0.069
klasse 2 (c)		8185	0.034
groot (h)		12238	0.069
klasse 3 (c)		15015	0.039

Tabel 1b : Computergesorteerde stekken in 5 groepen.

groep	gem. oppervlak (pixels)	variantie
klasse 1	3112	0.067
klasse 2	5302	0.012
klasse 3	7818	0.014
klasse 4	11844	0.012
klasse 5	16918	0.024

Uit deze tabellen blijkt dat het digitale beeldverwerkingssysteem bij het indelen in 3 groepen reeds een betere indeling (een lagere variantie) geeft dan de menselijke sortering. Bij 5 groepen is de indeling in groepen nog beter.

In figuur 1 staat een grootteverdeling van de handgesorteerde stekken in de klassen klein, middel en groot na 6 weken. Opgemerkt dient te worden dat dit het resultaat is van één persoon, de beste stekken sorteerder op het bedrijf. In figuur 2 staat een grootteverdeling van de door het beeldverwerkings systeem gesorteerde stekken in 5 klassen na 6 weken. Voor de duidelijkheid van de figuur zijn alleen klasse 1, 3 en 5 afgedrukt. Klasse 2 en 4 liggen tussen de respectievelijke klassen in. Uit deze figuren blijkt dat ook na 6 weken het verschil tussen de groepen aanwezig is.

Naschrift

Op dit moment zijn de resultaten voor het toepassen van digitale beeldverwerking bij het sorteren van Saintpaulia's goed. Ook bij de andere gewassen zijn soortgelijke trends waar te nemen. Voor het verder ontwikkelen van beslissingsmodellen bij het sorteren, zal er naast de huidige gebruikte conventionele technieken in de toekomst ook gekeken worden naar de rol van neurale netwerken bij het beoordelen van planten. □

ir. J. Dijkstra is A.I.O. bij de vakgroep Agrotechniek en -fysica met als onderwerp : De toepasbaarheid van digitale beeldverwerking bij sorteerprocessen in de tuinbouw. Contactadres: Vakgroep Agrotechniek en -fysica, Duivendaal 1, 6701 AP Wageningen, tel: 08370 - 82930.

