



inholland
hogeschool

De robots komen?

Een schriftelijke weergave van
de uitgesproken lectorale rede
Hogeschool Inholland

Dr. Ir. C. J. M. Heemskerk,
lector Robotica
24 november 2016

De robots komen?

Een schriftelijke weergave van
de uitgesproken lectorale rede
Hogeschool Inholland

Dr. Ir. C. J. M. Heemskerk,
lector Robotica
24 november 2016

Colofon:

© Dr. Ir. C. J.M. Heemskerk, 2016

Hogeschool Inholland, Domein: Techniek, Ontwerpen en Informatica

Beeldmateriaal: zie bronvermelding

Ontwerp: Carann.nu Reclamemakers, Amsterdam

Productie: Muller Visual, Amsterdam 27 februari 2018

Samenvatting

De titel van de lezing is: 'De robots komen?' Met een vraagteken erachter, waar staan we eigenlijk met de ontwikkeling van robots? En hoe snel gaat het? Moeten we bang zijn dat robots al ons werk overnemen? Al deze vragen komen in deze lezing aan bod.

Robots zijn apparaten die slim bewegen. De bewegingen worden door een computer gestuurd, waarbij de computer is geprogrammeerd door mensen, voor verschillende toepassingen. Door dat programmeren kunnen we bepalen wat we de robot laten doen. We kunnen grenzen stellen, testen en certificeren. De ontwikkelingen gaan niet zo snel: echt autonome en intelligente robots zijn er nog niet. Maar goed geprogrammeerde robots kunnen ons wel behulpzaam zijn.

Het lectoraat robotica richt zich op twee gebieden, te weten: zorg en agri-food. Op beide gebieden gaan robots een toenemende rol spelen. In de zorg brengt robotica een oplossing voor de toenemende vergrijzing. Het helpt bij een gebrek aan zorgpersoneel en om mensen langer veilig thuis te laten wonen. In de agri-food sector gaat robotica helpen om duurzamer te werken. Ook helpt het om met minder grondstoffen en bestrijdingsmiddelen een hogere productie te realiseren.

Robots worden steeds socialer. Een film als 'Ik ben Alice', waarin een robot-pop een sociale interactie aangaat met oudere mensen, geeft de richting aan. Maar hij zet ook mensen op het verkeerde been, het laat mensen denken dat de robot al sociaal bewust is. Zover zijn we nog niet, dat zal nog wel enkele jaren duren.

Daar zit ook de rol van het lectoraat: aantonen in de praktijk of die nieuwe ontwikkelingen echt werken, en daarmee ook bepalen wat de waarde ervan is in de praktijk. We doen dat in nauwe samenwerking met het werkveld.



Figuur 1: Oogstrobot ontwikkeld in het Europese FP7 project Clever Robots for Crops (CROPS), kan volledig autonoom rijpe paprika's oogsten.

Welkom

Welkom! Fijn dat u met zovelen bent gekomen om deze lectorale rede bij te wonen. Welkom, vooral aan bedrijven en instellingen uit de regio: want dat is waar praktijkgericht onderzoek in een lectoraat over gaat innoveren: in de beroepspraktijk, in samenwerking met bedrijven en instellingen in de regio, om het onderzoek te laten landen. En om te bewijzen wat de meerwaarde van dat onderzoek in de praktijk is.

Welkom ook aan de collega's van Inholland, studenten van Inholland en collega's van andere hogescholen, zoals Breda, Tilburg, Diemen en Delft. Speciaal welkom voor jullie allemaal. Want het is samen met jullie, dat ik dat onderzoek hoop te gaan doen. Want het is niet zo dat je praktijkonderzoek in je eentje kunt doen; samenwerken is het sleutelwoord.

Welkom ook aan familie en vrienden. Fijn dat jullie erbij zijn om dit samen te vieren. And a special welcome to some non-Dutch speaking guests. I have to apologize, because my lecture will be in Dutch. There will be some hooks for you in the presentation, and lots of pictures.

Structuur van de lezing

De titel van mijn lezing is: 'De robots komen?' Met een vraagteken erachter, waar staan we eigenlijk met de ontwikkeling van robots? En hoe snel gaat het? Moeten we bang zijn dat robots al ons werk overnemen (Asscher, 2014)? Die vragen probeer ik in de loop van mijn lezing te beantwoorden.

Eerst zijn er een paar vragen die telkens weer terugkomen. De eerste vraag is: wat noem je eigenlijk een robot? En wat niet? Een tweede vraag is: wat is een lectoraat? Wat betekent dat? Deze twee vragen probeer ik eerst te beantwoorden. Daarna zoom ik in op de stand van zaken op die twee terreinen, waar ik mij als lector met het praktijkonderzoek op wil richten: robots in de zorg en robots in de land- en tuinbouw.

Vervolgens leg ik de link terug naar het onderwijs, want dat is waar het mee en voor moet gebeuren. Onderzoeksprojecten kun je als lector niet in je eentje doen. Je zult het samen moeten doen met anderen, met docenten uit de opleiding, en ook met studenten uit de opleiding, die op een onderzoeksproject afstuderen of ontwerp opdrachten maken.

Tenslotte sta ik nog even stil bij de link naar de regio, de partners. En dan sluiten we af.

Wat is een robot?

Science fiction

Eerst maar eens de vraag: wat is een robot? De meeste mensen hebben meteen een associatie met science fiction bij het woord robots, en dat gaat al heel ver terug. In 1920 schreef een Tsjechische toneelschrijver, Karl Čapek, een toneelstuk dat heette 'Rossum's universele robots' (R.U.R., z.d.). Het woord robot is een Tsjechisch woord: 'Robota' betekent werken. Niet werken in algemene zin, maar een soort slaafs routinematig werken. In dat toneelstuk waren de robots uitgevonden om het routinematige werken van mensen over te nemen.



Figuur 2: een scène uit het toneelstuk R.U.R., waarin een man wordt aangevallen door een robot.

Die robots zagen er heel anders uit dan we ons nu voorstellen. Het waren een soort mensachtige klonen, die uit een chemisch brouwsel kwamen. Ze zagen er heel mensachtig uit, ze bewogen houderig om ze er op het toneel een beetje robotachtig uit te laten zien. Alleen het vervelende was, dat aan het eind van het toneelstuk de robots alle mensen uitmoordden. En dat is niet direct een toekomst met robots die wij onszelf als wenselijk voorstellen...

We maken een grote sprong in de tijd. In 1950 schreef de sciencefictionauteur Isaac Asimov zijn beroemde verhalenbundel 'I, Robot' (Asimov, 1950), met daarin met daarin de beroemde drie wetten van de robotica. De Eerste Wet zegt dat een robot een mens geen kwaad mag doen. Niet door direct handelen, maar ook niet door dingen na te laten die mensen kunnen redden. Dus als er een piano naar beneden valt en een robot kan zichzelf eronder plaatsen, de mens wegduwen en op die manier het leven van de mens redden, dan wordt de robot geacht dat te doen. Ook al zou hij zichzelf daarbij moeten opofferen. De drie wetten van de robotica worden helemaal uitgewerkt in die verhalen en vormen een mooie basis om na te denken over een samenleving van robots en mensen.

Weer wat later, in 1977, begint de filmserie Star Wars (IMDB (z.d.)). Daarin zie je twee robots optreden. Zij lijken verdacht veel op de twee robots die hier vandaag aanwezig zijn. Die kleine gedrongen R2D2 lijkt wel op robot Rose. R2D2 is een tech-droid. Hij kon niet echt praten, hij zegt alleen een beetje blieperdebliep. Maar ondertussen loste deze robot wel moeilijke klusjes op. Hij kreeg bijvoorbeeld een deur met kortsluiting toch open.



Figuur 3: C3PO en R2D2, twee bekende robots uit de science fiction film Star Wars.

En dan had je die lange gouden robot, C3PO, de protocolrobot. Een stijve hark. Hij kan verschrikkelijk goed kletsen, tot vervelens toe. Maar hij heeft wel een schat aan kennis, en soms een geniale inval waardoor hij de situatie kon redden. Dit zijn typisch de robots die we graag zien, robots die mensen helpen.

De robots in Star Wars werden wel gespeeld door menselijke acteurs, want in die tijd was de techniek niet zover dat het ook echte robots konden zijn.

Nog weer iets later, in 2004, wordt 'I Robot' verfilmd (IMDB, z.d.), maar dan met een twist in het verhaal. In de film figureren robots die behoorlijk mensachtig zijn. Gladde en glimmende computeranimaties, die sterk zijn. Maar zij kunnen ook verrassende en slimme dingen doen. Op de achtergrond speelt Vicky een belangrijke rol. Vicky is een supercomputer die besluit dat de mens zijn eigen vijand is, terwijl ze toch geprogrammeerd is met de drie wetten van robotica-associatie.



Figuur 4: Het gezicht van robot Sonny uit de film I, Robot.

De mensen vervuilen de boel, ze veruïneren alles doordat ze alles opmaken, en daarom zouden ze moeten worden opgeruimd. Vicky geeft via een soort wifi de opdracht aan alle robots om de mensheid uit te moorden. Dat is toch niet wat wij zouden willen? Gelukkig is daar een slimme menselijke detective, gespeeld door Will Smith. Hij heeft een hulpje, Sonny: een robot die eerst de weg kwijt was maar later tot inkeer komt. Samen stoppen ze de opmars van de robots. Gelukkig zijn we weer gered!

Definities

Om vast te stellen wat een robot eigenlijk is, kun je ook kijken naar formele definities van de robot. De beste encyclopedie van tegenwoordig, Wikipedia, zegt: 'Een robot is een programmeerbare machine, die verschillende taken kan uitvoeren' (Robot, z.d.). Dat zijn meteen twee sleutelwoorden: Programmeren is belangrijk, en taken uitvoeren is belangrijk. Alleen, een koffiezetapparaat en een wasmachine zijn vaak programmeerbaar. Deze voeren duidelijke taken uit. Maar toch noemen we dat geen robot. Als we iets verder kijken, dan vinden we een definitie in ISO standaard 8373 (ISO, z.d.). Deze zegt het nog wat duidelijker: 'A robot is an actuated mechanism, programmable in two or more axes, with a degree of autonomy, moving within the environment to perform intended tasks'.

Daar zitten meerdere sleutelwoorden in. Het programmeerbare en uitvoeren van taken zaten ook al in de definitie van Wikipedia. Een van de nieuwe sleutelwoorden is 'bewegen'. Bewegen in meerdere assen, wat betekent dat iets in verschillende richtingen kan bewegen. En 'intended tasks' wil zeggen dat er een bedoeling achter de beweging zit. Robots moeten wat doen.

Laten we eens kijken: een iPad, of een andere tablet. Vinden we dat een robot? Nee, maar waarom niet? Het ding is programmeerbaar. We kunnen er nieuwe apps in laden. Er zitten sensoren in. Het weet in welke stand het staat. Het kan filmpjes en geluidjes afspelen. Het is, kortom, best wel een slim ding. Maar we noemen het geen robot. Want een iPad beweegt niet.

En een mobiele telefoon dan? Daar zit een toch buzzer in, die de telefoon kan laten trillen? Dat is toch beweging? Is dat dan een robot? Nou nee. Want de telefoon beweegt niet in meerdere richtingen.

Maar stel nu eens dat je de iPad wielen geeft. Of dat je met je mobiele telefoon een drone aanstuurt. Dan voeg je echt beweging toe. Een drone die door de kas vliegt om het gewas te monitoren. Of een iPad op een stokje met wielen. Dat noemen we robots en toch zien we in de praktijk dat dit soort robots niet door iedereen ervaren wordt als iets mensachtigs. Robots als Rose of Pepper, zoals die in de ruimte hiernaast staan, die worden wel als mensachtige personae ervaren. Daar kunnen mensen wel iets op projecteren. Als de robot tegen de tafel aanrijdt, zeggen de mensen 'au!' Dit is een plaatsvervangend gevoel. Mensen projecteren zichzelf in de robot en andersom. Daar zit nog wel iets in om nader uit te zoeken. Niet alleen moet het kunnen bewegen, het moet ook nog iets mensachtigs hebben.



Een heel ander voorbeeld waarom bewegen belangrijk is, is de zakpijp. Dit wordt ook wel zeeschede genoemd, of in het Engels de Sea Squirt (Goodheart, 2010). Dit vreemde dier begint als een soort kikkervisje. Op een gegeven moment landt het kikkervisje op een koraalrif, en settelt zich daar. En, heel grappig, het eerste wat hij doet, is zijn eigen hersenen opeten, want die heeft hij niet meer nodig. Nadat hij zichzelf heeft vastgezet, is de zakpijp een soort plant geworden. Het heeft niet veel meer dan een soort maag, met een mond en een anus. Daarmee ademt de zakpijp zeewater in en uit. Hij hoeft daar niet meer over na te denken. Dat 'bewegen' en 'doelgerichte' uit de definitie zijn dus belangrijke elementen.

Figuur 5: De zeeschede (Engels: Sea Squirt) eet zijn hersenen op na vestiging op het rif.

Toepassingen

We hebben het ook over toepassingen. Een robot moet iets doen, hij moet taken uitvoeren. Dat kan bijvoorbeeld in de automobiellindustrie. Daar lassen robots al vele jaren industriële robots auto's in elkaar. Of dat kan bij defensie: robots helpen hier om berrmbommen op te ruimen. Of misschien in de ruimte waar een grote robotarm op het International Space Station gaat helpen met dozen sjouwen (ERA, z.d.; Wikipedia, z.d.; Eesa, z.d.). Dit laatste is een favoriet project van mij. Maar helaas is dat nog steeds niet gelanceerd. Of over een robotje dat stofzuigt in huis (irobot.nl, z.d.).



Figuur 6: Lasrobots in de autoindustrie



Figuur 7: Robotstofzuiger.



Figuur 8: Artist impression van de Europese Robot Arm ERA, die een astronaut transporteert tijdens een ruimtewandeling.

Dát noemen we robots. Ze bewegen, ze zijn programmeerbaar, en ze hebben een doel.

De robots komen?

Ok, nu de tweede grote vraag: wat doet een lector? Wat is eigenlijk een lectoraat? Een lector zijn betekent primair dat je een onderzoeksbaan hebt, en niet een lesgeefbaan. Ik kan niet uitsluiten dat ik nog wel eens voor de klas sta, om dingen uit te leggen. Dat vind ik ook leuk om te doen. Of ik ga misschien studenten begeleiden bij hun afstuderen of stage. Dat vind ik ook leuk om te doen, maar dat is niet het doel van het lectoraat.

Praktijkgericht onderzoek

Het doel van een lectoraat is onderzoek doen. En dan niet zomaar onderzoek: het gaat om praktijkgericht onderzoek (Forum voor Praktijkgericht Onderzoek, z.d.). In het woord 'praktijkgericht' ligt best wat opgesloten. Het betekent dat je niet alleen maar met zaken bezig bent die alleen maar leuk en uitdagend zijn op een wetenschappelijke manier, en dat je er een mooie paper over kunt schrijven. Dat mag op zich best, maar praktijkgericht onderzoek doen betekent iets anders. Je doet onderzoek dat op een vrij directe manier waarde heeft. Vooral waarde in de praktijk.

Praktijkgericht onderzoek doen betekent dus: nieuwe en uitdagende dingen doen en tegelijkertijd aantonen wat de meerwaarde is.

Neem als voorbeeld een robot in de tuinbouw. In het voorafgaande verhaal vertelde Lucien Fesselet over 'Drones in de kas'. Met dat verhaal sloeg Lucien de spijker op zijn kop. Stel je voor, er treedt bij een grote kweker van potplanten in de praktijk een productieverlies van 20% op. Door met een drone regelmatig over de planten te vliegen, kun je 5% van dat productieverlies af halen. Zo zie je namelijk eerder dat er in een bepaald vak planten in de groei achterblijven, en kun je de plantenziekte lokaal bestrijden. Dat levert waarde op.

Een ander voorbeeld is de zorgrobot. Een patiënt staat bijvoorbeeld op het punt om uit het ziekenhuis ontslagen te worden. Maar het kan nog even niet, want er is geen mantelzorger in huis en de patiënt kan niet voor zichzelf zorgen. Als die persoon het met hulp van een zorgrobot wel redt en dus wel naar huis kan, dan levert dat direct waarde op. Dat is niet alleen waardevol voor de patiënt (want die vindt het in het algemeen prettiger thuis en herstelt daar sneller). Maar het is ook waardevol voor ons als maatschappij, want die dagen in het ziekenhuis zijn veel duurder dan de dagen thuis.

Regionale inbedding

Wat een lectoraat ook betekent, is regionale inbedding. Een hogeschool is niet persé een landelijk opererend instituut. Je kunt wel landelijk samenwerken, en zelfs internationaal samenwerken. Maar het onderzoek moet altijd ook gericht zijn op inbedding in de regio.

De onderwerpen die je kiest als lector moeten aansluiten bij onderwerpen die leven in de regio. De thuisregio van Inholland is Noord- en Zuid-Holland. In deze regio hebben we een belangrijke sector agri-food. Zo hebben we de kassen in het Westland, rond Bleiswijk en in de kop van Noord-Holland. We hebben vollegrondsteelt, groente en fruit. We hebben de zaadbedrijven. En wat mij zelf aan het hart gaat, we hebben tulpen en hyacinten (dat zit in de familie). Het lectoraat gaat dus op zoek naar dwarsverbanden met land- en tuinbouwbedrijven in de regio.

Zorg is wel iets wat landelijk speelt. Tegelijkertijd ga je, als je zorg nodig hebt, meestal niet het hele land door, je betreft de zorg in de regio. Dat is ook wat ik met het praktijkonderzoek wil doen: de verbinding leggen met de zorg in de regio en met zorginstellingen in de regio.

Maar ik wil ook dwarsverbanden leggen met onderwijsinstellingen in de regio. Ik zie uit naar samenwerking met ROC's in de buurt, om samen met studenten te ontdekken hoe hun rol verandert als er meer robots komen. Maar ook om te leren van die jonge mensen. Hoe moeten we de robots aanpassen, zodat ze acceptabel worden? Hoe programmeren we ze? Niet om de macht van de wereld over te nemen, maar om de was in de wasmachine te stoppen. Een robot die de was in de machine stopt, zal niet zo snel de wereld overnemen. Maar daar zijn we samen bij.

Lectoraat betekent ook: dwarsverbanden zoeken met het onderwijs. Kennis overdragen en inbedden in het onderwijsprogramma.

Maar eerst twee toepassingen. Ik ga het hebben over robots in land- en tuinbouw en over robots in de zorg.

Robots in land- en tuinbouw

Ik geef een paar voorbeelden, want we kunnen in een paar minuten niet het hele veld afdekken. We kijken daarom naar drie voorbeelden van robots in de praktijk van land- en tuinbouw. Als eerste bekijken we de melkrobot. Daarna maken we een uitstapje naar precisie-landbouw, en ten slotte, een alltime favorite, de tomatenplukrobot. Al 25 jaar lang hoor ik de vraag: "Kan hij ook tomaten plukken?"

Melkrobot

Eerst maar eens kijken naar de melkrobot. We zien hier de Astronaut melkrobot van fabrikant Lely (Lely, 2016.) Lely is een Nederlands bedrijf, dat gevestigd is in Maassluis en dat wereldmarktleider is in melkrobots. De melkrobot Astronaut is een soort hok waar de koe zelf naar binnen loopt. In het hok zit een robotarm met daaraan een kop met vier spenen. De arm zoekt onder de koe de uier en zet één voor één de spenen aan. Dat gaat helemaal automatisch.



Figuur 9: Melkrobot Astronaut van de Nederlandse fabrikant Lely.

Na een hele korte periode van wennen, komen de koeien zelf naar de melkmachine toe. Dat was verrassend! Ze blijken het prettig te vinden om gemolken te worden. De koeien krijgen ook een beloning. Als ze in de melkrobot staan, en nog niet hun dagelijkse rantsoen aan krachtvoer hebben gekregen, dan krijgen ze een beetje krachtvoer. De koeien komen daardoor zelf graag naar de melkmachine toe. En dat doen ze meerdere keren per dag.

Als de koe eenmaal in de machine staat, wordt ze gemonitord. Er wordt tijdens het melken gekeken naar de kwaliteit van de melk. Er wordt gekeken naar geleidbaarheid van de melk en andere eigenschappen; dit gebeurt zelfs per speen. En als de kwaliteit niet goed is, wordt de melk apart afgevoerd. Op die manier kan de boer al vijf dagen voordat de koe daadwerkelijk uierontsteking krijgt, vaststellen dat de koe ziek dreigt te worden. Dan kan de boer een beter onderbouwde beslissing nemen: ingrijpen en antibiotica toedienen of afwachten? Als hij antibiotica toedient, moet hij de melk apart afvoeren. Of wacht hij nog even en ziet hij het aan? Want misschien heeft de koe alleen een zwak weekje en kan zij nog herstellen. Er wordt een individueel rapport bijgehouden per koe, en de boer kan dit overzicht op zijn mobiele telefoon volgen.

Wat de boer ook kan doen op zijn mobiele telefoon, is het voerschema per koe aanpassen. Het is niet alleen een melkrobot, maar een heel systeem om het welzijn van de melkkoe te managen. Dat gaat het van de bunker waar verschillende soorten ruwvoer en krachtvoer klaarliggen. Met een grote grijper wordt in de voerkeuken het juiste recept samengesteld (Veeteelt, z.d.). Een aparte robot brengt het voer naar de juiste koeien (Zevenbergen, 2012).



Figuur 10: Robot brengt voer naar de koeien.

Als de koe drachtig is, krijgt zij een ander recept dan wanneer ze droog staat. Jongvee heeft weer een andere receptuur. Vroeger moest de boer dat allemaal met de hand doen en had de boer vaak niet meer dan twee soorten voer. Nu wordt de receptuur in de voerkeuken afgestemd op specifieke groepen koeien. Het is niet alleen een melkrobot, maar een heel systeem waarmee de koe gemanaged wordt. Dit is niet alleen gericht op de productiviteit maar ook op het welbevinden van de koe en om de gemoedsrust van de boer te verbeteren.

Precisielandbouw

In de landbouw zie je een soortgelijke ontwikkeling. Dit is een voorbeeld van de akkerbouwer Van den Borne in Reusel, in Brabant (Vandenborne, z.d.). Deze boer heeft 140 akkers, deels in eigendom, deels gepacht. Daar zit ook roulatie in: om aardappelmoeheid te voorkomen, moet je rouleren. Dat doen ze met vier mensen; het merendeel van de akkers is gehuurd.

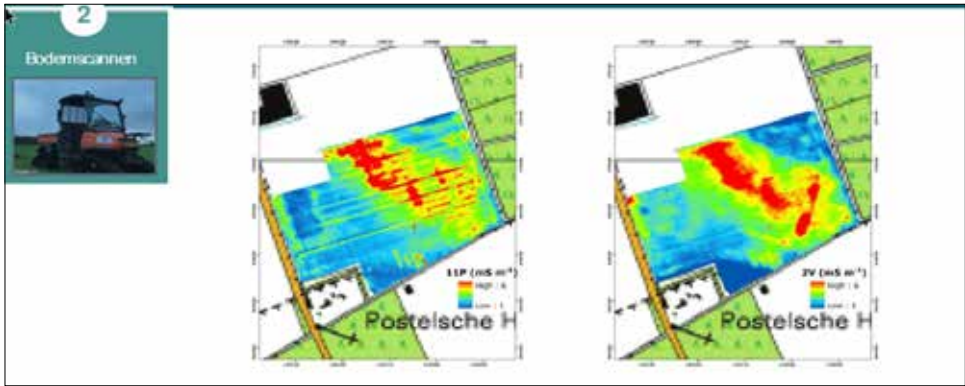


Figuur 11: Met behulp van een drone kan het grondgebruik van een akker in kaart gebracht worden.

De boer meet de vochtigheid van de ondergrond. Aan de hand daarvan maakt hij een bemestingskaart. Als de boer aardappels gaat poten, houdt hij ook rekening met de bodemgesteldheid. Afhankelijk van de kwaliteit van de ondergrond zal hij dan meer of minder dicht poten. Op die manier kan hij de kwaliteit constant houden. Bij het opgroeien van de aardappels kan de boer bijhouden of er beregening of bemesting nodig is. Aan het eind bij het oogsten kan hij ook monitoren wat de opbrengst per hectare is, zodat hij kan leren.

Het belangrijkste is de kaart, de bodemkaart, daar gebeurt het in. De boer maakt de kaart op verschillende dieptes. In het eerste plaatje zie je de ondiepe kaart. In het middelste plaatje zie je rechte strepen. Die strepen zijn getuigen van de bewerking. Als je teveel over een plek heen rijdt, dan druk je de bodem dicht, daar groeit het gewas minder goed.

Een van de oplossingen is van tevoren een kaart maken. Die plattegrond kan je ook op een andere manier gebruiken. Bijvoorbeeld door speciale paden te maken en die te gebruiken als spuitpaden. De paden geven weer extra licht aan de planten die er vlak naast staan.



Figuur 12: Bodemkaart geeft inzicht in vochtgehalte (Van den Borne, 2017)

Met behulp van DGPS kun je de verschillende landbouwmachines programmeren om te werken volgens een bepaald patroon. In zijn presentaties toont Jacob van den Borne een patroon in het veld, gemaakt door een spuitmachine. Het gras is selectief doodgespoten. Met een drone is daar vanuit de lucht een plaatje van gemaakt. Net als bij de melkrobot gaat dit verder dan een spuitrobot. En wat je ziet is een heel systeem van precisielandbouw.

Tomaten plukken

Dan het derde voorbeeld: tomaten plukken. Daar wordt al 25 jaar aan gewerkt! (Gieling, Hendrix, van Henten, van Os, & Sakaue, 1996; Bontsema, van Kollenburg-Crisan, & van Henten, 2000; WUR (z.d.). Collega's in Wageningen waren er 25 jaar geleden al mee bezig. En het is nog steeds niet helemaal gelukt. Een begrijpelijke beperking is, dat een kweker zal aarzelen voordat hij een experimentele robot in zijn kas toelaat. De reden daarvoor is dat het plukken de laatste stap is in een lang groeiproces. En als de robot iets fout doet met plukken, dan loopt de boer het risico dat hij niet alleen die ene tomaat verspeelt, maar ook dat het gewas beschadigt. Daardoor wordt de uiteindelijke opbrengst negatief beïnvloed. Het plukken moet eerst heel robuust en betrouwbaar werken, voordat de plukrobot de kas in mag.



Figuur 13: Oogstrobot, ontwikkeld in het Europese FP7 project Clever Robots for Crops (CROPS), kan volledig autonoom rijpe paprika's oogsten.

Afgelopen mei was er nieuws over paprika's plukken (WUR, 2016). Dat zit een beetje in dezelfde categorie als tomaten plukken en dat is opgelost in het Europese onderzoeksproject Clever Robots for Crops (CROPS)! Totdat je het bijhorende filmpje bekijkt (WUR Glastuinbouw, z.d.).

Het plukken gaat op zich goed, maar het gaat nog tergend langzaam, en de robot levert daarmee nog niet de productiviteit die de boer zoekt. We komen er wel, maar het gaat langzaam. Er is nog wat productverbetering en praktijkonderzoek nodig, voordat de oogstrobot als product op de markt kan komen.

Je ziet er wel een leuke nieuwe grijper op zitten. Deze grijper is flexibel en 'underactuated'. Dat is een nieuwe ontwikkeling, de greep past zich automatisch aan de vorm van de paprika aan.

Hetzelfde principe willen we als grijper op de zorgrobot gaan gebruiken, want in het huishouden heb je ook te maken met een grote diversiteit aan vormen die je wilt kunnen oppakken. Van een vork tot een bord, van een glas of een beschuitbus tot een kan met limonade.

Wat sinds heel kort wel werkt, is tomaten bladsnijden. Een klein stapje minder kritisch voor de kweker, want je zit niet direct aan zijn eindproduct. Maar het is ongeveer net zo moeilijk! Je moet nog steeds een groot deel van de hele plant in beeld brengen; daarna moet je de plek vinden waar de aanzet van de bladstengel zit, en dan als een speer naar de steel van het blad toe bewegen om met een scherp mesje het blad eraf snijden. Dit is een product wat binnenkort op de markt komt, en je kunt je ook voorstellen dat dit op termijn wel degelijk de basis kan vormen voor een tomatenplukrobot. Dus na 25 jaar kunnen we eindelijk zeggen: Tomaten plukken, het zit eraan te komen!



Figuur 14: Tomatenbladsnijrobot.

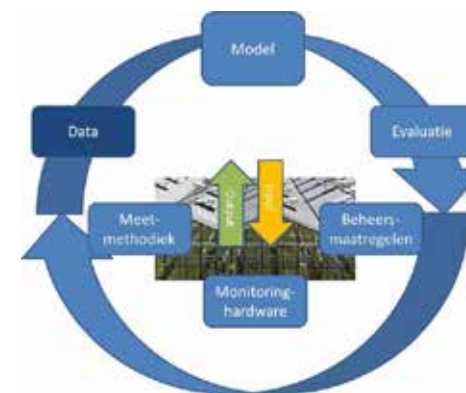
Plannen van het lectoraat voor praktijkonderzoek agri-food robots

Wat gaan we zelf doen? Welke projecten voor praktijkonderzoek staan er in de steigers? De sleutel is duurzame productie. Robots kunnen helpen om de productiviteit en kwaliteit te verbeteren, maar ze kunnen ook helpen om het gebruik van bestrijdingsmiddelen te verminderen.

Er zijn op dit moment twee RAAK MKB-projecten aangevraagd bij SIA: SCOUT en Drones in de kas. Wij hopen natuurlijk dat ze allebei doorgaan. RAAK-projecten hebben een slaagkans van ongeveer 50%. Ik reken er wel op dat minstens een van de twee projecten gaat lukken.

SCOUT

Het project SCOUT (Sensory data Catching Of highly Useful Terabytes) staat voor precision farming in de tuinbouwkas. SCOUT is een groot samenwerkingsproject onder leiding van de HAS, de groene hogeschool uit Den Bosch. Dat doen we samen met zes hogescholen en een heleboel bedrijven. SCOUT gaat over het optimaliseren van de teelt van tomaten en paprika's. Teelten die hoog opgaan, waarbij de planten aan een steundraad hangen. De robot rijdt over paden tussen het gewas door, en brengt daarbij de stand van het gewas in kaart. De scan wordt meerdere keren herhaald tijdens het groeiseizoen.



Figuur 15: Meetcyclus van het SCOUT-project.

Dan komt er een model van de plantengroei bij. Daarbij kun je aan de hand van vruchtzettingstussenfasen voorspellen hoe de tomaat verder gaat groeien. Tegelijkertijd breng je tientallen groei-gerelateerde parameters van de omgeving en de plant zelf in kaart. Hoeveel licht is er? Wat is de temperatuur? Wat is de luchtvochtigheid? Van daaruit verwacht je te leren hoe de verschillende groeiparameters invloed hebben op groei van de tomaten.

Zo kun je ingrijpen als de groei in een bepaalde sector achterblijft. Bijvoorbeeld als je ziet dat het op een plek te droog is, dan moet daar extra vocht bij. Het is nog wel de vraag of je dan het bewateringssysteem fijn genoeg kunt aansturen om juist daar te beregenen, of dat je er nog met een gietertje langs moet.

Het is ook een big data-project. Want als je in die grote tomatenkassen per plant wilt bijhouden hoe de groeicondities zijn en hoe die samenhangen met de uiteindelijke opbrengst, dan vereist dat wel wat *number crunching*.

Drones in de kas

Het tweede project heet HiPerGreen, een nieuwe naam voor 'Drones in de kas' (Hogeschool Inholland, 2017). Dit project gaat over het monitoren van plantengroei in de teelt van potplanten. De drone wordt gebruikt om over grote oppervlakten de groei van de planten te monitoren en te reageren op gebieden waar de groei achterblijft. Dat vergelijken we dan met een model of met andere planten in hetzelfde groeistadium.

In de opzet van dit project doen geen andere hogescholen mee. Drones in de kas is een samenwerking tussen acht verschillende onderzoeksgroepen binnen Inholland. Acht verschillende onderzoeksgroepen van vier verschillende locaties: Alkmaar, Haarlem, Diemen en Delft. En verdeeld over drie domeinen: TOI (techniek), AFL (groen) en BFL (business). Het tot stand brengen van een dergelijke samenwerking tussen groepen en locaties binnen Inholland is een uitdaging op zich. Want soms is het makkelijker om samen te werken met een hogeschool buiten de deur...

Zorgrobots

Oké, dan zorgrobots. Wat speelt er in het veld? Er zijn een paar robots op de markt. Relatief bekend zijn de zorgrobots Paro en Zora.

Paro

Paro (Focalmeditech, z.d.) is het witte babyzeehondje. Het is eigenlijk een uit zijn krachten gegroeide Tamagotchi (Tamagotchi, z.d.). Alleen dit is een Tamagotchi in een bontvelletje. De robot kan een beetje piepen en je met grote ogen aankijken. De robot reageert op aanraking. Je geeft Paro een beetje aandacht en dan is het goed.



Figuur 16: Paro het zorgzeehondje.

Ja, dat is schattig. Net zoals onze kleine zorgrobot Pepper, daarbuiten, met zijn grote onschuldige ogen. Paro wordt ingezet bij hoogbejaarden die heel zwaar dement zijn. Zo dement dat ze volledig in zichzelf zitten opgesloten. Voor de verpleging zijn deze mensen vrijwel onhandelbaar. In zo'n geval kan je Paro op schoot leggen. Dat geeft een positieve prikkel waardoor mensen weer aandacht krijgen voor wat er buiten hen zelf gebeurt. Zo worden ze weer ontvankelijk voor vragen en suggesties van de verpleegkundigen.

Zora

Zora is een robotje van het type Nao, en wordt op de markt gebracht door het Belgische Zorarobotics (Zorarobotics, z.d.). Dat is hetzelfde type robot als in het verhaal van Yannick (over voetbalrobots), dat gebruikt wordt in de standard league van RoboCup voetbal. Zora is een softwarelaag bovenop het Nao platform. Dat platform is gespecialiseerd in zorgondersteuning. De robot wordt in de praktijk vooral ingezet als fysiotherapie-assistent. Zora wordt dan op tafel gezet in de gemeenschapsruimte. Een groep ouderen in rolstoelen staat er omheen en dan gaat de robot verschillende oefeningen voordoen: "En dan nu de linkerarm naar het plafond, twee, drie vier, en dan nu de rechterarm."



Figuur 17: Zorgrobot Zora is een special uitvoering van het robotje Nao van Softbank Robotics.

De fysiotherapeut loopt ondertussen rond en bekijkt hoe goed de verschillende patiënten met de oefeningen mee kunnen komen. "Mevrouw Janssen, gisteren kon u uw arm nog helemaal strekken en nu komt u maar tot de helft. Laten we even kijken", "Au ...", "Ok, we maken even een afspraak voor later vandaag, er is iets aan de hand."

Dan twee nieuwe ontwikkelingen. Ze zijn een klein beetje in het nieuws geweest: LEA en Tinybots.

LEA

LEA is een zorgrobot uit Nederland. Deze wordt op de markt gebracht door Robot Care Systems (Robotcaresystems, z.d.). LEA is een echte robot, maar dan verpakt als een rollator. Er zit een tablet op waarmee je interactie kunt hebben. Er zit navigatiesoftware op waarmee LEA zelf kan rijden. LEA helpt je om dingen te herinneren en kan je naar de koffietafel brengen. LEA wordt op dit moment getest op verschillende plaatsen in verschillende landen. Het is de verwachting dat LEA binnen een jaar als product op de markt komt.

Tinybots

Tinybots is een Nederlandse startup Deze is de laatste tijd heel veel in het nieuws is geweest (Tinybots, z.d.). Ze hebben veel prijzen gewonnen. Hun eerste product is Tessa. Dit is een robot die de mens weer centraal zet. Tessa is een iPad-achtige computer, verpakt als bloempot. Letterlijk. Het idee is, dat deze robot in huis komt bij mensen die wat vergeetachtig zijn. Ze geven structuur aan hun dag en helpen herinneren. Een ander belangrijk aspect is het sociale aspect. Alleen Tessa beweegt niet, en dat maakt dat ik twijfel ik of je het wel een robot kunt noemen. De lichtjes in de ogen gaan aan en uit maar er zijn geen armen of benen die bewegen.

In het experimentele domein vinden we zorgrobots ROBEAR, HSR en Pepper.

ROBEAR

ROBEAR is een Japans concept voor een robot die mensen uit bed kan tillen en in een rolstoel kan plaatsen (Mogg, 2015). Het is nog steeds een experimenteel systeem. Als je goed kijkt op de foto, zie je achter de robot een draad over de grond lopen. Achter de schermen staat een programmeur met een noodknop. Hij kan ingrijpen als het misgaat. Je ziet dan ook geen bejaarde in de greep van de robot maar een leuke jongedame.

HSR

De Human Service Robot (Kalogianni, 2015) van Toyota [HSR], lijkt op onze robot Rose (Robot-rose, z.d.). En op het platform Tiago van PAL robotics, waar we vanuit HIT mee samenwerken en in de toekomst mee willen gaan testen. HSR is een rijdend platform met een arm en een lift. HSR heeft dit jaar in Leipzig de wedstrijd gewonnen bij de Robocup@home competitie, om op te gaan treden als standaard platform in de @home league (RoboCup@Home league, z.d.). Het is nog steeds experimenteel. Dit zijn platforms die door hele grote bedrijven op de markt gebracht worden.

Pepper

Pepper is een platform dat door Aldebaran (nu Softbank Robotics) op de markt wordt gebracht (Softbankrobotics, z.d.). Pepper bouwt voort op de technologie van de Nao (Softbankrobotics, z.d.), het platform dat de basis is voor Zora. Pepper ziet er schattig uit, en kan aardig kletsen. Maar Pepper kan niet als Rose dingen pakken en verplaatsen. Pepper is dus meer een robot voor sociale interactie. Pepper is te koop. Maar er moet nog een hoop software ontwikkeld worden.



Figuur 18: Pepper ontvangt de gasten bij de lectorale rede.

Plannen van het lectoraat voor praktijkonderzoek naar zorgrobots

We willen verder onderzoek gaan doen naar sociale robots, samen met de VU. Wie heeft de film 'Ik ben Alice' gezien? (Burger, 2015) Alice is een kleine mensachtige pop, ontwikkeld op de VU, speciaal om sociale interactie te onderzoeken (Waag, z.d.). Alice houdt oudere mensen gezelschap. Ik vond Alice in de film een beetje eng, omdat de suggestie gewekt wordt dat de robot sociaal bewust is. In de film zit een oude mevrouw samen met de robot op de bank in een fotoalbum te kijken. De robot is niet veel meer dan een pop met een camera, microfoon en luidspreker. Hij vraagt eerst om het boek wat hoger te houden. En dan stelt hij de vraag: "Op die foto rechtsonder, is dat uw man? Wat een knappe man!" Een dergelijke sociaal wenselijke uitspraak, komt nog niet vanzelf uit een robot. De dialoog is gescript en een operator op afstand geeft aan wanneer de tekst moet worden uitgesproken.

Om de robot zelfstandig dit soort interactie te laten uitvoeren: dat kan nog niet. Maar daar zitten we wel tegenaan. Een fascinerend gebied, maar er is nog een hoop te doen. Probeer straks maar eens met Pepper te praten. De helft van de keren denkt Pepper dat je "Hallo" zegt, terwijl je iets anders zegt.

Het andere onderwerp waaraan we willen werken, is robots voor ondersteuning in het dagelijks leven. Dit zijn Algemene Dagelijkse Levensverrichtingen, Activities of Daily life ofwel ADL. Zorgrobot Rose is een goed voorbeeld van dit type. Rose is gebouwd om dingen te doen in het huishouden, zoals tafeldekken en in de koelkast kijken.

Onderwijs

Dan de link naar het onderwijs. Het lectoraat robotica is opgehangen binnen het domein TOI. Dat staat voor Techniek, Ontwerpen en Informatica (Hogeschool Inholland, z.d.), en daar zit onder andere werktuigbouw in. Dit zijn mensen met verstand van de bouwstenen die een robot laten bewegen, bijvoorbeeld servomotoren. Het zijn ook mensen binnen de elektrotechniek. Zij houden zich bezig met hoe je omgaat met sensoren en batterijen. Tot slot de technische informatici: zij denken na over hoe een robot geprogrammeerd moet worden.

Maar er zijn ook dwarsverbanden naar heel andere vakgroepen, in andere domeinen. Bijvoorbeeld GSW en AFL. GSW staat voor Gezondheid, Sport en Welzijn. Daarbinnen voorzie ik een samenwerking met bijvoorbeeld Verpleegkunde. Onderwerpen om aan te werken zijn acceptatie en keuze van taken. Als de zorgrobot er komt, wat vind je dan acceptabel? Welke handelingen zou je willen laten uitvoeren door een zorgrobot?

Er zijn al linkjes naar het onderwijs, die waren al aan het ontstaan. Er zijn bijvoorbeeld al groepjes studenten bij Informatica bezig met verschillende robot-projecten, bijvoorbeeld met het bouwen van een eigen drone, het nabouwen van BB8. Dat is de balvormige robot uit de nieuwste Star Wars-film. Weer anderen waren bezig met robotje Darwin. Deze robot herkent bierflesjes en pakt ze op. Dat is belangrijk voor studenten...

Master of Science in Robotics Engineering

Waar we ook over nadenken, is het opzetten van een nieuwe Master-opleiding. Een Master of Science in Robotics Engineering. Een opleiding die je als een kopstudie bovenop de HBO-Bacheloropleiding kan zetten.

Wil je nu na het HBO een Masteropleiding doen? Bijvoorbeeld aan de TU in Delft, op de TU Eindhoven of bij Universiteit Twente? Dan heb je daarvoor minstens 3 jaar nodig. Eerst een schakeljaar en dan twee jaar afstuderen in de Master. En ben je dan met de praktijk bezig of met puur wetenschappelijk onderzoek? Ik denk dat er tussen HBO-bachelor en TU Master of Science ruimte is voor een meer praktisch gerichte Master of Science in Robotics Engineering. En het praktijkgerichte onderzoek in het lectoraat kan hiervoor een goede kapstok kan zijn.

Samenwerken: regionale focus

En dan tenslotte: samenwerken. Samenwerken met bedrijven en instellingen in de regio. Maar tegelijkertijd, niet alleen binnen de regio. Soms moet je breder kijken. Sleutelkennis zit soms wat verder weg. Waar zit bijvoorbeeld het wereldwijde centrum wetenschappelijke centrum van kennis van de Agro-food? Dat zit in Wageningen. Dus werken we ook samen met Wageningen.

Afsluiting

Voordat ik afsluit, wil ik eerst nog wat mensen bedanken. Het netwerk, de partners bij bedrijven en instellingen in de regio, waar we mee samen gaan werken. De partners bij andere hogescholen, universiteiten, en niet te vergeten, docenten en studenten. Zij gaan helpen om het onderzoek uit te voeren. Ik hoop dat we het voor elkaar gaan krijgen. Dank aan familie en vrienden, voor jullie aanwezigheid, en support. Dank jullie wel!

De robots komen?

Tot slot keren we nog even terug naar de beginvraag: de robots komen? Moeten we daar nu bang voor zijn? Robots zijn apparaten die slim bewegen, en die beweging programmeren we, voor verschillende toepassingen. In dat programmeren kunnen we bepalen wat we de robot laten doen. We kunnen grenzen stellen, testen en certificeren. De ontwikkelingen gaan niet zo snel.

Zo'n film als 'Ik ben Alice', is een inspiratie, maar zet ook mensen op het verkeerde been. Hij laat mensen denken dat de robot al sociaal bewust is. Zover zijn we nog niet. Het zal nog wel enkele jaren duren. Daar zie ik ook een rol voor het lectoraat. Het aantonen in de praktijk óf het werkt, dát het werkt en dan bepalen wat de waarde is in de praktijk. En daarmee sluit ik af met een oproep aan de mensen uit het werkveld: kom met ideeën om samen aan te werken!

Ik heb gezegd.

Referenties

- Asimov, I. (1950). I, Robot. (vert. Ik, Robot). Houten: Het Spectrum, 1950 (1966), ISBN-code 9027402256
- Asscher, L. (2014, 29 september). Toespraak van minister Asscher tijdens het SZW congres. Geraadpleegd op 24 november 2017, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/toespraken/2014/09/29/robotisering-kansen-voor-morgen-toespraak-van-minister-asscher-tijdens-het-szw-congres-op-29-9-2014>
- Bontsema, van Henten & van Kollenburg-Crisan (2000). Automatic harvesting of vegetable fruit. In: Proceedings BRAIN International Symposium 2000 on Progressive technologies in agriculture and environment towards the 21st century, IAM-BRAIN, Japan, November 2000, p. 44-51.
- Burger, S. (2015). Ik Ben Alice. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.youtube.com/watch?v=YWANBRMBjMk>
- ESA (z.d.). Space in images. Geraadpleegd op 24 november 2017 van http://www.esa.int/spaceinimages/Missions/European_Robot_Arm_ERA
- ERA (z.d.). Developed by Airbus Defence and Space Netherlands, the European Robotic Arm (ERA) will be a crucial piece of equipment on the International Space Station. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.airbusdefenceandspacenetherlands.nl/project/era/>
- ERA (z.d.). European Robotic Arm Geraadpleegd op 24 november 2017 van http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/European_Robotic_Arm
- European Robotic Arm (z.d.). In Wikipedia. Geraadpleegd op 24 november 2017 van https://en.wikipedia.org/wiki/European_Robotic_Arm
- Focalmeditech (z.d.). Wat is Paro de robotzeehond? Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.focalmeditech.nl/nl/robotzeehond-paro>
- Forum voor Praktijkgericht Onderzoek (z.d.). Praktijk en onderzoek. Geraadpleegd op 24 november 2017, van <http://www.vereniginghogescholen.nl/onderzoek/1409>
- Gieling, Hendrix, van Henten, van Os, & Sakaue (1996). Conditions, demands and technology for automatic harvesting of fruit vegetables. In: Proceedings International Symposium on plant production in Closed Ecosystems Acta Hort. 440. ISHS 1996.
- Goodheart, S. (2010, 27 januari). Meet the creature that eats its own brain. Geraadpleegd op 24 november 2014 van <https://goodheartextremescience.wordpress.com/2010/01/27/meet-the-creature-that-eats-its-own-brain/>
- Hogeschool Inholland (2017, 19 oktober). Wij Inholland-winnaars Drones in de Kas maken doorstart met HiPerGreen. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.inholland.nl/nieuws/wij-inholland-winnaars-drones-in-de-kas-maken-doorstart-met-hipergreen/>
- Hogeschool Inholland (z.d.). Domeinen. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.inholland.nl/over-inholland/organisatie/domeinen/>
- IMDB (z.d.). I, Robot (2004) In: International Movie Data Base. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.imdb.com/title/tt0343818/>
- IMDB (z.d.). Star Wars: Episode IV - A New Hope (1977) In: International Movie Data Base. Geraadpleegd op 24 november 2017 van http://www.imdb.com/title/tt0076759/?ref_=nv_sr_6
- irobot.nl (z.d.). Geraadpleegd op 24 november 2017 van www.irobot.nl
- ISO (z.d.). ISO 8373:2012(E/F) 2 Robots and robotic devices - Vocabulary. Geraadpleegd op 24 november 2017, van <https://www.iso.org/standard/55890.html>
- Kalogianni, A. (2015, 16 juli). Toyota jumpstarts robotic elderly care with the HSR robot prototype. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.digitaltrends.com/cars/toyota-develops-human-support-robot-for-elder-care/>
- Lely (2016, 10 mei). Lely biedt vanaf heden klantspecifieke melkrobots. Geraadpleegd op 24 november 2017, van <https://www.lely.com/nl/nieuws/2016/05/10/lely-biedt-vanaf-heden-klantspecifieke-melkrobots/>

Mogg, T. (2015, 26 februari). Meet Robear, a Japanese robot nurse with the face of a bear. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/riken-robear/#/11>

R.U.R. (z.d.). In Wikipedia. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://nl.wikipedia.org/wiki/R.U.R.>

RoboCup@Home league (z.d.). Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.robocupathome.org/>

Robot (z.d.). In Wikipedia. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Robot>

Robotcaresystems (z.d.). Meet LEA. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.robotcaresystems.com/>

Robot-rose (z.d.). Geraadpleegd op 24 november 2017 van www.robot-rose.nl

Softbankrobotics (z.d.). Who is NAO? Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/nao>

Softbankrobotics (z.d.). Who is Pepper? Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>

Tamagotchi (z.d.). In Wikipedia. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Tamagotchi>

Tinybots (z.d.). Ervaringen met Tessa. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.tinybots.nl/>

Vandenborne (z.d.) Precisie landbouw. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.vandenborneaardappelen.com/nl/374/precisie-landbouw>

Veeteelt (z.d.). Extra foto's van de automatisering op bedrijf Kersten. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://veeteelt.nl/foto/extra-fotos-van-de-automatisering-op-bedrijf-kersten>

Waag (z.d.). CRISP Selemca. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://waag.org/nl/project/crisp-selemca>

WUR (2016, 10 mei). Nieuwe paprika-oogstrobot Sweeper klaar voor praktijktest. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.wur.nl/nl/nieuws/Nieuwe-paprika-oogstrobot-Sweeper-klaar-voor-praktijktest.htm>

WUR (z.d.). Dossier Robotica en drones. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.wur.nl/nl/show/Robotica-1.htm>

WUR Glastuinbouw (z.d.) An Autonomous Harvesting Robot for Sweet-pepper in Greenhouses (Fin-Ray end-effector) WUR Glastuinbouw [Videobestand]. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <https://www.youtube.com/watch?v=UlaNDm88yZo>

Zevenbergen, G. (2012, 24 april). Lely's nieuwe revolutie: de Vector voerrobot. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://www.mechaman.nl/veehouderij-techniek/2012/04/24/lely-s-nieuwe-revolutie/>

Zorrobotics (z.d.). Zorabots. Geraadpleegd op 24 november 2017 van <http://zorrobotics.be/index.php/nl/>

Afbeeldingen bronvermelding

Figuur 1: Foto: Wageningen Universiteit & Research, overgenomen van <http://www.wur.nl/nl/nieuws/Robot-oogst-zelfstandig-eerste-paprikas-in-de-kas.htm>

Figuur 2: Foto overgenomen van <http://www.umich.edu/~engb415/literature/pontee/RUR/RURsmry.html>, Publiek domein, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8442825> Copyright: auteur onbekend

Figuur 3: Foto overgenomen van www.shutterstock.com

Figuur 4: Foto overgenomen van Shao19 - Eigen werk, CC BY-SA 3.0 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7395491>

Figuur 5: Foto overgenomen van www.shutterstock.com

Figuur 6: voorstelling en bron onduidelijk?

Figuur 7: Foto overgenomen van www.shutterstock.com

Figuur 8: Foto: ESA

Figuur 9: Foto overgenomen van www.shutterstock.com

Figuur 10: Foto overgenomen van www.shutterstock.com

Figuur 11: Foto: Van den Borne Aardappelen

Figuur 12: Foto: Van den Borne

Figuur 13: Foto: Wageningen Universiteit & Research; overgenomen van <http://www.wur.nl/nl/nieuws/Robot-oogst-zelfstandig-eerste-paprikas-in-de-kas.htm>

Figuur 14: Foto: Mechatronica Machinebouw <https://www.mechatronicamachinebouw.nl/artikel/alten-ontwikkelt-software-voor-bladsnijrobot-priv48421.html>

Figuur 15: Illustratie overgenomen van <http://www.betafactory.nl/project-scout-precision-farming-tuinbouwkas-toegekend-regieorgaan-sia-hoogste-waardering/>

Figuur 16: Foto overgenomen van <http://www.shutterstock.com>

Figuur 17: Foto overgenomen van <http://www.shutterstock.com>

