



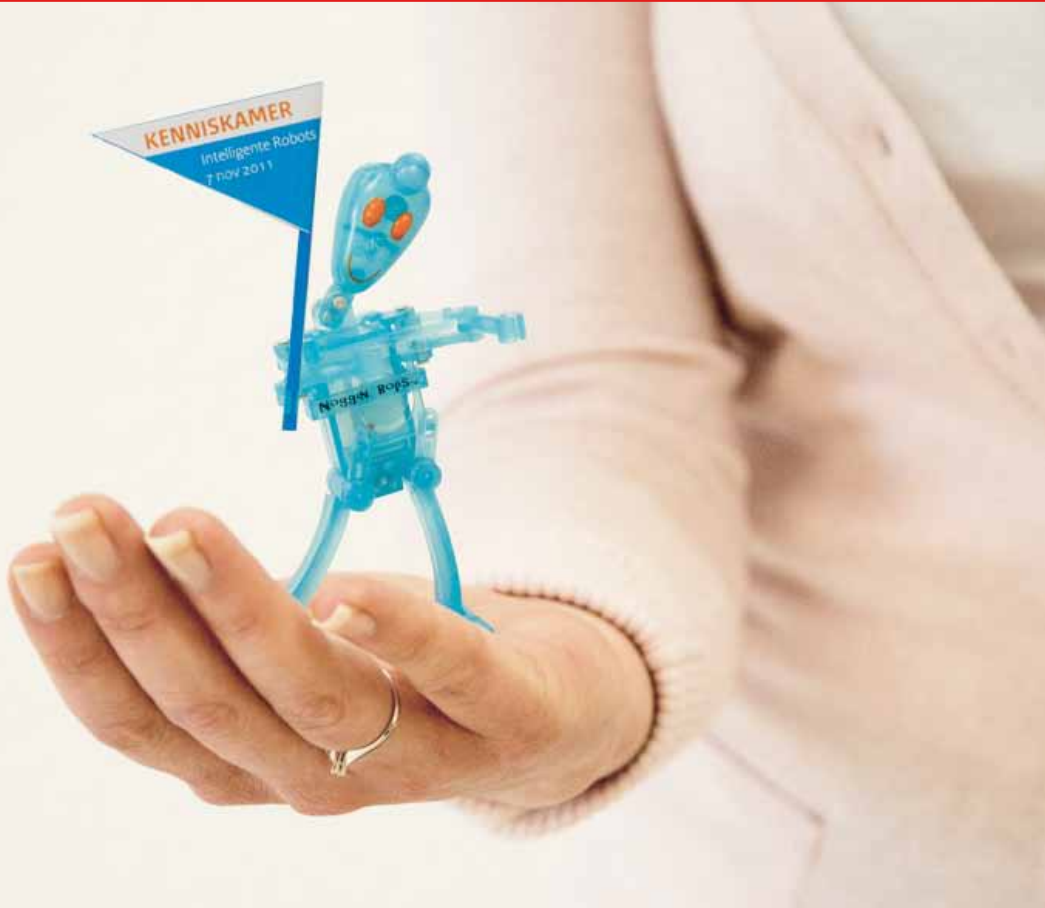
Ministerie van Veiligheid en Justitie

# Kenniskamer Intelligente Robots

Feiten, fabels en ficties



Rathenau Instituut



## Isaac Asimov: De 3 wetten van de robotica

### Eerste Wet

*Een robot mag een mens geen letsel toebrengen of door niet te handelen toestaan dat een mens letsel oploopt.*

### Tweede Wet

*Een robot moet de bevelen uitvoeren die hem door mensen gegeven worden, behalve als die opdrachten in strijd zijn met de Eerste Wet.*

### Derde Wet

*Een robot moet zijn eigen bestaan beschermen, voor zover die bescherming niet in strijd is met de Eerste of Tweede Wet.*

# Kenniskamer Intelligente Robots

Feiten, fabels en ficties

**Programma**

**Datum** 7 november 2011  
**Locatie** 3e verdieping Laagbouw, Bestuursdepartement Veiligheid en Justitie,  
Schedeldoekshaven 100, Den Haag

17.00 u **Inloop**  
De Jonge van Campens Nieuwlandzaal (L 3.39)

17.30 u **Welkom**  
mr. Joris Demmink, secretaris-generaal

17.40 u **Opening**  
drs. Martijn van Calmthout, dagvoorzitter

18.00 – 19.50 u **Bezoek aan drie invalshoeken (in subgroepen)**  
Gespreksleiding:  
drs. Rob van Hattum, drs. Ruben Maes en drs. Marjan Slob

**Invalshoeken:**

**Cognitief**

- Robots in de rechtspraak - dr. Radboud Winkels, Universiteit van Amsterdam
- Intelligente camerasystemen - prof. dr. Beatrice de Gelder, Tilburg University
- Software robots - prof. dr. Frances Brazier, Technische Universiteit Delft

**Fysiek**

- Robots en veiligheid - prof. dr. Robert Babuska, Technische Universiteit Delft
- Telegestuurde en semi-autonome robots - prof. dr. ir. Stefano Stramigioli, Universiteit Twente
- Robots en morele professionaliteit - prof. dr. Désirée Verweij, Nederlandse Defensie Academie/ Radboud Universiteit Nijmegen

**Sociaal**

- Mens-robot interactie - prof. dr. Mark Neerinx, Technische Universiteit Delft/TNO
- Architectuur van sociale robots - prof. dr. ir. Pieter Jonker, Technische Universiteit Delft/Technische Universiteit Eindhoven
- Affectieve robots - prof. dr. Jos de Mul, Erasmus Universiteit Rotterdam

19.55 u **Discussie**  
o.l.v. drs. Martijn van Calmthout, dagvoorzitter

20.40 u **Afsluiting**  
dr. Krijn van Beek, directeur Strategie

20.45 u **Borrel en informele nabeschuiving**

# Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>Position Papers</b>	<b>17</b>
<b>Cognitief</b>	
• Lex ex Machina: kunnen robots rechtspreken?	17
• Robots en intelligente camera's voor veiligheidsdoeleinden	21
• Van informatie naar participatie	26
<b>Fysiek</b>	
• Veilig met robots	31
• Waarschuwing: intelligente bewakingsrobots actief!	36
• Intelligente robots en morele professionaliteit?	41
<b>Sociaal</b>	
• Mens en robot: samen wijzer	45
• Robots met sociale functies	50
• PedoBot® is niet boos, maar wel verdrietig (en soms opgewonden) Over intelligente robots, emoties en sociale interactie	56
<b>Wie is Wie?</b>	<b>65</b>
<b>Het Rathenau Instituut</b>	<b>79</b>
<b>Projectteam</b>	<b>83</b>
<b>Colofon</b>	<b>85</b>





# Kenniskamer Intelligente Robots

## Feiten, fabels en ficties

### Aanleiding

Er is een nieuwe, veelbelovende generatie robots in opmars. Robots worden steeds intelligenter en bewijzen op velerlei gebieden hun nut, zoals bij de aardbeving dit voorjaar in Japan. Amerikaanse robots verrichtten daar stralingsmetingen in de getroffen kernreactoren bij Fukushima en onderwaterrobots zochten naar slachtoffers die door de tsunami in zee waren gesleurd. Er zijn nog veel meer voorbeelden te noemen. De Amerikanen gebruiken onbemande vliegtuigen om topvoerders van Al-Qaida uit te schakelen, onbemande helikopters kunnen verdachten volgen en er worden mechanische varianten van de vlieg ontwikkeld om waarnemingen uit te voeren,

Maar wat zijn de verdere mogelijkheden op het gebied van Veiligheid en Justitie? Kunnen ze afwijkend gedrag detecteren? Politie- en gevangenispersoneel ondersteunen of wellicht vervangen? Zijn intelligente robots in staat ingewikkelde beslissingen te nemen in opsporing en rechtspraak? Vergroten ze de veiligheid?

De inzet van robots roept vanzelfsprekend ook vele juridische, ethische en maatschappelijke vragen op. Wat betekent het voor onze sociale relaties als robots intermenselijke contacten overnemen? Wat is de impact op het vertrouwen van de burger in de overheid en de rechtsstaat? Hoe voorkomen we agressie en geweld tegen robots in het publieke domein? Hoe waarborgen we de fundamentele waarden die ten grondslag liggen aan privacy, identiteit en democratie?

Doordat robots steeds intelligenter worden en steeds zelfstandiger en autonomer kunnen handelen, treedt er langzamerhand een verschuiving op in de manier waarop ze kunnen worden ingezet. In plaats van mensen te ondersteunen, zijn de nieuwe robots steeds beter in staat om mensen te vervangen en zelfs te overtreffen. Dit schept uiteraard allerlei nieuwe kansen en mogelijkheden, maar roept ook nieuwe vragen op. Bijvoorbeeld over aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid. Kun je verantwoordelijkheid overdragen aan een robot? Wanneer wel, wanneer niet? En doen we daar dan goed aan? Doordat robots in toenemende mate zelfstandig kunnen waarnemen, beslissen en handelen en omdat ze kunnen leren, wordt hun gedrag minder voorspelbaar. De vraag is of dat een risico vormt voor de veiligheid van medewerkers en burgers. Wat leveren burgers in om de veiligheid met behulp van robots te vergroten? Gaat dat ten koste van privacy en van het recht om verschoond te blijven van stigmatisering? En als dat zo is: wie is er dan verantwoordelijk?

---

<sup>1</sup> Om gedragspatronen te herkennen moeten er bijvoorbeeld parameters worden ontwikkeld op grond van gedragingen en (uiterlijke) kenmerken.

Het project Intelligente Robots bouwt voort op de verkenning over Convergerende Technologieën<sup>2</sup> (januari 2008). Met dit project willen we stimuleren dat VenJ nadenkt over de betekenis van ontwikkelingen op het gebied van robottechnologie nu en de komende 10 jaar voor de domeinen veiligheid en recht. Deze kenniskamer is onderdeel van dit project.

De kenniskamer over Intelligente Robots is een logisch vervolg op de kenniskamer Human Enhancement (november 2009). Terwijl Human Enhancement verwijst naar technologieën waarmee mensen kunnen worden verbeterd, gaat het bij Intelligente Robots over technologieën die mensen kunnen ondersteunen, vervangen of overtreffen.

### Centrale vraag

De kenniskamer Intelligente Robots is bedoeld om de top van het ministerie van Veiligheid en Justitie en haar taakorganisaties te informeren over de kansen en bedreigingen van de nieuwe generatie robotica voor de beleidsterreinen die onder VenJ ressorteren. Wat zijn de feiten, de fabels, de ficties en wat betekent dit voor VenJ? Welke nieuwe vragen roept dit op? Wat zijn eventuele strategische implicaties? In deze kenniskamer gaan wetenschappers en beleidsverantwoordelijken met elkaar in gesprek om het thema ‘intelligente robots, veiligheid en recht’ te verkennen.

De centrale vraag van de kenniskamer is:

*Welke implicaties hebben intelligente robots voor veiligheid en recht op de korte en langere termijn (< 10 jaar)?*

Deze vraag zal tijdens de kenniskamer in drie deelvragen worden gesplitst: wat weten we, wat kunnen we ermee en wat willen we?

*Wat weten we? De stand van de wetenschap*

De experts geven aan welke robottoepassingen er nu al zijn en wat we binnen 10 jaar kunnen verwachten. Wat zijn feiten en wat zijn fabels en ficties? Wat weten we - en wat weten we nog niet – over risico's van de inzet van intelligente robots?

*Wat kunnen we ermee? Mogelijke toepassingen voor VenJ.*

De experts geven aan welke kansen zij zien voor robotica om bij te dragen aan een veilige en rechtvaardige samenleving. Hoe kunnen intelligente robots de beleidsdoelstellingen en taken van VenJ ondersteunen en helpen te bereiken?

---

<sup>2</sup> Convergerende technologieën zijn de sleuteltechnologieën nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en cognitieve wetenschappen die samen komen en elkaar versterken. Op nanoschaal komt kennis over elementaire bouwblokken (atomen, neuronen, genen en bits) samen die leiden tot hele nieuwe wetenschapsgebieden (zoals synthetische biologie) en nieuwe toepassingsmogelijkheden (zoals een breinimplantaat, RFID chip (zoals op de OV-chipkaart) of targeted medicine).

### *Wat willen we? Wenselijke doelen van onderzoek en ontwikkeling*

De experts geven aan wat hun gedroomde toepassing is, en welke scenario's we moeten zien te vermijden. Tevens geven zij aan welke ethische, juridische en maatschappelijke vraagstukken (ELSI)<sup>3</sup> de nieuwe generatie intelligente robots oproept.

### **Wat zijn intelligente robots?**

Vanaf de jaren zestig hebben robots een sterke opmars doorgemaakt in de industrie. Daar verrichten zij het werk vaak nauwkeuriger, veiliger, sneller en goedkoper dan mensen. Bovendien zijn ze in principe 24 uur per dag beschikbaar. Industriële robots zijn te beschouwen als machines met een vaste plek, die zonder directe menselijke bediening hun taak vervullen.

Vanaf de jaren negentig is een nieuwe generatie robotica zichtbaar. Het recente rapport 'Holland High Tech' (juni 2011) benoemt robotica als een van de grote wetenschappelijke uitdagingen van de ICT-onderzoeksagenda. Dankzij een combinatie van technische ontwikkelingen is de rekenkracht, het waarnemings- en bewegingsrepertoire en het communicatievermogen van robots spectaculair uitgebreid. Door een toename van rekencapaciteit, integratie van sensoren (zoals camera's) en snelle besturingssystemen, worden robots steeds "intelligenter". Ze kunnen meer gegevens verwerken, op omgevingssignalen reageren en complexe beslissingen nemen. Ze kunnen adequaat handelen vanuit een meervoudig handelingsrepertoire.

Nieuwe, intelligente robots zijn niet meer noodzakelijk bevestigd aan wand of vloer. In tegenstelling tot de industriële robots kunnen zij van hun plaats komen en zich vrij bewegen om taken te vervullen. Ook kunnen ze op afstand worden bediend (tele-operation) of geheel zelfstandig opereren (autonome robots). De nieuwe technologische mogelijkheden hebben geleid tot de ontwikkeling van mobiele "service robots" en "sociale robots" met communicatieve vaardigheden. Als volgende stap komen ondertussen ook "zelflerende robots" in zicht. Dit zijn robots die alleen nog instructies op hoofdlijnen krijgen, waarna zij zelf moeten leren in interactie met de omgeving.

De meeste mensen denken bij een robot aan een fysieke, mensachtige verschijning, een zogeheten humanoid. Maar robots kunnen allerlei andere gedaantes aannemen: voertuigen die bembommen demonteren, of zwermen van minuscule microbots die gezamenlijk een omgeving verkennen. Er zijn ook robots met een dierlijke (zoömorphische) verschijningsvorm, zoals Paro, de therapeutische zeehondrobot. Of de kolibri-robot; die dienst kan doen als extreem klein en onopvallend spionnetje. Of BigDog, die 150 kilo bepakking kan dragen en zelfstandig kan navigeren in moeilijk begaanbare gebieden. Tenslotte hoeven robots niet 'fysiek' te bestaan. Er zijn ook digitale robots, zogenaamde 'intelligent agents'. Een intelligent agent is een zelfstandig stukje software dat (vooraf gedefinieerde) taken kan uitvoeren. We kunnen hierbij denken aan een digitale assistent die de opsporing ondersteunt door grote hoeveelheden informatie zelfstandig te scannen op bijzondere patronen.

---

<sup>3</sup> Ethical, Legal and Social Issues

In de kenniskamer zullen we het niet hebben over traditionele robots, zoals die in de industrie worden gebruikt, maar over de inzet van de nieuw opkomende generatie intelligente robots. Hierbij hanteren we de volgende definitie:

*Een intelligente robot is een (tastbare of virtuele) machine die geïnstrueerd of geprogrammeerd is om zelfstandig complexe keuzes te maken en acties te ondernemen op basis van omgevingsignalen.*

Deze definitie geeft aan dat de robots die wij in de kenniskamer behandelen allemaal een (beperkte) vorm van autonomie hebben. Het kan ook gaan om zelflerende robots.

### **Toepassingen**

In deze kenniskamer onderscheiden we drie clusters van robots op basis van hun functies en presterend vermogen: cognitief, fysiek en sociaal.

Onder cognitieve functies en vermogens verstaan we waarneming, (sensorische) informatieverwerking en complexe autonome besluitvorming. Bij robots die ingezet worden voor cognitieve functies kunnen we denken aan intelligente camerasystemen (de 'ogen' van een robot), maar ook aan digitale robots die juridische beslissingen kunnen nemen, of uit zeer grote hoeveelheden data zelfstandig patronen kunnen detecteren.

Fysieke vermogens hebben betrekking op mobiliteit en het uitvoeren van fysieke taken. Dit soort robots kan bijvoorbeeld ingezet worden voor surveillance taken in publieke ruimtes. Ze kunnen ook worden gebruikt bij rampen, waar ze gevaarlijke en gecontamineerde gebieden kunnen betreden voor sporenonderzoek, of om slachtoffers te redden (zoals de Fukushima robots).

Sociale functies hebben betrekking op het vermogen om te interacteren met mensen. Communicatie, taal en het herkennen en uitdrukken van emoties staan centraal. Japan ziet dit soort robots als oplossing voor de snel vergrijzende en krimpende bevolking, en heeft een voorliefde voor robots die (precies) op mensen lijken (humanoids), terwijl de VS wedstrijden sponsort waarin robots elkaar vernietigen, richt Japan zich vooral op sociale robots die niet-gewelddadig, menselijk gedrag nabootsen. Anders dan industriële robots, komen sociale robots dicht bij mensen. Ze verlenen hun diensten namelijk in het private of publieke domein, bijvoorbeeld in de zorg, het onderwijs, of om de straat schoon te houden. Ze zijn mogelijk ook inzetbaar in het gevangeniswezen of bij slachtofferhulp.

Voor de kenniskamer zijn negen wetenschappers uitgenodigd. Hun expertisegebieden passen binnen deze clustering. Ook de ethische dimensie komt aan bod.

- Robots voor cognitieve functies
  - Robots in de rechtspraak - dr. Radboud Winkels
  - Intelligente camerasystemen - prof. dr. Beatrice de Gelder
  - Software robots - prof. dr. Frances Brazier
- Robots voor fysieke functies
  - Robots en veiligheid - prof. dr. Robert Babuska
  - Tele-gestuurde en semi-autonome robots - prof. dr. ir. Stefano Stramigioli
  - Robots en morele professionaliteit - prof. dr. Désirée Verweij
- Robots voor sociale functies
  - Mens-robot interactie - prof. dr. Mark Neerinx
  - Architectuur van sociale robots - prof. dr. ir. Pieter Jonker
  - Affectieve robots - prof. dr. Jos de Mul

### Verwachte resultaten

De kenniskamer gaat over de implicaties van intelligente robots voor Veiligheid en Justitie op de korte en langere termijn. Na afloop zijn de deelnemers op de hoogte van de stand van de wetenschap. Feiten, fabels en ficties zijn gescheiden. De deelnemers zijn geïnformeerd over de mogelijkheden en onmogelijkheden van intelligente robots. Er is inzichtelijk gemaakt dat intelligente robots kunnen helpen Nederland veiliger en rechtvaardiger te maken. Ook is geïllustreerd dat de technologie potentiële risico's in zich draagt.

Daarnaast roept de kenniskamer discussievragen op. Waar zien we kansen omtrent intelligente robots die de beleidsdoelstellingen van VenJ kunnen helpen te bereiken? Wat zijn de ethische en maatschappelijke dilemma's en de risico's van het gebruik van intelligente robots? Tegen welke juridische (inclusief grondrechtelijke) voetangels en klemmen lopen we aan? Welke kennisgebieden over robots en kunstmatige intelligentie moeten we als VenJ de komende tijd blijven volgen? De deelnemers worden gestimuleerd hier over na te denken.

De kenniskamer beoogt niet alleen het departement en haar taakorganisaties te prikkelen met wetenschappelijke inzichten en dilemma's. De kenniskamer zal ook wetenschappers inspireren. Aan de genodigde experts is nadrukkelijk gevraagd om na te denken over gedroomde en gevreesde toepassingen voor veiligheid en recht, en de dilemma's die intelligente robots oproepen. Zo komt kennis van buiten naar binnen en omgekeerd. De wetenschappers verkrijgen inzicht in de maatschappelijke opgaven waar het ministerie van VenJ voor staat. Het zal ze prikkelen om ook na afloop van de kenniskamer te blijven nadenken over deze opgaven. Zo staan ze in de toekomst beter klaar met onderbouwde antwoorden op maatschappelijke vragen.

## Meer lezen?

### Publicaties

- Est, R. van, Chr. van 't Hof, Y. Y. Lau (2009) Beyond the surface: An Exploration in Healthcare Robotics in Japan. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Jong, J.B. de, I. van Keulen, J. Quast (2011) Van vergeetpil tot robotpak. Human enhancement voor een veilige en rechtvaardige samenleving? Den Haag: Rathenau Instituut.
- Sharkey, Noel (2008) 2084: Big robot is watching you. Report on the future of robots of policing, surveillance and security, University of Sheffield.
- Smits, M. & A. van der Plas (2010) Beyond speculative robot ethics. Accountability in Research 17 (6), pp. 299-314
- Holland High Tech, Adviesrapport van Topteam High Tech Systemen en Materialen, Den Haag (juni 2011).

### Verslagen

- Verslag debat Robots die voor je vechten  
Publicatiedatum: 30-9-2009  
Verslag van het debat 'Robots die voor je vechten' tijdens de Grote Robotshow op 4 september 2009 in NEMO, Amsterdam.  
Auteur: Anouck Vrouwe
- Verslag debat Robots die voor je zorgen  
Publicatiedatum: 1-10-2009  
Verslag van het debat 'Robots die voor je zorgen' tijdens de Grote Robotshow in NEMO, Amsterdam op 4 september 2009.  
Auteur: Wim Oppelaar
- Verslag expertseminar Robotica in Nederland  
Publicatiedatum: 1-12-2009  
Verslag van het expertseminar Robotica in Nederland op 6 november 2009, Den Haag, georganiseerd door Ministerie van OC&W en Rathenau Instituut (RI).

### Blog

- Martijntje Smits, 'De ethische robot', 26 november 2010  
Zie: [www.sargasso.nl](http://www.sargasso.nl) onder de titel 'De ethische robot'







## Lex ex Machina: kunnen robots rechtspreken?

Radboud Winkels, Leibniz Center for Law, Universiteit van Amsterdam

### Recht uitrekenen

Iedereen heeft dagelijks met het *recht* te maken, ook al realiseren wij dat ons vaak niet. Dat *recht* wordt steeds uitgebreider, complexer en internationaler, omdat de wereld waarin wij leven dat ook wordt. Het is voor specialisten al nauwelijks meer bij te houden en te bevatten, laat staan voor leken. Intelligente robots kunnen een (gedeeltelijke) oplossing bieden.

Bij het *Leibniz Center for Law* houden wij ons bezig met het toepassen van methoden en technieken uit de informatica op het recht, zowel om de rechtspraak te ondersteunen als om beter te begrijpen hoe het recht in elkaar steekt en *of en hoe* machines juridisch kunnen redeneren. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), de filosoof, wiskundige en jurist naar wie wij ons centrum hebben genoemd, droomde al van een 'calculator' om alle menselijke problemen, waaronder juridische, op te lossen:



Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), jurist en wiskundige die pleitte voor het automatisch 'uitrekenen' van juridische problemen.

“...the plan I have had for a long time to reduce all human thinking to a calculation, such as we know it in algebra or the *ars combinatoria*... so that many arguments could be solved, the certain could be distinguished from the uncertain and even grades of probability could be measured. Then if two were arguing, they could say to each other ‘Let us calculate’”  
(uit brief aan Jacob Spener, juli 1687)

Drie eeuwen later voorspelde collega Van den Herik dat de computer de menselijke wereldkampioen schaken zou verslaan en kreeg daarin met 10 jaar verschil gelijk. Vervolgens voorspelde hij in 1991 dat de computer op termijn ook beter dan mensen zou kunnen rechtspreken.<sup>4</sup> Is dat zo en zo ja, wat is daar voor nodig en hoever zijn we nu?

### Stand van Zaken

Bij 'het recht' denken de meeste mensen aan het doorhakken van knopen door menselijke rechters in civiele of strafzaken op basis van enerzijds het geldende recht, en anderzijds de specifieke omstandigheden van het geval dat beoordeeld moet worden. Dat is slechts het topje van de ijsberg. De meeste rechtshandelingen die mensen (en rechtspersonen en ambtenaren in functie) elke dag verrichten zijn relatief eenvoudig en standaard en leiden totaal niet tot geschillen. Daar waar dat wel gebeurt, wordt het meestal onderling opgelost. Slechts een klein aantal van de geschillen komt voor de rechter of een andere beroepsinstantie en ook dan wordt er nog vaak onderling geschikt. De meeste van deze rechtelijke beslissingen zijn ook weer redelijk eenvoudig, zogenaamde "*clear cases*". Een klein deel van de rest komt nog in hoger beroep en wellicht zelfs in hoogste instantie bij Hoge Raad of Raad van State.

De meeste van deze (eenvoudige) beschikkingen en beslissingen zouden heel goed door (software) robots<sup>5</sup> kunnen worden afgehandeld en dat gebeurt ook op steeds grotere schaal, met name in de uitvoering door de overheid. Zo worden vrijwel alle particuliere belastingaangiftes automatisch afgehandeld, net als beperkte snelheidsovertredingen en sinds kort vele verblijfsaanvragen bij de IND.

### Mogelijke Toepassingen

Software robots kunnen eenvoudige juridische beslissingen *sneller* en *consistenter* nemen dan mensen. Doorlooptijden van zaken kunnen dramatisch verlaagd worden (van maanden naar dagen, van dagen naar minuten). Als deze systemen al bij voorbaat aan mensen ter beschikking worden gesteld kan een gang naar de rechter worden voorkomen, doordat men van te voren een betere inschatting van zijn kansen kan maken.

Een andere ondersteunende rol die een robot kan spelen, zien we bij het proces van geschillenbeslechting en *mediation*. Partijen dragen zelf argumenten of voorstellen aan, de machine begeleidt het proces en toont eventueel wat een uitkomst zou kunnen zijn. Dat het proces door een onpartijdige *machine* wordt begeleidt en niet door een mens, kan in dit soort gevallen juist een voordeel zijn. Het Australische *Family Winner* is een voorbeeld van een systeem dat scheidende ouders helpt bij het verdelen van de boedel en de zeggenschap over de kinderen.

Aan de handhavingskant kunnen slimme robots worden ingezet om aan de hand van risicoprofielen en simulatie van gedrag van (rechts)personen aan fraudedetectie te doen. Risicoprofielen worden al

<sup>4</sup> H.J. van den Herik, Kunnen computers rechtspreken? (oratie Leiden), Gouda Quint bv., Arnhem 1991.

<sup>5</sup> Bij robots denken we al gauw aan bewegende machines; dat is bij het nemen van juridische beslissingen meestal geen vereiste. De "rijdende rechter" is een uitzondering. De 'robot' hoeft zelfs vaak geen fysieke verschijningsvorm te hebben, maar bestaat virtueel als 'software'.

gebruikt bij uitvoeringsinstanties als de belastingdienst en de IND, maar met de inzet van “agent technologie”<sup>6</sup> is het mogelijk om calculerend gedrag van mensen op basis van intenties mee te nemen. Dit laatste aspect kan ook van belang zijn bij het doorrekenen van de consequenties van voorgesteld nieuw beleid. Door het simuleren van bepaalde (groepen) personen en hun doelen en intenties, bijvoorbeeld om zo weinig mogelijk belasting te betalen, kan men beter anticiperen op veranderend gedrag als gevolg van een wetswijziging.

### Mogelijke bezwaren

Bovenstaande ontwikkelingen, die zoals gezegd al in gang zijn gezet, kunnen een aantal bezwaren oproepen. Ten eerste is er de ervaring dat mensen nogal snel geneigd zijn automatische systemen te vertrouwen. Zijn ze in het begin misschien een beetje argwanend, als het systeem een paar keer goed gepresteerd heeft, wordt men steeds makkelijker en neemt beslissingen klakkeloos over. Zo is het opvallend dat, totdat bleek dat de digitale stemmachines ‘afluistergevoelig’ waren, niemand zich druk leek te maken over het feit of deze machines wel ‘eerlijk’ stemmen telden.

Andere mensen werpen op dat het principieel ongewenst is dat machines morele, ethische of juridische beslissingen nemen. Machines hebben immers geen moraal en geen empathisch vermogen.

Tegen beide punten kan worden ingebracht dat (a) mensen ook, en wel *meer* fouten maken en (b) bezwaar en beroep tegen (machinale) beslissingen *altijd* mogelijk is en men uiteindelijk bij een menselijke beslisser uitkomt. Aan de andere kant kan men zeggen dat machines (in principe) voorspelbaar zijn en feitelijk gelijke gevallen ook gelijk zullen behandelen. Maar wanneer zijn twee gevallen gelijk? Men kan het ene geval altijd onderscheiden van het andere als men wil; het is de vraag of het onderscheid van belang is voor een juiste of rechtvaardige beslissing. Tenslotte is het recht natuurlijk nooit ‘af’; de wereld verandert en ook onze ideeën over wat goed of rechtvaardig is, veranderen.<sup>7</sup>

Met andere woorden, automatisch beslissen dient sommige rechtsprincipes beter (rechtszekerheid, rechtsgelijkheid), andere moeilijker of slecht (recht doen aan individuele geval, subsidiariteitsbeginsel).

### Droom of nachtmerrie?

Software robots of computerprogramma’s kunnen nu en op termijn zaken in belasting- en administratief recht beter, sneller en goedkoper afhandelen dan mensen dat doen. Ook voor de meeste civiele zaken geldt dat, zeker als we aan mediation denken en voor de rest de mogelijkheid voor beroep bij een menselijke rechter openhouden. Voor het strafrecht moeten we vooralsnog een uitzondering maken, zeker voor de ernstigere verdenkingen. Niet meteen omdat robots dat op termijn niet zouden *kunnen*, maar omdat er begrijpelijk grote maatschappelijke weerstand zal ontstaan als machines over vrijheidsberoving van mensen gaan beslissen. Bovendien evolueren onze ideeën over rechtvaardigheid en zullen het dus altijd mensen moeten zijn die bepalen wat de normen zijn

<sup>6</sup> Met ‘agent’ wordt hier een handelend subject bedoeld, in dit geval handelende software robots, dus geen ‘politieagent’.

<sup>7</sup> En worden idealiter steeds beter...

voor mensen (binnen een samenleving). De ultieme nachtmerrie is toch wel de rechtvaardige en met alles rekening houdende machine die besluit dat het voor de wereld het beste is als de mens als soort verdwijnt.

Mijn meer realistische nachtmerries gaan niet zozeer over wat er technisch *kan*, maar over wat de politiek of maatschappij steeds meer *lijkt* te willen. De wereldwijde tendens om als wetgever en als uitvoerder of handhaver misdaden te willen *voorspellen* en *voorkomen* door mensen op grote schaal preventief af te luisteren, op te pakken en rechten te ontnemen, is onheilspellender dan de technische mogelijkheden die soms bij dat streven gebruikt worden. Philip K. Dick beschreef de gevolgen van dit doemscenario al jaren geleden prachtig in het verhaal “The Minority report” (1956).

### **Wat is op korte termijn realistisch?**

Wat er voor de volgens mij wenselijke toepassingen nodig is, is het vertalen van de informele rechtsbronnen naar een formele representatie waar machines iets mee kunnen. Wetten en regelingen zijn *door* mensen geschreven voor mensen en bevatten vele onduidelijkheden, impliciete aannames en inconsistenties. Voor een deel is dit bewust en noodzakelijk. De wetgever kan en wil niet alle situaties van te voren voorzien en door bepaalde zaken impliciet of ‘vaag’ te houden kunnen uitvoeringsinstanties of rechters er in de praktijk meer mee. Voor een ander deel zijn fouten of ambiguïteiten in regelingen te voorkomen. Ik kom daar nog op terug.

Machines of robots kunnen slecht met vaagheden en inconsistenties overweg, zeker als ze ook nog moeten uitleggen en rechtvaardigen waarom ze een bepaalde beslissing hebben genomen. Gelukkig moeten uitvoeringsinstanties dat ook; in de praktijk worden vage begrippen of omstandigheden dan ook veelal weer nader uitgewerkt in jurisprudentie en uitvoeringsbesluiten. Daar kunnen we voor onze intelligente programma’s goed gebruik van maken.

Het vertalen van de informele en incomplete rechtsbronnen naar uitvoerbare instructies voor de praktijk is een tijdrovende en kostbare zaak (ook voor uitvoeringsinstanties). Ons onderzoek is voor een groot deel gewijd aan hoe we dat proces kunnen versnellen, verbeteren en automatiseren. Een andere optie zou zijn om aan de bron te beginnen. Waarom niet meteen een formele, uitvoerbare specificatie van wat de gewenste situatie is voor een bepaald beleidsterrein? Waarom niet het uitbrengen van automatische beslissingssystemen in plaats van geschreven wet- en regelgeving? Voor bijvoorbeeld belasting- en administratief recht is dat nu al goed mogelijk.

Voor andere terreinen zou het al schelen als wetgevingsjuristen ondersteund zouden worden bij het creëren en (vooral) veranderen van wetgeving, zodat ze niet nodeloos nieuwe termen introduceren, maar wel consistent verwijzen en de impact van veranderingen beter kunnen inschatten.

# Robots en intelligente camera's voor veiligheidsdoeleinden

*Beatrice de Gelder, Universiteit van Tilburg*

## Vaardigheden van mensen versus intelligente camera's

Mensen zijn zeer goed in het reageren op lichaamstaal en intenties van anderen. Dit gebeurt snel en schijnbaar automatisch. Zo'n snelle en aangepaste reactie veronderstelt een natuurlijk vermogen om emoties en intenties in te schatten. Deze 'sociale perceptie' verloopt snel en onbewust. Onze hersenen zijn in staat om een behoorlijke hoeveelheid complexe informatie te verwerken die onbewust onze keuzes en gedragingen beïnvloedt. Om een voorbeeld te geven: de hersenen kunnen al binnen 20 milliseconden de emotionele toestand van iemand afleiden op grond van de waarneming van het gezicht of de lichaamshouding. Als we over straat lopen hebben we daarom ook zeer snel door wat er om ons heen gebeurt. Niet alleen gelaatsuitdrukkingen of lichaamstaal zijn van belang: we kunnen aan sociale interacties ook snel zien of iemand wordt geplaagd of juist wordt bedreigd en of een ruzie tussen twee personen onschuldig is of niet, terwijl de lichaamsbewegingen van iemand die plaagt en iemand die dreigt erg op elkaar lijken. We zullen niet direct gealarmeerd raken als we één persoon zien die bang is, maar wel als we zien dat een groep personen collectief in paniek raakt. Hoe gevoelig we hiervoor zijn bleek maar weer tijdens de dodenherdenking in 2010, waarbij de angst van enkele geschrokken personen zich razendsnel verspreidde.

Maar wat mensen (en veel diersoorten) zo gemakkelijk afgaat, is voor robots en camerasystemen een zeer ingewikkeld probleem. Tegelijk is het voor velen duidelijk dat er een grote behoefte is aan geautomatiseerde en betrouwbare systemen. Dit pleit ervoor dat er hard gewerkt wordt aan het verbeteren van de huidige technologie. Echter, het beangstigt veel mensen dat er steeds meer cameratoezicht komt in allerlei publieke domeinen. TV-series waarin camera's automatisch inzoomen op personen die zich verdacht gedragen, dragen hieraan bij. In werkelijkheid hebben surveillance-systemen (bijvoorbeeld op straat) al grote moeite met het alleen maar volgen van een persoon die zich beweegt tussen andere objecten of mensen, laat staan dat de camera kan interpreteren wat de gedragingen en bedoelingen van deze persoon zijn. Als een persoon die door de camera wordt gevolgd tijdelijk uit beeld verdwijnt, bijvoorbeeld door even achter iemand langs te lopen, is de camera hem definitief kwijt.

## Het belang van sociale interacties

Een ander groot probleem is dat de huidige beschikbare camera-software de onderlinge sociale verhoudingen en interacties van de mensen niet meeneemt in zijn berekeningen. Het camera-systeem kan wel voorspellen: 'daar staat een lantaarnpaal dus daar moet een persoon omheen lopen', maar iemand die samen loopt met zijn vriend, zal dat al anders aanpakken dan twee mensen die elkaar niet kennen. Vrienden zullen wellicht gezamenlijk het obstakel vermijden, terwijl onbekenden geen rekening hoeven te houden met elkaar. Dit is voor ons als mens logisch, maar voor een camera-systeem dus niet. Als de camera automatisch aan de bewegingspatronen van personen kan herkennen of ze bij elkaar horen, of welke emotie ze ervaren, zal het volgen van iemand vele malen succesvoller

worden. Als iemand dan eventjes uit beeld verdwijnt, kan het systeem wiskundig berekenen wat de meest logische plek is waar de persoon weer zal verschijnen. Deze verwachte verschijningsplek is mede afhankelijk van de emotie van de personen en de onderlinge sociale relaties. Verschijnt de net 'verdwenen' persoon weer in beeld, dan zal het systeem beter snappen: 'dat is die man die ik net uit beeld verloor'. Of iemand rustig, gewelddadig of juist in paniek is, zal ook van grote invloed zijn, zowel op zijn lichaamshouding, als op de manier waarop iemand zich zal gaan gedragen.

Het gevoel dat je constant en automatisch gevolgd wordt als er een camera aanwezig is, is nu dus nog ongegrond. Het simpelweg volgen van mensen is al een knap staaltje techniek en dan is er ook nog een mens nodig die de beelden bekijkt en interpreteert.

### Wat willen we bereiken met intelligente camerasystemen?

Om echte intelligente camerasystemen te ontwikkelen die in staat zijn deze technische problemen op te lossen, is onderzoek nodig naar deze processen in het menselijke brein. De wetenschap heeft echter op dit ogenblik nog maar heel weinig kennis te bieden over de visuele eigenschappen van menselijke bewegingen. Hoe lossen de hersenen deze problemen op en vervolgens hoe kunnen we deze kennis in de camera-software inbouwen? We bestuderen dit met bijvoorbeeld psychofysica en EEG of fMRI<sup>8</sup> onderzoek, waarin we onderzoeken welke hersengebieden betrokken zijn bij het zien van groepen mensen in een bepaalde dynamiek en hoe snel dit proces verloopt. Voorlopige resultaten wijzen bijvoorbeeld uit dat de *beweging en interactie van de mensen onderling* erg belangrijk zijn. Een groep mensen kan bijvoorbeeld samen bang zijn en dus paniek ervaren, maar mensen kunnen ook ieder voor zich bang zijn (stel je voor, persoon A is bang voor een hond, persoon B schrikt van een geluid). De hersenen reageren heel verschillend in deze scenario's en de reacties zijn ook weer heel anders als de mensen blij zijn in plaats van angstig. Deze informatie kan gebruikt worden bij het schrijven van software voor intelligente camera's. Gezichtsuitdrukkingen zullen wellicht zeer informatief zijn als het gaat om het duiden van vreugde, maar lichaamstaal en interacties zijn vooral van belang voor het duiden van angst. Op grond van deze bevindingen kan dan de afweging gemaakt worden om vooral te focussen op het een of juist op het ander, afhankelijk van de specifieke



Figuur 1: menselijke interacties in een groep kunnen zeer verschillende plaatjes opleveren, ook al gaat het om dezelfde emotie. In het bovenste beeld is de groep in paniek en collectief angstig. In het beeld daaronder zijn de mensen individueel bang en niet als groep. Een intelligent camerasysteem moet deze verschillen kunnen herkennen.

<sup>8</sup> Functional Magnetic Resonance Imaging is een techniek waarbij door middel van een scanner zeer nauwkeurig in beeld kan worden gebracht welke hersengebieden actief zijn bij bepaalde taken.

doeleinden van het systeem. Een camera in een speeltuin moet wellicht zien of iedereen blij is, een camera op een vliegveld of iemand angstig is of nerveus.

Hoe kan de camera nu zover komen dat deze lichaamstaal kan lezen? Dit wordt onder andere onderzocht door middel van motion capture technieken, waarbij de bewegingen van mensen worden opgenomen. Met deze data kan wiskundig het verschil tussen bijvoorbeeld blijheid en boosheid worden berekend. Deze formules kunnen in de toekomst worden geprogrammeerd in de software, zodat de camera op basis van de beweging heel snel kan berekenen wat er nu gebeurt, wie met wie interacties aan gaat en welke emoties aan het lichaam en de interactie kunnen worden toegekend. Hopelijk komen er dan in de toekomst ook systemen die, net als de hersenen, razendsnel kunnen berekenen of een confrontatie tussen personen bedreigend is of niet.

### Het belang van intelligente camerasystemen

Intelligente camera systemen (of “robot-ogen”), uitgerust met beveiligingssoftware, die in staat zijn om sociale interacties te begrijpen, bieden belangrijke toepassingsmogelijkheden voor VenJ. Het zal voor een robot die moet dienen als toezichthouder, politieagent, gevangenisbewaarder of bewaker essentieel zijn dat deze tijdig kan signaleren of een situatie uit de hand loopt, of zelfs kan ingrijpen wanneer dit gebeurt. Hiervoor heeft de robot dus niet alleen een camerasysteem nodig dat gezichts-uitdrukkingen kan lezen, maar ook een systeem dat gedrag kan voorspellen op grond van lichaamstaal en vooral ook op grond van correct geïnterpreteerde sociale interacties tussen mensen. Een robot hoeft natuurlijk niet meteen in te grijpen als hij twee boze personen ziet: misschien hebben deze mensen even een onschuldige ruzie, of kennen ze elkaar niet eens en zijn ze toevallig allebei tegelijk boos om een hele andere reden. Maar ziet hij deze twee boze personen samen en doelbewust aflopen op een derde persoon of op een groep dan moet hij wel al in de gaten hebben dat er een probleemsituatie zou kunnen ontstaan. Kortom: subtiele verschillen in de sociale interactie zijn van cruciaal belang. Op dit moment zijn er maar enkele systemen die actief rekening houden met het sociale gedrag van de mensen die zij waarnemen, en ook al zijn ze nog steeds erg simpel, ze zijn al wel vele malen succesvoller dan systemen die hiermee geen rekening houden. Goed functionerende systemen kunnen in de toekomst de menselijke toezichthouders op straat, of in de beveiligingscentrales waar nu camerabeelden worden geïnterpreteerd, gaan vervangen.

### Gedroomde toepassing: robots met “intelligente ogen”

Een gedroomde toepassing van dit soort intelligente camera systemen is dat ze niet alleen kunnen worden ingezet voor camera's, maar ook als de ‘ogen’ van robots. Door het inzetten van robots en intelligente camera's bij omvangrijke evenementen, op straat of in bijvoorbeeld voetbalstadions of festivalterreinen, kan de veiligheid worden vergroot. Vooral in situaties waar grote groepen mensen bij elkaar zijn, kunnen mensen zich irreëel, gewelddadig en chaotisch gaan gedragen. In dit soort situaties is gebleken dat het vooral erg belangrijk is dat er op tijd en op een juiste manier wordt gecommuniceerd met deze groep, voordat het uit de hand loopt. Het zou al van groot belang zijn als de slimme camera's een ruwe inschatting kunnen maken van momenten waarop bepaalde dagelijkse bewegingen buiten de norm dreigen te vallen, wanneer de emotionele bewegingen van een individu overspringen op de bijstanders. Als de robot of camera nauwkeurig en tijdig de groepsdynamiek kan voorspellen en hulp in kan roepen, of misschien wel zelf in kan grijpen, en bijvoorbeeld in een

panieksituatie een begeleidende en controlerende rol op zich kan nemen, kan escalatie worden voorkomen. Dit soort robots kan ook worden ingezet in gevangenissen, TBS klinieken, voor crowd control bij grote festivals en demonstraties of bijvoorbeeld bij de bestrijding van rampen.

### **De voordelen en gewenste toepassingen**

Zoals gezegd, bieden intelligente camerasystemen veel voordelen. Ten eerste zouden er veel minder menselijke surveillanten nodig zijn om de camerabeelden uit te lezen. Eén persoon zou veel meer camera's tegelijk onder zijn toezicht kunnen hebben, omdat het systeem automatisch en snel kan waarschuwen waar de aandacht naar toe moet gaan. Wanneer we robots uitrusten met dergelijke camerasystemen, biedt dat nog een aantal extra voordelen. Een robot die fysiek aanwezig is en kan bewegen (in tegenstelling tot een camerasysteem), heeft als voordeel dat deze met mensen in contact kan treden en interacties met hen aan kan gaan. Een robot is ongevoeliger voor lichamelijk letsel en laat zich niet onbewust meeslepen door groepsemoties. In geval van paniek of brand kan hij dus de mensen in goede banen leiden zonder zelf in paniek te raken en bij gewelddadige confrontaties kan hij zonder gevaar voor eigen leven tussenbeide komen.

Bij beveiligingsrobots komen echter ook weer complicaties kijken die niet van toepassing zijn op intelligente camerasystemen zonder 'robotbehuizing'. Zo'n robot heeft immers niet alleen een cognitieve taak (waarnemen, signaleren), maar ook een sociale. Elders in deze bundel wordt beschreven dat voor dit soort robots niet alleen de herkenning van sociale interacties belangrijk is, maar ook de eigen interactie met mensen.

Een robot die in de publieke ruimte gedrag kan herkennen en daar adequaat op kan reageren, biedt dus zeer bruikbare toepassingsmogelijkheden voor V&J.

### **Acceptatie van robots**

De kennis waarmee gedragingen van individuen en groepen voorspeld kunnen worden op basis van lichaambewegingen en sociale interacties, kan ook worden gebruikt om robots zelf op een menselijke manier te laten bewegen en interacties met mensen aan te laten gaan. Wil de robot succesvol kunnen optreden als bewaarder of toezichthouder, dan is het belangrijk dat mensen deze robot serieus nemen en naar hem luisteren. De robot moet dus in staat zijn om een gewenste reactie bij zijn interactie partner op te wekken. Het uiterlijk en de beweging van de robot zijn belangrijk voor een betekenisvol contact. Het is voor intelligente robots misschien niet zo zeer van belang dat ze uitermate menselijk lijken, maar wel dat het uiterlijk en de manier van doen overeenkomen met hun functie. Dit is nodig om acceptatie en gehoorzaamheid te bevorderen van bijvoorbeeld een groep mensen die in paniek is, of van mensen die gewelddadig zijn. Uit onderzoek blijkt dat ook andere zintuigmodaliteiten dan alleen zicht bepalend zijn voor sociale interacties; bijvoorbeeld dat aanrakingen een belangrijke rol kunnen spelen.



### Nadelen, ethische vragen en onwenselijke toepassingen

Een heel belangrijke bedenking bij robots en intelligente camerasystemen gaat over privacy. Hoewel robots en intelligente camerasystemen vele voordelen bieden, is het uiteraard van belang dat de privacy bewaakt blijft. Dit kan onder andere door ervoor te zorgen dat de dagelijkse handelingen van burgers niet vierentwintig uur per dag worden geregistreerd en opgeslagen. In een nachtmerrieachtige samenleving zullen dit soort systemen worden gebruikt om tot op de minuut bij te houden wat de burger doet en met wie, met eventueel als negatieve consequenties of juist met het doel om het dagelijks leven van de burger subtiel te beïnvloeden. Interessant is dat juist het gebruik van lichaams taal en interacties, in plaats van gezichten, als basis voor deze systemen een belangrijke rol zou kunnen spelen bij het waarborgen van privacy. Als het systeem geen informatie van het gelaat gebruikt en registreert, zodat er ook geen identiteit afgeleid kan worden uit geregistreerde gezichtskenmerken, zal dit de privacy beter kunnen garanderen.

Er is vooral veel aandacht voor de wettelijke en ethische aspecten van privacy. Echter, er is ook een even belangrijk psychologisch aspect. Mensen, en wellicht geldt dat niet voor mensen alleen, hebben een essentiële psychologische behoefte aan privacy, aan het zich soms verborgen weten voor anderen. De alom aanwezigheid van camera's zou een grote bedreiging kunnen zijn van deze behoefte. Mensen die weten dat ze altijd en overal in de kijker lopen, gaan hieronder lijden. We zouden de nood aan beveiliging gepaard moeten kunnen laten gaan met het gevoel dat mensen toch nog een eigen, privé psychologische ruimte hebben. Als dit niet lukt, dreigen er nieuwe ziektebeelden en pathologieën te ontstaan, omdat mensen nu eenmaal een behoefte hebben aan privacy. Daarom moet er een duidelijk onderscheid blijven bestaan tussen de publieke, bewaakte ruimte en het privébestaan.

Tenslotte lijkt het van belang dat er altijd een mens achter de eventuele besluiten en handelingen van de robot staat. De mens moet niet alleen gehoorzamen aan de robot, mocht dat nodig zijn, maar de robot moet ook altijd gehoorzamen aan de mens. Er is om die reden uitgebreid onderzoek nodig naar hoe robots worden ingezet bij de controle van bijvoorbeeld agressieve menigten: zal het voor een menselijke bewaker via tele-operatie makkelijker zijn om buitensporig geweld te gebruiken met een robot dan bij mens-op-mens contact? Maar ook, wie wordt er aansprakelijk gesteld als er een fout gemaakt wordt? Zal het slachtoffer van mishandeling die het camerasysteem heeft gemist aanspraak kunnen maken op vergoedingen? De vragen en bedenkingen zijn, net als de voordelen, legio.

# Van informatie naar participatie

Frances Brazier, Technische Universiteit Delft

## Software robots voor cognitieve taken

Intelligente software robots (ook vaak ‘software agenten’ genoemd) zijn virtuele machines die autonoom handelen op basis van hun eigen kennis en kunde, hun waarnemingen en hun interactie met andere autonome entiteiten (mensen of machines).

Er is niet één type software robot. Software robots worden vandaag de dag gebruikt in vele sectoren en voor uiteenlopende taken: profiling, elektronisch handelen, dynamische planning en uitvoering van logistieke processen, bewaking, personal assistants, energiebesparing, routebepaling, enzovoort. Vaak in situaties waarbij complexiteit een grote rol speelt: complexiteit in schaal, besluitvorming en/of heterogeniteit.

Software robots worden nu bijvoorbeeld ingezet bij datamining en *profiling* om gericht verbanden te zoeken of te ontdekken in grote databestanden zonder bij het zoeken de koppeling met namen van individuen of organisaties te maken. Deze databestanden zijn via het internet aan elkaar gekoppeld en worden op verschillende fysieke locaties geraadpleegd. Als profielen en verbanden bekend zijn, kan de koppeling met name in bepaalde situaties, met de juiste autorisatie, wél worden gemaakt. Software robots kunnen ook worden ingezet om gegevens te beschermen. In een onderzoeksproject dat de onderzoeksgroep van de TU Delft samen met de Faculteit der Rechtsgeleerdheid van de VU bij het Openbaar Ministerie, Arrondissementsparket Amsterdam heeft uitgevoerd (ondersteund door de Raad voor de Rechtspraak), zijn elektronische dossiers onderwerp van onderzoek geweest. In dit project is een systeem ontworpen dat in staat is om de validiteit en consistentie van elektronische dossiers met behulp van software robots te bewaken. Elk informatieveld bevat een link naar de oorspronkelijke bron van de informatie. Zo is bijvoorbeeld het informatieveld voor persoonsgegevens, waarin gegevens zoals adres en geboortedatum zijn gespecificeerd, gekoppeld aan vergelijkbare velden binnen de bronbestanden bij de Gemeentelijke Basis Administratie. Gegevens over minderjarigen die van belang zijn voor het desbetreffende delict zijn gekoppeld aan een databestand bij de Kinderbescherming. Wijzigingen bij de bron worden door een software robot opgemerkt en automatisch meegedeeld aan de bijbehorende software robot bij het Openbaar Ministerie. Hiermee wordt de verantwoordelijkheid voor en het beheer van de gegevens zo dicht mogelijk bij de bron gelegd. Veranderingen worden door de software robots aan beide kanten opgemerkt, en door andere software robots verwerkt, waarbij consistentie en validiteit automatisch gecontroleerd worden. Bij het ontwerp van dit systeem is bijzondere aandacht besteed aan het behoud van de integriteit van alle informatie tijdens de levensduur van een elektronisch dossier. Traceerbaarheid van veranderingen met de bijbehorende informatie over autorisatie en authenticatie is essentieel. Software robots archiveren alle relevante informatie over wijzigingen in een dossier. Veiligheidsoverwegingen zijn daarbij leidend.

Software robots werken vaak samen met elkaar. Ze kunnen in een gegeven situatie gezamenlijke belangen hebben, maar ook tegengestelde. Ze kunnen met elkaar onderhandelen, bijvoorbeeld over toegang tot gegevensbronnen over een geschikt plan van actie, over centrale of decentrale coördinatie, of over het op maat verspreiden van informatie. Zij kunnen zich ad hoc organiseren als groep, met een onderlinge taakverdeling.

Het verkeer is een voorbeeld van zo'n zelforganiserend systeem. Voertuigen op het wegennet vormen samen een grootschalig systeem dat fysiek verspreid is. Elke chauffeur bepaalt zelf, autonoom op basis van zijn/haar eigen doel en de situatie waarin hij/zij verkeert een eigen koers voor zijn/haar voertuig. Gezamenlijk bepalen de chauffeurs van alle voertuigen hoe het wegennet wordt gebruikt. Invoering van navigatiesystemen heeft het gedrag van individuele gebruikers sterk beïnvloed. In principe zijn de huidige navigatiesystemen heel eenvoudige software robots. Bij meer geavanceerde systemen staan deze software robots met elkaar in verbinding. Gegevens over de toestand van de wegen worden *realtime* verzameld en uitgewisseld tussen de software robots. Elke software robot heeft een eigen doel, en zou in principe met andere software robots in onderhandeling kunnen treden over het weggebruik op basis van andere factoren, zoals: mogelijkheden tot aanpassing van gewenste snelheid, voorkeursroute, sociaal netwerk (om mogelijke tussenstops te bepalen) en vooral duur van een rit om zowel het individuele als het collectieve gebruik van het wegennet te optimaliseren. Netwerken van software robots zijn ook te gebruiken om een goed beeld van de lokale situatie van een wegennet te verkrijgen, om gebruikers te informeren over gevaar (denk bijvoorbeeld aan informatie gerelateerd aan een ramp), om omleidingen te bewerkstelligen, enzovoort.

In deze systemen is informatie over de lokale situatie van vitaal belang. Software robots moeten vaak de waarde van informatie die ze ontvangen zelf bepalen. Die waarde kan bijvoorbeeld afhangen van de bron, of van de kwaliteit van de verbinding die software robots gebruiken om te communiceren. Software robots zijn namelijk, net als mensen, vaak verbonden via verschillende netwerken en vaak onderdeel van meer dan één (virtuele) organisatie.

**Fabel 1.** Een van de grootste fabels over software robots is dat hun gedrag voorgeprogrammeerd is, en dus voorspelbaar. De kracht van vele software robots is dat zij zich kunnen aanpassen aan de situatie waarin zij zich bevinden, op basis van hun kennis van situaties die zij eerder hebben meegemaakt. Zij kunnen vaak leren over en van anderen en van de resultaten van hun eigen handelen in samenwerking met anderen.

**Fabel 2.** Software robots kunnen alles! Dit is niet waar. Elke software robot wordt ontwikkeld voor bepaald type taken, voor een bepaald type interacties met andere software robots en met zijn eigen omgeving.

### **Toepassingen voor veiligheid en recht**

Eén van de grote uitdagingen van het rechtssysteem is coördinatie: coördinatie van de vele genetwerkte systemen die de samenleving kent ten behoeve van wetgeving, opsporing en handhaving.

Naast economische en infrastructurele netwerken kent de samenleving natuurlijk ook digitale sociale netwerken. Deze netwerken bieden vele nieuwe uitdagingen en nieuwe mogelijkheden voor alle gebruikers (zowel professioneel als particulier). Er ontstaan nieuwe sociale structuren, waarin participatie leidend is: gebruikers verenigen zich in nieuwe ad hoc groepen waarbinnen eigen groepsnormen en -waarden verrijzen om informatie uit te wisselen, gezamenlijke afspraken te maken, enzovoort. Het is voor Veiligheid en Justitie van belang om verbinding te zoeken tussen en met deze door technologie gesteunde digitale sociale netwerken. Deze digitale sociale netwerken bieden VenJ nieuwe mogelijkheden om de relatie met de burger te versterken, meer inzicht te krijgen in drijfveren, betrokkenheid te creëren, tijdsgebonden informatie effectief te verspreiden (bijvoorbeeld bij rampen of voor *crowd control*), maar ook om burgerinbreng te organiseren. Immers, recente gebeurtenissen in de Arabische wereld, maar ook in het Verenigd Koninkrijk, tonen aan dat de snelheid en schaal van sociale, politieke of criminele organisaties is veranderd en dat de overheid hierop moet anticiperen.

Software robots in sociale, infrastructurele en economische netwerken, kunnen in *realtime* handelen op basis van actuele informatie. Deze actuele informatie kan afkomstig zijn van één of meer sensornetwerken<sup>9</sup>, van andere software robots, maar ook van sociale netwerken waarin burgers informatie beschikbaar stellen via digitale participatie (*crowd sourcing*). Het ministerie van Veiligheid en Justitie kan op deze manier dichterbij de burger komen te staan en de werkelijkheid vanuit verschillende perspectieven van burgers van dichtbij mee maken. Gerichtte vragen en antwoorden kunnen worden gesteld maar ook ongevraagde informatie kan worden verkregen en verspreid. Dit geldt voor zowel de gewone burger als voor VenJ. Deze informatie kan het gedrag van een 'crowd' sterk beïnvloeden. Software robots spelen een belangrijke rol bij het verzamelen en structureren van de gegevens, en kunnen de relevante informatie op de juiste plaats, bij de juiste persoon en op het juiste moment beschikbaar stellen. Dit is bijvoorbeeld van groot belang bij crisismanagement, waarbij vaak veel informatie over een lokale situatie nodig is, maar ook moet worden bepaald welke oplossingen er mogelijk zijn. In een recent onderzoeksproject van de TU Delft met een aantal andere partijen<sup>10</sup>, wordt onderzocht hoe decentrale communicatie en informatieopslag ondersteund door software robots in de praktijk kan worden gerealiseerd en ingezet in crisissituaties.

Een andere mogelijke toepassing is om software robots in te zetten voor de politie, bijvoorbeeld als app op mobiele apparaten, zoals smartphones. De politie kan daarmee participeren in een digitaal sociaal netwerk. Burgers verstrekken de politie informatie over de veiligheid in de buurt en de politie koppelt acties terug naar de buurt. De kracht van de software robot is het kanaliseren van alle informatie en zo te helpen met prioriteitstelling. Deze toepassing sluit aan bij het concept van *Reassurance Policing* dat er op is gericht om de kloof tussen politie en bevolking te dichten. Daarbij focust de politie op zogenaamde *signal crimes*, waarvan verondersteld wordt dat ze de grootste impact hebben op de gevoelens van onveiligheid bij de bevolking. De software robot helpt niet alleen om te bepalen wat *signal crimes* zijn, maar geeft informatie ook *realtime* door aan politiemensen op straat.

<sup>9</sup> Sensoren nemen de toestand van de wereld zeer lokaal waar. Een sensornetwerk verbindt sensoren om een vollediger beeld van de wereld te verkrijgen. Voorbeelden van sensoren zijn: camera's, sonar, microfoon.

<sup>10</sup> [http://www.nose-innovations.com/studioveiligheid/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&Itemid=90](http://www.nose-innovations.com/studioveiligheid/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=90)

Zo'n applicatie kan de relatie met de burger sterk beïnvloeden. Zichtbaarheid, herkenbaarheid en transparantie zijn cruciale ontwerpcriteria voor het vertrouwen dat hiervoor nodig is.

Fundamenteel voor het ontwerp van dergelijke systemen is de vraag hoe rekening wordt gehouden met de integriteit en privacy van burgers en de beveiliging van de systemen, zodat burgers zich vrij kunnen voelen om te participeren in de rechtstaat en verantwoordelijkheid voor hun omgeving kunnen en mogen nemen. Daartoe is een initieel vertrouwen in de burger nodig. Omgekeerd tonen de discussies over het elektronisch patiënten dossier en de invoering van smartmeters duidelijk het belang van vertrouwen van de burger in de overheid en technologie. De grootste uitdaging voor Veiligheid en Justitie is om deze nieuwe systemen zo vorm te geven dat vertrouwen tussen burger en overheid kan worden versterkt. Open beveiligde communicatie is essentieel in dit verband: software robots kunnen hierin faciliteren.

### **Ethische vragen omtrent techniek, onderzoek en toepassingen**

De mogelijkheden tot misbruik zijn groot. Systemen moeten ontworpen worden met het oog op integriteit, transparantie, privacy en trust. Persoonsgegevens moeten goed worden beschermd, vertrouwen gecreëerd.

**Droom.** Een samenleving waarin burgers lokaal verantwoordelijkheid nemen voor het rechtssysteem, als participant, politie en Justitie ondersteunend. De technologie zorgt voor empowerment van beide partijen.

**Nachtmerrie.** Big brother is watching you: een wereld vol met software robots die met sensoren alle informatie over iedereen verzamelen en verspreiden.

**Position papers**

*Fysiek*

## Veilig met robots

*Robert Babuska, Technische Universiteit Delft*

Robotica heeft zich de afgelopen decennia snel ontwikkeld. Iedereen kent de klassieke toepassingen van robots in de industrie, waar ze onvermoeibaar, vaak 24 uur per dag, zeven dagen per week, zwaar en saai werk verrichten. In de auto-industrie zijn robots niet meer weg te denken bij taken als assemblage, snijden, frezen, lassen en verven. Door hun hoge snelheid, nauwkeurigheid, de constante kwaliteit die zij leveren bij repeterende handelingen en hun vermogen om langdurig onder zware of gevaarlijke omstandigheden te werken, overtreffen deze robots ruimschoots de mens. Andere voorbeelden van succesvolle toepassingen van robotica zijn automatisch geleide voertuigen voor logistieke processen in havens en magazijnen, waar ze geheel automatisch containers, materiaal of producten verplaatsen. In de huishoudelijke sfeer zien we bijvoorbeeld automatische robot stofzuigers en grasmaaiers. Bij sommige toepassingen worden robots gedeeltelijk geautomatiseerd en gedeeltelijk bediend door mensen. Voorbeelden hiervan zijn robotarmen voor telemanipulatie in gevaarlijke omgevingen, zoals diep onder water of in kerncentrales, en verkenningsrobots voor de ruimtevaart of rampenbestrijding, zoals de robots die recent ingezet zijn na de tsunami in Fukushima. Telemanipulatie-robots voor minimaal invasieve chirurgie stellen de chirurg in staat om met een zeer grote nauwkeurigheid te opereren. Een bekend voorbeeld is de Da Vinci robot die routinematig gebruikt wordt voor prostatectomie operaties.

### Nieuwe toepassingen voor robotica

Door de recente vooruitgang van de wetenschappelijke disciplines die de basis vormen voor robotica en door de ontwikkelingen van de ondersteunende technologieën (nieuwe materialen, sensoren, motoren, computers), zullen we robots snel in diverse nieuwe toepassingen aantreffen. Robotica wordt wereldwijd gezien als één van de technologieën die de potentie hebben om oplossingen te bieden voor een aantal van de essentiële problemen waarmee de mensheid in de nabije toekomst te maken zal hebben, zoals het oplopend tekort aan personeel als gevolg van vergrijzing, uitputting van grondstoffen op goed bereikbare locaties, enz.

Eén van de robotica toepassingsgebieden met een grote maatschappelijke relevantie is veiligheid en justitie. Door de recente technologische ontwikkelingen kunnen robots worden uitgerust met steeds meer sensoren, nieuwe functies, betere mobiliteit en gebruiksvriendelijke interfaces. Zo kunnen ze een belangrijke rol spelen bij:

- Search and rescue en hulpverlening bij rampen. In situaties zoals na een aardbeving of bij een grote brand kunnen snelle mobiele robots op grote schaal ingezet worden om naar gewonden te zoeken in ingestorte gebouwen en op plekken die niet bereikbaar of te gevaarlijk zijn voor mensen. Deze robots werken effectief samen met elkaar en met menselijke hulpverleners. Ze voorzien de hulpverleners van meetgegevens, helpen met lokalisatie en transport van slachtoffers en nemen actief deel in het besluitvormingsproces van het team.
- Monitoring, toezicht en beveiliging. Bij een groot evenement houdt een zwerm van vliegende robots vanuit de lucht de mensenmassa in de gaten en signaleert abnormale of gevaarlijke situaties.

Ook kunnen de robots snel ingrijpen, bijvoorbeeld door visuele of akoestische informatie aan de mensen door te geven. In een soortgelijk scenario bewaken robots in samenwerking met microsatellieten huizen, openbare gebouwen, industrieterreinen, verzamelen data bij grote verkeersongelukken, enz. De flexibele inzetbaarheid en de mogelijkheid van een snelle respons op onverwachte gebeurtenissen bieden hierbij een groot voordeel ten opzichte van conventionele oplossingen zoals stationaire bewakingscamera's.

Om dit soort taken uit te voeren moeten de robots een zekere mate van intelligentie beschikken. Het realiseren van dit doel gaat gepaard met een aantal uitdagingen en nieuwe wetenschappelijke vraagstukken die ik hierna behandel.

### Het robotbrein

Dankzij technische ontwikkelingen, zoals de toename van rekencapaciteit en de miniaturisatie van sensoren, hebben robots steeds meer capaciteit om intelligent gedrag te vertonen. Hoewel adequate hardware noodzakelijk is voor intelligent gedrag van fysieke robots, is het niet voldoende: de software programma's vormen het brein van de robot. Van intelligente robots verwachten we dat ze zodanig zijn geprogrammeerd dat ze zelfstandig complexe keuzes kunnen maken en dat ze door de interactie met hun omgeving kunnen leren. Hoewel de huidige robots in vele toepassingen volautomatisch opereren, zijn er tot nu toe geen praktische voorbeelden van werkelijk autonome of lerende robots. Sommige vaardigheden die voor mensen vanzelfsprekend zijn, zoals het herkennen en oppakken van zowel zachte, kwetsbare, als harde objecten, vormen een uitdaging voor de programmeurs van autonoom opererende robots. Informatie over de aard van het object is immers niet altijd op voorhand beschikbaar en robots moeten deze informatie vaak zelf verzamelen.

Klassieke industriële robots worden geprogrammeerd voor een beperkt aantal taken die zij onder vooraf strikt gedefinieerde omstandigheden herhaaldelijk uitvoeren. Daarentegen is bij de eerdergenoemde toepassingen voor veiligheid en justitie sprake van een grote variatie in de taken (bijvoorbeeld het soort van objecten die de robot moet herkennen, verplaatsen, etc.), en in de complexiteit van de omgevingen waarin de robots opereren. De uitdaging is om de besturing van de robots zo robuust te maken dat ze kunnen omgaan met onzekerheid, dat ze beslissingen kunnen nemen en acties kunnen plannen op basis van partiële informatie, en dat ze adequaat kunnen reageren op onvoorziene veranderingen in de omgeving. Dit vereist een zekere mate van adaptatie en leervermogen, wat tot niet-triviale problemen en oplossingen leidt. Zo kunnen we bijvoorbeeld de volgende vragen stellen: Tot hoever mag de robot gaan in het aanpassen van zijn voorgeprogrammeerde gedrag? Hoe beperken we de robot in het vinden van creatieve oplossingen die mogelijk buiten de grenzen gaan van wat acceptabel is vanuit het gebruikersoogpunt?

Mijn droom is dat we robots zodanig kunnen programmeren dat ze zichzelf steeds verbeteren in het uitvoeren van een bepaalde taak of missie. In een team leren dan robots van elkaar net als mensen dat doen.



## Het robotlichaam

In de genoemde nieuwe toepassingen voor Veiligheid en Justitie worden niet alleen hoge eisen gesteld aan de programmatuur van robots (zoals ik hierboven heb aangegeven) maar ook aan de fysieke eigenschappen van robots, met name aan hun mobiliteit en bewegingsrepertoire. Klassieke mobiele robots op wielen kunnen veel plekken niet bereiken, het bewegen op rupsbanden is relatief traag en niet energie-efficiënt. Robotontwikkelaars zoeken vaak inspiratie in de natuur. Hoewel het stabiel lopen op twee benen voor robots vooralsnog te moeilijk is, bieden lopende robots met meerdere benen interessante mogelijkheden, met name voor zwaar, ongestructureerd terrein. Een voorbeeld is de zesbenige robot Zebro, ontwikkeld bij de TU Delft (Figuur 1). Zebro is uitgerust met software die autonoom loopgedrag genereert op alle mogelijke terreinen - de aansturing van de benen reageert op verstoringen, zodat de robot stabiel en efficiënt blijft lopen. Gebruikers kunnen de robot draadloos besturen met behulp van een Ipad of een andere tablet computer.



Wanneer robots en mensen met elkaar in aanraking kunnen komen is het van belang dat hun fysieke interactie zo veilig mogelijk is. Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan naar innovatieve mechanische oplossingen, lichte, veilige actuatoren en naar het gebruik van nieuwe materialen, zoals elektroactieve polymeren

Figuur 1: De autonome zesbenige robot Zebro loopt en rent op zwaar terrein, klimt over obstakels of op trappen.

## Robot teams

Nog een stap verder is om robots samen te laten werken in een team. Teamwork biedt veel voordelen ten opzichte van het gebruik van individuele robots. Samen kunnen de robots taken uitvoeren die onmogelijk zouden zijn voor een enkele robot. Ook kunnen we de robots met relatief eenvoudige sensoren uitrusten. Door de metingen op een slimme manier met elkaar te combineren, verkrijgen we betrouwbare informatie. In plaats van een gecentraliseerde besturing, kunnen robotteams op een decentrale manier aangestuurd worden, wat voordelen biedt voor de robuustheid van het gehele systeem. De uitval van een enkele robot kan de missie van de groep niet in gevaar brengen. In Delft wordt intensief gewerkt aan algoritmen voor de fusie van data uit verschillende bewegende robots en voor het besturen van een zwerm robots. Met behulp van een labopstelling worden de technieken in praktische scenario's getest.



Figuur 2: Een experimentele opstelling van samenwerkende robotsystemen.

## Acceptatie

Als we naar de huidige stand van wetenschap kijken, dan is de theoretische basis voor de nieuwe generatie robots in principe ontwikkeld en de praktische toepasbaarheid daarvan bewezen in laboratoria onder gecontroleerde omstandigheden. Het geschikt maken van experimentele onderzoeksrobots voor toepassing in de echte wereld behoeft echter nog veel aandacht. Robotica kan hier veel leren van de lucht- en ruimtevaart en van de auto-industrie. In beide domeinen worden series van zorgvuldig voorbereide tests uitgevoerd om aan te

tonen dat een bepaalde oplossing betrouwbaar werkt en dat men het uiteindelijke product zonder veel risico's in gebruik kan nemen. Na ingebruikname van de robot is het van belang dat de gebruiker in contact blijft met de leverancier of ontwikkelaar van de robot. In de ideale situatie zouden de robot-operators moeten worden opgeleid om de robots niet alleen te kunnen gebruiken maar ook de onderliggende principes in grote lijnen te begrijpen.

Voor de acceptatie is het erg belangrijk dat de eerste toepassing van robots in een nieuw domein succesvol is. Hiertoe is de keuze van de specifieke toepassing van groot belang. Cruciale aspecten mogen niet over het hoofd gezien worden, zoals privacy (vergelijk met de introductie van het elektronisch patiënten dossier). Robots kunnen het best ingezet worden in situaties waar een eventueel gebrek aan privacy geen probleem vormt – bijvoorbeeld bij de waarneming van een grote mensenmassa tijdens een evenement met het doel om het ontstaan van potentieel gevaarlijke situaties tijdig te detecteren en te signaleren.

Een ander cruciaal aspect is de bediening van de robot. Het gebruik van een robot moet intuïtief en gemakkelijk zijn –zonder dat de gebruiker de gewenste taak omslachtig en tot in elk detail moet programmeren. Liefst geeft de gebruiker alleen instructies op hoofdlijnen en zoekt de robot de details zelf uit, bijvoorbeeld door het combineren van bekende deeltaken, of door van elkaar te leren in een team. De robot geeft de gebruiker voldoende feedback, niet alleen in de vorm van visuele of auditieve informatie, maar bijvoorbeeld ook door middel van een fysieke krachtterugkoppeling.

Het publiek kan aan robots wennen met toepassingen waarbij de prestatie-eisen lager liggen dan in het domein van VenJ, zoals een robotgids in musea of in winkelcentra. Zo kunnen we ervaring opdoen met de nieuwe technologie onder omstandigheden waarin het eventueel falen van de robot geen zware consequenties heeft.

## Conclusies

Na jarenlange aankondigingen lijkt het nu echt zo ver te zijn, robots verlaten de afgebakende productieomgeving en komen in het publieke domein. De eerste succesverhalen zijn al zichtbaar. Er is hiervoor de laatste jaren, waaronder ook in Nederland, veel aandacht geweest voor het oplossen van technologische bottlenecks. Om echter tot veilige en geaccepteerde robot oplossingen te komen zijn ook de ethische, esthetische en gebruikersvriendelijke aspecten cruciaal. Pas dan zullen robots echt veilig zijn en tot grote doorbraken leiden in de maatschappelijke sectoren als veiligheid, (thuis)zorg en infrastructuur. Hiervoor is een gefaseerde introductie met pilots noodzakelijk. De TUDelft heeft gekozen voor bovenstaande route waarbij op de sterktes zal worden ingezet en wordt samengewerkt met andere technische universiteiten.

# Waarschuwing: intelligente bewakingsrobots actief!

Stefano Stramigioli, Universiteit Twente

## Nieuwe technologieën

Technologie heeft de mensheid veel goeds gebracht, maar toch is er altijd de neiging tot scepticisme en angst zaaien wanneer er nieuwe technologieën op komst zijn. Dat is ook het geval bij robotica. Gedreven door de filmindustrie worden onrealistische beelden geschetst van robots die de mensen zouden overtreffen met gevaar voor de maatschappij. Een machine kan natuurlijk wel leren, maar een goed ontwikkelde machine zal altijd een ingebouwd mechanisme hebben dat moet voorkomen dat er ongewenst gedrag vertoond wordt. De betrouwbaarheid van zulke mechanismen heeft aandacht en onderzoek nodig, maar het is aannemelijk dat robots zo *kunnen* worden gemaakt dat ze geen gevaar opleveren voor de samenleving. Dat is helaas niet altijd het geval met mensen, zoals de tragedie in Noorwegen in de zomer van 2011 heeft laten zien. Het is teleurstellend dat er vaak, zonder grondige kennis van zaken, doemscenario's worden verspreid over bepaalde technologische ontwikkelingen terwijl die, wanneer ze goed ingevoerd zouden worden, positief zijn voor de samenleving.

Bij robotica is het belangrijk feiten, fabels en ficties van elkaar te scheiden. Wat kan er wel en wat kan er niet gebeuren? Wat zijn sciencefictionverhalen? Een kritische houding is altijd geboden, maar het is van groot belang dat de voordelen meer aandacht krijgen dan de mogelijke nadelen.

Machines zijn in staat om veel informatie tegelijkertijd waar te nemen. Deze waarnemingen kunnen bestaan uit informatie die mensen zelf niet kunnen detecteren, zoals chemische metingen of infraroodbeelden. Machines kunnen ook verschillende metingen met elkaar in verband brengen (*sensor fusion*). Verder kunnen machines deze data tegenwoordig op hoge snelheid verwerken. Als deze sensorische kracht gekoppeld wordt aan computers die kunnen reageren op de omgeving door bewegingen of acties te ondernemen, hebben we een uitermate krachtige technologie die mensen in staat stelt om verschillende problemen aan te pakken. Deze technologie is robotica.

Wat mensen nog steeds veel beter kunnen dan machines, is complexe data interpreteren en hierbij (soms onbewust) gebruik maken van voorkennis. In situaties waarin dit van belang is, is een fusie van mens en machine wenselijk. Mensen kunnen dan via netwerken gegevens ontvangen en hierop reageren via tele-gestuurde robots. Een dergelijke aanpak kan ook van grote waarde zijn voor situaties waar bepaalde verantwoordelijkheden niet overgelaten kunnen worden aan machines, om ethische of wettelijke redenen.



Figuur 1: Voorbeeld van een tele-gestuurd systeem: het TeleFlex Project

Telesturing of telemanipulatie heeft zich uitgebreid bewezen in de medische sector met tele-gemanipuleerde machines, zoals het Intuitive Surgical Da Vinci systeem waarmee in de toekomst alle prostatectomieën uitgevoerd zullen worden. Robotica technologie is ook uitermate geschikt voor toepassingen binnen het domein van Veiligheid en Justitie (VenJ), zoals later uitgelegd zal worden met een aantal voorbeelden.

### Wat weten we? De stand van de wetenschap

Zoals met alle technologieën, is het van groot belang om objectief te zijn en goed te kijken naar wat er werkelijk met een technologie mogelijk is. Roboticaonderzoek is in de laatste jaren gigantisch gegroeid in kwaliteit en in kwantiteit, mede ook vanwege de grote uitdagingen waar de wereld voor staat, zoals demografische groei, personeelstekorten, milieu en veiligheid. Verder heeft de ontwikkeling en de populariteit van consumentenproducten, zoals mobiele telefoons, de kosten van essentiële robotica technologieën, zoals camera's en computers, drastisch verlaagd. Terwijl humanoids (mense-lijke robots) een groeiend onderzoeksgebied van robotica vormen, moeten we niet geloven dat in de komende jaren humanoids in staat zullen zijn om mensen in alle taken te vervangen. Wat wel realistisch is, zijn robots die redelijk specifieke taken kunnen uitvoeren die mensen soms zelf niet eens zouden kunnen uitvoeren, zoals inspectie van gasleidingen. Zoals veel tech-watchers voorspel- len, is het robotica tijdperk aangebroken en zullen robots net zo zeer geïntegreerd raken in onze dagelijkse omgeving als PC's. Maar om dit mogelijk te maken en de voordelen van de technologie optimaal te kunnen benutten, moeten we eerst investeren in producten en hulpmiddelen die nu direct inzetbaar zijn. Verder is het van groot belang om mogelijke risico's van de invoering van een dergelijke technologie te beperken. Om deze reden geloof ik dat semi-autonome of puur tele- gemanipuleerde (op afstand bediende) systemen in het begin de voorkeur zouden moeten hebben.

### Wat kunnen we ermee? Mogelijke toepassingen voor VenJ

Er zijn nu al toepassingen die over een paar jaren ingezet zouden kunnen worden. Wat hierna beschreven wordt, is zonder twijfel geen science fiction meer.

Robots met inspectie- of toezichthoudende taken kunnen veel betekenen voor de (fysieke) veiligheid. Voor VenJ zijn vooral beveiligingsrobots interessant. Hierover zijn veel scenario's van robotica-toepas- singen denkbaar.

Om de veiligheid op de luchthaven te kunnen bewaken, zouden semi-autonome robots gebruikt kunnen worden die, met bijzondere metingen, mensen in de gaten kunnen houden en eventueel tele-gemanipuleerd worden door mensen, zonder dat passagiers het merken. In de zelfsturende autonome stand, zou een dergelijk systeem gebruikt kunnen worden om afwijkend gedrag op te sporen en in een dergelijke situatie verschillende metingen uit te voeren. En hoewel niet elk afwij-

kend gedrag meteen gevaarlijk gedrag is, kan het in kaart brengen van afwijkend gedrag helpen om de veiligheid en het gevoel daarvan te verbeteren.

Bij grote evenementen zouden vliegende robots een uitstekende ondersteuning kunnen leveren voor bewaking en “crowd control”. In geval van nood, zouden ze aanwijzingen kunnen geven aan de massa via displays die aan de vliegende robots bevestigd zijn en vanwege de hoge posities perfect zichtbaar zijn vanuit ieder punt. Een dergelijke flexibele infrastructuur is alleen maar met vliegende robots te bereiken.

In andere toepassingen zouden robots gebruikt kunnen worden om gevaarlijke mensen uit te schakelen zonder ze te doden en zonder politiepersoneel in gevaar te brengen. Verder zouden *Unmanned Aerial Vehicles* veel sneller op een locatie kunnen zijn dan personeel en alvast beelden kunnen sturen aan de politiecentrale.



Figuur 2: Voorbeeld van de Airrobot (EU Project), een tele-gestuurde robot.

De veiligheid van het brandweer-corps zou sterk verbeterd kunnen worden door tele-gestuurde robots te ontwikkelen die bluswerk uitvoeren zonder gevaar voor het personeel. De inzet van tele-gestuurde robots is ook heel goed denkbaar bij rampen waar bijvoorbeeld chemische stoffen een gevaar kunnen opleveren voor personeel. Ze zouden in dit soort situaties ingezet kunnen worden voor metingen, opruiming of “rescue”. Robots kunnen ook een belangrijke rol spelen bij gecoördineerde en semi-autonome monitoring van rampen via “robotzwermen”, die ongekende mogelijkheden bieden

voor het inwinnen van data om snel en effectief de goede beslissingen te kunnen nemen.

Het zou in principe ook mogelijk zijn om robots te gebruiken voor de ondersteuning van het werk van de politie. Denk daarbij bijvoorbeeld aan politieagenten die met een rugzak met daarin een kleine vliegende robot op pad gaan. Als ze zich in een gevaarlijke situatie bevinden en het is noodzakelijk om bewijsmateriaal te verzamelen, kan de robot van boven in de lucht video opnames maken en deze in *realtime* naar de centrale sturen. Het voordeel van een dergelijk systeem ten opzichte van een camera die op een helm is gemonteerd, is dat de camera en de videoverbinding niet snel gesaboteerd kunnen worden. Bovendien zijn de videobeelden veel overzichtelijker door de hoge positie. Het is mogelijk om de robot zonodig aan te sturen vanuit een meldkamer. Een dergelijk systeem zou kunnen leiden tot een veiligere, effectievere en mogelijk kleinere personeelsbezetting.

Ook aan de justitiële kant zijn er nuttige robottoepassingen denkbaar. Denk bijvoorbeeld aan een forensische onderzoeksomgeving. Een set robots met verschillende sensoren is perfect geschikt voor snelle data-acquisitie en kan daarbij gebruik maken van instrumentarium dat normaal gesproken niet bruikbaar is door mensen, zoals onderzoek met röntgenstralen. Dit zou kunnen gebeuren zonder contaminatie van de scene.

### Wat willen we? Wenselijke doelen van onderzoek en ontwikkeling

De toepassingsmogelijkheden van robottechnologie voor Veiligheid en Justitie zijn talrijk, maar hoe zou er idealiter gebruik gemaakt kunnen worden van deze mogelijkheden? Het allerbelangrijkste is dat men zich op de voordelen concentreert in plaats van op de “mogelijke” nadelen. Veel te vaak worden extreem goede technologieën en technologische vooruitgang geremd door te focussen op de mogelijke nadelen, zoals bijvoorbeeld is gebeurd met het elektronisch patiënten dossier. Een dergelijke houding kan grote consequenties hebben voor de welvaart en modernisering van een land op internationale schaal. Hier volgen een paar punten die aandacht behoeven:

- **Invoering:** om mogelijke problemen te voorkomen en de maatschappij te laten wennen aan robottoepassingen, is het belangrijk om te starten met robottoepassingen die geen contact met mensenmassa's hebben, of met tele-gemanipuleerde robots, die echt intelligent gedrag aan het publiek kunnen vertonen.
- **Privacy:** privacy is een belangrijk goed, maar we moeten als maatschappij concluderen dat de gevaren van onze tijd het niet meer toelaten om zonder groot gebruik van technologie de veiligheid te bewaken. Voor de invoering van robots en remote presence, is het belangrijk om de wet zodanig aan te passen dat dergelijke technologieën ook werkelijk gebruikt kunnen worden. De recente rellen die in London hebben plaatsgevonden, hebben gedemonstreerd dat het gebruik van camera's van groot belang kan zijn, zeker als dergelijke camera's gemonteerd zouden worden op vliegende tele-gestuurde robots.
- **Aansprakelijkheid:** een andere reden om te starten met tele-gemanipuleerde robots is aansprakelijkheid. Met een tele-gemanipuleerd systeem is het veel eenvoudiger om verantwoording af te leggen over een bepaalde gebeurtenis, omdat daar namelijk een mens achter zit.

Mijn droomscenario voor het gebruik van robotica bij VenJ is een high-tech politiekorps en justitieel apparaat, een moderne maatschappij waarin agenten rondlopen met “deployable robots”, waarin iedere misdaad opgelost wordt met robots die in staat zijn om met een zeer hoge betrouwbaarheid crime scenes te onderzoeken, een overheid die rechtvaardigheid en veiligheid nastreeft door het inzetten van hoogwaardige technologie, zoals robots. Nederland heeft de capaciteit om dit te doen en moet dit dus niet achterwege laten.

Mijn nachtmerrie is een maatschappij waarin politieke discussies die gebaseerd zijn op angst en onwetendheid, de invoering van nieuwe innovatieve technologie belemmeren en kansen voor veiligheid door innovatie laten liggen. Nederland moet niet in een dergelijke situatie terecht komen. Nederland kan in potentie een voorbeeldfunctie hebben voor het invoeren van hoogwaardige technologieën voor de beheersing van criminaliteit en veiligheid.



# Intelligente robots en morele professionaliteit?

*Désirée Verweij, Nederlandse Defensie Academie en Radboud Universiteit Nijmegen*

## Inleiding

Robotica is niet meer weg te denken uit onze samenleving en men moet het ook niet meer weg willen denken, want er zijn vele voordelen verbonden aan verdere ontwikkelingen op dit gebied. Echter, een monofocus op de voordelen kan blind maken voor de vragen en dilemma's die deze verdere ontwikkelingen en implementaties ook met zich meebrengen. Bij het adresseren van deze vragen en dilemma's kan (en moet wellicht) het begrip morele professionaliteit een belangrijke rol spelen, zoals in dit position paper wordt betoogd.

## Waarom robots inzetten?

De vraag naar 'de kansen om intelligente robots in te zetten ten behoeve van een veilige en rechtvaardige samenleving' en de vraag naar 'de maatschappelijke implicaties van de inzet van robots in het publieke domein', lijken te suggereren dat de intelligente robot de mens in deze context niet alleen zou kunnen ondersteunen, maar ook zou kunnen overtreffen en wellicht zou kunnen vervangen. Deze suggestie roept op haar beurt weer de vraag op naar het waarom. Blijkbaar moet de robot (ook) in deze context taken van de mens overnemen. Welke taken? Zijn dit taken die mensen niet (meer) willen en/of kunnen uitvoeren? Als het gaat om 4D taken (dirty, difficult, dangerous en dull) lijkt dit zeker het geval te zijn. Er zijn in dit opzicht vele voorbeelden te noemen: de robotstofzuiger en grasmaaier, de robots op de assemblagelijnen en de robots die door middel van telemanipulatie kunnen opereren in een gevaarlijk of, om andere redenen, onbereikbare omgeving. Hierbij valt te denken aan activiteiten die ver onder het wateroppervlak of ver boven onze dampkring, elders in het zonnestelsel plaatsvinden, of in kerncentrales, of in oorlogsgebieden (opsporing van explosieven). Ook de inzet van robots bij chirurgische ingrepen, zoals de Da Vinci robot voor prostatectomie, kan in dit verband genoemd worden, evenals search and rescue activiteiten en hulpverlening bij rampen. Omdat de robot deze 4D (dirty, dull, dangerous and difficult) taken preciezer, efficiënter, effectiever en –niet te vergeten– langduriger, uit kan voeren dan de mens, zal de inzet van robots op al deze gebieden op weinig weerstand stuiten. Sterker nog, deze inzet zal alom worden toegejuicht. Maar daarbij is het evident dat het de mens is die deze robots aanstuurt en bijstuurt. Deze menselijke factor speelt een cruciale, want onvervangbare, rol. De suggestie dat ook deze menselijke factor, wellicht op den duur, vervangen kan worden door de intelligente robot, roept de vraag op naar de betekenis en consequenties hiervan en dus naar de vraag hoe menselijk de intelligente robot dan eigenlijk is. Deze vraag is cruciaal in die situaties die menselijk inzicht vereisen. Menselijk gebruik ik hier in de betekenis van humaan en in de betekenis van kritisch denkvermogen. Dit laatste betreft het vermogen om conform de oorspronkelijke betekenis van kritisch –het Griekse begrip *krinein*– adequaat te kunnen oordelen en onderscheiden. Dit kritische en humane denkvermogen vormt de basis voor morele professionaliteit. Het concept morele professionaliteit, dat ik in een aantal publicaties<sup>11</sup> heb uitgewerkt, bestaat uit vijf aspecten, die ik in de volgende paragraaf zal bespreken.

<sup>11</sup> Zie bijvoorbeeld: D.Verweij (2008), 'Denken in Dialoog. Ethiek en militaire praktijk' in *Vrede en Veiligheid. Tijdschrift voor Internationale Vraagstukken*, Jrg.37, nr.4, 2008; pp.403-419.

### Voorwaarden voor het inzetten van robots

Morele professionaliteit impliceert ten eerste het herkennen van de morele dimensie van een situatie. Dit vermogen, in de literatuur ook 'moral awareness' genoemd, houdt in dat duidelijk is welke waarden, normen en hieraan gekoppelde belangen op het spel staan en wellicht geschonden dreigen te worden bij bepaalde handelingen of acties. Met betrekking tot de inzet van robots kan hier 'privacy' als voorbeeld genoemd worden. Iets dat al snel aan de orde is bij monitoring. Maar de morele dimensie is in veel meer situaties aanwezig; vaak ook in de vorm van morele dilemma's. Dit is bijvoorbeeld het geval in die situaties waarin iets weliswaar legaal is (zoals het vuren of werpen van een bom), maar moreel gezien, en daarom vaak ook strategisch gezien, op dat moment onverantwoord, omdat er bijvoorbeeld teveel burgerslachtoffers zullen vallen, of omdat het om gebouwen gaat die een belangrijke culturele of religieuze functie hebben. Dit morele bewustzijn en dus het vermogen om deze morele dimensie te herkennen, is niet vanzelfsprekend aanwezig. Morele blindheid kan het zicht op deze morele dimensie verduisteren en immorele handelingen of acties mogelijk maken of onopgemerkt laten voortbestaan.

Het tweede aspect van morele professionaliteit betreft het vermogen een adequaat oordeel te vellen over de bij punt 1 genoemde morele dimensie. De morele dimensie van een situatie kunnen waarnemen, is nog geen garantie voor een adequaat oordeel betreffende deze dimensie. Hier speelt het eerder genoemde kritische denkvermogen, in de oorspronkelijke betekenis van adequaat kunnen onderscheiden en op basis daarvan oordelen, een belangrijke rol. Het is niet eenvoudig om dit adequate oordeelsvermogen te ontwikkelen, zeker niet als het om morele dilemma's gaat. Daarnaast kan waarneming inadequaat zijn. Een Afghaanse boer die vanwege de hitte 's avonds zijn land bewerkt in plaats van overdag kan makkelijk voor een 'bermbommenlegger' worden aangezien. En het schieten in de lucht tijdens een bruiloftsfeest in Afghanistan kan makkelijk voor vijandelijk vuur worden aangezien, zoals de Amerikanen tot hun schande moesten erkennen. Het adequaat interpreteren van de waarneming en het, soms in een split second, bijstellen van deze interpretatie vormen een absolute noodzaak in veel situaties waar veiligheid op het spel staat. In kunnen spelen op onverwachte omstandigheden en kunnen erkennen dat een regel in een bepaalde context niet op gaat, of een vooroordeel niet blijkt te kloppen, speelt daarbij een cruciale rol. Bij monitoring is dit eveneens aan de orde. Want 'het signaleren van abnormale en gevaarlijke situaties' klinkt eenvoudig, maar is in de praktijk uitermate ingewikkeld. Wat is namelijk abnormaal en gevaarlijk? Waar ligt de grens en wie trekt die?

Op de derde plaats impliceert morele professionaliteit het vermogen te communiceren over de eerder genoemde morele dimensie en het morele oordeel. In deze communicatie is het kunnen hanteren van het discours en de middelen die de ethiek aanreikt belangrijk. Dit kan namelijk in veel gevallen de situatie, de concrete vraag of het dilemma verhelderen en bijdragen aan een verantwoorde analyse. Morele professionaliteit impliceert daarnaast, op de vierde plaats, het vermogen en de bereidheid om te handelen en op de vijfde plaats om ten aanzien van de gekozen handeling verantwoording af te willen en kunnen leggen.

**Conclusie**

Morele professionaliteit garandeert verantwoord optreden, gebaseerd op adequaat moreel oordeelsvermogen. De realiteit is weerbarstig en onvoorspelbaar. Er zijn geen afdoende regels om iedere situatie te beschrijven en te voorspellen, vandaar dat zelfstandig en kritisch (in de betekenis van krinein), denken en oordelen noodzakelijk is. Het is dit optreden dat verwacht wordt van diegenen die ingezet worden in het publieke domein ten behoeve van een veilige en rechtvaardige samenleving. De in dit domein ingezette robots zullen dus ook aan deze verwachtingen moeten voldoen. In het beste scenario kunnen ze dat; in het slechtste scenario representeren ze die vormen van onmenselijkheid die precies aan de basis liggen van de weerstand tegen robotica.



# Mens en robot: samen wijzer

Mark Neerinx, Technische Universiteit Delft, TNO

## Inleiding

Robots worden gecreëerd door de mens, maar worden we hier uiteindelijk ook wijzer van? Enerzijds kunnen robots bijdragen aan het verbeteren van de veiligheid, bijvoorbeeld bij het detecteren en onschadelijk maken van gevaarlijke objecten als explosieven. Anderzijds, kunnen ze ook gevaar opleveren, bijvoorbeeld doordat ze betrokken kunnen raken bij botsingen. Om een beeld van de mogelijkheden en beperkingen van robots te krijgen moeten eerst vier misvattingen weerlegd worden.

1. Een eerste misvatting is dat intelligente robots op *mensen (moeten) lijken*, met menselijke vormen (bijvoorbeeld gezicht en ledematen) en menselijke acties (bijvoorbeeld lopen). Dit idee is o.a. gebaseerd op science fiction films als “I, Robot” en televisie-uitzendingen over humanoid robots (die bijvoorbeeld op een muziekinstrument spelen). Echter, net zoals de evolutie een grote diversiteit aan levensvormen heeft voortgebracht, ontwikkelt zich een grote verscheidenheid aan robots. Voorbeelden zijn een robotslang die zich voortbeweegt door de puinhopen van een ramp op zoek naar slachtoffers, een expressieve robot-pop die de cognitieve vaardigheden voor sociaal gedrag aanleert, en een robot-berentorso dat op verschillende platformen geplaatst kan worden om gewonden te evacueren.
2. Bovenstaand mens-gelijkenis uitgangspunt kan vervolgens een tweede misvatting oproepen: de robot is nog tot *vrijwel niets in staat*. De vaardigheden van de huidige robots zijn inderdaad in het algemeen zeer beperkt in vergelijking met de capaciteiten van de mens. Toch presteren sommige robots op specifieke onderdelen beter dan de mens, bijvoorbeeld doordat ze objecten beter waarnemen met zeer gevoelige sensoren of doordat ze sneller een complete analyse van de beschikbare informatie opleveren.
3. Het mens-gelijkenis uitgangspunt kan ook leiden tot een derde misvatting: de robot ontwikkelt zich zo dat deze uiteindelijk *de mens vervangt* en een deel van zijn of haar huidige werkzaamheden overneemt. Het werk zal echter, met de introductie van robots, veranderen. Zo ontstaan er nieuwe taken die over mens en robot verdeeld worden. Het is hierbij wel mogelijk dat de nieuwe werkzaamheden met minder mensen uitgevoerd kunnen worden.
4. Een vierde misvatting is tot slot dat een intelligente robot *volledig autonoom is*. Autonomie is echter een glijdende schaal en deze zal voor toekomstige robots veelal adaptief zijn. Daar waar het risico op fouten groot is of fouten zeer ernstige gevolgen kunnen hebben, zal de robot in een modus opereren met minder autonomie.

Om een beter inzicht te krijgen in de kenmerken die intelligente robots in de nabije toekomst zullen hebben, zal ik kort een drietal basisvoorwaarden behandelen met de bijbehorende ontwikkelingen: sociale actor, gesitueerd leren en adaptieve autonomie.

## Sociale actor

In de inleiding is beargumenteerd dat robots zich ontwikkelen naar een grote mate van diversiteit—in verschijningsvorm, gedragsrepertoire en autonomie. Ze zijn daarbij daadwerkelijk sociale actoren, die hun gedrag op een natuurlijke manier proberen af te stemmen op het handelen van de mens. De sociale robot speelt daartoe expliciet in op de *emoties* van de mens, zodat de mens de robot accepteert als assistent of hulpje. Hij ziet, hoort en voelt hoe de mens zich voelt, en toont vervolgens begripvolle uitingen die de mens weer motiveren om samen met de robot de gewenste activiteiten uit te voeren. Hierbij toont de sociale robot wat zijn intenties zijn, zodat de mens met *vertrouwen* voor een langere periode met de robot wil samenwerken. Een affectieve en vertrouwenwekkende robot is effectief, bijvoorbeeld door het vasthouden van de aandacht en het overbrengen van enthousiasme bij het aanleren van cognitieve vaardigheden als sociaal gedrag.

## Gesitueerd leren

De meeste robots worden ontworpen voor een specifieke toepassing in een specifieke werk- of leefomgeving. Voor deze toepassing en omgeving moet de robot die kennis bezitten die nodig is om het gewenste gedrag te vertonen. Voor een andere toepassing kunnen deze kennis en gedragingen echter volstrekt inadequaat zijn (“Als een olifant in de porseleinkast”). Zo heeft de robotslang bijvoorbeeld kennis nodig over het navigeren in 3D puinhopen, de slimme pop over cognitieve vaardigheden en sociaal wenselijk gedrag, en de berentorso over de noodzaak en randvoorwaarden voor het vervoeren van een slachtoffer. Deze robots hebben nu precies die verschijningsvorm om deze gesitueerde kennis te vertalen naar effectieve gedragingen (zie figuur). Een veelbelovende aanpak is de ontwikkeling van robots die in eerste instantie nog een beperkte intelligentie bezitten, maar die *leren* van de omstandigheden, gebeurtenissen, consequenties en de personen waar ze mee samenwerken. Voorbeelden zijn het leren herkennen van emotionele expressies zoals verdriet, en het leren geven van affectieve feedback zoals medeleven.



Figuur 1 : slangrobot



| Figuur 2: slimme pop



| Figuur 3: Beerrobot

### Adaptieve autonomie

Momenteel worden robots ontwikkeld met een adaptief niveau van autonomie (vergelijk dit met een vliegtuig die op autopilot of manueel gezet kan worden). De robots zullen daarbij blijven reageren op prikkels van de buitenwereld en, indien nodig, autonoom reageren (het vliegtuig kan bijvoorbeeld altijd automatisch uitwijken als het te dicht bij een ander object komt). Een risico van dergelijk adaptief gedrag is dat de mens en robot zich continu aan elkaar gaan aanpassen en dat de uitkomst hiervan onduidelijk is. Een oplossing is om, net als mensen onderling doen, van tevoren *werkafspraken* te maken tussen mensen en robots. Denk bijvoorbeeld aan een gedetineerde die thuis zijn straf moet uitzitten en met behulp van een robot bewaakt wordt, waarbij de robot gebruik maakt van een domotica-systeem<sup>12</sup>. Hier kunnen werkafspraken bijvoorbeeld betrekking hebben op de *verplichting* om te controleren of de gedetineerde iets mankeert of ongeoorloofd afwezig is op het moment dat de sensoren van de domotica-toepassing vreemde activiteiten, of nauwelijks activiteit waarnemen in huis, en de verplichting om vervolgens de controlekamer te informeren. De werkafspraken betreffen ook de *autorisatie* om zelfstandig te navigeren in een aantal kamers en sensor-informatie te verkrijgen. Naast de toegang tot het lokale domotica-systeem, kan de robot natuurlijk ook toegang hebben tot Internet. Daar waar veiligheid en de persoonlijke levenssfeer van toepassing zijn, zullen duidelijke afspraken gemaakt en geïmplementeerd moeten worden. Een belangrijke lijn van onderzoek betreft de ontwikkeling van methodes voor “Value-based design”, waarbij de ethische aspecten vanaf het begin bij de ontwikkeling van autonome robots worden meegenomen.

### Toepassingen

We kunnen vooral robots verwachten waar het werk “dull, dirty, dangerous and difficult” is en waar de menskracht schaars is. De robots zullen niet als een replica de mens vervangen, maar deze wel ontlasten en aanvullen. De hierboven geschetste ontwikkeling levert robots op die zich als een sociale actor gedragen, continu leren om beter in te spelen op “hun” situatie en autonoom gedrag vertonen waar de omgeving dat vereist en toestaat. Hieronder zal ik kort enkele mogelijke toepassingen noemen.

Voor verkennings- en reddingsoperaties zullen adaptieve robots meer en meer ingezet kunnen worden. In een Europees project wordt bijvoorbeeld de NIFTi-robot ontwikkeld voor het verkennen en in kaart brengen van een ontoegankelijk rampgebied en het redden van de slachtoffers (zie figuur 4). Als er een kritische situatie waargenomen wordt, kan een mens de lokale verkenningstaak van de robot overnemen en via tele-presence “in de huid van de robot te kruipen”. De NIFTi robot zal zorgdragen dat de inhoud, hoeveelheid en “toon” van de informatie die hij aanlevert, aansluit bij de behoeftes en mentale toestand van de reddingswerkers en slachtoffers. Voor verkennings- en reddingsoperaties voorzien we de inzet van verschillende grond-, lucht- en onderwaterplatformen die onderling hun acties kunnen coördineren. De NIFTi grondrobots zullen bijvoorbeeld samenwerken met vliegende robots en gezamenlijk een gebied in kaart brengen.

<sup>12</sup> Domotica staat voor elektronische communicatie tussen allerlei elektrische toepassingen in een woning of fysieke ruimte ten behoeve van bewoners en dienstverleners.



Figuur 4: Reddingsrobot NIFTi vindt een slachtoffer.

Een tweede categorie van toepassingen betreft het inzetten van robots die voor een (informatie)dienst specifieke acties uitvoeren op locatie, zoals loketfuncties, bewakingstaken of rondleidingen. Hierboven was al het voorbeeld gegeven van de robot die bij gedetineerden thuis een aantal bewakingsfuncties uitvoert (als intermediair tussen domotica-toepassing, gedetineerde en controlekamer). Door bewakingsrobots een vriendelijk uiterlijk en gedragsrepertoire te geven, zouden ze kunnen bijdragen aan het verbeteren van de veiligheidsbeleving.

De derde categorie van toepassingen is gebaseerd op de progressie in de sociale intelligentie van robots en de mogelijkheid om—op basis hiervan—in te spelen op emotionele aspecten van gedrag van anderen (mens en robot). In klassieke trainingen worden daartoe veelal acteurs ingezet, maar de kosten hiervan zijn hoog, de consistentie over leersessies heen is lastig te realiseren en het is vrijwel onmogelijk om individuele trainingen te houden. Het trainen van sociale vaardigheden en het leren omgaan met emotioneel beladen situaties zijn interessante toepassingen voor sociale robots (bijvoorbeeld anti-agressie training). Andere mogelijkheden zijn het trainen van ondervragingstechnieken en veiligheidshandelingen (zoals “hoe benader ik een vuurgevaarlijk persoon”). Stap-voor-stap kunnen situaties getraind worden, met systematisch gevarieerde reacties van de “tegenspeler” (robot). Doordat de robot dit gedrag in de echte wereld vertoont (en bijvoorbeeld niet in 2D op een scherm), zullen de handelingen en bijbehorende gevoelens realistischer zijn dan via een Virtual Reality game.

## Conclusie

De inleiding begon met de vraag of we wijzer zullen worden van robots. Huidig robotonderzoek en –ontwikkeling laten zien dat robots een substantiële bijdrage kunnen gaan leveren bij het aanpakken van diverse veiligheidsvraagstukken. Door op een adequate wijze als sociale actor de mens aan te vullen, continu te leren en de autonomie van handelen aan te passen aan de situatie, zal de mens wijzer worden van de robot. Hier is sprake van *wederkerigheid*: mens en robot leren van elkaar en worden dus samen wijzer om specifieke problemen adequaat te kunnen aanpakken. Doordat elk



specifieke vaardigheden en kennis bezit, soms van verschillende ordes, is de gezamenlijke wijsheid meer dan een eenvoudige optelsom.

Fundamentele inzichten over cognitief handelen, bijvoorbeeld verkregen uit de pijler Veiligheid van het FES programma Hersenen & Cognitie, kunnen vertaald worden naar eerdergenoemde innovatieve robottoepassingen, zoals het leren omgaan met emotioneel beladen situaties. Natuurlijk moeten de mogelijke toepassingen eerst grondig getest worden op de effecten, zowel op de verwachte positieve effecten als op de mogelijke negatieve bijeffecten die op kunnen treden.

Acceptatie en vertrouwen zijn wezenlijk voor een adoptie van robots in de werk- en leefomgeving. Werkafspraken, zoals eerder beschreven, kunnen helpen, en al bij de ontwikkeling van de robot meegenomen worden (bijvoorbeeld voor een robot die als “slimme bewakingscamera” rondloopt in een wijk). Deze zouden dan antwoorden moeten geven op sociaal-organisatorische vragen, zoals: Van wie is deze robot eigenlijk en wie is gerechtigd om deze robot te gebruiken (particulier veiligheidsbedrijf, politie, burgerwacht, ...)?

# Robots met sociale functies

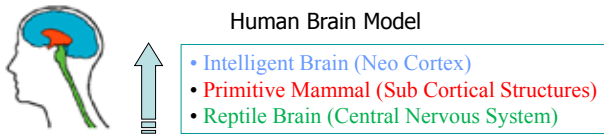
Pieter Jonker, Technische Universiteit Delft en Technische Universiteit Eindhoven

## Hoe bouw je een sociale robot?

Hoe moet je een sociale robot bouwen die met een mens als maatje kan optrekken? Mensen hebben een ‘gelaagde architectuur’. Als we een sociale robot willen bouwen moeten we diezelfde gelaagdheid inbouwen. Hierbij is het zinnig onderscheid te maken tussen het biologische lichaam (de “hardware”) en de functionaliteit die we daarmee kunnen realiseren (de “software”).

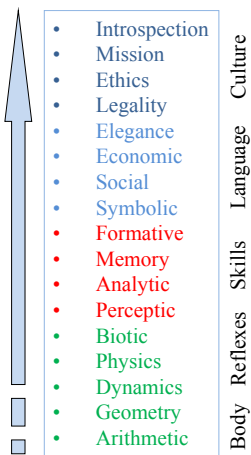
In het biologische lichaam kan je de volgende lagen onderscheiden:

- Het spier-skeletstelsel dat ons in staat stelt te bewegen
- Het centraal zenuwstelsel met daarin de hard ingebakken bewegingsreflexen (zie fig. 1)
- De subcorticale structuren waar onze emoties huizen en waarmee we gecoördineerde complexe bewegingen kunnen leren (zie fig. .1)
- De grote hersenen (neo cortex) waarmee we onze bewuste geplande acties kunnen realiseren en waar ook onze - talige - intelligentie zit, inclusief de logica (zie fig. 1).



Figuur 1 Human Brain Model

In termen van functionaliteit zien we in abstractie een hiërarchie van het menselijk kunnen in fig. 2. De onderste lagen zijn nodig voor het functioneren van het spier-skeletstelsel. Ze beschrijven het



biomechanische lichaam dat kan bewegen en reageren op de wereld dankzij waarnemingen. Het lichaam wordt getriggerd door waarnemingen, en reacties op die triggers worden aangestuurd met behulp van het centraal zenuwstelsel. Dit zijn de ingebakken reflexen die ontstaan zijn tijdens de evolutie. Voorbeelden van organismen die met dit soort reflexen werken zijn insecten.

De laag daarboven behelst de perceptie, het vermogen tot analyseren van een situatie en het onthouden van wat er aan statische en dynamische elementen in de situatie te zien is. Met deze vermogens kunnen vaardigheden aangeleerd worden als lopen, zwemmen en objecten grijpen. Dit gebeurt door conditionering: leren door interne en externe positieve en negatieve beloningen, veelal in de vorm van emoties. Knaagdieren komen tot dit niveau.

Figuur 2. Human Mind Model

De laag die daarboven ligt, gaat over de geplande acties en symbolische en sociale vermogens. Als eerste is er de drive om activiteiten te verrichten in de vorm van geplande acties, gebaseerd op wat ons bezig houdt, wat we waarnemen van de omgeving, en onze herinneringen en interactie met anderen. Dit is het niveau van zoogdieren.

Via taal wordt de interactie met anderen geformaliseerd. Anders dan bij primaten die noodzakelijkerwijs in beelden moeten blijven denken en in gebaren en kreten moeten communiceren, zijn mensen dankzij gesproken taal in staat om complexe denkwerelden op te bouwen en met soortgenoten te delen. Dit maakt de functie van 'leraar' mogelijk: behalve door gedrag te kopiëren kan er nu ook gedrag aangeleerd worden door middel van gesproken aanwijzingen hoe iets te doen zonder fysieke beloningen en straffen. Door het associëren van visuele objecten met auditieve symbolen - gesproken taal - zijn we als mensen in staat om met soortgenoten te communiceren en een complex bouwwerk van sociaal gedrag op te bouwen. Een dergelijke complexiteit kan niet worden bereikt met gebarentaal en primitieve geluiden, waarmee bijvoorbeeld primaten met elkaar communiceren. Hoewel economisch gedrag ("Yes, doelpunt!") en daarbovenop elegant gedrag ("En wat een mooi schot!") ook bij zoogdieren voorkomt, geeft taal hier een extra push aan omdat gemeenschappelijke waarden, zoals rijkdom en schoonheid, via taal gemakkelijker kunnen clusteren en verspreiden. Door gesproken taal op te schrijven, vergroten we ons geheugen en ontstaat er een collectief geheugen dat langer meegaat dan een mensenleven. De cultuur wordt vastgelegd. In de bovenste lagen, zoekt de mens een doel in het leven en evalueert hij zijn functioneren in het licht van de heersende cultuur.

### Welke technologieën zijn er nu al beschikbaar?



Figuur 3. Passieve knuffel robots, viervoeters, rijdende robots, en tweebenige humanoïde robots

Qua **lichaam** kunnen we passieve robots, rijdende robots, en vier- en tweevoetige lopende robots bouwen. Passieve robots zijn robots zonder onderstel, zoals een knuffelrobotje (zie fig. 3). Het onder alle omstandigheden kunnen lopen en behouden van de balans zonder om te vallen, staat voor tweebeelige robots nog in de kinderschoenen.

Het **aanleren van vaardigheden** gebeurt door belonen en straffen (Reinforcement Learning). Dit is analoog aan het aanleren van gedrag bij de mens door conditionering. Denk aan fietsen, tennissen, autorijden, inparkeren. Reinforcement Learning is een krachtig gereedschap. Door conditionering leren wij niet alleen nieuwe vaardigheden aan, maar ook ander gedrag. Door veel te oefenen leren we op den duur hoe je wiskundesommen moet oplossen en door veel met anderen om te gaan leren we sociaal gedrag. Het is handig dat ook een robot zijn gedrag zelfstandig kan aanpassen aan wisselende omstandigheden. Reinforcement Learning is bij robots al mogelijk, maar deze ontwikkeling bevindt zich nog in een beginstadium.

Qua **perceptie** (bij mensen gelokaliseerd in de sub-corticale lagen, zie fig. 1), is er onderzoek gaande naar het waarnemen van opmerkelijke zaken en 'attention focussing'. Met de retina (netvlies) in het menselijk oog zijn we in staat om dingen te zien die in de periferie opdoemen, maar wel onze directe aandacht nodig hebben, zoals een tijger op links, terwijl onze ogen een mooie dame aan het volgen waren. De fovea is een kleine plek in de retina waarmee we scherp zien. Hiermee scannen we via oogbewegingen de omgeving en bepalen we wat belangrijk is en wat niet, wat onze aandacht trekt (salliantie) en wat we moeten blijven volgen (focus). Robots zijn al in staat hun omgeving in kaart te brengen om botsingsvrije routes te bepalen en een voorwerp te kunnen oppakken. De volgende stap is gezichtsherkenning, stemherkenning en bewegingsherkenning ("hij heeft een karakteristiek loopje"). Dit staat voor robots nog in de kinderschoenen. Wel wordt er volop gewerkt aan robots die 'atomaire' activiteiten van mensen kunnen herkennen (bijvoorbeeld of iemand loopt, zit of staat, of er een deur wordt geopend, enzovoort). Tenslotte is er al redelijk veel kennis over het herkennen en tonen van emoties door mensen. Deze kennis kan zo langzamerhand worden toegepast bij robots. Het gaat hier om een beperkt aantal emoties die door robots redelijk gemakkelijk van een menselijk gezicht zijn af te lezen.

De **cognitie** betreft datgene wat zich bij de mens afspeelt in de cortex (zie fig. 1). Hieronder valt onder meer het herkennen van iemands intenties en de interpretatie van emotioneel gedrag. Een robot die dit kan, kan reageren op alle relevante abstractieniveaus, bijvoorbeeld in de vorm van bewegingen, emoties, door in te spelen op wat de ander doet, of door mee of tegen te werken. Voor wetenschappers is robotvoetbal op dit moment een interessant onderzoeksgebied. Hierbij spelen teams van robots tegen elkaar en moeten robots in diverse rollen met elkaar samenwerken en de intenties van hun tegenspelers zien te blokkeren. Het onderzoek op cognitief gebied is nog niet zo ver gevorderd. In de jaarlijkse wereldkampioenschappen robotvoetbal; de RoboCup slaat Nederland echter geen slecht figuur. Vanaf 1999 tot nu zijn er vijf Nederlandse robot voetbalteams actief geweest, waarbij een team van de UvA een paar jaar wereldkampioen in de simulatieleague is geweest en een team van rijdende robots van de TU/e een aantal jaren achter elkaar tweede is geworden.

Robots kunnen met elkaar communiceren als ze dezelfde termen voor objecten, emoties en gedrag hanteren. Robots die dezelfde taal spreken kunnen die gebruiken om samen te werken met behulp van instructies, zoals met zin “Pas op, in je rug!” bij robotvoetbal. Bij een vruchtbare dialoog is er bovendien sprake van communicatie in termen van een gemeenschappelijke cultuur: is het toegestaan, moreel verantwoord, wat was ons doel ook al weer en hoe functioneren we? Het begrijpen van taal en het herkennen van sprekers is al lange tijd onderwerp van onderzoek. Taalbegrip door robots staat in wezen nog aan het begin, vooral als het complexe zinnen en diepere bedoelingen betreft (de robot als allochtoon). Met name schort het nog aan het begrijpen van situaties en bedoelingen: het koppelen van visuele waarnemingen, emoties en taal.

### Welke sociale robots zijn er al?

Om als sociale robot te kunnen functioneren is wederzijds begrip tussen mens en robot noodzakelijk. Maar moeten we bottom-up alle hierboven beschreven architectuurlagen opbouwen voordat we een echte robotvriend die ons begrijpt, kunnen realiseren? Dit is niet nodig. De mens wordt al aangetrokken door een glimp van menselijk/dierlijk uiterlijk en gedrag. Dat betekent dat elke deelverzameling van deze lagen in een robot waarschijnlijk ergens een toepassing kan vinden. En er zijn inderdaad al veel deelimplementaties te vinden. Er zijn robots die perfect op mensen lijken, maar niet kunnen lopen en nauwelijks relevant gedrag vertonen. Er zijn knuffelrobots zoals de PARO zeehond die nauwelijks kan bewegen, maar wel emotioneel gedrag kan herkennen en uitlokken door zelf emotioneel gedrag te vertonen. Dit schijnt bijvoorbeeld rustgevend te werken bij demente bejaarden die stress ervaren. Er wordt gewerkt aan rijdende robots die mensen kunnen bewaken en objecten kunnen oprapen, ophalen en aangeven. En er zijn humanoïde robots zonder onderlichaam die dienst doen als helpdesk medewerker.

Voor robots is software ontwikkeld die kan herkennen wat voor emotioneel gedrag iemand vertoont, wat voor bewegingsgedrag, zoals liggen op bed of op de grond, maar ook of iemand valt (valdetectie bij ouderen). Het detecteren van zelfmoordpogingen (pols doorsnijden, ophangen) is in principe ook mogelijk. Dit soort ‘surveillance software’ kan in een robot zitten, maar ook gerealiseerd worden met behulp van vaste camera’s. Er bestaat ook zogenaamde ‘dialoog software’, om tussen mens en machine een bepaald onderhandelingsdoel te bereiken, zoals het kopen van een auto, het besluiten wat er vandaag gegeten wordt, of wat het handigste tijdstip is om naar de dokter te gaan. Deze software kan in een sociale robot gebruikt worden, maar ook in een app voor een smartphone.

De gehele humanoïde robottechnologie kan ook voor virtuele 3D avatars worden toegepast. Zulke virtuele 3D avatars kunnen bijvoorbeeld met behulp van Augmented Reality brillen zichtbaar gemaakt worden, zodat je de virtuele robots in je eigen fysieke wereld driedimensionaal voor je ziet. Delen van de software en technologieën kunnen ook verwerkt worden in smart houses en ambient intelligence (intelligente omgevingen). Toepassingen van dit soort intelligente omgevingen kunnen bijvoorbeeld zinvol zijn voor het gevangeniswezen.

## Robots voor een veilige samenleving

Wat betekenen deze robottechnologieën voor een veilige samenleving? Het lichamelijke deel van robots (op afstand bestuurd, of deels autonoom) kan gebruikt worden voor taken bij brandweer en politie. Vooralsnog is de belangrijkste taak het surveilleren en doorgeven van situaties die niet pluis zijn: de sociale robot als stadswacht. De huidige mogelijkheden beperken zich tot signaleren, omdat robots mechanische taken nog niet goed kunnen doen zonder menselijke toezicht en omdat hun accu's een beperkte capaciteit hebben.

Surveillance capaciteiten zijn van belang bij toezicht in gevangenissen, stations, luchthavens, uitgaansgebieden, etcetera. Vermommingen bieden ook kansen. Zo zou je rijdende robotprullenbakken kunnen maken bij parkeerplaatsen die de boel in de gaten houden. Robots die kunnen bewegen en weten waar ze zijn, kunnen een 3D kaart opbouwen van hun omgeving en de veranderingen daarin signaleren. Voor forensisch onderzoek kan dit betekenis hebben, omdat naderhand virtueel rondgekeken kan worden in de 'scene' en er virtuele voorwerpen aan toegevoegd kunnen worden. (Scenario Analysis by Augmented Reality). Een andere mogelijkheid is om stadswachtrobots te laten samenwerken met een menselijke wijkregisseur, of een groep (zwerm) robots in te zetten bij calamiteiten voor crowd control. Robots kunnen helpen bij het begeleiden van mensen naar een verzamelplek, als vraagbaak, doorverwijzer en inlichtingenbron voor en over slachtoffers.

Sociale robots met een meer menselijk uiterlijk en met meer emoties kunnen als 'companion' waardevol zijn voor bijvoorbeeld ontspoorde of bedreigde jeugd in onveilige situaties of gezinnen.

## Risico's en bottlenecks

Robots hebben nu nog veel onderhoud nodig en zijn storingsgevoelig. Ook hun operatietijd is gering. De software van robots is vaak gebaseerd op leren. Dat wil zeggen dat je de robot moet leren te herkennen wat vallen is door het voor te doen. Ook het herkennen van agressie, zelfmoordpogingen en aanrandingen moet een robot leren aan de hand van voorbeelden. Hoe meer voorbeelden van verschillende acteurs, situaties en omstandigheden, des te beter het systeem wordt. Tot 95% betrouwbaarheid is mogelijk. De taalvaardigheid van robots schiet voorlopig nog heel erg te kort, waardoor het niet mogelijk is dat zij op een hoog niveau en met grote subtiliteit communiceren. De robot kan wel situaties herkennen, maar in context duiden is moeilijk. Een robot is wel in staat om emoties te herkennen en te genereren.

Of een robot zal worden geaccepteerd door gebruikers en publiek hangt af van de robot en zijn karakter, en of de robot wel of niet goed werkt. De PARO robot laat bij demente bejaarden zien dat hulpeloosheid of onderoordening een goede strategie is om de acceptatie te verhogen. Het is gebleken dat een robotje als spelende kleuter, die graag op zijn manier wil helpen in de huishouding ("zullen we het bed opmaken?"), werkt om vergeetachtige bejaarden bij de les te houden. Nader onderzoek moet uitwijzen wat nodig is voor de acceptatie van sociale robots op het terrein van veiligheid. Misschien moet een stadswachtrobot zich in de straten meer als journalist c.q. nieuwsgierige omstander opstellen dan als barse agent.

Ook privacy is een issue. Ervan uitgaande dat een robot in eerste instantie zelf beslist wat wel en niet plus is, worden er alleen gegevens van 'niet pluis' situaties opgeslagen en doorgeseind naar een hoofdkwartier / toezichthouder / (mantel)zorger. De radioverbinding van de robots zal niet altijd goed zijn, dus er kan zich een probleem voordoen als de robot zelf gemolesteerd wordt. Het is dan zaak de beelden van de aanvallers zo snel mogelijk op te sturen dan wel deze op te slaan in een molestvrije zwarte doos in de robot.

### Conclusies, droom en nachtmerrie

Een sociale humanoïde robotvriend, die de mens kan vervangen of overtreffen, laat nog wel 40 jaar op zich wachten, maar diverse deeloplossingen kunnen nu al wel toegepast worden. Voor Veiligheid en Justitie ligt de toepassing vooral op het gebied van actieve waarneming en surveillance: de robot als stadswacht. Bij toepassingen ten behoeve van potentiële slachtoffers, zoals huiselijk geweld bij bedreigde kinderen, is er een robotmaatje die voor warmte en veiligheid zorgt en de reddingsboei is naar de normale buitenwereld. Dit is de **droom**.

De **nachtmerrie** is Big Brother; schending van de privacy bij verkeerde implementatie en gebruik.

# PedoBot® is niet boos, maar wel verdrietig (en soms opgewonden) Over intelligente robots, emoties en sociale interactie

Jos de Mul, Erasmus Universiteit Rotterdam

*Look David, I can see you're really upset about this. I honestly think you ought to sit down calmly, take a stress pill, and think things over.*

HAL

Tot voor kort troffen we robots, behalve in sciencefiction romans en films, vooral aan in de fabriek. De industriële robot is niet meer weg te denken uit de fabriek. Schoorvoetend maakt de robot nu echter ook zijn entree in de publieke en private ruimte, waardoor hij als actor gaat deelnemen aan het menselijk verkeer. Daarvoor zijn allerlei nuttige toepassingen te bedenken, maar er zijn ook uiteenlopende gevaren en maatschappelijke en ethische vraagstukken mee verbonden. Indien we de robot op een succesvolle wijze met mensen laten interacteren, dan zullen ze niet alleen intelligent moeten zijn, maar ook goed met emoties om moeten kunnen gaan.

## Robots in soorten en maten

Intelligente robots, machines die geprogrammeerd zijn om doelgericht te handelen, rationeel te beslissen en effectief met hun omgeving te interacteren, zijn er in vele soorten en maten.

Wat hun *uiterlijke verschijningsvorm* betreft, kunnen we onderscheiden tussen androïde robots, die uiterlijk en qua gedrag sterk op mensen lijken, en niet-androïde robots die qua bouw en functioneren sterk afwijken van de menselijke levensvorm, zoals de huidige fabrieksrobots en robotstofzuigers. Waar in de Westerse wereld, wellicht onder invloed van het christendom ('Gij zult niet voor God spelen'), een taboe lijkt te liggen op androïde robots, is de robotica in landen als Japan er vaak juist op gericht robots zo menselijk mogelijk te maken (zie afbeeldingen 2 en 3).

Vanuit een *ontologisch* perspectief bezien variëren robots van *tastbaar en onveranderlijk*, zoals de Man van Staal uit het klassieke stripverhaal, tot *virtueel en flexibel*, zoals een softbot of avatar die zich aanpast aan de identiteit van zijn omgeving of gesprekspartner.

Wat *omvang* betreft kunnen robots variëren van *microscopisch kleine nanobots*, die hun weg banen door onze aderen, tot intelligente gebouwen en publieke ruimten (*ambient intelligent environments*), die ons als een interactieve huid omgeven.

Wanneer we kijken naar de *mate van autonomie*, bevinden intelligente robots zich steeds ergens op een continuüm tussen twee uitersten: *niet-autonome* telerobots, waarvan het gedrag volledig wordt aangestuurd door de gebruiker (zoals de robots die door politie en brandweer worden gebruikt om



handelingen uit te voeren in levensbedreigende omgevingen) en kunstmatig intelligente levensvormen, die *volstrekt autonoom* zijn in de zin dat ze zichzelf kunnen handhaven, reproduceren en ontwikkelen (dit type treffen wij vooralsnog alleen aan in sciencefictionromans en -films).

Wat onze *relatie tot robots* betreft kunnen we, ten slotte, nog onderscheiden tussen een *inlijvingsrelatie*, waarbij de robot deel van ons lichaamsschema wordt (bijvoorbeeld een aan ons lichaam gekoppelde robotarm), een *hermeneutische relatie*, waarbij we door de robot de werkelijkheid waarnemen en daarmee kunnen interacteren (de zojuist genoemde telerobot is daarvan een voorbeeld), een *achtergrondsrelatie*, waarbij de robot onze ervaringsomgeving reguleert (het intelligente gebouw behoort tot deze categorie), en een *alteriteitsrelatie*, waarbij de robot tegenover ons staat als een artificiële actor, waarmee we zelf in interactie treden.

In de context van deze bijdrage gaat het vooral om deze alteriteitsrelatie, en meer in het bijzonder om de *emotionele dimensie* van onze sociale omgang met intelligente robots. Om te begrijpen waarom dat belangrijk is, dienen we in te zien dat ‘intelligentie’ en ‘emotie’ nauw met elkaar verbonden zijn.

### Intelligentie

Hoe verschillend de verschillende typen robots die we onderscheiden ook zijn, ze hebben allen gemeen dat ze een zekere mate van intelligentie bezitten. Hoewel intelligentie door sommige psychologen wel is opgevat als één specifieke eigenschap die kwantitatief kan worden uitgedrukt, wordt intelligentie tegenwoordig meestal begrepen als te maken met een vermogen dat is samengesteld uit een groot aantal verschillende kwaliteiten.

In de vorige paragraaf werden ten aanzien van intelligente robots al drie verschillende kwaliteiten onderscheiden: *doelgericht handelen*, *rationeel beslissen* en *effectief interacteren*. Deze activiteiten veronderstellen weer tal van afzonderlijke vaardigheden, zoals ruimtelijke oriëntatie en mobiliteit, waarneming van overeenkomsten en verschillen, diverse geheugenfuncties en het vermogen te abstraheren, te voorspellen en zelfstandig te leren van ervaringen.

Bovendien verschillen de genoemde vaardigheden al naar gelang het domein waarin ze optreden. Het kunnen waarnemen en voorspellen van een patroon in een reeks getallen is immers niet hetzelfde als het kunnen herkennen en voorspellen van een motief in een muziekstuk, of van een specifieke emotie in een persoon. Daarom wordt er vaak onderscheid gemaakt tussen verschillende vormen van intelligentie, bijvoorbeeld tussen *theoretische* (analytische), *creatieve* (synthetische) en *praktische* (sociale) intelligentie.

Dit alles maakt duidelijk dat intelligentie meer weg heeft van ratatouille dan van een eenheidsworst. Dieren, mensen en artefacten als robots kunnen op verschillende manieren intelligent zijn en ieder van de daarvoor vereiste vaardigheden kan daarbij in meer of mindere mate aanwezig zijn.

## Emoties

Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw is er veel onderzoek verricht naar de relatie tussen intelligentie en emoties. Emoties worden vaak opgevat als niet-rationele affecten en gevoelens. Onderzoekers als Damasio betogen echter dat emoties in alle genoemde vormen van intelligentie een cruciale rol spelen. Om dat in te zien, dienen we een moment stil te staan bij wat een emotie is.

We kunnen emoties opvatten als reacties op uitwendige of inwendige prikkels of gebeurtenissen, die tot uitdrukking komen in bepaalde *fysiologische kenmerken* (bijvoorbeeld verhoogde hartslag), *gedragspatronen* (bijvoorbeeld vluchten) en/of *gevoelens* (bijvoorbeeld angst). Daarbij kunnen we twee basisdimensies onderscheiden: de *valentie* (prettig of onprettig) en de *intensiteit* van de emotie (die we bijvoorbeeld zien oplopen in de reeks bezorgdheid, vrees, paranoia). We kunnen daarbij verder nog onderscheiden tussen *primaire emoties*, die aangeboren zijn en een sterk reflexmatig - en soms onbewust - karakter hebben en bij ieder mens worden aangetroffen (zoals angst, vreugde, verdriet, opwindings), en *secundaire emoties*, die voor een belangrijk deel aangeleerd zijn en daardoor cultureel bepaald zijn (bijvoorbeeld: schaamteculturen versus schuldculturen). Vaak worden emoties als tijdelijke, door prikkels of gebeurtenissen veroorzaakte, 'aandoeningen' (zoals verliefdheid) onderscheiden van langdurige affecten (liefde), affectieve disposities (een licht ontvlambaar karakter) en objectloze affecten (een verveelde stemming of depressie).

## Emotionele intelligentie en intelligente emoties

Wat maakt emoties nu cruciaal voor intelligent gedrag? Dat is primair gelegen in de (sterk) motiverende werking die van emoties uitgaat (het is niet toevallig dat de woorden 'emotie' en 'motief' beide teruggaan op het Latijnse *movere*, bewegen). Emoties brengen ons ertoe interacties aan te gaan met onze omgeving, daarbij doelen te formuleren en na te streven en beslissingen te nemen. Wie, zoals in geval van een bepaald type hersenletsel, geen emoties ervaart, is lusteloos en doelloos en blijft op zijn best steken in eindeloze afwegingen zonder tot een beslissing te worden bewogen.

In praktische ofwel sociale intelligentie spelen emoties ook nog een andere rol. Niet alleen motiveren ze het sociale verkeer, maar om op adequate wijze aan dat verkeer deel te kunnen nemen, moeten we bovendien in staat zijn emoties bij onszelf en anderen te *herkennen* en op een herkenbare wijze te kunnen *uitdrukken* (beide belangrijke *sociale vaardigheden*). Eveneens van belang is dat we ons kunnen *inleven* in de emoties van anderen (*empathie*). In de jaren negentig van de vorige eeuw ontstond een heuse hype rondom het begrip 'emotionele intelligentie' (gemeten met de index EQ), maar ook hier geldt dat we niet zozeer te maken hebben met een afzonderlijk vermogen, maar met een specifieke dimensie van intelligentie die in ieder domein van het menselijk handelen een rol speelt.

## Affectieve robots

Wanneer robots worden ingezet bij industriële productieprocessen, of als instrument dienen om op verre planeten onderzoeksdata te verzamelen, dan heeft onze omgang daarmee primair de vorm van een *hermeneutische* relatie. De robot is dan voor alles een instrument waardoorheen we de wereld waarnemen of waarmee we in die wereld ingrijpen. Alleen wanneer de robot niet doet wat we willen, lijkt hij *tegenover* ons te komen staan. Wanneer we robots gaan inzetten in publieke en private ruimtes

(op straat, op verkeersknooppunten, festivalterreinen, voetbalstadions, bioscopen, winkelcentra, kantoren en huishoudens) ten behoeve van uiteenlopende sociale activiteiten (informatievergaring en -voorziening, dienstverlening, toezicht, bewaking, bescherming, reddingsacties, *crowd control*, opsporing, arrestatie, etc.), dan verandert de relatie die we met robots onderhouden in een alteriteitsrelatie. De robots worden dan tot *sociale actoren*.

Ook bij sociale interactie tussen mensen en robots spelen emoties een belangrijke rol. Wat de menselijke actor betreft, gaat het daarbij onder andere om zaken als acceptatie, inlevingsvermogen, plezier, vertrouwen, onwennigheid, frustratie, angst voor disfunctioneren, vrees voor een mogelijke inbreuk op emotionele privacy, etc. Bij het ontwerpen en implementeren van 'sociale robots' dient de inspanning gericht te zijn op het implementeren van de emotionele vaardigheden die vereist zijn voor efficiënte sociale interactie. Daartoe zijn in de afgelopen decennia een aantal disciplines tot ontwikkeling gekomen, zoals *sociale robotica* en 'affective computing'.

Een van de uitgangspunten van deze disciplines is dat robots, willen zij op adequate wijze aan het sociale verkeer deelnemen, ook *affectieve intelligentie* dienen te bezitten. Daarbij kunnen globaal drie taken worden onderscheiden. In de eerste plaats is het van belang dat robots emoties bij de menselijke actoren kunnen *herkennen*. Dat is mogelijk door de robot de fysiologische en gedragsmatige veranderingen (gelaatsuitdrukking, lichaamshouding en -beweging) te laten registreren waarin emoties tot uitdrukking komen. In de tweede plaats dient de robot zelf emoties te kunnen *uitdrukken*. Dat kan eveneens door gelaatsuitdrukking, lichaamshouding en -beweging (zie afbeeldingen 1, 2 en 3). In de derde plaats zou een robot, om eenzelfde soort en mate van intelligentie als de mens tentoon te kunnen spreiden - dat wil zeggen: om doelen te kunnen stellen, rationeel te kunnen beslissen en effectief te kunnen interacteren - ook emoties moeten *ervaren*. In tegenstelling tot de eerste twee vaardigheden is daarvan bij de huidige robots geen sprake.



Afbeelding 1: Robot met gelaatsuitdrukking.  
Foto: Christian van 't Hof



Afbeelding 2: Japanse humanoïde robot: een kopie van professor Ishiguro, Osaka University.  
Foto: Rinie van Est



Afbeelding 3: Japanse humanoïde robot: the Repliee Q2, Osaka University.  
Foto: Rinie van Est

Een interessante filosofische vraag is of robots zoals we die nu kennen (dat wil zeggen machines die gebouwd zijn op basis van de klassieke mechanica en de seriële Von Neuman computer) emoties zouden kunnen ervaren. Voor het functioneren van robots en mens-robot interacties is het antwoord op die vraag echter meestal irrelevant. In de eerste plaats omdat we ongeacht of computers emoties kunnen ervaren, een dergelijke ervaring wel kunnen *simuleren*, net zoals een schaakcomputer niet echt

kan denken, maar desalniettemin uitstekend kan schaken. Dergelijke simulaties zijn niet 'real in fact' maar wel 'real in effect'. Als we een robot zo programmeren dat hij in geval hij door een groep hooligans dreigt te worden beschadigd of vernietigd de plaats van onheil verlaat, dan is het met het oog op het in de robot programmeerde doel ('overleven') niet relevant of dit 'vluchtgedrag' wel of niet gepaard gaat met subjectieve angstgevoelens in het inwendige van de robot. In de tweede plaats is de vraag of robots echte emoties hebben ook grotendeels irrelevant vanuit het perspectief van de menselijke actor. Mensen hebben het vermogen én de neiging om intenties en emoties toe te schrijven aan alle entiteiten waarmee ze interacteren. Dat fenomeen zien we niet alleen bij het kind dat speelt met een pop en de dierenliefhebber die zijn hond een standje geeft, maar het doet zich ook voor wanneer we interacteren met artefacten en des te sterker naarmate deze een grotere mate van autonomie en gelijkenis met de mens bezitten (zie afbeeldingen 2 en 3).

### Emobots in actie

Hoewel er veel wordt geëxperimenteerd met sociale en affectieve robots, staan we nog maar aan het begin van de daadwerkelijke implementatie daarvan in de publieke en private ruimte. Dat komt niet alleen doordat (*sociale*) *robotica* en *affective computing* nog in de kinderschoenen staan, maar ook omdat machines die het vermogen hebben om menselijke emoties waar te nemen, te meten, registreren, communiceren en beïnvloeden niet alleen talloze nuttige toepassingen beloven, maar ook grote gevaren met zich meebrengen en bovendien allerlei fundamentele maatschappelijke en ethische vraagstukken oproepen.

In plaats van een droge opsomming te geven van mogelijke toepassingen, gevaren en vraagstukken, wil ik een aantal daarvan aan de hand van een in 2023 gesitueerde casus van affectieve robotica bespreken. Hoewel denkbeeldig, gaat het in die casus om toepassingen die technisch gezien al mogelijk zijn, of op basis van huidige technologieën in principe kunnen worden gerealiseerd. Geen sciencefiction dus, maar sciencefaction. Toekomstige sociale robots zullen affectief zijn, of ze zullen helemaal niet zijn. Het is aan de lezer uit te maken of dat aanleiding zal geven tot maatschappelijke en ethische satisfaction.



## PedoBot®

Den Haag, 31 augustus 2023

Na de relatief liberale jaren zestig, zeventig en tachtig van de vorige eeuw is – onder meer door een aantal geruchtmakende gevallen van grootschalig seksueel misbruik van kinderen – de maatschappelijke acceptatie van pedofilie in de eerste decennia van de 21ste eeuw sterk afgenomen. Dat kwam niet alleen tot uitdrukking in de strafmaat, maar ook in het feit dat pedofielen na hun detentie steeds vaker uit hun woonomgeving werden verjaagd, waardoor hun maatschappelijk isolement steeds verder toenam, en daarmee ook de kans op recidive, die zoals bekend, ook na therapeutische behandeling, groot blijft.

Sinds 2009 is, in navolging van Canada en de toenmalige Verenigde Staten, ook in ons land geëxperimenteerd met intensieve en langdurige begeleiding door buddies, voornamelijk vrienden uit de directe omgeving van de pedofiel. Hoewel deze begeleidingsvorm de kans op recidive aanmerkelijk verkleinde, bleek bij grootschaliger toepassing het vinden van geschikte buddies de bottleneck. Om die reden startte in 2016 in Nederland een eerste experiment met een Japanse PedoBot®, een affectieve, androïde robot die speciaal voor deze taak is ontworpen. Het doel van deze pedobot is om recidive te voorkomen. Daartoe monitort de robot niet alleen 24 uur per dag de bewegingen van de cliënt, maar ook diens emotionele gesteldheid (die worden geregistreerd in een door Reclassering Nederland beheerde Dynamic Emoscan). Indien nodig kan de pedobot therapeutisch interveniëren. Daartoe is hij uitgerust met therapeutische programmatuur, die is afgestemd op de individuele behoeften en het risicoprofiel van de cliënt. Vanwege de in Nederland bestaande wetgeving betreffende lichamelijke integriteit was deze experimentele Nederlandse PedoBot®, anders dan de Japanse, niet uitgerust met een in de enkelband ingebouwde CMU (Chemical Modulation Unit). Deze enkelband zorgt ervoor dat fysieke en emotionele mobiliteit van de cliënt ook bij het verlaten van de woning doorgaat. Wanneer zich van de zijde van de cliënt ongewenst gedrag voordoet en psycho- en neurotherapeutische interventies onverhoopt geen effect hebben, schakelt de pedobot de politie in en geeft de geografische en emotionele coördinaten van de cliënt door. Naar verwachting zullen toekomstige, mobielere pedobots cliënten ook buitenhuis kunnen vergezellen, bewaken en beschermen.

Eén van de meest opvallende bevindingen van het experiment in 2016 was de sterke emotionele hechting van de cliënten aan hun pedobot. Volgens deskundigen was dit niet in de eerste plaats toe te schrijven aan het zogenaamde Stockholm Syndrome, maar veeleer aan de geavanceerde empathische vermogens van de PedoBot®, waarin de veelal in een sociaal isolement verkerende cliënt een begripvolle en niet bij voorbaat moraliserende gesprekspartner vindt. In het geval van de pedobot bleef de gevreesde agressie, zoals die zich voordoet jegens de RiotBots die sinds enkele jaren worden ingezet om demonstranten en voetbalsupporters te begeleiden, achterwege. Ook zijn er, anders dan na de introductie van de TerroBots na de aanslag met het gemodificeerde Spaanse griepvirus op het vliegveld Charles de Gaulle in 2014, nauwelijks rechtszaken aangespannen tegen de door de emoscans veroorzaakte inbreuk op emotionele privacy. En ook de vrees voor dehumanisering – die ontstond toen het kabinet Wilders II in 2015 JailBots in gevangnissen introduceerde, bleek onterecht. Integendeel, zowel bij de Jailbot als bij de PedoBot® ontstonden er van de zijde van de cliënt even sterke als warme gevoelens voor hun robot, die moeilijk anders dan vriendschappelijk of zelfs liefdevol kunnen worden genoemd (hoewel deskundigen vanwege het niet-reciproke karakter van deze affectieve relaties hier liever van ‘para-affectieve hechting’ spreken). Geheel onverwacht is dat overigens niet, gezien de ervaringen die er reeds in het begin van het vorige decennium zijn opgedaan met wederzijdse socialisatie van veelplegers en mishandelde asielhonden in het Dutch Cell Dogs programma.

Waar de introductie van pedobots in 2016 op brede maatschappelijke acceptatie kon rekenen, stuitte het in 2018 voorgestelde vervanging van synthetische kindporno (die sinds 2013 aan pedofielen wordt verstrekt om hun behoeften te bevredigen zonder dat daar misbruik van kinderen mee gepaard gaat), door pedoïde robots op grote maatschappelijke weerstand. Hoewel het experiment met de PedoBot® Junior (in de volksmond al snel omgedoopt tot de LolitaBot) een spectaculaire verdere daling van de recidive tot gevolg had, doen deze uiterst realistische kindrobots volgens critici het onderscheid tussen werkelijk en virtueel misbruik volledig vervagen en ondermijnen zij tevens het vermogen tot morele zelfbeheersing. De ethicus Prof. dr. Mustafa Donkers (prominent lid van het Christen-Islamitische Appel) heeft om die reden in die jaren gepleit voor een algeheel verbod op androïde robots.

Het pleidooi van Donkers dient ook gezien te worden tegen een reeks andere problemen met sociale robots die in die jaren op de maatschappelijke agenda werden geplaatst. Zo ontstond er in 2016 grote commotie over de inzet van gehackte androïde RiotBots door criminele bendes. Vooral het feit dat zij erin waren geslaagd de eerste wet van Asimov (Een robot mag een mens geen letsel toebrengen of door niet te handelen toestaan dat een mens letsel oploopt), die wettelijk verplicht in iedere robot wordt geïmplementeerd, te omzeilen, waardoor robots opzettelijk de eerste dodelijke slachtoffers maakten, leidde tot grote maatschappelijke beroering. Hetzelfde gebeurde een jaar later, toen uitkwam dat Shanghai Persuasive Technologies al enkele jaren emoscans gebruikte om consumenten te stalken met op hun bewuste en onbewuste verlangens gerichte advertenties en tevens pogingen ondernam nieuwe emotionele consumentenverlangens te enten door middel van neurotransplantatie. Dit heeft in de Christenfundamentalistische Staten van Amerika in 2021 geleid tot een algeheel verbod op affectieve en persuasieve technologieën.

Ook Nederland heeft kennisgemaakt met de keerzijde van de robot. Een van de schokkendste gevallen, in 2018, was de ontdekking van seksueel misbruik van kinderen door een van slag geraakte PedoBot® Junior. De openbare vernietiging van die robot die volgde op de rechtszaak die de ouders van de misbruikte kinderen tegen Samsung hadden aangespannen, haalde wereldwijd het internetjournaal.

De kans dat emobots uit de Verenigde Staten van Noord-Europa zullen worden geweerd, is echter onwaarschijnlijk. Al was het alleen maar vanwege het overweldigende succes van de Japanse lovebots, die hun opmars in de tweede helft van het vorige decennium begonnen in de illegale prostitutie en de porno-industrie, maar die inmiddels, net als in China, steeds vaker als vaste partner worden gekozen. En in navolging van Japan, waar dit gebruik reeds in het begin van dit millennium zijn aanvang nam, zijn ook in Nederland de eerste androïde robots officieel ten grave gedragen.

Het is dan ook niet zo gek dat de in 2019 opgerichte Partij voor de Robots in haar verkiezingsprogramma pleitte voor het opnemen van robotrechten in de Noord-Europese Grondwet. Of het zover zal komen als in Japan, waar in 2020 de eerste androïde robot in het parlement werd verkozen, wordt door velen betwijfeld, maar de onlangs aangenomen wetgeving inzake het gebruik van proefrobots in de emo-neurologisch onderzoek, maakt duidelijk dat sinds de introductie van affectieve robots ook in Nederland de positie van intelligente artefacten langzamerhand aan het verschuiven is.





**Prof. dr. R. Babuska**  
**hoogleraar Regeltechniek en Robotica, Technische Universiteit Delft**



Robert Babuska is hoogleraar “Intelligent Control and Robotics” bij de Technische Universiteit Delft en is tevens trekker van Delft Robotics Institute, een TUD-breed samenwerkingsverband op het gebied van robotica.

Robert Babuska studeerde systeem- en regeltechniek op de Technische Universiteit te Praag en promoveerde bij Elektrotechniek aan de Technische Universiteit Delft. Hij heeft veel onderzoek gedaan naar het gebruik van kunstmatige intelligentie voor modelvorming en regeling van niet-lineaire systemen (o.a. fuzzy logic en neuro-fuzzy methoden).

Op dit moment gaat zijn belangstelling voornamelijk uit naar adaptieve en lerende systemen met toepassingen binnen robotica. Zijn recente publicaties betreffen onder meer nieuwe algoritmen voor reinforcement leren en voor het schatten van parameters en toestanden van niet-lineaire systemen uit meetgegevens. Robert Babuska heeft zes boeken en meer dan 80 artikelen in internationale wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerd.

Zie: [robotics.tudelft.nl](http://robotics.tudelft.nl), [www.dcsc.tudelft.nl](http://www.dcsc.tudelft.nl)

**Prof. dr. F.M. Brazier**

**hoogleraar Engineering Systems Foundations, Technische Universiteit Delft**



Frances Brazier bekleedt de leerstoel Engineering Systems Foundations aan de Faculteit Techniek, Bestuur en Management aan de TU Delft. Haar huidige onderzoek richt zich op design of participatory systems in new realities, als een nieuw ontwerp paradigma voor toekomstige genetwerkte systemen.

Frances Brazier behaalde een MSc in wiskunde en een doctoraat in Cognitieve Ergonomie aan de VU Amsterdam. Ze heeft tien jaar lang de leerstoel Intelligent Interactive Distributed Systems bekleed aan de Faculteit Wiskunde en Informatica van de Vrije Universiteit in Amsterdam, voordat ze in 2009 aan de TU Delft begon en nu sectieleidster is van Systeemkunde aan de faculteit Techniek, Bestuur en Management. Het interdisciplinaire Participatory Systems Initiatief is door Systeemkunde geïnitieerd ([www.participatorysystems.org](http://www.participatorysystems.org)). Parallel aan haar academische carrière is ze

mede-oprichter van de eerste ISP in Nederland geweest: NLnet, en is ze nog steeds lid van het bestuur van de Stichting NLnet Labs. Ze heeft deelgenomen aan een groot aantal internationale programma-commissies, benoemingscommissies, PhD-commissies, en heeft veel gepubliceerd op het gebied van Intelligent Design, Autonomous Systems, AI, Multi-Agent Systems, Distributed Systems, e-government, Web Services, en HCI. Ze is vijf jaar lang lid geweest van de NWO Adviescommissie Informatica en zat het I- Science GLANCE programma voor.

Op dit moment is ze lid van de redactieraad van "AI in Design and Manufacturing" en Birkenhauser Autonomic Computing series, en van de Wetenschappelijke Raad van Bestuur van Schloss Dagstuhl (Duitsland).

**Drs. M. van Calmthout**  
**chef wetenschapsredactie en commentator bij de Volkskrant**



Martijn van Calmthout (Eindhoven 1961) is chef wetenschap en commentator bij de Volkskrant. Hij studeerde natuurkunde aan de Universiteit Utrecht en werkte voor diverse bladen, waar hij schreef over natuurwetenschappen. Hij schreef daarnaast twee biografische boeken over Albert Einstein en is bedenker van de BètaCanon.

Martijn van Calmthout presenteert het maandelijke Kenniscafé in de Balie in Amsterdam en is geregeld als presentator en commentator op de radio te horen bij het NTR-programma Hoe?Zo! Momenteel werkt hij aan een Nobelprijswinnaars-stratengids en een biografie van fysicus en oorlogsheld Sam Goudsmit.

**Prof. dr. B.L.M.F de Gelder**  
**hoogleraar Cognitive Neuroscience en directeur van het Cognitive and Affective Neuroscience Laboratory, Universiteit Tilburg**



Beatrice de Gelder is hoogleraar Cognitieve Neurowetenschappen en directeur van het Cognitieve en Affectieve Neurowetenschappen Laboratorium van de Universiteit van Tilburg. Ze is ook werkzaam op de faculteit van het Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging in Charlestown, Massachusetts.

De Gelder onderzoekt de neurowetenschap achter de herkenning van gezichten en lichaamshoudingen en de manieren waarop cognitie en emotie op elkaar inwerken, zowel bij gezonde als beschadigde hersenen. Ze publiceerde meer dan 140 wetenschappelijke artikelen en publiceerde drie boeken. Haar boek 'The Emotional Brain' komt in 2012 uit.

**Drs. R.V.M. van Hattum**  
**inhoudelijk directeur NEMO en eindredacteur bij de VPRO**



Rob van Hattum houdt zich al zo'n 30 jaar bezig met het maken van radio- en televisieprogramma's over wetenschap en technologie. Zijn televisieprogramma's werden vele malen onderscheiden: Beste Nederlandse Wetenschapsfilm (Film Festival Utrecht); de Boy Trip Award (Film Festival Utrecht); Medaille D'Or (Parma), Silver Dragon, (Beijing International Scientific Film Festival), Prix de la Terre, (Pariscience), Europaws, (London), European Solar prize 2009, (Berlijn). Hij werkte in het verleden voor rubrieken als Brandpunt, Horizon en NOVA.

Sinds 1994 werkt hij voor de VPRO als programmamaker en eindredacteur wetenschap televisie en was als zodanig verantwoordelijk voor programma's als Noorderlicht en de Nationale Wetenschapsquiz en momenteel Labyrint.

De laatste jaren maakte hij ook een aantal spraakmakende documentaires voor Tegenlicht. Zijn programma Afval is Voedsel introduceerde het Cradle to Cradle concept in Nederland en ontketende daarmee een ware revolutie in het denken over duurzaamheid in ons land. Zijn laatste documentaire Here Comes the Sun – over de rol van de zon in onze energie huishouding - was voor velen opnieuw een eyeopener en leidde tot Kamervragen over de mogelijkheden van zonne-energie in Nederland.

Naast zijn werkzaamheden voor de VPRO is hij inhoudelijk directeur van NEMO, het Science Center aan het IJ in Amsterdam waar jaarlijks 500.000 mensen op interactieve wijze kennis maken met de wereld van wetenschap en technologie.

Van 1999 tot 2003 was hij voorzitter van de Vereniging Wetenschapsjournalisten Nederland.

**Prof. dr. ir. P.P. Jonker**  
hoogleraar Vision based Robotics aan de TU-Delft en deeltijdhoogleraar in Embedded Vision Systems aan de TU-Eindhoven



Hij leidde diverse multi-disciplinaire nationale en EU projecten op het gebied van industriële robots, autonome samenwerkende robots, maar ook real-time computer architecturen en nano-computers voor snelle beeldbewerking. Samen met Dr.ir. Martijn Wisse leidt hij het Dutch Bio-robotics Laboratory van de TU-Delft, waar hij onderzoek verricht aan humanoïde robots en robots voor de zorg. Zijn huidige onderzoek betreft real-time vision systemen voor robotica, Augmented Reality en surveillance, en het aanleren van gedrag bij lopende robots door middel van belonen en straffen.

**Drs. R. Maes**

**politiek-strategisch communicatieadviseur, bureau Maes/Okhuijsen**



Ruben Maes is gespecialiseerd in strategisch communicatieadvies. Daarnaast is hij een veelgevraagd dagvoorzitter en gespreksleider van debatten en expertmeetings. Ruben is betrokken bij uiteenlopende opdrachten waarbij publieke of private organisaties moeten communiceren met politici, stakeholders en media. Daarnaast gebruikt hij zijn ervaringen voor het geven van mediatrainingen en het trainen van mensen die zelf bijeenkomsten willen gaan leiden. Na zijn studie politicologie werkte Ruben bij een onderzoeksbureau gericht op strategische advisering bij campagnes. Tevens werkt hij freelance voor BNR Nieuwsradio en was hij redacteur van PM Den Haag. In 2003 richtte hij zijn eigen bureau op dat gespecialiseerd is in politiek-strategische advisering en gespreksleiding. Ruben is voorzitter van het directieoverleg podiumkunsten in Den Haag en interim-voorzitter van SICA, Dutch Centre for International Cultural Activities.

**Prof. dr. J. de Mul**

**hoogleraar Filosofie van Mens en Cultuur, Erasmus Universiteit Rotterdam en wetenschappelijk directeur van onderzoeksinstituut Filosofie van ICT**



Naast hoogleraar filosofie van mens en cultuur en wetenschappelijk directeur van onderzoeksinstituut Filosofie van ICT is Jos de Mul docent aan de NSOB (2000-heden) en in de Executive Master Information Management van de UvA (2006 – heden). Verder is hij als gasthoogleraar verbonden geweest aan o.a. de University of Michigan (Ann Arbor) en Fudan University (Shanghai)

Tot zijn bekendste Nederlandstalige boekpublicaties behoren: 'Het romantische verlangen in (post)moderne kunst en filosofie', 'De Tragedie van de eindigheid', 'Cyberspace Odyssee', 'De domesticatie van het noodlot' en 'Paniek in de polder. Polytiëk en populisme in Nederland'. Zijn werk is vertaald in vele talen en werd onder meer bekroond met de landelijke Praemium Erasmianum en de Socrates Prijs. De Mul publiceert regelmatig essays in NRC, Volkskrant en Trouw.

Als wijsgerig antropoloog en cultuurfilosoof is hij onder meer geïnteresseerd in thema's als de impact van de informatie- en communicatietechnologie op mens- en wereldbeeld, de opmars van de beeldcultuur en hedendaagse kunst, en nationale en Europese identiteit



**Prof. dr. M.A. Neerincx**  
hoogleraar Mens-Machine Interactie, Technische Universiteit Delft en senior onderzoeker bij TNO



Mark Neerincx studeerde Cognitieve Psychologie aan de Universiteit van Leiden en promoveerde in Groningen op het gebied van mens-computer interactie. Hij heeft uitgebreide ervaring in multidisciplinair onderzoek naar innovatieve samenwerkingsvormen voor mens en technologie in de domeinen van veiligheid, gezondheidszorg en ruimtevaart.

Stap voor stap werkt hij in verschillende consortia aan de ontwikkeling van elektronische partners, die bijvoorbeeld als sociale robot geïmplementeerd worden. Belangrijke resultaten zijn: (1) modellen van cognitieve en emotionele belasting voor prestatie- en gezondheidsondersteuning, (2) gebruikersmodellen en interventiemethodes voor het versterken van de zelfredzaamheid op het werk en thuis, (3) methodes en tools voor het mensgericht ontwikkelen en testen van computerondersteuning, (4) een diverse set van richtlijnen en “best practices” voor mensgericht ontwerpen en (5) prototypes van elektronische partners (bijvoorbeeld voor marineofficieren in

de commandocentrale en voor chronisch zieken thuis).

Mark Neerincx is auteur van talrijke wetenschappelijke publicaties en is betrokken bij de organisatie van diverse internationale conferenties, workshops en tutorials rond de afstemming van geautomatiseerde systemen op de mens.

**Drs. M. Slob**  
zelfstandig filosoof en publiciste



Marjan Slob is filosoof, schrijver en moderator. Zij werkt als zelfstandige voor diverse media en organisaties. Marjan is producer van ideeën: zij verbindt (soms behoorlijk abstracte) kennis met concrete ervaringen, behoeften, drijfveren en waarden. Haar belangstelling reikt van technologie tot design, van de moderne democratie tot voedselvraagstukken, van hersenen tot de invloed van fantasie en verbeelding op gedrag. Kennis gaat volgens Marjan pas echt werken als je haar verbindt met levende vragen van verschillende partijen. De inzichten die daaruit voortkomen, brengt zij graag de maatschappij in.

Zie: [www.marjanslob.nl](http://www.marjanslob.nl)

**Prof. dr. ir. S. Stramigioli**  
**hoogleraar Advanced Robotics, Universiteit Twente**



Stefano Stramigioli ontving de M.Sc. cum laude van de Università di Bologna (I) in 1992 en eveneens cum laude de Ph.D. van de Technische Universiteit Delft in 1998. In deze laatste periode is hij “visiting scholar” bij het prestigieuze Massachusetts Institute of Technology (MIT) met prof. Neville Hogan, de grondlegger van Impedantie Regeling for Robots, geweest.

Vanaf 1998 heeft Stefano Stramigioli als wetenschapper gewerkt bij de TUD en sinds 2001 is hij verbonden aan de Universiteit Twente waar hij hoogleraar is in “Advanced Robotics” en een groep van ongeveer 40 mensen leidt, waarvan tussen de 20 en 25 AIOs.

Hij heeft verschillende leidende rollen bij de grootse robotica society ter wereld, de IEEE Robotics and Automation Society ([www.ieee-ras.org](http://www.ieee-ras.org)); hij is hoofdredacteur van de nr. 1 journal van robotica, voorzitter van de “Electronic Products and Services Board”, “Vice President voor membership” en is recentelijk genomineerd als mogelijke opvolgende president van de society. Hij is een van de oprichters van de LEO Center van Service Robotics ([www.leo-robotics.eu](http://www.leo-robotics.eu)), bestuurslid van de onderzoekschool DISC ([www.disc.tudelft.nl](http://www.disc.tudelft.nl)) en voorzitter van de Robotica Platform Nederland RoboNED ([www.robened.nl](http://www.robened.nl)).

Stefano Stramigioli heeft meer dan 160 publicaties op zijn naam waaronder vier boeken. Zijn wetenschappelijke interesse ligt in de modelvorming en regeling van complexe robots.



**Prof. dr. D.E.M. Verweij**

**Hoogleraar sectie Militaire Gedragwetenschappen en Filosofie, Nederlandse Defensie Academie en bijzonder hoogleraar bij Centrum voor Internationale Conflictanalyse en Management, Radboud Universiteit Nijmegen**



Désirée Verweij studeerde Filosofie aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Aansluitend was zij aan deze universiteit verbonden als OIO (Onderzoeker in Opleiding) en vervolgens als Junior Onderzoeker. In 1993 promoveerde zij op een proefschrift over Nietzsche. Naast onderwijs in Filosofie ontwikkelde en verzorgde zij onderwijs in beroepsethiek voor psychologiestudenten van de universiteit van Nijmegen en voor studenten van de studierichting 'Social Studies' van Avans Hogeschool.

Vanaf 1998 is zij, aanvankelijk als UHD en vanaf 2006 ook als Hoogleraar, verbonden aan de sectie Militaire Gedragwetenschappen en Filosofie van de Faculteit Militaire Wetenschappen van de Nederlandse Defensie Academie. Zij is tevens, als bijzonder hoogleraar, verbonden aan het Centrum voor Internationale Conflictanalyse en Management (CICAM) van de Radboud Universiteit van Nijmegen.

Haar onderzoek omvat zowel filosofische thema's als thema's op het terrein van de fundamentele en toegepaste ethiek, in het bijzonder ethiek van de militaire praktijk. Haar meest recente publicaties op dit terrein betreffen 'Moed', 'Nieuwe oorlogen', 'Mensenrechten', 'Childsoldiers', 'The Dark Side of Obedience', 'Military Ethics: a contradictio in terminis?', 'Morele professionaliteit' en 'Geweten onder schot'.

**Dr. R.G.F. Winkels**

**universitair hoofddocent Leibniz Center for Law, Universiteit van Amsterdam**



Radboud Winkels studeerde psychologie met specialisatie Kunstmatige Intelligentie. In 1992 promoveerde hij op een proefschrift over Intelligente Onderwijssystemen. Daarna legde hij zich toe op het toepassen van informatica en kunstmatige intelligentie op het recht.

Hij is universitair hoofddocent aan de rechtenfaculteit van de Universiteit van Amsterdam bij het Leibniz Center for Law. Hij geeft daarnaast les aan de faculteit Natuur-, Wiskunde en Informatica in de opleidingen Kunstmatige Intelligentie en Forensic Science.

Zijn onderzoek richt zich o.a. op het (semi-) automatisch formaliseren van rechtsbronnen, het combineren van juridische en geo-informatie (kaarten) en kunstmatig juridisch redeneren. Veel van zijn onderzoek is extern gefinancierd en vindt plaats in internationale consortia waarin bedrijven, overheden en universiteiten samenwerken.

Winkels was van 2002-2011 voorzitter van de Stichting Juridische Kennissystemen (JURIX) en is thans voorzitter van de International Association of Artificial Intelligence and Law.



## Inleiding

Wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen grijpen diep in in onze samenleving en in de individuele levens van mensen. Innoverende technologieën als nanotechnologie, moleculaire biologie, hersenwetenschappen en informatietechnologie zullen de wereld enorm veranderen. De ontwikkelingen in de wetenschap en technologie gaan zo snel dat het voor de samenleving nauwelijks bij te benen lijkt. Tegelijkertijd is het van groot belang dat die samenleving – zowel politici en beleidsmakers als bedrijven, maatschappelijke organisaties en individuele burgers – die ontwikkelingen kunnen blijven volgen en doordenken. Wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen brengen immers een reeks aan juridische, ethische, politieke en beleidsmatige vragen en dilemma's met zich mee die een antwoord vereisen. Er is ook kennis nodig om de kansen van diezelfde ontwikkelingen te grijpen en de beloftes op waarde te kunnen schatten. Het Rathenau Instituut onderzoekt en agendeert de vragen en dilemma's die voortkomen uit wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. Zo proberen we bij te dragen aan belangrijke politieke en maatschappelijke discussies en politici en beleidsmakers te stimuleren tot het formuleren van antwoorden en arrangementen.

## Missie

Het Rathenau Instituut stimuleert de publieke en politieke meningsvorming over wetenschap en technologie. Daartoe doet het instituut onderzoek naar de organisatie en ontwikkeling van het wetenschapsysteem, publiceert het over maatschappelijke effecten van nieuwe technologieën, en organiseert het debatten over vraagstukken en dilemma's op het gebied van wetenschap en technologie.

## Doelgroep

Het parlement, de regering en beleidsmakers op de departementen en bij wetenschappelijke instellingen zijn de belangrijkste geadresseerden voor het Rathenau Instituut. Daarnaast richten we ons op het Europees Parlement en op de samenleving in brede zin (publiek, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties).

## Organisatie

Er werken momenteel 55 mensen bij het Rathenau Instituut dat vier afdelingen kent: Technology Assessment, Science System Assessment, Communicatie en Bedrijfsvoering. De directeur van het Instituut is Jan Staman en de bestuursvoorzitter is Sander Dekker.

Het Rathenau Instituut is beheersmatig ondergebracht bij de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW).

## Selectie recente publicaties

- Van Vergeetpil tot Robotpak – Human enhancement voor een veilige en rechtvaardige samenleving? Jacqueline B. de Jong, Ira van Keulen en Jeannette Quast (red.). Gezamenlijke publicatie Rathenau Instituut en de Ministeries van VenJ en BZK, Den Haag: Rathenau Instituut 2011.
- Nier te koop - baarmoeder te huur; opkomende markten voor lichaamsmateriaal, Ingrid Geesink & Chantal Steegers, Amsterdam: Prometheus/Bert Bakker 2011
- Een biometrische database: een stap te ver? Gespreksnotitie over biometrische gegevens in paspoorten voor de Rondetafel van de Vaste commissie voor BiZa op 20 april 2011.
- Out of the Blue, Verslag van een verkenningstocht naar de technologische toekomst van Rathenau Instituut voor het Kandidatenprogramma van de Politie op 1 maart 2011.
- Naar de kern van de bio-economie: De duurzame beloftes van biomassa in perspectief. Lotte Asveld., Rinie van Est & Dirk Stemerding (red.), Den Haag, Rathenau Instituut 2011
- Beyond speculative robot ethics. Martijntje Smits & Arjanna van der Plas, *Accountability in Research* 17/6 (2010), pp. 299-314
- Check in / check uit: de digitalisering van de openbare ruimte, Christian van 't Hof, Rinie van Est & Floortje Daemen (red.), Rotterdam: NAI-uitgevers 2010
- Waiting for Nano: very actively, Rinie van Est & Bart Walhout, *Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis* 19/2: 2010
- Databases: over ICT-beloftes, informatiehonger en digitale autonomie Geert Munnichs, Mirjam Schuijff & Michiel Besters (red.) Den Haag: Rathenau Instituut 2010
- Beyond the surface: An Exploration in Healthcare Robotics in Japan. Rinie van Est, Christian van 't Hof, Ying Ying Lau, Rathenau Instituut 2009
- Verslag van het debat 'Robots die voor je zorgen, robots die voor je vechten' op 4 september 2009 in NEMO, Amsterdam, Rathenau Instituut 2009
- Verslag van het expertseminar "Robotica in Nederland" op 6 november 2009, Den Haag, georganiseerd door Ministerie van OC&W en Rathenau Instituut. Rathenau Instituut 2009

## Meer informatie

Meer informatie over het Rathenau Instituut is te vinden op [www.rathenau.nl](http://www.rathenau.nl).



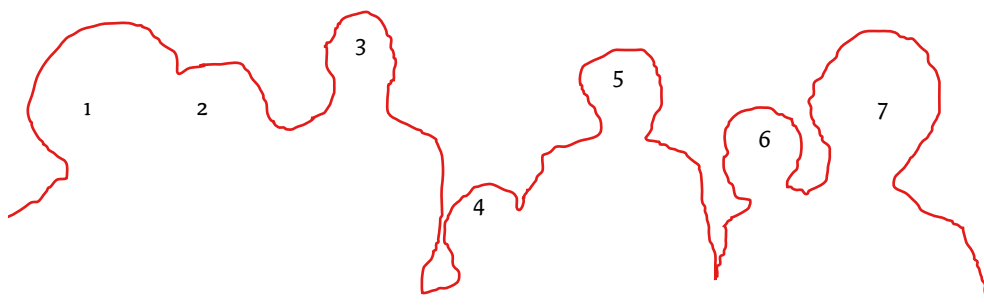


# Project- en redactieteam



Foto: Robert Huiberts

1. Linda van Wel , VenJ/DS
2. Martijntje Smits, Rathenau Instituut
3. Frans Brom, Rathenau Instituut
4. Jacqueline de Jong, VenJ/DS
5. Jeannette Quast, VenJ/DS
6. Femke Hammer, VenJ/DS
7. Christianne de Poot, VenJ/WODC



## Colofon

Publicaties in de serie werkdOCUMENTEN geven niet noodzakelijkerwijs de mening weer van Directie Strategie van het ministerie van VenJ, maar worden door Directie Strategie wel van zodanige kwaliteit en belang geacht dat bredere verspreiding gerechtvaardigd is.

Kopiëren is toegestaan, mits met bronvermelding

Projectleiding en eindredactie  
Dr. J.B. de Jong (Jacqueline), VenJ/DS

Project- en redactieteam  
Prof. dr. F.W.A. Brom (Frans), Rathenau Instituut  
Mr. F. Hammer (Femke), VenJ/DS  
Dr. C.J. de Poot (Christianne), VenJ/WODC  
Dr. J.A. Quast (Jeannette), VenJ/DS  
Dr. ir. M. Smits (Martijntje), Rathenau Instituut  
L.M. van Wel-Gill (Linda), VenJ/DS, projectsecretariaat

Nadere informatie  
Directie Strategie  
Ministerie van Veiligheid en Justitie  
Postbus 20301 / 2500 EH Den Haag  
T 070 3707409 / l.m.van.wel@minvenj.nl  
[www.rijksoverheid.nl/venj](http://www.rijksoverheid.nl/venj)





Robots worden steeds intelligenter en bewijzen op velerlei gebied hun nut. Zoals bij de aardbeving in het voorjaar van 2011 in Japan. Amerikaanse robots verrichtten daar stralingsmetingen in de getroffen kernreactoren bij Fukushima. Onderwaterrobots zochten naar slachtoffers die door de tsunami in zee waren gesleurd.

Maar wat zijn de verdere mogelijkheden op het gebied van Veiligheid en Justitie? Kunnen robots afwijkend gedrag detecteren? Politie- en gevangenispersoneel ondersteunen of wellicht vervangen? Zijn intelligente robots in staat ingewikkelde beslissingen te nemen in opsporing en rechtspraak? Vergroten ze de veiligheid?

De inzet van robots roept vanzelfsprekend ook vele juridische, ethische en maatschappelijke vragen op.

In de kenniskamer Intelligente Robots gaan wetenschappers en beleidsverantwoordelijken met elkaar in gesprek om het thema 'intelligente robots, veiligheid en recht' te verkennen.

“De Directie Strategie van het Ministerie van Veiligheid en Justitie ondersteunt de leiding van het departement bij strategieontwikkeling. Zij agendeert voor Veiligheid en Justitie relevante maatschappelijke ontwikkelingen en bevordert oog voor de lange termijn. De directie heeft als uitgangspunt dat strategie pas werkt, als die samen met de stakeholders wordt ontwikkeld.”

Dit is een uitgave van:  
Ministerie van Veiligheid en Justitie  
Postbus 20301 | 2500 EH Den Haag  
[www.rijksoverheid.nl/venj](http://www.rijksoverheid.nl/venj)

Oktober 2011 | Publicatienr: J-9163