

Natuur weet antwoord

Zes robotvissen dobberen doelloos rond in een klein zwembad. Ze hebben een duidelijke opdracht meegekregen, maar lijken die niet op te volgen. Zelfs de aanwezigheid van hoogleraar Netwerken en robotica Ming Cao (41) in het lab motiveert ze niet om in actie te komen. Wat is er aan de hand? De vissen hebben hun zwemvaardigheden vaak genoeg bewezen. Twee trofeeën in de kast achter het zwembadje getuigen van knappe prestaties op het WK robotwaterpolo. Een video op YouTube laat zien wat er gebeurt wanneer je zo'n visrobot in een vijver met echte vissen laat rondzwemmen. Dankzij interne scharnieren, stabiliserende vinnen en een rubberachtig omhulsel beweegt de robot zó natuurgetrouw door het water, dat levende vissen niet weg vluchten voor hun kunststof neef, maar hem gefascineerd volgen. Eén ding is zeker: deze zes robotvissen kunnen uitstekend zwemmen, mits ze daarvoor kiezen.

Zwembad

De reden dat ze dat nu niet doen, heeft te maken met het experiment dat plaatsvindt in dit zwembad. Aan de rand van het bad bevindt zich een batterij. De vissen zijn geprogrammeerd om daar energie te tanken. Nutriëntrijk voedsel, vanuit hun perspectief. Maar de batterij wordt geblokkeerd door een obstakel. Dat obstakel wegduwen kost energie, weten de vissen. Misschien wel meer dan ze kunnen tanken. In theorie zouden ze kunnen samenwerken. De last verdelen. Maar hoe moeten ze dat coördineren? Ze hebben niet de capaciteit om met elkaar te overleggen. Ze kunnen slechts voor zichzelf de beslissing nemen: ga ik als eerste proberen het obstakel weg te duwen? Of wacht ik tot een andere vis dat doet, en profiteer ik vervolgens? Net zoals wielrenners in een achtervolgende groep die geen van allen zichzelf willen opofferen om de ontsnapte koploper terug te halen, maken de robotvissen een beslissing die individueel rationeel, maar collectief irrationeel is: ze doen niets.

Autonoom functioneren

Dit experiment werd een jaar geleden uitgevoerd in het laboratorium van de Faculty of Science and Engineering van de Rijksuniversiteit Groningen. 'Het illustreert een van de problemen met robots,' vertelt Cao nu, zittend in zijn werkkamer. 'Het lukt wetenschappers en ingenieurs niet om groepen robots goed te laten samenwerken. Zodra je de individuele algoritmes probeert op te schalen, ontstaan er problemen. Terwijl het cruciaal is dat robots op termijn als een zelfregulerend collectief fungeren.'

Voorbeeld: stel dat je vijftien robotkarretjes in een omgeving loslaat

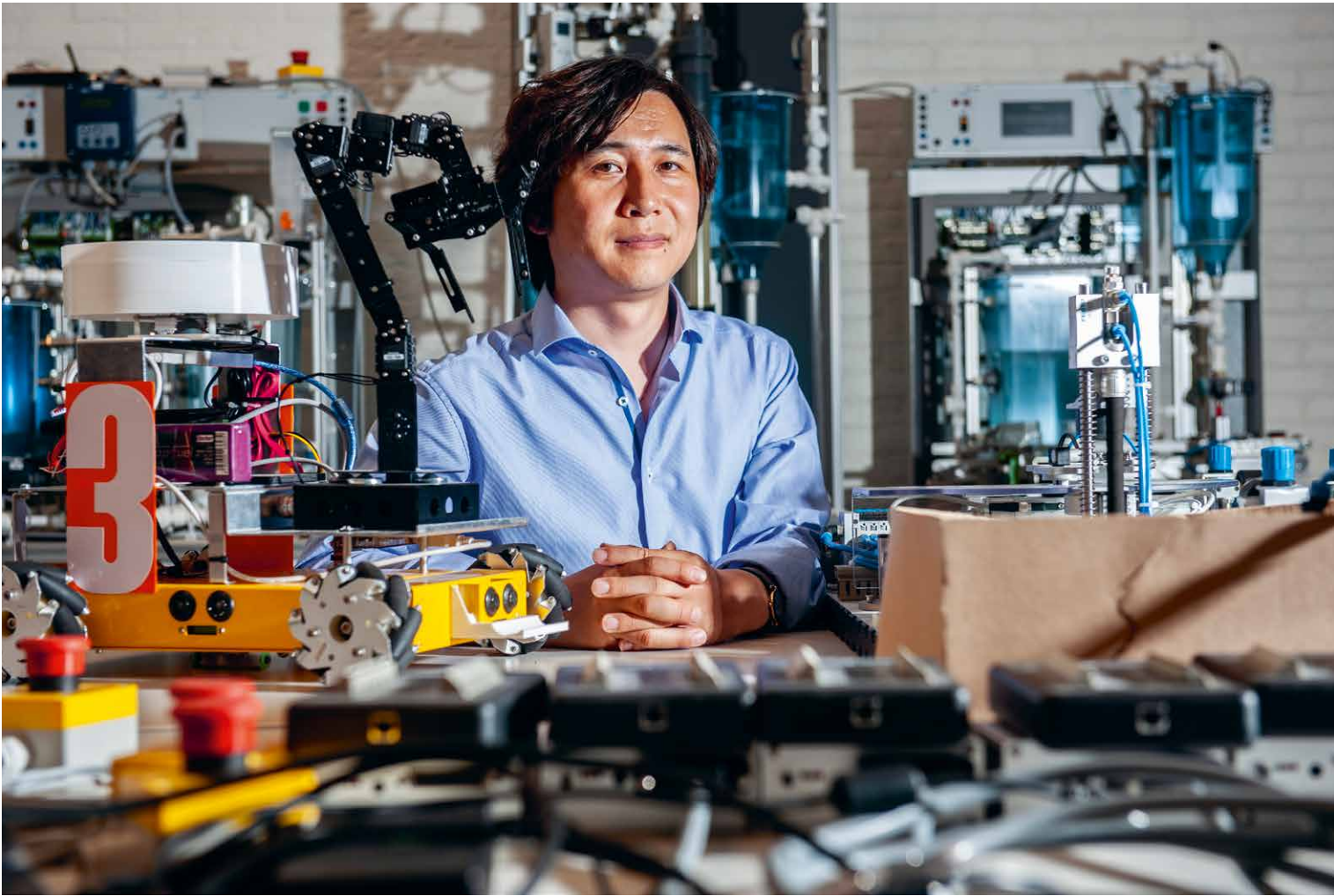
om de boel in kaart te brengen. Dat zou op Mars kunnen zijn, of op de oceanbodembodem, of op *ground zero* van een nucleaire ramp. Je zou elke robot door een mens kunnen laten besturen, op afstand. 'Hoogst inefficiënt. Je wilt dat ze autonoom kunnen functioneren,' zegt Cao. Oké, optie twee dan: je zou ook een supercomputer de hele groep tegelijk kunnen laten besturen en coördineren. Op die manier zouden de zes vissen het obstakel zeker hebben weggeduwd. 'Maar een computer die voortdurend alle sensorische input en individuele algoritmes tegelijk met elkaar moet verrekenen, vreet exponentieel veel rekenkracht. Dat is onhoudbaar.' Toch móéten er manieren zijn om individueel denkende robots efficiënt te laten samenwerken, denkt Cao. 'Dieren krijgen het immers ook voor elkaar'

Mieren

Voor een wetenschapper die oorspronkelijk als elektrotechnisch ingenieur is opgeleid, aan de Tsinghua Universiteit in Beijing, praat Cao opvallend graag over mieren en honingbijen. 'Dit is de paradox: het zijn stuk voor stuk kleine beestjes, met beperkt denkvermogen, maar toch krijgen ze gezamenlijk grote dingen voor elkaar. De ene mier verkent de omgeving, de andere zorgt voor eten, en weer een ander ruimt rommel op. Die taakverdeling werkt heel goed. Maar hoe komen ze tot die coördinatie? Er is geen collectief brein. Geen leider die alles bepaalt, geen bureaucratie. Toch lukt het hen wat onze meest geavanceerde robots, geprogrammeerd door de beste wetenschappers, niet lukt. Daarom laat ik me graag inspireren door de natuur.' Niet dat Cao elke woensdagmiddag zijn kaplaarzen aantrekt en



FOTO BRAM BELLONI



met zijn groep internationale PhD-studenten erop uittrekt om in Groningse weilanden naar mieren te speuren. ‘Nee, dat lijkt me geen efficiënte taakverdeling,’ zegt Cao. Hij wijst uit zijn raam naar buiten, naar een groot groen gebouw, de Linnaeusborg. ‘Ik ga liever daarheen voor antwoorden.’ De gekronkelde vorm van het gebouw staat symbool voor de dubbele helix van DNA. In dit pand bestuderen de biologen van de RUG de gedragingen van organismen. ‘Vier miljoen organismen bevolken onze planeet. Vier miljoen verschillende antwoorden op de vraag: hoe overleef je op aarde?’, stelde de Britse bioloog en televisiemaker David Attenborough ooit.

Briljant algoritme

Converseren met biologen is voor Cao als bladeren in een antwoordboek vol gouden ideeën. Een interessante overlevingsstrategie is bijvoorbeeld die van spreeuwen. Zodra de zomer op zijn einde begint te lopen, clusteren ze samen in groepen van honderden of duizenden tegelijk. Dagelijks houden ze imponerende luchtshows. Hongerige adelaars vliegen liever een wolkje om dan deze dansende zwerm aan te vallen.

Het bijzondere is dat geen spreeuw ooit hoeft te oefenen alvorens hij kan meedansen. Er is geen choreograaf, geen leider. Net als bij mieren lijkt de coördinatie welhaast vanzelf te ontstaan. Hoe kan dat? Cao: ‘Een recent wetenschappelijk artikel concludeerde dat elke spreeuw twee simpele regels volgt: elk individu houdt zes dichtbij vliegende soortgenoten in de gaten en probeert in het midden van

‘Gelukkig werken experts in alle relevante vakgebieden hier in Groningen op loopafstand van elkaar’

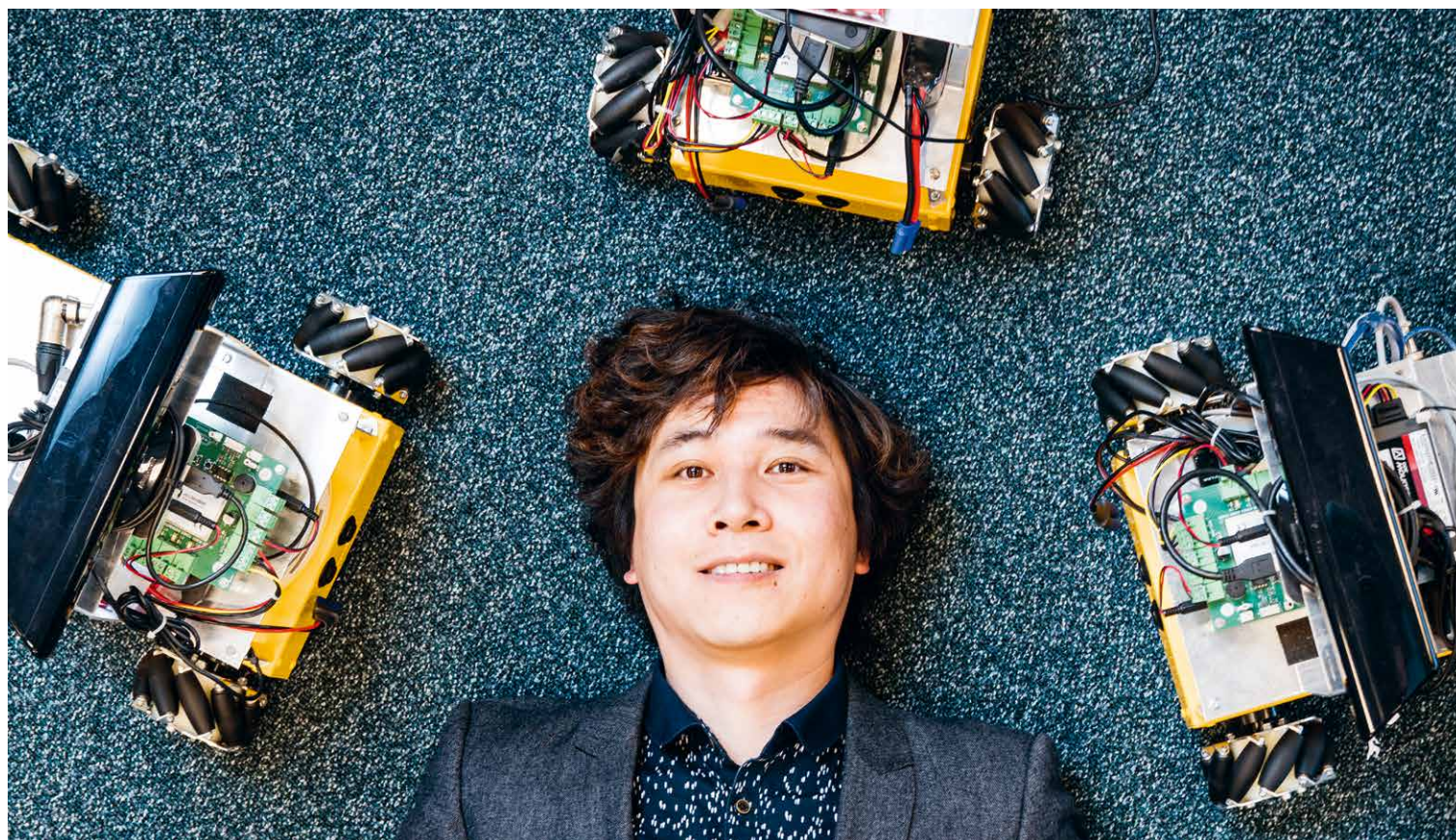
die zes te blijven. Zodra een spreeuw dreigt te botsen met een ander, remt hij af. Dat is alles.’ De collectieve prestatie ontstaat bij de gratie van een briljant algoritme, braaf opgevolgd door duizenden individuele vogeltjes.

Rode theepotten

‘Voor biologen vormen dergelijk inzichten het eindpunt van hun onderzoek. Gelukkig ben ik ingenieur,’ zegt Cao glimlachend. ‘Voor mij is dit pas het begin.’ Bewapend met kennis van biologie, psychologie en sociologie trekt Cao zich terug in zijn kamer. Tussen de rode theepotten en Chinese waterverfschilderijen spendeert hij het gros van zijn tijd, de lessen van de natuur vertalend naar wiskundige modellen. Vandaaruit distilleert hij algoritmes die nuttig kunnen zijn voor robots. Tenslotte volgt de stap naar het grote lab, waar hij en zijn staf vrij experimenteren met allerlei soorten robots. Zo rijden in het lab drie of vier robotkarretjes autonoom rond. Niet kriskras door elkaar, botsend en elkaar afsnijdend, maar keurig in formatie. Met dank aan simpele sensoren en algoritmes. ‘In formatie rijden zal heel handig blijken in loodsen, bijvoorbeeld bij het vervoeren van lange balken of driehoekige staartvlakken van een vliegtuig,’ zegt Cao.

Zwarte robotarmen

Verderop in het lab staan op een tafel zwarte robotarmen. Het zijn er vier, maar hadden er evenzogoed vierhonderd kunnen zijn. Net zoals spreeuwen zijn ze zo geprogrammeerd om alleen de dichtstbijzijnde armen in de gaten te houden en hun bewegingen te kopiëren. Laat er



één bewegen en binnen een mum van tijd doen ze allemaal hetzelfde, zonder dat voor deze coördinatie veel rekenkracht nodig is. Ze maken nog net geen honing, maar vormen ontegenzeggelijk het begin van een zelfregulerend netwerk.

‘Ook het probleem met de robotvissen hebben we opgelost,’ vertelt de hoogleraar. ‘Hoe? Door ze verschillende persoonlijkheden te geven. Bij dieren in de natuur zie je immers ook ongelijke neigingen tot het nemen van initiatief en het volgen van anderen. Nadat we dit concept hadden verwerkt in hun algoritmes, herhaalden we het experiment talloze keren. Nu kwam de samenwerking wél van de grond. Nog steeds zonder enige communicatie tussen de vissen. Er ontstonden vaste rollen: leiders, helpers en freeriders. Toevallig is leiderschap een *hot topic* in de biologie. We ontleen dus niet alleen kennis uit andere velden, we voegen ook kennis toe. Dat is het mooie aan onze multidisciplinaire benadering.’

Op loopafstand

Ingenieurs kunnen zich niet langer beperken tot alleen maar sleutelen aan machines, oordeelt de professor. ‘Die tijd is voorbij. Ik probeer mijn studenten bij te brengen dat we onze focus moeten verbreden. We hebben kennis van kunstmatige



Techniek is groot in Groningen!

Het Groningen Engineering Center (GEC) is een platform voor het interdisciplinaire technische onderzoek en onderwijs aan de RUG.

www.rug.nl/fse/engineering

Lees er alles over in de speciale uitgave van *New Scientist*: **Engineering in Groningen!**

https://issuu.com/vbku/docs/special_engineering_in_groningen

intelligentie, biologie, psychologie, sociologie en economie nodig om succesvolle robots te bouwen. Gelukkig werken experts in alle relevante vakgebieden hier in Groningen op loopafstand van elkaar. Een aanzienlijk voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld Delft of Twente.’

Mensachtige robots

Professioneel heeft Cao nooit getwijfeld over Groningen. Privé wel. ‘Mijn vrouw en ik waren gewend aan Beijing en later New York. Toen we in 2008 een klein huis aan de rand van Groningen betrokken, schrokken we. Grazende koeien waren onze burens. De stilte was heel erg wennen. Maar inmiddels vinden we het hier prima. Onze dochters groeien hier goed op. We blijven, voorlopig.’ En dat is maar goed ook, voor de RUG. Want hoewel gespecialiseerde robots volgens Cao er snel aan zitten te komen, is de komst van flexibele, mensachtige robots nog ver weg. Laat staan robots die brutaal wetenschappelijke velden met elkaar verbinden. Om de Amerikaanse filosoof Elbert Hubbard te parafaseren: één robot kan het werk verrichten van vijftig gewone mensen. Maar geen vijftig robots kunnen het werk verrichten van één buitengewoon mens.