

## Nicos J. Starreveld

Korteweg-de Vries Instituut  
Universiteit van Amsterdam  
n.j.starreveld@uva.nl

### Interview Lambert Schomaker

# “Het gaat nu echt heel snel”

Op 18 juni 2018 heeft Nicos Starreveld, redacteur van dit blad, prof.dr. Lambert Schomaker geïnterviewd, hoogleraar kunstmatige intelligentie aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Op maandag 18 juni ben ik naar Groningen gegaan om prof.dr. Lambert Schomaker te interviewen. Om 10.00 uur stond ik voor zijn deur in het Bernoulliborg-gebouw op de Zernike Campus Groningen. Ik was erg enthousiast en tegelijkertijd zenuwachtig voor het interview. Toen ik naar binnen liep en professor Schomaker sprak, wist ik meteen dat het een leuk gesprek zou worden!

#### Naar machine learning

Voordat Lambert Schomaker betrokken raakte bij machine learning, als jonge promovendus te Nijmegen, was hij vooral geïnteresseerd in fysiologie. In zijn afstudeerproject deed hij onderzoek naar elek-

trofysiologie en naar de modellering van spieractiviteiten, een onderwerp dat later een belangrijke rol zou gaan spelen in zijn promotieonderzoek over handschriftherkenning.

#### Wat vond u zo interessant aan fysiologie?

“In die tijd, de jaren tachtig, waren er al computermodellen ontwikkeld van spieractiviteit. Wat ik ontzettend interessant vond was die koppeling tussen een natuurlijk fenomeen en een wiskundig model, hoe je alle elektrische activiteit van de spieren kunt optellen en dan een uitspraak kunt doen over onder andere het spectrum van spieractiviteit.”

#### En de stap naar machine learning?

“Toen ik klaar was met mijn masteropleiding en naar een baan zocht, waren er geen vacatures op het gebied van fysiologische psychologie. De vacature in Nijmegen betrof cognitieve psychologie (*cognitive science*) en ging over het modelleren van handschriften met computers.”

En was het mogelijk om uw kennis van uw eerdere opleiding in dit project te gebruiken?

“Het idee achter mijn onderzoeksproject was dat je een handschrift neemt van een willekeurig persoon en dan gaat kijken of

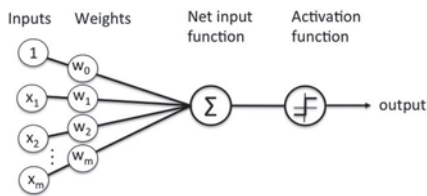
de computer een nieuw handschrift kan genereren in dezelfde stijl. Het idee was ook dat je terwijl je iets bouwt je iets moet leren over het onderliggende fenomeen, de onderliggende processen, iets dat we in ons vakgebied heel belangrijk vinden, we noemen het *understanding by building*. [...] In het Nijmeegse instituut voor cognitie en informatica hing een levendige sfeer. Het was een multidisciplinair instituut, met mensen uit verschillende vakgebieden, waaronder wiskunde, informatica en psychologie.”



Lambert Schomaker

#### Korte biografie

Prof.dr. Lambert Schomaker, geboren te Goirle in 1957, is in 1983 afgestudeerd in fysiologische psychologie in Tilburg. In 1991 is hij in Nijmegen gepromoveerd met als promotieonderwerp ‘simulatie en herkenning van handschrift’. Hij is sinds 2001 hoogleraar kunstmatige intelligentie aan de Rijksuniversiteit Groningen met als expertise machinaal leren (*machine learning*), kunstmatige intelligentie, patroonherkenning en cybernetica.



**Figuur 1** Rosenblatts perceptron.

### En hoe zat het in die tijd met machine learning?

“In de jaren tachtig praatten we over de tweede golf van neurale netwerken. De eerste golf was in 1950–1960 met Rosenblatts perceptron (zie Figuur 1). Daar zaten beperkingen in en er kwam ook een wiskundig bewijs van Minsky dat zo’n perceptron niet alle problemen aankon. Midden jaren tachtig kwam de tweede golf waarin de neurale netwerken ingewikkelder gemaakt konden worden en ze complexe problemen aankonden. Toen kreeg je rond 1996 een piek in publicaties, daarna stortte het eventjes in, maar vanaf 2005 is er weer een hele opleving van neurale netwerken. Een enorme revolutie van machine learning met neurale netwerken.”

### Promotieonderzoek – handschriftherkenning

In zijn promotietraject heeft Lambert Schomaker onderzoek gedaan in machine learning en de mogelijke toepassingen daarvan in handschriftherkenning en computersimulatie van motoriek. Het doel van zijn promotieproject was om een computermodel te ontwikkelen dat in staat zou zijn om handschriften te genereren. Een observatie die essentieel is voor zijn onderzoek, is dat het handschrift ruimtelijke en tijdelijke karakteristieken heeft. Elke schrijver bezit zijn eigen schrijfstijl. Er is dus variatie in schrijfstijl tussen verschillende schrijvers, maar tegelijkertijd is er ook variatie in het geschrift van elke schrijver afzonderlijk. Schomaker was daarom begonnen met het bestuderen van de fysiologische processen die betrokken zijn bij het menselijke schrijfproces. Om de belangstelling in het onderliggende schrijfproces te kunnen begrijpen, moeten we teruggaan in de tijd, naar de jaren vijftig, toen de eerste algoritmen van patroon- en beeldherkenning werden ontwikkeld. Men begon toen de rekenkracht van de nieuw ontwikkelde computers te benutten. De eerste algoritmes van patroonherkenning waren gebaseerd op een logische-symbolische benadering. Bij elk individueel beeldelement ('pixel') werd een

binaire waarde toegekend en vervolgens werd die opgevat als een logische propositie. Twee beelden konden dus met elkaar vergeleken worden door de corresponderende logische proposities te vergelijken. Deze algoritmes konden wel succesvol machinale drukletters herkennen, maar de automatische herkenning van handgeschreven tekst in een vrije stijl bleek echter een bijzondere uitdaging te zijn [5]. Dat ligt voornamelijk aan het feit dat er een grote variatie zit in het geschrift van een specifieke schrijver. Schomaker vat het samen in zijn oratie:

“De complexiteit van de woordbeschrijvingen voor alle mogelijke stijlen is fenomenaal en computationele belasting van het doorzoeken van de grote verzameling symbolische structuren wordt al snel te groot, ook voor de computer van vandaag (2001) en volgend jaar. De menselijke patroongenerator blijkt in staat te zijn tot een bijna oneindige variatie van vormen in het platte vlak.”

Het bleek dus dat een andere benadering dan de methoden uit de logica nodig was. Men begon gereedschappen uit andere wiskundige disciplines te gebruiken, zoals de statistiek, de meetkunde, de lineaire algebra en de signaaltheorie.

“In de jaren tachtig ontstond er een stroomversnelling in de patroonherkenning door de verdere ontwikkeling van Markovmodellen, neurale netwerken en Bayesiaanse methoden. In essentie gaat het erom dat deze methoden, expliciet of impliciet, statistisch van aard zijn. In plaats van het opdringen van een op symbolische manipulatie gebaseerd formalisme, is het uitgangspunt het volgende: indien er sprake is van regelmaat in gegevens, dan moet er een algoritme bestaan dat deze regelmaat kan detecteren. [...] Uitgaande van een in de Nijmeegse Schrijfonderzoeksgroep ontwikkelde theorie over het schrijfproces, kan men de beweging van de penpunt onderverdelen in halen. [...]”



**Figuur 2** Het woord algebra, geschreven door acht schrijvers (rijen), ieder vier keer (kolommen).



**Figuur 3** Een woord is vaak niet meer dan een krabbel inkt.

In zijn promotieonderzoek had Schomaker bedacht dat het herkennen van afzonderlijke letters in een handschrift niet zal werken: “Een geschreven woord is vaak niet meer dan een krabbel inkt (zie Figuur 3) zonder duidelijk herkenbare letters. Deze krabbel bevat echter genoeg informatie voor digitale herkenning van het hele woord.” [4]

Laten we dit in het volgende voorbeeld uit Schomakers oratie bezien:

“Spectraalanalyse wijst op een sterke periodiciteit van de beweging, van 5 Hertz. Berekening van de gemiddelde schrijfduur per haal wijst uit dat een enkelvoudige beweging in schrift wordt begrensd door minima in de schrijfsnelheid. Een modale haal in het schrijfproces duurt ongeveer 100 milliseconden. Het verticale snelheidspatroon van twee opeenvolgende halen benadert een volledige periode van een sinusoïde.”

*Wat waren de grootste ontwikkelingen in machine learning die een invloed hadden op uw promotieonderzoek?*

“Die periode was de periode waarin kunstmatige intelligentie langzaam overging van het symbolische denken — wat voor computers heel nuttig was maar voor *computer vision* vrijwel onbruikbaar — naar neurale netwerken van de tweede generatie. In

mijn proefschrift zitten inderdaad elementen van de traditionele symbolische benadering, maar ik was van de generatie die meteen heel enthousiast was over die nieuwe neurale netwerken.”

### Onderzoek in machine learning

Na zijn promotie en tot 2001 had Schomaker een onderzoeksaanstelling in Nijmegen. In 2001 is hij hoogleraar kunstmatige intelligentie in Groningen geworden. Hij is projectcoördinator geweest van verschillende Europese projecten over machine learning, patroon- en handschriftherkenning en robotica. Zijn aandacht lag, en ligt nog steeds, voornamelijk bij neurale netwerken.

*We horen vaak dat neurale netwerken niet transparant zijn en dat we niet precies kunnen weten hoe ze tot een specifieke uitkomst zijn gekomen. Ze worden vaak een ‘black box’ genoemd! Is dat een grote beperking?*

“Dat is een vraag die vaak naar voren kwam bij lezingen en conferenties, er was een verwijt over neurale netwerken dat ze niet transparant waren of dat je niet begreep wat ze deden. Ik denk dat het belangrijk is in zo’n systeem, zoals een neuraal netwerk, dat het zich voorspelbaar gedraagt en dat je dus de statistiek begrijpt van de antwoorden van het systeem, dat je daarin vertrouwen kunt hebben. Er zijn een heleboel instrumenten in de wereld die eigenlijk niet heel goed begrepen worden, maar die gebruikt worden omdat de statistiek van de meting heel goed bekend is. Het voorbeeld dat ik graag altijd gebruik is de bloeddrukmeting. Als je bloeddruk wilt meten, denk ik dat je een naald in een ader moet steken en daar een sensor aan moet verbinden en de meting dan moet omschalen naar de echte druk. Maar deze invasieve methode mag dan wel exact zijn, hij is ook gevaarlijk. Dus er is een uitvinding gedaan dat als je de biceps met een band afklemt en je luistert met een stethoscoop, dat je dan langzaam maar zeker hoort dat het bloed wordt afgeknepen en dan ontstaat er een idee van onderdruk en bovendruk. Dat is volgens mij helemaal niet zo’n transparant en duidelijk systeem! Maar de methode is niet invasief, wordt geaccepteerd, en vervolgens verzamel je je statistiek en je krijgt er vertrouwen in. En ik denk dat dit ook voor neurale netwerken geldt.”

*U sprak over de statistiek en de betrouwbaarheid van de uitkomsten van een model. Wat voor gereedschap gebruikt men om dat te doen?*

“Er zijn verschillende methodes. De eerste, die ik al genoemd heb, is dat je kijkt naar een heleboel datasets en dat je dan, ook door de tijd heen, in de gaten blijft houden wat fout is, wat je systeem levert en wat je had verwacht. Maar je wil soms inderdaad iets meer begrijpen. Wat we gebruiken als methode is dat je uit een werkend neuraal netwerk metingen neemt en daar de statistiek van gaat bepalen, om te snappen wat het netwerk heeft geleerd. En dan kun je alle statistische methodes toepassen op de interne representaties van het neurale netwerk. Soms komen er hele interessante resultaten uit, en in principe is die manier van analyseren al bekend van de tweede golf van neurale netwerken. Dus als je dat wilt dan is het helemaal niet zo’n black box, maar dan kun je begrijpen wat er aan de hand is.”

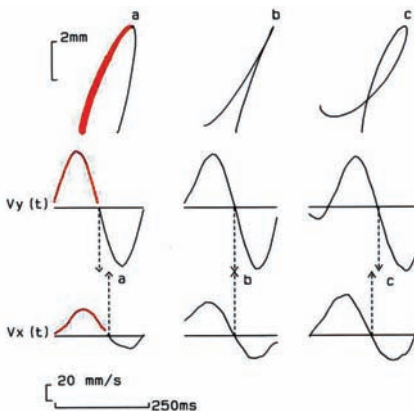
*En presteert een neuraal netwerk beter dan een systeem waarin alle regels expliciet bepaald worden en je daardoor precies kunt weten wat het systeem doet?*

“Als je een ingewikkeld systeem hebt, dan zitten er zoveel regels in dat geen mens in redelijkheid snapt wat er aan de hand is. Een complex systeem kan ongeveer tienduizend regels bevatten en is het onderhoud van al deze regels dus een enorme klus. Ik denk, en ik vind dat belangrijk, dat als je voor een neuraal netwerk een goed onderbouwde statistiek hebt, dus welke getallen je kunt verwachten met welke kansen, dan heb je een kwalificatie van het systeem. Als je een systeem expliciet probeert uit te schrijven dan is het veel te data-intensief.”

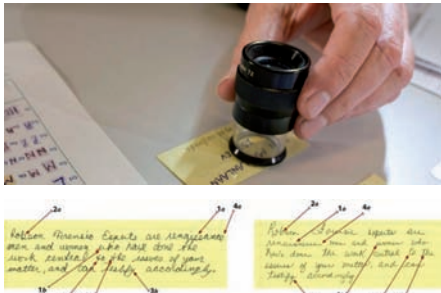
### Forensisch onderzoek en de Dode Zeerollen

Handschriftanalyse is van groot belang bij forensisch onderzoek en bij het bestuderen van historische handschriften. Schomaker heeft verschillende projecten uitgevoerd, promovendi begeleid en een significante bijdrage geleverd in beide gebieden.

Bij het forensisch onderzoek is handschriftanalyse vaak gebruikt bij het oplossen van misdaden. Er is bijvoorbeeld een miltvuurbrief ontvangen met een handgeschreven adres, of een brief waarin losgeld wordt geëist. Vervolgens wil de politie natuurlijk weten of dit geschreven is door



**Figuur 4** Halendefinitie op basis van snelheid en faseverschil tussen horizontale en verticale snelheid. De drie hoofdvormen zijn hier gegeven.



Figuur 5 Forensisch onderzoek naar handschriften.

een eventuele verdachte. Daarbij gebruiken ze een forensisch expert. Die vergelijkt het handschrift met dat van de verdachte en zegt vervolgens of het gaat om dezelfde persoon. Maar dit is een subjectief proces. Bovendien kan de expert bevooroordeeld zijn. Lambert Schomaker en Marius Bulacu, gepromoveerd onder begeleiding van Schomaker, hebben software ontwikkeld die gebruikt kan worden om tot een overtuigende conclusie te kunnen komen. Met hun software heeft de forensisch expert een hulpmiddel om zijn oordeel te onderbouwen [1, 2, 6].

De Dode Zeerollen behoren tot de belangrijkste archeologische vondsten ooit. Halverwege de vorige eeuw werden in de grotten rond Qumran bijna duizend manuscripten ontdekt uit de tijd vóór en rond het begin van onze jaartelling. Ze bieden een unieke inkijk in het ontstaan van wat later de Bijbel is gaan heten. “De inhoud van de rollen weten we,” vertelt Mladen Popović, directeur van het wereldvermaarde Qumran Instituut van de Rijksuniversiteit Groningen, “maar we willen ook de wereld achter de geschriften kennen. Wie schreef welke tekst of tekstdelen? En hoe zat die schrijverscultuur in elkaar? Daarmee komen we in zekere zin bij de bronnen van onze cultuur.” Om antwoord te vinden op

zijn vragen heeft hij met Lambert Schomaker samengewerkt. In het Artificial Intelligence Institute van de RUG is een systeem ontwikkeld voor de ontsluiting van historische en handgeschreven archieven: MONK. Ook alle fragmenten van de Dode Zeerollen zijn ingevoerd. MONK moet nu leren letters, woorden en handschriften te herkennen. Popović: “MONK ziet meer dan je met het oog kunt zien. Het systeem houdt bijvoorbeeld ook rekening met spierkracht, penvoering, het materiaal dat gebruikt is. Op die manier kun je de unieke kenmerken van een schrijver op het spoor komen.” Zo wordt het mogelijk te achterhalen wie welke teksten schreef, of er één of meerdere mensen aan een tekst werkten en hoe belangrijk hun rol was. Zo is het mogelijk de Dode Zeerollen en de cultuur waar zij uit voortkwamen nog beter te begrijpen [3, 6].

#### Van ML naar kunstmatige intelligentie

Voordat ik Lambert Schomaker had gesproken, wist ik al dat er nog steeds veel uitdagingen en open problemen voor de hand liggen om over intelligente systemen te kunnen spreken. Afgelopen vijftig jaar heeft men grotendeels met twijfel gereageerd op de vraag of het mogelijk is om een intelligent systeem te bouwen. Ook binnen Nederland heeft het lang geduurd voordat kunstmatige intelligentie een prominente plek kon krijgen binnen de wetenschap, voornamelijk vanwege de twijfels rondom de toekomst en het karakter van kunstmatige intelligentie. Onder anderen ook de informaticus Edsger Dijkstra, winnaar van de prestigieuze Turing-prijs, heeft vaak zijn mening daarover geuit. In een verslag, geschreven toen hij hoogleraar in Austin was, lezen we het volgende:

“The Fathers of the field had been pretty confusing: John von Neumann speculated about computers and the human brain in analogies sufficiently wild to be worthy of a medieval thinker and Alan M. Turing thought about criteria to settle the question of whether Machines Can Think, a question of which we now know that it is about as relevant as the question of whether Submarines Can Swim.”

Dat schreef Edsger Dijkstra in 1984. Nu, anno 2018, stel ik aan Lambert Schomaker precies dezelfde vraag.

*We hebben het lang over machine learning gehad maar hoe ver zijn we eigenlijk van een systeem dat echt kan leren?*

Schomakers visie op de toekomst van machine learning is voornamelijk gebaseerd op twee kernprincipes: het leerproces van het neurale netwerk moet dynamisch en zelfstandig worden!

“Het gaat nu echt heel snel! We hebben Go gehad, dat aanvankelijk in de eerste opzet werd getraind op basis van expert games. Toen kwam er kritiek uit ons eigen vakgebied, maar ook uit het algemeen publiek: het is inderdaad geen AI, het is in feite *intelligence by proxy*, je hebt het systeem getraind met menselijke voorbeelden. Dat hebben ze zich bij DeepMind aangetrokken, en ze zijn terug gegaan naar AlphaGo Zero en toen is het systeem opnieuw getraind met alleen de regels van het spel, en ook dan was het systeem beter. Hij heeft wel heel vaak tegen zichzelf gespeeld, in een simulatie kan het systeem tegen zichzelf spelen en de gewichten van zo'n neurale netwerk worden geüpdatet.”

*Leert AlphaZero ook tijdens het spel?*

“Nee, dat is daar helemaal uitgeschakeld. Daar is ook een scheiding tussen een laboratoriumfase en een operationele fase. Het is een statisch systeem! Ik vind het schakelen naar een dynamisch leerproces met *constant learning* een van de belangrijke stappen die we moeten maken in de toekomst. En dat staat in mijn agenda om te proberen!”

*En hoe worden tegenwoordig neurale netwerken in de praktijk getraind?*

“Wat men tegenwoordig doet is een dataset opsplitsen in twee delen, een deel van de data wordt gebruikt om een probleem



Figuur 6 Fragmenten van de Dode Zeerollen.



Figuur 7 Beeld uit AlphaGo Zero-promo van DeepMind.

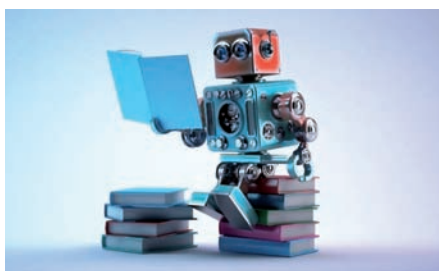
te leren en het tweede deel wordt gebruikt om het systeem te testen. De dataset wordt ook vaak gekozen zodat die stationair en gebalanceerd is. Maar dat is geen AI! Mijn kritiek op dat paradigma is dat een systeem dat op deze manier getraind is, zelden werkt in de echte wereld, als er echte data komt, die vaak niet stationair is en vaak ruis bevat. AI is dat het systeem zelf in de gaten houdt wanneer het aangepast moet worden, dat het de veranderingen in de echte data kan detecteren en vervolgens zelf de geleerde patronen kan aanpassen. Daar zijn technieken voor, bijvoorbeeld *concept drift* om er een te noemen. Ik vind het realistischer om toe te gaan naar systemen die in staat zijn om over een langere periode de verandering van het onderliggende systeem op te pakken.”

Schomaker vervolgt: “Hier wil ik nog iets aan toevoegen waar we het nog niet over hebben gehad: de leervoorbeelden. Dus overal waar je veel voorbeelden hebt, heb je enorm succes, waar je geen voorbeelden hebt is het een stuk lastiger. *Unsupervised learning* noemen we dat, waarbij het systeem alleen naar de data kijkt zonder dat

het afhankelijk is van een target of labeled dataset. Een target dataset zegt wat het systeem gedaan zou moeten hebben. Maar om die gelabelde data te verzamelen is in sommige toepassingen erg kostbaar! We zijn in een overgangsfase waarin de kunstmatige systemen heel veel lenen van de menselijke feedback.”

Tijdens mijn gesprek met Lambert Schomaker realiseerde ik me dat machine learning een alternatieve methode aanbiedt om de wereld rond ons te kunnen analyseren, een alternatieve methode om fenomenen te kunnen bestuderen.

“Wat je ziet is dat de manier waarop ik zelf ben opgeleid destijds is dat je naar een



fenomeen kijkt, en dan moet je het probleem snappen, je moet het abstraheren, en je moet het modelleren en dan heb je het probleem in de greep. En daarover is veel te zeggen. Als je de middelen hebt om dat te doen, dan zou ik zeggen probeer het en als dat je lukt dan is dat enorm bevredigend. Maar is dat altijd wat je wilt? Is dat altijd begrijpen wat er nodig is?”

Deze laatste vraag heb ik meegenomen naar huis en erover nagedacht. Laten we even teruggaan naar het voorbeeld met de meting van je bloeddruk. Je hoeft eigenlijk niet in alle detail te weten hoe je lichaam werkt om je bloeddruk te meten en vertrouwen te hebben in die meting! Zolang er een betrouwbare statistiek bestaat kun je die gebruiken om iets te zeggen over je gezondheid!

“In een industriële setting is de prestatie van een systeem toch eigenlijk belangrijker dan het begrip. Ik denk dat waar het kan je moet proberen het fenomeen expliciet te modelleren, maar is het toch ook niet zo dat het wiskundig gezien juist heel interessant is om na te denken over de eigenschappen waar problemen aan moeten voldoen zodat ze automatisch geschat kunnen worden! Dus dan richt je je wiskunde niet meer op het modelleren van het fenomeen in de buitenwereld, maar die richt je dus op de fundamentele wiskundige eigenschappen van problemen die te schatten zijn, die op te lossen zijn met een automatisch rekenproces. En dat is toch wiskundig gezien een fantastische uitdaging! Ik vind het een hele leuke tijd waarin er zoveel successen zijn en zoveel nieuwe vergezichten aandienen!”

Met deze boodschap voor de toekomst wil ik dit, voor mij erg leerzame en inspirerende, interview afsluiten. Ik wil professor Lambert Schomaker bedanken voor de prettige discussie! ☺

## Referenties

- 1 A.A. Brink, *Robust and Applicable Handwriting Biometrics*, proefschrift, RUG, 2011.
- 2 M.L. Bulacu, *Statistical Pattern Recognition for Automatic Writer Identification and Verification*, proefschrift, Artificial Intelligence Institute, RUG, 2007.
- 3 M. Dhali, S. He, M. Popovic, E. Tigchelaar en L. Schomaker, A digital palaeographic approach towards writer identification in the Dead Sea Scrolls, in *Proceedings of the 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, Vol. 1, 2017, pp. 693–702.
- 4 L. Schomaker, *Simulation and Recognition of Handwritten Movements*, proefschrift, 1991.
- 5 L. Schomaker, Patronen en symbolen: een wereld door het oog van de machine, oratie, 2002.
- 6 rug.nl/nieuws.