

# Zenuw-achtige Elektronica

## Neurale netwerken in de lift

*Iedereen, van filmregisseur tot wetenschapper, is geboeid door de vraag: lukt het ooit het menselijk brein na te bouwen? Slagen we er in een elektronisch neuraal netwerk te bouwen, net zo superieur aan de conventionele computer als onze hersens? Ook de UT doet er onderzoek naar. Studium generale organiseerde er een cyclus over en had drie maal uitverkocht huis.*

Ondanks zijn onheilspellende voorgevoelens stapt de nachtwaker tussen de liftdeuren, steekt zijn hoofd in de liftschacht en kijkt omhoog waar de cabine is gebleven. Op dat moment schieten de deuren weer met kracht toe en omklemmen zijn nek. Vol angst dat hij wordt gewurgd hoort hij boven zich de lift in beweging komen. Naar beneden.

Een aangrijpende scène uit de film 'De Lift' van Dick Maas. De nachtwaker blijkt niet het laatste slachtoffer. Nog meer onschuldigen vinden op gruwelijke wijze de dood. Ten slotte achterhaalt een dappere monteur de oorzaak: de experimentele computer die de lift bestuurt blijkt het heft zelf in handen te hebben genomen. En hij beschikt niet over zo'n prettig karakter.

Kan zoiets al werkelijkheid zijn? Het moordlustige instrument dat Maas als een glibberige, aanzwellende hoop snot op het witte doek zet, heeft in elk geval wel zijn óorsprong in de realiteit. Daar noemt men ze elektronische neurale netwerken. Dat ze tot de verbeelding spreken bleek wel uit de overweldigende belangstelling voor drie bijeenkomsten van Studium Generale waar 'neurale netwerken' het thema was.

De structuur van elektronische neurale netwerken is afgeleid van de hersenen. Onder het menselijk schedeldak bevinden zich - bij benadering - 10 miljard zenuwcellen, onderling verbonden binnen een netwerk. Via zogeheten dendrietten, waarvan een cel er altijd meerdere heeft, komen de impulsen de cel binnen. Als de som van die impulsen een drempel overschrijdt levert de cel zelf een impuls. Die vertrekt via de enige uitgang - het axon - en gaat op weg naar volgende zenuwcellen.

## Leren door je hersens te gebruiken.

Een specifiek kenmerk van hersenen is het leervermogen. In tegenstelling tot computers hoeven deze biologische netwerken niet volgestopt te worden met nauwkeurig uitgewerkte instructies, de programma's. Ze 'schrijven' hun eigen programma. Al decennia trachten geleerden dit fenomeen na te bouwen. Zij boeken daarmee uiteindelijk enig succes. Vertaalcomputers zijn daarvan een voorbeeld. Leren kan worden gedefinieerd als het vermogen tot aanpassen aan veranderende omstandigheden. Hersenen, maar ook moderne elektronische neurale netwerken hebben die capaciteit. Iets dat prof.dr.ir. L.A.M. Verbeek, emeritus hoogleraar informatica altijd mateloos boeide.

In zijn Studium Generale-voordracht legde hij uit dat onder invloed van impulsen - lees: door je hersens te gebruiken - de verbinding tussen je hersencellen verandert. Zijn de impulsen erg sterk dan activeert de cel en geeft ook weer signalen af. De impulsen laten op die manier een gevoeligheid, een spoor achter in de hersenen. Dit spoor maakt het mogelijk te anticiperen op volgende, soortgelijke impulsen: het neurale netwerk - hersenen of computersysteem - heeft

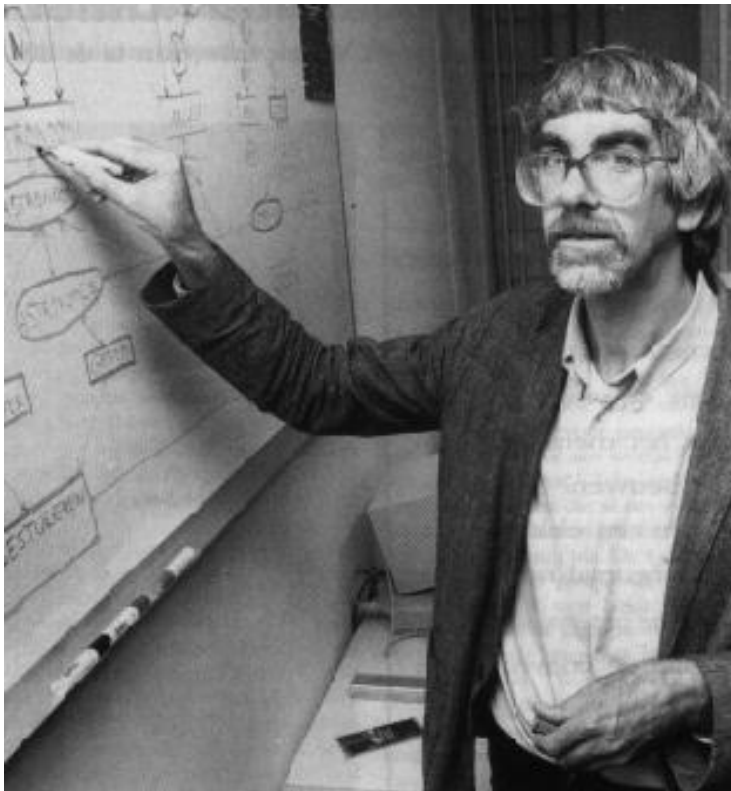
geleerd. Het gedrag van het netwerk is veranderd. Gelukkig in realiteit niet zo dramatisch als in Maas' film.

## Monsters van Frankenstein

De allereerste pogingen om het menselijk brein na te bouwen werden vooral ondernomen om de werking van de hersenen beter te kunnen doorgronden. "Zeker niet om monsters van Frankenstein te creëren." Pas later zag men praktisch nut in de manier waarop signalen in neurale netwerken parallel hun weg vinden. Traditionele computers werken serieel; verwerkingseenheden in serie worden om beurten ingeschakeld. Als één eenheid uitvalt, valt het totale systeem uit. Door paralleliteit worden systemen veel minder kwetsbaar en kunnen bovendien meerdere opdrachten tegelijk aan. Oud UT-hoogleraar Verbeek daarover: "Valt in uw grijze massa een cel uit, iets wat dagelijks vele malen gebeurt, dan merkt u daar niets van. Andere cellen met axons en dendrieten nemen de functies over. We kunnen tegelijkertijd praten, zien dat het buiten regent, rondlopen om koffie te schenken en letten op de reacties van anderen. Een vergelijkbaar kunstmatig systeem is in veel gevallen van groot belang, denk bijvoorbeeld maar aan de automatische piloot van een vliegtuig."

Nadat Verbeek in 1987 de UT verliet volgde prof.dr.ir. A. Nijholt hem op. Nijholt kan minstens zo begeistert praten over de parallelle werking van het menselijke brein. Staande naast het schoolbord, waarop hij zijn betoog voortdurend ondersteunt met snel getekende cirkels en lijnen, maakt hij duidelijk waar hij en zijn collega's de komende jaren aan willen gaan werken: "Natuurlijke-taalanalyse met neurale netwerken". Zo'n titel vraagt om uitleg.

"Onze hersens werken tegelijk op tal van niveaus die met elkaar interacteren. Als je een beeld waarneemt zie je in feite een aantal lijnen, zonder betekenis. Door het leerproces dat zich in de hersenen heeft afgespeeld is er ook een interpretatie op hoger niveau mogelijk waardoor je weet dat die lijnen een raam, of een kast voorstellen." Deze voor hersenen simpele activiteiten laten uitvoeren door elektronica blijkt een zware dobber. Mondiaal zijn duizenden wetenschappers er al decennia mee bezig en nog altijd zijn ze een eind verwijderd van een netwerk met werkelijk menselijke trekjes.



Het eerste neurale netwerk stamt uit 1943. McCulloch en Pits kregen het voor elkaar een aantal 'zenuwcellen' via vele verbindingen met elkaar in contact te brengen. Een belangrijk kenmerk van neurale netwerken werd gerealiseerd: via de verbindingen werden impulsen doorgegeven naar de volgende cel. Werd de drempelwaarde overschreden dan werd de cel actief en ging zelf impulsen afgeven.

### 'Backpropagation'

Het model van McCulloch en Pits kon echter nog niet leren. De waarden van de verbindingen en de drempelwaarden lagen voor eens en altijd vast. Later is het wel gelukt een zelflerend apparaat te bouwen.

Een werkelijke stap vooruit kwam pas begin jaren tachtig. Het

onderzoek rond neurale netwerken, dat sinds de jaren zestig kwijnend voortbestond, leefde plots op met de ontdekking van de 'backpropagation' leerregel. Die regel is te begrijpen door het netwerk voor te stellen als een aantal rijen cellen, onderling met elkaar verbonden. Krijgt het netwerk de opdracht een letter te herkennen en te reproduceren in bijvoorbeeld morsecode dan zal dat de eerste keer slecht lukken. Daarom wordt het eindresultaat vergeleken met wat de bedoeling was en wordt met de leerregel uitgerekend waar in de outputrij er bij de vertaalslag iets fout is gegaan. Als de fout ontdekt is kan worden berekend waar de oorzaak van de fout ligt in de voorafgaande rij cellen, enzovoorts. Uiteindelijk belanden we bij de inputlaag. Vervolgens wordt opnieuw een letter ter vertaling ingevoerd. Dit proces van terugkoppeling herhaalt zich vele malen en ten slotte zal het netwerk alle letters van het alfabet foutloos omzetten in morse.

Een spectaculaire toepassing van de 'backpropagation' leerregel is 'Nettalk'. Deze simulatie van een neurale netwerk kan in één nacht de uitspraak van elke taal leren. Het model krijgt geschreven tekst aangeboden die het omzet in klanken. In eerste instantie onverstaanbaar. Maar als consequent wordt voorgelezen hoe het wel moet, leert 'Nettalk' binnen een uur of acht elke taal correct uitspreken.

## Syntaxis

Het onderzoek waar Nijholt en zijn medewerkers mee aan de slag willen, zal ook gebruik maken van de 'backpropagation' leerregel. De opzet is een model te bouwen dat de syntaxis - de structuur - van een zin kan herkennen en ontleden in werkwoord, zelfstandig naamwoord, et cetera. Voor een dergelijke op het oog betrekkelijk eenvoudige omzetting is een zeer ingenieus apparaat nodig, stelt Nijholt, die weer plaats neemt bij het bord en opschrijft: "Door de trap sloeg de deur dicht." Het lijdend voorwerp is hier overduidelijk 'de deur'. Maar wat moet het apparaat wel niet denken van de zin: "Door de trap raakte Jan buiten adem". Om dat in goede banen te leiden is veel inventiviteit nodig. "En lukt ons dat, dan hebben we nog maar een netwerk dat een zin syntactisch ontleedt. Een mens is in staat op veel meer niveaus tegelijk te opereren. Van zo'n zin kan onze brein niet alleen de betekenis vaststellen, maar in diezelfde seconde ook nog het beoogde effect. Daarom antwoorden we op de vraag "weet u hoe laat het is?" niet met "ja" maar met het noemen van een tijdstip." Om dat allemaal in een elektronisch neurale netwerk te stoppen moet het alleen al voor het betekenisgevende vermogen net zoveel cellen bevatten als de Dikke Van Dale woordverklaringen.

Nijholt heeft zijn einddoel bewust bescheiden gehouden. "De één na de ander komt met beloftes op het gebied van taal- en vertaalcomputers. Maar alle toepassingen hebben aanzienlijke beperkingen en ze werken zeker niet foutloos. Wij willen een systeem ontwerpen dat parallel werkt, met een massaliteit aan cellen. En ons doel is niet om het menselijk taalverwerkingsproces te beschrijven, maar we gebruiken taal om tot een output te komen, namelijk de zinsstructuur."

Overigens beschikt Informatica reeds over een demonstratiemodel dat zinnen kan ontleden. Het kan zinnen van twee woorden aan, en schrikt zelfs niet terug voor hoofdbrekers als 'Fietsen fietsen'.

Martin van Zaalen