

nu om alledaagse taken of om taken van experts gaat, de toepassingen van patroonherkenning zijn legio.

De problemen die bij het herkennen van patronen komen kijken zijn echter ook legio, zoals bij de 'digitale assistent' van Apple bleek. En de problemen van Apple zijn nog niets vergeleken met die van bijvoorbeeld moderne girocentrales. Bij het automatisch lezen van overschrijvingen gaat het immers bepaald niet om het netjes geschreven handschrift van een goedwillende computergebruiker, maar om miljoenen krabbels van evenzovele gehaaste thuisbankiers. Geen wonder dat het percentage automatisch herkende overschrijvingen nog slechts vijftienvertig procent bedraagt.

Om dit soort problemen op te lossen, worden voor patroonherkenning tegenwoordig steeds vaker zogeheten *neurale netwerken* ingezet. Dit zijn computerprogramma's die doen denken aan de neurale structuur van de menselijke hersenen. En zoals bekend is de mens nogal sterk in het herkennen van allerlei patronen in bijvoorbeeld geluiden en beelden. Met het herkennen van familie en kennissen aan de hand van hun stem of foto hebben wij doorgaans weinig problemen.

GEVOELIG

De neurale structuur van de hersenen kenmerkt zich door in netwerken gekoppelde neuronen, zoals hersencellen heten. Een neuron bestaat uit een kern met voelsprietten (*dendrieten*) en een lange uitloper (*axon*). Via de axonen en dendrieten worden signalen van neuron tot neuron doorgegeven in de vorm van chemische veranderingen en elektrische stroompjes. Een neuron krijgt signalen binnen van neuronen via zijn dendrieten en geeft via zijn axon signalen door aan andere neuronen.

Daarbij is niet elk neuron hetzelfde. Sommige neuronen zijn gevoeliger voor bepaalde signalen dan andere. Die gevoeligheid kan in de loop van de tijd onder invloed van binnenkomende signalen wijzigen. Op die manier krijg je onder invloed van buitenaf series neuronen die gemakkelijker signalen aan elkaar doorgeven dan andere. Op deze wijze leren mensen hun familie herkennen.

Een kunstmatig neurale netwerk laat zich wel vergelijken met biologische neuronen. Daarbij wordt de wijze

waarop de verschillende 'neuronen' informatie aan elkaar doorgeven, beïnvloed door een leerproces. Neurale netwerken kunnen leren van voorbeelden. Bovendien kunnen ze het geleerde in de praktijk brengen, ook al is de praktijksituatie niet exact hetzelfde als de leersituatie. In de leersituatie wordt geleerd een patroon te herkennen en niet zozeer om zaken heel exact te herkennen.

Een neurale netwerk leert iets door dat de wijze waarop signalen aan andere neuronen wordt doorgegeven, wordt bijgesteld. Neuronen geven signalen namelijk niet zomaar door aan andere neuronen. Op de binnenkomende signalen van een neuron wordt een berekening losgelaten en die berekening bepaalt de sterkte van het aan andere neuronen doorgegeven signaal.

Door dus aan de berekeningen van de verschillende neuronen te sleutelen kan men de uitvoer van het neurale netwerk beïnvloeden. Het blijkt mogelijk om die berekeningen zo systematisch bij te stellen, dat het netwerk bij een bepaalde invoer ook een bepaalde gewenste uitvoer geeft. Een krabbel wordt als A herkend, een vlek op een scherm als het hoofd van Pietersen. Overigens is het net als bij de mens niet precies bekend *hoe* bijvoorbeeld een gezicht als informatie in een neurale netwerk is opgeslagen.

Het leergedrag van neurale netwerken lijkt al met al veel meer op menselijk leren dan het leergedrag van het hiervoor beschreven vertaalcomputertje. Een klein kind hoeft maar een paar katten te hebben gezien om een algemeen idee van een kat te hebben en ze te herkennen, terwijl het vertaalcomputertje bij wijze van spreken van elke kat een plaatje zou moeten hebben om een kat in het algemeen te herkennen. Maar neurale netwerken lijken net als de mens concepten op te kunnen bouwen en associaties te maken. Zij leren inderdaad katten herkennen aan de hand van enkele voorbeelden.

Maar in plaats van katten kunnen het ook gezichten van mensen zijn die herkend moeten worden. Bij het Duitse Zentrum für Neuroinformatik heeft men een systeem ontwikkeld voor het identificeren van personen aan de hand van gezichtsherkenning. *ZN-Face* wordt door de Deutsche Bank voor bewakingsdoeleinden gebruikt.

Om toegang tot het gebouw te krijgen moet een medewerker zijn identiteitskaart laten inlezen en zijn gezicht

recht voor een spiegel houden. Achter de spiegel bevindt zich een digitale camera die het gezicht van de persoon opneemt, waarna het wordt vergeleken met de gegevens over zijn gezicht zoals die in het neurale netwerk vastliggen.

BAARDGROEI

In het geval van een nieuwe medewerker wordt het neurale netwerk eerst getraind het gezicht te leren herkennen. Hiertoe wordt op een aantal achtereenvolgende dagen een opname van het gezicht aan het neurale netwerk voorgelegd, waarbij het netwerk tevens de verzekering krijgt dat het echt om dezelfde medewerker gaat. In de trainingsfase wordt dus het antwoord bij de vraag geleverd. In een later stadium kan het netwerk het antwoord reproduceren wanneer het gezicht wordt getoond. Een gezicht is natuurlijk geen twee dagen hetzelfde, maar het neurale netwerk kijkt door oppervlakkige wijzigingen als baardgroei en *make-up* heen. Ook een ongeschoren kop wordt herkend.

Niet alleen in Duitsland, maar ook in Nederland wordt met neurale netwerken gewerkt. Zoals bij Smit Transformatoren in Nijmegen. Smit bouwt 'grootvermogen'-transformatoren voor gebruik in openbare elektriciteitsnetwerken en voor de industrie. Dergelijke transformatoren zetten elektriciteit van hoge spanning om in lage spanning en andersom en zitten bijvoorbeeld in de alledaagse deurbel en stereoversterker. Maar ze worden ook gebruikt bij de omzetting van stroom van hoogspanningskabels naar stroom voor gebruik in huis.

Het verschil tussen de transformator in een deurbel en die voor grootvermogen, is de omvang. Een grootvermogen-transformator heeft al gauw de omvang van een huis en een gewicht van zeshonderd ton. Ze worden doorgaans op maat geleverd; vrijwel alle onderdelen worden specifiek voor de desbetreffende klant ontwikkeld.

Het bouwen van zo'n unieke transformator kost vaak duizenden uren. Daarbij moeten zo'n twintigduizend verschillende componenten worden ontworpen en gemaakt. Het is dan ook zaak de tijdsbesteding van te voren zo precies mogelijk te kunnen inschatten. Voor die inschatting wordt sinds enige tijd een neurale netwerk gebruikt.

Smit Transformatoren is een van de