



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Modelpsychologie

Murre, J.M.J.; Ridderinkhof, K.R.

Publication date

2008

Document Version

Final published version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Murre, J. M. J., & Ridderinkhof, K. R. (2008). *Modelpsychologie*. Vossiuspers UvA.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Modellpsychologie

Vossiuspers UvA is een imprint van Amsterdam University Press.
Deze uitgave is totstandgekomen onder auspiciën van de Universiteit van Amsterdam.

Omslag: Crasborn BNO, Valkenburg a/d Geul
Opmaak: JAPES, Amsterdam
Foto omslag: Carmen Freudenthal, Amsterdam

ISBN 978 90 5629 545 5
e-ISBN 978 90 4850 802 0
© Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2008

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprerecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Modelpsychologie

Rede

uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar
aan de Universiteit van Amsterdam
op vrijdag 29 juni 2007

door

Jaap M.J. Murre
(hoogleraar Theoretische Neuropsychologie)

en

K. Richard Ridderinkhof
(hoogleraar Neurocognitieve ontwikkeling en veroudering)

 VOSSIUSPERS UVA

*Mijnheer de Rector Magnificus,
Mevrouw de Decaan,
Geachte aanwezigen,*

JM Mijn stelling is dat modellen een grotere rol zouden moeten spelen in de psychologie.

RR Dus de psychologie voldoet niet? Je onderschrijft het credo ‘Weg met de Psychologie!’ van collega Lamme?¹ Et tu, Brutae?

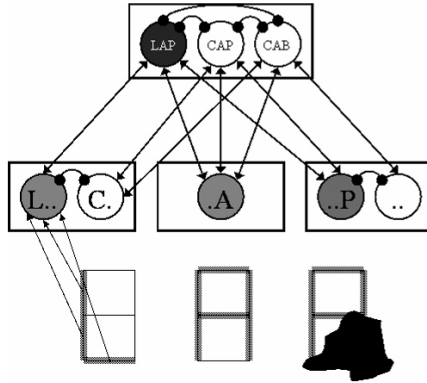
JM Zonder psychologie komen we niet ver natuurlijk. Maar ik bedoel eigenlijk dat de psychologie uiteindelijk niet verder komt zonder goede modellen en theorieën.

RR Modellen. Modellen bieden een verfraaide vereenvoudiging van de werkelijkheid. Zoals foto-modellen.

JM Ja, maar dan doel ik uiteraard meer op wetenschappelijke modellen, bijvoorbeeld een neuraal netwerk of een wiskundig model. Figuur 1 bijvoorbeeld toont een simpel model, een klein neuraal netwerkje. De verschillende rondjes stellen zenuwcellen voor, en de pijlen neurale verbindingen. De cellen wisselen signalen uit via deze verbindingen. De pijltjes hebben een positief effect en de rondjes een negatief effect. Helemaal onderaan worden een paar letters aangeboden. Dat is zeg maar het netvlies van het model.

Daarboven zit een laag cellen die letters kunnen herkennen. Helemaal bovenaan zitten cellen die woorden kunnen herkennen. Als je goed kijkt, zie je dat cellen in staat zijn tot herkenning omdat ze precies de goede verbindingen hebben.

De letterkenmerken activeren alle lettercellen die dat kenmerk gemeen hebben. En een woordcel als ‘LAP’ ontvangt signalen van de L-, A-, en P-cellen. Dit illustreert het belangrijkste principe van neurale netwerken: wat een neural netwerk kan, volgt direct uit de wijze waarop het verbonden is. Ofwel: functie wordt bepaald door structuur.



Figuur 1. Klein neurale netwerk voor woord- en letterherkenning. De pijlen geven exciterende (activerende) verbindingen aan, de bolletjes inhiberende (remmende).

Als we meer tijd hadden, zou ik kunnen uitleggen dat de verbindingen van dit soort netwerken kunnen ontstaan door leren op basis van voorbeelden. Bij mensen zouden we spreken van ervaringen. Dus: structuur wordt bepaald door ervaring. Het idee is nu dat onze hersenen volgens dezelfde principes werken als dit mini-model.

RR Als de functie wordt bepaald door de structuur, en als de structuur wordt bepaald door ervaring, dan wordt de functie dus mede bepaald door ervaring? Maar dat is interessant! Dat maakt het heel flexibel. Dan kan jouw neurale netwerk dus net een andere functie aannemen dan het mijne, omdat jij net iets anders ervaart, net iets anders leert dan ik. En zou je ook kunnen zeggen dat de ervaringen die zo'n model krijgt weer beïnvloed worden door de functies die het heeft opgebouwd? Dan zou het helemaal rond zijn.

JM Inderdaad, een model dat bijvoorbeeld veel Engelse woorden heeft gezien zal vervolgens heel anders reageren op Nederlandse woorden dan wanneer het steeds Nederlands zou hebben gezien. De leergeschiedenis bepaalt hoe een nieuw patroon, of een nieuwe ervaring, wordt geïnterpreteerd. Een ander principe van dit simpele model is dat het kan omgaan met vervormde of ontbrekende invoer. In Figuur 1 zit een vlek op de laatste letter, helemaal rechtsonder in beeld. En toch kan het model hier correct een P herkennen. Ook dat is weer terug te voeren op

MODELPSYCHOLOGIE

de verbindingstructuur. In dit geval krijgt de P hulp van boven: de LAP-cel helpt de P-cel.

McClelland en Rumelhart hebben in 1981 met een vergelijkbaar model – maar dan met veel meer letters en woorden! – laten zien dat je een hele range aan letterherkenningsexperimenten in detail kunt verklaren, inclusief de reactietijden. Dat zijn onderzoeken naar menselijk gedrag. Met dit soort modellen krijg je dus enerzijds beter inzicht in de principes van structuur en functie in de hersenen, en anderzijds meer inzicht in gedrag.

RR Het maakt dus nogal uit in welke omgeving een lerend model zich ontwikkelt.

JM Ja. Nog algemener kun je stellen dat het gedrag van een model sterk wordt bepaald door de omgeving waarin het functioneert. Soms lijkt gedrag heel complex te zijn, maar blijkt bij nadere bestudering dat het gedrag – ook leergedrag – heel simpele regels volgt, en dat de interactie met de omgeving desondanks complex is.

Het is dus niet alleen maar leuk om een model in de echte wereld te plaatsen; in sommige gevallen is dat zelfs noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van wat er zich nu echt afspeelt. Zie bijvoorbeeld Figuur 2. De vraag is dan: moet dit gedrag nu worden verklaard door een ingewikkeld model? Of zijn er algemene, vrij simpele principes aan het werk en wordt de schijnbare complexiteit veroorzaakt door de structuur van de wereld?

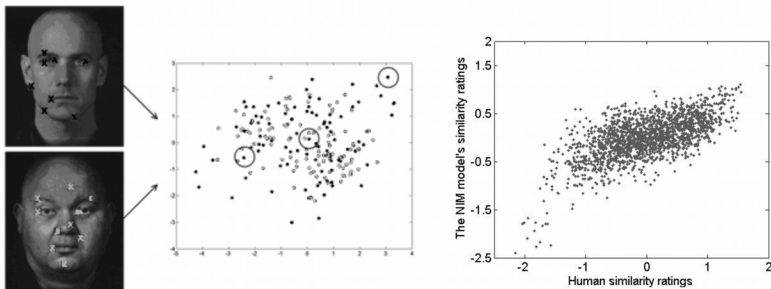


Figuur 2. Om een goed beeld te krijgen van wat zich afspeelt, moet een model in een bredere context geplaatst worden. Zonder bredere context is dit model niet eenduidig te duiden.

RR Dus het leren en de ontwikkeling kunnen dan een paar eenvoudige basisregels volgen, maar doordat je bijvoorbeeld in een Engelse omgeving opgroeit, ontstaat er een heel ander taalsysteem dan zeg in een Chinese omgeving? En gaat dat dan ook op voor de wereld die we visueel waarnemen?

JM Absoluut. Daarom zijn we er onlangs toe overgegaan om modellen te ontwikkelen die visuele patronen uit de echte wereld kunnen verwerken, bijvoorbeeld foto's van gezichten. Het model analyseert ze ongeveer zoals het visuele systeem en slaat ze dan op. Op die manier breng je een model direct in contact met de buitenwereld.

Je kunt het model ook precies dezelfde foto's van gezichten geven als je aan de echte proefpersonen geeft. Wij waren benieuwd of zo'n model gezichten op elkaar vindt lijken, net zoals proefpersonen dat ook doen. Dat bleek het geval te zijn. Dit is interessant omdat de regels die ten grondslag liggen aan de procedure die mensen volgen voor het vergelijken van twee gezichten heel complex lijken. Maar ons model is vrij simpel van opbouw. Het complexe oordeel over de gelijkennis komt tot stand op basis van de interactie van het model met de omgeving, in dit geval in de vorm van foto's.



Figuur 3. Correlatie tussen gelijkenisoordeelen van proefpersonen en het NIM model. De correlatie is 0.69 en is daarmee maar iets lager dan die van proefpersonen onderling (namelijk 0.72). Ontleend aan Lacroix, Murre, Postma, # van den Herik, 2006, *Cognitive Science*, 30, 121-145).

RR Dus als de proefpersonen vinden dat twee van deze gezichten op elkaar lijken, dan vind het model dat ook meestal?

MODELPSYCHOLOGIE

JM Juist. En daarmee heb je denk ik ook weer een interessante parallel te pakken tussen supermodellen en wetenschappelijke modellen. In tegenstelling tot de gezichten die we zien in Figuur 3 (links), is een supermodel een soort ideaalbeeld, dat werkt als een voorbeeld dat veel navolging kan hebben qua stijl. Een supermodel moet ook breed inzetbaar zijn met standaardmaten en makkelijk zijn aan te passen aan de situatie.

Dat is met een wetenschappelijk model bij voorkeur ook zo: dat het niet alleen op die ene dataset van vergeetcurves van alcoholische Korsakoff-patiënten van tussen de vijftig en zestig past, maar ook toegepast kan worden op andere datasets, eventueel door een paar parameters aan te passen. Een vergeetcurve is niets anders dan een grafiek die weergeeft hoe de herinnering aan iets afneemt met het verstrijken van de tijd. Verderop zullen we hiervan een voorbeeld tegenkomen: het klassieke geheugenexperiment van Ebbinghaus.

RR Modellen moeten dus slank en mager zijn?

JM Het klinkt misschien raar, maar ook een wetenschappelijke model moet zo mager mogelijk zijn. Je moet dat interpreteren als: zonder onnodige toeters en bellen. Dit wordt het principe van de parsimonie genoemd, dat in de middeleeuwen werd geformuleerd door de Engelse filosoof William of Ockham (1288 – ca. 1348). Het is bekend geworden als ‘Ockham’s Scheermes’: ‘Neem geen eenvoudigheid aan zonder noodzaak’.

RR Ah, dus je bent het eens met collega Han van der Maas: ‘Liever een simpel model dan een hoop geklets!’²

JM Ja, dat onderschrijf ik van harte! Einstein schreef over dit principe in 1933: ‘The supreme goal of all theory is to make the irreducible basic elements as simple and as few as possible without having to surrender the adequate representation of a single datum of experience’. Met andere woorden: ‘Theories should be as simple as possible, but no simpler’.

Graatmagere psychologische modellen dus. Hoe mager hangt af van het doel van het model. Een model dat zich richt op het verklaren van neurobiologische data zal misschien veel biologisch detail bevatten en daarmee ook veel parameters waaraan je kunt morrelen. Een gedragsmodel daarentegen zou kunnen bestaan uit enkel een stelsel van enige wiskundige vergelijkingen. Ook hier kan Ockham’s Scheermes dus fluks worden toegepast.

Een groot probleem van tegenwoordig is dat we nu proberen om gedrag en hersenen samen te begrijpen. Het is een enorme uitdaging om modellen te maken die zowel gedragsdata als biologische data kunnen verklaren en dan ook nog eens parsimoon zijn.

Waarom modellen?

RR Kun je nog eens helder uitleggen waarom we die psychologische modellen precies nodig hebben?

JM De psychologie verdrinkt in data. Zeker nu het nieuwe vakgebied cognitieve neurowetenschappen is ontstaan, neemt de database met experimentele data explosief toe. Er wordt veel te weinig gezocht naar algemene principes. En de wetmatigheden die gevonden zijn blijven relatief onbekend.

Deze overvloed aan data in de psychologie leidt tot grote problemen. Het is daardoor onmogelijk *overzicht* te krijgen. Zelfs met betrekking tot deelgebiedjes van de psychologie is dit voor specialisten uiterst moeilijk. Er ontstaan weinig duidelijke hoofdlijnen. Door de afwezigheid van algemene principes is er tevens sprake van een grote begripsverwarring. Dit bemoeilijkt het verkrijgen van overzicht nog meer.

Ook is het door deze overvloed aan gegevens moeilijk *inzicht* te krijgen. Om fenomenen echt te kunnen begrijpen, is het noodzakelijk dat er een compacte, eenduidige abstractie voorhanden is: een model dus. Zonder model is er slechts sprake van een verzameling feitjes die hopelijk enige samenhang vertonen, maar misschien ook niet.

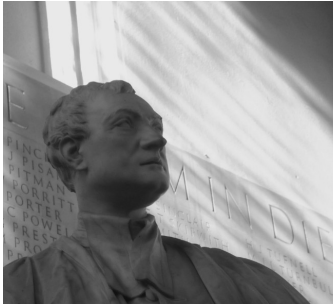
Neem als voorbeeld de natuurkunde, een vak waarin men erin is geslaagd om uit veel experimentaten uiteindelijk algemene principes te destilleren. Een leerboek voor eerstejaars natuurkundestudenten staat vol van dergelijke principes, aangevuld met wat rekenvoorbeelden en met heel sporadisch wat data van een specifiek experiment. Vergelijk dit met een leerboek voor eerstejaars-psychologie-studenten. Daarin vinden we het omgekeerde: hoofdzakelijk een beschrijving van heel veel experimenten, aangevuld met een bespreking van de belangrijkste fenomenen en met heel sporadisch een model, dat dan meestal ook nog heel simpel is en niet kwantitatief is uitgewerkt.

RR Maar zijn de natuurkundige modellen dan zoveel beter? Noem er eens een?

MODELPSYCHOLOGIE

JM Natuurkundige modellen zijn niet beter dan psychologische. Mijn stelling is alleen dat de natuurkunde er beter in slaagt om algemene principes te formuleren. De natuurkunde hecht daar meer waarde aan en stelt deze principes ook veel centraler.

Daarbij speelt de kunst van het weglaten een rol. Door bewust details te negeren en je aandacht te richten op hoofdlijnen, wordt het mogelijk een compacte beschrijving te geven die het inzicht in de fenomenen verdiept. Later kun je de details dan weer gaan toevoegen. Newton was hierin een meester. Hij negeerde wrijving en kon zo de formules die beweging en versnelling beschrijven in eerste instantie relatief simpel houden.



Figuur 4. Sir Isaac Newton. Standbeeld in Trinity College, Cambridge (foto's RR).

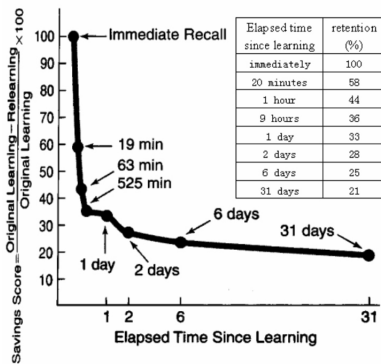
RR 'Qui genus humanum ingenio superavit': hij die het menselijk ras in genialiteit overstijgt. Overigens was de reden dat Newton probeerde de natuurwetten te doorgronden dat hij hoopte daarmee God nader te doorgronden. Enfin. Maar heb je nou ook iets aan zijn modellen?

JM Newtons theorie geeft ons onder andere het inzicht dat lichamen in de ruimte, bijvoorbeeld planeten, elkaar net zo aantrekken als een voorwerp dicht bij de grond wordt aangetrokken door de aarde. Dus vallende appels en draaiende manen worden beheerst door dezelfde principes. Dat is een diep inzicht.

Daarnaast heeft hij ook de wiskunde ontwikkeld die nodig is om de bewegingen van al die draaiende en vallende objecten precies te kunnen uitrekenen. Dat komt van pas als je projectielen wil afschieten, of bruggen wil bouwen, of gebouwen.

RR Waarom is de psychologie dan niet meer op modellen gericht? Volgens collega van der Maas missen psychologen de achtergrond om zelfs maar de treurigheid van dit gebrek te onderkennen... Wordt er op dit gebied dan helemaal niets ondernomen?

JM Integendeel. De voorlopers in ons vakgebied maakten al modellen. Bijvoorbeeld Ebbinghaus, die in 1885 niet alleen het vergeten nauwkeurig experimenteel in kaart bracht, maar die ook al onderzocht met welke wiskundige vergelijking zijn data het best werden beschreven (zie Figuur 5; daar komt die vergeetcurve):



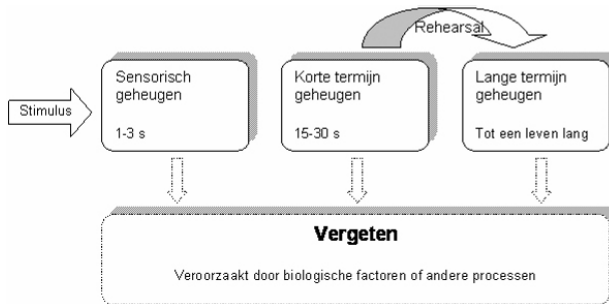
Figuur 5. Links: Klassieke curve die het vergeten van lettergrepen door Ebbinghaus weergeeft. Rechts: De geheugenonderzoeker Hermann Ebbinghaus.

Sindsdien is een kleine groep jaren bezig gebleven om modellen en kwantitatieve theorieën te formuleren, en met succes. Een voorbeeld is het model van Atkinson en Shiffrin uit 1968 (zie Figuur 6). Hiermee wordt, in een lijvig artikel, nauwkeurig beschreven hoe het kortetermijngeheugen werkt. Het model is wiskundig rigoreus uitgewerkt en kan veel data verklaren. Er is wel waardering voor deze aanpak, maar ook hierbij merk ik op dat er slechts uiterst oppervlakkig naar gekeken wordt. Want wat blijft er over van dit model in de leerboeken voor psychologie? Een enkel plaatje met een beschrijving van een alinea.

RR Is dat model zoals het in de leerboeken staat dan nog wel correct? Is het in deze vorm echt bruikbaar, of is het nog slechts een heuristiek? En zijn er ook slechte modellen?

MODELPSYCHOLOGIE

JM Het is correct in die zin dat er nog steeds veel experimentele gegevens uitstekend mee beschreven kunnen worden. Daarmee blijft het bruikbaar. Het is niet correct in die zin dat er sindsdien betere modellen zijn gemaakt. Maar dat is het lot van ieder model: vroeg of laat komt er een beter model. Newton moest het veld ruimen voor Einstein. Maar Newtons theorieën zijn in de praktijk nog steeds prima bruikbaar, tenzij je in de buurt van lichtsnelheid komt.



Figuur 6. Geheugenmodel van Atkinson en Shiffrin dat in deze vorm is te vinden in veel psychologische leerboeken en in 1968 gepubliceerd werd in K.W. Spence en J.T. Spence (red.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 2). New York: Academic Press.

RR Psychologische modellen (mits mager) kunnen dus, als het goed is, veel experimentele data beschrijven, net zoals natuurkundige modellen. Maar hebben ze ook, net als natuurkundige modellen, praktische toepasbaarheid?

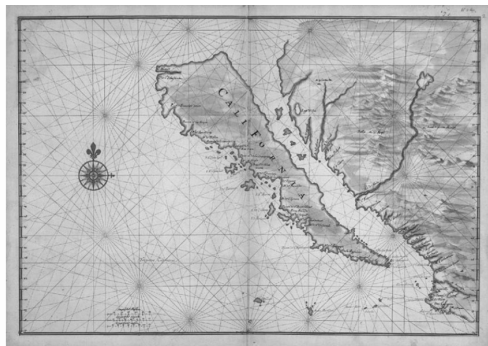
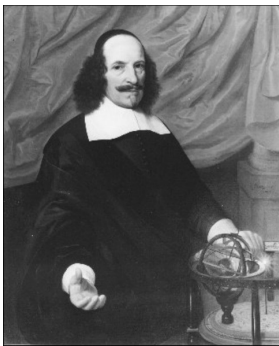
JM Als je bijvoorbeeld een model hebt dat precies beschrijft hoe we leren en vergeten, dan kun je in principe ook dat leren efficiënter maken, bijvoorbeeld door de momenten waarop je leert zo te plannen dat je het grootste effect hebt van je leerervaring. Dit zou belangrijk kunnen zijn voor het onderwijs, maar ook voor het bedrijfsleven waar men eveneens voortdurend met leerprocessen bezig is. Ook het optimaal aanbieden van tv-reclames is dan mogelijk. Dat zijn toepassingen die we zelf hebben uitgewerkt.

RR Volgens collega van der Maas bestaan er slechts weinig magere mathematische modellen van psychologische processen omdat het menselijk gedrag uitermate ingewikkeld in elkaar steekt. Misschien is gedrag zo complex dat we eerst meer

observaties moeten doen om tot een goede indruk te komen van wat we moeten beschrijven.

JM Dat lijkt soms het geval. In de neuropsychologie is het moeilijk om greep te krijgen op de fenomenen omdat patiënten meestal grote verschillen in hersenletsel laten zien. Het is bijvoorbeeld heel moeilijk om een groep van dertig patiënten met vergelijkbaar letsel te vinden. De meeste studies zijn gebaseerd op vijf tot tien patiënten en kunnen dus nauwelijks gebruikt worden voor streng formele modelvorming.

Maar ook dan kunnen modellen een belangrijke rol spelen, zij het meer een soort integrerende rol. De situatie in de neuropsychologie en sommige andere deelgebieden van de psychologie lijkt een beetje op het ontdekken van de nieuwe wereld door de West-Europeanen in de Gouden Eeuw. Kapiteins en admiraals verkenden onbekende kusten en binnenlanden en kwamen terug met logboeken over de door hen ontdekte landen. Dit kun je vergelijken met het onderzoek aan interessante patiënten.



Figuur 7. Links: Portret van Joan Blaeu (van uba.uva.nl). Rechts: Kaart van Baja Californië, afgebeeld als eiland (ontleend aan www.loc.gov). Een van de grootste misvattingen over de geografie van Noord-Amerika begon in 1622 toen kartografen op basis van een Spaans manuscript een groot deel van de westkust als een apart eiland afbeeldden. Deze fout bleef voortbestaan tot ver in de achttiende eeuw.

Kaartenmakers als Joan Blaeu tekenden al deze observaties in op de kaarten die ze vervaardigden, en de zeelieden konden met deze kaarten op hun beurt weer effec-

MODELPSYCHOLOGIE

tiever op verkenning. Uiteraard verliep dat niet altijd vlekkeloos, zoals te zien is aan de kaart van Californië uit 1622 in Figuur 7.

Het gaat er dan ook niet eens om ervoor te zorgen dat de modellen die we hebben 100% correct zijn. Alle modellen zijn fout. Daarmee bedoel ik dat er vrijwel altijd betere modellen kunnen worden ontwikkeld, of tenminste meeromvattende modellen. Ook blijven er vrijwel altijd data over die niet in het model passen, maar die toch steeds weer bevestigd worden.

Toch heeft het zin om zulke ‘foute’ modellen te ontwikkelen. De kaart van Californië is fout, maar toch is een deel ervan al correct. Het correcte deel kon zeelieden helpen, bijvoorbeeld om de monding van een rivier te vinden. Pas als een kapitein op het idee zou zijn gekomen om rond het eiland te gaan zeilen, zouden de problemen zijn gerezen.

RR Zo ken ik er ook een. Mijn enige naamgenoot in de wetenschap, achterneef Herman, ontdekte dat de zeekaart van de straat van Madagascar al honderden jaren niet deugde. Deze straat wordt al eeuwenlang gemedend door zeevaarders wegens de gevaarlijke en buitengemeen krachtige zuidelijke tegenstroom. Dat bleek onzin te zijn, zo ontdekte Herman: er staan wel wervelstromen, maar gevaarlijk, ach. Waarschijnlijk had ooit een of andere Portugese kapitein onder invloed van een paar flessen rum zijn schoener op de klippen gejaagd en toen tegen zijn boze reders gezegd dat er helse stromingen stonden.

Maar weer ter zake. Jij bouwt dus modellen van geheugenprocessen? Hoe ga je dan onderzoeken of je modellen kloppen?

JM Je gaat natuurlijk eerst kijken welke van de data die er zijn geproduceerd in honderd jaar experimentele psychologie kunnen worden verklaard door het model. Dan blijkt vaak dat er bepaalde omstandigheden zijn waar het model wel een uitspraak over doet, maar die toch nog niet onderzocht zijn. Een model kan dus nieuwe hypothesen genereren. Als die er interessant genoeg uit zien, dan kun je eventueel besluiten zelf de data te verzamelen om die hypothesen te toetsen.

Ik wil uiteraard niet stellen dat je alleen maar experimenten zou moeten doen als je eerst een model hebt, wat je vervolgens gaat testen. Soms worden hele nieuwe gebieden van onderzoek blootgelegd en die moeten eerst ontgonnen worden met experimenteel onderzoek. Een goed voorbeeld is de ontwikkeling van nieuwe hersenscantechnieken, zoals fMRI en EEG. Daarmee kunnen we de relatie tussen hersenen en gedrag veel beter bestuderen dan voorheen. Het is logisch dat

we eerst gaan kijken wat de data zijn, en dat we die dan gaandeweg in kaart brengen met behulp van modellen.

Daarmee komen we meer op jouw terrein. Jij kijkt toch naar executieve functies met fMRI en EEG? Wat is nou jouw model van executieve functies?

Cognitieve Controle

RR Executieve functies bestaan niet, dus daar hebben we ook geen model voor nodig.

JM Oh. Dus geen model, maar je hebt blijkbaar wel een theoretisch standpunt. Leg uit.

RR Executieve functies zijn veelgebruikte maar descriptieve labels, zeg maar gerust vage labels, voor de emergente functies die ontstaan als we specifieke neurocognitieve mechanismen benutten om in een bepaalde context en volgens een bepaalde strategie bepaalde taken uit te voeren.

JM Dat klinkt eigenlijk net zo vaag als ‘executieve functies’, maar dan met meer woorden.

RR Dank je! Zelf hanteer ik liever de term ‘cognitieve controle’. Cognitieve controle is het doelgericht aansturen van neurale en mentale processen, zodanig dat allerlei basale processen uitgevoerd worden in overeenstemming met je intenties en met de vereisten die aan je gesteld worden door de snel veranderende buitenwereld. Cognitieve controle is dus een label dat je kunt plakken op die basale processen in een situatie waarin ze op een specifieke manier worden aangewend, worden geconfigureerd.

Stel bijvoorbeeld dat je een ballon moet opblazen. Voor elke keer dat je er lucht in blaast krijg je geld. Hoe meer lucht je erin blaast, hoe meer geld. Maar als de ballon te vol wordt, dan kan ze knappen, en dan heb je niks. Je streeft, net als ieder dier, naar zoveel mogelijk beloning. Hoever ga je door? Wanneer stop je? Deze taak heet in de cognitieve neurowetenschappen de BART (de ‘Balloon Analogue Risk Task’). Op tv heet ‘ie ‘Deal or no deal’.

Om deze taak te kunnen uitoefenen, en om je winst te maximaliseren, moet je veel cognitieve controle uitoefenen. Je kijkt bij je buurman hoe groot de ballon was voordat die bij hem knapte. Je checkt ook even wat het publiek ervan vindt.

MODELPSYCHOLOGIE

Je rekent, je gokt, je anticipeert, je monitort; je past aan, je laat je beïnvloeden; je bedwingt je zenuwen, je voelt de opwinding; je neemt beslissingen. Je zet hierbij allerlei hersensystemen aan het werk, waaronder je belonings-berekeningssysteem (een circuit in onze hersenen dat net zo werkt als dat bij apen, ratten of duiven) en je mentalizing-netwerk (een circuit voor reflectie op hoe een ander het zou doen, dat bij ons veel geavanceerder is dan bij welk ander dier dan ook). En zo nog wat systemen. Een vergelijkbare situatie heb je eigenlijk bij allerlei economische beslissingen.

JM Maar economen bouwen al vijftig jaar aan wiskundige modellen over zulke beslissingen. Zij hebben allerlei modellen voor allerlei beslisituaties die voor psychologen ook interessant zijn. Hun speltheorie, da's eigenlijk sociale psychologie maar dan in model-vorm...

RR Ja, want die economen beginnen zich nu ook te realiseren dat mensen niet altijd opereren als *homo economicus*, als koele berekenaars die slechts hun eigen nut optimaliseren. Mensen gaan bijvoorbeeld groen beleggen, ook al behalen ze daarmee niet het hoogst haalbare rendement. En bij oneerlijke verdeling van de winst hebben ze liever dat niemand wint, ook zichzelf niet, liever dan dat de ander onredelijk veel wint.

JM Gaat het hierbij dan primair om emoties?

RR Het gaat eigenlijk om het ontwikkelen van een sociale band tussen de deelnemers, maar die wordt inderdaad in sterke mate bepaald door emoties. Als Ajax-fan zie ik graag dat Feyenoord verliest van AZ of FC Groningen, maar ik gun Feyenoord natuurlijk graag de overwinning op onze gemeenschappelijke vijand PSV. En dat heeft weinig te maken met rationele keuzes...

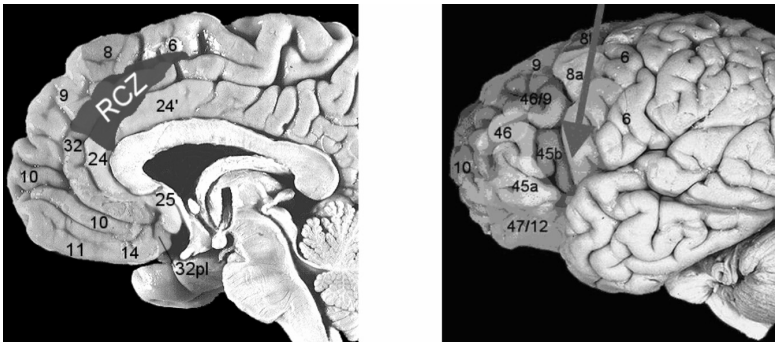
Allerlei sociale en affectieve processen beïnvloeden dus de cognitieve processen die een rol spelen bij adaptief beslissen. Het aardige is dat we nu die formele computationele modellen kunnen combineren met onze neuroimaging technieken: een 'model-based fMRI' dus.

Model-based fMRI

JM Ik zou dat wellicht eerder ‘fMRI-based modelling’ willen noemen...

RR fMRI-based modelling, model-based fMRI, ieder zijn meug. Bij model-based fMRI wijk je af van het standaard stramien. Normaliter vergelijk je de hersengebieden die actief zijn tussen twee situaties. Als bijvoorbeeld bij de ballontaak de ballon knapt, dan is de rostrale cingulate zone – een gebiedje middenvoor in je hersenen (zie Figuur 8, links) – veel actiever dan wanneer die ballon niet knapt. Dat vertelt je dan dat dat hersengebied kennelijk op de een of andere manier betrokken is bij het monitoren van de negatieve uitkomst. Of bij het schrikken van de knal.

Maar hersenbeelden van die gebieden zijn ook met de beste moderne scanapparatuur erg ruizig. Je wilt zo betrouwbaar mogelijk vaststellen welke hersengebieden nou precies belangrijk zijn bij dat monitoringproces. Daartoe neem je normaliter de hersendata van heel veel individuen bij elkaar: alleen van die hersengebieden die bij iedereen actiever zijn bij de negatieve uitkomst dan bij de positieve uitkomst zeg je dat ze betrokken zijn bij het monitoren van negatieve uitkomsten.



Figuur 8. 3D anatomische MRI-scans. Links: midsagittaal aanzicht met de Rostrale Cingulate Zone (RCZ), betrokken bij het monitoren van risico, fouten en conflict. Rechts: lateraal aanzicht met – gemarkeerd door de pijl – de inferieure frontale cortex, betrokken bij respons inhibitie.

JM En waarom is dat een nadeel?

MODELPSYCHOLOGIE

RR Omdat al die individuele verschillen juist heel veel informatie bevatten, die je nu amper kunt benutten. Model-based fMRI geeft je een alternatieve manier, waarbij je niet hoeft te middelen over al die individuen.

Bij model-based fMRI kapitaliseer je juist op individuele verschillen. Je berekent per individu de modelparameters, en je kijkt van welke gebieden de activatie covarieert met de waarde van die parameters.

JM Dus je begint met een model, waarvan je weet dat de parameters bepaalde specifieke cognitieve processen reflecteren. Dus je hebt bijvoorbeeld een modelparameter die aangeeft de mate waarin iemand de kans op het knappen van de ballon juist inschat. Dat model fit je dan op de empirische data van elke proefpersoon apart, zodat je van elke proefpersoon een maat hebt voor hoe adequaat die proefpersoon de kans op knappen inschat. En dan?

RR Dan kijk je, simpel gezegd, naar welk hersengebied verschilt in activatie tussen die mensen die goed zijn in het inschatten van het knappen van de ballon versus diegenen die er minder goed in zijn. Het principe is simpel: hoe beter je bent in proces X, hoe actiever hersengebied Y.

JM Dus dat kan ik ook! Want modellen heb ik wel, en data ook. Werkt dat goed? Is dat een robuuste methode?

RR Dat moet nog blijken, die methode zingt nog maar kort rond. Maar wij hebben er al prachtige resultaten mee geboekt. Bij onderzoek naar interferentietaakjes, waaraan ik al sinds het begin van mijn promotieproject werk, levert fMRI meestal een on-interpreteerbare brei op aan hersengebiedjes die actief zijn.

Dat geldt bijvoorbeeld voor de Simon-taak, waarin je zo snel mogelijk moet reageren op de kleur van een cirkel: rood is rechts, groen is links. De cirkel verschijnt ofwel links ofwel rechts van het midden, maar de locatie van de cirkel moet je proberen te negeren. Dat lukt echter niet goed: ook al is die locatie irrelevant, mensen laten hun reactie er toch door beïnvloeden. Je bent langzamer als de cirkel ‘aan de verkeerde kant staat’.

Met model-based fMRI vindt je nu precies die hersengebieden die je op anatomische gronden zou verwachten. In dit geval bijvoorbeeld het operculum in de rechter inferieure frontale cortex (zie Figuur 8, rechts). Dat gebied is cruciaal voor het onderdrukken van de respons met de verkeerde hand.

En dat truckje gaan we nu ook toepassen bij die economische beslissingen waar allerlei sociale en affectieve invloeden een rol spelen. Met behulp van model-based fMRI hopen we een beter beeld te krijgen van de hersencircuits die belangrijk zijn bij het monitoren van de beloning, maar ook bij processen als vertrouwen in de ander, altruïsme en het ontstaan van een sociaal-affectieve band tussen spelers die elkaar nog niet kenden.

Het is wat ambitieus, en het moet ook nog maar blijken allemaal. Maar we leggen de lat hiermee bewust vrij hoog. Wat belangrijk is, is dat we hiermee verder kapitaliseren op de kracht van formele modellen in de psychologie.

De model-teloorgang

JM Maar nu toch nog even terug naar die andere modellen. Die modellen zijn altijd geïdealiseerd, en daarom altijd maar jong. Gek eigenlijk dat er nooit oude mensen als model gepresenteerd worden. Kijken we gewoon liever naar jong en strak? Kijken we niet graag naar de tand des tijds?



Figuur 9. De tand des tijds.

RR Tsjá. Op de televisie toont men ons doorgaans liever een groen blaadje dan een ouwe bok. Maar toch, wij kunnen geïntrigeerd kijken naar van die gebeeldhouwde ouwe koppen. Die vormen op zichzelf een interessant model van veroudering: soms een afschrikwekkend model, maar soms ook een ‘zo zou ik nou ook

MODELPSYCHOLOGIE

wel oud willen worden'-model. Het is meer de veroudering zelf die we liever niet onder ogen zien. Het verstrijken der jaren vervult ons met donkere gevoelens, want niemand wil oud *zijn*. Maar iedereen wil wel graag oud *worden*!

JM Waarom is dat toch eigenlijk, dat iedereen oud wil worden? Vanuit evolutionair perspectief bezien hebben mensen boven een bepaalde leeftijd immers, bot gezegd, geen noemenswaardige biologische functie meer. Anderzijds, ik ken veel ouderen die zouden stellen dat ze, na een leven lang hard gewerkt te hebben om biologisch nuttig te zijn, daarna best eens even in alle rust mogen genieten van wat het leven hen nog te bieden heeft.

RR Uiteraard. Maar ook hier zit een evolutionair addertje onder het gras. Om ons lichaam op peil te houden worden, gedurende ons hele leven, telkens weer nieuwe lichaamscellen gebouwd. Je huidcellen bijvoorbeeld gaan nog geen jaar mee, en rode bloedlichaampjes zijn nog sneller aan vervanging toe. Hiertoe wordt ons genetisch materiaal van cel op cel op cel gekopieerd, en bij elke kopie sluipen er foutjes in het DNA.



Figuur 10. Een kopie van een kopie van een kopie van een kopie.

Een mooi eenvoudig model hiertoe is het fotokopieerapparaat (zie Figuur 10): maak van een foto een kopie, en van die kopie een nieuwe kopie, en daar weer een nieuwe kopie van: bij elke stap gaat wat informatie verloren, en aan het eind

van de keten zitten er de nodige foutjes in het DNA. Ook externe factoren, zoals vrije radicalen, kunnen bijdragen aan DNA-fouten. Er bestaan wel reparatiemechanismen, maar desondanks stapelen de fouten zich op. Als gevolg van die opeenstapeling van fouten worden we geleidelijk aan steeds gevoeliger voor allerlei ziekten. De ouderdom komt met gebreken, zegt men. Dat we Alzheimer krijgen rolt bijvoorbeeld zo uit dat model. En dat we allemaal vergeetachtig worden ook, niet te vergeten.

Want als er *iets* achteruitgaat aan uw ouder wordende lichaam, dan is het uw brein. Hersencellen krimpen of sterven af; verbindingen tussen hersencellen laten het afweten. Op weg van uw twintigste naar uw oude dag bent u ruwweg 75.000 kilometer aan hersenverbindingen kwijtgeraakt en ruwweg een miljard hersencellen lichter geworden. Dat is pakweg 100 gram hersenen. En hoewel u dan nog steeds ruim een kilootje hersenen over hebt, worden allerlei mentale functies, die door uw hersenen ondersteund worden, natuurlijk wel minder efficiënt. Alhoewel, volgens Midas Dekkers³ is het zo dat het brein vermoedelijk alleen de domste cellen eruit gooit, dus dan zou u er per saldo slimmer op worden. In zijn ogen komt de wijsheid dus toch nog met de jaren...

JM Dus eigenlijk is het zo dat we, als gevolg van een opeenstapeling van fouten in het DNA-materiaal, met het ouder worden wel geleidelijk aan steeds gevoeliger worden voor allerlei kwalen en aandoeningen.

RR Ja, waaronder ook serieuze killers, zoals de ziekte van Alzheimer, een van de meest voorkomende doodsoorzaken in hedendaagse westerse samenlevingen. Het punt is nu dat die ziekten niet de tijd zouden krijgen om tot uitdrukking te komen als de mensen nou maar bijtijds zouden sterven. Vroeger overleden de mensen tegen de tijd dat hun biologisch nut op was; vroeger werden de mensen nooit oud genoeg om Alzheimer te krijgen, of andere ziekten die samengaan met opgestapelde DNA-fouten. Bijtijds doodgaan voorkomt een hoop ellende.⁴

JM Nou, ik zie daar best een simpel en elegant model in eigenlijk. Alleen wel een beetje morbide. Zijn er geen vriendelijker middeltjes tegen al die ellende?

Middeleeuwse en hedendaagse alchemisten

RR Men zoekt daar wel naar natuurlijk. Al in de middeleeuwen vormde zich een tak van wetenschap die trachtte deze narigheid te verlichten. Niet door mensen bijtijds dood te laten gaan, maar door de opgestapelde foutjes te remediëren. Deze tak van wetenschap staat bekend als de alchemie.

JM Alchemisten, dat waren echte multi-disciplinaire wetenschappers *avant la lettre*! Newton besteedde trouwens ook veel tijd aan alchemie. Alchemisten waren op zoek naar een elixer dat hen in staat stelde lood in goud te doen veranderen.

RR Inderdaad, om lagere metalen in hogere metalen te doen verkeren was een elixer nodig, een middel dat het lagere metaal zou zuiveren van alle verontreinigingen, opdat het zo zuiver zou worden als goud.

Minder bekend is dat deze alchemisten zochten naar elixers die tegengif konden bieden tegen vergiftigingen. Alchemie was dus best bruikbaar. Wat u wellicht ook niet wist, is dat al die elixers een soort metaforen vormden voor het levenselixer: een middel om het lichaam en de geest te zuiveren van allerlei verontreinigingen, opdat lichaam en geest dermate zuiver zouden worden om een flinke poos, en liefst voor eeuwig, door te kunnen leven.

JM Alchemisten waren dus eigenlijk op zoek naar het eeuwige leven.

RR Ja, naar het eeuwige leven, of op zijn minst naar manieren om het leven flink op te rekken. Door middel van maagdenbloed – drankjes met puur goud erin – en andere zuivere en zuiverende elixers zocht men oud te worden door jong te blijven. Nog steeds overigens meent de geriatrie volgens de Dikke van Dale dat bejaard zijn iets is waarvoor je behandeld moet worden. Sinds de middeleeuwen is er trouwens niet heel veel vooruitgang geboekt. Desondanks verdringen ook vandaag de dag de moderne alchemisten zich weer rond hetzelfde probleem.

JM De anti-agingindustrie bedoel je? Maar bestaat die niet voor een groot deel uit kwakzalvers? Oplichters die zich met pillen, poeders, supplementen, walvisgeluidtherapieën en allerhande andere nonsens richten op het maken van winst, over de rugen van naïeve verouderende burgers?

RR Nee, wees maar niet bang, ik heb het niet over die anti-agingindustrie, waar inderdaad goed geld wordt verdiend aan de ongetwijfeld integere intenties. Laat ik me richten op de dingen waar ik een beetje verstand van heb. Er wordt vanuit mijn

vakgebied wel degelijk onderzoek gedaan dat gericht is op de kwaliteit van leven in de levensfase waarin we de zingeving niet meer hoeven te ontlenen aan evident biologisch nut. Niet per sé om jaren aan het leven toe te voegen, maar wel leven aan de jaren.

De ene oudere is de andere niet

JM De ene oudere is veel gevoeliger voor achteruitgang dan de andere. Is er eigenlijk iets bekend over de determinanten van die variabiliteit?

RR Als er iets kenmerkend is aan veroudering, dan is het wel die variabiliteit: er is sprake van een enorme diversiteit en verschillen in patronen tussen ouderen. Zodanig zelfs, dat van ‘normale’ veroudering nauwelijks te spreken is, want wat ‘normaal’ is valt niet aan te geven. De ene gezonde oudere is de andere niet. Bovendien is er sprake van een omvangrijk schemergebied tussen ‘gezond oud’ en ‘ziek’; de grens tussen ‘normale’ en ‘pathologische’ veroudering is zeer vaag.

Grootschalig epidemiologisch onderzoek benadrukt vooral de rol van allereerste voedings- en andere leefstijlfactoren in variabiliteit en in risicofactoren. Daarvan zijn waarschijnlijk de visolieën, en vooral de omega 3 vetzuren, de laatste tijd het meest belicht geweest in de media.

JM Maar jij houdt toch helemaal niet van vis?

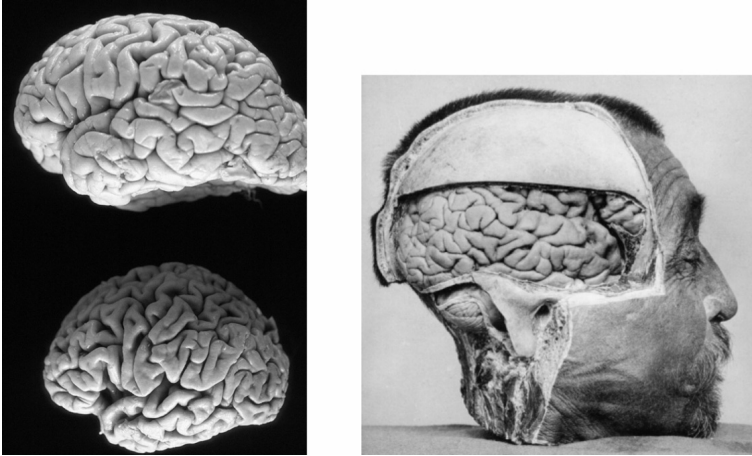
RR Niet als het naar vis smaakt, nee. Hoewel je van naar-vis-smakende-vis dus juist langer slim blijft. Gezond verouderen is dus geen pretje, getuige ook de onderzoeksbevindingen die suggereren dat ouderen die flink aan sportieve lichaamsbeweging doen ouder worden en langer gezond blijven.

JM Sportieve lichaamsbeweging? Je bedoelt dat je een jaar of vijf langer leeft als je gedurende dat leven bij elkaar opgeteld een jaar of vijf besteedt aan rennen en zweten? Tel uit je winst.

RR Toch is dit een van de weinige factoren waarvan we in de cognitieve neurowetenschappen echt beginnen te begrijpen waar het goed voor is: van aërobe fitness blijven je hersenen beter in conditie. De precieze mechanismen zijn nog niet volledig ontrafeld, maar er zit schot in.

Een beeld van de hersenen

JM Wat verandert er nu precies met het ouder worden in neurocognitief opzicht? Wat weten we over veroudering in het brein, in het cognitief functioneren, en in de relaties daartussen? Hebben we daar een beetje redelijke modellen van?



Figuur 11. Het brein van een representatieve 20-jarige (linksboven) en een representatieve 70-jarige (linksonder). In vroeger tijden was kennis over het menselijk brein vooral afkomstig van overleden patiënten of ter dood veroordeelde criminelen (foto rechts, 1890; www.rotten.com).

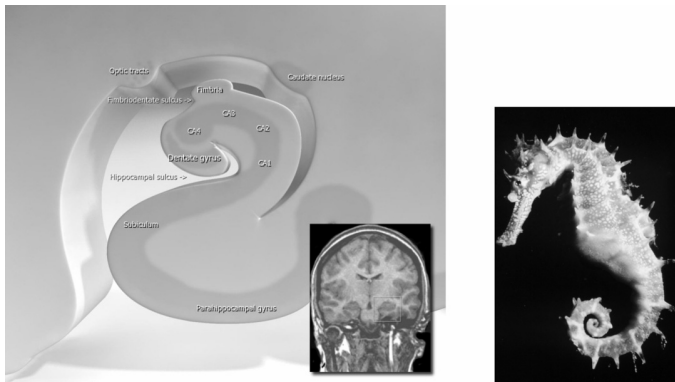
RR Modellen in de zin van onvolledige landkaarten, ja (zie Figuur 11). Het hedendaagse instrumentarium van de cognitieve neurowetenschappen heeft, zeker sinds de introductie van moderne beeld-vormende technieken,⁵ gezorgd voor een grote toename in de kennis omtrent de betrokkenheid van diverse hersengebieden en hersenfuncties bij diverse mentale processen en cognitieve functies.⁶

Maar we moeten natuurlijk ook weer niet te veel hoop vestigen op die hersencartografie. Zoals je eerder al aangaf: alle modellen zijn fout. Toch is gedurende het afgelopen millennium wel een aantal geheimen ontsluitend en hersenschimmen ontzenuwd. In het centrale zenuwstelsel zien we allerlei vormen van neurale achteruitgang. Voor wat betreft de zenuwcellen is er sprake van celsterfte, celkrimp, afname van het aantal dendrieten en axonen waarmee de neuronen met elkaar communiceren, en een verminderd efficiënte neurotransmitter-huishouding. De

verminderde connectiviteit, verminderde bloedtoevoer en metabolisme, de wijzigingen in de cyto-architectuur van de hersenen, hebben repercussies voor het cognitief functioneren.

Toch valt het allemaal nog reuze mee met de ellende. Echt zorgen hoeft u zich pas te maken als het gaat om uw dopaminesystemen in de basale ganglia, om uw prefrontale cortex, en om uw hippocampus.

JM De hippocampus, ja dat is weer mijn terrein natuurlijk. Een hersenstructuur die als je 'm doorsnijdt de vorm heeft van een zeepaardje, vandaar de naam. Deze is van cardinaal belang voor het consolideren van informatie in het geheugen, en dus ook voor het leren. Ouderen hebben hiermee inderdaad problemen.



Figuur 12. Anatomie en locatie van de hippocampus (ontleend aan het Latijn voor zeepaardje).

RR Uit onderzoek met PET-scans is gebleken dat bij veroudering de afname van metabole activiteit in de hippocampus en de prefrontale cortex groter is dan in andere delen van de hersenen. Ook bleek uit onderzoek met structurele MRI-scans dat van alle hersengebieden de prefrontale cortex het meest getroffen wordt door gyrale atrofie en neuronaal verlies met toenemende leeftijd.

In algemene zin is de frontale cortex de dirigent voor de rest van uw hersenen: zij organiseert, coordineert, integreert, reguleert en moduleert de meer basale processen van informatieverwerking. Deze dirigeerfunctie, in de literatuur aangeduid als 'cognitieve controle', waarover ik het al eerder had, is noodzakelijk om adequaat en adaptief te kunnen reageren wanneer de omgeving daarom vraagt.

MODELPSYCHOLOGIE

En tot overmaat van ramp neemt ook nog eens de hoeveelheid dopamine in de basale ganglia af, met wel 10% per tien jaar. Dat is best dramatisch. De instroom van dopamine in de basale ganglia is heel belangrijk voor het nemen van snelle beslissingen en voor bepaalde vormen van leren. Onthoud dit even, want dit zal nog een paar keer terugkomen. De hoeveelheid dopamine in de basale ganglia is bepalend voor hoe goed je kunt leren van feedback.

JM En dit alles verloopt dus minder efficiënt als je ouder wordt?

RR Dit alles verloopt aantoonbaar minder efficiënt met het ouder worden.

De rol van dopamine

JM Maar zoals we sinds een paar jaar weten, het bejaarde brein blijft plastisch, dus je kunt toch blijven leren.

RR: Leren is inderdaad een andere factor die enorm in de belangstelling staat. Een goede opleiding bijvoorbeeld helpt om langer gezond te blijven en jaren ouder te worden. Wie oud wil worden, moet zo jong mogelijk beginnen met leren. Maar ook leren op latere leeftijd is helemaal in. Leren loont, en een mens is nooit te oud om te leren. Ouderen leren briden, e-mailen of Italiaans; ze leren hoe ze oude beschavingen moeten duiden en hoe ze oude foto's moeten inscannen. Een leven lang leren is über-hip.

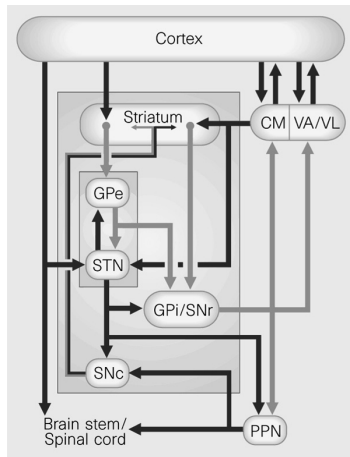
Nou zijn bepaalde vormen van leren nogal afhankelijk van dopamine in de hersenen, in het bijzonder in de basale ganglia. En daar hadden ouderen nou net een probleem. Stel je bevindt je in het doolhof op het Drielandenpunt bij Vaals.

JM Oh, daar ben ik wel eens in geweest. En daar was je inderdaad niet zomaar weer uit...

RR Dat klopt, en dat komt doordat in zo'n doolhof volstrekt geen informatie aanwezig is waar je iets van kunt leren. Je kunt alleen maar gokken en hopen... Maar stel nou eens dat we op ieder punt waar je een keuzemogelijkheid hebt een teken zouden aanbrenen dat je helpt bij het kiezen. Tekens waar je aanvankelijk niets van snapt, maar waarvan je gaandeweg toch onbewust de betekenis gaat leren. Zoals fractaalplaatjes, of Koreaanse schrifttekens. Telkens als de juiste keuze is om linksaf te gaan, dan hangen we daar het ene plaatje op, en telkens als de juiste keuze is om rechtsaf te gaan, dan hangen we daar het andere plaatje op.

JM Maar dat heb je zo door! Dan loop je binnen de kortste keren fluitend naar de uitgang.

RR Klopt. Maar nu gaan we het iets moeilijker maken. Nu hangen we bij die keuzes waar je linksaf moet meestal het linkerplaatje op, maar niet altijd; soms hangen we stiekem het rechterplaatje op. En als je rechtsaf moet dan hangen we soms het linkerplaatje op. Uiteindelijk zul je dan wel een tendens vertonen om linksaf te slaan als je het linker plaatje ziet, en rechtsaf als je het rechter plaatje ziet, zonder je nou echt bewust te zijn dat je die relatie geleerd hebt. En uiteindelijk loop je dan toch iets sneller dat doolhof uit. Dat is probabilistisch leren. En daar zijn allerlei formele mathematische modellen van, die neurobiologisch plausibel zijn. Eén zo'n model zien we in Figuur 13.



Figuur 13. Model van de structuren en paden in de basale ganglia.

JM Hier moeten we dan misschien toch even met Ockhams Scheermes aan de gang. En wat doet dit model nou precies?

RR Dit model implementeert een deel van wat we momenteel weten over probabilistisch leren. In het model zijn onze aannames geformaliseerd over hoe we denken dat dopamine-gemedieerde processen in de basale ganglia interacteren met de

MODELPSYCHOLOGIE

frontale cortex, teneinde te leren dat je rechtsaf moet slaan als je dat ene plaatje ziet in het doolhof.

JM En helpt dat model je dan beter begrijpen hoe leren verandert met het ouder worden?

RR Ja, althans dat is onze bedoeling; we zijn dit model momenteel aan het implementeren. We kunnen bijvoorbeeld kijken of het model op de gemiddelde oudere gaat lijken als we minder dopamine de basale ganglia laten instromen, in dat model. In een eerdere model-simulatiestudie hebben we al eens op een vergelijkbare wijze aannemelijk gemaakt waarom ouderen minder leren van hun fouten: daar hebben ze meer dopamine voor nodig dan ze beschikbaar hebben.

Een vrolijk mens is nooit te oud om te leren

JM En heb je daar nou ook nog iets aan buiten het doolhof?

RR Doolhoven zat in de wereld! Ga maar eens het internet op, bijvoorbeeld om een werkbare routebeschrijving van je huis naar je vakantiebestemming te vinden... Surfen op het internet, maar ook het leren werken met Word of andere software, of het ontdekken van hoe je telefoon werkt of een ander hedendaags apparaat. In alle gevallen is het een kwestie van vooral van alles uitproberen. En dus ben je afhankelijk van de feedback die je terugkrijgt. En denk ook aan die cursus Italiaans.

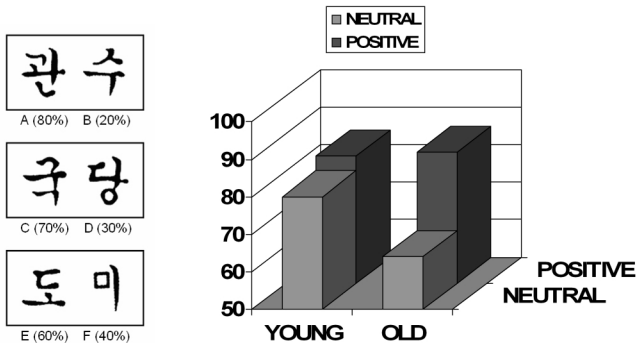
Ons neurocomputationale model suggereert dat probabilistisch leren beter gaat als je wat meer dopamine de basale ganglia laat instromen. En een ander neurocomputationale model laat zien dat het opwekken van positieve emoties leidt tot een kortstondige dopamine-boost, onder meer in die basale ganglia.

Zo'n positieve emotie opwekken gaat heel eenvoudig. Ik kan bijvoorbeeld aan de ene helft van de mensen (laten we zeggen de linkerkant van de zaal) vragen om zich zo levendig mogelijk een herinnering voor de geest te halen van een moment waarop ze positieve emoties koesterden. De laatste keer dat je onbedaarlijk moest lachen om een tv-programma, de laatste keer dat je met je vrienden zat te genieten op een terrasje... Nu vraag ik de andere helft van de mensen (de rechterkant van de zaal) om zich zo levendig mogelijk een herinnering voor de geest te halen van de laatste keer dat ze het weerbericht zagen op televisie, de laatste keer

dat ze op de bus stonden te wachten of benzine stonden te tanken. Emotioneel neutrale herinneringen. Als we die mensen nu weer het doolhof insturen, je raadt al wie er dan het eerst uit is...

JM De vrolijke mensen ongetwijfeld !

RR Precies. Om emoties op te wekken, lieten wij onze proefpersonen naar film-fragmentjes kijken in plaats van herinneringen ophalen. Van 5 minuten Disney-classics werd vrijwel iedereen heel blij, maar van 5 minuten rustig verkeer in de Sarphatistraat werd niemand warm of koud. We lieten ze vervolgens steeds kaartjes met twee Japanse tekens zien, waarvan ze het teken moesten kiezen dat het vaakst beloond werd (zie Figuur 14, boven). Leren aan de hand van feedback; het prototype van een probabilistische leertaak, die afhankelijk is van dopamine-in-stroom in de basale ganglia. De uitkomst was verbluffend (zie Figuur 14, onder).



Figuur 14. Boven: Japanse tekens waarvan aan de hand van feedback de betekenis geleerd moest worden. Onder: Prestaties van jongvolwassenen en 65-plussers op de leertaak in de neutrale conditie (lichtgrijs) en in de positief-affect conditie (donkergrijs).

Conform de verwachtingen waren ouderen veel minder goed in het leren welke tekens ze moesten kiezen in de neutrale emotieconditie. Dit verschil werd echter geheel weggepoetst door van tevoren even een Disney-clip te laten zien! Met name de ouderen profiteerden van het effect van de vrolijke filmpjes. Om het probabilistisch leren weer op 'normaal' niveau terug te brengen, is het dus al

MODELPSYCHOLOGIE

voldoende om even een eenvoudige dopamine-boost tot je te nemen, zoals je die opwekt door positieve emoties.

JM Nou is dit een typische laboratoriumstudie. Maar hebben de mensen thuis hier nou ook echt iets aan?

RR Helaas kunnen wij nooit garanties geven dat wat werkt voor de gemiddelde oudere ook werkt voor iedere oudere individueel. Maar ouderen kunnen de uitkomsten wel degelijk zelf gebruiken om te ‘leren leren’. Als je naar het buurthuis gaat voor je wekelijkse cursus Italiaans, zorg dan dat je in een goede gemoedstoestand bent (bijvoorbeeld door even lekker te lachen om je favoriete komedieserie op televisie). En als je net met je zieke vriendin allerlei zorgen en moeilijkheden hebt doorgenomen, sluit dat gesprek dan af met het ophalen van positieve herinneringen, voordat je naar het senioren-computercafé gaat om nieuwe dingen te leren over internetten. Zo ben je waarschijnlijk een stuk flexibeler in het oppikken van ‘moeilijke’ nieuwe regels. Een vrolijk mens is nooit te oud om te leren.

JM En doet jullie model nog meer leuke voorspellingen?

RR Nou, er zijn wel een paar aardige mogelijkheden die we aan het uitzoeken zijn. Bijvoorbeeld of er ook langetermijneffecten te bewerkstelligen zijn; het dopamine-systeem weer een beetje losweken zeg maar. Maar ook zijn we aan het uitzoeken of positieve emoties bij Parkinson-patiënten enig positief effect hebben. Parkinson-patiënten hebben immers nog veel meer dopaminetekort. De eerste resultaten zijn zeer hoopgevend.

We proberen het model ook te gebruiken om uit te zoeken welke processen nou precies beïnvloed worden door de meest gangbare behandelmethoden bij de ziekte van Parkinson. L-dopa is de standaard dopaminergemedicatie. Maar ook Deep Brain Surgery: een techniek waarmee een dysfunctioneel hersengebied in de basale ganglia elektrisch gestimuleerd wordt. Hiervan hebben de meeste patiënten met zeer ernstige symptomen veel profijt.

We zijn nu aan het onderzoeken of deze behandelmethoden leiden tot verbeteringen in het leervermogen, want dat zou moeten volgen uit de verbeterde dopamine-instroom in de basala ganglia. En verder gaan we kijken of bijvoorbeeld koffie hetzelfde doet als positieve emotie. Caffeïne is een stofje dat de aanmaak van dopamine stimuleert. In een pilotonderzoek zoeken we momenteel uit of ouderen na een kopje koffie ook beter leren.

Dus door relaties te leggen tussen hersenen en leergedrag – of gedrag in het algemeen – kun je allerlei interessante toepassingen op het spoor komen.

Bruggen slaan

JM Als iemand die zich veel met theorieën in de neuropsychologie bezighoudt, ben ik het daar helemaal mee eens. Een probleem waar ik mee blijf zitten is wel hoe je de relaties tussen hersenen en gedrag precies beschrijft. Het is natuurlijk interessant om een paar grote lijnen te zien, zoals effecten van dopamine of de rol van de hippocampus. Maar uiteindelijk hebben we te maken met twee uiterst complexe objecten van onderzoek. Voor zover wij weten zijn de hersenen het meest complexe systeem in het heelal, en menselijk gedrag laat zich ook al niet makkelijk vangen in regels. De vraag is hoe leren en gedrag met elkaar samenhangen.

RR Je wilt zeggen dat de relatie tussen die twee ingewikkelde systemen dus wel helemaal superingewikkeld zal zijn?

JM Ja, dat is voor mij de grote vraag. Hoe komt het gedrag voort uit de hersenen? Is het daarvoor nodig om het brein in hoge mate van detail te begrijpen? Komen enerzijds al deze details terug op gedragsniveau, en kunnen we anderzijds de principes van het gedrag weer terugvinden op neurobiologisch niveau?

RR Misschien is dat experimenteel vast te stellen? Bijvoorbeeld met model-based fMRI-experimenten?

JM Misschien, maar in dat geval moet je bij uitstek weten wat je precies zou moeten meten. Je moet denk ik toch eerst op zoek gaan naar de algemene principes die de bestaande data het beste verklaren. Als ik zelf de vraag naar de relatie tussen hersenen en gedrag zou willen beantwoorden, zou ik denk ik weer naar neurale netwerken kijken.

RR Omdat die bij uitstek proberen om de brug te slaan tussen de twee niveaus?

JM Ja, dat doel hebben ze vaak wel. Als we nog eens naar dat simpele modelletje van Figuur 1 kijken, dan valt op dat het eigenschappen heeft als ‘vermogen tot herkenning’. Dat vermogen ontstaat uit de wijze waarop de verbindingen zijn aan-

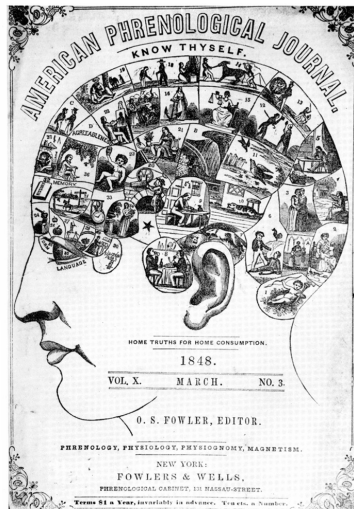
MODELPSYCHOLOGIE

gelegd. Maar als je op het niveau van de individuele cellen kijkt, dan verdwijnt dat vermogen.

RR Maar een cel kan toch herkennen of het de juiste invoer krijgt aangeboden?

JM Dat is wel waar, maar die herkenningsfunctie is heel beperkt. Pas als je veel cellen op de juiste manier combineert, krijgt het netwerk de functie van complexe herkenning.

RR Ja, en je gaf hiervoor ook al aan dat dit automatisch kan gebeuren als je lerende verbindingen hebt en de juiste patronen of leerervaringen aanbiedt.



Figuur 15. Een frenologisch model van de functie van de hersenen uit 1848.

JM Inderdaad. Waar ik heen wil is dat je hier te maken hebt met twee niveaus, namelijk het niveau van de cellen en van de netwerken. Het netwerk heeft eigenschappen die de cellen niet hebben. Zo kan het netwerk ontbrekende informatie aanvullen, zoals bij het vlekje in Figuur 1.

RR Maar ook een netwerk is nog steeds een neurobiologisch model. Dan blijven we dus toch op hersenniveau met het model, zonder op het gedragsniveau te komen.

JM Ja, maar het belang van deze observatie is dat je verschillende niveaus kunt hebben, zoals netwerk en cel, die in zekere mate onafhankelijk van elkaar zijn en ook niet tot elkaar reduceerbaar. In de natuurkunde kom je dat ook tegen. De druk van een gas is op het niveau van de individuele moleculen niet meer terug te vinden. Een enkele molecuul heeft geen druk, een gas wel. Het niveau van neurale netwerken is een soort tussenniveau denk ik. Daarboven heb je nog weer andere, bijvoorbeeld van taal en cultuur.

Het gaat hier om het algemene idee, namelijk dat wanneer er sprake is van verschillende niveaus het absoluut niet zo is dat alles op het hogere niveau terug te vinden is op het lagere niveau. En een paar kerneigenschappen op het lagere niveau hebben hun weerslag op het hogere niveau, maar de meeste helemaal niet. De conclusie moet dus zijn dat als je het gedrag van neuronen begrijpt, je nog niets weet van het functioneren van netwerken. En dat wanneer je de netwerken begrijpt, je niet automatisch het daarboven gelegen niveau begrijpt.

RR Het gaat dus om een soort beperkte onafhankelijkheid van de niveaus van beschrijving van hersenen enerzijds en gedrag anderzijds.

JM Wat wel van groot belang is, is dat je helder krijgt wat de kerneigenschappen op ieder niveau zijn. Daaruit volgen namelijk *wel* verklarende principes. De kleur, vorm en interne structuur van neuronen zijn bijvoorbeeld niet van belang voor het functioneren van het netwerk, tenzij ze invloed hebben op het verwerken van signalen. Dat laatste is namelijk een kerneigenschap. Zonder modellen lijkt het mij uiterst moeilijk om dit soort verbanden op het spoor te komen, hoewel je met een simpel model al ver kunt komen.

RR Niet weg met de psychologie dus, maar lang leve de psychologie! En de neurobiologie, en de cognitieve neurowetenschappen.

JM Precies!

Dankwoord

Wij willen graag iedereen op de universiteit bedanken die zich heeft ingezet voor deze leerstoelen. Ook in onze eerdere inaugurale redes in Leiden en Maastricht hebben wij beiden een reeks mensen bedankt. Die erkentelijkheid is ook nu nog onverkort van kracht.

RR Daarnaast wil ik graag de gelegenheid benutten voor een persoonlijk woord. Allereerst aan Jaap, partner in crime, en de motor die de vaart erin hield als ik, conform mijn reputatie, alles op het laatste moment liet aankomen. Ook mijn vrienden en voormalige collega's in Leiden dank ik voor de enorm stimulerende tijd.

Mijn internationale team hier in Amsterdam, het Acacia, is een modelteam. Wat een inspirerende mensen. De inzet met hen, voor hen en dankzij hen, dat is geen werk; dat is een voorrecht en een genoegen.

Met dit succesrijke en uit de voegen groeiende team is het een pretje om een steentje bij te dragen aan deze opwindende wetenschappelijke tijden. En al die andere vrienden bij Ontwikkelingspsychologie en Psychonomie, en ver daarbuiten. De Thijssen-fellows en vele andere kleurrijke collega's die goede vrienden werden. Te veel om iedereen persoonlijk op te noemen; maar weet wel dat ik aan jullie denk. Zonder jullie gaat het niet.

Een bijzonder woord van dank tot slot aan mijn naaste familie, die in geen model te vangen is. Mijn kids Sylvan en Odile, die mij al zolang dagelijks versted doen staan. En mijn geliefde, Edith, die al 25 jaar model staat voor alles.

JM Ik wilde dit dankwoord eigenlijk heel kort houden, maar dat is moeilijk als je zoveel leuke collega's hebt. Ik wil in de eerste plaats de leden van mijn onderzoeksgroep bedanken. De meeste van jullie zijn inmiddels klaar met de projecten in de neuroMod-groep en zijn al ergens anders werkzaam. Veel werk van mij dat vandaag genoemd werd, is ook werk van jullie: Lucia, Tony, Martijn, Janneke, Robert, Steve en Pedro, bedankt voor al het mooie onderzoek dat we samen hebben gedaan; ik ben erg blij dat we dit nog steeds kunnen voortzetten. Dit geldt ook voor mijn collega's in Maastricht, Eric, Jaap en Joyca (nu in Leiden), en op het F.C. Donders: Miranda, Joost en Marieke.

Bregje en Stasja, en Romke, ik wil jullie graag bedanken voor jullie steun, vriendschap en collegialiteit in de afgelopen jaren. Dat werk en plezier goed te

combineren zijn, wordt bewezen door ons whiskyschmogelgroepje. René, Diane, Hilde, Jos en Mark, horen daar ook bij. En Richard natuurlijk, alsmede onze gezamenlijke kennis Jac. P. Thijsse. Bedankt voor de goede tijden die we samen altijd weer hebben.

Ook wil ik mijn ouders nogmaals bedanken. Jullie staan altijd weer voor mij klaar en ik vind het fijn dat ik deze dag met jullie kan delen.

Tot slot wil ik mijn vriendin Dela bedanken voor haar liefde en al die prachtige momenten die we samen meemaken, en niet in het minst voor het feit dat ik mijn ideeën en teksten – waaronder ook deze rede – altijd weer op haar mag uitproberen.

Conclusie

JM Zeg, is er eigenlijk een conclusie?

RR Dat modellen een grotere rol zouden moeten spelen in de psychologie misschien?

Wij hebben gezegd.

Noten

1. 'Weg met de Psychologie!' Victor Lamme, hoogleraar Psychologie, Inaugurale rede, 2004.
2. 'Liever een simpel model dan een hoop geklets'. Han van der Maas, hoogleraar Psychologie, Inaugurale rede, 2004.
3. M. Dekkers (2001). *De vergankelijkheid*. Amsterdam: Contact.
4. Ibidem.
5. De geïnteresseerde leek wordt verwezen naar het zeer toegankelijke boek *Beelden van de Geest*, geschreven door Michael Posner en Marcus Raichle (oorspronkelijk in 1994 in het Engels uitgegeven als *Images of Mind*, ISBN 0716760193). Dit boek bevat tal van helder geïllustreerde voorbeelden van het in kaart brengen van mentale functies door middel van moderne beeldvormende technieken.
6. De geïnteresseerde leek kan tevens zijn of haar licht opsteken op het internet. Diverse atlasachtige websites bieden interessante en interactieve mogelijkheden voor het doorvoren van neuroimaging data; er komen regelmatig nieuwe en betere mogelijkheden bij. Een voorbeeld van een internetpagina die (op het moment van schrijven) geschikt is om te raadplegen, is <http://braininfo.rprc.washington.edu>.