

Samenvatting

Stel je voor dat een vriend na een zonnige dag op het strand klaagt over hoofdpijn, een pijnlijke rode huid en jeuk. Hoe kun je uitvinden wat er met hem aan de hand is? Ga je een medisch naslagwerk raadplegen om een mogelijke diagnose voor zijn symptomen te vinden? Ga je over de fysieke processen in zijn lichaam nadenken die de oorzaak van de symptomen zouden kunnen zijn? Of ga je eerst de verschillende mogelijke oorzaken bedenken en deze tegen elkaar afwegen? Waarschijnlijk doe je niets van dit alles, maar verschijnt de diagnose ‘verbrand’ automatisch in je hoofd. Hoe is dit mogelijk?

Terwijl in het verleden veel onderzoek is gedaan naar bewuste denkprocessen en strategieën die mensen gebruiken om complexe problemen op te lossen, is er tegenwoordig veel interesse in onderzoek naar automatische denkprocessen. Zo publiceerden Dijksterhuis en collega's (2006) een artikel in het bekende tijdschrift *Science*, waarin ze lieten zien dat onbewust denken tot betere beslissingen kan leiden dan bewust nadenken. Maar, hoe werkt ‘onbewust denken’? Welk mechanisme in ons brein maakt het mogelijk dat we aan ‘verbrand’ denken zodra we de bijbehorende symptomen zien? En hoe werkt de interactie tussen zulke automatische processen en bewuste denkprocessen? Een mogelijk antwoord op deze vragen vinden we in het functioneren van het menselijke geheugen: “the memory system [...] makes most available those memories most likely to be needed” (Anderson, 2007, p. 109).

Het beginpunt van mijn promotieonderzoek was het idee dat automatische geheugenprocessen een belangrijk aspect van complexe cognitie vormen. Om precies te zijn was ik geïnteresseerd in de rol van automatische geheugenprocessen tijdens het stellen van diagnoses. Bij het stellen van een diagnose wordt er vanuit observaties geredeneerd naar mogelijk oorzaken. Een onderdeel hiervan is het genereren van hypothesen over wat deze mogelijke oorzaken zouden kunnen zijn. Het stellen van diagnoses is een belangrijk onderdeel van veel taken, zoals medische diagnoses, software debugging, wetenschappelijk onderzoek en sociale interacties. Toen ik aan dit proefschrift begon was mijn hypothese dat automatische geheugenprocessen diagnoses beschikbaar stellen die geassocieerd zijn met de huidige context. Deze informatie kan dan vervolgens gebruikt worden in bewuste redeneerprocessen. Hoewel dit idee op zich niet nieuw is, bestonden er nauwelijks precieze theorieën en experimenteel bewijs voor. Thomas en collega's stelden het zo in *Psychological Review*: “despite hypothesis generation's importance in understanding judgment, little empirical and even less theoretical work has been devoted to understanding the processes underlying hypothesis generation.” (Thomas, et al., 2008, p. 174).

Gedragsexperimenten

Om het idee te testen dat informatie uit de omgeving geassocieerde informatie in ons geheugen activeert, hebben we eerst enkele gedragsexperimenten uitgevoerd. In deze experimenten hebben we de mate van associatie tussen medische symptomen en diagnoses in het geheugen gemanipuleerd. Om te kijken of deze manipulatie een

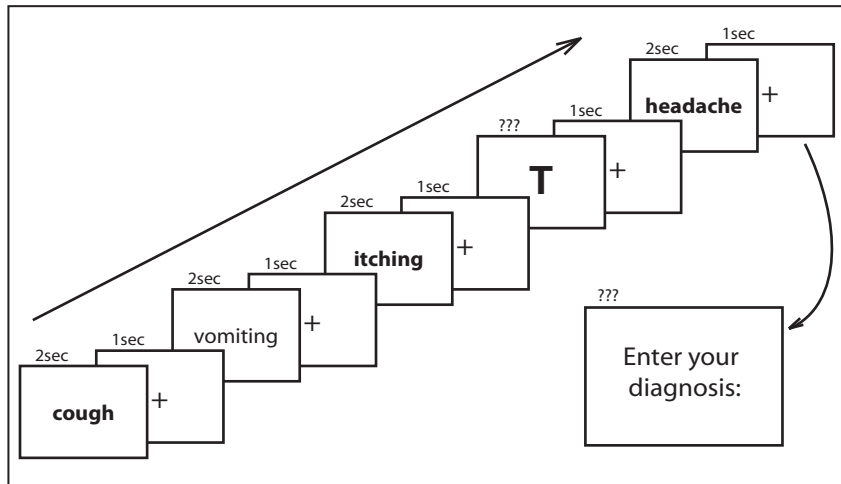
effect had, hebben we een zogenaamde ‘probe reaction task’ gebruikt. Dit ging als volgt: tijdens het presenteren van symptomen lieten we zo nu en dan een mogelijke diagnose zien. Als het inderdaad het geval is dat diagnoses in het geheugen geactiveerd worden door de symptomen, dan zouden proefpersonen sneller moeten reageren op bijvoorbeeld ‘verbrand’ (met symptomen zoals ‘rode huid’ en ‘hoofdpijn’) dan op ‘zwanger’, of ‘huis’. Om een mogelijke invloed van bestaande kennis uit te sluiten hebben we in deze experimenten alleen gebruik gemaakt van kunstmatige medische kennis. Deze kennis bestond uit symptomen die veroorzaakt werden door mogelijke (ook zelfbedachte) chemicaliën. Deze chemicaliën werden beschreven door letters (bijvoorbeeld ‘B’ of ‘W’), en deze letters gebruikten we dus ook in de probe reaction task (zie Figuur 7.1 voor een voorbeeld van de taak). Dit zorgde ervoor dat we geen versturende effecten van bijvoorbeeld woordlengte of leessnelheid kregen.

In het algemeen ondersteunden de resultaten van deze experimenten onze theorie. Op diagnoses die overeenkwamen met alle tot nog toe getoonde symptomen werd bijvoorbeeld het snelste gereageerd, wat suggereert dat deze diagnoses beter beschikbaar waren in het geheugen dan diagnoses die niet overeenstemden met de symptomen. Ook werden reactietijden korter als er meer symptomen met een diagnose overeenkwamen. Dit suggereert dat de getoonde symptomen inderdaad de beschikbaarheid van hypothesen in het geheugen beïnvloeden. Bij een nadere inspectie van onze resultaten bleek echter dat er nog veel vragen onbeantwoord bleven. Het zou bijvoorbeeld zo kunnen zijn dat de reactietijdverschillen niet veroorzaakt werden door geheugenactivatie, maar alleen een bijproduct waren van bewuste redeneerprocessen. En, stel dat geheugenactivatie de resultaten veroorzaakte, hoe werkt dit dan precies?

Computationale Cognitieve Modellen

Het gebrek aan theoretische nauwkeurigheid die we bij de interpretatie van onze resultaten tegenkwamen is typerend voor verbale theorieën. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is het gebruik van computationale cognitieve modellen. Dit soort modellen zijn computersimulaties van de processen die volgens een theorie gedrag veroorzaken (bijvoorbeeld van de geheugenprocessen die de activatie van hypothesen in het geheugen veroorzaken). Door de resultaten van een simulatie te vergelijken met gedragsdata van proefpersonen kunnen theorieën veel nauwkeuriger getest worden dan door alleen naar verbale voorspellingen te kijken. Wij hebben gebruik gemaakt van twee verschillende soorten cognitieve modellen: een connectionistisch model (ECHO) en een cognitieve architectuur (ACT-R). Ik zal het idee achter deze modellen hieronder kort uitleggen, voordat ik een samenvatting van de modelresultaten geef.

Een connectionistisch model is een netwerk van knopen, die door exciterende of inhiberende connecties met elkaar zijn verbonden. Onder andere Paul Thagard (2000) stelde voor dat dit soort netwerksimulaties gebruikt kunnen worden om integratie van informatie (bijvoorbeeld tijdens het stellen van diagnoses) te modelleren. In zijn computersimulatie ECHO representeert elke knoop in het netwerk één concept (bijvoorbeeld een geobserveerd symptoom of een mogelijke diagnose) en de



Figuur 7.1 Voorbeeld van een experiment met de 'probe reaction task' (zie Experiment 1 in Hoofdstuk 2). Tijdens het vertonen van symptomen wordt een probe gepresenteerd (T). De proefpersoon moet zo snel mogelijk aangeven of de probe een chemisch element is of niet. Probes variëren in de mate van associatie met de symptomen (T in dit voorbeeld is een diagnose die met alle getoonde symptomen overeen komt). De tijd die voor de reactie op de probe nodig is geeft aan hoe goed die diagnose in het geheugen beschikbaar is.

verbindingen tussen de knopen representeren de relaties tussen deze concepten. Als het netwerk wordt geïnitieerd, activeren of inhiberen de concepten elkaar. Uiteindelijk krijgt het concept dat het meest met alle andere concepten overeenkomt de meeste activatie. Als dit model toegepast wordt op het stellen van diagnoses kan het voorspellen hoe sterk een bepaalde diagnose door geobserveerde symptomen wordt geactiveerd.

Een andere manier van modelleren is het gebruik van cognitieve architecturen. Een cognitieve architectuur is eigenlijk een verzameling van theorieën en modellen die verschillende aspecten van cognitie weerspiegelen. Het doel is om beter te begrijpen hoe het brein het mogelijk maakt dat wij kunnen nadenken (Anderson, 2007). De onderzoeker kan gebruik maken van deze verzamelde kennis (bijvoorbeeld over hoe het menselijke geheugensysteem werkt) om zijn eigen specifieke vraag nader te onderzoeken (bijvoorbeeld, hoe beïnvloeden observaties de beschikbaarheid van diagnoses in het geheugen). In dit proefschrift heb ik gebruik gemaakt van de cognitieve architectuur die tegenwoordig het meest gebruikt wordt: ACT-R (Anderson, et al., 2004). ACT-R is bijzonder geschikt voor mijn onderzoek omdat het niet alleen een gedetailleerde theorie over het menselijke geheugen heeft, maar ook over de interactie tussen automatische geheugenprocessen en bewuste denkprocessen.

Geheugenactivatie en het Genereren van Hypothesen

In Hoofdstuk 2 en 3 hebben we onderzocht of en hoe informatie uit de omgeving geassocieerde informatie in ons geheugen activeert. Met behulp van ACT-R (Hoofdstuk 2) en ECHO (Hoofdstuk 3) hebben we verschillende cognitieve modellen geïmplementeerd. Alle modellen delen de aanname dat geobserveerde informatie geassocieerde informatie in ons geheugen activeert. De modellen verschillen echter in hoe deze activatie precies verloopt gedurende de tijd. De vergelijking van de modelresultaten met de gedragsdata van proefpersonen uit de hierboven uitgelegde ‘probe reaction task’ liet zien dat de beschikbaarheid van diagnoses in het geheugen inderdaad varieert als een functie van de geobserveerde informatie. Verder toonden de resultaten aan hoe observaties gedurende de tijd worden geïntegreerd.

Beide manieren van modelleren vergrootten de precisie vergeleken met verbale theorieën en ondersteunden onze aannamen over de rol van geheugenactivatie. De modellen verschillen echter in de mate waarin de resultaten geïnterpreteerd kunnen worden. De connectionistische modellen laten zien hoe geobserveerde symptomen geassocieerde diagnoses in een netwerk kunnen activeren. Maar welke aspecten van het geheugen worden door het netwerk gereflecteerd? ACT-R maakt het mogelijk om de resultaten binnen een gedetailleerde geheugentheorie te interpreteren. Het blijkt dat informatie waaraan we aandacht besteden (in dit geval observaties in ons werkgeheugen) automatisch geassocieerde informatie (zoals diagnoses) in het langetermijngeheugen activeren. Op deze manier beïnvloedt de huidige context de beschikbaarheid van hypothesen in het geheugen.

Geheugentheorieën tonen aan dat de beschikbaarheid van informatie in ons geheugen niet alleen afhankelijk is van de huidige context, maar ook van onze ervaring met deze informatie (b.v. Anderson, 2007; Thomas, et al., 2008). Hoe vaker je de informatie al uit je geheugen hebt gehaald, en hoe recenter dat was, des te sterker is de informatie in je geheugen aanwezig, en des te makkelijker kan deze geactiveerd worden. In Hoofdstuk 4 hebben we onderzocht of ook bij het genereren van hypothesen beide factoren, ervaring en context, een rol spelen. In een gedragsexperiment moesten proefpersonen diagnoses voor medische symptomen stellen. Tijdens het genereren van deze diagnoses, moest een tweede taak worden uitgevoerd, met behulp waarvan we beide factoren onafhankelijk van elkaar konden manipuleren. Gedragsdata in de verschillende condities hebben we vergeleken met de voorspellingen van een ACT-R model. Zoals het model voorspeld had, werd de prestatie op de diagnosetaak beïnvloed door zowel ervaring als context. Deze resultaten ondersteunen dus het idee dat zowel ervaring als de huidige context de beschikbaarheid van diagnoses in het geheugen beïnvloeden en laten zien hoe geheugenmechanismen deze invloed veroorzaken.

Je kunt je afvragen waarom het zo belangrijk is om geheugenmechanismen zo goed te begrijpen. Zoals Dougherty et al. (2010) bijvoorbeeld beschrijft, veronderstellen theorieën vaak dat “whatever takes place in the memory system is irrelevant to understanding judgment and decision-making behavior” (p. 337). Onze resultaten laten zien waarom deze aanname kortzichtig is. Geheugenprocessen beïnvloeden welke informatie we ons, afhankelijk van onze ervaring en de huidige context,

kunnen herinneren. Daarmee beïnvloeden ze ook welke informatie we voor bewuste denkprocessen beschikbaar hebben. Door beter te begrijpen hoe geheugenprocessen de beschikbaarheid van informatie reguleren kunnen we het stellen van diagnoses beter begrijpen. Dit is niet alleen interessant vanuit een theoretisch perspectief, maar het kan wellicht ook helpen om het nemen van beslissingen in de praktijk te verbeteren.

Denk bijvoorbeeld aan de medische diagnose, waar correcte beslissingen van levensbelang voor de patiënt kunnen zijn. De medische literatuur beschrijft een aantal typische fouten bij het stellen van diagnoses (zie b.v. Klein, 2005). Als we de cognitieve mechanismen tijdens het diagnosticeren beter begrijpen, kunnen we meer over de oorzaken van deze fouten leren. Deze kennis kan gebruikt worden om trainingsprogramma's te ontwikkelen die helpen de fouten te voorkomen. Een typische fout is bijvoorbeeld de 'representativeness heuristic', waarbij een diagnose te sterk wordt beïnvloed door de huidige context, zoals de symptomen van een patiënt), en er te weinig rekening wordt gehouden met hoe vaak een diagnose in het algemeen voorkomt. Onze resultaten doen vermoeden dat deze fout wordt veroorzaakt door te weinig persoonlijke ervaring met een diagnose. Als de persoonlijke ervaring van een arts een incorrecte afspiegeling is van hoe vaak een diagnose in de werkelijkheid voorkomt, dan kan de geheugenactivatie dit aspect niet gebruiken en wordt de huidige context belangrijker. Deze fout kan wellicht voorkomen worden door het aantal optredens van een diagnose niet alleen in de vorm van abstracte getallen te trainen, maar ook in de vorm van natuurlijke frequenties.

Beschikbaarheid van Informatie en het Nemen van Beslissingen

In de Hoofdstukken 2, 3 en 4 hebben we geheugenprocessen onderzocht die de beschikbaarheid van informatie beïnvloeden. In Hoofdstuk 5 zijn we een stap verder gegaan en hebben we gekeken hoe de beschikbaarheid van informatie samenhangt met het nemen van beslissingen. Op dit moment is er veel discussie of het nemen van beslissingen beter kan worden begrepen in termen van eenvoudige heuristieken of als een complexer proces waarbij verschillende feiten tegen elkaar worden afgewogen.

Een bekende heuristiek is de 'recognition heuristic' (Goldstein & Gigerenzer, 2002). Deze heuristiek kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de vraag te beantwoorden welke van twee alternatieven (twee steden zoals 'Leipzig' en 'Chemnitz') hogere waarden op een bepaald criterium (inwoners) heeft. De heuristiek veronderstelt dat als we één van de alternatieven herkennen (Leipzig) en de andere niet (Chemnitz), we voor het bekende alternatief kiezen zonder er verder over na te denken. Daartegenover staan theorieën die veronderstellen dat bij een beslissing meer informatie wordt gebruikt. Zo zou je kunnen bedenken dat, voor zover jij weet, Leipzig geen internationaal vliegveld en geen bekende voetbalploeg heeft. Omdat deze feiten tegen het idee ingaan dat Leipzig een grote stad is zou je misschien voor Chemnitz kiezen, terwijl je helemaal niets over Chemnitz weet.

Zoals een groot aantal publicaties laat zien is de vergelijking van deze schijnbaar tegengestelde strategieën vaak moeilijk. Dit komt omdat strategieën in de literatuur op een verschillende niveau beschreven worden en vaak alleen verbale voorspellingen maken. In Hoofdstuk 5 beschrijven we hoe ACT-R helpt deze problemen aan te pakken. Het gebruik van een cognitieve architectuur maakt het namelijk mogelijk om verschillende strategieën binnen één theoretisch kader te implementeren. Deze implementatie leidt niet alleen tot precieze voorspellingen, maar houdt ook rekening met de interactie tussen de strategieën en andere aspecten van cognitie, zoals geheugenprocessen. De vergelijking van de voorspellingen met gedragsdata van twee gepubliceerde experimenten (Pachur, et al., 2008) liet zien dat combinaties van schijnbaar tegengestelde strategieën het gedrag het beste voorspellen: Bijvoorbeeld, zelfs proefpersonen die uiteindelijk altijd voor de bekende alternatieven kozen, bleken gedeeltelijk informatie over deze alternatieven uit het geheugen te halen.

Conclusie

Al in de jaren 70 waarschuwde Allen Newell ervoor dat verbale theorieën en het vergelijken van steeds twee alternatieve aannamen niet voldoende is om ons begrip van cognitie te vergroten (A. Newell, 1973). Desondanks zijn verbale theorieën en binaire aannamen nog steeds heel populair binnen de wetenschap. In dit proefschrift heb ik laten zien hoe de precisie van cognitieve modellen gebruikt kan worden om cognitieve processen beter te begrijpen. Onze resultaten maken duidelijk dat schijnbaar tegenstrijdige aspecten van cognitie, zoals automatische en bewuste denkprocessen, of het gebruik van eenvoudige heuristieken en complexere strategieën bij het nemen van beslissingen, vaak complementair zijn. We hebben bijvoorbeeld aangetoond dat automatische activeringsprocessen de beschikbaarheid van informatie in het geheugen reguleren en daarmee beïnvloeden welke informatie door bewuste denkprocessen gebruikt kan worden. Het beter begrijpen van dit soort interacties is één van de grote uitdagingen in het begrijpen van menselijke cognitie. Ik hoop dat dit proefschrift een goede stap in deze richting is.