

Expertsystemen hebben nog heel wat te leren

Niels Taatgen

Computers gaan de rol van experts overnemen. Dat was een van de credos uit de jaren tachtig. Nu computers echter doorgedrongen zijn in het dagelijks leven, is de rol van expertsystemen marginaal gebleven. Deze marginale rol is niet te danken aan een gebrek aan behoefte aan dergelijke systemen, maar eerder aan het feit dat expertsystemen de gemaakte beloften niet waar hebben kunnen maken. Behoeftte aan systemen die intelligent met kennis kunnen omgaan is er wel degelijk. De reisplanner voor het openbaar vervoer is een voorbeeld van een succesvol expertstysteem, een expert in het raadplegen van het spoor- en busboekje. Dit programma behoort, net als tekstverwerkers en databases, voor sommige mensen tot de standaard bureausoftware. Waarom hebben we dan nog geen programmas die ons kunnen helpen een medische diagnose te stellen als één van onze kinderen ziek is, of een juridisch advies kunnen geven als we ruzie met de buurman hebben? Expertsystemen zouden een belangrijke rol kunnen spelen in alledaags computergebruik, als ze tenminste goed zouden functioneren. En daar schort het nog aan. Een medisch expertstysteem dat bij de symptomen koorts en hoofdpijn suggereert dat er sprake kan zijn van hersenvliesontsteking is misschien gebaseerd op medische kennis, maar heeft niet de ervaring van een arts.

Intussen zijn de pretenties van veel expertsystemen wat teruggeschroefd. Niet langer neemt de computer de rol van de expert over, maar de computer is eerder een adviseur van een expert, die kan wijzen op alternatieve benaderingen, of die kennis kan oproepen die een expert op een bepaald moment niet paraat heeft. Dergelijke systemen worden, wat bescheidener, kennissystemen genoemd. Maar ook in een adviesrol worden expert- en kennissystemen nog slechts bij mondjesmaat gebruikt.

Wat is nu eigenlijk het probleem met expertsystemen?

De aanname van een expertstysteem is, dat een expert in principe uitgeleerd is. Dat wil zeggen dat we een expertstysteem handig kunnen opdelen in twee onderdelen, een verzameling kennis en een redeneermechanisme. De verzameling van kennis kan verworven worden door een momentopname te maken van de kennis van een menselijke expert. Deze kennis wordt meestal gerepresenteerd met behulp van regels, zoals: ALS (koorts groter-dan 38) EN hoofdpijn EN loopneus DAN griep. Het redeneermechanisme is in principe universeel, dus onafhankelijk van het specifieke domein. Het zal, gegeven een aantal symptomen de juiste regels opzoeken, eventueel aanvullende vragen stellen, en tenslotte met een diagnose komen.

De basisaanname, dat experts uitgeleerd zijn, is echter onjuist, en gebaseerd op kennis over menselijk redeneren uit de jaren zeventig. De cognitiewetenschap heeft echter sindsdien niet stil gestaan. De nadruk is meer en meer komen te liggen op het feit dat mensen continu met hun omgeving interacteren, en zich ook continue aan deze omgeving aanpassen. De belangrijkste beslissing die een huisarts dagelijks moet nemen, is of een patiënt alleen gerustgesteld hoeft te worden, of dat er werkelijk wat aan de hand is. Bij deze beslissing zullen eerdere ervaringen met deze patiënt een rol spelen: is dit een patiënt die vaker met een

wissegewijs komt, als er echt wat aan de hand is, is het dan erg? Ook zullen artsen zich aan een veranderende wereld moeten aanpassen, waarin opeens de kans op de veteranenziekte verhoogd is door een incident in Bovenkarspel. Menselijke experts zijn kortom nooit uitgeleerd, en dan hebben we het niet alleen over het volgen van opfriscursussen maar ook over het aanpassen aan dagelijks veranderende omstandigheden.

Expertsystemen moeten leren

Hoe zouden expertsystemen verbeterd kunnen worden? De moderne cognitiewetenschap biedt een aantal aanknopingspunten. Cognitiewetenschap is een interdisciplinair vakgebied, waarin informatica, psychologie, filosofie, taalkunde en neurowetenschap samenwerken om meer inzicht te krijgen op het menselijk denken, en om deze inzichten toe te passen in kunstmatig intelligentie systemen, mens-computer interactie en computer-ondersteund onderwijs. Een eerste aanknopingspunt is dat de kennis van het expertstelsel continu moet worden aangepast aan de ervaring van het systeem. De ACT-R cognitieve architectuur van John Anderson doet dit bijvoorbeeld door parameters bij te houden bij alle kennis van het systeem (J.R. Anderson & C. Lebiere, *The atomic components of thought*, 1998, Mahwah, NJ: Erlbaum). Zo wordt van alle feitenkennis de kans bijgehouden dat deze kennis nodig zal zijn in een bepaalde situatie. In een situatie met hoofdpijn en koorts, bijvoorbeeld, zal deze kans voor griep veel hoger uitvallen dan voor hersenvliesontsteking. Indien er echter kort geleden een geval van hersenvliesontsteking in de praktijk geweest is, dan is de kans op nog een hersenvliesontsteking tijdelijk verhoogd. Omvangrijk experimenteel onderzoek laat zien dat mensen inderdaad op deze wijze met kennis omgaan. Bovendien blijkt de omgeving ook deze structuur te hebben. Anderson laat bijvoorbeeld aan de hand van koppen in de *New York Times* zien, dat de kans dat een bepaald woord (b.v. Irak) in één van de koppen op de voorpagina voorkomt veel groter is als dit de dag ervoor ook al in de koppen voorkwam. Ook het aantal keren dat een woord voorkomt is van belang: als het woord "Aids" de afgelopen weken regelmatig te vinden was in de koppen van de krant, dan is de kans groot dat het morgen weer het geval is. Niet alleen krantenkoppen voldoen aan deze regelmatigheid. Uit een database van woordgebruik van kleine kinderen bleek hetzelfde: indien een kind een woord vaak en kort geleden heeft gebruikt, dan is de kans groot dat het het binnenkort weer zal gebruiken.

De kansinformatie van feitenkennis wordt gebruikt om die informatie te selecteren, die de grootst mogelijke kans heeft relevant te zijn. Minder relevante informatie wordt pas in tweede instantie bekeken, en informatie die een te lage relevantie heeft wordt niet eens in beschouwing genomen. Dit bijhouden van kansinformatie is een leerproces dat correspondeert met onbewust leren, dat ook wel impliciet leren wordt genoemd. Onbewust geleerde kennis kunnen mensen niet makkelijk rapporteren, omdat ze uitsluitend weten dat ze iets kunnen, maar niet precies op grond van welke kennis. Meestal wordt hier in de volksmond naar gerefereerd met het woord intuïtie.

Leren op grond van voorbeelden

Een tweede aanknopingspunt uit de cognitiewetenschap is het feit dat mensen veel gebruik maken van voorbeelden voor het maken van redeneringen. De belangrijkste bron van voorbeelden is, naast onderwijs, ervaring. Elke keer dat een probleem wordt opgelost, levert dit een voorbeeld op. Niet elk voorbeeld is op zichzelf even relevant, maar door het te integreren met andere voorbeelden en kennis bouwt zich langzaam een kennisbank op die anders van karakter is dan de regels die in expertsystemen worden gebruikt. Ook deze vorm van kennis is gerelateerd aan het onbewuste leren. Een voorbeeld van deze vorm van leren is te vinden in de controle van complexe processen. Een voorbeeld hiervan is de besturing van een suikerfabriek. Dit voorbeeld is in een aantal experimenten gebruikt om meer inzicht te krijgen in hoe mensen dit doen. De suikerfabriek is een relatief eenvoudig systeem: het zal gegeven een aantal arbeiders die aan het werk gezet worden een bepaalde hoeveelheid suiker produceren. De hoeveelheid suiker is niet alleen afhankelijk van dit aantal arbeiders, maar ook van de productie van de vorige dag. Deze twee gegevens bepalen via een niet-lineaire functie de productie voor de huidige dag. Als proefpersonen deze fabriek moeten besturen met de opdracht om de productie van de fabriek op een bepaald niveau te krijgen en te houden, dan blijken ze dit na enige oefening redelijk goed te kunnen doen. Als hen echter na het experiment een vragenlijst wordt voorgelegd met vragen over de werking van de fabriek, dan blijkt hun prestatie daarop helemaal niet te corresponderen met hun prestatie in het experiment. Blijkbaar is de kennis die ze hebben opgedaan niet goed te verwoorden, en niet te gebruiken voor andere doeleinden dan het besturen van de fabriek zelf. Uit computersimulaties blijkt, dat de prestaties van de proefpersonen kunnen worden verklaard uit het feit dat ze hun ervaringen onthouden en op de juiste momenten weer ophalen. Deze voorbeelden zijn voldoende om een goede inschatting te maken voor het aantal in te zetten arbeiders, maar onvoldoende om meer algemene vragen over het systeem te kunnen beantwoorden. Onbewuste kennis is een probleem voor expertsystemen. Immers, de kennis van een expertstelsel wordt aan experts ontleent, en als deze experts hun kennis niet onder woorden kunnen brengen, dan is het lastig om achter de precieze aard van de kennis te komen.

Leren met behulp van leerstrategieën

Hoe zit het dan met bewuste kennis? Hierin ligt het derde aanknopingspunt tussen cognitiewetenschap en expert systemen. Een belangrijke vorm van bewuste kennis bestaat uit strategieën. Om een nieuw probleem aan te pakken zijn allerlei strategieën mogelijk. Een strategie is bijvoorbeeld om een analogie te trekken met al eerder opgelost probleem, dat lijkt op het huidige probleem. Andere strategieën kunnen bestaan uit het focussen op één bepaald aspect van het probleem, en de invloed van dat aspect op de uitkomst zo goed mogelijk in kaart te brengen alvorens naar andere aspecten te kijken. Strategieën kunnen algemeen zijn, maar ook specifiek voor een bepaald probleem. Uit een experiment waarin mensen planningsproblemen moeten oplossen blijkt, dat ze al in enkele uren gespecialiseerde strategieën ontwikkelen voor dat type problemen.

Strategieën kunnen de oplossing van het probleem als doel hebben, maar ook het vergaren van meer kennis over het probleem. Dit laatste type strategie is met

name van belang als de gebruikelijke methoden niet voldoende blijken te zijn om een probleem op te lossen. Een dergelijke strategie kan bijvoorbeeld bestaan uit het uitbreiden van het probleemdomein. Een voorbeeld van een probleem waarbij een dergelijke uitbreiding nodig is, is het probleem waarbij, gegeven een kaars, een doosjes lucifers en een doosje punaises, het doel is om de kaars brandend aan een deur te bevestigen. De oplossing is om een van de doosjes, bijvoorbeeld het punaisedoosje, leeg te gooien en dit met een punaise aan de deur te bevestigen. Vervolgens kan het kaarsje in het doosje worden gezet en eventueel worden vastgezet met een punaise. De meeste mensen hebben enige tijd nodig om deze extra functie van het punaisedoosje te ontdekken. Eerst heeft het doosje alleen de functie van opbergplek. Na vruchteloze pogingen om de kaars met punaises aan de deur te bevestigen is het een goede strategie om te kijken of de beschikbare objecten nog andere functies hebben, in het geval van het punaisedoosje een object dat aan de deur bevestigd kan worden, en dat als ondersteuning voor een kaars kan fungeren.

Het feit dat leerstrategieën zowel algemeen als specialistisch kunnen zijn is een indicatie dat het algemene expertstelsel concept van een domeinonafhankelijke redeneermodule ook niet geheel opgaat. Sommige strategieën, zoals analogieredeneren mag dan misschien algemeen toepasbaar zijn, veel andere strategieën zijn specialistisch, of zijn speciale gevallen van algemene strategieën.

De toekomst van expertsystemen

Expertsystemen zijn gebaseerd op de cognitiewetenschap uit de jaren zeventig. Door technieken uit de jaren negentig toe te passen, kan een heel nieuw type expertstelsel ontstaan, waarbij de door de bouwer aangeleverde kennis slechts een begin is. Door het expertstelsel te trainen op cases uit de praktijk, en ook als het daadwerkelijk in gebruik genomen is door te laten leren, zijn wellicht systemen mogelijk die de menselijke expert veel beter benaderen dan wat momenteel mogelijk is. De technieken zijn al beschikbaar, de eerder genoemde ACT-R cognitieve architectuur implementeert tal van de in dit artikel genoemde aspecten. ACT-R is slechts één voorbeeld van een cognitieve architectuur. Andere architecturen hebben vaak andere specialismen. Zo is bijvoorbeeld de EPIC architectuur sterkt gericht op perceptie en motoriek, en minder op centrale denkprocessen. Ook neurale netwerken kunnen worden gezien als soort cognitieve architectuur, hoewel deze meestal slechts in staat zijn redeneringen van één stap na te bootsen. Cognitieve architecturen zijn in eerste instantie bedoeld als onderzoeksgereedschap voor cognitiewetenschappers, maar de in deze architectuur gebruikte mechanismen zijn goed exporteerbaar naar andere systemen. Hoewel nog niet in expertsystemen toegepast, is ACT-R al een goede basis gebleken voor het construeren van computer-ondersteund onderwijs, een andere categorie software die ondanks beloften uit de jaren tachtig nog niet echt van de grond is gekomen. EPIC wordt toegepast binnen het terrein van mens-computer interactie, met name op het terrein van een coördinatie van motorische handelingen (muis en toetsenbord) en perceptie (lezen van het beeldscherm).

Dr. Niels Taatgen werkt als Universitair Docent bij de vakgroep Technische Cognitiewetenschap aan de Rijksuniversiteit Groningen. Het hier besproken onderzoek komt uit:

Taatgen, N.A. (1999). Learning without limits, from problem solving towards a unified theory of learning. Dissertatie, Rijksuniversiteit Groningen. Beschikbaar op internet: <http://tcw2.ppsw.rug.nl/thesis/>