

Reflexiviteit & Intelligentie

Jakob Jelleszoon Loosman, Jean Frédéric Zolnet

8 maart 2002

1 Inleiding

Tijdens ons onderzoek zijn wij verschillende begrippen tegen gekomen.

Eerst gingen wij ervan uit dat wat we wilden onderzoeken het fenomeen recursiviteit moest zijn. We kwamen er achter dat dit niet de lading dekte van ons interessegebied en we verbreedden de horizon door het begrip zelfverwijzing te nemen. Na hier meer over gelezen te hebben bleek ook dit begrip niet genoeg te zeggen. Wat we werkelijk wilden onderzoeken heet reflexiviteit.

De vragen die centraal staat in dit artikel is, hoe fundamenteel reflexiviteit is voor intelligentie. Als conclusie willen we uitkomen bij kunstmatige intelligentie. Wat kan reflexiviteit ons vertellen over het maken van kunstmatige intelligentie?

We beginnen met het definiëren van de termen recursie, zelfverwijzing en reflexiviteit. Daarna bekijken we deze fenomenen binnen logica en taal. Vervolgens onderzoeken we dit binnen het menselijk denken en proberen we te laten zien hoe fundamenteel reflexiviteit in ons menselijk denken is. Tenslotte proberen we een conclusie te vormen over het belang van reflexiviteit binnen de kunstmatige intelligentie.

2 Definities

2.1 Recursie

Recursie is een methode die voornamelijk gebruikt wordt in het programmeren. Recursie is een programmeertechniek die een probleem in steeds kleinere termen van zichzelf definieert.

Om dit te illustreren laten we zien hoe we in de programmeertaal prolog het predicaat voorouder(X, Y) (X is de voorouder van Y) kunnen definiëren.

De ouders van X zijn zijn voorouders, maar ook de ouders van de ouders van X zijn zijn voorouders, enzovoort.

```
voorouder(X,Y):- //de voorouders van Y zijn als volgt gedefinieerd:  
ouder(X,Z), // Z heeft een ouder X  
voorouder(Y,Z). // Z heeft weer de voorouders Y
```

De laatste regel zorgt ervoor dat de eerste regel weer wordt aangeroepen, maar dan nu voor een kleiner aantal voorouders. Deze recursieve functie zal echter niet stoppen tenzij men eerst aangeeft wat het kleinste probleem is, de basis:

```
voorouder(X,Z):-  
ouder(X,Z).
```

Het begrip recursie wordt ook gebruikt om repeterende patronen in de natuur aan te tonen. Men hoeft een patroon maar één keer uit te vinden om het dan telkens te herhalen. Een goed voorbeeld hiervan zijn de bladeren van een varen.

2.2 Zelfverwijzing

Een definitie van zelfverwijzing kan men als volgt formuleren: zelfverwijzing omvat alle gevallen waarin een stelling of definitie gedefinieerd wordt in termen van zichzelf, met andere woorden, waarin een stelling naar zichzelf verwijst. Deze definitie is echter te beperkt voor ons doel, omdat het niet de gevallen insluit waarin men over processen spreekt en niet alleen over stellingen en definities.

2.3 Reflexiviteit

Zodra men tracht de eigenheid van het denken te begrijpen, en de vooronderstellingen probeert te vinden die de basis zijn van het weten, is men bezig met een taak die noodzakelijkerwijs de onderwerpen die men onderzoekt ook meteen gebruikt.

Dat is het probleem van reflexiviteit: het is misschien het best te vatten door het te ervaren. Wanneer men reflexiviteit wil begrijpen krijgt men het gevoel dat men zichzelf bij zijn eigen nekvel probeert op te tillen.

Dat is ook het moment waarop waarop het begrip het makkelijkst duidelijk wordt, zodra men het heeft over processen als denken over het denken,

en kennis hebben over kennis. Reflexiviteit is breder dan zelfverwijzing, dat alleen betrekking heeft op taalkundige verwijzingen, terwijl reflexiviteit ook over processen spreekt.

Het zou misschien interessant zijn om eigenschappen van reflexiviteit te definiëren die gelden voor alle, of in ieder geval meerdere manifestaties van reflexiviteit, maar we denken dat dit op dit moment nog niet mogelijk is gezien de beperkte tijd voor dit onderzoek en het feit dat we net met de studie gestart zijn.

In de volgende paragraaf bekijken we de reflexiviteit in logica en taal. Hierna gaan we kijken of het mogelijk is dat reflexiviteit een onderscheidende eigenschap van het menselijk denken is.

3 Logica en taal

Tijdens de laatste jaren van de 19e eeuw, en het eerste decennium van de 20e, ontdekte men een aantal semantische en set-theoretische paradoxen, die wezen op problemen die men toe kan kennen aan reflexiviteit.

Het bekendste voorbeeld hiervan is misschien wel Russells paradox. De stelling van Russell luidt als volgt: de verzameling van verzamelingen die zichzelf niet bevatten. Waarom leidt dit tot een paradox? Als deze verzameling zichzelf niet bevat, moet hij volgens de definitie zichzelf juist wel bevatten. Bevat hij zichzelf, dan voldoet hij niet meer aan de definitie. Er treedt dus een paradox op, die terug te voeren is op het principe reflexiviteit.

Russell bedacht voor dit soort problemen met betrekking tot zowel formele als natuurlijke taal een oplossing. Introduceer een hiërarchie, en als men uitspraken wil doen over taal, moet men dat doen in een hogere taal, een metataal. Hetzelfde geldt in dit geval voor verzamelingen. De hiërarchie wordt geïntroduceerd om het probleem van de zelfverwijzende paradox te omzeilen. Tarski heeft dit verder uitgewerkt door regels op te stellen waar een meta- en een objecttaal aan moeten voldoen (Tarski 1933). De belangrijkste van deze regels is degene die zegt dat men in een objecttaal geen predicaten mag toelaten als ‘waar(in deze taal)’ en ‘onwaar(in deze taal)’.

D.A. Whewell zegt dat niet alle vormen van zelfverwijzing tot problemen leiden, in tegenstelling tot Russell en Tarski. Russell zegt dat alle zelfverwijzende stellingen betekenisloos zijn, en dit is een direct gevolg van zijn verzamelingsleer. Whewell toont aan in zijn artikel ‘Self-Reference and Meaning in a Natural Language’ dat men zelfverwijzing in verschillende categorieën kan opdelen. Het is van belang om te onthouden dat Whewell zich voornamelijk bezig houdt met natuurlijke taal en niet met formele taal. Wel

probeert hij de natuurlijke taal voor zover mogelijk te formaliseren. Whewell beperkt zich tot één vorm van logische paradox, namelijk diegene die wordt gevormd door de reflexiviteit van een zelfverwijzende uitdrukking. De leugenaarsparadox, ‘deze zin is onwaar’, is hier een goed voorbeeld van.

Whewell zegt dat natuurlijke taal rommeliger is dan formele taal, en daardoor meer bruikbaar, maar dat men zelfs in natuurlijke taal niet opgezadeld wil worden met de tegengestelde waarheidswaarden die de leugenaarsparadox opwekt.

Vervolgens toont hij aan dat indirecte zelfverwijzing tot dezelfde soort paradoxen kan leiden als directe zelfverwijzing. Hierdoor wordt ook duidelijk dat de leugenaarsparadox niet betekenisloos is. Hij illustreert dit met het volgende voorbeeld: neem een schoolbord, met op de ene zijde de zin ‘wat op de andere zijde van dit bord staat is onwaar’, en op de andere zijde de zin ‘wat op de andere zijde van dit bord staat is waar’. Het is onjuist om te stellen dat de zin ‘wat op de andere zijde van dit bord staat is onwaar’ betekenisloos is, slechts omdat deze in combinatie met de andere tot een paradox leidt. De reden hiervoor is dat de zin die op de ene kant van het bord staat, gewoon zegt wat hij zegt. Zo mag men concluderen dat een direct zelfverwijzende paradox ook niet betekenisloos is, ondanks het feit dat men er geen waarheidswaarde aan toe kan kennen. De strekking van de zin is wel degelijk te vatten. Hier blijkt duidelijk het verschil in het gebruik van formele en natuurlijke taal.

Hieruit kunnen we concluderen dat niet alle vormen van zelfverwijzing problemen opleveren en gemeden moeten worden. Zelfs die vormen van zelfverwijzing die een paradox opleveren zijn niet betekenisloos.

Tevens hebben we gezien dat er een aantal technieken zijn bedacht om de zelfverwijzende problemen te voorkomen. In de volgende paragraaf zullen we de reflexiviteit onderzoeken zoals deze in het menselijk denken voor kan komen. Zijn de problemen die hier ontstaan ook te verhelpen met technieken die in de logica en taal bedacht zijn?

4 Is zelfverwijzing menseigen?

In dit hoofdstuk wordt gekeken of zelfverwijzing een biologische grondslag in de mens heeft. Tevens wordt het belang van reflexiviteit onderzocht voor de maatschappij door te kijken hoe reflexiviteit zich manifesteert in religie en mythologie en of het belangrijk is om reflexiviteit te erkennen binnen de wetenschap. Omdat we ons er bewust van zijn dat dit een breed terrein is, zullen ons moeten beperken tot de ideeën die wij erover hebben.

4.1 Neurologische basis

Recent optisch onderzoek biedt een theoretisch model voor het functioneren van het brein in de vorm van driedimensionale holografie. Gesuggeseerd wordt, dat het brein als een geheel reageert op stimuli, waarbij het als een netwerk met een veelheid aan ‘loops’ van diverse lengte en complexiteit optreedt. De neuronale structuren zijn te zien als holografische loops, die in staat zijn oorspronkelijke excitatiepatronen te herhalen. Zo krijgt het systeem een dynamiek die in staat is tot feedback en feedforward: recursie dus.

Vanuit een fenomenologisch standpunt, is het niet vreemd om een verband te zien tussen zelfverwijzende gedachten en gevoelens zoals pijn, vrees en vreugde. Het is misschien natuurlijk om dit toe te kennen aan de neurologische basis zoals hierboven geschetst. Deze neurologische basis wordt dan de grondslag van de typerende eigenschappen van het menszijn zoals het gebruik van geheugen, het nadenken over wat we meemaken en een opbouwende ervaring van de persoonlijke identiteit.

4.2 Reflexiviteit in het denken

Het is mogelijk om reflexiviteit als een onlosmakelijk deel van de menselijke geest te zien. Dit wordt ondersteund door het feit dat zelfverwijzing en reflexiviteit in vrijwel alle hogere menselijke activiteiten door de eeuwen heen aan te wijzen is. De vraag is, of dit komt doordat het inherent is aan het menselijk wezen, of dat het slechts een bijproduct is van het menselijk denkvermogen.

4.2.1 Verwijzing

De manier waarop de mens taal gebruikt wordt gezien als één van de belangrijkste onderscheidende kwaliteiten ten opzichte van de andere dieren. De mens werd pas werkelijk mens op het moment dat zij de taal uitvond. Taal is verwijzing. Zo vormt verwijzing de basis van onze intelligentie.

Het wordt zelfs gesuggereerd (Fodor 1975) dat het menselijk denken talig is. Hier is tegen in te brengen dat een baby wel gedachten heeft, maar waar die precies uit bestaan is moeilijk te onderzoeken. Wij vermoeden, dat er misschien wel een niet-talig niveau van denken is, maar dat op het moment dat een mens een taal leert, het denken over het denken, dat bewust is, niet meer op een niet-talige manier geformuleerd kan worden. Ook niet binnen het denken zelf. We kunnen ons voorstellen dat het denken verschillende modi heeft. Het zou interessant zijn hier onderzoek naar te doen.

4.2.2 Zelfverwijzing

Godsdiensten en mythologie tonen dat het concept zelfverwijzing al snel in de menselijke geest opdook. Ten eerste als de god die een onderdeel is van het heelal dat hij of zij zelf geschapen heeft en ten tweede als de mythe van de eeuwige herhaling, die vertelt dat elke gebeurtenis het heelal op precies dezelfde wijze opnieuw plaats zal hebben, zoals het ook al ontelbare malen in het verleden is gebeurd. Tevens spreken andere godsdiensten over steeds terugkerende fasen of tijdperken.

4.2.3 Reflexiviteit

Vrijwel alle activiteiten van de moderne mens zijn doordrongen van dit begrip. Biologie, natuurkunde, ons ruimte-tijd concept, rechten, sociologie, economie, speltheorie, muziek, kunst en literatuur.

Alhoewel het niet zondermeer te bewijzen is, zijn er veel aanwijzingen, zoals aangetoond in de laatste drie paragrafen, die erop wijzen dat reflexiviteit een kernproces is voor het herkennen, begrijpen en definiëren van intelligentie en bewustzijn.

4.3 De Paradigma Paradox

In de vorige paragraaf hebben we besproken hoe reflexiviteit in taal, logica en verzamelingenleer kan leiden tot problemen en soms zelfs tot een paradox. Hoe zit het met problemen in het menselijk denken? Is het belangrijk om rekening te houden met de reflexiviteit van het denken? Wij willen aantonen dat dit wel degelijk van belang is.

Men kijkt naar de wereld vanuit een bepaald paradigma. Wetenschap houdt zich onder andere bezig met het vormen van theorieën over de werkelijkheid en schept daarmee een paradigma. Wetenschappelijke ontdekkingen veranderen ons beeld van de werkelijkheid. Een revolutionaire wetenschappelijke ontdekking leidt echter niet direct tot een paradigmaverschuiving, er is tijd voor nodig om het nieuwe idee te accepteren.

Het reflexieve probleem hierin bestaat eruit dat men theorieën over de werkelijkheid probeert te vormen terwijl men er middenin zit. Men zit niet alleen vast in de werkelijkheid maar ook in de eigen visie daarop en in het heersende paradigma. Zoals Otto Neurath het zo mooi heeft gezegd:

‘Wij zijn als schepelingen, die hun schip op volle zee moeten herstellen, zonder het ooit in een dok uit elkaar te kunnen halen om het met de beste materialen te vernieuwen.’

Men maakt een essentiële fout als men niet begrijpt, dat men vanuit het paradigma het paradigma probeert te veranderen. Dit is een reflexief fenomeen. Daarom is het van wezenlijk belang dat men het fenomeen reflexiviteit erkent en dat men zich er bewust van is. Alleen als men zich ervan bewust is kan men er rekening mee houden.

Is dit op te lossen, zoals er oplossingen zijn bedacht voor de reflexieve problemen binnen taal? Is het mogelijk om boven de visie op werkelijkheid of het paradigma uit te stijgen om daar objectief naar de eigen theorie te kijken?

In verband met het denken geldt hetzelfde. Kan men werkelijk uitstijgen boven het denken om het objectief te observeren? Het feit dat we dit stuk hebben kunnen schrijven is zeker in punt in het voordeel van dit idee.

5 Conclusie

Naar onze mening is reflexiviteit een belangrijk fenomeen is voor intelligentie en zelfbewustzijn. Het is echter mogelijk dat reflexiviteit vanzelf onstaat indien men een gecompliceerd genoeg brein ontwerpt dat voorzien is van goed werkende zintuigen.

In hoeverre is het noodzakelijk dat reflexiviteit erkend wordt binnen de kunstmatige intelligentie? Om hier antwoord op te krijgen zal men moeten nadenken over de doelen van kunstmatige intelligentie. Als het een doel is om werkelijk zelfbewuste systemen te creëren dan zal er volgens ons zeker gebruik gemaakt moeten worden van reflexiviteit.

Het zal binnen de kunstmatige intelligentie zeker voorkomen dat men systemen wil creëren die een representatie van zichzelf bevatten. Een dergelijke zelfrepresentatie is misschien al een minimale vorm van zelfbewustzijn te noemen.

Ook in minder hooggegrepen doelen binnen de kunstmatige intelligentie maakt men gebruik van reflexieve fenomenen. Een begrip zoals feedback is bijvoorbeeld belangrijk.

De mogelijkheden van kunstmatige intelligentie en het belang van reflexiviteit daarin zijn nog lang niet uitputtend onderzocht. Veel vragen zijn vooralsnog onbeantwoord en ook hier is er nog voldoende stof voor toekomstig onderzoek.

6 Bibliografie

- Bartlett, S., Suber, P. (ed.), Self-reference - reflections on reflexivity, 1987.
Bartlett, S. J. (ed.), Reflexivity: A Source-Book in Self-Reference, North-Holland 1992
Donellan, K. Reference and Definite Descriptions, The Philosophical Review, 75, 281-304, 1966
Fodor, J.A. The language of Thought ,1975
Giunchiglia, F., Smaill, A., Reflection in constructive and non-constructive automated reasoning, in H. Abramson, M.H. Rogers (ed), Meta-Programming in logic programming, MIT Press 1989
Petra Hendriks, Niels Taatgen, Tjeerd Andringa, Breinmakers & Breinbrekers, 1997
Hofstadter, D.R., Gödel, Esher, Bach, 1985.
Loosman, J.J., Zolnet, J.F. Reflexiviteit & Intelligentie, 2002
P. Odifreddi: Classical recursion theory (Noordholland uitgeverij)
Russel, Principia Mathematica
Smullyan: Diagonalisation and self-reference.
Strawson, P.F. "On Referring, Mind, 59, 320-344, 1950
Tarski (gebundeld) Logic, Semantics and Metamathematics