

TOEKOMSTBEELD DER TECHNIEK

47

# KENNISSYSTEMEN IN DE DIENSTENSECTOR

Redactie: drs. A.Y.L. Kwee  
ir. J.J.S.C. de Witte



SAMSOM





stichting  
toekomstbeeld  
der techniek

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT), in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige Nederlandse samenleving.

STT richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en - uiteraard - de geïnteresseerde staatsburger.

Het adres van STT is Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage. telefoon (070) 91 99 00.

Inhoud

# KENNISSYSTEMEN IN DE DIENSTENSECTOR

redactie: drs. A.Y.L. Kwee  
ir. J.J.S.C. de Witte

1987

Samsom Alphen aan den Rijn/Brussel

*Omslagontwerp: Rob Eckhardt*

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Kennissystemen

Kennissystemen in de dienstensector/red.: A.Y.L. Kwee, J.J.S.C. de Witte. –  
Alphen aan den Rijn [ect.]: Samsom. – III. – (Toekomstbeeld der techniek; 47)  
Met lit. opg.

ISBN 90-14-03719-8

SISO 366.2 UDC 681.3:[659.2:338.46]

Trefw.: expertsytemen in de dienstensector.

© MCMLXXXVII Stichting Toekomstbeeld der Techniek, 's-Gravenhage  
D/MCMLXXXVII/227 ISBN 90 14 03719 8

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this work may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Voor de reproductie(s) zoals bedoeld in art. 16b en 17 van de Auteurswet 1912 (ten bate van eigen oefening, studie enz. en/of ten bate van organisaties, instellingen enz.) van een of meer pagina's is een vergoeding verschuldigd. Voor inlichtingen betreffende de hoogte en afdracht van de vergoeding kan men zich wenden tot de Stichting Reprorecht te Amstelveen.

---

# Inhoud

<b>Inleiding</b>	7
<b>1. Waarom kennissystemen?</b>	10
1.1 Een logische stap	10
1.2 De markt vraagt erom	10
1.3 Beter gebruik van kennis	11
1.4 Terugverdientijd	12
1.5 Leereffect	13
<b>2. AI, kennistechniek en kennissystemen</b>	14
2.1 Onderzoek naar artificiële intelligentie	14
2.2 De eerste kennissystemen	17
2.3 Een model voor probleemoplossing	19
2.4 Structuur en werking van kennissystemen	23
2.5 Stand van zaken en vooruitzichten	28
<b>3. Intelligente communicatie</b>	35
3.1 Kloof tussen mens en computer	36
3.2 Communicatie met de computer	36
3.3 Leren van computerspelletjes	38
3.4 De rol van kennis	38
3.5 Voorzet- en vertaalsystemen	39
<b>4. Sociaal-organisatorische aspecten</b>	41
4.1 Beperkingen en mogelijkheden van kennissystemen	41
4.2 Organisatorische aspecten	44
4.3 Sociale aspecten	48
4.4 De Nederlandse situatie	52
<b>5. Ontwikkeling en onderhoud van kennissystemen</b>	56
5.1 Bemanning en probleemkeuze	56
5.2 Kennisbronnen en kennisverwerving	58
5.3 Keuze van gereedschappen	62
5.4 Modaliteit, integratie en toepasbaarheid	63
5.5 Vier ontwikkelingsfasen	67
5.6 Gebruik en onderhoud	68

<b>6. De aanpak in de Benelux</b>	71
6.1 Dienstverlening op maat	71
6.2 NMB Bank	73
6.3 Generale Bank	78
6.4 KMG Klynveld, Kraayenhof & Co.	81
6.5 VU Amsterdam	86
6.6 GSD Amsterdam	90
6.7 Unigro	96
6.8 PTT	99
6.9 Nederlandse Spoorwegen	104
6.10 Rijkswaterstaat	107
6.11 BSO/Buro voor Systeemontwikkeling	112
<b>7. Systemen en projecten</b>	116
7.1 Inleiding	116
7.2 Beschrijving van enkele kennissystemen	119
<b>Bijlage A Technieken in kennissystemen</b>	130
A.1 Representatie van kennis	130
A.2 Inferentie	136
<b>Bijlage B Aanpak en aandachtspunten bij de ontwikkeling van kennissystemen</b>	141
B.1 Hoe te beginnen?	141
B.2 Ontwikkeling en leereffect	144
B.3 Keuze van gereedschappen	151
B.4 Taken in projectgroepen	152
B.5 Aandachtspunten	155
<b>Bijlage C Gereedschappen</b>	161
C.1 Programmatuur	161
C.2 Apparatuur	168
<b>Bijlage D Kennissystemen, projecten en adressen</b>	172
D.1 Systemen en projecten	172
D.2 Adressen en contactpersonen	174
<b>Literatuur</b>	177
<b>STT-publikaties</b>	185

---

## Inleiding

Dit boek gaat over kennissystemen in de dienstensector. Het is deel drie uit een serie van vier, maar het kan onafhankelijk van de andere delen worden gelezen. De nadruk ligt op praktische aspecten van kennissystemen: hun gebruik, hun eigenschappen en hun ontwikkeling in de dienstensector. De andere drie STT-publikaties over kennissystemen [1, 2, 3] gaan over toepassingen in onderwijs, medische besluitvorming en industrie.

Behalve toepassingen, worden ook theoretische aspecten van kennissystemen behandeld, alsmede de techniek waarmee kennissystemen worden ontwikkeld. De praktijk staat echter voorop. Aanpak, beleid en huidige systemen worden gepresenteerd aan de hand van praktijkvoorbeelden in Nederlandse bedrijven en organisaties. Er wordt aandacht besteed aan de problemen die in de praktijk kunnen voorkomen, de gevonden oplossingen, de gebruikte methoden, technieken en gereedschappen. Ook biedt dit boek een lijst met aandachtspunten, die kan dienen als handleiding bij ontwikkeling en invoering van kennissystemen.

Deze STT-publikatie is bedoeld als lees-, studie- en naslagwerk. Men hoeft dit boek niet van voren tot achteren te lezen om er nut van te hebben. Met behulp van de inhoudsopgave kan de lezer zelf een volgorde bepalen.

Na een behandeling van het waarom van kennissystemen in hoofdstuk 1, wordt in hoofdstuk 2 de theorie van kennissystemen besproken. Het ontstaan van kennissystemen wordt geplaatst in het brede perspectief van wetenschappelijk onderzoek en commerciële ontwikkelingen op het gebied van computers, artificiële intelligentie (AI) en automatisering. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe kennistechniek, de praktische toepassing van AI, wordt ingezet om systemen beter toegankelijk te maken.

Hoofdstuk 4 gaat in op sociaal-organisatorische aspecten van de toepassing van kennissystemen. Behandeld worden de rol van kennis en de plaats van kennissystemen in de organisatie, de consequenties van de huidige stand van de techniek en de mogelijke gevolgen van wijd verbreid gebruik. Ook wordt aangegeven waar de beperkingen liggen van de huidige systemen en op welke gebieden zij wel en niet inzetbaar zijn.

Hoofdstuk 5 behandelt de ontwikkeling van kennissystemen. Bespro-



ken worden de levenscyclus van een kennisstelsel, de vormen van samenwerking tussen mens en stelsel, de rol van experts en kennisanalisten en de projectmatige aanpak bij de bouw van kennisstelsels. Een op de praktijk gerichte lijst met aandachtspunten is te vinden in Bijlage B. Daarin vindt men geen alom geldende methode, maar een gestructureerd overzicht van relevante aspecten en mogelijke problemen, met een uitwerking van de oplossingen die in de praktijk zijn gekozen.

In hoofdstuk 6 komen organisaties aan bod die voorop lopen bij de ontwikkeling en invoering van kennisstelsels. Hun beleid, hun projectmatige aanpak en hun gereedschapskeuze zijn praktijkvoorbeelden. Doordat de aanpak in de beschreven organisaties sterk uiteenloopt, ontstond een goed overzicht van methoden die in de praktijk worden toegepast.

Hoofdstuk 7 biedt samen met Bijlage D een beknopt overzicht van de stand van zaken in 1987. Het geeft voorbeelden van kennisstelsels en projecten die zullen leiden tot nieuwe stelsels. Er is gekozen voor stelsels en projecten in toepassingsgebieden die tijdens de voorbereiding van dit boek het meestbelovend waren, zoals financiële toepassingen, management, juridische toepassingen en toepassingen in het verlengde van de traditionele automatisering.

Daarna volgen vier bijlagen. Bijlage A gaat over technieken in kennisstelsels, Bijlage B over de aanpak van de ontwikkeling. Bijlage C geeft een overzicht en een classificatie van gereedschappen, Bijlage D een overzicht van stelsels, projecten en adressen. Een literatuuroverzicht sluit de inhoud af.

Dit boek is, evenals de andere STT-publicaties over kennisstelsels, tot stand gekomen door de intensieve samenwerking van zeventig deskundigen met praktische ervaring in ontwikkeling en toepassing van kennisstelsels in Nederland, België en de Verenigde Staten. Speciale vermelding verdient de werkgroep 'Kennisstelsels in de dienstensector', die ettelijke malen bijeenkwam voor de voorbereiding en bespreking van dit boek. De werkgroep bestond uit H. Brands, V. Haesaerts, M.N. Hoevenaars, dr. H.E. Keus, F. Oomes, mw.mr. A. Oskamp en R.F. Thunissen. Daarnaast hebben de volgende personen op individuele basis meegewerkt aan de totstandkoming van deze publicatie: prof.dr.s. B.K. Brussaard, mw. R.N. Castelein, A. van der Drift, ing. Th. van Hessen, dr. P. Hudson, drs. M.M. van de Kerkhof, Th. Kersten, drs. J.M. Mudde RI, J.A. Symes, ir. H.J. Verhagen en P. Wester.

Twee projectleiders van STT, drs. A.Y.L. Kwee en ir. J.J.S.C. de Witte hebben de studie over kennisstelsels gecoördineerd en de bijdragen verwerkt tot vier boeken. Projectsecretaresse was Rosemarijke Otten.

De stuurgroep van het project bestond uit prof.dr.ir. J.H. van Bommel, prof.dr. G.A.M. Kempen, prof. J.M. van Oorschot, prof.dipl.ing. F.J. Schramel, ir. W.P. Wapenaar en ir. A.W. Zijlker. Aan al deze medewerkers is STT veel dank verschuldigd.

---

# 1. Waarom kennissystemen

## 1.1 Een logische stap

Kennissystemen zijn gebruikersvriendelijke computertoepassingen, die kunnen worden gebruikt als hulpmiddel bij probleemoplossing en managementvraagstukken. In dit boek wordt aangegeven welke kennissystemen in de dienstensector worden gebruikt en ontwikkeld. Voor de meeste organisaties zijn kennissystemen een logische volgende stap in de automatisering. Kennis in huis halen over de mogelijkheden en beperkingen van methoden, technieken en gereedschappen is meestal de belangrijkste reden om te investeren in *kennistechniek*. Kennistechniek is het geheel van methoden en technieken waarmee kennissystemen kunnen worden gebouwd. In de praktijk worden onder de verzamelnaam kennistechniek ook de bijbehorende gereedschappen gerekend. In 1986 had in de Verenigde Staten de meerderheid van de Fortune-1000 bedrijven in kennistechniek geïnvesteerd. Ook in Nederland is eenzelfde beeld te zien. Een opinie-onderzoek onder de managers van de 250 grootste bedrijven en instellingen in Nederland heeft uitgewezen dat ruim 45% in 1986 geld heeft uitgegeven aan de ontwikkeling van kennissystemen. De bedragen liepen uiteen van enkele duizenden gulden tot vele miljoenen. Op de vraag naar de plannen voor de komende jaren werd een sterke stijging van de investeringen aangekondigd [4].

Bij de eerste activiteiten op het gebied van kennissystemen gaat het vooral om het verkrijgen van ervaring met het gebruik van gereedschappen en werkwijzen. Veel organisaties hebben hiervoor een projectgroep opgericht, waarin automatiseerders, organisatiedeskundigen en onderzoekers werken, soms bijgestaan door externe adviseurs. Vaak werken in deze groepen ook enkele jonge academici, die fungeren als 'trekkers' van de projecten.

## 1.2 De markt vraagt erom

Menige organisatie wordt geconfronteerd met een toenemend aantal steeds ingewikkelder problemen en steeds lastiger klanten. De markt vraagt om voortdurende produktinnovatie en persoonlijke dienstverlening (*maatwerk*). Om in staat te blijven kwaliteit te leveren, dienen

de interne organisatie en de eigen werkwijzen voortdurend op peil te worden gehouden. Automatisering speelt daarbij een grote rol en kennissystemen krijgen daarin een duidelijke plaats. Marktonderzoekers voorspellen een groei van het aandeel van kennissystemen in de uitgaven voor automatisering van enkele procenten in 1983 tot tientallen procenten in 1990. Omdat computers steeds meer kunnen voor minder geld, kunnen met automatisering steeds complexere problemen worden aangepakt. Daarvoor zijn geavanceerde methoden en hulpmiddelen voor systeemontwikkeling nodig. Kennistechniek levert enkele daarvan. Daarom is kennistechniek, afgezien van andere innovaties in organisatie en automatisering, van groot belang voor het behouden van de eigen concurrentiepositie en het tevredenstellen van de klanten.

### 1.3 Beter gebruik van kennis

Naast deze op automatisering gerichte motieven, zijn er ook geheel andere redenen om kennissystemen te ontwikkelen. Daarbij staat een beter gebruik van kennis voorop.

Kennissystemen kunnen fungeren als hulpmiddel bij *behoud en overdracht van kennis*. Niet iedere expert kan zijn kennis zodanig onder woorden brengen dat anderen daarvan kunnen leren. Bovendien blijven deskundigen slechts een beperkte tijd voor een organisatie werken. Met kennissystemen kan worden voorkomen dat er problemen ontstaan bij pensionering, vertrek of om andere redenen niet voldoende beschikbaar zijn van deskundigen. Bovendien kan kennis in kennissystemen worden vermenigvuldigd en gedistribueerd. Met de adviezen van een kennissysteem waarin de kennis van zijn voorgangers is vastgelegd, zal een nieuwe medewerker zijn taak beter kunnen uitvoeren. De gebruiker van een kennissysteem kan zich mogelijk na verloop van tijd een deel van de door het programma gehanteerde kennis eigen maken. Men zou kunnen zeggen dat de gebruiker leert door over de schouder van de 'expert' mee te kijken. Een geheel andere toepassing van kennissystemen komt voort uit de behoefte bepaalde oplossingsmethoden te standaardiseren. Van de gebruikers van een dergelijk systeem wordt verwacht dat zij volgens de richtlijnen van het programma handelen.

Kennistechniek kan worden gebruikt om de specifieke kracht van de computer, het snel en zonder fouten uitvoeren van grote hoeveelheden bewerkingen, te gebruiken ter ondersteuning van de *probleemoplossende vaardigheden* van de mens. Mens en computer vullen elkaar aan. Daarom wordt door sommige auteurs ook gesproken van alternatieve, in plaats van artificiële intelligentie. Veelbelovende

toepassingen liggen op die gebieden waar de combinatie van menselijke en computervermogens kan leiden tot betere oplossingen. De computer levert de brute kracht, de mens zorgt voor de besturing. Mensen blijven beter in staat de relatieve ernst van situaties of de onafhankelijkheid van symptomen te beoordelen. Ook kunnen mensen begrijpen wat er in een organisatie van hen wordt verlangd of wat een opdrachtgever werkelijk bedoelt.

Mensen kunnen slechts met een beperkt aantal begrippen tegelijk redeneren [5]. Bij complexe problemen kunnen redenerende systemen, die deze beperking niet hebben, ondersteuning bieden. Wanneer fouten ernstige consequenties hebben (bijv. kosten, risico's of uitstel van andere processen) en wanneer toestanden zoals stress, gevaar en snelle veranderingen, het de mens steeds moeilijker maken foutloos te werken, kan worden gepoogd de menselijke taken te ondersteunen met kennissystemen. Daarin kan kennis worden vastgelegd van beproefde oplossingen voor probleemsituaties die zich in de praktijk kunnen voordoen.

Kennissystemen kunnen bijdragen tot *betere oplossingen*, meer consistentie van gekozen oplossingen, snellere oplossingen en andere belangrijke baten. Distributie van kennis in de vorm van kennissystemen kan de dienstverlening mogelijk op een hoger niveau brengen. In de bankwereld is het concept van de 'personal banker', de baliemedewerker die zelfstandig de meestvoorkomende bankdiensten kan aanbieden, voor een deel gebaseerd op het gebruik van kennissystemen. Daarmee hoeft alleen in moeilijke gevallen nog een beroep te worden gedaan op ondersteuning door het hoofdkantoor en de drukbezette experts die daar werken, zodat die zich minder met routinezaken hoeven bezig te houden. Ook in andere bedrijfstakken kan dit concept van klantgerichtheid en maatwerk worden ondersteund door kennissystemen.

#### 1.4 Terugverdientijd

Sommige van deze redenen kunnen ook worden gebruikt om automatisering in het algemeen te rechtvaardigen. Kennistechiek maakt automatisering mogelijk op gebieden die zich niet lenen voor traditionele computertechnieken. Kennissystemen zijn complexe informatiesystemen. Zij zullen daarom in de toekomst ook worden geïntegreerd in andere systemen die de bedrijfsvoering ondersteunen. Maar zoals iedere nieuwe techniek, verdient ook de kennistechiek nog speciale aandacht. De beschikbare gereedschappen zijn nog niet uitontwikkeld. De techniek is nog niet rijp. Er zijn nog geen

standaardoplossingen. Er zijn nog geen algemeen toepasbare methoden voor de ontwikkeling van kennissystemen. Er zijn nog nauwelijks kant en klare kennissystemen te koop. Kennissystemen zijn veelal nog maatwerk. Toch hebben vele bedrijven besloten nu al over te gaan tot ontwikkeling en gebruik van kennissystemen. Zij hebben de bijbehorende investeringen daar ruim voor over. Hoewel de markt voor kennistechniek sinds 1982 sterk is gegroeid en marktonderzoekers tot ver in de jaren negentig een sterke groei blijven voorspellen, zijn momenteel de kosten voor de ontwikkeling van een kennisstelsel hoog. Afhankelijk van de complexiteit van de toepassing zijn bedragen nodig in de orde van grootte van een miljoen gulden voor de ontwikkeling van een eerste kennisstelsel. De terugverdientijd kan uiteenlopen van een half jaar tot vele jaren. Om maximaal van het leereffect te profiteren, zullen organisaties ook moeten investeren in eigen onderzoek naar mogelijkheden en haalbaarheid van kennis-systemen in hun eigen praktijk.

### 1.5 Leereffect

De ontwikkeling van kennissystemen gebeurt in een aantal fasen. Na een oriëntatiefase en een haalbaarheidsonderzoek wordt meestal een demonstratieprototype ontwikkeld. Pas daarna wordt begonnen aan de ontwikkeling van een kennisstelsel voor gebruik in de praktijk. Met de opgedane ervaring wordt de ontwikkeling van een tweede en een derde stelsel daarna een stuk gemakkelijker. Er is een duidelijk leereffect. Wie te klein begint, loopt het risico weinig te leren. Wie te ambitieus begint, zal zonder externe ondersteuning grote praktische problemen tegenkomen. Gelukkig kunnen wij ons spiegelen aan de pioniers die in deze publikatie worden gepresenteerd. Hun aanpak, hun gereedschapskeuze en de systemen die zij hebben ontwikkeld, bieden de lezer voldoende aanknopingspunten voor een eigen beleid.

---

## 2. AI, kennistechniek en kennissystemen

### 2.1 Onderzoek naar artificiële intelligentie

De vraag of machines kunnen denken, staat al in de belangstelling sinds de eerste rekenmachine. Het inzicht dat computers voor meer taken kunnen worden ingezet dan het zeer snel uitvoeren van berekeningen, bestond al in de jaren veertig. Reeds in 1936 schreef de Engelse wiskundige Turing over de mogelijkheid machines te bouwen die intelligent gedrag vertonen. In 1950 stelde hij de vraag 'Can machines think?'. Voor de beantwoording bedacht hij een experiment, bekend als de Turing-test, dat zou moeten uitwijzen in hoeverre dergelijk gedrag bij een machine kan worden aangetoond. Ook Shannon, de grondlegger van de informatietheorie, wees erop dat computers zouden kunnen worden toegepast om behalve getallen, symbolen te verwerken die woorden, stellingen of andere conceptuele begrippen voorstellen. Andersom beschreef computerpionier Von Neumann het menselijk denken in computertermen.

In 1956 gaf McCarthy het verschijnsel dat computers in staat zou stellen menselijk gedrag te vertonen de naam 'artificiële intelligentie' (AI). De belangstelling voor het onderzoek naar AI werd vooral ingegeven door twee motieven. Het ene was de uitdaging uit de hoek van wiskunde, logica, cybernetica en informatica nieuwe methoden te vinden voor de oplossing van complexe, niet-numerieke problemen. De andere motivatie kwam voort uit de psychologie. Cognitieve psychologen zien het menselijk denken als een vorm van informatieverwerking. Daarom zou de computer een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn bij het simuleren en onderzoeken van dit denken. De gedachte dat artificieel intelligente computersystemen op den duur in staat zouden zijn mensen op sommige gebieden te overtreffen of te vervangen, is dan niet meer zo ver weg.

AI wordt vaak omschreven als de tak van wetenschap die zich ten doel stelt machines handelingen te laten uitvoeren die, als zij door de mens worden uitgevoerd, intelligentie vereisen. Dit trachten AI-onderzoekers te bereiken door computers te laten werken met symbolische, niet-algoritmische redeneerprocessen en met representatie van symbolische kennis. Definiëring van het begrip intelligentie blijft daarbij meestal achterwege [6].

Tot de onderzoekgebieden van AI behoren:

- verwerking en synthese van natuurlijke taal en spraak
- beeld- en patroonherkenning
- robotica
- automatisch programmeren
- probleemoplossing.



Afb. 2.1 Het topje van de AI-ijsberg.

### *Verwerking en synthese van natuurlijke taal en spraak*

Onderzoek op het gebied van de verwerking van natuurlijke taal en spraak houdt zich bezig met zinsbouw (syntaxis), woordbetekenis (semantiek), toepassing (pragmatiek) en de context waarin taal wordt gebruikt. Systemen voor de verwerking van natuurlijke taal en spraak kunnen interessant zijn bij de bediening van robots en machines, het gebruik van informatie- en andere systemen. Een andere toepassing die in de belangstelling staat, is het automatisch vertalen van teksten. Ook worden systemen ontwikkeld die de computer in staat stellen teksten samen te vatten, specifieke aspecten naar voren te halen en vragen over de inhoud te beantwoorden. In hoofdstuk 3 wordt hierop nader ingegaan.



### *Patroon- en beeldherkenning*

Systemen voor patroon- en beeldherkenning kunnen worden gebruikt om objecten te herkennen naar omvang, vorm, kleur of onderlinge relaties. Belangrijke toepassingen vindt men bij het inspecteren, sorteren en assembleren van onderdelen, bij de interpretatie van (satelliet-)foto's en bij het opsporen van natuurlijke hulpbronnen [3].

### *Robotica*

'Intelligente' robots onderscheiden zich hierin van de traditionele 'domme' robots dat zij beschikken over componenten voor beeld- en patroonherkenning. Tevens beschikken zij over methoden om hun gedrag te 'plannen'. Daarmee kunnen zij hun gedrag aanpassen aan de situatie van het moment [3].

### *Automatisch programmeren*

Een van de traditionele onderwerpen van AI-onderzoek is automatisch programmeren, het door de computer laten schrijven van computerprogramma's. Dit heeft compilers en programmeeromgevingen opgeleverd waarmee de produktiviteit van programmeurs sterk kan worden verbeterd. In hoofdstuk 7 wordt nader op dit onderwerp ingegaan.

### *Probleemoplossing*

Een van de klassieke onderzoekgebieden van de AI is de oplossing van problemen. In veel onderzoekprojecten staat daarvoor het schaakspel model. Er werd gestreefd naar de ontwikkeling van redenerende systemen die algemeen inzetbaar zouden moeten zijn [7].

Maar ook andere goed afgebakende gebieden van probleemoplossing lenen zich voor bestudering van de inzetbaarheid van de computer. In laboratoria werden microwerelden gecreëerd, waarin robots werden gestimuleerd tot intelligent gedrag [8]. In een microwereld kunnen alle probleemtoestanden formeel worden weergegeven en kunnen problemen worden opgelost met een eindig aantal formele operatoren.

In 1971 wees Feigenbaum erop dat behalve redeneervermogen ook specifieke kennis een rol speelt bij de oplossing van problemen. Daarmee kregen de speelgoedproblemen in de laboratoria minder aandacht. Praktische kennis op een goed afgebakend gebied is immers ook in de echte wereld nuttig. Deze afbakening van het toepassingsgebied heeft geleid tot de strikt begrensde domeinen waarin kennissystemen worden ingezet. Deze domeinen bevinden zich, in tegenstelling tot microwerelden, in de 'echte' wereld buiten

het laboratorium, maar bestrijken daarvan slechts een kunstmatig begrensd deel. Deze stap van microwerelden, vrijblijvende speelgoedproblemen en spelletjes in het laboratorium, naar toepassingsdomeinen in de wereld van alledag heeft geleid tot de erkenning van AI en kennissystemen als een commercieel interessante ontwikkeling.

## 2.2 De eerste kennissystemen

De nadruk op domeinkennis leidde tot de begrippen kennissysteem ('knowledge based system') en kennistechniek ('knowledge engineering'). *Kennistechniek* is de systematische toepassing van artificiële intelligentie voor praktische doeleinden. In eerste instantie lag daarbij de nadruk op de kennis van experts, die immers schaars en moeilijk toegankelijk is. Vastlegging van expertkennis in *expertsystemen* gebeurde aanvankelijk door kleine groepen vooraanstaande geprivilegieerde wetenschappelijk onderzoekers.

Een van de eerste kennissystemen, Macsyma [9], ontwikkeld in de jaren zestig, functioneerde zo goed dat het commercieel kon worden toegepast en ook nu nog wordt gebruikt. Het is een interactief programma dat onderzoekers en technici helpt bij het oplossen van complexe wiskundige problemen. De ontwikkeling vroeg een grote inspanning. Een schatting in 1985 wees uit dat het programma sinds de eerste ontwikkelingen in 1968 ongeveer honderd manjaar aan ontwerp- en programmeeractiviteiten heeft gekost.

Ook Xcon, het systeem dat DEC en Carnegie Mellon University hebben ontwikkeld [10], wordt al jaren met succes toegepast (zie afb. 2.2).

De meeste systemen bleven echter binnen de muren van de universiteiten en onderzoekscentra waar zij waren ontwikkeld. Praktische of commerciële toepassingen werden belemmerd door de zeer lange ontwikkelingstijd van de eerste systemen en de zeer krachtige computerapparatuur die zij vereisen. Bovendien hielden de eerste bouwers van kennissystemen zich meer bezig met de vraag of het mogelijk was kennis vast te leggen in computersystemen, dan met het mogelijk nut van dergelijke systemen voor menselijke gebruikers.

Pas in de jaren tachtig ontstond een doorbraak naar het praktisch gebruik van kennissystemen. Deze doorbraak werd vooral mogelijk gemaakt door ontwikkelingen op het gebied van programmatuur en apparatuur. Zo kwamen programmeeromgevingen beschikbaar die het ontwikkelen van kennissystemen kunnen versnellen. Er zijn zelfs *lege kennissystemen* gemaakt waarvan de structuur en het redeneermechanisme reeds geheel zijn voorgeprogrammeerd. De toekomstige gebruiker hoeft slechts kennis in te voeren. De ontwikkelingen in de micro-elektronica zorgden voor krachtige computers tegen betrekke-



Afb. 2.2 Ontstaan van Xcon [10, 11, 12].

lijk lage prijzen. Bovendien werden specifieke computers gebouwd waarmee ontwikkeling en gebruik van kennissystemen drastisch konden worden verbeterd. In Bijlage C staat een overzicht van deze hulpmiddelen.

Een belangrijke stimulans voor wereldwijde ontwikkelingen ging uit van het in 1982 begonnen Japanse tienjarenplan, dat in gezamenlijke inspanning van overheid, universiteiten en bedrijfsleven 'vijfde generatie'-computersystemen wil ontwikkelen. In dit plan wordt de ontwikkeling van kennissystemen gekoppeld aan de ontwikkeling van geavanceerde computers, gebaseerd op parallele verwerking. In 1982 haalde AI de voorpagina van Business Week [13]. In 1983 waren al diverse AI-bedrijfjes actief.

In West-Europa en de Verenigde Staten zijn als reactie op het ambitieuze Japanse initiatief eveneens samenwerkingsverbanden en projecten opgezet, waaronder Alvey [14], Esprit [15], MCC [16].

### 2.3 Een model voor probleemoplossing

Kennissystemen zijn computersystemen die beschikken over expliciete kennis van een specifiek probleemgebied en over een mechanisme waarmee deze kennis kan worden gebruikt om problemen in dit gebied op te lossen. De scheiding tussen kennis en methoden om die kennis toe te passen is een fundamentele eigenschap, die kennissystemen onderscheidt van traditionele informatiesystemen.

Van kennissystemen kan ook worden gezegd dat zij de wijze waarop de mens complexe problemen oplost, simuleren. Het model waarop deze simulatie is gebaseerd, wordt hier kort uitgewerkt. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in [1].

Een probleem kan worden beschouwd als het verschil tussen een toestand die iemand ervaart en de toestand die hij zich wenst. In het model worden deze toestanden *begintoestand* en *doeltoestand* genoemd. De vraag 'hoe lost de mens problemen op?' wordt vervangen door de vraag 'hoe vindt de mens een verbinding tussen begin- en doeltoestand?'. Daarbij gebruikt de mens kennis. Deze kennis bestaat uit *operatoren*, die probleemtoestanden kunnen omzetten in andere (probleem)toestanden, waardoor uiteindelijk een keten ontstaat die begin- en doeltoestand verbindt.

Het zal duidelijk zijn dat niet alle menselijke kennis in dit model een plaats vindt. De juistheid van het model vormt een van de twistpunten in de AI-wereld. Maar bij de ontwikkeling van kennissystemen blijkt het tot nu toe goed te voldoen.

In [17] worden drie soorten kennis onderscheiden:

- *heuristische kennis* (als A het geval is, dan is waarschijnlijk ook B het geval)
- *procedurele kennis* (als A het geval is, doe dan B)
- *feitelijke kennis* (B is het gevolg van A; A bestaat uit C en D).

In de kennistechniek gaat men er van uit dat de mens in staat is met behulp van heuristische kennis [18] patronen te herkennen in een probleemtoestand. Heuristische kennis bestaat uit door ervaring verworven vuistregels [19]. Daarmee kan de mens operatoren (procedurele kennis) associëren die de probleemtoestand kunnen wijzigen. Voorbeelden van operatoren zijn de regels van het schaakspel en wiskundige formules.

Oplossingsgericht redeneren kan worden gezien als het gebruik van heuristische en procedurele kennis. Het heuristische aspect van kennis is in kennissystemen weergegeven in een redeneermechanisme en/of in de structuur en de procedurele regels in het kennisbestand (zie 2.4). In eenvoudige kennissystemen bestaat het redeneermechanisme uit een eenvoudig besturingsalgoritme, dat bepaalt wanneer welke operatoren worden gebruikt.

Feitelijke (of declaratieve) kennis betreft processen en structuren die in een verklarend model kunnen worden gerangschikt. Voorbeelden van feitelijke kennis zijn classificerende relaties tussen objecten (de mus *is een* vogel) of causale relaties die aan bepaalde verschijnselen ten grondslag liggen. Om met behulp van dergelijke kennis een probleem op te lossen, zijn ingewikkelde redeneermechanismen en procedures nodig. Meer over het onderscheid tussen procedurele en declaratieve kennis is te vinden in [20].

De verzameling van alle toestanden die kunnen worden bereikt met de operatoren waarover de probleemoplosser beschikt, wordt de *probleemruimte* genoemd. Het oplossen van een probleem kan worden beschreven als het doorlopen van de probleemruimte tot een opeenvolging van probleemtoestanden is gevonden die begin- en doelttoestand verbinden. Voor het zoeken in zoekruimten zijn algoritmen ontwikkeld die aansturen op beperking van het aantal zoekstappen. Op kennis, redeneren en zoeken in zoekruimten wordt dieper ingegaan in Bijlage A.

De basis voor het succesvol oplossen van problemen is het herkennen van patronen in probleemtoestanden. Met die patronen kunnen handelingen worden geassocieerd waarmee de probleemruimte doeltreffend kan worden verkleind. De aan deze handelingen verbonden kennis over het probleemdomein is verworven door oefening of door ervaring met bekende probleemsituaties.

In het gunstigste geval worden de patronen van begintoestand en doelttoestand als geheel herkend en in direct verband gebracht met de juiste opeenvolging van operatoren. Men spreekt dan van *goed gestructureerde problemen*. De meeste problemen zijn echter niet goed te structureren. In die gevallen kan de mens, binnen de tijd waarin een probleem moet worden opgelost, niet over alle informatie en kennis beschikken die nodig is om de probleemruimte volledig in kaart te brengen. Bovendien is de beschikbare informatie vaak gebaseerd op schattingen of veronderstellingen en derhalve onzuiver. De probleemoplosser zal dus veelal slechts gedeelten van begin- of doelttoestand herkennen.

Sommige problemen zijn zelfs fundamenteel niet te structureren, bijvoorbeeld omdat men de doelttoestand niet kan definiëren. Men denke in dit verband aan ontwerpproblemen waarvan men tevoren slechts in grote lijnen het doel kan formuleren, maar de definitieve vorm tot het laatst onzeker blijft. Andere problemen laten zich kenmerken door een voortdurende verandering van de begintoestand, zoals het weer of de stemming op de effectenbeurs.

Bij *slecht gestructureerde problemen* moet de probleemoplosser uit de

schaarse of vage patronen die hij herkent zijn weg zoeken in de probleemruimte. Vaak spelen intuïtie en 'kennis van de wereld' daarbij een grote rol. Een verstandige keuze van de te verwerken invoer kan leiden tot een sterke afname van het aantal zoekstappen. Uiteraard is deze keuze steeds afhankelijk van de situatie die zich voordoet. Soms weet de probleemoplosser zo weinig van het probleemgebied dat hij slechts proefondervindelijk te werk kan gaan. Vaak kan hij echter voldoende kennis over een probleemgebied of kennis over probleemoplossing in het algemeen (gezond verstand) mobiliseren om de probleemruimte op effectieve wijze in te perken. Ook kunnen hypothesen worden gesteld, met behulp waarvan de beschikbare informatie kan worden getoetst. Daarmee kunnen de hypothesen net zo lang worden verfijnd tot een conclusie kan worden getrokken.

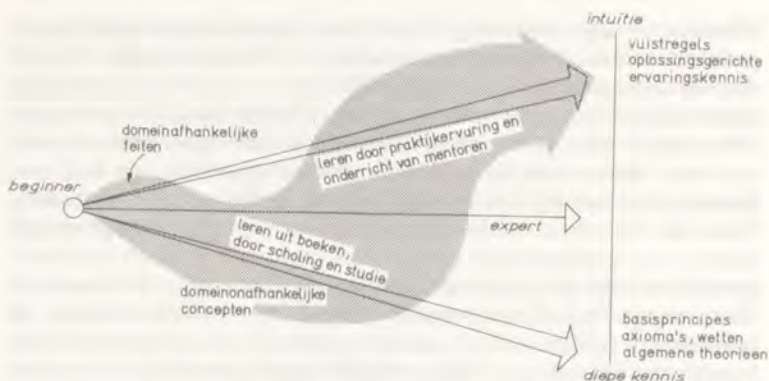
Kenmerkend voor slecht gestructureerde problemen is dat de probleemoplosser niet zeker weet of zijn oplossing optimaal is. Hij zal slechts één of meer bevredigende of mogelijke oplossingen kunnen verwezenlijken.

Naarmate de probleemoplosser in een bepaald probleemdomen meer ervaring heeft, zal hij - zo hebben psychologische experimenten uitgewezen - complexere patronen kunnen herkennen en daarmee effectievere combinaties van operatoren kunnen associëren. Het vermogen complexe problemen effectief op te lossen, is dus vooral verankerd in kennis die door *ervaring* is opgedaan.

Vaak wordt heuristische kennis aangeduid als *ondiepe kennis*, omdat aan een bepaalde heuristische regel een veelheid van operatoren ten grondslag kan liggen. Zo kan een bepaalde vuistregel van een automonteur zijn gebaseerd op verscheidene thermodynamische processen. Deze onderliggende kennis wordt aangeduid met *diepe kennis* [22]. Diepe kennis kan een mens zich door studie eigen maken. Heuristische kennis leent zich goed voor probleemoplossing; diepe kennis is nodig om de gevonden oplossing aan een buitenstaander te kunnen verklaren of om op terug te vallen wanneer ondiepe kennis te kort schiet.

De eerste generatie expertsystemen bevatte alleen heuristische kennis. Deze systemen waren wel in staat tot oplossing van problemen, maar konden daarover geen uitleg geven aan mensen die niet goed op de hoogte waren met de in het systeem vastgelegde kennis.

Beginners redeneren langs stap voor stap opgebouwde redentatieketens (zie afb. 2.3). Daarbij gebruiken zij feiten, concepten en diepe, theoretische kennis uit handboeken. Naarmate zij meer ervaring krijgen, zullen zij hun denkstappen meer en meer samenvatten in doelmatige en doelgerichte vuistregels. Naarmate zij meer expertise



Afb. 2.3 Van beginner naar expert [11, 21].

verwerven, gaat het expliciet hanteren van vuistregels over in intuïtief handelen. Uiteraard krijgt ook een expert soms te maken met complexe problemen waarmee hij weinig ervaring heeft. In die situaties zal ook een expert terugvallen op analytisch redeneren met basisprincipes en andere diepe kennis. [11, 21].

De mens is zich overigens in vele gevallen niet bewust van het hanteren van operatoren bij het oplossen van problemen. Hij handelt vaak intuïtief. Het is niet bekend of de mens bij intuïtief handelen onbewust nog steeds afzonderlijke vuistregels hanteert, of op een fundamenteel andere wijze (Gestalt) tot een inzicht komt. Er wordt al jaren een heftige discussie gevoerd over de aard van intuïtie en het aandeel van intuïtie in het denken. Deze discussie heeft uiteraard ook betrekking op de geldigheid van het eerder genoemde model van probleemoplossing. Aangezien dit model ten grondslag ligt aan de werking van kennissystemen bestaat er geen consensus over de toekomstige mogelijkheden van kennissystemen als probleemoplossers. De vraag of achter intuïtief handelen kennis schuilgaat die kan worden vastgelegd in een computer, is doorslaggevend voor toekomstige uitbreidingsmogelijkheden en toepassingen van kennissystemen. Kritische kanttekeningen over wat computers mogen en kunnen, worden bijvoorbeeld gemaakt door Dreyfus [23], Weizenbaum [24] en Roszak [25]. Ook in [26] en [27] wordt hierover van diverse filosofische standpunten uit geargumenteed.

Goed te structureren problemen kunnen worden opgelost met een *algoritme*. Een algoritme is een werkvoorschrift waarin de operatoren die nodig zijn om een probleem in een eindig aantal stappen op te

lossen, in de juiste volgorde zijn vastgelegd. Een algoritme dient als *besturing* van een proces. In een algoritmisch computerprogramma is de algoritme vertaald in instructies die door de computer kunnen worden uitgevoerd. Bij het maken van een algoritmisch programma moet de programmeur voor iedere probleemtoestand de operatoren overzien die nodig zijn om het probleem op te lossen.

Naarmate problemen complexer worden, zal het meer moeite kosten de juiste operatoren te vinden en de problemen zodanig te structureren dat de operatoren in een algoritme kunnen worden gevat. Daarbij neemt het aantal uitzonderingen, waarvoor een aparte oplossing moet worden vastgelegd, toe. De kans neemt ook toe dat de veronderstellingen op grond waarvan het probleem werd gestructureerd onvoldoende overeenstemmen met de werkelijke probleemsituaties. Tevens wordt de kans groter dat veronderstellingen na verloop van tijd hun geldigheid verliezen.

De complexiteit stelt dus grenzen aan problemen waarvoor men een algoritmisch computerprogramma zal willen ontwikkelen. In vele gevallen is het niet haalbaar de probleemsituatie zo diepgaand te analyseren dat een bruikbaar algoritme kan worden ontwikkeld.

Bij kennissystemen worden de operatoren niet vastgelegd in een algoritme, maar in een kennisbestand. Toepassing van de vastgelegde kennis geschiedt onder besturing van een redeneermechanisme. Dit is een oplossingsvoorschrift, meestal inferentiemachine genoemd, dat veel eenvoudiger kan zijn dan wanneer de kennis niet expliciet was opgeslagen. De inferentiemachine hoeft de werking van het kennisstelsel slechts op een hoog abstractieniveau te besturen. Een dergelijke scheiding in niveau van oplossing leidt tot de constructie van overzichtelijke modulaire programmatuur, die ook bij zeer complexe problemen kan worden ingezet.

Andere voordelen ten opzichte van traditionele programmatuur liggen in de mogelijkheid tot het ongedaan maken van redenatiestappen, presentatie van tussentijdse oplossingen, het geven van uitleg, specifieke aanpassing aan de gebruiker en kiemen van leervermogen. Deze mogelijkheden gaan echter in de praktijk vaak ten koste van de snelheid, zodat in praktische systemen alleen de noodzakelijke opties zullen zijn uitgewerkt.

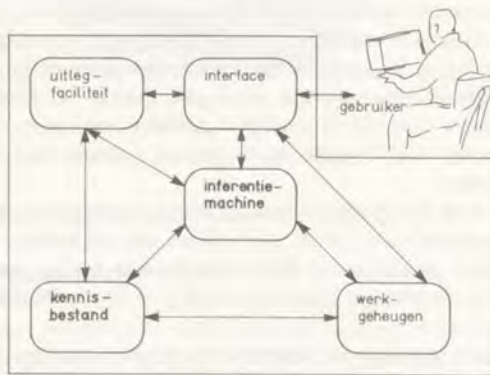
## 2.4 Structuur en werking van kennissystemen

### *Componenten*

De meeste kennissystemen bestaan uit de volgende componenten (zie afb. 2.4):



- één of meer *kennisbestanden* waarin kennis expliciet is vastgelegd
- een *werkgeheugen* waarin probleemtoestanden die gedurende het oplossingsproces worden doorlopen, worden opgeslagen, zoals aantekeningen op een kladblok
- een *inferentiemachine* waarin zich het mechanisme bevindt dat de redenering bestuurt (inferentie komt van het Franse 'inférer': gevolgtrekkingen maken).



Afb. 2.4 Componenten van een kennissysteem (1).

Voor het effectief functioneren van een kennissysteem zijn verder enige ondersteunende componenten van groot belang. Voor raadpleging door de gebruiker is er een *faciliteit voor communicatie* met de gebruiker (interface). Vaak wordt daarbij gebruik gemaakt van een beeldscherm, verdeeld in een aantal vensters waarin de gebruiker gelijktijdig aan verschillende taken kan werken.

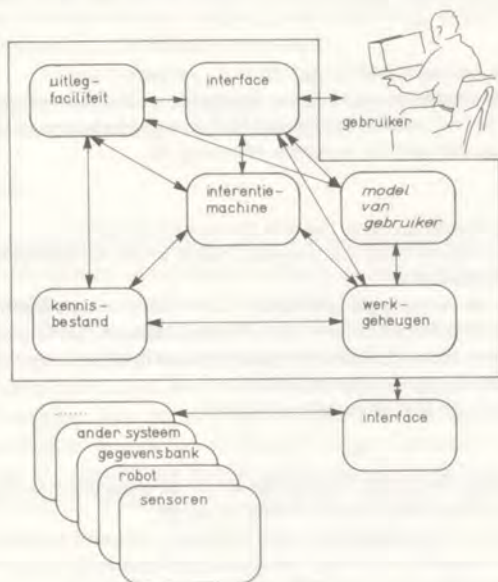
Een andere belangrijke component is de *uitlegfaciliteit* waarmee de redenatiestappen van het systeem kunnen worden toegelicht.

Voor optimaal gebruik is het nuttig dat het systeem enige kennis heeft over de gebruiker. Daarvoor kan een *model van de gebruiker* aanwezig zijn (zie afb. 2.5). In kennissystemen die onderwijs geven (intelligente docentsystemen) is dat het leerlingmodel [1]. In de meeste kennissystemen is zo'n model nog niet aanwezig. Wel hebben sommige systemen verbindingen met andere systemen. Een kennissysteem kan daarmee zijn gegevens op drie manieren verkrijgen, namelijk:

- vragen aan de gebruiker
- raadpleging van een achtergrondgeheugen of ander systeem
- afleiden uit reeds bekende gegevens (inferentie).

Wordt alles aan de gebruiker gevraagd, dan is geen achtergrondge-

heugen nodig. Maar de gebruiker zal het niet op prijs stellen triviale gegevens te moeten invoeren. Welke bron wordt geraadpleegd, dient al bij het ontwerpen van het systeem te worden afgewogen, maar ook tijdens gebruik van het systeem. In het laatste geval dienen hierover instructies te zijn vastgelegd in de inferentiemachine.



Afb. 2.5 Componenten van een kennissysteem (2).

### *Kennisrepresentatie*

In het kennisbestand is kennis vastgelegd in *symbolen* en *symbool-structuren*. De symbolen geven begrippen weer waarmee bepaalde objecten, kwaliteiten of kwantiteiten kunnen worden beschreven (bijv. 'huis', 'Piet', 'smaak', 'veel', '1836'). Een symbool kan de vorm hebben van een woord, een graaf (zoals in schema's) of een andere niet-talige vorm (bijv. bij beeldherkenning). Omdat symbolen slechts in hun onderlinge relatie een kennisinhoud bezitten, dienen ook de relaties tussen de symbolen expliciet te worden vastgelegd. Hierdoor ontstaan symboolstructuren (bijv. 'Piet woont in Leiden', 'een chimpansee is een mensaap').

Het vastleggen van kennis in een kennissysteem wordt in het

algemeen aangeduid met de term *kennisrepresentatie*. Er zijn technieken (formalismen) van kennisrepresentatie voor verschillende vormen van kennis. Enkele veel voorkomende technieken zijn *productieregels*, *semantische netwerken* en *frames*.

Productieregels zijn geschikt om vuistregels, causale verbanden of voorschriften vast te leggen. Zij hebben de structuur ALS voorwaarde DAN conclusie, of ALS voorwaarde DAN actie (zie afb. 2.6).

#### Regel 12

- als: 1 de handelsbalans van de V.S. verbetert en  
 2 het renteverskil tussen Frankrijk en de V.S. stijgt  
 dan: is er een zwakke zekerheid (0,2) dat de toe te passen theorie niet die van de lopende rekening is.

#### Regel 80

- als: 1 de toe te passen theorie de rentetheorie is en  
 2 de wisselmarkt vertrouwen heeft in de Amerikaanse economie en  
 3 A. de monetaire overheden de inflatie willen bestrijden of  
 B. de inflatie minder dan 4% op jaarbasis bedraagt  
 dan: 1 is het zeker (1,0) dat de toe te passen methode het model is van de kapitaalbewegingen  
 2 toon de toe te passen methode.

#### Regel 133

- als: 1 de toe te passen theorie die is van de lopende rekening en  
 2 het importvolume in Frankrijk stijgt  
 dan: is er een zwakke zekerheid (0,3) dat – volgens de theorie van de lopende rekening – de dollar gedurende de volgende drie maanden ten opzichte van de Franse frank zal verstevigen.

Deze regels zijn afkomstig uit het systeem Panisse, dat adviseert over wisselkoersen en daarbij gebruik maakt van enkele economische theorieën.

#### Afb. 2.6 Regels.

Semantische netwerken zijn geschikt voor de beschrijving van objecten of toestanden in hun onderlinge relaties. Frames zijn een gestructureerde vorm van semantische netwerken. In frames worden concepten, objecten of situaties hiërarchisch geordend naar abstractieniveau. Objecten kunnen worden vastgelegd als een specialisatie of generalisatie van een ander object. Eigenschappen kunnen expliciet worden aangeduid met een bepaalde waarde, of aan het frame worden verbonden met een procedure. Ook kan een standaardwaarde ('default') worden opgegeven. Procedures geven aan hoe de waarde van een eigenschap kan worden vastgesteld, bijvoorbeeld door het vragen van gegevens aan een ander frame. Ook kan zijn vastgelegd dat

onder bepaalde omstandigheden gegevens naar een ander frame moeten worden verstuurd. Dit versturen van gegevens is een van de grondbeginselen van de *object-geörienteerde* werking van kennissystemen. Daarin opereren stukjes kennis of stukjes programma als 'zelfstandige' objecten, die onderling boodschappen uitwisselen, zonder dat daar een strikte besturing van bovenaf aan te pas komt [28]. Object-geörienteerde weergave biedt een basis voor systemen die door hun overeenkomst met de werkelijkheid beter begrijpelijk zijn dan traditionele informatiesystemen.

In bijlage A wordt dieper ingegaan op techniek en toepasbaarheid van deze vormen van kennisrepresentatie.

### *Inferentie*

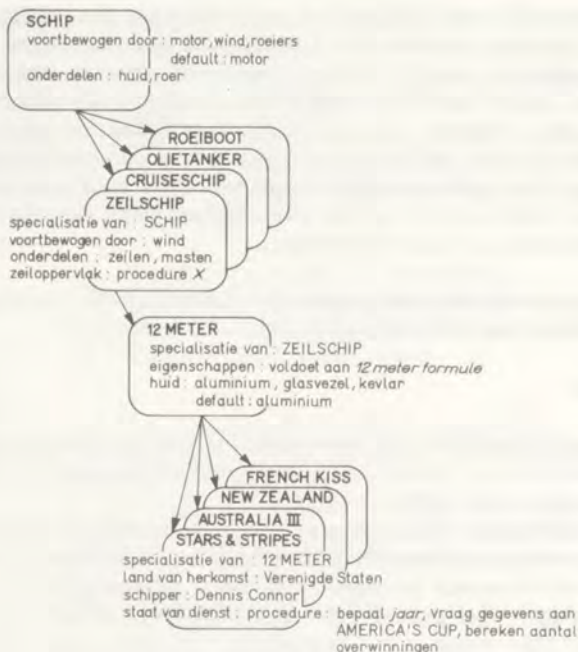
De inferentiemachine zorgt voor besturing van het oplossingsproces door symbolen en symboolstructuren in het werkgeheugen en in het kennisbestand met elkaar te vergelijken.

Gevolgtrekkingen, wijzigingen van de probleemtoestand door toepassing van operatoren, kunnen tot stand komen als symboolstructuren in het kennisbestand overeenkomen met symboolstructuren in het werkgeheugen. Het proces van vergelijken en associëren van symboolstructuren wordt in de Engelstalige literatuur aangeduid met *matching*. De gewijzigde probleemtoestand wordt bijgeschreven in het werkgeheugen, waarna een volgende operator kan worden geactiveerd.

Een van de principes van programmeren is voorkomen dat sterk aan verandering onderhevige gegevens en feiten worden vastgelegd. Die zouden namelijk veel bewerkingen vergen om actueel te blijven. Het is dan handiger deze gegevens op momenten dat zij nodig zijn, af te leiden uit basisgegevens die minder variabel zijn. Dit principe komt goed tot uiting in het 'overervingsmechanisme' dat wordt toegepast in kennissystemen die gebruik maken van frames.

De eigenschappen van schepen zijn alleen opgeslagen op het niveau van schepen; die van de 'Stars & Stripes' op het niveau waarop individuele schepen voorkomen (zie afb. 2.7). Door middel van *overerving* kunnen eigenschappen en waarden worden overgedragen op frames die zich lager in de hiërarchie bevinden. Zo wordt het antwoord op de vraag 'Wat was het oppervlak van de zeilen van het schip waarmee Dennis Connor in 1987 America's Cup won?' bepaald door de procedure voor 'zeiloppervlak' die de 'Stars & Stripes' erft van het niveau ZEILSCHIP.

Inferentiemechanismen worden beschreven in Bijlage A.



Afb. 2.7 Inferentie met frames.

## 2.5 Stand van zaken en vooruitzichten

De competentie van menselijke experts is beperkt tot een bepaald domein. Dit geldt nog sterker voor kennissystemen, die maar een fractie van de kennis van menselijke experts tot hun beschikking hebben. Om dit probleem te ondervangen, wordt veel onderzoek gedaan naar kennissystemen met zeer grote kennisbestanden, waarin zowel feitenkennis (complete encyclopedieën) als huis-, tuin- en keukenwetenschap (elementaire kennis over natuurkunde, scheikunde en andere praktische wetenschappelijke disciplines voorzover zij zich manifesteren in het dagelijks leven) worden ondergebracht. Aangezien het hier om langlopende onderzoekprojecten gaat, zal naar verwachting de competentie van kennissystemen pas in de jaren negentig op een hoger niveau kunnen worden gebracht. Tot die tijd dient de gebruiker zich te realiseren wat de beperkingen zijn van de systemen waarmee hij werkt en dat zij slechts een zeer beperkte weergave van de werkelijkheid bieden.

Bij de ontwikkeling van kennissystemen worden uit kostenoverwegingen vaak beperkingen aangebracht. Een deel van deze beperkingen heeft ook een technische achtergrond:

- de toegepaste inferentiemechanismen
- de diepgang van de vastgelegde kennis
- de reikwijdte van de kennis
- de communicatie, zowel met de gebruiker als met andere systemen
- de snelheid.

De meeste eenvoudige kennissystemen beschikken slechts over één inferentiemechanisme, dat vaak impliciet is vastgelegd in de ordening van het kennisbestand. De inferentiemachine is in dergelijke systemen niet meer dan een systeem dat kennisregels één voor één interpreteert en uitvoert. Er wordt wel onderzoek gedaan naar andere inferentiemechanismen, maar doorbraken worden nog niet snel verwacht. De andere beperkingen worden verderop in deze paragraaf behandeld.

In systemen die worden toegepast op computers met kleine geheugens, zoals microcomputers, zijn vaak alle genoemde beperkingen aanwezig. Daarbij wordt soms een afweging gemaakt tussen oppervlakkigheid en lange wachttijden.

Behalve deze technische beperkingen zijn er ook beperkingen van methodologische aard. Het ontbreekt nog aan algemeen toepasbare methodieken voor de ontwikkeling van kennissystemen. Daardoor treden er bij de ontwikkeling van kennissystemen ook organisatorische beperkingen op. Kennisverwerving, de verzameling van kennis voor vastlegging in kennissystemen, kennisonderhoud, kennisvalidatie en verwante gebieden moeten het nog stellen zonder goede theorieën en methoden, zodat de ontwikkeling van kennissystemen een moeizaam doe het zelf proces is.

#### *De diepgang is beperkt*

De diepgang van een kennisstelsel wordt beperkt door drie factoren. De eerste factor is de beschikbare kennis, de tweede ligt in de beperkingen van de huidige apparatuur en gereedschappen, de derde is de beschikbare tijd waarin een werkend systeem dient te worden ontwikkeld.

Vaak is in kennissystemen een gelaagdheid aangebracht, waarin kennis op een aantal abstractieniveaus kan worden gerepresenteerd. In sommige oudere systemen is alle kennis echter op een hoop veveegd, zodat het niet eenvoudig is te achterhalen waar zich eventuele hiaten bevinden.

Kennissystemen met alleen ondiepe kennis in de vorm van productie-

regels kunnen voldoen in domeinen waar men de problemen traditioneel met vuistregels oplost. Daar is meestal nog geen algemeen toepasbare theorie of algoritmische oplossingsmethode voorhanden, zodat slechts een beroep kan worden gedaan op ervaring. Die ervaring kan worden vastgelegd in systemen zonder fundamentele kennis van het probleemdomein.

Om heuristische kennis (vuistregels) te kunnen aanvullen, moet men theoretische of empirische modellen met verklarende kennis over structuren of processen kunnen vastleggen. De huidige representatietechnieken bieden echter nog slechts beperkte mogelijkheden complexe modellen zodanig vast te leggen dat zij bij het redeneren effectief kunnen worden gehanteerd. De effectieve representatie van tijd, ruimte, materie en causale relaties vergt nog veel onderzoek. Hetzelfde geldt voor inferentietechnieken die efficiënt en effectief met een aantal kennisbestanden kunnen omgaan.

Beperkingen in apparatuur en gereedschappen hebben vooral betrekking op de omvang van kennisbestanden met een grote diepgang. Hiervoor zijn, behalve grote geheugens, ook snelle processen en processoren nodig om van al die kennis gebruik te maken.

#### *De kennis is begrensd*

De reikwijdte van een kennissysteem beperkt het domein waarin het kan worden toegepast. Een breed domein is vaak slecht te combineren met een grote diepgang en andersom. Een structurele oplossing voor dit dilemma is misschien te vinden in systemen met een schoolbordarchitectuur [29], waarin een aantal kennissystemen samenwerkt aan de oplossing van een probleem, waarvoor kennis uit verschillende domeinen nodig is.

Omdat de meeste probleemgebieden niet geheel gesloten zijn, maar invloed ondergaan van een veranderende omgeving, is nooit precies vast te stellen welke kennis nodig is om in deze gebieden problemen op te lossen. Toch is de kennis in een kennisbestand duidelijk begrensd. In de meeste systemen ontbreekt echter kennis over deze begrenzing (meta-kennis), zodat de systemen geen weet hebben van hun eigen beperkingen.

Uiteraard is ook de kennis van een menselijke expert beperkt. Omdat hij echter over algemene wereldkennis beschikt waarin zijn specifieke domeinkennis is ingebed, weet hij wanneer de waarde van zijn kennis begint af te nemen. Een mens is zich idealiter bewust van zijn grenzen en hij kan aangeven dat hij voor een bepaald probleem geen oplossing heeft. Kennissystemen zijn hiertoe niet in staat, onder andere door het ontbreken van algemene wereldkennis. Als voor de oplossing van een probleem kennis nodig is die ten dele buiten het kennisdomein valt,

zal het systeem dit niet meteen of vroegtijdig aan de gebruiker kenbaar kunnen maken. Het systeem zal eerst alle kennis in zijn kennisbestand gebruiken om een oplossing te vinden, voordat het te kennen geeft niet in staat te zijn het probleem op te lossen. Wanneer dit vaak gebeurt, zal dit de gebruiker zodanig kunnen irriteren dat hij het kennissysteem niet meer gebruikt. De gebruiker moet dus zelf goed op de hoogte zijn van de begrenzingen van het kennissysteem en proberen te vermijden dat hij het systeem vragen voorlegt die het niet kan beantwoorden.

#### *Gebrekkige communicatie*

Het gebruik van een kennissysteem wordt in sterke mate bepaald door de wijze waarop de communicatie met de gebruiker is ingericht. Bij de huidige generatie kennissystemen wordt de communicatie veelal geleid door het programma. Eenvoudige kennissystemen stellen de gebruiker bij ieder probleem dezelfde reeks vragen, ook wanneer eenzelfde probleem voor de tweede keer wordt benaderd. Het is wel mogelijk te voorkomen dat de gebruiker reeds gegeven antwoorden moet herhalen of voor de hand liggende antwoorden moet geven, maar dat vergt zulke grote werkgeheugens dat de snelheid van het systeem gevaar loopt.

Ook voor een nuttig model van de gebruiker is veel opslagruimte vereist. Dit is een van de redenen waarom er anno 1987 nog nauwelijks operationele kennissystemen zijn. Een volledig interactieve dialoog, waarbij ook de gebruiker initiatieven kan nemen en vragen kan stellen in natuurlijke taal, is meestal niet haalbaar. Toch wordt wel gewerkt aan de ontwikkeling van systemen die de genoemde communicatiefaciliteiten bieden. Le Courtier, dat in hoofdstuk 7 wordt beschreven, is een voorbeeld van een kennissysteem waarin zowel communicatie in natuurlijke taal, als terugkomen op eerdere punten in de consultatie mogelijk zijn. Daarvoor is echter zeer veel geheugenruimte nodig.

Het vermogen van computers natuurlijke taal te interpreteren, te genereren of losstaande opmerkingen te maken, is beperkt tot eenvoudige woordcombinaties en korte zinnen. Samenhangende interpretatie en produktie van teksten over willekeurige onderwerpen zijn nog niet mogelijk. Afgezien van de taalkundige problemen zal de benodigde verwerkingscapaciteit voor dialoogsysteem vooral nog een beperkende factor zijn. Niet alleen moet de computer de taalfuncties kunnen uitvoeren, maar bovendien moeten de reactietijden voldoende kort zijn.

De dialoog in natuurlijke taal is niet de enige vorm van communicatie waaraan in de kennistechniek aandacht wordt besteed. De belangstelling voor spelcomputers en voor computerondersteuning bij het



ontwerpen hebben de ontwikkeling van grafische faciliteiten sterk gestimuleerd. Ook onderzoekers op het gebied van de kennistechniek onderkennen interactieve grafische mogelijkheden als een belangrijk facet voor ontwikkeling en gebruik van kennissystemen (zie hoofdstuk 3). De toepassing van vensters en de muis als aanwijsmiddel zijn afkomstig uit de AI-laboratoria van Xerox Parc.

Behalve met gebruikers communiceren kennissystemen soms ook met andere systemen. Ook deze communicatie verloopt meestal gebrekkig. De vorderingen op dit gebied zijn traag, voorzover het toepassingen in de praktijk betreft. De meeste kennissystemen die gebruik maken van grote bestanden, doen dat via op maat gemaakte koppelingen.

#### *Matige uitleg en lage snelheid*

Ofschoon de meeste kennissystemen over uitlegfaciliteiten beschikken, is de uitleg niet voor alle gebruikers even overtuigend. De huidige systemen zijn niet in staat de uitleg aan te passen aan de voorkennis van individuele gebruikers. Het verklaren van redeneringen zal uiteraard aan waarde winnen als kennissystemen de problemen op verschillende niveaus kunnen oplossen. Een oppervlakkige, door produktieregels gegeven oplossing kan dan door het systeem met empirische of algemeen theoretische kennis worden verklaard. Het is de bedoeling dat tweede generatie expertsystemen met diepe kennis hiertoe in staat zullen zijn [30, 31].

Voorlopig hebben kennissystemen te kampen met oppervlakkigheid ('shallow reasoning') en traagheid. Vele complexe problemen kunnen niet door de huidige generatie kennissystemen worden opgelost omdat de oplossing de verwerking van zeer veel kennis in korte tijd vereist. Bij kennissystemen van enige complexiteit die draaien op microcomputers zijn wachttijden van tientallen minuten eerder regel dan uitzondering. Het vergroten van de mogelijkheden van kennissystemen in dit opzicht vergt innovaties op het gebied van kennistechniek en micro-elektronica. Wat de programmatuur betreft, gaat het om inferentie- en representatietechnieken waarmee zeer omvangrijke probleemruimten effectief kunnen worden ingeperkt. Als daarbij ook de kennisbestanden beter worden gestructureerd, kan de vastgelegde kennis effectiever worden toegepast.

Net als mensen kunnen kennissystemen niet goed omgaan met tegenstrijdige opvattingen van experts. In de meeste publikaties uit de begintijd van expertsystemen werden redeneren met onzekerheid en uitlegfaciliteiten genoemd als essentiële nieuwe eigenschappen, die in traditionele systemen niet voorhanden waren. Redeneren met onze-

kerheid blijkt echter nog steeds niet vlekkeloos te gaan. De empirische aanpak uit de eerste expertsystemen blijkt niet altijd te voldoen. Omdat zekerheidsfactoren (zie Bijlage A) bij lange inferentieketens hun bruikbaarheid verliezen, zal voor de ontwikkeling van grote systemen nog veel onderzoek nodig zijn [32].

#### *Nieuwe mogelijkheden*

Enkele beperkingen zijn wellicht van tijdelijke aard. Er wordt volop onderzoek gedaan naar mogelijkheden de toepasbaarheid van kennistechniek te vergroten. Zo is het mogelijk kennissystemen de beschikking te geven over meer kennis, bijvoorbeeld in de vorm van semantische netwerken met encyclopedische kennis. Ook kan kennis worden vastgelegd over het dagelijks leven en de daarin optredende fenomenen. Om het redeneervermogen te verbeteren, kan kennis worden toegevoegd over analogieën en associaties. Voor betere samenwerking met mensen kan kennis worden vastgelegd over manieren waarop mensen samenwerken en communiceren en wat zij verwachten van kennissystemen. Ook zullen systemen zelfkennis nodig hebben, vooral over hun eigen beperkingen. Dit moet leiden tot beter functionerende systemen, wellicht met leervermogen. Ook kan deze extra kennis worden gebruikt voor betere uitleg en onderwijzen-de taken.

Om de communicatie met de gebruiker te verbeteren, wordt veel onderzoek gedaan naar invoer en presentatie met combinaties van spraak, natuurlijke taal en driedimensionaal beeld. Voor hogere verwerkingssnelheid wordt veel verwacht van nieuwe microcomputers met snelle en specifieke processoren. Een belangrijke verbetering van de snelheid zal ook worden bereikt door toepassing van parallelle computers. Deze zijn sinds 1986 op beperkte schaal commercieel verkrijgbaar. In parallelle systemen kunnen delen van de probleemruimte simultaan worden doorlopen. In vele onderzoekcentra worden omvangrijke projecten uitgevoerd waarbij het onderzoek naar parallelle computersystemen samengaat met het onderzoek naar effectievere AI-technieken. Vooral de programmatuur voor parallelle systemen staat echter nog in de kinderschoenen.

#### *Zelflerende systemen*

Psychologen hopen door onderzoek naar lerende kennissystemen een beter inzicht te krijgen in het menselijke leerproces. Bovendien zijn zelflerende systemen interessant als kennissystemen worden toegepast in gebieden waar weinig heuristische kennis beschikbaar is of in dynamische gebieden waar het kennisbestand vaak zal moeten worden aangepast. In beide gevallen gaat het er om dat de systemen

door ervaring met nieuwe probleemsituaties hun effectiviteit automatisch kunnen verbeteren. Enerzijds kan dit worden verwezenlijkt door uit nieuwe probleemsituaties nieuwe operatoren af te leiden, anderzijds kunnen ervaringen leiden tot herstructurering van het kennisbestand, zodat het inferentieproces wordt versneld [31]. Ook kunnen lerende systemen zich aanpassen aan hun gebruikers.

Veel wordt op dit gebied verwacht van kennissystemen die qua structuur overeenkomsten vertonen met de menselijke hersenen. Er zijn onderzoekers die proberen de werking van de menselijke hersenen te simuleren in netwerken van microprocessoren [33, 34]. De verbindingen tussen deze processoren liggen niet vast, maar kunnen tijdens de uitvoering van taken 'groeien'. Daardoor is er een inherent leervermogen. Bij deze systemen wordt de intelligentie niet voorgeprogrammeerd, maar aangeleerd door de systemen te confronteren met nieuwe situaties. Dergelijk leren vertoont meer overeenkomsten met opvoeding dan met programmering (zie 5.2). Er zijn al netwerken die in staat zijn tot beeld- en spraakherkenning, op een manier die met klassieke geprogrammeerde systemen niet haalbaar is [35]. Een vooralsnog onopgelost probleem vormt echter nog de representatie van een menselijke eigenschap die van groot belang is voor het leren: het vermogen te vergeten.

### **Aanbevolen literatuur**

Nadere informatie over theorie en techniek van kennissystemen is te vinden in [17, 36, 11, 12].

### 3. Intelligente communicatie

Er zijn verschillende niveaus waarop problemen kunnen worden opgelost. Daarbij hoort verschillende kennis. Er is al sinds de eerste computers een ontwikkeling gaande naar steeds verdere verhoging van het niveau waarop computers worden ingezet. Daartoe worden bovenop de machine lagen van programmatuur aangebracht. Kennistechniek zorgt nu voor een volgend niveau.



Afb. 3.1 Abstractieniveaus en oplossingen met de computer.

Dit hoofdstuk gaat over intelligente communicatie, een toepassingsgebied van kennistechniek, waarin de nadruk niet ligt op afzonderlijke systemen, maar op de interactie tussen mens en computer. Deze interactie kan worden ondersteund door toepassing van kennis. In [37] worden dertien soorten onderscheiden. Er zijn nog weinig concrete produkten op dit gebied. Dit hoofdstuk is daarom vooral bedoeld voor wie toekomstige ontwikkelingen wil volgen. Het gaat uit van de toenemende vraag naar gebruikersvriendelijke systemen en de kloof die bestaat tussen wat mensen willen en wat computers kunnen. Van belang daarbij is verhoging van het niveau waarop de computer kan worden ingezet. Daarvoor dient de computer zich intelligenter te presenteren. Vergeleken bij communicatie tussen mensen onderling, verloopt communicatie tussen mens en computer primitief. Aan de hand van een analyse van de problemen bij het gebruik van de huidige systemen wordt aangegeven hoe intelligente communicatie van de kant van de computer kan worden bevorderd. Ook kan veel worden geleerd van de manier waarop mensen computerspelletjes spelen.

Door analyse van de interactie tussen speler en computer zijn concepten gevonden die toepasbaar zijn bij serieuze systemen. Tenslotte wordt kort ingegaan op voorzetsystemen voor de verwerking van natuurlijke taal en spraak.

### 3.1 Kloof tussen mens en computer

De kloof tussen wat mensen willen en wat computers kunnen, is op drie manieren te overbruggen. De eerste vereist aanpassing van de mens. Een computergebruiker kan handboeken en computertalen bestuderen en zich kennis eigen maken van de werking van de computer. Daarmee wordt de gebruiker 'computervriendelijk'. Maar wie computers slechts incidenteel gebruikt, zal zich niet aanpassen aan hun eigenaardigheden. Bovendien staat in handboeken slechts zelden iets over de werkelijke problemen waarvoor een mens een computer zou kunnen gebruiken. Zij hebben het alleen over de werking van de computer. De hoge stapel handboeken vormt een extra drempel voor computergebruik [38].

De tweede manier is de inschakeling van mensen die goed met computers kunnen omgaan, zoals programmeurs. De eigenlijke gebruiker wordt dan 'eindgebruiker', die slechts met tussenkomst van gespecialiseerde gebruikers met computersystemen kan omgaan. Het is echter ondoenlijk voor iedere vraag die met een computer zou kunnen worden beantwoord, door een programmeur een systeem te laten ontwikkelen.

De derde manier is de computer aan te passen aan de gebruiker. Met kennistechniek kunnen hulpsystemen worden ontwikkeld die het gebruik van de computer kunnen vereenvoudigen [39, 40, 41]. Deze hulpsystemen hebben vooral een communicatieve taak. Zij kunnen profiteren van de snelheid en de grote geheugens van de computer, zodat de menselijke gebruiker allerlei dingen niet zelf hoeft te onthouden of te beredeneren.

### 3.2 Communicatie met de computer

Vaak wordt de communicatie tussen mensen als model genomen voor de communicatie tussen mens en computer [42]. Bij communicatie tussen twee mensen kunnen beide partijen het initiatief nemen. Bij communicatie tussen mens en computer ligt dat anders. De structuur van de dialoog wordt voor een groot deel bepaald door de computer, of eigenlijk degene die het programma heeft ontworpen. De gebruiker kan af en toe kiezen uit de opties die de computer biedt, maar kan onverwachte ideeën niet kwijt. Ook de technische mogelijkheden voor

communicatie tussen mens en computer vormen een belemmering. Een beeldscherm en een toetsenbord vormen een armoedig communicatiekanaal ten opzichte van de middelen die mensen onderling gebruiken. Wil mogelijke computerintelligentie zinvol kunnen worden gebruikt, dan zijn betere communicatiekanalen nodig. Daarom wordt veel onderzoek gedaan naar grafische in- en uitvoer, spraakherkenning en -synthese en andere mogelijkheden van communicatie. Daarvoor zijn gebruikersvriendelijke concepten en componenten nodig. Meestal gaat het om een combinatie van apparatuur en programmatuur. Een voorbeeld van gebruikersvriendelijke uitbreidingen zijn de diverse aanwijsinstrumenten (muis, spelpookje, lichtpen) die, in combinatie met een aantrekkelijke schermopmaak met vensters en een hoog oplossend vermogen, hebben bijgedragen tot de populariteit van spelcomputers en het gebruiksgemak van systemen voor 'computer aided design'.

Een van de belangrijkste aspecten voor een plezierige samenwerking tussen mens en computer is een aansprekende presentatie van de werking van de computer [43]. De gebruiker moet zich iets kunnen voorstellen van wat de computer doet. Het systeem moet in zijn presentatie aansluiten bij wat de gebruiker al kent en weet. Een bekend voorbeeld hiervan is de bureaublad-metafoor van Xerox, die bekend is geworden op de Apple Macintosh. Het systeem presenteert zich in visuele termen die aansluiten bij de belevingswereld van iemand die gewend is achter een bureau te werken. Daarbij zijn handelingen die in werkelijkheid voorkomen op analoge wijze uitvoerbaar op de computer ('directe manipulatie'). Op het scherm zijn objecten uit de dagelijkse wereld herkenbaar gerepresenteerd. Deze objecten corresponderen met interne representatie in de computer.

Het is ook nodig dat het systeem regelmatig laat weten hoe het staat met zijn vorderingen. Bepaling van het juiste moment voor terugkoppeling is daarbij van groot belang, tenzij het scherm groot genoeg is om ruimte te reserveren voor continue terugkoppeling. Vooral op Lisp-machines (zie Bijlage C) zijn deze aspecten van communicatie tussen mens en computer zeer doordacht uitgewerkt.

Inmiddels zijn richtlijnen voor het ontwerp van communicatiemogelijkheden tussen mens en machine (gebruikersinterfaces) opgenomen in een DIN-norm (DIN 66234, deel 8). Daarbij staan vijf principes voorop [44]:

- de dialoog moet zijn aangepast aan de taak en ondersteuning geven zonder extra belasting te veroorzaken
- doel en verloop van de dialoog moeten duidelijk zijn zonder gebruik van externe hulpmiddelen zoals handboeken

- de gebruiker moet zelf het tempo van de dialoog en de volgorde van verschillende taken kunnen bepalen
- het verloop van de dialoog moet beantwoorden aan de verwachtingen van de gebruiker
- bij invoer van onjuiste gegevens moet het toch mogelijk zijn de dialoog zinvol voort te zetten, waarbij het systeem bruikbare uitleg moet geven over ontstaan en herstel van foutsituaties.

De programmatuurpsycholoog houdt zich onder andere bezig met analyse van communicatie tussen mens en computer [44]. Daarbij wordt gewerkt aan het ontwerp van faciliteiten voor communicatie tussen mens en computer die computergebruik daadwerkelijk vergemakkelijken. Omdat geslaagde communicatie bovendien wordt vergemakkelijkt door kennis en ervaring [45], kan ook kennistechniek een rol spelen bij de verbetering van de communicatie tussen mens en computer. Ook kan veel worden geleerd door bestudering van situaties waarin mensen computers schijnbaar moeiteloos bedienen, zoals bij sommige computerspelletjes.

### 3.3 Leren van computerspelletjes

In [46] zijn de lessen beschreven die uit het succes van computerspelletjes kunnen worden geleerd. De meeste computerspelletjes zijn zo ontworpen dat een gebruiker er meteen mee aan de slag kan, zonder handleidingen te hoeven lezen. Het spel presenteert zich op een duidelijke wijze. Extra mogelijkheden die niet essentieel zijn voor de bediening, blijven verborgen en worden door de gevorderde gebruiker al doende ontdekt. Wie de extra mogelijkheden niet wenst, mag daarmee niet worden lastig gevallen.

Ook de juiste mate van complexiteit is van groot belang. Een ideaal systeem past zich daarom aan aan zijn gebruiker of geeft de gebruiker mogelijkheden in te stellen hoe hij wil worden benaderd. In primitieve vorm is dit uitgewerkt in de moeilijkheidsniveaus van spelletjes of de instelling van het 'help'-niveau bij sommige pakketten voor microcomputers.

### 3.4 De rol van kennis

Mensen kunnen communiceren wanneer ze dezelfde taal kennen, gezamenlijke voorkennis hebben en weten hoe een conversatie meestal verloopt. Om de gebruiker echt werk uit handen te kunnen nemen, heeft een computersysteem kennis nodig over de gebruiker en de toepassingen waarmee hij bezig is. Deze kennis wordt vastgelegd in

een model van de gebruiker. Daarmee kan het systeem de gebruiker helpen door de completering van halve vragen, de uniformering van afkortingen en bijnamen, de correctie van spelfouten, kortom, begrijpen wat de gebruiker bedoelt. Daarbij dient het systeem de gebruiker als geheugensteun. De gebruiker kan er een beroep op doen om details te reproduceren. Daarvoor wordt meestal gebruik gemaakt van een apart venster om, naast de eigenlijke toepassing, tussendoor over andere onderwerpen te communiceren. Deze mogelijkheid tot presentatie van informatie in vensters ontlast het geheugen van de gebruiker ('waar was ik gebleven?', 'hoe had ik die variabele ook alweer genoemd?').

Een uitwerking van de problemen die optreden bij het gebruik van traditionele computersystemen en de mogelijke oplossingen met behulp van kennistechniek en intelligente hulpsystemen is te vinden in [47, 48, 49].

### 3.5 Voorzet- en vertaalsystemen

Verwerking van natuurlijke taal met behulp van 'intelligente' programmatuur is al jaren een van de belangrijkste deelgebieden van AI. Enkele eigenschappen van natuurlijke taal zijn onvolledigheid, onnauwkeurigheid, overtolligheid en dubbelzinnigheid. Voor de besturing van computers zijn echter ondubbelzinnige, eenduidig gedefinieerde instructies nodig. Vandaar dat computertaal en mensentaal niet zonder meer in elkaar kunnen worden omgezet. Er zijn prototypen ontwikkeld van systemen die geschreven of gesproken natuurlijke taal kunnen vertalen in instructies die de computer kan verwerken [50] of in een andere natuurlijke taal.

Er zijn drie mogelijkheden natuurlijke taal te benaderen:

- syntactisch: gericht op vorm (grammatica)
- semantisch: gericht op betekenis
- pragmatisch: gericht op bedoeling.

In de pragmatische benadering wordt vaak uitgegaan van een aantal veronderstellingen over communicatie tussen mensen. Ook wordt wel uitgegaan van 'wereldkennis', die in een systeem kan worden vastgelegd in de vorm van scenario's. Deze dienen om gebeurtenissen en situaties te beschrijven, bijvoorbeeld wat er kan gebeuren in een pizzeria. Scenario's worden geactiveerd door bepaalde sleutelwoorden, bijvoorbeeld pizza, Italiaans restaurant en dergelijke. Onderzoek aan Yale University heeft vele experimentele systemen opgeleverd [51, 52]. Deze maken gebruik van conceptuele representatie van de betekenis van zinnen, zowel binnen als buiten een bepaalde context [53]. Een van de vooraanstaande Nederlandse onderzoekcentra op dit gebied is de Katholieke Universiteit Nijmegen [54].



### *Taal*

Het kennissysteem *Le Courtier* (zie 7.2) bestaat voor een groot deel uit componenten voor de ondersteuning van een dialoog in natuurlijke taal. *Intellect*, ontwikkeld door AI Corporation, is een voorzetsysteem voor de verwerking van natuurlijke taal [55]. Het wordt op grote schaal gebruikt voor het raadplegen van grote bestanden. *HAL* wordt gebruikt als voorzetsysteem voor het pakket *Lotus 1-2-3* [56]. In [57] worden drie commercieel verkrijgbare systemen besproken: *Language Craft* (Carnegie Group), *NLMenu* (Texas Instruments), *Q&A* (Symantec, in Nederland Kernsoftware). *Language Craft* wordt gebruikt voor de ontwikkeling van systemen voor taalverwerking. *NLMenu* is een voorzetsysteem. *Q&A* bevat een eenvoudig natuurlijke taal voorzetsysteem voor de microcomputer.

In meertalige gebieden (Canada, België, Europa) wordt veel aandacht besteed aan vertaalsystemen (zie bijv. [58]). Een daarvan, *DLT*, wordt in Nederland ontwikkeld door BSO (zie 6.11 en 7.2 en [59]).

### *Spraak*

Nog moeilijker dan de verwerking, interpretatie en produktie van geschreven natuurlijke taal is de verwerking van spraak. Het is nog niet mogelijk dat een computersysteem de continue spraak van willekeurige sprekers herkent. Wel bestaan er al systemen die losse woorden herkennen [60]. Een van de pioniers op dit gebied is Ray Kurzweil, directeur van Applied Artificial Intelligence (Waltham, Mass.). Ook Votan (Fremont, Cal.) heeft al enkele commerciële produkten voor spraakherkenning en -synthese, onder andere voor 'voice-mail' en de besturing van microcomputers. In Nederland speelt het Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO) te Eindhoven een belangrijke rol.

### **Aanbevolen literatuur**

De theorie achter natuurlijke taalsystemen wordt verder uitgewerkt in [61, 52, 62]. De combinatie natuurlijke taal en database-ontwerp wordt behandeld in [63]. Overzichten van systemen voor natuurlijke taal zijn te vinden in [51, 48, 37].

---

## 4. Sociaal-organisatorische aspecten

### 4.1 Beperkingen en mogelijkheden van kennissystemen

#### *Sensationele verhalen*

Expertsystemen en AI geven vaak aanleiding tot sensationele verhalen. Onderzoekers laten zich voor de camera of in populaire tijdschriften vaak verleiden tot spectaculaire voorspellingen. Ook leveranciers, alsmede de journalisten die soms de brochures van leveranciers overschrijven, beloven vaak gouden bergen. Daarbij worden met grote stelligheid dingen gesuggereerd die hoogst misleidend zijn. Hoewel de meeste beloften niet zijn uitgekomen, volhardten vele onderzoekers in hun optimisme. De financiering van hun onderzoek is immers mede afhankelijk van de verwachtingen over de mogelijke resultaten [24, 25]. Omdat 'expertsystemen', zoals ieder jong vakgebied, te kampen heeft met schaarste aan deskundigen, blijven de ondoordachte voorspellingen soms lang onweersproken.

#### *Beperkingen van kennissystemen*

De termen kunstmatige intelligentie en expertsysteem beloven meer dan de huidige techniek kan realiseren. Grote doorbraken worden op korte termijn niet verwacht. Daarom dient bij de invoering van kennissystemen rekening te worden gehouden met de beperkingen van de huidige systemen. Hun taak in de organisatie en de wijze van samenwerking met gebruikers dienen zorgvuldig te worden gekozen. De hoeveelheid kennis waarover kennissystemen beschikken, is zeer beperkt (zie 2.5). Daarom dient de gebruiker te beseffen dat kennissystemen slechts een zeer beperkte blik op de werkelijkheid bieden. Er is tenslotte meer in de wereld dan in als-dan regels kan worden vastgelegd.

De eerste kennissystemen werden ontwikkeld door toponderzoekers in domeinen, zoals de chemie, waarin het traditie is heuristische kennis in protocollen vast te leggen. Deze dienen dan voor de overdracht van kennis over de oplossing van problemen in dat domein. Daardoor is er veel kennis voor gebruik beschikbaar.

Bovendien zijn de experts geoefend in het duidelijk maken van hun ervaring. In sommige domeinen wordt dit gecombineerd met de vraag naar expertise op moeilijk bereikbare plaatsen, waar bovendien grote financiële belangen spelen, zoals op booreilanden. Deze omstandigheden worden door sommigen gezien als de voornaamste factoren die hebben geleid tot ontwikkeling en succesvol gebruik van kennis-systemen.

Deze drie factoren, toponderzoekers, voorhanden kennis en grote belangen, zijn in andere domeinen vaak niet aanwezig. Successen laten daar dan langer op zich wachten.

#### *Mensen worden niet overbodig*

Zoals robots mensen niet volledig kunnen vervangen, zullen kennis-systemen menselijke kennis niet overbodig maken. Er bestaat gegronde twijfel of kennissystemen ooit mensen kunnen evenaren. Kennissystemen zijn tenslotte maar kundig binnen een zeer klein domein en wanneer men zeer veel domeinkennis koppelt en op een probleem uit het dagelijks leven loslaat, krijgt men toch het effect van een zeer geleerde, maar wereldvreemde vakidoot.

Uiteraard zullen kennissystemen bepaalde taken overnemen van mensen. Dat is inherent aan automatisering. Maar door de mogelijkheden die kennistechniek biedt, kunnen ook complexere problemen worden aangepakt en dat leidt tot nieuwe taken voor computers en mensen. Er blijven bovendien altijd taken over voor mensen die de systemen moeten ontwerpen en besturen. Een goede camera is niet voldoende voor de vervaardiging van goede films. Een goede tekstverwerker maakt nog geen goede tekst. Een goed productie-systeem maakt nog geen goede produkten. Ook een goed informatie- of kennissysteem kan mensen niet overbodig maken. Het zijn de menselijke gebruikers die de ideeën moeten hebben [25].

Wat men op dit gebied wel en niet mogelijk acht, is een kwestie van uitgangspunten. Wie er van uitgaat dat mensen in alle opzichten zijn te beschrijven als informatieverwerkende systemen, zal verwachten dat computers met behulp van al veel menselijke eigenschappen kunnen krijgen. In [25] is een aantal voorbeelden gegeven van de consequenties van dit uitgangspunt. Daarnaast geven [25] en [27] argumenten waarom mensen niet volledig zijn te beschrijven als informatieverwerkende machines. Mensen kunnen, omdat zij beschikken over een menselijk lichaam, dingen die de computer zeker niet kan. Menselijke kennis groeit en het menselijk lichaam is één van de media voor het opdoen van nieuwe ervaringen. Specialistische kennis staat bovendien nooit op zichzelf, maar is ingebed in de algemene kennis die zich bij ieder mens met gezond verstand van de geboorte af ontwikkelt en

deze tot menselijk handelen in staat stelt. In [21] is een overzicht gegeven van punten waarop de mens daardoor volgens velen superieur zal blijven.

Omdat AI vaak wordt gedefinieerd als 'datgene wat computers *nog* niet kunnen', is het nauwelijks mogelijk aan te geven wat tot de mogelijkheden van AI behoort. Daarom wordt in de rest van dit hoofdstuk uitgegaan van de mogelijkheden en beperkingen van de huidige, reeds ontwikkelde kennisystemen en van de verwachte resultaten van onderzoek gericht op combinatie van beproefde technieken. Daarmee kunnen kennisystemen mensen dienen als gereedschap. Zij vormen een nieuwe klasse, te gebruiken ter versterking van menselijke kennis, zoals andere gereedschappen menselijke spierkracht of zintuiglijke mogelijkheden versterken.

#### *Verkeerd gebruik*

Bij gebruik van systemen die veel informatie produceren, ontstaat al snel de neiging te negeren wat niet via het systeem komt. De geproduceerde informatie is weliswaar vaak van een lage kwaliteit, maar door de beschikbaarheid ontstaat de verleiding er iets mee te doen. Dit leidt tot aandacht voor ondergeschikte of niet bestaande problemen. Daarmee wordt het middel belangrijker dan het doel.

Kennistechniek opent de mogelijkheid tot automatisering van kwalitatieve modellen, maar het is niet mogelijk in die modellen alle subtiliteiten van het menselijk denken en handelen vast te leggen. De grote mogelijkheden van de computer houden dus het risico in dat gebruikers de achterliggende werkelijkheid niet meer zien en zich blindstaren op wat er via het beeldscherm tot hen komt. Mensen kunnen ten onrechte meer vertrouwen stellen in hun expertsysteem dan in het oordeel van menselijke experts. Dit bleek onder andere bij gebruikers van Eliza, het geruchtmakende psychiatrische programma van Weizenbaum. De gebruikers prefereerden Eliza boven een echte psychiater, omdat de laatste er een persoonlijke mening op na zou kunnen houden en minder aandacht voor hen had.

Persoonlijke meningen kunnen meer gewicht krijgen als er conclusies van een systeem achter staan. Net zoals iedere politieke organisatie zijn eigen econometrische modellen laat ontwikkelen, zullen bedrijven kennisystemen ook voorzien van beleidsregels en opvattingen die niet door iedereen worden gedeeld. Conclusies van dergelijke systemen gaan echter vaak een eigen leven leiden, los van hun oorspronkelijke context. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt voor een deel bij de ontwerper, die moet vertellen welke uitgangspunten hij heeft gehanteerd. Deels is ook de gebruiker verantwoordelijk, die de conclusies van het systeem moet gebruiken in zijn eigen conclusies. Alle kennis die het systeem niet heeft, dient bij de gebruikers aanwezig

te zijn. Er schuilt een groot gevaar in het gebruik van kennissystemen door mensen die de beperkingen niet kennen. Een geliefd domein voor kennissystemen is de effectenbeurs. In 1986 en 1987 zijn vragen gesteld over de mogelijke invloed van computerprogramma's op de fluctuaties van de koersen op Wall Street. Het is niet uitgesloten dat toekomstige systemen de koersontwikkeling nog sterker zullen verstoren.

#### *Hoe worden kennissystemen ingezet?*

Kennissystemen kunnen worden gebruikt om de specifieke kracht van de computer, het zonder fouten en snel uitvoeren van grote hoeveelheden bewerkingen, te gebruiken ter ondersteuning van de probleemoplossende vaardigheden van de mens. Mens en computer vullen elkaar aan. Daarom wordt door sommigen ook gesproken over alternatieve, in plaats van artificiële intelligentie.

Mensen zijn in staat de relatieve ernst van situaties of de onafhankelijkheid van symptomen te beoordelen. Ook kunnen mensen begrijpen wat er in een organisatie van hen wordt verlangd of wat een opdrachtgever werkelijk bedoelt. De meestbelovende toepassingen liggen op die gebieden waar de combinatie van menselijke en computervermogens kan leiden tot betere oplossingen. De computer zorgt voor de brute kracht, de mens voor de besturing. Hoe beter mens en computer elkaar 'begrijpen', hoe beter de samenwerking. De computer heeft daarvoor een model van de gebruiker, de gebruiker inzicht in de werking van de computer. Het eerste is technisch nog niet goed te verwezenlijken. Daarom is het des te belangrijker dat de gebruiker een goed inzicht heeft in de mogelijkheden en beperkingen van de systemen die hij gebruikt.

## 4.2 Organisatorische aspecten

### *Invoering van kennistechniek*

Werktuigen kunnen worden gebruikt door toepassing van energie en kennis. Oorspronkelijk was die kennis alleen aanwezig in de mens die het werktuig hanteerde. Mechanisatie heeft geleid tot vastlegging van menselijke kennis in machines en besturingsalgoritmen. Kennistechniek maakt een volgende stap in deze ontwikkeling mogelijk. De rol van de mens ligt steeds minder bij productie en steeds meer bij ontwerp en innovatie. Hij zal in nieuwe vormen van samenwerking met machines en computers omgaan. Daarbij horen nieuwe organisatiestructuren. Bepaalde taken worden overgenomen door de computer, andere worden complexer en er komen ook nieuwe taken bij.

Daarom hoort technische innovatie samen te gaan met sociale innovatie, de aanpassing van organisatiestructuren aan het gebruik van nieuwe techniek [64, 65]. Om problemen te voorkomen, dient de invoering niet louter te worden bepaald door de nieuwe technische mogelijkheden. Er dient rekening te worden gehouden met sociale behoeften.

#### *Nieuwe dienstverlening*

Adviserende en andere dienstverlenende functies zullen anders worden wanneer kennissystemen een deel van het werk kunnen overnemen. Kennissystemen kunnen worden gebruikt voor maatwerk dat voldoet aan de individuele wensen van een heterogene klantenkring. Daarbij wordt vaak verondersteld dat mensen zich meer zullen gaan toeleggen op de menselijke aspecten van dienstverlening. Dit is bijvoorbeeld te zien in de horeca, waar mechanisatie en standaardisatie hebben geleid tot meer nadruk op persoonlijke dienstverlening. Invoering van nieuwe techniek gaat vaak gepaard met nieuwe werkgelegenheid. Taken zullen door toepassing van nieuwe hulpmiddelen een andere inhoud krijgen. Er ontstaan ook nieuwe functies, zoals kennisanalist, -beheerder, -accountant, -deskundige. Ook de overdracht van kennis zal nieuwe functies met zich meebrengen, zoals die van kennismakelaar of -uitgever. Bovendien wordt door de komst van kennissystemen anders met kennis omgegaan. Experts worden zich beter bewust van hoe zij denken. Bedrijven worden zich bewust van de waarde van goed onderhouden kennis.

#### *Distributie van kennis*

Met kennistechniek is het mogelijk beleid en bedrijfsstrategie vast te leggen en operationeel te maken in de vorm van adviessystemen. Door verspreiding van deze systemen kan beslissingsbevoegdheid worden gedelegeerd. Dergelijke kennissystemen werken sturend en zorgen voor uniformiteit in de beslissingsprocedures. Doordat consultatie van deze systemen interactief verloopt, kunnen de stappen in het beslissingsproces worden vastgelegd voor controle achteraf.

In centraal geleide organisaties kunnen op die manier kennissystemen worden toegepast om kennis en werkwijzen te verspreiden. Doel daarvan zijn standaardisatie, controleerbaarheid en consistentie ten opzichte van klanten. Introductie van dergelijke kennissystemen betekent echter introductie van gestandaardiseerde werkwijzen en kan daarom dezelfde weerstanden oproepen als andere technische of organisatorische vernieuwingen.

Om weerstanden te voorkomen, kunnen systemen worden ingevoerd die door de gebruikers kunnen worden aangepast aan hun specifieke

situatie. Lokale modificaties leiden tot beter en intensiever gebruik, maar maken centraal onderhoud moeilijker. Dit nadeel zal moeten worden afgewogen tegen het mogelijke voordeel dat de kennis en de werkwijze van zo'n systeem in theorie zouden kunnen meegroeien met de ervaring van de gebruiker. In de praktijk ligt een tussenoplossing voor de hand in de vorm van systemen die zich in beperkte mate laten aanpassen aan de individuele gebruiker, maar centraal worden beheerd. Wellicht zullen er kennisaccountants komen die de werking van kennissystemen periodiek toetsen.

Kennissystemen zullen niet alleen diensten verlenen, maar ook invloed hebben op de manier waarop degenen die dat traditioneel deden met hun klanten omgaan (zie 6.1). Klanten worden beter voorgelicht en zijn mondiger. Wanneer mensen thuis hun probleem kunnen analyseren met behulp van een kennissysteem, zullen zij aan menselijke deskundigen andere vragen stellen. In de praktijk kan dit leiden tot taakverschuivingen en -verzwaringen voor de experts, die meer moeilijke gevallen krijgen [66]. Ook kan het respect voor traditionele deskundigen afnemen. Deze demystificatie zal vooral de pseudo-expert treffen, die overbodig wordt wanneer zijn kennisbronnen niet meer exclusief zijn.

#### *Invloed op besluitvorming*

Distributie van kennis kan vertragend werken op besluitvorming. Met behulp van kennissystemen kunnen alternatieven worden uitgewerkt en overwogen. Dit kan leiden tot bureaucratie en zware besluitvormingsprocedures. Dan kan een escalatie optreden van de inzet van computerkracht en verfijnde technische mogelijkheden om alternatieven nog meer gewicht te geven. Dit gebeurt nu al met econometrische modellen en energiescenario's, die worden gebruikt ter voorbereiding en rechtvaardiging van politieke besluitvorming.

De toegang tot kennis wordt vergemakkelijkt, maar degenen die bepalen welke kennis wordt vastgelegd en verspreid, verkrijgen invloed op de beslissingen van hun klanten. De juridische uitgeverij die goede klanten hun bijgewerkte kennis-diskettes een week eerder toestuurt of zijn abonnementsgelden extreem hoog stelt, beïnvloedt de uitslag van rechtszaken. Maar ook nu is het al zo dat grote advocatenkantoren over meer praktijkkennis kunnen beschikken dan kleinere kantoren, zowel in de vorm van documentatie als in de hoofden van ervaren medewerkers. Een algemeen toegankelijk extern systeem zou deze ongelijkheid kunnen opheffen, vooropgesteld dat de kosten voor kleinere kantoren te dragen zouden zijn. De kosten kunnen echter niet laag zijn, wil het systeem voldoende snel, gebruikersvriendelijk en compleet zijn. Een lastige paradox.

*Integratie en koppeling*

Evenals bij het gebruik van microcomputers zal er een ontwikkeling te zien zijn in de richting van integratie van kennissystemen, informatiesystemen en bestanden. De gebruiker van een kennissysteem zal in veel gevallen behoefte hebben aan verwerking van gegevens die reeds elders in het bedrijf in een computersysteem beschikbaar zijn. Integratie ('embedding') of koppeling van kennissystemen zal dan onontkoombaar zijn. Dat betekent dat bedrijven zullen kiezen voor apparatuur en talen die deze koppeling vergemakkelijken. Wat dat betreft, mag veel worden verwacht van de opkomst van standaarden op het gebied van netwerken en besturingssystemen.

*Beheer en beveiliging van kennis*

Koppeling van systemen vormt een risico, zeker wanneer via deze systemen toegang mogelijk is tot expliciet vastgelegde bedrijfskennis. De verspreiding van ervaringskennis, opgeslagen in computersystemen die kunnen uitleggen hoe de ervaring wordt toegepast, dient daarom vooral bij strategisch belangrijke beslissingsprocessen te worden afgewogen tegen de mogelijke gevaren.

Door de komst van nieuwe technieken voor patroonherkenning zullen de mogelijkheden voor het kraken van systemen toenemen. De mogelijkheid neemt toe gedrukte tekst, telexberichten of andere gegevensoverdracht te lezen, vertalen en samen te vatten met behulp van kennissystemen. Vergelijkbare technieken worden gebruikt voor codering van berichten. Om deze codering te kunnen beproeven, zijn uiteraard geavanceerde afluistermethoden nodig. De technische aanval en verdediging zal door toepassing van kennistechniek een verfijnder niveau bereiken.

Het beheer, de beveiliging en het onderhoud van kennis en alle bijbehorende systemen wordt een nieuwe functie. Als er systemen zijn waarin ervaringskennis en beleid expliciet zijn vastgelegd, kan deze taak worden afgesplitst van algemenere leidinggevende taken. Periodieke of permanente controle van in kennissystemen vastgelegde bedrijfskennis kan de taak worden van toekomstige kennisaccountants.

*Behoeft aan opleiding*

Snelle technische veranderingen hebben grote gevolgen voor het onderwijs. De waarde van kennis en vaardigheden neemt snel af, de behoefte aan bij- en omscholing neemt toe. Een voorbeeld is te vinden bij de inspectie van geïntegreerde schakelingen. Oorspronkelijk werd



dit werk gedaan met behulp van microscopen. Tegenwoordig worden hiervoor robots ingezet. Binnen tien jaar is daarmee het nut van een bepaalde vaardigheid verdwenen en moeten de specialisten worden omgeschoold [67].

Bedrijven klagen al jaren dat de universiteiten en hogescholen mensen afleveren die niet meteen aan het werk kunnen. Bedrijfsopleidingen en omscholing blijven nodig en zullen in de toekomst alleen maar belangrijker worden. Kennistechiek kan daarbij te hulp komen als een deel van de te verwerven kennis kan worden vastgelegd in kennissystemen, bijvoorbeeld in systemen die de bediening van andere systemen vergemakkelijken. Maar naarmate het aantal kennissystemen toeneemt, groeit ook de behoefte aan mensen die deze systemen kunnen ontwikkelen en onderhouden. Ook deze mensen zullen moeten worden opgeleid.

Bedrijven dienen een strategische keuze te maken voor gebieden waarin ontwikkeling van menselijke expertise zal worden gestimuleerd en gebieden waarin menselijke expertise kan worden vervangen door kennissystemen.

#### *De gebruiker blijft verantwoordelijk*

Als een mens en een kennissysteem elkaar niet 'begrijpen', is het voor de mens nauwelijks mogelijk de adviezen van het kennissysteem op te volgen. Dat zou immers kunnen leiden tot gedrag waarvoor de betrokkene geen verantwoordelijkheid zou willen dragen. De gebruiker moet daarom inzicht hebben in de werking en de beperkingen van het systeem. In de toekomst zullen kennissystemen metakennis gebruiken (kennis over hun eigen kennis en het gebruik daarvan) om te voorkomen dat zij adviezen geven die hun competentie te buiten gaan. Maar het is de mens die actie onderneemt en daar zelf voor verantwoordelijk is. Hij moet zijn kennissysteem dus met zorg kiezen en zijn adviezen kritisch beoordelen.

Omdat mensen nu eenmaal verschillend zijn, zouden kennissystemen die met mensen moeten samenwerken eigenlijk in staat moeten zijn zich aan te passen aan hun individuele gebruikers of zich door die gebruikers te laten aanpassen. Zolang dat technisch nog niet goed mogelijk is, dienen de gebruikers extra voorzichtig te zijn.

### **4.3 Sociale aspecten**

#### *Sociale doelstellingen*

In veel projecten speelt een belangrijke sociale doelstelling mee. Met

behulp van kennistechniek kan de computer binnen het bereik worden gebracht van mensen die voorheen geen gebruik konden maken van computers en andere complexe apparaten. Het gaat om gehandicapten, oudere mensen, kleine kinderen en ongeschoolden, maar ook drukbezette managers.

Ook in meertalige landen en organisaties (Canada, België, EEG, multinationals) spelen sociale aspecten een rol [68]. Kennissystemen dienen daarbij de drempel van computergebruik te verlagen. Voorbeelden van toepassingen op dit gebied zijn voorzetsystemen voor natuurlijke taal, vertaalsystemen, grafische voorzetsystemen en systemen voor besturing met de stem.

#### *Gevolgen voor de werkgelegenheid*

Net als andere vormen van automatisering heeft invoering van kennissystemen gevolgen voor de werkgelegenheid. Routinewerk wordt in toenemende mate verricht door machines (robots, kennisystemen). Het ingrijpen wanneer de machine er niet meer uitkomt, blijft mensenwerk.

Ook de creatieve arbeid die dient plaats te vinden voordat de machines aan het werk kunnen, is typisch mensenwerk. Het accent verschuift van productie naar ontwerp en innovatie.

Fabricagecapaciteit zal worden uitgedrukt in de mogelijkheid snel maatwerk te leveren. Voorraden zullen afnemen, evenals de menselijke arbeid in de fabricage. Fabricage en dienstverlening worden steeds kennisintensiever. Vandaar bijvoorbeeld de koppeling van 'just in time'-fabricage met kennissystemen en 'intelligente' robots.

#### *Gevolgen voor experts*

Er zijn diverse redenen waarom kennissystemen menselijke experts niet overbodig zullen maken. Een eerste reden is gelegen in de beperkingen van kennissystemen. Een andere is dat mensen in moeilijke gevallen vaak verscheidene deskundigen willen raadplegen [67]. Er zal behoefte blijven bestaan aan contra-expertise.

Experts kunnen ook zelf gebruik maken van kennissystemen voor routinewerk en als hulpmiddel bij moeilijke gevallen. Daarmee kunnen zij hun dienstverlening verbeteren of uitbreiden. Bovendien ontstaat expertise niet van de ene dag op de andere. Het opwekken van nieuwe kennis kan daarom ook niet worden overgelaten aan computersystemen.

Wel dreigt er een gevaar dat experts in wording niet de kans krijgen zich te ontwikkelen omdat zij niet in de gelegenheid worden gesteld praktijkervaring op te doen op gebieden waar kennissystemen worden toegepast.

*Grotere afstand*

Kinderen leren sneller spelen met computers dan met elkaar, omdat het gebruik van de computer minder sociale consequenties heeft [69]. Zo zal een computer geen ruzie maken of boos worden als hij een spelletje verliest. Het gebruik van kennissystemen, bijvoorbeeld in het onderwijs aan kinderen, kan zo leiden tot sociale verschraling. Deze verschraling is al geconstateerd bij gebruikers van CAD-werkstations [70]. Deze raakten geïsoleerd van hun collega's en communiceerden slechts met en via hun werkstation. Gebruikers van computers vertonen soms zelfs de neiging eigenschappen van hun computersysteem te projecteren op collega's. Bovendien wordt het, vooral wanneer de gereedschappen een bepaalde 'intelligentie' vertonen, verleidelijk de verantwoordelijkheid voor beslissingen of fouten af te schuiven op de computer.

Als techniek een plaats krijgt tussen mensen onderling houdt dat een gevaar in. Wie de techniek niet gebruikt, wordt niet gehoord. Wat de instrumenten niet kunnen meten, wordt voor het gemak genegeerd. Wat niet berekenbaar is, past niet in het systeem. Wat niet op het scherm verschijnt, krijgt geen aandacht. Het gevaar dreigt dat de gebruiker van geautomatiseerde systemen de wereld alleen nog maar door een beeldscherm ziet.

Tussenkomen van systemen vergroot de afstand tussen mensen. Banken die hun klanten de faciliteiten aanbieden van geldautomaten en telebankieren, hebben gemerkt dat balie medewerkers minder goed op de hoogte zijn van wat onder de klanten leeft. Vandaar dat banken nu proberen door inzet van kennissystemen voor balie medewerkers de band met de klant nauwer aan te halen (zie 6.1, 6.2 en 6.3).

*Anders dan de mens*

Bij kennistechniek gaat het niet om het namaken van de mens. Dat zou ook het creatief gebruik van de specifieke eigenschappen van computers in de weg staan. Het oorspronkelijke idee van het expertsysteem dat zich in een Turing-test kan meten met menselijke experts, is ondergeschikt geraakt aan de verscheidenheid van andere commercieel interessante en technisch haalbare toepassingsmogelijkheden van computers en kennistechniek.

In veel AI-projecten ligt de nadruk daarom niet op natuurgetrouwe imitatie van menselijke denkprocessen. Daarom kunnen er ook kennissystemen worden ontwikkeld die taken krijgen die mensen nooit hebben gehad.

Wanneer dit over het hoofd wordt gezien, versterken successen op het gebied van AI de mogelijkheid dat mensen zich zelf gaan zien als

biologische computers [69, 25]. Dergelijke ideeën worden gevoed door het wel erg simpel denken van sommige AI-onderzoekers over de programmeerbaarheid van emoties en andere zaken die bekend staan als typisch menselijk [25].

*Het gevaar van uniformering*

Wanneer iedereen dezelfde adviseurs raadpleegt, hebben deze een grote invloed op de beslissingen die worden genomen. Iets dergelijks zou ook kunnen optreden bij grootschalig gebruik van kennissystemen. Daarbij zullen de bedrijven die als eerste deze systemen gebruiken, de toon aangeven.

Wanneer juridische adviesbureaus alle dezelfde adviessystemen en gegevensbanken gebruiken, kunnen deze tot de facto jurisprudentie worden, met voorbijgaan aan wat niet in deze systemen is vastgelegd. Fouten in dergelijke monopoliesystemen kunnen lang onopgemerkt blijven [67].

*Wordt de mens afhankelijk van de computer?*

Menselijke kennis is nooit in al zijn facetten reproduceerbaar. Mensen zijn in staat te leren en hun kennis te ontwikkelen in een veranderende omgeving.

Kennis in een kennissysteem daarentegen is statisch, zolang er nog geen lerende systemen zijn. Dergelijke kennis is wel duplicerbaar, maar voor het juiste gebruik blijven mensen nodig.

Daarmee is niet gezegd dat iedereen daar steeds bij betrokken zal zijn. Wanneer informatie en kennis door een druk op de knop beschikbaar zijn, ligt het voor de hand dat vaardigheid op de betreffende gebieden bij sommigen zal verdwijnen. Het aantal mensen dat van dergelijke domeinen meer weet dan de computer zou kunnen afnemen. Scholieren die gewend zijn rekenmachines te gebruiken, verwaarlozen hun hoofdrekenvaardigheid. Is de batterij op, dan wordt er niet meer gerekend. Dit gevaar dreigt uiteraard ook bij adviessystemen die bij besluitvorming worden gebruikt.

De beschikbaarheid van kant en klare kennis kan remmend werken op de ontwikkeling van eigen kennis. Kennis die kan worden vastgelegd in kennissystemen en kan worden vermenigvuldigd, gaat een belangrijke rol spelen. Het oude motto 'Kennis is macht' krijgt een nieuwe betekenis.

Een deskundige van Carnegie-Mellon University vergeleek de opkomst van computernetwerken met de opkomst van de lopende band [25]. Universiteiten worden daarmee tot fabrieken, waar aan de lopende band kennis wordt geproduceerd. Bij het gehalte van deze kennis wordt in dergelijke beschouwingen meestal niet stilgestaan.

#### 4.4 De Nederlandse situatie

##### *Gefaseerde verspreiding*

De overwegingen in de vorige paragrafen van dit hoofdstuk zijn niet gebonden aan bepaalde landen. Maar er zijn wel degelijk verschillen tussen de ontwikkelingen in Nederland en die in andere landen. Een goede manier om daarvan een indruk te krijgen, is bestudering van de betrokken organisaties en personen en de dynamiek van hun interacties. Daarbij kan de theorie van de gefaseerde verspreiding van vernieuwingen [71] een model bieden om de ontwikkelingen in kaart te brengen.

Volgens die theorie kan een onderscheid worden gemaakt tussen fundamentele onderzoekers, pioniers, vroege volgers en latere volgers. In Nederland werkten en werken de fundamentele onderzoekers op AI-gebied veelal in universitaire en andere onderzoekcentra zoals het Natuurkundig Laboratorium van Philips, het Koninklijke Shell Exploratie en Productie Laboratorium en de researchafdeling van BSO. Tot de pioniers, die expertsystemen uit de laboratoria naar de markt brengen, behoren in Nederland onder andere Van Lith (Lithp Systems) en Esmeijer (AITTB).

De overheid stuurde in de periode 1982-1985 diverse commissies op onderzoek uit, wat onder andere resulteerde in aanloop- en stimuleringsubsidies en oprichting van een nationaal steunpunt. Dit laatste, het Research Instituut voor Kennis Systemen (RIKS), moest echter meer dan een jaar wachten op een vestigingsplaats en een rechtsvorm en nog langer op personeel.

De vroege volgers zijn vooral te vinden in de Werkgroep Expertsystemen Asi (opgericht in 1985). Zij werken bij grote bedrijven en instellingen en diverse universitaire instituten. Daarnaast spelen diverse leveranciers een rol, zowel de bekende grote leveranciers van apparatuur (DEC, Texas Instruments, Sperry) als de meestal kleinere leveranciers van programmatuur voor de ontwikkeling van kennis-systemen. Aanvankelijk ontstonden die bedrijven vooral in de periferie van onderzoekcentra. Later kwamen er ook puur commerciële importeurs en leveranciers. Omdat de Nederlandse markt voor veel buitenlandse bedrijven niet echt interessant is in vergelijking met de Verenigde Staten of Japan, was er in Nederland ruimte voor lokale initiatieven. Tussen 1982 en 1987 werden diverse AI-bedrijfjes opgericht en breidden verscheidene oudere bedrijven hun werkterrein uit met 'expertsystemen'. Een overzicht van deze bedrijven en hun produkten is te vinden in het eerste Jaarboek van de Werkgroep Expertsystemen [72].

Ook IBM bemoeide zich in 1986 met de markt, zij het aanvankelijk zeer aarzelend. In automatiseringsland is de houding van de grootste

fabrikant, IBM, toonaangevend. Veel potentiële klanten wachten met investeringen in nieuwe ontwikkelingen tot IBM zich op zo'n gebied manifesteert. Tot 1986 nam IBM meestal een kritisch standpunt in over AI en kennissystemen [73]. Na 1986 werden echter ook in IBM-kringen steeds optimistischer geluiden hoorbaar [74].

1986 was een jaar van doorbraak. In dat jaar had voor het eerst een Nederlands symposium over expertsystemen meer dan 450 bezoekers ('Expertsystemen in de praktijk', Apeldoorn, 3 juni 1986, georganiseerd door STT), tweemaal zoveel als tot dan toe gebruikelijk.

Leveranciers, universiteiten en gebruikers sloegen de handen ineen en vroegen gezamenlijk overheidssubsidie (Spin, Esprit, Eureka) aan voor de ontwikkeling van kennissystemen. Anderen probeerden het op eigen kracht of zochten hun heil in het buitenland. Er ontstonden scholen, die elkaar bestreden over de beste methode van kennisverwerving of de ideale taal. Er werden tientallen studenten op pad gestuurd om inventarisaties te maken. Sommige onderzoekers werden zo vaak ondervraagd en voor lezingen uitgenodigd, dat ze niet meer aan werken toekwamen.

Diverse personen en instanties probeerden expertsystemen in te lijven bij hun eigen specialisme. Onder leuzen als 'dat deden wij twintig jaar geleden ook al', 'ik heb tien jaar geleden al gezegd ...' en 'expertsystemen zijn gewoon een vorm van ....' probeerden gevestigde belangen de mogelijke betekenis en de veronderstelde nieuwheid van kennissystemen te kleineren en eventuele successen en markten te annexeren. Rond 1986 kwamen er ook bedrijven die de markt betraden met opleidingen en advisering of eventueel met systeemontwikkeling in opdracht van klanten. Er ontstond een wildgroei van goedkope 'expert system shells' en inleidende cursussen en symposia. In 1987 werden er zelfs cursussen aangekondigd met een prijskaartje van vele tienduizenden guldens. Cynici zeiden dat er maar tien mensen in Nederland waren die wisten waar het om ging en dat de meeste docenten onvoldoende ervaring hadden om vragen van cursisten te beantwoorden.

Na aanvankelijke optimistische verhalen in de vakpers, veelal rechtstreeks overgenomen uit brochures van leveranciers of buitenlandse bronnen, kwamen er in 1986 ook steeds meer kritische geluiden. Deels als reactie, deels uit bezorgdheid dat de markt bedorven zou raken door de teleurstellingen die ongetwijfeld zouden volgen op het aanvankelijke ongefundeerde optimisme. De teneur van de meeste artikelen was: 'expertsystemen bouwen is niet zo eenvoudig als anderen doen geloven, maar de daarbij gebruikte techniek is ook nuttig voor andere toepassingen, die binnen afzienbare tijd kunnen worden gerealiseerd'. De nadruk verschoof langzaam van expertsystemen naar kennistechniek. Oorspronkelijk onder dezelfde, inmid-

dels ingeburgerde naam, expertsystemen, later ook als kennissystemen en kennistechnologie. In diezelfde periode verschenen ook in de populaire media de eerste berichten over AI, intelligente robots en expertsystemen. Er was geen symposium over techniek of er waren wel lezingen over expertsystemen. De leveranciers en de onderzoekers beloofden nog steeds meer dan ze konden waarmaken. Expertsystemen werden voorpaginanieuws (NRC/Handelsblad 30 juni 1986), maar praktische toepassingen bleven schaars [72].

### *Experimenten en verwachtingen*

Om de boot niet helemaal te missen, besloten vele Nederlandse bedrijven tussen 1984 en 1986 tot experimenten met goedkope middelen: microcomputers, kleine lege systemen en stagiaires van HTS en universiteit. Deze afwachtende houding en de keuze van te beperkte gereedschappen leidden tot teleurstellingen en zeer matige vorderingen. De microcomputers werden weliswaar goedkoper en krachtiger, maar in 1987 konden zij zich nog lang niet meten met bijvoorbeeld een echte Lisp-machine (zie Bijlage C). Ook de taalstrijd (Lisp, Prolog of nog iets anders?) leidde de aandacht af van de werkelijke problemen.

Op vele nationale en internationale symposia en conferenties en in de Werkgroep Expertsystemen wisselden de betrokkenen regelmatig ervaringen uit. De nieuwsbrief van de Werkgroep groeide in 1986/87 uit tot een eigen Nederlandstalig tijdschrift voor de praktijk van kennistechnologie: Kennissystemen [115].

In het symposiumcircuit diende zich een tweede generatie sprekers aan. Daartoe behoorden degenen die in Nederland zelf ervaring hadden opgedaan en zich niet meer hoefden te beroepen op buitenlandse bronnen. Naast techniek kregen ook organisatorische aspecten de aandacht. Na de onderzoekers werden de managers een belangrijke doelgroep. Zij zijn het immers die de investeringen moeten doen.

Er was in Nederland slechts een gering aantal bedrijven dat meteen fors in kennistechniek investeerde. Anders dan in de Verenigde Staten waren in Nederland de Lisp-machines (anno 1987) geconcentreerd bij een handjevol bedrijven en instellingen. Anderen werkten op werkstations en minicomputers. De meerderheid gebruikte echter goedkope microcomputers.

Nederlandse managers hadden weinig vertrouwen in de beloften van de AI-goeroes, maar een opinie-onderzoek in 1987 [4] wees uit dat de markt voor kennissystemen in Nederland de stormachtige groei van de Verenigde Staten zou volgen, zij het na grote aarzeling en een vertraging van enkele jaren.

Is het mogelijk met deze gegevens een blik vooruit te werpen op de toekomstige betekenis van kennissystemen? Gezien de stand van de techniek is niet te verwachten dat kennistechniek in korte tijd gemeengoed zal zijn. Daarvoor zijn er nog te weinig systemen in werking gesteld. De investeringen groeien (vooral in het buitenland) weliswaar fors, maar de baten blijken bij nadere analyse niet alleen op het conto van de kennissystemen te kunnen worden geschreven. In Nederland worden wel veel gereedschappen gekocht, maar er zijn slechts weinig bedrijven die na de onderzoekfase ook de stap zetten naar ontwikkeling van systemen die daadwerkelijk zullen worden gebruikt. Als geheel deed Nederland in 1986 en 1987 nog steeds onderzoek naar toepassingsmogelijkheden, zonder tot toepassingen te komen. Ook in de rest van de wereld zijn er in die periode nauwelijks nieuwe systemen in gebruik genomen.

De criteria voor succes van toepassingen zijn nog weinig veranderd ten opzichte van de periode waarin de eerste kennissystemen in de Verenigde Staten werden ontwikkeld. De verwachting dat veel nuttige toepassingen zullen worden gerealiseerd door integratie van kennissystemen in informatiesystemen, maakt het moeilijk voorspellingen te doen over de afzonderlijke toekomstige betekenis van kennissystemen. Gezien de resultaten die in de jaren tot 1987 zijn geboekt en de verwachtingen van de betrokkenen over toekomstige ontwikkelingen, mag worden gesteld dat kennistechniek een belangrijke bijdrage levert aan de gebruiksmogelijkheden van de computer en dat kennissystemen daarin een belangrijke rol spelen en zullen spelen. Deze bijdrage komt echter niet zo snel als men in de eerste helft van de jaren tachtig verwachtte.

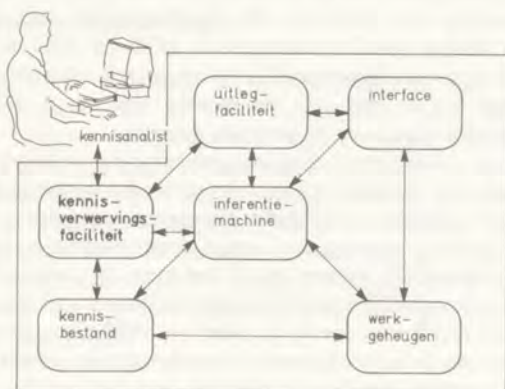
### Aanbevolen literatuur

Meer over gevolgen en beperkingen van kennissystemen is te vinden in [75, 25, 24, 21, 76, 77]. [75] bevat bovendien een uitgebreide bibliografie.



## 5. Ontwikkeling en onderhoud van kennissystemen

### 5.1 Bemanning en probleemkeuze



Afb. 5.1 Ontwikkeling van een kennissysteem.

De samenstelling van een projectgroep voor de ontwikkeling van kennissystemen hangt af van de omvang van het systeem, de complexiteit van het probleemdomein en de tijd waarin men het systeem wil realiseren. Voor de ontwikkeling van een groot kennissysteem is in het algemeen een projectgroep nodig die bestaat uit een projectleider en één of meer kennisanalisten, aangevuld met experts uit het probleemdomein en programmeurs.

Het begrip *kennisanalist* is afgeleid van de in de Engelstalige literatuur gebruikelijke term *knowledge engineer*. Andere benamingen, die in Nederland en Vlaanderen worden gebruikt, zijn kennisingenieur, kennistechnoloog en kenniskundige. Naar analogie met informatie-analisten zijn kennisanalisten degenen die samen met de gebruikers het probleem in kaart brengen (zie afb. 5.1). In aanvulling op de taak van de informatie-analist zorgt de kennisanalist ook voor de verwerving van kennis, bijvoorbeeld door ondervraging van experts.

Ervaren kennisanalisten zijn bedreven in het verwerven en formaliseren van kennis en zijn op de hoogte van de mogelijkheden en beperkingen van de apparatuur en de programmatuur die zij daarbij gebruiken. Beide aspecten, ervaring met kennisverwerving en kennis

van gereedschappen, zijn belangrijk. Zij hoeven echter niet in één persoon verenigd te zijn. Het belangrijkste is dat deze vaardigheden in de projectgroep zijn vertegenwoordigd en goed met elkaar kunnen communiceren.

Waarschijnlijk het meest kritische onderdeel van de ontwikkeling van kennissystemen is de bepaling voor welke probleemgebieden de aanpak met kennistechniek geschikt is. Een verkeerde keuze kan leiden tot mislukking, omdat de beschikbare technieken tijdens de ontwikkeling ontoereikend blijken, of omdat de kosten van een voltooid systeem niet opwegen tegen de baten.

In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de werkwijze bij de ontwikkeling van een eerste kennissysteem. Daarvoor is onderzoek nodig, waarin de kennistechniek centraal staat. Uitgaande van de technische mogelijkheden zoekt men voor het onderzoek een probleemdomain waarin men een eerste prototype kan ontwikkelen (zie 5.5 en Bijlage B). Uiteraard zal men later, wanneer de onderzoekfase is afgesloten, uitgaan van de problemen en niet van de techniek.

In hoofdstuk 2 is reeds vermeld dat men met de ontwikkeling van kennissystemen streeft naar de toepassing van computers voor de oplossing van problemen die niet goed te structureren zijn. Kennissystemen zijn niet bedoeld als vervanging van statistische, boekhoudkundige of technische rekenprogramma's. Goed gestructureerde problemen waarvan de oplossing in een algoritme kan worden vastgelegd, zullen het beste met traditionele programmatuur kunnen worden opgelost, tenzij het niet mogelijk is daarvoor meteen voldoende specificaties op te stellen. Maar ook in dergelijke gevallen zal de ontwikkeling van een kennissysteem meestal ophouden zodra er een werkend prototype is dat kan dienen als uitgangspunt bij verdere ontwikkeling met meer traditionele methoden.

Kennissystemen zullen vooralsnog ontoereikend zijn voor problemen die de mens vooral intuïtief oplost, of voor problemen waarvan de oplossingen zijn gebaseerd op de toepassing van gezond verstand of persoonlijke relaties. Bovendien is het van belang dat kennis en gegevens in voldoende mate beschikbaar zijn en expliciet kunnen worden gemaakt. Meer hierover is te vinden in Bijlage B.

Bij het bezien of een probleemdomain met kennistechniek kan worden benaderd zullen ook de beschikbare middelen een belangrijke rol spelen. Hierbij moet niet alleen worden gedacht aan de middelen voor de ontwikkeling van de systemen, maar ook aan de middelen waarover men bij het praktisch gebruik van de systemen kan beschikken. Een kennissysteem kan niet worden toegepast wanneer het probleemdomain krachtige apparatuur vergt en er slechts computers met beperkte capaciteit beschikbaar zijn.

In veel recente projecten wordt geanticipeerd op de uitkomsten van onderzoek (o.a. in Espritprojecten) en nieuwe ontwikkelingen op het gebied van processoren en architecturen van microcomputers. De resultaten hiervan, betaalbare persoonlijke werkstations voor ontwikkeling en gebruik, worden rond 1990 verwacht.

## 5.2 Kennisbronnen en kennisverwerving

### *Kennisbronnen*

Geschreven kennis zal in veel gevallen onvoldoende zijn voor de ontwikkeling van een kennissysteem. De vaardigheid met de schriftelijk vastgelegde kennis om te gaan, is onmisbaar. Veel praktijkkennis is echter niet beschikbaar in geschreven vorm. De kennisanalist moet deze kennis afleiden uit de antwoorden die experts en gebruikers op zijn vragen geven, uit analyse van hun handelingen bij het oplossen van problemen en uit analyse van hun reactie op voorgelegde modellen en prototypen. Van het systeem uit gezien, is kennisverwerving te beschouwen als het leren van nieuwe kennis. Dit gaat volgens principes die deels ook bij mensen opgaan:

- door experimenteren en ontdekken
- uit praktijkvoorbeelden en gestructureerd en geselecteerd lesmateriaal
- door imitatie, oefening en uit het hoofd leren
- door programmering.

Kennissystemen die leren door experimenteren komen alleen nog in laboratoria voor. Het is namelijk niet mogelijk te voorspellen in hoeveel tijd een dergelijk systeem iets nuttigs zal ontdekken, zodat gebruik in de praktijk voorlopig weinig zin heeft. Leren uit praktijkvoorbeelden, ook wel bekend als inductie, wordt verderop in deze paragraaf behandeld. Leren door imitatie wordt toegepast bij de programmering van robots en valt buiten het kader van deze publikatie.

Leren door programmering gaat uiteraard niet op voor mensen en is een van de bronnen van verwarring over de term kunstmatige intelligentie. Wel is deze methode de meest gangbare voor kennissystemen.

Het afleiden van de kennis die experts hanteren bij het oplossen van problemen is een moeizaam proces. Naarmate experts meer competent zijn, zijn zij vaak minder in staat de kennis te beschrijven die zij bij het oplossen van problemen gebruiken [12]. De expert zal een deel van de theoretische en feitenkennis die aan zijn handelingen ten grondslag

liggen, zijn vergeten. In vele gevallen is er helemaal geen formele kennis, maar is het handelen gebaseerd op door ervaring verworven intuïtie.

Vaak wordt als kenmerkende eigenschap van experts gezegd, dat zij niet redeneren, maar weten. Soms blijkt dat de expert verkeerde veronderstellingen heeft over zijn eigen denkproces. In de praktijk is gebleken dat experts die betrokken zijn geweest bij de vastlegging van hun kennis in kennissystemen, door dit proces ook zelf beter inzicht hebben gekregen in hun eigen kennis.

De dochter van een kennisanalist vraagt haar oma: 'Oma, hoe bak je toch zulke lekkere appeltaarten?'

Oma antwoordt, na enig gepeins: 'Ik ga naar de keuken, dan was ik mijn handen, vervolgens doe ik een schoon schort aan, en dan bak ik een lekkere appeltaart.'

In sommige gevallen speelt de expert daarom niet de rol van voornaamste kennisbron, maar die van referent. Hij voegt zijn kennis toe door kritische beoordeling van modellen en prototypen. Het doel is hierbij niet de vastlegging van zoveel mogelijk expertkennis, maar de ontwikkeling van een systeem dat de toets der kritiek kan doorstaan. Onder experts worden in dit geval ook specialisten gerekend, die het systeem toetsen en beoordelen zoals zij ook een collega, adviseur of medewerker zouden beoordelen. Deze aanpak biedt plaats voor inbreng van toekomstige gebruikers en wordt daarom ook steeds meer in de traditionele systeemontwikkeling toegepast.

In de praktijk blijkt dat de wijze waarop kennis aan de expert wordt ontlokt voor een deel wordt bepaald door voorkeuren en karaktereigenschappen van kennisanalist en expert. Kunnen zij het goed met elkaar vinden, dan worden ook informele methoden toegepast. Volgens sommige auteurs is de voornaamste taak van de kennisanalist het enthousiasmeren van de expert, die immers zelden de initiatiefnemer is van de ontwikkeling van een systeem dat zal beschikken over zijn kennis. Soms echter raakt de expert al doende gemotiveerd en vindt er zelfs een competitie plaats tussen expert en systeem, totdat het systeem voldoende competentie heeft bereikt.

Vaak wordt gekozen voor een combinatie van systematische ondervraging, observatie en hardop denken. Bij het hardop denken wordt de expert gevraagd zelf zijn handelingen te verklaren en de onderliggende gedachten zo goed mogelijk te structureren. Een veel gebruikte techniek is de *protocolanalyse*. Hiermee baseert de kennisanalist zijn analyse op een volledige registratie van de ondervraging, de observatie en de hardop uitgesproken gedachten van de expert.

De problemen bij de reconstructie van expertkennis uit mondelinge informatie vertonen grote overeenkomst met die bij het reconstrueren van een leerlingmodel door een kennisverwerkend onderwijsstelsel [1]. In beide gevallen geeft de mondelinge informatie de denkhandelingen onvolledig weer en kunnen de reconstructie van de onderliggende kennis en de oplossingsstrategie aanleiding geven tot grote combinatorische problemen.

#### *Kennisverwerving en systeemontwikkeling*

Kennisverwerving is een cyclisch proces waarbij het ontlocken van informatie en het daaruit reconstrueren van kennis elkaar afwisselen. Het proces wordt herhaald totdat een bruikbaar model is gemaakt van de wijze waarop problemen in het beschouwde domein moeten worden opgelost.

In Nederland is veel onderzoek gedaan naar verwerving en vastlegging van kennis in kennissystemen. In grote trekken kunnen vier methoden worden onderscheiden. Zij sluiten elkaar niet uit, maar kunnen in combinatie worden gebruikt.

1. Kennisverwerving uit handboeken en andere voorhanden kennis.
2. Snelle ontwikkeling van proefsysteem ('rapid prototyping') in samenwerking met meestal één expert.
3. Analyse van het probleemdomein en van de werkwijzen van experts, gevolgd door specificatie van het te ontwikkelen systeem.
4. Inductie uit voorbeelden van oplossingen en deeloplossingen.

De eerste methode wordt toegepast in technische domeinen (bijvoorbeeld chemie, petrofysica) met een traditie van overdracht van hoogwaardige empirische kennis door protocollen en handboeken. Daarbij ligt de nadruk op de vastgelegde kennis en niet op de experts die deze kennis hebben vastgelegd.

De tweede methode wordt veel toegepast in de Verenigde Staten, ook bij de ontwikkeling van 'gewone' informatiesystemen. Het systeem groeit volgens deze methode in een aantal stappen, tot deskundigen en ontwikkelaars het eens zijn over juistheid en robuustheid.

De derde methode is vooral gebaseerd op het werk van de Nederlandse onderzoekers Wielinga en Breuker van de Universiteit van Amsterdam [78]. Aangezien er nog geen technieken en gereedschappen zijn die deze methode (Knowledge Acquisition and Documentation System) ondersteunen, zijn er nog niet veel systeemontwikkelaars die deze methode als enige hanteren. Wel komen veel combinaties voor met de tweede methode. Deze wordt daartoe voorafgegaan door zorgvuldige protocolanalyse.

De vierde methode is afkomstig van Michie van het Turing Institute te

Glasgow. Deze gaat uit van de veronderstelling dat 'intelligente' gereedschappen in staat zijn kennis af te leiden uit geselecteerde voorbeelden. Tot nu toe heeft deze methode als nadeel dat menselijke deskundigen weinig inzicht kunnen verkrijgen in de door de gereedschappen geïnduceerde kennisregels, zodat latere verfijning door mensen niet goed mogelijk is.

De Werkgroep Expertsystemen heeft de laatste drie methoden vergeleken en daarover een rapport uitgebracht [79]. Ook in [80] worden methoden vergeleken.

Bij de ontwikkeling van kennissystemen volgens de tweede methode (de meest gehanteerde) worden prototypen, proefversies van het uiteindelijke systeem, ontworpen en gebouwd voordat de analyse van het domein is voltooid. Men gaat daarbij uit van de veronderstelling dat het experimenteren met prototypen bij uitstek geschikt is om snel inzicht te krijgen in problemen en oplossingsstrategieën. Bovendien stellen de voorstanders van deze aanpak dat de opdrachtgever of de toekomstige gebruiker in een vroeg stadium inzicht krijgt in de werking van het systeem. Dat is bevorderlijk voor een goede communicatie tussen de betrokkenen.

Bij toepassing van deze methode bestaat echter de kans dat de kennisanalist oplossingsstrategieën over het hoofd ziet. Daarom worden volgens de derde methode problemen en redeneringsstrategieën volledig geanalyseerd, voordat men begint aan ontwerp en ontwikkeling van het kennissysteem. Het interpretatiemodel van het domein wordt gedurende de analysefase verfijnd tot het voldoende compleet en robuust is om als uitgangspunt te dienen voor de ontwikkeling van het kennissysteem.

In de praktijk zal meestal een tussenweg worden bewandeld. Volledige analyse is vaak niet mogelijk. Andersom biedt in veel gevallen het eerste prototype geen volledige afspiegeling van de functionaliteit van het uiteindelijke systeem, maar dient het veeleer als bewijs van de juistheid van de onderliggende ideeën en concepten. De inbreng van experts bestaat in dit stadium uit het wegwijs maken van de kennisanalisten in de literatuur en in de problemen van het domein. Volgens deze gecombineerde methode wordt in eerste instantie het probleem in kaart gebracht en gemodelleerd, waarbij pas in tweede instantie aandacht wordt besteed aan oplossingsmethoden. Het zal duidelijk zijn dat de nadruk bij deze aanpak niet ligt op de vastlegging van zoveel mogelijk kennis van een expert. Veeleer gaat het om de constructie van een krachtig model van het probleemdomein. Pas wanneer het domein in een model is vastgelegd, wordt eventueel een expert te hulp geroepen om het model uit te breiden met heuristische kennisregels. Een systeem dat op zo'n model is gebaseerd, kan

gemakkelijker worden uitgebreid dan een sterk op oplossing gericht systeem. Wanneer het onderliggende model van het probleem compleet genoeg is, kan het ook dienen als diepe kennis waarop voor uitleg kan worden teruggevallen.

### 5.3 Keuze van gereedschappen

De programmatuur waarover de ontwerper van een kennissysteem kan beschikken, varieert van programmeertalen tot ontwikkelomgevingen en voorgeprogrammeerde bouwstenen. De groeiende belangstelling voor de praktische toepassing van kennissystemen heeft de ontwikkeling van commerciële gereedschappen sterk gestimuleerd (zie Bijlage C). Sommige ontwikkelomgevingen beschikken over hulpmiddelen voor het opsporen van fouten, het genereren van programmatuur enz. Deze voorgeprogrammeerde faciliteiten kunnen de kennisanalist ontlasten en maken het mogelijk dat minder ervaren ontwerpers toch een kennissysteem kunnen ontwikkelen. Hier staat tegenover dat als de werking en de structuur meer zijn vastgelegd, het aantal toepassingen waarvoor het gereedschap in aanmerking komt, afneemt.

Eenvoudige kennissystemen kunnen worden ontwikkeld met behulp van 'lege kennissystemen' ('empty shells'), waarin alle componenten zijn voorgeprogrammeerd behalve het kennisbestand (zie 2.4). Lege systemen hebben capaciteit voor een beperkte hoeveelheid kennis. Dergelijke gereedschappen kunnen uitkomst bieden indien de nodige kennis eenvoudig te verwerven is. De bruikbaarheid van lege systemen is echter beperkt, omdat problemen van enige complexiteit al gauw een afwijking van de 'ingebakken' inferentiestrategie vereisen en er dus kennis van de kennistechniek nodig is om deze afwijkingen te kunnen realiseren. De meeste lege systemen bieden daartoe echter nauwelijks aanknopingspunten.

De huidige gereedschappen zijn nog niet zo ver ontwikkeld dat voor het maken van complexe systemen de inbreng van programmeurs overbodig is geworden. In de meeste projectgroepen functioneren een of meer ervaren Lisp- of Prolog-programmeurs die specifieke componenten op maat maken. Voor een deel betreft dit componenten die alleen een functie hebben tijdens de systeemontwikkeling, andere zijn bestemd voor de eindgebruiker. Een groot aantal van de eerste soort componenten, waaronder diverse hulpmiddelen en bouwstenen, is geïntegreerd in de systeemontwikkelingsomgevingen die momenteel te koop zijn (zie Bijlage C). Maar voor het echte maatwerk blijven voorlopig programmeurs nodig.

Er zijn drie werkwijzen voor de ontwikkeling van kennissystemen, afhankelijk van de keuze van het gereedschap. De eerste aanpak gaat uit van de beste, duurste en krachtigste gereedschappen. Voor de bediening zijn goed opgeleide mensen nodig. Deze aanpak kost veel geld voor investering in apparatuur, programmatuur en opleiding van de mensen die de gereedschappen moeten gebruiken. Omdat deze gereedschappen voortdurend worden vernieuwd en uitgebreid, is goede ondersteuning door de leverancier noodzakelijk. Bij deze werkwijze is het dus van groot belang na zorgvuldige oriëntatie de juiste leverancier te kiezen. Vooral grote bedrijven kiezen deze aanpak, waarbij hun ervaring met de gereedschappen waardevolle informatie voor de leverancier oplevert voor toekomstige uitbreidingen.

Het andere uiterste is de goedkope aanpak. Daarbij wordt gebruik gemaakt van massaproducten, zoals microcomputers en lege systemen en van stagiaires van HTS of universiteit. Op deze manier worden veelal in korte tijd 'wegwerpsystemen' gebouwd, die na gebruik niet worden onderhouden, maar afgeschaft en al dan niet vervangen. Voordeel van deze methode zijn de relatief lage initiële kosten en de korte ontwikkelingstijd, waarbij het niet onoverkomelijk is als de ontwikkeling niet succesvol kan worden afgesloten.

De tussenweg maakt gebruik van gangbare technische werkstations zoals voor 'computer aided design' worden gebruikt en zorgvuldig geselecteerde programmatuurhulpmiddelen. In Nederland wordt deze aanpak steeds meer gebruikt.

## 5.4 Modaliteit, integratie en toepasbaarheid

### *Modaliteit*

De *modaliteit* van een kennissysteem is de verschijningsvorm, die samenhangt met de wijze waarop het systeem in een bepaalde omgeving moet functioneren. De modaliteit bepaalt hoe het systeem zich presenteert aan de gebruiker, de faciliteiten die worden geboden en de rol die het systeem daarbij speelt. Het belangrijkste aspect van de modaliteit is de wijze waarop het kennissysteem de gebruiker ondersteunt. Deze rol, bijvoorbeeld adviseur of assistent, wordt vaak gebruikt in de benaming adviessysteem, intelligente assistent enz. Heeft het systeem de modaliteit van assistent, dan is het bedoeld te worden ingezet om deskundige gebruikers te ontlasten van routineproblemen. Adviessystemen daarentegen worden juist ingezet als steun bij moeilijke gevallen.

Behalve als collega of assistent kan het kennissysteem ook optreden als docent of coach. De keuze van een bepaalde modaliteit heeft



gevolgen voor de diepgang en de reikwijdte van de kennis in het systeem, de oplossingsstrategie en de wijze van communicatie met de gebruiker.

Van groot belang bij de ontwikkeling van een kennisstelsel is de keuze van het moment waarop het systeem de gebruiker in het proces van probleemoplossing moet ondersteunen. In sommige situaties zal het systeem al eerder dan de gebruiker met het probleem bezig zijn, bijvoorbeeld bij de besturing van continue processen. In andere gevallen roept de gebruiker het systeem pas te hulp wanneer hij er zelf niet meer uit komt. Bij diagnostische problemen is in het begin het aantal mogelijkheden zeer groot. Daarbij kan een oppervlakkig kennisstelsel met een grote reikwijdte en een beperkte diepgang, goede ondersteuning bieden bij de nadere inperking van de mogelijke oorzaken. Wanneer eenmaal een diagnose is gesteld, is een diepere analyse nodig van de gevolgen van mogelijke therapieën of reparaties. Dan is er behoefte aan een systeem met een grote diepgang en een beperkte reikwijdte, bijvoorbeeld een systeem dat 'alles' afweet van een bepaald soort storingen. Bepaling van het moment van ondersteuning dient te gebeuren in nauw overleg met de toekomstige gebruikers, waarbij wordt onderzocht hoe deze het probleem zonder en met systeem (zouden) oplossen.

Er kunnen vijf modaliteiten worden onderscheiden, namelijk die waarbij het kennisstelsel de rol speelt van docent, adviseur met de competentie van een expert, collega of adviseur, assistent en tenslotte 'goeroe'.

Docentsystemen zijn het moeilijkst te ontwikkelen, omdat daarin een aantal onafhankelijke kennisbronnen moet samenwerken. Sommige hiervan, zoals het leerlingenmodel, zullen tijdens het gebruik bovendien zelfstandig kennis moeten verwerven. Dit leervermogen is in de meeste huidige systemen slechts rudimentair aanwezig [1].

Expertsystemen die hun gebruiker advies geven op het niveau van echte experts en ook in staat moeten zijn tot het geven van uitleg op een manier zoals een expert dat kan, hebben daarvoor ook een aantal kennisbronnen nodig. Behalve de oppervlakkige kennis die wordt gebruikt voor probleemoplossing, is diepe kennis nodig voor uitleg. Omdat die diepe kennis in de meeste huidige expertsystemen ontbreekt, wordt in AI-laboratoria van veel universiteiten en onderzoeksinstituten gewerkt aan een tweede generatie, die minder beperkingen moet hebben dan de huidige (zie hoofdstuk 2).

Adviessystemen hoeven niet noodzakelijk op het niveau van een expert te functioneren. Ze kunnen worden gebruikt om oplossingen van de gebruiker kritisch te beoordelen, als hulp bij het structureren van problemen en bij de evaluatie van alternatieve oplossingen. Ook kunnen deze systemen de rol spelen van een collega, bijvoorbeeld een

specialist in een verwant domein, die niet de competentie hoeft te hebben van een expert, omdat zijn domein slechts zijdelings van belang is voor het probleem.

Assistentsystemen zijn te vergelijken met traditionele beslissingsondersteunende systemen, die de gebruiker bij een beslissingsproces stap voor stap helpen door de uitvoering van goed omschreven taken. Ook voorzetsystemen voor natuurlijke taal, kennissystemen als ingebouwde gebruiksaanwijzing in apparaten en 'intelligente' hulpsystemen hebben een dergelijke ondersteunende modaliteit.

De vijfde modaliteit kan in uitzonderlijke gevallen uitkomst bieden. Daarin speelt het kennissysteem de rol van goeroe, de absolute expert die slechts door ingewijden kan worden geconsulteerd. Deze modaliteit plaatst het systeem buiten de organisatie, zodat deze niet ingrijpend hoeft te worden veranderd. Het systeem kan worden geraadpleegd zoals dat gebeurt bij een externe adviseur. Ook kan een afzonderlijke organisatie in het leven worden geroepen, die het goeroesysteem afschermt van de vragenstellers en functioneert als organisatorisch tussenpersoon. Uiteraard dient de competentie van goeroesystemen wel superieur te zijn. Deze kan echter voor een deel voortkomen uit de organisatie en werkwijzen om het systeem heen. Bij deze modaliteit gaat het niet zozeer om de competentie van het systeem, als wel om de manier waarop de directe gebruikers het toepassen.

De huidige techniek is vooral geschikt voor de ontwikkeling van kennissystemen die worden ingezet als assistent of adviserende collega. Ook de modaliteit van expertsysteem is realiseerbaar, maar dan vooral in zeer beperkte domeinen, waar weinig eisen worden gesteld aan uitlegfaciliteiten.

#### *Integratie met andere systemen*

Als een kennissysteem wordt ontwikkeld om niet-deskundigen te ondersteunen, kan de ontwerper zich niet beperken tot de wijze waarop een expert de problemen oplost, maar moet hij zich ook verdiepen in de wijze waarop de gebruikers problemen oplossen zonder kennissysteem. Daarnaast is het van belang dat de praktijkomgeving in het ontwerp wordt betrokken. Deze kan sterk verschillen van de laboratoriumomgeving waarin het systeem in eerste instantie wordt ontwikkeld. Deze overweging heeft ook geleid tot toepassingen van kennistechniek waarbij niet de ontwikkeling van kennissystemen voorop staat, maar die van gebruikersvriendelijke voorzetsystemen en informatiesystemen, waarin kennissystemen zijn geïntegreerd. Uit deze integratie van kennis- en informatietechniek wordt een groot aantal toepassingen verwacht.

*Validiteit en toepasbaarheid*

Voordat een systeem in gebruik wordt genomen, dient het zorgvuldig te worden beproefd. Meestal wordt het pas vrijgegeven als het een groot aantal praktijkgevallen goed heeft opgelost. Toch is een dergelijke beproeving niet voldoende. Nadat een kennissysteem zijn uiteindelijke omvang heeft bereikt, is het vaak niet meer zo overzichtelijk en begrijpelijk dat de juistheid eenvoudig kan worden aangetoond.

Het aantonen van de validiteit is echter essentieel, zeker als het kennissysteem moet kunnen worden ingezet bij problemen waarvoor mensen nog geen oplossing hebben gevonden en waarmee geen gedocumenteerde praktijkervaring bestaat. Goed ontwerp en ontwikkeling volgens strikte richtlijnen dienen dan te worden aangevuld met controles achteraf.

Uit de traditionele automatisering is bekend dat alleen eenvoudige programmatuur zich leent voor wiskundige bewijzen van correctheid. Controle achteraf kan daarom nooit alle fouten opsporen. Worden bij de beproeving van een kennissysteem fouten geconstateerd, dan ontbreken meestal de gereedschappen om aan te geven of deze voortkomen uit een fout in het model of uit een programmeerfout. Voor controle achteraf is bovendien een gedetailleerde beschrijving van het systeem nodig, waaraan de uiteindelijke werking kan worden getoetst. Een dergelijke gedetailleerde specificatie wordt niet altijd opgesteld. Zeker wanneer een systeem bij stukjes en beetjes wordt ontwikkeld, wordt in de praktijk weinig aandacht besteed aan de documentatie van de werking.

Bij begeleide ontwikkeling, waarbij programmeerfouten tijdig worden ontdekt, wordt onder andere gebruik gemaakt van automatisch programmeren. Die mogelijkheid is in de meeste ontwikkelomgevingen ingebouwd. Ontwerpfouten zijn hiermee echter niet uit te sluiten.

Behalve het vaststellen van de validiteit is ook de toepasbaarheid van het kennissysteem een probleem. Het domein waarin een kennisstelsel kan worden toegepast, is per definitie begrensd. Vaak berust de kennis over deze begrenzingen alleen bij de ontwerper. Het is nog niet goed mogelijk dergelijke metakennis in het systeem zelf onder te brengen.

Er wordt veel onderzoek gedaan naar methoden voor het geleidelijk doen afnemen van de competentie van een kennissysteem aan de grenzen van zijn domein ('graceful degradation'), maar hiervoor bestaan nog geen standaardoplossingen. Kennis over de toepasbaarheid van een systeem dient dus te worden overgedragen op de gebruiker, opdat deze het systeem niet toepast in domeinen waarvoor het niet geschikt is.

## 5.5 Vier ontwikkelingsfasen

De ontwikkeling en invoering van kennissystemen in een bedrijf geschiedt in vier fasen:

*Oriëntatie.* Kennismaking met AI, kennistechniek en kennissystemen.

*Onderzoek.* Organisatie-onderzoek en haalbaarheidsstudies. Keuze van een geschikt probleem domein en planning van activiteiten. Het opsporen en kiezen van kennisbronnen, analyse van het probleem domein, keuze van kennisrepresentatie (structuur, model) en keuze van gereedschappen voor de ontwikkeling van een demonstratieprototype.

*Ontwikkeling.* In deze fase vindt de eigenlijke ontwikkeling van het kennissysteem plaats. Daarbij gaat het om een systeem dat echt zal worden gebruikt. Daartoe wordt het demonstratieprototype uitgebreid tot, of vervangen door een compleet systeem. Van groot belang in deze fase is een praktijkproef van het complete systeem onder werkelijke gebruiksomstandigheden.

*Onderhoud.* Na invoering van het uiteindelijke systeem dient het te worden onderhouden. De kennis mag niet verouderen en ook andere aspecten die de bruikbaarheid kunnen beperken, dienen te worden herzien.

Aangezien het gaat om niet of slecht gestructureerde problemen, is het niet mogelijk, zoals bij traditionele informatiesystemen, analyse en ontwerp strikt gescheiden uit te voeren. Veeleer ligt een incrementele aanpak voor de hand, waarbij stukjes en beetjes van het domein aan deze activiteiten worden onderworpen. Daarbij vindt invoering in eerste instantie plaats in een laboratoriumomgeving. Zodra het laboratoriumprototype van het kennissysteem voldoende is ontwikkeld, kan het in de praktijk worden beproefd. Aan het einde van de ontwikkelingsfase wordt alles op maat gemaakt en wordt de apparatuur definitief gekozen. De onderhoudsfase wordt in 5.6 apart behandeld.

Bij deze indeling is uitgegaan van een levenscyclus, vergelijkbaar met die van informatiesystemen [81]. Een van de grootste verschillen is gelegen in het ontbreken van een strikte grens tussen ontwikkeling en onderhoud. Een kennissysteem is geen statisch geheel. Het dient samen te werken met mensen en machines en mee te veranderen wanneer deze veranderen. Zolang het leervermogen van kennissystemen nog niet vergelijkbaar is met dat van mensen, zal hun kennis om de zoveel tijd moeten worden geactualiseerd. Verder is het voor goede samenwerking met mensen essentieel dat het systeem kan worden afgestemd en aangepast volgens de wensen van de gebruiker. Zolang er nog geen algemeen geldige methode voor de ontwikkeling

van kennissystemen is, bieden de beproefde methoden voor de ontwikkeling van informatiesystemen een redelijk uitgangspunt. Zeker wanneer de verwachte integratie van kennis- en informatietechniek doorzet, zullen ook de ontwerpmethoden worden geïntegreerd. Daarmee zal de behoefte aan een afzonderlijke methode voor de ontwikkeling van kennissystemen verdwijnen. In Bijlage B wordt daarom slechts een aanzet gegeven.

## 5.6 Gebruik en onderhoud

Bij de ontwikkeling van kennissystemen moet rekening worden gehouden met technische en organisatorische aspecten van invoering en gebruik. Kennissystemen vergen vooralsnog een grote computer-capaciteit. Aangezien deze systemen voorlopig vooral zijn bedoeld voor individueel gebruik, is invoering op grote schaal afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende krachtige computers voor persoonlijk gebruik. Wil men op korte termijn tot invoering van kennissystemen overgaan, dan dient de uiteindelijk te gebruiken apparatuur zorgvuldig te worden gekozen.

De hoge ontwikkelingskosten van kennissystemen zijn slechts gerechtvaardigd bij een langjarige gebruiksduur of bij grote baten. Een en ander zal sterk afhangen van de mate waarin de gebruikers het systeem kunnen (laten) aanpassen aan hun eigen specifieke situatie. De gebruiker zal, zeker bij intensief gebruik, na verloop van tijd prijs stellen op de mogelijkheid gebruik te maken van sluiptwegen, afkortingen en aanpassing aan de eigen werkwijze.

Kennissystemen bieden door hun structuur meer mogelijkheden voor aanpassingen dan algoritmische systemen. Daarvoor dienen wel faciliteiten aanwezig te zijn die eenvoudig kunnen worden bediend. Daarom worden bij sommige systemen speciale gereedschappen ontwikkeld, die de gebruiker kan toepassen voor onderhoud en kleine wijzigingen. Dit neemt niet weg dat de gebruiker voor grote aanpassingen een beroep moet kunnen doen op echte kennisanalisten.

Voortdurende aanpassing aan de veranderende werkelijkheid is essentieel voor de langdurige bruikbaarheid van systemen. Aangezien bij ontwikkeling met behulp van prototypen de overgang tussen ontwikkeling en onderhoud geleidelijk verloopt, kunnen sommige hulpmiddelen voor ontwikkeling ook tijdens het onderhoud worden gebruikt, mits ontwikkeling en gebruik plaatsvinden op dezelfde of vergelijkbare apparatuur. Omdat, net als bij conventionele systemen, niet kan worden gegarandeerd dat de oorspronkelijke bouwers ook steeds voor onderhoud beschikbaar zullen zijn, zijn goede documentatie en een begrijpelijke werking belangrijk. Bovendien moet de

mogelijkheid aanwezig zijn de consistentie van de kennis na wijzigingen te onderzoeken. Dit stelt hoge eisen aan alle faciliteiten voor kennisverwerving en systeemontwikkeling.

Een van de problemen bij het onderhoud van kennissystemen is het ontstaan van nieuwe kennis. Mensen kunnen leren uit ervaring, maar dit gebeurt veelal niet in discrete stappen. Zolang er nog geen continue lerende kennissystemen zijn, dient de kennis in kennissystemen periodiek te worden bijgewerkt. Daarbij kan een taak zijn weggelegd voor *kennisbeheerders*, die nieuwe kennis signaleren en de samenhang met aanwezige, reeds in systemen vastgelegde, kennis controleren. Bij systemen die op veel plaatsen worden gebruikt, is het ondoenlijk op alle lokaties deskundigen beschikbaar te houden voor onderhoud en aanpassing. In zo'n situatie dienen de systemen zelf over faciliteiten te beschikken of dient van een centrale afdeling uit regelmatig overleg met de gebruikers te worden gevoerd. Deze situatie is bekend uit de traditionele automatisering.

De wijze van onderhoud wordt bepaald door de mate waarin de gebruiker zelf actief kan of mag zijn. Wanneer de gebruiker het systeem louter als instrument gebruikt, kan niet worden verwacht dat hij een grote rol speelt bij het onderhoud. Wel kan een gebruiker in zo'n situatie signaleren wanneer het systeem uitbreiding of aanpassing behoeft. De kennisbeheerders hebben dan tot taak vast te stellen welke kennis in aanmerking komt om te worden toegevoegd aan het systeem. Het onderhoud zal dan centraal plaatsvinden. Deze werkwijze is vooral geschikt bij systemen met een groot aantal gebruikers, waarbij zo kan worden voorkomen dat er te veel versies van een systeem ontstaan.

Er zijn ook situaties denkbaar waarin de gebruiker een grotere rol krijgt bij het onderhoud. Dit zijn bijvoorbeeld situaties waarin een systeem slechts één gebruiker heeft. Deze kan de beschikking krijgen over faciliteiten waarmee hij kleine wijzigingen zelf kan aanbrengen. In dat geval is periodieke toetsing de voornaamste taak van de kennisbeheerder. Groot onderhoud gebeurt centraal, maar tussentijdse aanpassingen kunnen, mits controleerbaar, decentraal plaatsvinden. De gereedschappen voor decentraal onderhoud dienen faciliteiten te bieden voor vastlegging van aard en moment van de wijzigingen. In de praktijk blijken daarvoor grote hoeveelheden gegevens te moeten worden vastgelegd. Dit vormt een extra drempel voor de ontwikkeling van systemen die zonder tussenkomst van kennisanalisten hun kennis kunnen vermeerderen.

De keuze tussen centraal of decentraal onderhoud is niet alleen afhankelijk van het aantal gebruikers, maar ook van de complexiteit

van het systeem, de beschikbaarheid van specifieke gereedschappen, de kennis van de gebruikers en het beleid van het bedrijf. Om invoerings- en onderhoudsproblemen te voorkomen, leveren de toekomstige gebruikers soms een of meer mensen aan de projectgroep die het systeem ontwikkelt. Deze functioneren als junior-kennisanalist, die al doende wordt opgeleid en later zal zorgen voor beheer en onderhoud van het systeem (zie Bijlage B).

Aangezien er in de praktijk nog weinig kennissystemen worden gebruikt, bestaat er nog weinig ervaring met onderhoud. De toekomst zal uitwijzen of kennissystemen inderdaad gemakkelijker onderhoudbaar zijn dan traditionele informatiesystemen, zoals in literatuur uit de eerste helft van de jaren tachtig [12, 82, 11] wordt beweerd.

---

## 6. De aanpak in de Benelux

### 6.1 Dienstverlening op maat

In de dienstensector behoren de banken tot de eerste bedrijven die onderzoek deden naar de toepasbaarheid van kennistechniek. Daaraan werd uit concurrentie-overwegingen vaak niet veel ruchtbaarheid gegeven. Advies werd ingewonnen bij buitenlandse onderzoeksinstituten en adviesbureaus, zoals SRI International, Carnegie Group en System Designers. Domeinen in de financiële wereld die in eerste instantie in aanmerking lijken te komen, zijn beoordeling van kredietwaardigheid en dienstverlening op maat. In de verzekeringsbranche wordt veel geëxperimenteerd met kennissystemen voor de beoordeling van risico's. Een ander domein in de financiële wereld dat tot de verbeelding spreekt en waarin veel prototypen zijn ontwikkeld, is het beheer van portefeuilles (aandelen, obligaties, goud, opties enz.).

Deels uit concurrentie-overwegingen, deels uit een streven naar doelmatigheid gaan steeds meer financiële instellingen ertoe over hun klanten maatwerk aan te bieden. Daarvoor is kennis nodig over mogelijke componenten van maatwerk, over de wijze van beoordeling van risico's, over de relatie met de klant, over concurrerende producten en diensten enz. Deze marktbenadering komt bij banken tot uiting in de 'personal banker', dat is de bankmedewerker die de klant zelfstandig de meest voorkomende diensten kan leveren zonder al te snel een beroep te hoeven doen op de deskundigheid van het hoofdkantoor. Daartoe moet de bankexpertise voor hem toegankelijk zijn.

Ook in het hoofdkantoor bestaan diverse toepassingsmogelijkheden. De vèrgaande automatisering van de meeste banken maakt de stap naar toepassing van geavanceerde gereedschappen niet zo groot. Kennistechniek kan dan worden ingezet om de gebruikersvriendelijkheid en de toepasbaarheid van al aanwezige systemen te verbeteren. Financiële planning, belastingplanning en complexe analyses zijn voorbeelden van mogelijke toepassingen. Ook de accountant zal kunnen profiteren van kennistechnische gereedschappen, die kunnen helpen bij analyse en controle van financiële gegevens.

Ondanks voor de hand liggende toepassingsmogelijkheden hebben lang niet alle banken gekozen voor grote AI-projecten. Althans,



voorzover bekend. Het is niet uitgesloten dat sommige banken hun kennis liefst voor zichzelf houden en systemen bouwen zonder buitenstaanders daarbij te betrekken. Ondanks het mogelijke risico van te openlijke projecten kwamen reeds in 1985 de NMB Bank en de Belgische Generale Bank in de publiciteit. Hun aanpak wordt in dit hoofdstuk behandeld. De ontwikkelingen bij deze banken zijn toonaangevend en worden door andere banken met argusogen gevolgd. Behalve twee banken, komt in dit hoofdstuk als derde financiële bedrijf de accountantsfirma Klynveld, Kraayenhof en Co. aan de orde.

Een tweede voor de hand liggend toepassingsgebied in de dienstensector is de uitvoering van complexe procedures, bijvoorbeeld de toepassing van bepaalde wetten of de aanvraag van subsidie. In dit hoofdstuk worden de aanpak van de Sectie Informatica en Recht van de VU Amsterdam en die van de Gemeentelijke Sociale Dienst van Amsterdam belicht. De GSD Amsterdam is één van de pioniers in de kennistechniek in Nederland. De samenwerking met de Universiteit van Amsterdam en twee leveranciers stond model voor een aantal latere projecten, ook in geheel andere domeinen.

Ondersteuning met expertsystemen kan advisering door schaarse menselijke experts vervangen. Uit deze overweging heeft Unigro door BSO een expertsysteem laten ontwikkelen dat adviseert bij de keuze van een lokatie voor een nieuwe vestiging. De ontwikkeling van dit systeem wordt eveneens in dit hoofdstuk gepresenteerd.

Andere veelbelovende toepassingsgebieden in de dienstensector zijn telecommunicatie en vervoer. Representanten uit deze sectoren, het Dr. Neherlaboratorium van de PTT (DNL) en het Centrum Voor Informatieverwerking (CVI) van de Nederlandse Spoorwegen beschrijven in dit hoofdstuk hun aanpak en beleid. Vooral het DNL staat in Nederland bekend om zijn ambitieuze projectaanpak.

Ten slotte worden in dit hoofdstuk de Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat en de automatiseringsfirma BSO belicht. Rijkswaterstaat ontwikkelt een systeem waarin typisch Nederlandse kennis over de Zeeuwse onderwateroevers wordt vastgelegd. Het is niet uitgesloten dat deze kennis ook in andere landen toepasbaar blijkt. BSO doet fundamenteel onderzoek en neemt deel aan een aantal Espritprojecten over kennisystemen met natuurlijke taal en projectmanagement. Omdat BSO in Nederland bekend staat als een bedrijf met een brede visie op automatisering, mag ook deze visie in een publikatie als deze niet ontbreken.

In dit hoofdstuk ligt de nadruk op beleid en aanpak van organisaties die relatief vroeg besloten de toepasbaarheid van kennistechniek te

onderzoeken. Hun ervaringen zijn instructief voor de knelpunten en problemen bij de ontwikkeling van kennissystemen en de oplossingen die in de praktijk zijn gevonden. Eén van de grootste problemen is of kennistechniek rijp is voor toepassingen. Een onderzoek van Mackintosh International onder topmensen in de industrie heeft uitgewezen dat er een diepe kloof bestaat tussen betrokkenen en niet-betrokkenen. Wie meedoet, doet goed mee. Wie niet meedoet, heeft meestal geen flauwe notie van de mogelijkheden. In dit hoofdstuk komen alleen betrokkenen aan het woord. Dat betekent niet dat er louter juichverhalen zijn opgenomen. De ervaring van deze organisaties leert dat er zeker toepassingsmogelijkheden zijn, maar dat de ontwikkeling van kennissystemen niet zo eenvoudig is als sommigen beweren. Toch concluderen alle bedrijven dat voortzetting van de projecten vanzelfsprekend is. Sommige doen er zelfs een schepje bovenop, zoals valt te lezen in de beschrijvingen van de toekomstplannen.

De meeste succesvolle projecten worden uitgevoerd in organisaties die voldoen aan twee criteria: een hoge graad van automatisering en een cultuur van onderzoek. Het eerste is karakteristiek voor bepaalde branches, zoals de bank- en verzekeringswereld. Het tweede komt tot uitdrukking in afzonderlijke afdelingen waar onderzoek wordt gedaan naar technische en organisatorische ontwikkelingen. Organisaties die niet voldoen aan één van beide criteria doen er verstandig aan in een haalbaarheidsonderzoek te achterhalen of zij wel toe zijn aan invoering van kennissystemen. Mocht het antwoord positief zijn, dan kunnen ook zij leren van de ervaringen die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd.

## 6.2 NMB Bank

De Nederlandsche Middenstandsbank NV (NMB Bank) is een handelsbank met 11.600 medewerkers, 476 binnenlandse en 31 buitenlandse vestigingen (1985). Het kasverkeer tussen de vestigingen en het hoofdkantoor is sterk geautomatiseerd. In de toekomst zal verdere automatisering van de betaalfunctie plaatsvinden. Een belangrijk deel van de huidige automatisering is gericht op administratieve processen. Veel toepassingen worden verwezenlijkt op personal computers (meer dan 1000). Er wordt naar gestreefd de bankmedewerker vergaand te ondersteunen met de gegevens die hij voor zijn functie nodig heeft.

De stafafdeling Beleidsontwikkeling Technologie houdt zich in opdracht van de Divisie Facilitair Bedrijf bezig met kennissystemen als vernieuwende activiteit. De vaste kern bestaat uit twee medewerkers, aangevuld met externe krachten.

### *Onderzoek naar bruikbare AI-toepassingen*

De eerste belangstelling voor kennissystemen ontstond bij de NMB in de loop van 1983. Al snel lag daarin de nadruk op expertsystemen. Van 1984 af zijn diverse experimenten uitgevoerd en prototypen ontwikkeld om de bruikbaarheid en haalbaarheid van expertsystemen in het bankbedrijf vast te stellen.

De verklaring voor deze belangstelling moet worden gezocht in het streven naar verdere ondersteuning van de medewerker op zijn werkplek. Deze ondersteuning zal vooral bestaan uit gegevens en adviezen die karakteristiek zijn voor de functie en zal betrekking hebben op informatie over produkten, gegevens over de cliënt en zijn bankrekening, verkoopgegevens en gegevens voor de voorbereiding van beslissingen of de uitvoering van besluiten. De complexiteit van de processen die aan deze informatie ten grondslag liggen, vormt een beletsel voor een adequate automatisering met de conventionele technieken. De huidige administratieve en besluitvormende processen beslaan bovendien een belangrijk deel van de kosten van een financiële transactie, bijvoorbeeld het verlenen van een krediet.

Samenvattend zijn de volgende drie factoren van invloed geweest op de besluitvorming over onderzoek naar expertsystemen:

- produktvernieuwing
- toenemende complexiteit van de te automatiseren processen
- mogelijke kostenbesparing.

### *Invoeringsstrategie*

De eerste experimenten waren in het bijzonder gericht op het aantonen van de bruikbaarheid van expertsystemen. Bruikbaar betekent in dit geval het zodanig opslaan van kennis of kunde dat deze ook voor niet deskundigen toegankelijk wordt.

De tweede fase in de reeks experimenten was gericht op het verkrijgen van vaardigheden en inzicht in het ontwikkelen van expertsystemen. Daartoe organiseerde de NMB een interne opleiding kennisanalyse. Met kleine variaties in doelstelling werden diverse prototypen ontwikkeld.

Omdat expertsystemen tot 1983 hoofdzakelijk voor onderzoek werden gebruikt, was er vrijwel geen praktische ervaring. De meeste expertsystemen die in het verleden zijn gebouwd, werden niet of nauwelijks ontwikkeld voor praktisch gebruik. Bovendien hing er een mystieke sfeer rond het gebruik van expertsystemen. Gelet op de vele onduidelijkheden is in de onderzoekfase gekozen voor een strategie van geleidelijke opbouw. Dit hield in dat men via de weg der geleidelijkheid trachtte de toepassingsmogelijkheden te ontdekken en te benutten. Zulk een geleidelijke ontwikkeling betekent dat de

financiële risico's klein zijn en gespreid in de tijd. Pas nadat een prototype tot volle tevredenheid in de dagelijkse praktijk werkt, kan tot uitbreiding van investeringen worden overgegaan.

#### *Vraag naar automatisering*

Geautomatiseerde systemen in banken zijn vooral gericht op de basisprocessen van een bank, namelijk het vastleggen van mutaties in het geldverkeer (betaalfunctie).

Een belangrijk deel van de produkten van een bank bestaat uit gegevens over geld. Deze gegevens zijn het resultaat van processen met als invoer mutatieopdrachten, middelen van de cliënt en externe factoren. De uitvoer bestaat uit een girale geldstroom en een verslag van de nieuwe situatie. Deze basisprocessen zijn in sterke mate geautomatiseerd.

Behalve de directe opdracht van een cliënt, zijn er nog andere processen die tot mutaties in de geldstroom kunnen leiden en processen in de betaalfunctie in gang kunnen zetten. Dat zijn o.a. zakelijke kredieten, hypotheek en deposito's. Het tot stand komen van een overeenkomst met een cliënt is op dit gebied niet of nauwelijks geautomatiseerd. Er is wel een stortvloed aan beheers- en controlevoorschriften, alternatieve mogelijkheden, veranderingen en nieuwe produkten. Daardoor is behoefte ontstaan aan hulpmiddelen ter ondersteuning van het commerciële proces dat aan de betaalfunctie vooraf gaat.

#### *Aanpak*

De ontwikkeling van het beginnen zonder ervaring tot de bouw van operationele expertsystemen is zeer geleidelijk verlopen. Eerst werd onderzocht of beschikbare expertsystemen bruikbaar waren voor de NMB. Voor dat onderzoek is een hypotheekmodel ontwikkeld. De algemene conclusie was dat expertsystemen voor de bank bruikbaar zouden kunnen zijn mits:

- een goede ontwikkelomgeving beschikbaar zou zijn
- een goede ontwikkelmethode zou kunnen worden gevonden
- een gefaseerde aanpak mogelijk is.

Vervolgens is onderzocht of een goede methode kon worden ontwikkeld. Daarbij zijn twee min of meer tegengestelde methoden aan de orde gekomen, namelijk het zo snel mogelijk maken van een prototype en gestructureerde ontwikkeling (zie hoofdstuk 5). Het prototype is uiteindelijk ontwikkeld volgens een methode die het best als een combinatie van beide kan worden beschouwd. In een volgende fase is pas gewerkt aan de ontwikkeling van een operationeel systeem.

### *Hulpmiddelen en oriëntatie*

Om inzicht te krijgen in de stand der techniek en welke hulpmiddelen te koop zijn, zijn enkele bedrijven en instituten geraadpleegd. Dat waren de vakgroep Sociaal Wetenschappelijke Informatica van de Universiteit van Amsterdam, de Technische Universiteit Delft, de Vrije Universiteit Amsterdam, SRI International en Cognitive Systems in de Verenigde Staten. Men werkte samen met de Universiteit van Amsterdam, System Designers en Helix Systems in Engeland, Courseware Europe, Lithp Systems en diverse banken.

Voor de ontwikkeling van prototypen en tijdens de operationele fase werd en wordt gebruik gemaakt van de pakketten Sage, Expert Edge-Professional en Acquaint. De systemen worden ontwikkeld voor een IMB-PC of IBM-AT.

### *Overwegingen*

De NMB ontwikkelde een redelijk volwassen idee over de mogelijkheden voor toepassing van expertsystemen, maar er is nog geen duidelijke prioriteit in de gewenste toepassingen. Dit komt omdat een aantal problemen een snelle invoering en acceptatie van expertsystemen bemoeilijken en daarom vertragen.

De huidige systeemontwikkeling wordt geleid door een procedureel en analytisch denken over automatisering. Niet de structuur en de termen van het toepassingsdomein vormen het basismateriaal voor een oplossing, maar de procedures die bij een analytische techniek horen. Deze keus is inherent aan het gebruikte hulpmiddel en dit laatste is een rechtstreeks afgeleide van kennis uit de opleiding of gewoonte. Daardoor is er een aarzeling AI-technieken toe te passen, die remmend werkt op de ontwikkeling van expertsystemen.

Grote kennissystemen bieden veel mogelijkheden, maar zijn duur en vergen een forse investering in opleidingen. Er zijn krachtige ontwikkelomgevingen nodig. Kleine systemen zijn goedkoper en bieden mogelijkheden voor toepassing op grote schaal. Deze kunnen worden gebouwd met lege systemen ('shells', zie Bijlage C). Een nadeel is de beperkte capaciteit met voorlopig ook slechts beperkte oplossingen. Daarom is men wat terughoudend tot met krachtiger hulpmiddelen een betere verhouding tussen prijs en prestatie kan worden verkregen.

Experts hebben moeite de manier waarop zij beslissen te verklaren. Automatiseerders hebben problemen met kennisverwerving en representatie. Protocolanalyse bijvoorbeeld strookt niet met de gebruikelijke technieken voor systeemanalyse. Conventionele programmeurs, systeemanalisten en informatici krijgen problemen, omdat protocolanalyse niet leidt tot een formele beschrijving van de

werking van een kennissysteem. Ontwikkeling van kennissystemen vereist een andere instelling dan ontwikkeling van conventionele systemen.

Gebrek aan ervaring en tekort aan gekwalificeerd personeel werken vertragend op de bouw van expertsystemen. Bovendien ontbreekt een algemeen geaccepteerde ontwikkelmethode. Als gevolg hiervan wordt niet gekozen voor een methode. Dit kan leiden tot systemen met een modaliteit die niet gewenst of bedoeld was.

Voor de ontwikkeling van expertsystemen moet men kunnen beschikken over deskundigen met de gewenste kennis en ervaring. Zeker voor kleine systemen geldt dat de opgeslagen kennis statisch is. Ervaringskennis is echter dynamisch en komt tot stand waar mensen nieuwe problemen en uitdagingen oplossen. Dit kan leiden tot snelle veroudering van kennissystemen. Daarom is een systematisch beheer van de kennis wenselijk. Het is van belang vast te stellen hoe snel nieuwe feiten als nieuwe kennis beschikbaar moeten worden gesteld. Daarbij zijn niet alle vormen van ervaringskennis geschikt voor toepassing in expertsystemen. Soms zal men zich moeten beperken tot systemen die met de expert meekijken en adviseren zonder feitelijk te beslissen.

#### *Verdere voortgang en conclusies*

Behalve aan een aantal prototypen voor hypotheeken, kredieten en documentaire accreditieven, werkt de NMB aan de ontwikkeling van een operationeel systeem voor 'lease'. De huidige projecten worden uitgevoerd als deel van de reguliere automatiseringsprojecten, maar met een afwijkende ontwikkelmethode. De projectgroep wordt samengesteld uit deskundigen en ontwikkelaars, soms aangevuld met externe krachten. In een later stadium vindt uitbreiding plaats met gebruikers (niet-deskundigen) om de gewenste gebruikersvriendelijkheid en betrouwbaarheid te bereiken. Terugblikkend op de ervaring bij de ontwikkeling van de eerste systemen concludeert de NMB dat kennissystemen bruikbaar zijn als:

- voldoende ervaringskennis aanwezig is
- het probleemgebied zich leent voor toepassing van expertsystemen
- er voldoende motivatie is bij toekomstige gebruikers en bij deskundigen die hun kennis moeten inbrengen
- de gebruiker het systeem kan toepassen en daarbij zelf verantwoordelijk blijft.

Voor de toepassing van kennissystemen vormen specifieke machines wel een voordeel, maar geen voorwaarde. Ook andere computers komen in aanmerking, mits de responsie-snelheid voldoende hoog is.

Ontwikkeling op een kleine machine is alleen verantwoord voor relatief kleine modellen (minder dan 200 Acquaint-regels). Grotere en complexere modellen kunnen beter en sneller worden ontwikkeld op grote machines met ontwikkelomgevingen. Het aantal regels zegt overigens weinig over kwaliteit en complexiteit van het model. Gefaseerde ontwikkeling en methodisch verantwoorde werkwijze zijn voorwaarde voor succesvolle toepassing. Experts hebben meestal geen ervaring in het expliciet maken en toelichten van hun kennis. Vaak blijkt kennis over een bepaald onderwerp verdeeld te zijn over meer dan één expert.

Tenslotte constateert de NMB twee voorwaarden voor een verantwoord gebruik van kennissystemen: er moet een goed beheer van kennis zijn en de kennissystemen moeten met andere informatiesystemen geïntegreerd zijn.

### 6.3 Generale Bank

De Generale Bank is de grootste bank van België, met vestigingen in meer dan 40 landen in vijf werelddelen. De Groep van de Generale Bank omvat de moedermaatschappij met 12 regionale zetels, 1171 agentschappen, vertegenwoordigingskantoren en bijbanken in het buitenland en ongeveer 60 dochter- en kleindochterondernemingen in diverse landen. Het Centrum voor Generale Informatieverwerking CIG en zijn dochtermaatschappijen bieden de klanten informatica-diensten voor administratief, boekhoudkundig en sociaal beheer. Gecosys, dat in 1985 is opgericht als 'joint-venture' tussen de Generale Bank en Cognitive Systems, houdt zich bezig met de uitwerking en de commercialisering van toepassingen in de bank met AI-technieken.

#### *AI-beleid*

De financiële wereld is uitermate geschikt voor de toepassing van AI-systemen. Men kan er van uitgaan dat financiële instellingen qua computerinfrastructuur, programmatuur en telecommunicatienetwerken tot de grootste gebruikers en vernieuwers behoren. Verder wordt de financiële wereld gekenmerkt door steeds meer informatie en nieuwe producten. De gegevens nodig voor het nemen van beslissingen worden steeds complexer. AI kan helpen bij selectie en vlugge verwerking van deze gegevens. In de financiële wereld werken veel niet-technische mensen met computers. De gebruikersvriendelijkheid van deze computers kan met AI sterk worden verbeterd.

Tenslotte berust het beroep van bankier voor een groot deel op ervaring. Deze ervaring is niet altijd gelijkmatig verdeeld over het

netwerk van de bank. Met AI wordt het mogelijk de beste ervaring overall, altijd en uniform ter beschikking te stellen. Als mogelijke toepassingen denkt de Generale Bank aan automatisering van routine-advies, standaardisatie van de dienstverlening, kwaliteitscontrole, verhoging van de produktiviteit, gebruikersvriendelijk advies voor het gebruik van computersystemen en opleiding. De Generale Bank ziet AI als strategisch belangrijk. Daarom is besloten bij de invoering van AI een soepele structuur te hanteren. De partners in deze structuur zijn de bank zelf en Gecosys. Daarmee ontstond een verstandshuwelijk tussen bankexperts en technische experts. De nadruk ligt op adviessystemen voor de bankexperts zelf of hun directe medewerkers. De prioriteit in de techniek wordt gegeven aan natuurlijke taal en kennissystemen.

Het initiatief tot onderzoek naar AI ging uit van het Research-departement van de Generale Bank, dat reeds eerder onderzoek deed naar nieuwe technieken voor de financiële wereld. Speciale aandacht werd besteed aan Videotex en thuisbankieren. Videotex bleek niet handig in het gebruik. Het grote aantal menu's werkte belemmerend. Via de conclusies van deze projecten kwam de Generale Bank in contact met AI. Als alternatief werd daarop een combinatie van natuurlijke taal met AI voorgesteld. Men stelde een projectgroep samen uit experts in deelgebieden, kennisanalisten en systeemdeskundigen. De meeste projectmedewerkers zijn jong, multidisciplinair gevormd, zeer sociaal en open en passen zich vlug aan. De keuze van pas afgestudeerden boven ervaren automatiseerders bleek zeer geslaagd.

#### *Aanpak, doelstellingen*

Interne beraadslaging leidde tot de selectie van enkele mogelijke projecten die na verdere studie als proefproject konden dienen. Deze proefprojecten werden uitgevoerd met hulp van een extern bedrijf, gespecialiseerd in kennistechniek.

De eerste prototypen voor elk project werden meestal op een AI-werkstation en volgende versies op standaardapparatuur ontwikkeld. Vervolgens werd zo'n systeem parallel aan de gebruikelijke werkmethoden beproefd. Na bewijs van degelijkheid kon zo'n systeem definitief worden geïnstalleerd.

Eén van de prototypen, Le Courtier (zie hoofdstuk 7), was gericht op verwerking van natuurlijke taal. Le Courtier is een adviessysteem waarmee een portefeuille aandelen, obligaties enz. wordt samengegesteld via een dialoog in natuurlijke taal. In een ander proefproject werd de Telex Reader (zie hoofdstuk 7) ontwikkeld voor het automatisch vertalen van binnenkomende telexberichten naar een standaardformaat van Swift (Society for Worldwide Interbank Finan-



cial Telecommunications). De evaluatie van beide prototypen werd besproken met de betrokken departementen. De resultaten waren van dien aard dat onderzoek naar AI bij de Generale Bank meer aandacht krijgt dan andere onderzoeksprojecten, al verwacht de bank dat de traditionele automatisering zich tegen de invoering daarvan zal verzetten. Natuurlijke taal en expertsystemen zullen verder worden onderzocht. Van het onderzoekbudget van de Generale Bank is 80% bestemd voor AI en natuurlijke taal. Verder steekt de bank kapitaal in Gecosys.

#### *Samenwerking en keuze van gereedschap*

Vooral in de aanloopfasen had de Generale Bank goede ervaring met externe adviseurs. De bank en Gecosys hebben de systemen uiteindelijk samen ontwikkeld. Een van de voordelen van externe advisering is dat de introductie van een nieuwe techniek vlugger wordt aanvaard. Verder is samengewerkt met de leveranciers Digital (DEC), Apollo en Texas Instruments en met de Vrije Universiteit Brussel en Yale University.

Men heeft gekozen voor computers van DEC omdat deze reeds in grote getale aanwezig waren en omdat DEC zeer veel ervaring heeft op AI-gebied. Een van de voordelen van de computers van DEC is het gemeenschappelijke besturingssysteem. De gebruikte werkstations zijn afkomstig van Apollo, de marktleider op dit terrein in België.

De gekozen programmatuur is onder andere van Texas Instruments, eveneens een bedrijf met zeer veel ervaring op AI-gebied. Personal Consultant Plus koos men omdat kwaliteit en prijs zich goed verhouden. Men koos voor de taal Common-Lisp als mogelijke standaard Lisp-versie.

#### *Voortgang*

De Telex Reader geeft een wezenlijke verbetering in het telexbeheer. Het aantal te verwerken telexen is flink gestegen. Er wordt gekeken naar een uitbreiding met systemen die de tekst kunnen interpreteren. Le Courtier moet zijn degelijkheid nog bewijzen in een nog nader te definiëren omgeving. Koppeling met gegevensbanken met gegevens over koersontwikkelingen is een voorwaarde. Een daarop aansluitend project is de ontwikkeling van een systeem dat koersontwikkelingen van de Amerikaanse dollar ten opzichte van de Belgische frank helpt voorspellen.

#### *Knelpunten en conclusies*

De Generale Bank heeft te maken gehad met een aantal knelpunten,

zoals een gebrek aan gemotiveerde experts en een gebrek aan AI-specialisten. Representatie van kennis bleek moeilijker dan verwacht.

AI was bovendien moeilijk aanvaardbaar voor klassieke automatiseringsmensen. Omdat standaardcomputers vaak niet geschikt zijn voor ontwikkeling van kennissystemen, moest worden geïnvesteerd in dure speciale AI-computers. De capaciteit van microcomputers bleek te gering.

Ook veroorzaakte het gebruik van kennissystemen problemen. Vastlegging van bankbeleid in kennisbestanden vergt extra maatregelen voor de beveiliging van kennis. Voor integratie van kennissystemen is herziening van de computerinfrastructuur nodig. Het bleek zeer moeilijk de juiste projecten voor de bank te kiezen. Alle projecten zijn anders en er zijn verscheidene factoren die het succes van een project bepalen. De Generale Bank heeft echter de stellige overtuiging dat de verwerking van natuurlijke taal in combinatie met kennissystemen de beste perspectieven biedt.

#### 6.4 KMG Klynveld Kraayenhof & Co.

Klynveld Kraayenhof & Co. maakt deel uit van het internationale samenwerkingsverband Klynveld Peat Marwick Goerdeler. Zelf beschikt Klynveld Kraayenhof & Co. over 45 vestigingen, waarvan 24 in Nederland. De vestigingen staan onder leiding van een of meer van de 170 vennoten. Voorts heeft Klynveld Kraayenhof & Co. circa 2000 medewerkers waaronder circa 310 registeraccountants. Ter ondersteuning van de besluitvorming zijn directoraten (waaronder het Directoraat Vaktechniek) gevormd. Per vestiging bestaan werkeenheden. Als afzonderlijke werkeenheden functioneert Klynveld EDP Audit Services (Keas), waarin de automatiseringsdeskundigheid voor de algemene controle is geconcentreerd. Daarin zitten informatici, wiskundigen, economen en registeraccountants. Keas bestaat uit drie secties: 'EDP-Audit', 'Programming and Support' en 'Software Engineering'. Hier vinden onderzoek en ontwikkeling van kennissystemen plaats onder functionele leiding van het Directoraat Vaktechniek.

##### *Kennissystemen in de accountantscontrole*

In de accountantscontrole wordt reeds jaren automatisering toegepast. Omdat de automatisering van delen van bedrijfsadministraties toenam, lag het voor de hand de daarbij gehanteerde programmatuur ook voor de accountscontrole te gebruiken. Daarbij stonden overwegingen van doelmatigheid en kwaliteitsverbetering voorop. Voorts

wordt tegenwoordig veel gebruik gemaakt van programmatuur voor consolidatiedoeleinden en voor ondersteuning bij dossiervorming. Een belangrijke activiteit die nog is voorbehouden aan de accountant zelf, is het denkproces. Daaronder vallen het vaststellen van de specifieke controle per cliënt, het beoordelen van de opzet van de administratieve organisatie en het oplossen van waarderingsproblemen. Automatisering door toepassing van AI lijkt ook hier te verwezenlijken. Dit bracht Klynveld Kraayenhof & Co. er toe kennissystemen te onderzoeken en te ontwikkelen.

#### *Aanleiding tot onderzoek*

Na het lezen van artikelen zoals [83] kwam Klynveld Kraayenhof & Co. tot de bestudering van een groot aantal publikaties over AI en expertsystemen. Van 1984 af werd een aantal symposia over AI in binnen- en buitenland bijgewoond. Door contact met de internationaal erkende deskundige Michie kreeg Klynveld Kraayenhof & Co. het demonstratiesysteem Expert-Ease, dat was gebruikt bij een door Michie voor KMG verzorgd congres. Overleg met andere deskundigen resulteerde in gericht onderzoek op deelgebieden van kennis-techniek. Klynveld Kraayenhof & Co. had onder andere contact met De Swaan Arons en Lucas (de makers van Delfi-2), Van Lith (de maker van Acquaint) en een aantal leveranciers van apparatuur en programmatuur. De meeste contacten waren overwegend informeel en met enige voorzichtigheid kon daaruit het volgende worden opgemaakt:

- het toepassen van kennissystemen voor controle en advies staat in Europa nog volledig in de kinderschoenen, zeker in Nederland
- het bleek moeilijk externe deskundigen te raadplegen met kennis zowel over kennissystemen als over het vakgebied van de accountant
- er zijn weinig deskundigen voor kennissystemen beschikbaar
- toereikende gereedschappen voor een IBM-PC-omgeving zijn schaars.

#### *Doelstelling en verwachtingen*

Aan het gebruik van een kennisstelsel liggen dezelfde economische motieven ten grondslag als bij de conventionele computertoepassingen: verbeteringen in kwaliteit en doelmatigheid. Dit heeft betrekking zowel op de controle als op het advies van de accountant. Bij de kwaliteit ligt het accent meer op het uniformeren dan op het verbeteren van kennis. Gezien de aard en het niveau van de opleiding tot registeraccountant kan men zich voorstellen dat de omgang met kennis, inzicht en ervaringen een bijzonder grote rol speelt. Toch trad

tijdens de bouw en de eerste proefnemingen met kennissystemen een leereffect op. Bij de kennisverwerving moest de feiten- en ervaringskennis expliciet worden gedefinieerd en de onderlinge samenhang tussen kennisonderdelen worden gestructureerd. De wegen van factoren en kennisregels die tot conclusies en oordeelsvorming leiden, speelden hierbij een beduidende rol. Bovendien moesten onzekerheden en onnauwkeurigheden expliciet worden onderkend. De accountants vinden deze ervaring tot nu toe leerzaam. Mede hierdoor verwacht men dat kennissystemen in de nabije toekomst bij de opleiding kunnen helpen.

In een dialoog met de gebruiker zal het kennissysteem slechts die vragen dienen te stellen, die in een gegeven situatie relevant zijn voor de conclusie. De informatie wordt dus doelbewust beperkt en de gebruiker wordt in zijn beoordeling gestuurd. Een aldus uitgebalancheerde prioriteitstelling van vragen draagt bij tot verhoging van de doelmatigheid.

#### *Projectselectie en -organisatie*

In nauw overleg met het Directoraat Vaktechniek begon men met een aantal projecten, waarvoor de volgende selectiecriteria van kracht waren:

- de verwachte relevantie voor de bestaande praktijk
- de beschikbaarheid van deskundigen op het specifieke terrein
- de mogelijkheid het kennisdomein af te bakenen.

Het ging om de volgende projecten:

- kredietbeoordeling van debiteuren bij banken
- beoordeling van de administratieve organisatie in de effectenhandel
- beoordeling op betrouwbaarheid, voortgang en doelmatigheid van automatiseringsorganisaties
- ondersteuning bij het samenstellen van controleprogramma's.

In beginsel geldt voor al deze projecten dat men programmatuur gebruikt die geschikt is voor draagbare IBM-compatibele microcomputers onder MS-DOS. Vooral dit laatste is nodig in verband met programmatuur die elders bij Klynveld Kraayenhof & Co. wordt ontwikkeld.

Voor alle projecten werd vooraf een begroting opgesteld. Jaarlijks worden aan het Directoraat Vaktechniek de plannen en begrotingen ter goedkeuring voorgelegd. Tussentijdse wijzigingen worden in overleg doorgevoerd. Over de resultaten wordt ook aan het Directoraat gerapporteerd. Met interne publikaties vindt voorlichting plaats aan de algemene controle. Deze dient tevens als voorbereiding op latere deelname in de proef- en invoeringsfasen.

*Ervaringen met het project Kredietbeoordeling*

Dit eerste project gaat over het beoordelen van de kredietwaardigheid van debiteuren bij banken. Dit domein voldoet bij uitstek aan de genoemde selectiecriteria (zie ook [84]). Omdat eerst moest worden onderzocht of en in welke mate een kennissysteem toepasbaar was, werd niet direct aandacht besteed aan de gereedschappen. Via Michie kreeg Klynveld Kraayenhof & Co. het lege systeem 'Inference Manager' van Intelligent Terminals Ltd. 'Inference Manager' maakt voor omgang met onzekerheden gebruik van Bayesiaanse logica [85]. Na kennismaking met het pakket werden de relevante kennisregels geïnventariseerd en in een netwerk gestructureerd. Hierbij waren een deskundige in kredietbeoordeling en een accountantscontroleur van EDP betrokken. Deze fase van de ontwikkeling was cruciaal. Vervolgens werden de regels in het pakket ingevoerd en werd aandacht besteed aan de vele parameters die het gebruik van de toegepaste versie van de formule van Bayes vereist.

Het werken met 'Inference Manager' kostte veel tijd, mede omdat de toegepaste versie van de formule van Bayes complex is. Gebruik van een methode met een eenvoudiger theorie, zoals bijvoorbeeld de confirmatietheorie ('certainty factor'-theorie [86]), zou wellicht minder tijd hebben gekost. Aan de hand van een aantal praktijkgevallen is het systeem verder beproefd en werd de inhoud van het kennisbestand aangepast. Vervolgens werden andere deskundigen bij het beproeven van het systeem betrokken. Dit leidde tot het bijstellen van diverse parameters. Dat het systeem proefondervindelijk moest worden beproefd en dat 'Inference Manager' enige beperkingen had, vond men in het algemeen storend. Op grond van ervaringen uit dit project kon men eisen en wensen opstellen voor toekomstige gereedschappen voor deze toepassingsgebieden. Vooral gebruikersvriendelijkheid verdient in de uiteindelijke selectie van gereedschappen bijzondere aandacht.

Momenteel (1987) wordt het systeem voor de beoordeling van kredieten in de praktijk beproefd op de kwaliteit van de kennis en de mogelijke toepassing op grote schaal. De kwaliteit wordt vastgesteld door een vergelijking van resultaten tussen de conventionele verrichtingen van de accountants en die van het kennissysteem. Niet bij de controle betrokken accountants zullen de verschillen analyseren en daarna aan alle betrokkenen doorspelen. Een en ander kan mogelijk leiden tot aanpassing van het systeem.

Om de bruikbaarheid te beoordelen, wordt vooral aandacht geschonken aan aard, volgorde en relevantie van de vragen van het kennissysteem en aan de wijze waarop het kennissysteem met onzekerheden en onnauwkeurigheden omgaat. De gebruikersvriendelijkheid van

het kennissysteem, respectievelijk 'Inference Manager' wordt niet in de beproeving betrokken. Voor de feitelijke invoering zal immers nog worden omgezien naar andere programmatuur. Het is niet uitgesloten dat Klynveld Kraayenhof & Co. deze zelf zal ontwikkelen.

### *Gereedschappen*

Tot nu toe heeft Klynveld Kraayenhof & Co. geen prioriteit verleend aan onderzoek naar gereedschappen. De voornaamste reden was de onbekendheid met de uit de toepassingen voortvloeiende eisen en wensen. Weliswaar is een aantal pakketten bekeken, maar niet uitputtend geëvalueerd. In eerste aanleg ging het Klynveld Kraayenhof & Co. uitsluitend om pakketten voor gestandaardiseerde domeinen. Uiteraard zijn er na dit onderzoek nieuwe en vernieuwde pakketten op de markt gekomen.

De ervaringen met 'Inference Manager' waren positief, hoewel het pakket voor deze toepassing niet de gewenste gebruikersvriendelijkheid biedt, geen berekeningen of koppelingen ondersteunt, betrekkelijk traag is en uitsluitend kan worden gebruikt onder een besturingssysteem dat niet standaard is bij Klynveld Kraayenhof & Co. Wel was men tevreden over de ervaringen met de gebruikte versie van de Bayesiaanse logica, alhoewel men deze complex vond. Vooral de verder uitgewerkte, theoretische onderbouwing van de omgang met onzekerheden in vergelijking met de confirmatie-theorie spreekt Klynveld Kraayenhof & Co. aan.

In een vroeg stadium werd ook 'Delfi' in de IBM-PC-versie beproefd. Deze was evenwel nog niet geheel foutvrij, waardoor vrij veel (en moeilijk te leggen) contact met de ontwikkelaars nodig bleek. Daarnaast is het pakket Guru van MDDBS met interesse bekeken. De geringe beperkingen, de vele mogelijkheden en de hoge mate van gebruikersvriendelijkheid vond Klynveld Kraayenhof & Co. positief. Men onderzocht ook enkele versies van Prolog, maar voor gebruik daarvan zou aanvullende programmatuur voor gebruikersvriendelijkheid nodig zijn. Dat was eveneens geconstateerd bij enkele onderzochte 'database'-pakketten.

### *Gebruik en gevolgen*

Behalve acceptatie speelt ook verantwoordelijkheid een belangrijke rol. De accountant dient zich immers altijd zelf een oordeel te vormen. Tot in hoeveel detail zich dat dient uit te strekken, is evenwel voor discussie vatbaar. Een meer conservatieve toepassing van kennis-systemen voor bepaalde detailbeoordelingen kan in dit opzicht

evenwel sneller tot acceptatie leiden. Er bestond al een zekere mate van vertrouwen in de werking van bepaalde programmatuur voor accountantscontrole, zoals geaccepteerde vormen van geautomatiseerd uitgevoerde steekproeven. Een en ander houdt in dat de deskundige zelf gebruik zal maken van het kennissysteem, waarbij hij voortdurend de goede werking van het systeem adequaat moet kunnen controleren. Dat betekent dat hoge eisen moeten worden gesteld aan de controle op de redenering van het kennissysteem. Naar het zich nu laat aanzien, zal het effect mede afhangen van de mate van gebruikersvriendelijkheid.

### 6.5 VU Amsterdam

Doel van het Prolexs-project van de VU Amsterdam is de bouw van een prototype van een kennissysteem voor het Nederlandse huurrecht. Dit systeem moet kunnen helpen bij het vinden van oplossingen voor huurproblemen. Daarbij zal het systeem gebruik maken van gegevens van de gebruiker, die worden verwerkt met in regels vastgelegde kennis. De uitvoer van het systeem kan bestaan uit conclusies, ieder met hun eigen zekerheidsfactoren.

Het prototype wordt gebouwd door de vakgroep Informatica en Recht in samenwerking met Rechtshulp VU. Rechtshulp VU is een instituut dat studenten in de rechten de mogelijkheid biedt hun kennis van het recht in de praktijk te brengen. Onder toezicht van experts van de universiteit en uit de praktijk helpen zij cliënten hun juridische problemen op te lossen door advies te geven, brieven te schrijven, te verwijzen naar een advocaat enz. Het is de bedoeling dat het kennissysteem hun de expertkennis verschafft die nodig is om deze hulp te verlenen.

In dit project ligt een sterke nadruk op de praktijk. Dat heeft belangrijke consequenties. Het kennissysteem moet praktische adviezen geven (deze kunnen heel triviaal zijn). Om zo'n systeem te maken, moest het toepassingsgebied met zorg worden gekozen en nauwkeurig worden omschreven.

Het systeem zal worden beproefd in de omgeving waarin het moet worden gebruikt. Dit wordt gemakkelijker wanneer het toepassingsgebied zo is gekozen dat dit gebied relatief veel zaken kent. Daarbij kan van het begin af aandacht worden besteed aan factoren die de praktische toepasbaarheid beïnvloeden, zoals de bruikbaarheid van de uitvoer, de snelheid en de gebruikersvriendelijkheid. Zo werd besloten een kennissysteem te bouwen dat uitgaat van de potentiële gebruiker van het systeem.

*Waarom het huurrecht?*

Het Nederlandse huurrecht is een deel van het Nederlandse recht dat relatief gemakkelijk kan worden afgesplitst. Bovendien kan het worden verdeeld in duidelijke, onderling verbonden segmenten. Het is voldoende complex om de ontwikkeling van een kennissysteem te rechtvaardigen.

In andere projecten over kennissystemen gaat men veelal uit van het analyseren van een wet, maar in het Prolexs-project wordt gekeken naar de wensen en de hulp die de gebruiker nodig heeft. Vaak is hiervoor maar een betrekkelijk klein gedeelte van de wet nodig. In het Prolexs-project heeft men kennis opgedaan door de archieven van Rechtshulp VU te analyseren. De kennis over wetgeving en jurisprudentie kan men in de literatuur vinden, maar ervaring met het beoordelen van de toestand, het omgaan met kennis over wetgeving, jurisprudentie en richtlijnen en het maken van analogieën met andere zaken is kennis van de expert. Zowel kennis over wetgeving en jurisprudentie als kennis van de expert worden in het Prolexs-project geformaliseerd. De gewenste uitvoer van het systeem hangt samen met het gekozen rechtsgebied en het gewenste niveau van het kennissysteem. Voorbeelden van uitvoer in dit project zijn een (standaard)brief aan de huisbaas waarin deze wordt gesommeerd gebreken te herstellen, een ingevuld aanvraagformulier, een persoonlijk advies over volgende stappen die een klant moet nemen, bijvoorbeeld het advies zich tot een bepaalde instantie te wenden of de suggestie een advocaat te raadplegen. Deze hulp wordt normaal door Rechtshulp VU geboden. Op het eerste gezicht lijkt deze hulp gemakkelijk, maar de problemen zijn vaak nogal complex. Een grondige kennis van het huurrecht komt dan het niveau van de hulp ten goede.

*Vier fasen*

De bouw van het kennissysteem gebeurt in vier fasen. In de eerste fase is vastgesteld welke problemen in het huurrecht zich het meest bij Rechtshulp VU voordoen. Daartoe is de documentatie bij Rechtshulp VU schematisch weergegeven en in categorieën verdeeld. Zo ontstond een duidelijk beeld van de problemen, oplossingen, adviezen en hulp waarmee Rechtshulp VU te maken krijgt. Tegelijkertijd geeft het overzicht een duidelijk beeld hoe vaak bepaalde problemen zich voordoen. Zo kan men voor de meest voorkomende problemen tot een eerste aanzet van een kennissysteem komen.

In de tweede fase is per probleemsoort een aantal modellen en structuren voor kennisrepresentatie ontwikkeld. In eerste instantie gebeurde dit voor de weigering huurverhoging te betalen wegens



gebrek aan onderhoud. Er is een conceptueel model gemaakt van de expertkennis over dit onderwerp. Een deel van deze kennis is geformaliseerd voor gebruik in de derde fase.

In de derde fase worden de kennisregels voor het kennissysteem samengesteld. Hierbij wordt geëxperimenteerd met verschillende vormen van kennisrepresentatie die zijn ontwikkeld in de tweede fase. Dit leidt tot een verdere analyse van de beschikbare gevallen en de betreffende wetgeving en een analyse van de jurisprudentie, inclusief een aantal uitspraken van lagere rechters. Het spreekt vanzelf dat hierbij de hulp van een expert nodig is. Tegelijkertijd wordt een eerste prototype van het expertsysteem gebouwd, zodat een voortdurende wisselwerking tussen het maken van de regels en het bouwen van het prototype mogelijk is.

De vierde en laatste fase behelst de programmering van de uitvoer, de uiteindelijke invoering van het systeem en het beproeven in de praktijk.

#### *De gebruikers*

Bij de ontwikkeling van een kennissysteem moet voortdurend met de gebruiker rekening worden gehouden. Momenteel behoort de gebruiker enige kennis te hebben van werkwijze en gebruik van kennissystemen. Bovendien moet de gebruiker kunnen vaststellen of er een juridisch probleem is en of dat binnen het domein van het kennissysteem valt.

De studenten van Rechtshulp VU zijn de directe gebruikers van het systeem. Zij hebben een basiskennis van het recht, maar nog geen praktische ervaring. Andere potentiële directe gebruikers zijn maatschappelijk werkers en sociale raadsliden. Zij bepalen of het probleem van hun klant een probleem voor het kennissysteem is. Zij moeten vervolgens vaststellen of het onderhavige probleem in het kennissysteem past. Eventueel kan een helpfunctie nadere uitleg verschaffen. Vervolgens zullen zij met het kennissysteem het huurprobleem van de klant verder ontrafelen, waarna zij de informatie van het systeem interpreteren. Dan kunnen zij een conclusie trekken en de klant verder adviseren. Komt het systeem met een kant en klaar antwoord, bijvoorbeeld in de vorm van een ingevuld aanvraagformulier voor huursubsidie, dan bestaat hun taak uit het evalueren van de oplossing en eventueel uit het verder instrueren van de klant.

De klant is degene voor wie het kennissysteem uiteindelijk is bedoeld. De informatie moet dus op hem zijn gericht, voor hem verzameld en voor hem gestructureerd. Daarom moest men beslissen of er een systeem moest worden gemaakt voor de verhuurder of de huurder. De keuze was niet zo moeilijk, omdat de meeste klanten van Rechtshulp VU huurders zijn.

*Andere juridische AI-projecten*

Het Prolexs-project is slechts een voorbeeld van een project dat AI-technieken op het recht wil toepassen. In Nederland worden juridische kennissystemen onderzocht aan de Rijksuniversiteit te Leiden, de Universiteit Twente [87] en de Universiteit van Amsterdam. De laatste werkt samen met de GSD Amsterdam (zie 6.6). Juricas is een commercieel produkt (zie hoofdstuk 7, [88, 122]). Belangrijke buitenlandse projecten zijn Taxman (U.S. Corporate Tax Law) [89, 90, 91], Hypo-Counselor [92], British Nationality Act [93, 94], het project van de Universiteit van Namen [95] en het Noorse Samara-project [96, 97]. Deze vijf projecten hebben gemeen dat ze proberen AI-technieken op de belangrijkste rechtsbronnen toe te passen: wetgeving, rechtspraak of een combinatie daarvan. In tegenstelling tot het Prolexs-project waar de potentiële gebruiker en zijn wensen en behoeften uitgangspunt zijn, vormen hier de rechtsbronnen het uitgangspunt. Het onderzoek is voor een belangrijk deel gebaseerd op evaluatie en structurering van de rechtsbronnen. Deze nadruk is verklaarbaar uit het doel van de projecten en de richting die het onderzoek daarmee uitgaat. Hieruit mag worden geconcludeerd dat voorlopig het belangrijkste doel is gelegen in het begrijpen en formaliseren van juridisch redeneren. Eventueel praktisch belang is naar de achtergrond verdronen. Het zijn dus voornamelijk systemen in de laboratoriumsfeer. Daarbij moet worden aangetekend dat de eerste twee projecten (en ook enigszins het derde) uit het 'common law'-systeem komen, waar precedentes veel meer gewicht hebben dan in ons rechtssstelsel. De resultaten tonen aan dat het – zij het beperkt – mogelijk is bepaalde delen van het recht zodanig te formaliseren dat toepassing van AI-technieken mogelijk is. Daarnaast wijzen de resultaten op de noodzaak goede technieken te ontwikkelen voor het opstellen van modellen van het recht. McCarty stelt: 'deep conceptual models are important for the next generation expert systems and the argument is particularly persuasive for legal systems' [91]. Verder onderzoek naar het opstellen van zulke conceptuele modellen, bijvoorbeeld van de kennis van een expert, is noodzakelijk.

Tot slot kan het Pericles-project van Harvard Law School worden genoemd dat tegelijkertijd met het Prolexs-project begon. Dit project onderzoekt de mogelijke rol van computers voor verbetering van de produktiviteit en vermindering van de kosten van wetswinkels voor armen [98]. Gekeken wordt naar vier mogelijke toepassingen van de computer, namelijk computer ondersteund onderwijs, automatisering van praktijksystemen, kennissystemen die advies geven en netwerken. Het Pericles-project heeft een ruimere doelstelling dan het Prolexs-project, maar besteedt ook speciale aandacht aan het huurrecht.

Verwonderlijk is dat niet, omdat het bij uitstek een rechtsgebied is waarin een wetswinkel veel praktische ervaring opdoet. Harvard Law School en de sectie Informatica en Recht van de VU kwamen overeen gegevens over hun projecten uit te wisselen.

### *Conclusie*

De op de gebruiker gerichte benadering van het Prolexs-project vergt – zeker in het begin – veel werk, maar een op de gebruiker gericht kennissysteem zal in de praktijk werk besparen en hopelijk een betere kwaliteit leveren. Daarbij zou het de juridische hulp aan diegenen die geen advocaat willen of kunnen raadplegen, kunnen verbeteren. Wetswinkels en maatschappelijk werkers, maar ook juristen die geen expert in het vakgebied zijn, kunnen op expertniveau hulp verlenen. Een nuttig overzicht van andere projecten is te vinden in [95]. Een overzicht van een aantal Amerikaanse systemen geven [99, 100, 101].

## **6.6 GSD Amsterdam**

Het Project Experimenteel ExpertSysteem (Pees) van de GSD Amsterdam (Gemeentelijke Sociale Dienst van Amsterdam) onderzoekt of expertsystemen kunnen bijdragen tot de beheersing van de complexe en vaak veranderende sociale regelgeving. Het project wordt in het kader van het nationale Informatica Stimuleringsplan (INSP) en het Amsterdamse informaticaplan Caris uitgevoerd door de gemeente Amsterdam, de Universiteit van Amsterdam, CPP Nederland en Digital Equipment.

Uit onderzoek van de Universiteit van Amsterdam naar de problemen en de kennis bij de GSD is gebleken dat door toenemende werkdruk fouten en lange doorlooptijden optreden. Om de problemen van de GSD op te lossen, ligt de ontwikkeling van een expertsysteem voor de sociale regelgeving minder voor de hand dan automatisering van andere toepassingsgebieden. Toch is geconcludeerd dat een expertsysteem bij een aantal problemen kan helpen. Veel zorg moet worden besteed aan het gebruikersgemak, wil men dat de gebruikers de voorkeur geven aan hulp van een expertsysteem boven hulp van een collega. De conclusie van het haalbaarheidsonderzoek is dat voorlopig alleen de moeilijke regels zouden moeten worden geautomatiseerd en dat zowel een prototype van een kennisgebruikend opvraag-systeem als een redenerend expertsysteem zouden moeten worden beproefd. Daarin ligt de nadruk op ondersteuning van de besluitvorming en controle op de genomen beslissingen. Een 'intelligent' opvraagstelsel presenteert slechts de informatie die

relevant is voor het trekken van conclusies. Dit laat een deel van de problematiek bij de gebruiker. Het systeem ondersteunt de gebruiker bij het zoeken in de werkinstructies door weglating van niet-relevante delen, concretisering van het onderwerp en suggestie van alternatieven. Het verschil met een klassiek opvraagstelsel is dat het systeem, mogelijk toegerust voor gebruik van natuurlijke taal, de gebruiker helpt met het snel vinden van de verlangde informatie.

Er zijn drie toepassingsgebieden geselecteerd:

- ondersteuning van de ambtenaren in hun besluitvorming
- vereenvoudiging en actualisering van het stelsel van dienstmededelingen
- besluitvorming op grond van inmiddels gewijzigde regelingen (herberekening).

Er is gekozen voor domeinen die wel moeilijk zijn, maar waarvoor niet al te veel achtergrondkennis nodig is.

De onderzoekers brachten een bezoek aan de Britse Alvey DHSS onderzoeksgroep, die een aantal demonstratiesystemen ontwikkelt voor de sociale wetgeving. Adviezen waren onder andere: heb niet te hoge verwachtingen van de prestaties van een expertsysteem, wees terughoudend met het gebruik van lege systemen en ontwikkel geen systemen voor apparatuur die over een paar jaar verouderd is.

### *Aanpak*

Het project bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt onderzocht of een expertsysteem kan worden gemaakt en of het bruikbaar is voor de GSD. Dit onderzoek vindt plaats in drie fasen. In een voorstudie wordt vastgesteld aan welke eisen (gebruikers, omgeving) het systeem moet voldoen en worden methoden, technieken, programmatuur en apparatuur gekozen. Daarna volgt de bouw van het experimentele expertsysteem en de evaluatie van gereedschappen en technieken. Tenslotte wordt het experimentele systeem beproefd en aan de gestelde criteria getoetst. Daarna wordt als tweede deel van het project een systeem ontwikkeld voor daadwerkelijk gebruik.

Gegeven de beschikbare tijd, is gekozen voor een beperkt onderzoek op twee rayonkantoren en het hoofdkantoor. In totaal zijn twaalf gesprekken gevoerd met deskundigen op verschillende niveaus in de organisatie. Deze gesprekken bestonden uit drie stappen. In een oriënterend gesprek werd een globaal overzicht verkregen. Daarna werden onduidelijkheden en problemen nader besproken. In een afsluitend gesprek werd gecontroleerd of de conclusies van de onderzoekers door de ondervraagden werden onderschreven. Elk gesprek is op de band opgenomen en daarna geanalyseerd. Ook heeft

men het werk van ambtenaren van de sociale dienst geobserveerd. De Kads-methode (zie hoofdstuk 5) was uitgangspunt voor een schets van de taakstructuur. Uit de beschrijving van de aanpak zal duidelijk zijn dat de conclusies niet zonder meer geldig zijn. In een volgende fase zal dieper moeten worden ingegaan op de consequenties voor de organisatie.

### *Probleemstelling*

In het algemeen gaat het om een toenemende werkdruk bij de dienst door:

- sterke groei van het aantal cliënten
- nog niet volledig doorgevoerde decentralisatie
- onvoldoende efficiënt en effectief dossierbeheer
- onvoldoende controle op rayonniveau door het ontbreken van adequate managementinformatie
- toenemende omvang en complexiteit van de regelgeving
- noodzaak tot strengere uitvoering van heronderzoeken
- de functie van boekhouder voor een niet onaanzienlijk aantal cliënten
- onvoldoende huisvesting en daarmee verbonden faciliteiten.

Op rayonniveau worden de meeste beslissingen over cliënten genomen en daar zijn de volgende problemen:

- grote toeloop zonder afspraak en daardoor lange wacht- en doorlooptijden en hoge werkdruk
- groei van het aantal inschrijvingsgesprekken, waardoor er nauwelijks tijd is voor onderzoek in buitendienst
- gebrek aan tijd voor bijscholing van maatschappelijk werkers
- onevenredig tijdsbeslag door de moeilijke gevallen (ca. 20% van het totaal) door ondoorzichtigheid of interpretatievrijheid in de regelgeving
- optreden van fouten bij de toepassing van de regelgeving.

### *Oplossingen door automatisering?*

Met automatisering kan men slechts een deel van de problemen oplossen. Reorganisatie en een andere werkwijze zouden evenzeer nodig zijn. De slechte toegankelijkheid en toepassing van de regels veroorzaken knelpunten. De regelgeving loopt via interne dienstmededelingen zonder gesystematiseerd of homogeen archiveringsprincipe. De formele en informele jurisprudentie is niet systematisch en slecht toegankelijk. De regelgeving in de dienstmededelingen sluit bovendien niet aan bij de beslissingsprocessen.

Van de maatschappelijk werkers is 70% onervaren (minder dan twee jaar in functie), terwijl wel de wens bestaat zoveel mogelijk beslissin-

gen op het laagste niveau te nemen. Daardoor treden vier typen fouten op: onachtzaamheid, interpretatiefouten, niveaufouten en beslissingen op grond van te weinig gegevens. Interpretatiefouten lopen uiteen van het ten onrechte niet tot het ten onrechte wel verstrekken van een uitkering. Daartussen bevinden zich te hoge of te lage uitkeringen en uitkeringen die wel terecht, maar op een verkeerde grond worden toegekend. Bij niveaufouten wordt een correcte beslissing op het verkeerde niveau genomen. Net als bij interpretatiefouten komt dit vooral door een gebrek aan gegevens. Dit rechtvaardigt onderzoek naar mogelijke verbeteringen via een ondersteunend expertsysteem.

#### *Toepassingen van expertsystemen*

Wanneer de voorkeur uitgaat naar ondersteuning bij de besluitvorming, zal het automatiseren van moeilijke regels het meeste effect sorteren. Daarbij moet worden beseft dat moeilijkheid kan worden veroorzaakt door ingewikkeldheid en ondoorzichtigheid, maar ook door interpretatievrijheid van de regels.

Er zijn diverse toepassingen van een expertsysteem denkbaar. Een expertsysteem als medium voor inlichtingen aan cliënten is niet erg aantrekkelijk omdat menige vraag diffuus is. Ook hebben cliënten vaak meer vragen tegelijkertijd die zij zelf niet uit elkaar kunnen halen. Ondersteuning van de ambtenaren bij de besluitvorming is mogelijk, maar dat vraagt herziening van de werkwijze. Gebruik voor opleiding moet systematisch worden onderzocht, maar valt buiten de beperkte reikwijdte van Pees. Wellicht komt er een verschuiving van accenten in de opleiding wanneer voor moeilijke regelingen een expertsysteem kan worden gebruikt.

Het is wellicht aantrekkelijk het systeem te gebruiken ter controle op genomen beslissingen. De reikwijdte zal in dat geval uiteraard breder moeten zijn dan alleen de moeilijke regelingen.

Vereenvoudiging en actualisering van het stelsel van dienstmededelingen kan goedkoper worden door inzet van een 'intelligent' opvraagstelsel. Zo'n systeem kan ook dienen als middel voor communicatie tussen de niveaus in de organisatie, zodat kennis en ervaring met regelgeving en regeltoepassing kunnen worden uitgewisseld.

Tenslotte is ook de wens geuit voor een systeem dat de consequenties van bepaalde beleidsbeslissingen voor groepen uitkeringsgerechtigden kan doorrekenen.

Belangrijk bij de keuze is of het extra werk (intikken van gegevens, wachten op antwoorden) voldoende wordt gecompenseerd door een snellere en betere afhandeling. Aangezien deze vraag uiteindelijk slechts proefondervindelijk is te beantwoorden, zal in de tweede fase van het project ruimte zijn ingebouwd voor een systematische

vergelijking van een prototype van een expertsysteem met een prototype van een semi-intelligent opvraagstelsel. Het stelsel zal in ieder geval aan de volgende eisen moeten voldoen:

- gemakkelijk te actualiseren
- mogelijkheid tot reconstructie van situaties uit het verleden
- beschikking over een goede uitlegfaciliteit
- een aanvullende, adviserende rol spelen
- mogelijkheid van adviezen over het gewenste niveau van afhandeling
- eenvoud in gebruik.

#### *Gereedschappen en integratie*

In het Pees-project zijn gereedschappen beschikbaar voor kennisverwerving en ontwikkeling. Of deze ook voor de operationele fase geschikt zijn, zal men tijdens de evaluatie van de prototypen onderzoeken. Voor de onderhoudsfase is het gewenst dat de taal voor kennisrepresentatie goed toegankelijk is. Voor het opvraagstelsel is er behoefte aan gereedschappen voor natuurlijke taal. Systemen als Intellect (zie 3.5) zijn hiervoor te duur, maar de Universiteit van Amsterdam beschikt in het kader van een Espritproject over bruikbare kennis en gereedschappen.

De ervaring van de laatste jaren wees uit dat integratie van op Lisp gebaseerde expertsystemen met andere programmatuur moeilijk is. Daarom worden sommige expertsystemen thans geschreven of herschreven in C of Pascal. Overdraagbaarheid en doelmatigheid spelen daarbij eveneens een rol. De noodzaak van integratie van Pees met andere toepassingen is vooral gebleken bij het opvraagstelsel. Koppeling met de overige programmatuur van de GSD (bijv. bestanden met cliëntgegevens) moet in een later stadium mogelijk zijn. Dit is nodig om dubbele invoer te voorkomen en om de acceptatie van het stelsel te bevorderen.

#### *Criteria voor de keuze van gereedschappen*

Bij de ontwikkeling van een kennissysteem ligt het accent op de prestaties van de gereedschappen. Uit het bezoek aan het Alvey-project bleek onder andere dat vooral investering in een omgeving die de produktiviteit van de kennisanalisten ondersteunt, belangrijk is. Gebruik van de microcomputer is mogelijk, maar wordt als regel beperkt door de geringe geheugencapaciteit.

De opzet van het project vraagt gereedschappen die kunnen worden gebruikt zonder diepgaande AI-kennis en na een relatief korte opleiding. Lokale ondersteuning door de leveranciers van apparatuur en programmatuur is zeer gewenst. Een algemeen criterium is dat de

gereedschappen passen bij de doelstellingen van de deelnemers in het project en dat de ontwikkelomgeving niet te duur is. Het zou de ontwikkeling vereenvoudigen als gebruik kon worden gemaakt van de krachtigste gereedschappen, vooral van speciale AI-werkstations. Deze geven een veel grotere produktiviteit, zodat het gemakkelijker is alternatieve mogelijkheden of variaties van oplossingen te proberen. De kosten van deze gereedschappen overschrijden echter de begroting van Pees. Men denkt dat men met de gereedschappen (MicroVAX, KES, OPS5) van de deelnemers het project ook wel kan uitvoeren, al worden de risico's daarbij groter.

### *Kosten en baten*

Kosten en baten van het project zijn slechts globaal aan te geven. Door betere toegankelijkheid van de dienstmededelingen neemt bij maatschappelijk werkers de kennis van moeilijke gevallen toe. Daardoor hoeven zij minder vaak een beroep op deskundigen te doen. Betere toegankelijkheid van de dienstmededelingen maakt herziening van de werkwijze mogelijk. Daardoor kunnen meer gevallen met hetzelfde aantal medewerkers worden afgehandeld.

Het is mogelijk het aantal fouten terug te brengen omdat men duidelijker vragen aan een cliënt kan stellen die kunnen leiden tot een beter gefundeerde beslissing.

Een grotere doorzichtigheid van de regelgeving leidt tot minder fouten. De huidige werkdruk op de rayonkantoren kan afnemen met als gevolg een betere werkomgeving, minder verloop en betere motivatie.

Externe kosten en baten zijn moeilijk te bepalen. Zo op het oog lijken er extern geen directe kosten te zijn verbonden aan de invoering van het systeem. Immateriële kosten, zoals minder contact met cliënten, zijn denkbaar, maar gezien het door iedereen erkende, weinig bevredigende niveau daarvan, lijkt verbetering waarschijnlijker dan verslechtering. Verbeterde regeltoepassing kan het merkwaardige effect hebben dat het aantal ten onrechte verstrekte uitkeringen afneemt. Uit het gezichtspunt van de GSD en de premiebetalers is dat een voordeel, maar uit dat van de ontvangers een nadeel!

Externe baten zijn:

- betere dienstverlening door kortere wachttijden en sneller uitsluitel over vragen
- betere beslissingen, minder fouten en minder noodzaak voor bezwaar
- ruimte voor het sociale aspect van de GSD tegenover het imago van uitkeringenfabriek.



*Status (december 1986)*

Het project is uitgevoerd in een aantal deelprojecten. Er zijn prototypen ontwikkeld voor twee gebieden: 'advies aan woningde- lers' en 'advies aan vreemdelingen'. Het eerste prototype is op twee manieren uitgevoerd in KES op een MicroVAX om een aantal invoeringstechnische aspecten van KES te beproeven. Omdat is gebleken dat veel beslissingen over vreemdelingen niet door de GSD, maar door de Vreemdelingendienst worden genomen, is de functiona- liteit van dit systeem nogal beperkt. Het probleem ligt niet zozeer bij de regelgeving, maar meer bij de soms ongebruikelijke aspecten die niet in regels zijn gevangen, bijvoorbeeld een buitenlander die meer dan één vrouw heeft. Met KES is tevens een 'intelligent' opvraagsys- teem ontwikkeld. In het kader van een afstudeeropdracht is onder- zocht of natuurlijke taal kan worden gebruikt. Bovendien is gekeken naar een mogelijke koppeling van een systeem voor natuurlijke taal met KES.

Uit nader onderzoek naar de organisatorische en functionele aspek- ten van de werkwijze bij de GSD blijkt dat men zeer zelden de dienstmededelingen raadpleegt en ook nauwelijks bij collega's te rade gaat. Als echt ingewikkelde toepassingen van de regels nodig zijn, past men bewust of onbewust vereenvoudigingen toe. Dit maakt duidelijk dat aan een losstaand adviessysteem praktisch geen behoefte bestaat. Inmiddels is met de prototypen een aantal praktijkproeven gedaan. De rest van de geplande periode zal worden besteed aan verdere integratie van de tot dusver behaalde resultaten in twee prototypen: het adviessysteem en het 'intelligente' opvraagstelsel. Het onder- zoek naar de functionele en organisatorische aspecten heeft duidelijk gemaakt dat over de modaliteit van een eventueel definitief systeem nog verder moet worden nagedacht.

## 6.7 Unigro

Groothandelsbedrijf Unigro levert aan meer dan 1000 kruideniers- winkels en was van plan dit aantal aanzienlijk te vergroten teneinde zijn omzet te verhogen. Het probleem was echter dat de eigenaars van de winkels onafhankelijke winkeliers zijn, die niet zelf het nodige kapitaal bijeen kunnen brengen. De financiering bestaat meestal uit bankleningen waarvoor de grossier garant moet staan. Iedere nieuwe vestiging betekent een verhoging van de omzet, maar ook een verhoging van het financiële risico. Tot enkele jaren geleden had het bedrijf vier à vijf onderzoekers in dienst die winstgevendende vestigings- punten moesten verkennen en het risico en de omzet moesten berekenen. Zij gebruikten pen, papier, ogen, voeten (om de verkoop-

ruimte van de concurrent te meten) en hun kennis. Om een aantal redenen voldeed deze werkwijze matig. Ieder onderzoek betrof een geval op zich dat daardoor niet vergelijkbaar was met enig ander geval. Hierdoor waren er geen statistieken en kon geen objectieve maatstaf worden geformuleerd voor de kwaliteit van het onderzoek. De eindresultaten waren niet betrouwbaar, omdat de werkwijze tamelijk complex en omvangrijk is. Herberekening of uitwerking van alternatieven was bijna onmogelijk. Tenslotte was men algemeen van mening dat slechts één onderzoeker echt goed was. Maar deze man was 63 en ging over twee jaar met pensioen.

### *Expertsysteem*

Hoe kon men de uitgebreide kennis van deze man zodanig structuren dat opslag en interpretatie door een computer mogelijk waren? De oplossing was samen met deze expert een expertsysteem te bouwen voor ondersteuning van de besluitvorming. Unigro gaf automatiseringsfirma BSO de opdracht zo'n expertsysteem te verwezenlijken. Er waren drie doelstellingen:

- Structurering van het onderzoek zodanig dat onderzoekgegevens en resultaat kunnen worden vergeleken. Opstelling van statistieken om de kwaliteitsnormen voor het onderzoek te verhogen. Mogelijkheid scheppen alternatieve investeringen (winkels) te vergelijken en daaruit de beste te kiezen.
- Automatisering van het proces om het aantal fouten tijdens de berekening en de gegevensinvoer te verminderen.
- Overdracht in korte tijd van alle bewuste (en indien mogelijk ook onbewuste) kennis van de expert naar de organisatie. De bouw van een geautomatiseerd systeem met niet alleen gegevens en ervaringen van de expert, maar ook met zijn redeneervermogen in relatie tot het onderzoek.

### *Aanpak*

Op voorstel van BSO werd het volgende overeengekomen. BSO/Management Support zou samen met Unigro (ongeveer 50/50) een prototype van het vereiste systeem bouwen op een microcomputer van BSO. BSO zou een projectleider en een systeemontwerper leveren, beiden deeltijds. Unigro zou de 63-jarige expert en de toekomstige systeembeheerder als medebouwer leveren. Omdat het prototype grotendeels door de gebruikers zelf zou worden gebouwd, kwam men overeen dat een vijfdaagse cursus deel van het project zou uitmaken. Niet alleen de twee deelnemende personen van de opdrachtgever, maar ook de bedrijfsleiders en de eindgebruikers van het systeem (een groep van 12 personen) zouden aan de cursus

deelnemen. Om de gebruikers bij elke fase van het project te betrekken, bestond de cursus uit gegevensonderzoek, het maken van een prototype en informatie over de daarbij te gebruiken taal APL. APL werd gekozen vanwege het rekenintensieve karakter van de toepassing, de wens om zelf aan de bouw deel te nemen en de gewenste ontwikkelingssnelheid. BSO zou aan de hand van vraaggesprekken de eerste architectuur voor het systeem vervaardigen. Vervolgens kon de gebruiker het systeem aanpassen en herstructuren. Hierna konden BSO en de gebruiker dit proces van denken en bouwen herhalen. Er werden drie stappen gepland. Na goedkeuring van het uiteindelijke prototype was conversie de tweede stap in het programma.

Tijdens de planning wist men nog niet welke computer zou worden gebruikt. Later besloot men tot IBM-PC.

De laatste stap was de invoering van het prototype op de uiteindelijke machine. Deze stap hield in dat procedures werden toegevoegd voor het vaststellen en verbeteren van fouten, aanpas- en opslagmogelijkheden, bepaling van werkwijzen, autorisatie en organisatie. De nadruk moest liggen op flexibiliteit en gebruikersvriendelijkheid van het systeem.

#### *Opzet van het systeem*

Voor de communicatie met de gebruiker viel de keus op dynamische menu's (menu's afhankelijk van tevoren ingetypte gegevens) in combinatie met interactieve gegevensinvoer met correctiemogelijkheden. Flexibiliteit zou in beperkte mate mogelijk zijn.

Een eerste doel was standaardisatie van de werkwijze met behoud van mogelijkheden voor specificatie van door de situatie bepaalde gegevens. Daarom werd de hoofdproductiestroom nauwkeurig vastgesteld. De gebruiker mag slechts de programma's in de substromen (meestal uitvoeropties) wijzigen. Voor alle stromen zijn standaardwaarden beschikbaar. De gebruiker kan in alle stromen standaardwaarden veranderen in specifieke waarden en commentaar op deze wijziging geven.

Daarna ontwikkelde men in zes maanden een modulair systeem, gebaseerd op kennis, gegevens en ervaring van de expert. Het heeft geen leer- of uitlegfaciliteiten. 'Regelaanpassing' is mogelijk voor substromen in het systeem. De systeembeheerder kan door aanpassing van standaardwaarden of regels het gedrag van het systeem veranderen. Lokaal leren werd opzettelijk buiten beschouwing gelaten, omdat dit mogelijk zou leiden tot een uit elkaar groeien van lokale versies van het systeem.

Het systeem werd geheel geaccepteerd door de expert, de directie en de gebruikers en wordt gezien als een vervanger van de expert. Het

kan gemakkelijk worden uitgebreid. De ontwikkelingstijd was kort (zes maanden), de externe kosten waren laag (f 50.000). Het systeem draait op eenvoudige microcomputers. Om de bruikbaarheid en het gebruiksgemak nog te vergroten, hebben de gebruikers van het systeem een aantal wensen geuit die in een volgende versie zijn uitgevoerd.

### *Gebruik*

Het systeem wordt gebruikt door regionale onderzoekers van vestigingsplaatsen in Nederland die vooraf advies geven aan mensen, die overwegen een detailhandel in levensmiddelen te beginnen. Ook wordt het gebruikt door bedrijfsadviseurs, die gevestigde of beginnende detaillisten begeleiden.

Het is de bedoeling dat het systeem in de naaste toekomst wordt gebruikt bij het opstellen van ondernemingsplannen voor Unigro zelf. Het systeem wordt door een groot deel van de regionale onderzoekers intensief gebruikt. Alhoewel het gebruik van het systeem min of meer door hogherhand is opgelegd om uniformiteit in de beslissingen te verkrijgen, stellen de gebruikers het systeem op prijs. Het onderliggende model is geaccepteerd en het gebruiksgemak vindt men in het algemeen goed.

Het onderhoud van de waarden van de normen is eenvoudig en gebruikersvriendelijk. Het onderhoud van het achterliggende detailhandelmodel is moeilijker, omdat daarvoor behalve inhoudelijke modelkennis ook ervaring met APL nodig is. Dit onderhoud is werk voor specialisten. Het onderhoud van de programmatuur wordt vergemakkelijkt door de sterk modulaire opbouw en de onderhoudsvriendelijke wijze van programmering. Hierdoor bleek het goed mogelijk onderhoud te verrichten zonder het zicht op het onderliggende model te verliezen.

## **6.8 PTT**

Het Dr. Neher Laboratorium (DNL) te Leidschendam en sinds oktober 1986 het PTT-Telematica Laboratorium te Groningen zijn de onderzoek- en ontwikkelcentra van de Nederlandse PTT. In deze centra verricht men op voor PTT belangrijke gebieden, in het bijzonder informatica en telecommunicatie en combinaties daarvan, onderzoek op korte en lange termijn en voert men kwalitatief hoogwaardig ontwikkelingswerk uit. In beide laboratoria doet een relatief grote groep medewerkers onderzoek naar expertsystemen en ontwikkelt zij toepassingen.

### *Vorbereidend onderzoek*

De sterk toenemende belangstelling voor AI en vooral voor expertsystemen was in 1984 aanleiding tot het begin van onderzoek naar expertsystemen. Omdat er op dit gebied vrijwel geen ervaring bestond, voerde men eerst een voorverkenning uit om inzicht te krijgen in de mogelijke betekenis van expertsystemen voor PTT en om aan te geven op welke manier verder onderzoek op dit gebied gestalte kon worden gegeven. Behalve het verrichten van studie en literatuuronderzoek werden mogelijke toepassingen van expertsystemen geïnventariseerd bij de onderdelen van PTT. Diverse toepassingen werden in deze aanloopfase reeds geïdentificeerd. De voorverkenning resulteerde in een aantal aanbevelingen voor het uitvoeren van projecten.

### *Onderzoekproject*

Een van de belangrijkste daarvan was een onderzoekproject waarin een expertstelsysteem zou worden vervaardigd. Dit werd als de snelste manier beschouwd om kennis en ervaring op te doen. Voor het laboratorium was het ook van belang onderzoek te doen naar technieken en concepten die bij expertsystemen worden gebruikt. Het onderzoekproject begon in 1985. Men ging uit van een tweeledige doelstelling: er werd naar gestreefd kennis en ervaring op te doen met de vervaardiging van expertsystemen en men zou trachten tot een operationeel expertstelsysteem te komen. Met opzet koos men direct bij het eerste project deze doelstelling, omdat reeds tijdens de voorverkenning was gebleken dat de meeste projecten bleven steken in het prototypestadium en het aantal operationele expertsystemen nog zeer gering was. Geruime tijd is besteed aan het selecteren van een onderwerp voor het onderzoekproject. De randvoorwaarden waaraan de toepassing moest voldoen, waren:

- een grote kans van slagen
- in één jaar te verwezenlijken
- uit te voeren door twee kennisanalisten
- de experts moeten in PTT te vinden zijn
- garantie voor voldoende inzet van de experts
- gebruik van een leeg systeem.

De eerste twee randvoorwaarden waren slechts subjectief te bepalen, de overige waren objectief na te gaan. Tijdens de selectie van het onderwerp bleek dat het voldoen aan de vijfde voorwaarde de meeste problemen opleverde: van de experts werd een inzet van minstens een halve dag per week gevraagd.

Men koos uiteindelijk voor de bouw van een expertstelsysteem dat ondersteuning biedt bij het oplossen van problemen bij tekstverwer-

king, dat wil zeggen problemen met beeldschermen, printers, het aanmaken, wijzigen, archiveren en terughalen van documenten. Gemiddeld twee medewerkers van het DNL voerden het project uit. Door de toch nog grote omvang van het kennisgebied en de geringe beschikbaarheid per deskundige werkten zij met drie experts samen. Men besloot voor dit eerste project gebruik te maken van een eenvoudig leeg systeem waarvan men ook de broncode kon krijgen om voor het uitvoeren van experimenten zelf wijzigingen te kunnen aanbrengen. Gekozen werd voor Delphi-2. Dit lege systeem, ontworpen voor een VAX-omgeving, werd geschikt gemaakt voor een IBM-mainframe. Omdat de VAX anders met de gebruiker communiceert dan de IBM ontstonden op dat gebied problemen. Bij het lege systeem schreef men zelf enige controleprogramma's, die bij de vervaardiging van het kennisbestand onontbeerlijk waren.

Reeds tijdens de ontwikkelfase, maar vooral bij de evaluatie van het prototype bleek dat het karakter van het kennisdomein niet zuiver cognitief was. Voor de oplossing van diverse probleemsoorten zijn fysieke handelingen van de experts nodig, zoals 'inloggen' onder het gebruikersnummer, bekijken van de werkruimte van de gebruiker op de computer, controleren en veranderen van de status van de systeemcomponenten, geven van systeemopdrachten en dergelijke. Het verwezenlijken van zo'n functionaliteit in een expertstelsel viel buiten het bestek van het onderzoeksproject, zodat men niet overging tot de vervaardiging van een operationeel systeem.

Van 1985 af zijn ook diverse onderzoeken begonnen naar technieken en concepten die bij expertsystemen worden gebruikt. Hierbij is aandacht geschonken aan basistechnieken, zoals kennisrepresentatie en inferentiemechanismen, aan lege systemen en andere hulpmiddelen. Een van de onderzoeksprojecten hield zich bezig met een intelligent programma dat het bouwen van een kennisbestand moet ondersteunen ('intelligent rule base editor'). Fouten die zo'n programma moet kunnen opsporen, zijn onderling strijdige regels, kringredeneringen, ontbrekende en overbodige regels. De 'intelligentie' van zo'n programma komt pas goed tot uiting als niet alleen fouten worden opgespoord, maar ook wordt nagegaan hoe ze kunnen worden verbeterd en oplossingen worden gesuggereerd.

Ander onderzoek strekt zich uit van hybride expertsystemen (integratie van regels en frames) die 'situatieframes' gebruiken voor de sturing van het inferentieproces, tot schoolbordsystemen [102] die als flexibele hulpmiddelen voor veel toepassingen van expertsystemen kunnen worden gebruikt. Diverse lege systemen met de zojuist genoemde architecturen zijn in het DNL ontwikkeld. Het onderzoek wordt grotendeels uitgevoerd met de ontwikkelomgeving ART en de talen Prolog en Poplog op VAX-computers en SUN-werkstations.

*Personele aspecten*

Het hier geschetste beeld geeft de aanloopfase weer van de kennis-techniek bij het DNL. Alle activiteiten zijn in en door het DNL uitgevoerd, alleen het onderzoekproject vond plaats in samenwerking met een operationele dienst. Omdat geschoolde en ervaren AI-mensen schaars waren, werkte men met afgestudeerde academici, waarvan sommigen met een informatica-achtergrond, uit het eigen laboratorium. In deze aanloopfase is voor het werken met kennis geen gebruik gemaakt van deskundigen in de cognitieve wetenschappen. Men wil dit in de toekomst wel doen.

Voor een kwalitatief goede kennisanalist is een informatica-opleiding niet vereist, wel een goed tot zeer goed analytisch en communicatief vermogen. Naarmate grotere en complexere expertsystemen worden ontwikkeld, wordt informaticakennis echter wel steeds belangrijker; dit geldt nog sterker voor ervaring. Gebrek hieraan kan niet worden gecompenseerd. Vanwege het gebrek aan ervaren AI-mensen is voldoende ruimte voor studie en oriëntatie in een aanloopfase bijzonder belangrijk. De laboratoriumomgeving van het DNL droeg hiertoe veel bij (dit bijv. in tegenstelling tot een operationele omgeving). Om een goed inzicht te krijgen in omvang, betekenis en stand van de techniek van expertsystemen is het belangrijk aan werkgroepen en conferenties deel te nemen en veelvuldig contact met anderen te onderhouden. Ook moeten voldoende boeken en tijdschriften worden aangeschaft.

*Enkele resultaten*

Kenmerkend voor deze periode is dat het werk niet sterk op toepassing was gericht, maar meer verkennend was. Het meeste leerde men van de uitvoering van het onderzoekproject en de oriëntatie buiten PTT, dat wil zeggen van de bestudering van beschrijvingen van andere projecten en van de bijzonder belangrijke contacten met derden. Enige ervaringsfeiten die hier kunnen worden genoemd, zijn:

- Kennistechniek biedt voor veel bedrijven grote mogelijkheden. Toepassing ervan is echter geen triviale zaak, zeker niet bij echte expertsystemen, die door het unieke, expertachtige karakter van de kennis slechts in een klein aantal kunnen worden gemaakt. Veel meer mogelijkheden liggen er voor kennissystemen, waarvan de kennis een minder expertachtig karakter heeft. In tegenstelling tot expertsystemen, zijn kennissystemen eenvoudiger te verwezenlijken en zijn er eveneens veel toepassingen in een bedrijf mogelijk.
- Een veel voorkomend verschijnsel - in de hand gewerkt door veel en tendentieuze berichten - is dat expertsystemen worden beschouwd als een panacee voor veel problemen. De ervaring leert

- echter dat het slagen van een project over expertsystemen sterk wordt bepaald door de juiste keuze van het probleemdomen. Hierbij speelt de ervaring van de kennisanalist een grote rol. Veel projecten mislukken door de keuze van een ongeschikt domein.
- Het komt vaak voor dat de kosten van het bruikbaar maken en toepassen van kennistechniek worden onderschat. Dit geldt voor het verkrijgen van goede kennisanalisten en voor de ontwikkelkosten van een systeem. Microcomputers bijvoorbeeld zijn slechts geschikt voor een kleine klasse van toepassingen. Voor de wat ingewikkelder toepassingen zijn zij al snel ontoereikend. Dan zijn goede ontwikkelomgevingen en werkstations nodig. Veelal wordt te lang gewacht met de aanschaf van betere hulpmiddelen. In dit opzicht kan met recht worden gesteld dat de bedrijfsleiding pas goed bij kennistechniek is betrokken als daarvoor voldoende tijd en geld beschikbaar worden gesteld.
  - Bij geslaagde projecten over expertsystemen blijkt dat een goede communicatie met de gebruiker één van de factoren tot succes is. Programmatuur daarvoor maakt vaak een derde tot de helft van het totale systeem uit. De ontwikkeling daarvan is, met het expliciet maken van kennis, een van de belangrijkste activiteiten in zo'n project.

#### *Vervolg van het project*

Na de aanloopfase van anderhalf jaar is het onderzoek langzaam overgegaan in de fase van verdere ontwikkeling en uitbreiding. Centraal staat nu de opbouw van een infrastructuur van AI-deskundigen en van middelen (en de ervaring daarmee) voor toepassing van kennistechniek. Tevens zal in deze fase de zorg voor kennisoverdracht naar overige delen van PTT belangrijk zijn. Ook zal worden samengewerkt met het PTT-Telematica Laboratorium, dat sinds eind 1986 AI-activiteiten ontplooit.

Het verdere onderzoek komt in belangrijke mate neer op het uitvoeren van projecten in opdracht van diverse onderdelen van PTT. Deze projecten hebben niet alleen betrekking op PTT-specifieke onderwerpen, zoals transport van informatie, maar ook op managementinformatiesystemen. Op dit gebied onderkent men veel toepassingsmogelijkheden voor kennissystemen. Een van de grotere projecten, uitgevoerd in opdracht van het Directoraat Financiën van PTT, heeft tot doel een kennissysteem te ontwikkelen dat een financiële analyse van de bedrijfssituatie ondersteunt.

Een ander onderzoek behelst de voortzetting van een onderzoek naar schoolbordsystemen. Door hun speciale architectuur zijn deze systemen bij uitstek geschikt voor het maken van prototypen voor een



breed gebied van toepassingen. De onderzoekingen hebben reeds geleid tot de ontwikkeling van een leeg schoolbordsysteem ('black-board shell'). Om de bruikbaarheid van dit systeem te vergroten, is meer onderzoek en ontwikkeling nodig naar parallelle verwerking. Een parallel schoolbordsysteem is bijvoorbeeld zeer geschikt voor simulatie. Een van de nieuwe projecten zal zich met robotsimulatie bezighouden.

Bij deze projecten zal slechts voor een deel van microcomputers gebruik worden gemaakt. Het merendeel van het onderzoek zal men verrichten op werkstations (SUN) en VAX-computers met gebruik van ART en Poplog. Wel streeft men er naar de operationele systemen zoveel mogelijk op microcomputers op te leveren. De systemen worden ontwikkeld via prototypen (zie hoofdstuk 5). De grote diversiteit aan projecten geeft de overtuiging dat deze aanpak geruime tijd overheersend zal blijven.

## 6.9 Nederlandse Spoorwegen

Enkele medewerkers van de afdeling Technische Ondersteuning en Advies (TOA) van de 'automatiseringsdochter' van NS, het Centrum voor Informatieverwerking CVI, kregen in 1982 belangstelling voor AI en kennissystemen.

In 1983 kwamen zij met een voorstel bij wijze van proef met een expertstelsel een intelligente thesaurus te ontwikkelen om de toegankelijkheid van elektronische documentatie (handboeken, reglementen enz.) te vergroten. Dit voorstel werd doorgeschoven naar het bedrijfsplan 1985 omdat toen de kosten van lege systemen hoog (ca. f 300.000) waren. CVI/TOA bleef de ontwikkelingen in AI en kennissystemen volgen.

In maart 1985 zocht de chef van het bureau Internationale Goederentarieven contact met de betreffende CVI-deskundigen. Deze zat met een expert-probleem. Het bleek steeds moeilijker de kennis van en de ervaring met internationale spoorweggoederentarieven in stand te houden. Diverse pogingen deze problemen met klassieke automatisering op te lossen, waren – ook bij buitenlandse spoorwegmaatschappijen – gestrand. Deze chef had iets gelezen over expertsystemen en vroeg of daarmee zijn probleem kon worden opgelost. In april 1985 begon een kort onderzoek naar de toepasbaarheid van expertsystemen voor NS in het algemeen en het probleem goederentarieven in het bijzonder. Dit was het officiële begin van het onderzoek naar expertsystemen bij NS en CVI. De conclusie van dat onderzoek was dat expertsystemen op termijn nuttig zijn en dat het probleem goederentarieven hoogstwaarschijnlijk met een expertstelsel zou kunnen worden opgelost.

In september 1985 begon het project Tariefinformatie. Als ontwikkelomgeving koos men voor het lege systeem Delfi-2 van de Technische Universiteit Delft en een IBM-PC. Aan het project werken tariefexperts, een kennisanalist van de Technische Universiteit Delft en één van het CVI mee.

### *Internationale goederentarieven*

Het bureau Tariefinformatie van NS verstrekt klanten inlichtingen over (inter)nationale wagenladingtarieven (Europa en Midden-Oosten). Ondanks pogingen van NS het tariefstelsel te vereenvoudigen, is het nog steeds complex. Er zijn binnentarieven per land, bilaterale transitstarieven (bijv. Oostenrijks-Joegoslavische), vereenvoudigde verbandstarieven (bijv. Nederlands-Franse), speciale tarieven (bijv. containertarief en EGKS-tarief) enz. Bij elkaar zo'n acht meter boekwerken.

Omdat vaak uit verschillende routes kan worden gekozen, zijn er ook meer tarieven mogelijk. Elk tarief bevat onder andere een hoofdstuk toepassingsvoorwaarden, dat aangeeft welke goederen, wagentypen en vervoerswijzen van het tarief zijn uitgesloten. Tariefinformatie houdt veel meer in dan het verstrekken van prijsopgaven. Het is meer het geven van vervoersadvies aan potentiële verladers. De volgende activiteiten (met tussen haakjes de daarvoor nodige kennis) vinden plaats:

- Bepaling van de geschiktste vertrek- en aankomststations, gegeven de werkelijke afkomst en bestemming van het goed (topografische kennis).
- Classificatie van het goed. In het internationale vervoer moet het goed volgens een gedetailleerde standaard worden gecodeerd. Inlands hout heeft een andere code dan tropisch hout en rond hout heeft weer een andere code dan vierkant bezaagd hout! (warenkennis/goederenkennis).
- Wagenkeuze in combinatie met gewicht. De karakteristieken van het goed en de beschikbaarheid van wagens zijn de belangrijkste criteria. Het internationale spoorweggoederenvervoer kent ruim 3000 wagentypen (wagenkennis).
- Keuze van het toe te passen tarief (tariefkennis).
- Vrachtprijsberekening voor één of meer routes (tariefkennis).

Het duurt een jaar voordat een NS-medewerker is opgeleid tot tarifeur. De instandhouding van deze deskundigheid bij verandering van functie en ontslag is een organisatorisch probleem. Dit komt vooral omdat het aantal inlichtingen naar vrachtprijzen terugloopt door de verschuiving van het aanbod van wagenladingen naar treinladingen (bedrijfspolitiek).

*Het expertsysteem tariefinformatie*

In drie maanden bouwde men een prototype. Dit expertsysteem bepaalde op basis van de vervoersrelatie land van vertrek en aankomst en de voorwaarden van de tarieven het toe te passen tarief of de tariefcombinatie. Omdat reeds veel gegevens in het systeem zaten die nodig waren voor tariefkeuze en toetsing aan toepassingsvoorwaarden, besloot men ook de berekening van tarieven aan het systeem toe te voegen. Dit betekende dat bestanden (Europese spoorwegtopografie) aan het expertsysteem moesten worden gekoppeld en dat een route-algoritme moest worden ontwikkeld die een willekeurig aantal routes van het ene Europese station naar het andere kan doorrekenen.

Omdat men van een gebruiker onmogelijk kan verwachten dat hij altijd de juiste buitenlandse spelling van plaatsnamen kent (Scandinavisch, Tsjechisch, enz.) moest men ook een programma voor woordherkenning en een spellingcorrector ontwikkelen. Parallel begon een onderzoek naar de mogelijke toevoeging aan het expertsysteem van goederenclassificatie (vooral een linguïstisch probleem) en wagenkeuze (een perceptieprobleem). Deze twee subsystemen zijn op zich al volwaardige toepassingen van expertsystemen.

*Huidige situatie*

In 1987 hebben enkele gebruikers het systeem beproefd. Bij de ontwikkeling van de subsystemen goederenclassificatie en wagenkeuze maakt men belangrijke vorderingen. De redeneringsprincipes van beide systemen zijn grotendeels blootgelegd. De grote vraag is of uitputtende vastlegging van de grote hoeveelheid benodigde warenkennis voor beide systemen rendabel is.

De filosofie achter het systeem is dat minder- en zelfs niet-deskundigen een expertsysteem slechts zinvol kunnen gebruiken als dat systeem het kennisniveau en taalgebruik van de gebruiker kent. Het systeem spreekt tot de verbeelding en trekt de nodige aandacht in de vervoerswereld (buitenlandse spoorwegmaatschappijen, expediteurs, bedrijven uit andere takken van vervoer) en in de AI-wereld (universiteiten, leveranciers).

Het bijzondere van het project tariefinformatie is dat er wordt gestreefd naar een operationeel systeem in 1987 zonder een langdurige laboratoriumfase. Ook de combinatie in één systeem van een grote hoeveelheid domeinkennis, de aansluiting aan grote gegevensverzamelingen, het routeprobleem, drie keuzeproblemen en aspecten van natuurlijke taal is uniek.

*Vervolg AI-onderzoek*

De AI-onderzoeksgroep is in 1986 uitgebreid tot vijf personen. Het project Tariefinformatie is nog steeds in volle gang. Er zijn diverse experimentele prototypen gebouwd om ervaring op te doen. Begin 1987 begon men met een tweede toepassing van inlichtingen aan reizigers. Mogelijke deeltoepassingen zijn het goedkoopste kaartje en inlichtingen over nationale en internationale dienstregelingen. Deze toepassing wordt ontwikkeld met Acquaint en Lisp.

Voor CVI zelf zijn mogelijke toepassingen de keuze van apparatuur en programmatuur voor een project, de fijnregeling van de grote computers en een intelligente thesaurus. Behalve met de bouw van expertsystemen is de projectgroep bezig met:

- onderzoek naar beschikbare apparatuur en programmatuur
- voorlichting
- ontwikkeling van een cursus AI- en expertsystemen
- studie en onderzoek naar kennisrepresentatie
- aanwijzing van potentiële toepassingsgebieden
- beschrijving van een methode van kennisverwerving
- vaststelling van de technische, organisatorische en financiële consequenties van ontwikkeling, gebruik en onderhoud van expertsystemen
- beleidsvoorbereiding.

NS en CVI onderkennen het grote potentiële belang van kennissystemen. Menselijke kennis en ervaring vormen de hoeksteen van een bedrijf. Daarom is programmatuur die deze kennis in stand kan houden en verspreiden belangrijk. Uiteraard moet CVI als producent van programmatuur op deze ontwikkelingen inspelen. Maar men beseft ook dat AI- en expertsystemen nog in de kinderschoenen staan. De huidige generatie expertsystemen – hoe nuttig overigens ook – vertoont nog veel tekortkomingen. Daarom is men nog terughoudend met investering in mensen en middelen. Men wil klaar staan als over enkele jaren de echte doorbraak komt.

## 6.10 Rijkswaterstaat

In een estuarium is de bodem voortdurend in beweging. Door weersveranderingen, langzame geologische veranderingen en hydrodynamische processen blijft een estuarium onderworpen aan een bepaalde dynamiek. Het gevolg hiervan is dat stroomgeulen zich regelmatig verleggen en dat de oevers van deze geulen voortdurend bloot staan aan sterk wisselende aanvallen door stroming.

In gebieden die bewoond zijn of intensief in cultuur zijn gebracht,

heeft de mens deze dynamiek proberen te beteugelen door de aanleg van dijken, het afsluiten van geulen en het vastleggen van oevers. De provincie Zeeland is hiervan een sprekend voorbeeld. Omdat dit niet altijd even succesvol is geweest, werden er regelmatig nieuwe dijken gebouwd. Ook bleken inlaagdijken (slaperdijken) nodig, omdat de erosie van de oever niet te stuiten was.

Al vroeg zagen de oeverbeheerders in dat een goed werkend meetsysteem noodzakelijk is. Halverwege de vorige eeuw begon men regelmatig de oevers te peilen. Langs alle oevers is een meetnet uitgezet. Min of meer loodrecht op een vaste lijn langs de oever (de hoofdtraai) is een aantal vaste meetraaien gedefinieerd. In deze raaien wordt een of twee keer per jaar op vaste afstanden (meestal om de 5 of 10 meter) de diepte gepeild. Vroeger gebeurde dat met een handlood uit een roeiboot. De afstand uit de hoofdtraai werd bepaald met een afstandsdraad, de richting met twee palen op de oever. Tegenwoordig gebeurt dit met zeer wendbare schepen, voorzien van echolood, elektronische plaatsbepaling en geautomatiseerde metingen. Het produkt is in grote lijnen gelijk gebleven. De raaistaat van 1807 en die van 1985 hebben dezelfde vorm. Het grootste verschil is dat de kroontjespen is vervangen door een computeruitdraai.

Aan de hand van deze gegevens besluit de oeverbeheerder tot het nemen van maatregelen. Kosten deze veel geld, dan heeft de beheerder (meestal is dat een waterschap) recht op een financiële bijdrage van rijk en provincie. De beheerder moet de subsidieverleners wel overtuigen van de noodzaak. Bovendien zal provinciale waterstaat als toezichthouder op de waterschappen willen nagaan of de nodige maatregelen tijdig worden genomen. Het gevolg is dat alle peilingen door drie instanties worden beoordeeld. Omdat er in Zeeland zo'n 5000 meetraaien zijn, kost dat veel werk. Het probleem bij deze beoordeling is dat men niet eenduidig door een eenvoudige formule kan bepalen of bestorting nodig is.

#### *Vormen van erosie*

Een oever kan eroderen door gelijkmatige oevererosie, afschuiving en zettingsvloeiing. Al deze vormen van oevererosie zijn toelaatbaar, zolang de zeewering niet wordt aangetast. Bij de beoordeling van een oever moet worden nagegaan of er bij de huidige ligging van het profiel in de nabije toekomst kans bestaat op erosieschade aan de zeewering. Voor het berekenen van de gelijkmatige erosie maakt men gebruik van regressie-analyse. Ieder jaar wordt de oever gepeild en met deze peilgegevens kan men regressielijnen berekenen. Meestal kan worden volstaan met lineaire regressie.

Een probleem hierbij is dat de regressielijn soms knikken maakt. Deze

trendbreuken kunnen het gevolg zijn van een verandering van de grondsoort, een wijziging in het stroombeeld, uitvoering van werken in de omgeving, enz. In sommige gevallen kan zo'n trendbreuk worden voorspeld, maar de mate van verandering in de trend is slechts zelden vooraf te berekenen. De spreiding van de afzonderlijke meetpunten is vaak erg groot. Hierdoor kan men moeilijk bepalen of een afwijking van de regressielijn het eerste teken van een trendbreuk is of slechts een extreem punt in de ruis. De gelijkmatige erosie is dus niet altijd gelijkmatig en vrijwel nooit het maatgevende criterium voor kans op schade. Meestal is dat afschuiving of zettingsvloeiing. Voor de berekening van deze beide mechanismen moet men echter uitgaan van het profiel in de nabije toekomst, dat met de geschetste regressiemethoden wordt bepaald. Voor het bepalen van een afschuiving bestaan vrij nauwkeurige, grondmechanische berekeningsmethoden. Die gaan er echter van uit dat de grondparameters en de waterspanningen bekend zijn. Helaas zijn deze zelden voldoende nauwkeurig bekend.

Het berekenen van een zettingsvloeiing is helaas nog niet mogelijk. Langs de Zeeuwse oevers is dit echter het gevaarlijkste erosiemechanisme, dat vrij uitgebreid optreedt en tot aanzienlijke schade leidt. Het gevolg van een zettingsvloeiing is een oeverval of een dijkval. Voor het ontstaan van een zettingsvloeiing is behalve de neiging tot zetten ook een bepaalde randgeometrie vereist. Er moet een zekere initiële taludhelling zijn, zodat verweekt zand in beweging kan komen of vloeien. Zand is gevoelig voor zettingsvloeiing als het onder invloed van een bepaalde spanningsverandering kan verweken en afvloeien.

#### *De beoordeling*

Bij het beoordelen van een oever zal men dus in eerste instantie naar de taludhelling kijken. Na onderzoek van vroeger opgetreden vallen houdt men als vuistregel een helling van 1 : 3 aan en een minimale hoogte van 5 meter. Bovendien moet er op de plaats van het steile traject een laag zijn die gevoelig is voor zettingsvloeiing (losgepakt zand). In de praktijk blijkt dat jong zeezand en soms ook oud wadzand hieraan kunnen voldoen. Als men een oever potentieel gevoelig vindt voor zettingsvloeiing, kan men met ervaringscijfers vastgelegd in vuistregels, een schatting maken van de maximale inscharing van de val. Vervolgens gaat men na of er in het potentiële valgebied zeeweringen of andere constructies zijn. Is dat het geval, dan moet men maatregelen nemen.

In de meeste gevallen legt men dan de oever vast door zinkwerken aan te brengen of te bestorten. Grote delen van de Zeeuwse oevers zijn inmiddels zo verdedigd. Benadrukt moet worden dat zo'n bescherming een zettingsvloeiing of afschuiving niet kan voorkomen. De

bescherming zorgt er alleen voor dat er geen conditie optreedt (steile helling) waarbij afschuiving en zettingsvloeiing mogelijk zijn.

Ook de vastgelegde oevers blijft men bewaken. Dat is nodig omdat er altijd schade aan de verdediging kan ontstaan. Inspectie van de verdediging zelf is niet als routine uit te voeren. Bij bestortingen kan de stroom de losse stenen toch in beweging brengen en zo de bescherming langzaam opruimen. Op plaatsen waar zo de bestorting te dun is geworden, kan weer erosie optreden met kans op versteiling en dus kans op afschuiving of zettingsvloeiing.

Ook aan zinkwerk kan schade optreden. Door ankers of slechte uitvoering kunnen er gaten in komen, waardoor zand onder het zinkstuk kan wegvloeien. Ook kan het gebeuren dat de stroom de randen van een zinkstuk omklapt en het zand bloot komt te liggen. Treden diepteveranderingen op op plaatsen waar een bescherming hoort te liggen, dan controleert men nauwkeurig of er geen meetfouten zijn gemaakt. Als dit niet het geval is, geeft men meestal opdracht tot duiken. De duiker gaat dan (vaak op de tast) na wat er op de bodem ligt door met een visiteerijzer in de grond te prikken. Zo kunnen dikten van zandlagen en dergelijke worden bepaald. Met de verkregen peilgegevens en het duikeronderzoek besluit men of er aanvullende bescherming moet worden aangebracht.

### *Onbetrouwbaarheden*

De beoordeling van oevers is een vrij eenduidig proces, maar er zijn twee grote problemen:

- de vuistregels voor het bepalen van de omvang van een potentiële zettingsvloeiing zijn niet meer dan vuistregels; de voorspellende waarde ervan is laag
- de basisgegevens die voor toepassing van de vuistregels nodig zijn, zijn onbetrouwbaar.

Dit laatste verdient nog enige uitwerking. Belangrijke parameters zijn de geometrie van de oever, de toestand van de bescherming en de samenstelling van de grond. De eerste twee variëren in de tijd, de laatste doet dat niet. De geometrie is redelijk goed meetbaar, maar vrij moeizaam te voorspellen door de grote ruis in de waarnemingen. De toestand van de bescherming is alleen globaal te bepalen (een duiker ziet niet veel en kijkt alleen de oppervlakte van de bodem). De samenstelling van de grond is met boringen zeer nauwkeurig te bepalen, maar zo'n boring is duur en daardoor is het aantal waarnemingspunten meestal beperkt. De betrouwbaarheid van de invoerparameters is dus nogal verschillend.

Momenteel werkt men vrij subjectief door de parameters met de beschikbare gegevens te schatten, de vuistregel toe te passen en het gevonden getal aan de hand van ervaring te corrigeren. Deze ervaring

slaat zowel op de onbetrouwbaarheid van de vuistregel als op die van de invoerparameters. Aspecten die dan gaan meespelen, zijn bijvoorbeeld:

- er is in dit gebied nog nooit een val gevallen
- door het potentiële valgebied liep vroeger een dijk, de grond hieronder is verdicht en zal de val wel afstoppen
- door bestorting in de buurt heeft de versteiling een tijdelijk karakter
- omdat er een zogenaamde spekkoevlaag in een boring is aangetroffen, concludeert men dat er vroeger een val is gevallen
- omdat er een bepaalde veensoort onder de spekkoevlaag wordt aangetroffen, concludeert men dat de vorige conclusie onjuist is
- omdat de duiker in een zandlaag zeeanemonen van 5 cm heeft aangetroffen, vindt er niet veel aanzanding plaats
- omdat de peilraai ongeveer samenvalt met de rand van een bescherming treedt een grote spreiding in de jaarlijkse peilingen op.

#### *Beperkte ervaring*

De waterschappen beoordelen de oeverpeilingen het eerst. Zij beschikken over veel ervaring op hun gebied, maar die ervaring is sterk beperkt bij mechanismen die weinig bij hun kusten voorkomen. Bij provinciale waterstaat en het rijk zijn de ervaringen minder gedetailleerd en bestrijken een breder gebied.

Omdat de beoordeling van een oeverpeiling vaak financiële consequenties heeft, vinden er regelmatig discussies plaats tussen deze diensten over de beoordeling van een bepaalde situatie. Omdat de beoordeling vaak een aantal impliciete, subjectieve conclusies bevat, zijn de discussies tussen de diensten vaak 'oeverloos'.

Het is daarom zinvol de kennis over de oeverbeoordeling van de diensten expliciet te maken en vast te leggen in beslisregels. Als tevens het besluitvormingstraject is vastgelegd, kunnen conflicten tussen de diensten worden gespecificeerd naar onderdelen van beslisregels. Dit maakt de discussie objectiever en voorkomt een welles-nietes-situatie.

#### *Expertsysteem*

Omdat de beoordeling van een oever een relatief beperkt kennisgebied is met een zeer beperkt aantal eindconclusies (wel of niet bestorten) en de besluitvorming plaatsvindt met onbetrouwbare gegevens, werd de wens geuit een expertsysteem te laten maken voor het expliciet en objectief maken van de besluitvorming. Bij Rijkswaterstaat had men op dat moment geen kennis over expertsystemen. Na een globale inventarisatie van de mogelijkheden besloot men een



demonstratiesysteem te ontwikkelen met de volgende, vrij simpele eisen aan de gereedschappen:

- levering en ondersteuning door een Nederlands bedrijf
- Nederlandse gebruiksaanwijzing
- gebruik van reeds aanwezige apparatuur (een HP 150 microcomputer en een HP 1000 minicomputer)
- relatief goedkoop (omdat het een eerste stap is)
- geen al te gecompliceerde werking.

Op grond van het bovenstaande koos men voor Sage van SPL. Hiermee is inmiddels het demonstratiesysteem Nehalennia ontwikkeld. Dit systeem vraagt naar de geometrie en de grondgesteldheid en besluit dan met vuistregels of bestorting nodig is en (als die aanwezig is) of de bestaande bestorting voldoende dik is. Momenteel werkt men aan een koppeling van Nehalennia met een bestand waarin de peilingen zijn opgeslagen. Deze versie van het expertsysteem moet nieuwe peilingen snel bekijken en daarna selecteren bij welke profielen een gedegen beoordeling nodig is.

Verwerving van kennis gebeurde tot nu toe vrij simpel. Dat komt omdat het systeem is gebouwd door dezelfde afdeling die ook voor Rijkswaterstaat de beoordeling van peilingen uitvoert. Bovendien staan er alleen vuistregels in het systeem. In de volgende fase moet men regels invoeren die grondgegevens van boringen en duikrapporten kunnen verwerken en interpreteren. Kennis daarover kan men verwerven door gesprekken met experts. Het systeem heeft in de zomer van 1986 proefgedraaid bij de afdeling Oeverbeoordelingen van de directie Zeeland van Rijkswaterstaat.

## 6.11 BSO/Buro voor Systeemontwikkeling

*AI: een logische stap verder*

De opkomst van AI roept bij sommigen de vraag op of de computer onze creativiteit zal doden. Anderen vrezen dat de mens uiteindelijk door de computer zal worden geregeerd. Maar op de keper beschouwd zijn AI-systemen niet meer dan een volgende logische stap in de ontwikkeling van programmatuur.

Bij de oudste programma's waren (bewerkings)regels en (feiten)kennis volledig verstrengeld en voor de gebruiker ontoegankelijk geprogrammeerd. Toepassing van gestructureerde programmeringstechnieken en 'databasemanagement'-systemen hebben gezorgd voor scheiding tussen regels en kennis, waardoor gegevens (kennis) voor de gebruiker zichtbaar worden.

Bij AI-systemen vindt een nog strengere scheiding plaats tussen beide;

de kennis wordt opgeslagen in een kennisbestand dat voor de gebruiker volledig toegankelijk en inzichtelijk is. Dergelijke systemen kunnen ook bij zeer complexe problemen de totale benodigde informatie overzien en zowel beproefde kennis uit diverse vakgebieden als recente ervaringskennis in zich bundelen. In optima forma zullen dergelijke systemen ook kunnen 'leren'. Dat wil zeggen dat 'ervaringen' van het systeem de aanwezige kennis min of meer automatisch actualiseren en uitbreiden. Zo'n systeem kan ook vaak sneller en gemakkelijker worden geraadpleegd dan een menselijke expert en de aanwezige kennis is vrij eenvoudig te dupliceren.

#### *Te hoge verwachtingen*

Overdreven positieve verhalen over AI die meer met 'science fiction' dan met wetenschap hebben te maken, hebben niet alleen de verwachtingen te hoog gespannen, maar ook de discussie over de mogelijke gevaren van AI danig vertroebeld. In tegenstelling tot wat vele publikaties ons enkele jaren geleden al wilden doen geloven, komen de eerste AI-systemen nu pas beschikbaar (1986). Het aantal werkende AI-systemen is nog gering en zelfs de fraaiste zijn nog verre van perfect. AI vereist een geheel andere architectuur dan de huidige computersystemen. De ontwikkeling van de programmatuur vraagt een totaal andere benadering dan de meeste programmatuurexperts gewend zijn. Niet minder belangrijk is dat omzetting van menselijke kennis in computerprogrammatuur een nieuw soort deskundigen vereist die psychologische kennis paren aan kennis van automatiseringstechnieken om als tussenpersoon tussen domein- en automatiseringsdeskundige te kunnen optreden.

Toch zijn de verwachtingen ook in wetenschappelijke kring hoog gespannen. Op dit moment werkt men in de Verenigde Staten en Japan, maar ook elders aan de verdere ontwikkeling en toepassing van commerciële AI-systemen. Men verwacht dat de markt de komende vijf jaar zal vertienvoudigen. Volgens sommigen zal de groei zelfs nog groter zijn.

#### *AI in Nederland*

BSO/Buro voor Systeemontwikkeling beschikt als één van de weinige Nederlandse automatiseringsfirma's over een onderzoekbudget van enige omvang. Dat wordt grotendeels gebruikt voor de ontwikkeling van het computervertaalprogramma DLT (Distributed Language Translation, zie hoofdstuk 7).

Om een tekst automatisch van de ene in de andere taal te kunnen vertalen, moet het systeem niet alleen de vertaling van alle woorden kennen, maar ook de betekenis van synoniemen en homoniemen in

een bepaalde context. DLT zal bij een woord met meer dan één betekenis meestal de juiste vertaling uit de context kunnen herleiden. Gaat dat niet, dan zal het systeem de gebruiker een aantal voorstellen doen. De computer zal de keuze voor een bepaald woord in een bepaalde context 'onthouden' en in voorkomende gevallen opnieuw deze vertaling voorstellen. Zodoende wordt de kennis van het systeem voortdurend uitgebreid.

Behalve het in ontwikkeling zijnde DLT, maakte BSO ook andere AI-systemen, onder andere voor ruimtevaartprojecten (Meteosat). Internationaal trekt het AI-systeem Pims, dat wordt gebruikt bij het leiden van projecten, grote aandacht (zie hoofdstuk 7). Met deze systemen behoort BSO tot de weinige Nederlandse automatiseringsfirma's met een behoorlijke ervaring in AI.

BSO investeert in eigen AI-onderzoek. Het bedrijf verwacht dat toepassing van AI op korte termijn belangrijker zal worden en dat over niet al te lange tijd AI-systemen normale hulpmiddelen zullen zijn. Het bedrijf wil zich vroegtijdig met die ontwikkelingen bezig houden en heeft een groep specialisten gevormd die – deels op commerciële basis – AI-systemen onderzoeken en ontwikkelen. Interne opleidingen moeten ervoor zorgen dat ook de andere medewerkers op de hoogte blijven. Men heeft inmiddels de nodige praktische ervaring met AI-systemen opgedaan. Daarbij valt op dat de meeste ervaringen positief zijn; men constateert vermindering van routinewerk, verrijking van de taak bij bepaalde werkzaamheden en op den duur een vaak vereenvoudigde hiërarchische structuur in de organisatie, wellicht mede veroorzaakt door een verbeterde verdeling van taken. Anderzijds valt ook op dat de kennis van de mogelijkheden van AI nog gering is en dat men ook bij organisaties met redelijke automatiseringskennis inderdaad vaak te hoge verwachtingen koestert. De kosten daarentegen worden vaak te laag geschat. Het verzamelen van de nodige kennis blijkt voor de AI- en de domeindeskundige arbeidsintensiever te zijn dan men denkt en de domeindeskundige maakt veel meer gebruik van ervaringskennis dan algemeen wordt aangenomen.

#### *Angst niet gerechtvaardigd*

Angst voor AI-systemen is weliswaar begrijpelijk (vrijwel iedere nieuwe techniek vervult groepen in de samenleving met angst), maar niet gerechtvaardigd. Onbekendheid maakt dat men bang is door AI te worden geregeerd. Ook is er – evenals bij discussies over de gevolgen van de automatisering – twijfel over de werkgelegenheid en de moreel-ethische aspecten. Alhoewel de gevolgen van gebruik van AI-systemen op de werkgelegenheid nog niet zijn te becijferen, zullen deze niet wezenlijk verschillen van de invoering van automatisering of

oudere technieken. Uiteraard zal de invoering van AI op bepaalde plaatsen leiden tot uitstoot van arbeidsplaatsen, maar anderzijds zullen de flexibelere produktietechnieken en de toenemende mogelijkheden voor produkt vernieuwing ook werkgelegenheid scheppen. Naar verwachting zal het saldo uiteindelijk niet negatief zijn, hooguit kan er op een bepaald tijdstip tijdelijk een onbalans ontstaan.

Wat de moreel/ethische kant betreft, ligt de zaak even eenvoudig als voorheen: nieuwe technieken kunnen altijd ten goede en ten kwade worden gebruikt. Dat was zo, dat is zo en dat zal altijd zo blijven, maar dat mag geen reden zijn de technische vooruitgang tegen te houden of te remmen. En waar nieuwe mogelijkheden tot sociaal ongewenste gevolgen konden leiden, heeft de maatschappij over het algemeen gereageerd met adequate regelgeving.

#### *Zal AI de wereld regeren?*

Sinds de computer werd ontwikkeld, is men bang dat AI de wereld gaat regeren en dat de computer intelligenter wordt dan Homo Sapiens. Het elektronisch superbrein dat meer weet dan de mens, alles beter weet en de mens de baas is, zal waarschijnlijk blijven thuishoren in 'science fiction'-romans. Tot nu toe gaat het om niets anders dan grote automaten. Deze beschikken weliswaar over veel gegevens (kennis), maar die hebben betrekking op een zeer klein deel terrein. Omdat koppeling van deze specialistische kennis voorlopig onoverkomelijke problemen zal opleveren, mag men niet verwachten dat super-AI binnenkort realistisch zal zijn.

---

## 7. Systemen en projecten

### 7.1 Inleiding

Er zijn vele kennissystemen voor de dienstensector ontwikkeld en in ontwikkeling. In dit hoofdstuk wordt een aantal representatieve systemen en projecten kort beschreven. Daarbij is gekozen voor kennissystemen, prototypen en projecten in veelbelovende toepassingsgebieden. Sommige projecten hebben niet tot doel een kennisstelsel te ontwikkelen voor daadwerkelijk gebruik. Zo worden in de projecten in het kader van Esprit gebieden verkend waarin eventueel later systemen kunnen worden ontwikkeld en gebruikt.

De Werkgroep Expertsystemen Asi is in 1987 begonnen met een inventarisatie van in Nederland gebruikte systemen. Rapportage wordt in de loop van 1988 verwacht. Een uitgebreide lijst van systemen en projecten, alsmede adressen van bedrijven en organisaties is opgenomen in Bijlage D. Daarin zijn slechts enkele projecten opgenomen van universiteiten. Hoewel er veel meer zijn, zijn deze gekozen omdat erin wordt gewerkt aan de ontwikkeling van systemen voor daadwerkelijk gebruik. In het tijdschrift Kennissystemen wordt regelmatig ook op ander universitair onderzoek ingegaan.

#### *Gebruik van kennissystemen*

Meestal zijn er bij het gebruik van kennissystemen in de dienstensector drie partijen: de klant, het kennisstelsel en de gebruiker van het systeem. De laatste, degene die de klant te woord staat, brengt de wensen van de klant in het systeem en verwerkt de resultaten tot een advies, een offerte of een andere dienst. Soms is daarvoor consultatie van het kennisstelsel niet nodig, in andere gevallen is dat essentieel. Er zijn ook systemen die worden gebruikt zonder dat de klant daarbij aanwezig is. Dergelijke kennissystemen ondersteunen de secundaire processen in een organisatie, zoals financiële planning en automatisering.

Systemen dicht bij de klant, zoals balie-adviessystemen, ondersteunen primaire processen. Daarmee kunnen de geboden diensten optimaal worden aangepast aan de individuele klant. Bij dit soort toepassingen staat distributie van kennis voorop. Kennissystemen kunnen daarmee leiden tot uniformering van het beoordelingsproces, zodat de klant minder afhankelijk is van de deskundigheid van degene met wie hij te

maken heeft. Daardoor weet de klant dat zijn situatie eerlijk is beoordeeld. De gebruiker weet dat hij geen details over het hoofd heeft gezien en dat hij het in zijn kennissysteem vastgelegde beleid heeft uitgevoerd. Ook dient het systeem de gebruiker tot instrument om moeilijke gevallen mee op te lossen. Dat betekent dat echt maatwerk vaker tot de mogelijkheden gaat behoren. Iedere klant kan de best passende oplossing krijgen.

Een ander gebied is dat van management. Sommige taken in een organisatie zijn dermate complex, dat ze niet goed splitsbaar zijn in deeltaken die los van elkaar kunnen worden uitgevoerd. Instrumenten die een dergelijke complexiteit kunnen hanteren, kunnen in zo'n geval uitkomst bieden. De eerste kant en klare kennissystemen die op de markt verschenen, hebben een dergelijke toepassing. Tot deze categorie behoort PlanPower, dat wordt gebruikt bij financiële planning.

In de praktijk gaat het onderscheid tussen systemen dicht bij de klant en systemen binnen in de organisatie niet altijd op. Veel systemen kunnen op diverse plaatsen worden ingezet. Het systeem 'Le Courtier', dat adviseert over beleggingen, kan zowel worden geraadpleegd door klanten van een bank, als door bankdeskundigen die klanten adviseren of bankbeleid uitstippelen.

Ook zijn er systemen die worden toegepast zonder dat daar mensen bij betrokken zijn. Dergelijke systemen zijn vaak 24 uur per etmaal actief. 'Ace' bewaakt zelfstandig een telefoonnetwerk en rapporteert aan de storingsdienst. 'Telex Reader' vertaalt 's nachts binnenkomende telexen. Dankzij dergelijke systemen kan meer werk worden verzet en kunnen bepaalde diensten ook buiten kantooruren worden aangeboden. Zo kunnen kennissystemen in de dienstensector niet slechts betere producten en diensten leveren, maar ook de basis vormen van grotere produktiviteit en effectiviteit.

Kennissystemen worden ook voor de ontwikkeling van informatiesystemen ingezet. Vier aspecten maken systeemontwikkeling een bijzonder interessant domein voor toepassing van kennistechniek. Ten eerste is er bij systeemontwikkeling altijd een vertaalproces. Specificaties worden stap voor stap vertaald in een taal die door de computer kan worden verwerkt. Een benadering van onderaf, van de machinetaal uit, heeft geleid tot steeds 'hogere' programmeertalen. Een benadering van bovenaf, van de gebruiker uit, heeft onder andere geleid tot systemen die Engels kunnen vertalen in specificaties voor informatiesystemen [103] en speciale specificatietalen [104]. In [105] wordt daarvan een overzicht gegeven.

In de tweede plaats zit door mensen geproduceerde programmatuur vol fouten. Opsporing en correctie van fouten is een klassiek domein

voor het gebruik van kennistechniek. Dit heeft geleid tot intelligente foutzoekers ('debuggers'), contextgevoelige opmaakprogramma's ('editors') en andere gereedschappen die routinewerk kunnen uitvoeren.

Ten derde zijn ervaren programmeurs produktiever dan beginners. Wanneer beginners gebruik kunnen maken van gereedschappen die beschikken over de kennis van ervaren collega's, zou ook hun produktiviteit kunnen toenemen. Deze invalshoek heeft geleid tot 'Programmer's Apprentice' [106] en 'intelligente assistenten', die helpen bij de ontwikkeling van systemen.

Ten vierde kent systeemontwikkeling een ontwerp-component. En aangezien ontwerp eveneens een van de algemene toepassingsgebieden van kennistechniek is, ligt het voor de hand dat er kennissystemen zijn ontwikkeld die fungeren als 'computer aided design' voor systeemontwikkelaars.

Deze vier aspecten, vertaling, opsporing en correctie van fouten, vastlegging en gebruik van ervaringskennis en door de computer ondersteund ontwerpen hebben geleid tot een aantal systemen ter ondersteuning van de systeemontwikkelaar en voor verdergaande automatisering van de automatisering. De laatste jaren wordt gestreefd naar integratie van reeds ontwikkelde componenten, om daarmee gedurende de gehele levenscyclus van informatiesystemen gebruik te kunnen maken van dezelfde gereedschappen.

In Nederland wordt op dit gebied onder andere onderzoek gedaan bij het Centrum voor Wiskunde en Informatica (Amsterdam), BSO, Interprogram, James Martin Associates en in het in 1987 opgericht Software Engineering Research Centrum.

Een overzicht van lopend onderzoek en enkele commerciële en experimentele systemen is te vinden in [107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114].

Gezien de stand van de techniek worden momenteel (1987) in de dienstensector vooral systemen ontwikkeld die kunnen worden gebruikt door deskundigen, niet door leken. Deze kennissystemen spelen de rol van assistent of adviseur. Daarbij kent de gebruiker de beperkingen van het kennissysteem en speelt hij zelf een actieve rol bij de analyse van het probleem. De gebruiker blijft ook verantwoordelijk voor het uiteindelijke advies. Kennissystemen fungeren als gereedschap en niet als beslisser.

Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten systemen. De eerste soort neemt routinewerk voor haar rekening. De tweede soort is er juist voor de moeilijke gevallen. Vooral deze laatste soort staat in de belangstelling, omdat het dan vaak gaat om problemen waar automatisering tot nu toe geen oplossingen heeft kunnen bieden. Maar de systemen voor routinewerk zijn technisch

eenvoudiger te maken en kunnen gemakkelijker worden verspreid. Systemen voor de moeilijke gevallen moeten worden bediend door ervaren mensen. Systemen voor routinewerk kunnen ook worden ingezet op plaatsen waar de ervaring juist ontbreekt. Dergelijke systemen spreken bij demonstraties echter niet erg tot de verbeelding. Toch heeft distributie van kennis in de vorm van dergelijke kennis-systemen een grote commerciële betekenis.

Een beschrijving van een groot aantal systemen en projecten is te vinden in [12]. Een overzicht van activiteiten in Nederland is te vinden in de andere drie STT-publikaties over kennissystemen [1, 2, 3], het jaarboek van de Werkgroep Expertsystemen [72] en het tijdschrift Kennissystemen [115].

## 7.2 Beschrijving van enkele kennissystemen

### *Le Courtier (De Makelaar)*

'Le Courtier' is een prototype van een adviessysteem voor de beheerders van effectenportefeuilles. Het systeem is toegankelijk in natuurlijke taal. 'Le Courtier' is ontwikkeld door de Generale Bank (zie hoofdstuk 6) in Lisp op Apollo-werkstations, maar zal uiteindelijk draaien op VAX-computers.

'Le Courtier' geeft advies over aan- en verkoop van effecten en spreiding in de aandelenportefeuille. Het kan ook vragen beantwoorden over Belgische effecten. Het systeem wordt gebruikt door beleggingsadviseurs bij de advisering van klanten. Voordat het systeem specifieke aanbevelingen geeft, licht het de gebruiker in over de te gebruiken selectiecriteria. Dit helpt de gebruiker de doelen van het programma te begrijpen. 'Le Courtier' zal daarna de gebruiker verzoeken gegevens te verschaffen over de samenstelling van zijn portefeuille en het geldbedrag dat hij van plan is te investeren.

Het systeem houdt bij welke delen van het programma de gebruiker heeft geraadpleegd. De vragen die het stelt, zullen veranderen naarmate de gebruiker meer delen van het programma heeft gezien. De gebruiker kan ook zelf vragen stellen over aandelen en definities van begrippen, of hulp vragen bij het uitvoeren van het programma. De basisregels in 'Le Courtier' zijn afkomstig uit het beleid van de bank. Verder zijn er regels van effectendeskundigen en van de gebruiker. Iedere regel heeft een bepaald gewicht. Conflicten tussen regels worden opgelost met behulp van deze gewichten. Het systeem gebruikt een voorwaarts redeneermechanisme.

In een tweede versie van 'Le Courtier' wordt meer nadruk gelegd op de financiële expertise en op het reeds uitgebreide gebruik van natuurlijke taal. Ook wordt gewerkt aan koppelingen aan systemen



die beurskoersen verstrekken en andere gegevens leveren als invoer voor 'Le Courtier'.

*DLT, Meteo, Systran, Metal*

BSO werkt sinds 1982 aan 'DLT' (Distributed Language Translation), een systeem voor automatisch vertalen [116, 117]. De meeste vertaalsystemen worden ontwikkeld voor het vertalen van technische teksten, zoals handboeken, produktinformatie, leerboeken en artikelen in technische bladen. 'DLT' is een langjarig onderzoekproject, waaraan in 1986 veertien mensen werkten. Recent is de ontwikkeling versneld door een subsidie van het ministerie van EZ. Een prototype van 'DLT' vertaalt technische teksten over internationale handel van het Engels in het Frans. Een eerste grote proef is in 1987 met succes afgesloten [59].

'DLT' maakt gebruik van een tussentaal. Daarmee kan de grote hoeveelheid opslag die nodig is bij bilingueel vertalen worden vermeden. Bovendien is een tussentaal op zichzelf leesbaar en begrijpelijk. De tussentaal is eenvoudig te transporteren en kan bijvoorbeeld met een programma op de televisie worden meegestuurd, waarna iedere ontvanger zijn eigen taal in de ondertiteling kan realiseren. BSO heeft gekozen voor Esperanto, een kunsttaal die zodanig is ontworpen, dat zij op syntactisch niveau minder dubbelzinnig is dan natuurlijke taal. Ten behoeve van 'DLT' is Esperanto uitgebreid met een aantal extra's die nodig zijn om verwijzingen en verbanden on dubbelzinnig vast te leggen.

In het 'DLT'-systeem is het doel tijdens de voorbewerking alle dubbelzinnigheid uit een tekst te halen, dus voordat de tekst wordt vertaald. 'DLT' zal eerst vragen stellen over woorden of zinnen in de tekst die op meer dan een manier kunnen worden begrepen. Deze vragen kunnen worden beantwoord door iemand die geen professionele vertaler hoeft te zijn. Zijn alle onduidelijkheden en dubbelzinnigheden uit de originele tekst verwijderd, dan zal het 'DLT'-systeem een accurate vertaling kunnen verzorgen die niet meer door een menselijke vertaler hoeft te worden gecontroleerd.

De kennis van 'DLT', dat wil zeggen het woordenboek en de linguïstische kennis, zal worden opgeslagen in optische media (DOR). BSO heeft Prolog en C gekozen als ontwikkelings talen. 'DLT' wordt ontwikkeld op SUN-werkstations.

De meeste vertaalsystemen werken niet met een tussentaal [58]. 'Meteo', een Canadees systeem, vertaalt weerberichten van het Engels in het Frans. De moeilijke zinnen moeten nog door mensen worden vertaald, maar omdat zij van routinewerk zijn verlost, is hun taak een stuk aangenamer geworden. Het 'Systran'-vertaalsysteem, in gebruik

bij de EEG, vertaalt Engels-Frans, Frans-Engels en Engels-Italiaans. Bij de EEG is gekozen voor nabewerking van de door de computer vertaalde tekst. Ook bij Xerox wordt 'Systran' gebruikt, met nabewerking en voorbewerking. Bij Xerox vertaalt 'Systran' bovendien naar Duits, Spaans, Portugees en Italiaans. Ook het 'Metal'-systeem van Siemens werkt met nabewerking. Dit systeem wordt gebruikt bij de vertaling van handleidingen (Duits-Engels).

### *Esap*

'Esap' (Expert System for Automatic Programming) [118] is een prototype van een hulpmiddel voor systeemontwikkeling. Het is ontwikkeld aan het Politecnico di Milano. De makers noemen het een geautomatiseerde programmatuurfabriek. 'Esap' is bedoeld ter ondersteuning van ontwerpactiviteiten. Het helpt de systeemontwikkelaar bij de verfijning van specificaties, de decompositie in modulen, de definitie van koppelingen enz. Het systeem genereert hiermee vervolgens de programmatuur met behulp van programmageneratoren, die elk zijn toegesneden op bepaalde sub-domeinen. Ook maakt 'Esap' gebruik van programmatuurbibliotheken, waarin programmamodulen zijn opgeslagen. Daarmee wordt hergebruik van programmatuur mogelijk. 'Esap' is uitgevoerd in diverse Lisp-dialecten op VAX en Sperry-computers. Een prototype is geschikt voor het ontwerpen van een systeem voor een bank.

De gebruiker communiceert met 'Esap' in een semi-natuurlijke object-georiënteerde taal met behulp van menu's en vensters. Daarbij kan hij het systeem specifieke concepten en termen leren om het probleem te kunnen beschrijven met de termen die ook in werkelijkheid worden gebruikt. Nadat 'Esap' de gebruiker heeft geholpen met de specificatie van het probleem, zoekt 'Esap' daar zelf een oplossing bij. Het probleem kan worden gespecificeerd op een aantal abstractieniveaus, zodat het eerst globaal kan worden beschreven en daarna stap voor stap uitgewerkt. Het systeem maakt gebruik van vijf bestanden met kennis, namelijk over ontwerpen, de programmabibliotheken, de programmageneratoren en de doeltaal, de specificatietaal en het toepassingsdomein. Deze kennisbestanden hebben ieder hun eigen inferentiemechanisme. De besturing van het systeem geschiedt met behulp van metakennis over de werking van de componenten.

### *Eurohelp*

'Eurohelp' [47] is een Espritproject waaraan onder andere Courseware Europe bv en de Universiteit van Amsterdam deelnemen. Het project heeft een looptijd van vijf jaar en een budget van f 30 miljoen.

'Eurohelp' beoogt de ontwikkeling van gereedschappen die kunnen worden gebruikt bij de ontwikkeling van 'intelligente hulpsystemen' voor gebruikers van informatiesystemen. Een eerste prototype van zo'n hulpsysteem geeft ondersteuning bij het gebruik van Unix-Mail, een elektronische postfaciliteit van het besturingssysteem Unix.

Een intelligent hulpsysteem is een interactief computerprogramma dat de gebruiker begeleidt bij het omgaan met een computersysteem. De gebruiker leert al doende en het hulpsysteem speelt daarbij een ondersteunende en onderwijzende rol. De gebruiker moet het onderliggende systeem (Unix-Mail) zelf bedienen. 'Eurohelp' verstrekt adviezen en uitleg, maar voert nooit de taak van de gebruiker uit. Het 'Eurohelp'-systeem volgt, registreert en analyseert de interactie tussen gebruiker en Unix-Mail. Op basis van de commando's die de gebruiker invoert, probeert het systeem af te leiden welke taak de gebruiker uitvoert, of probeert uit te voeren. De gegevens worden verzameld in een model van de gebruiker. In het werkgeheugen wordt informatie bewaard over de interacties tussen gebruiker en Unix-Mail. Ook is er een bestand met kennis van de werking van Unix-Mail (op diverse niveaus) en kennis van misvattingen omtrent het gebruik van het systeem. Met behulp hiervan kan de onderwijzende component van 'Eurohelp' de gebruiker ondersteuning geven. Dit gebeurt zonder dat de gebruiker daarom vraagt. Om het juiste moment en de juiste wijze van hulpverlening te bepalen, beschikt de onderwijzende component ook over didactische kennis.

De uitlegfaciliteit geeft antwoord op vragen van de gebruiker. Deze component is gebaseerd op empirisch onderzoek naar de vragen die mensen stellen tijdens het gebruik van informatiesystemen. Hulp wordt gepresenteerd in een venster op het scherm. Na het indrukken van de 'help-toets' kan de gebruiker aan de hand van menu's vragen stellen. De menu's worden automatisch aangepast aan de kennis van de gebruiker (voor zover geregistreerd in het model van de gebruiker) en de toestand van de interactie, die in het werkgeheugen is geregistreerd. Ook bij de presentatie van antwoorden wordt hiermee rekening gehouden.

#### *Financial Advisor*

'Financial Advisor' is ontwikkeld door Palladian Software [119]. Het helpt managers bij investeringsbeslissingen, zoals capaciteitsuitbreidingen, lease of koop en strategische acquisities. Het verwerkt alle invoer, maakt de nodige berekeningen, onderzoekt alternatieven en geeft een gefundeerd advies. Het systeem is gebaseerd op de expertkennis van dr. Stewart Myers en anderen en draait op Lisp-machines (Symbolics en Explorer). Een eerste versie voor de

Amerikaanse markt is sinds eind 1985 verkrijgbaar en kostte toen ca. 100.000 dollar. Aan Europese versies, met kennis over belasting- en andere wetgeving in Europese landen, wordt gewerkt. Deze versies worden niet voor 1988 verwacht. Palladian is gevestigd in Cambridge, Massachusetts en heeft een Europese vestiging in Parijs.

#### *Hypotheek, Krediet, Lease*

Bij de NMB zijn drie kennissystemen ontwikkeld voor de 'personal banker' (zie hoofdstuk 6, [120, 121]). Het systeem 'Advisering hypotheekaanvraag' is ontwikkeld om de bruikbaarheid van expert-systemen in een bankomgeving te onderzoeken. Het is tevens gebruikt om enkele gereedschappen te beproeven. Er zijn prototypen gebouwd met behulp van de lege systemen Sage (van System Designers) en Daisy, het latere Acquaint (van Lithp Systems). In de uiteindelijke versie wordt nagegaan welke hypotheekvorm het beste past bij de persoonlijke en financiële omstandigheden van de klant. Belangrijke elementen in het systeem zijn de financiële mogelijkheden van de klant, het onderpand, de gewenste hypotheekvorm, de financiële consequenties, fiscale gevolgen en alternatieve hypotheekvormen en financieringen, anders dan de gevraagde.

Het 'Krediet adviessysteem' is in eerste instantie ontwikkeld om ervaring op te doen met ontwikkelmethoden. Er wordt gewerkt aan verdere ontwikkeling van een adviessysteem voor kredietaanvragen tot f 300.000. Nagegaan wordt onder welke voorwaarden een gevraagd krediet wel of niet kan worden verleend, of nader door een deskundige moet worden beoordeeld. Bij de ontwikkeling heeft de NMB methodologisch advies ingewonnen bij Courseware Europe bv en de Universiteit van Amsterdam. 'Krediet' is ontwikkeld met behulp van Acquaint op een microcomputer van IBM.

Het systeem 'Lease' is eveneens in Acquaint ontwikkeld. Het was eind 1986 gereed voor gebruik. 'Lease' is een adviessysteem voor de behandeling van aanvragen voor 'lease' van zakelijke objecten. Nagegaan wordt of in de gegeven zakelijke en financiële omstandigheden een overeenkomst kan worden gesloten.

#### *Juricas*

'Juricas' is de verzamelnaam voor een aantal systemen voor advisering over de rechtsgebieden 'voorlopige hechtenis', 'ontslagrecht', 'erfrecht, de verdeling van de nalatenschap' en 'straftoemeting', volgens Hulsmán [122]. Per programma is een specifieke doelgroep aangegeven. De systemen zijn ontwikkeld door de werkgroep Informatica en Recht van de Erasmus Universiteit te Rotterdam en worden

uitgegeven door Koninklijke Vermande. 'Juricas' wordt geleverd op diskette, draait op MS-DOS microcomputers en is sinds najaar 1986 op de markt.

'Juricas' stelt de gebruiker vragen omtrent feiten en omstandigheden van een concreet geval. Daarna verstrekt het systeem alle relevante gegevens, met inbegrip van jurisprudentie. Het systeem maakt gebruik van meerkeuzevragen. De computer komt op basis van de gegeven antwoorden tot een gemotiveerd advies. De gebruiker kan bij een beperkt aantal vragen tekst invoeren. Deze tekst wordt echter niet gebruikt bij de totstandkoming van het advies.

#### *Panisse*

'Panisse' is een kennissysteem voor de voorspelling van wisselkoersen. Het werd ontwikkeld door Mme. B. Charpin in het kader van een afstudeeronderzoek aan de Faculté des Sciences Economiques de l'Université Aix Marseille.

'Panisse' voorspelt de koersontwikkeling van de Franse frank ten opzichte van de Amerikaanse dollar over een periode van drie maanden. Drie economische theorieën worden gebruikt als basis voor de voorspelling:

- theorie van de koopkrachtpariteiten
- theorie van de interestvoeten
- theorie van de lopende rekening.

Elk van deze theorieën geeft aanleiding tot een beschrijving van de ontwikkeling van de wisselkoersen. De consultatie van 'Panisse' begint met de toepassing van metakennis, waarmee aan de hand van de op dat moment heersende economische en politieke situatie wordt uitgemaakt welke theorie het best van toepassing is. Indien de gebruiker zijn eigen idee heeft over het onderwerp en/of zich strikt wil houden aan één theorie, is het mogelijk het filter van deze metaregels kort te sluiten en meteen de gekozen theorie te raadplegen. Na toepassing van de gekozen theorie worden ook politieke en sociale factoren, die de wisselkoersen kunnen beïnvloeden, in rekening gebracht.

#### *Pims*

'Pims' (Project Integrated Management System) is een Espritproject met als doel de ontwikkeling van een hulpmiddel ter ondersteuning van de leiders van programatuurprojecten. De projectleider staan tegenwoordig diverse gereedschappen op de computer ter beschikking. 'Pims' zal een aantal daarvan samenbundelen met de in een expertsysteem vastgelegde kennis en ervaring van specialisten. BSO werkt als partner in het project samen met het Franse Cap Sogeti

Innovation, het Britse PA Computers and Telecommunications (voorheen PActel) en het Britse Turing Institute. Uit de universitaire wereld wordt deelgenomen door de Universiteit van Amsterdam, het University College London, de London School of Economics en de London Business School. In totaal omvat het project ruim 50 manjaren werk, waarvan BSO er 11 voor haar rekening neemt. De looptijd van het project is 3,5 jaar (contractwaarde f 3,6 miljoen).

'Pims' zal worden gebaseerd op een abstract model van wat zich kan voordoen in projecten. Een neven doel van 'Pims' is het ontwerp van een effectief leermiddel voor de projectleiding. Een deel zal in C worden geprogrammeerd, een deel in Lisp. Aanvankelijk was Prolog gekozen, maar de gereedschappen die voor 'object oriented programming' in Lisp beschikbaar waren, hebben de doorslag gegeven. Een deel zal ook door een kennisanalist in een AI-ontwikkelomgeving worden gegenereerd.

Men verwacht een eindresultaat te krijgen dat aanpasbaar is aan de karakteristieken van de organisaties die van het systeem gebruik zullen maken. Daartoe beschikt 'Pims' onder andere over een voortgangscntrolsysteem dat het projectverloop zo bijhoudt dat het bruikbaar is voor de projectadviseur. Het bijhouden van de geschiedenis van het project is ook van belang voor het verkrijgen van de ervaring die nodig is om het model te verfijnen.

### *PlanPower*

'PlanPower' is een van de eerste commercieel verkrijgbare kant en klare kennissystemen [123]. Het is in 1986 op de markt gebracht door Apex (Applied Expert Systems te Cambridge, Massachusetts) en kostte toen ca. 50.000 dollar inclusief een Xerox 1186 Lisp-machine, een HP laserprinter en ondersteuning.

'PlanPower' is een kennissysteem, dat werkt als intelligente assistent en als adviseur voor persoonlijke financiële planning. De basis van het systeem is een model voor vermogensbeheer. Het bevat 6000 regels over vermogens, levensverzekeringen, hypotheek, obligaties, aandelen, onroerend goed, belastingen, valutabeheer, risicomangement enz. Adviezen kunnen worden voorzien van uitleg, alternatieven en 'wat als ...'-analyse. Het systeem kan worden geraadpleegd in semi-natuurlijke taal en biedt verder allerlei ondersteunende programmatuur zoals een 'spreadsheet', tekstverwerking, gegevensbeheer en grafieken.

### *Reseda*

'Reseda' [124] is een prototype van een 'intelligent' systeem dat gegevens kan opzoeken in biografische gegevensbanken. Deze gege-

vens zijn vastgelegd in een speciale representatietaal. Het systeem kan nieuwe relaties leggen tussen de beschreven gebeurtenissen en feiten in de gegevensbank.

Het prototype bevat biografische gegevens uit de middeleeuwse Franse geschiedenis (1350-1450). Het is geschreven in VSAPL. In een lexicon worden basisbegrippen beschreven die deel uitmaken van de representatietaal. Feiten en gebeurtenissen worden vastgelegd in een speciaal soort 'frames' met behulp van naamvalgrammatica [125, 126], waarin ook intenties, tijdaspecten en interpretatieve metakennis worden vastgelegd. 'Reseda' kan zoeken naar verborgen redenen en ook verklaringen geven van gebeurtenissen. Omdat er geen diepe kennis bestaat over de 'wetten' van de geschiedenis, genereert 'Reseda' zelf kennis over de ingevoerde gegevens met behulp van hypothesen en inferentie. Gevonden verklaringen en nieuwe feiten worden, na toetsing door de gebruiker, toegevoegd aan de gegevensbank.

#### *Tariefadvies*

Het Centrum voor Informatieverwerking (CVI) van de Nederlandse Spoorwegen (zie hoofdstuk 6 en [127]) heeft een systeem ontwikkeld dat helpt bij de vaststelling van tarieven voor goederenvervoer. Het systeem is ontwikkeld met behulp van Delfi-2 op een IBM-microcomputer. Diverse uitbreidingen zijn geprogrammeerd in Pascal. Het eerste prototype is in drie maanden ontwikkeld. In 1987 vond een praktijkproef plaats bij enkele gebruikers.

Het systeem geeft advies over de geschiktste vertrek- en aankomststations, gegeven de afkomst en de bestemming van het goed. Verder helpt het bij de classificatie van het goed volgens een gedetailleerde standaard. Vervolgens geeft het advies over de te gebruiken wagen. De karakteristieken van het goed en de beschikbaarheid van wagens zijn hierbij de belangrijkste criteria. Het internationaal goederenvervoer per spoor kent ruim 3000 soorten wagens. Behalve kennis over de soorten wagens, gebruikt het systeem kennis over tarieven en kennis over routes.

Er is een koppeling tot stand gebracht met bestanden over Europese spoorwegtopografie. De gegevens uit deze bestanden worden verwerkt door een route-algoritme. Het programma voor woordherkenning dat invoerfouten corrigeert, werkt zo goed dat zelfs zwaar verminkte namen en spoorafkortingen worden herkend (rtdp: bedoelt u Rotterdam-Pernis?).

De belangrijkste vervoersrelaties (België, Duitsland, Luxemburg, Frankrijk, Zwitserland, Italië, Oostenrijk en Scandinavië) zijn in 1986 uitgewerkt. Het systeem selecteert een of meer toepasbare tarieven en berekent vervolgens de vrachtprijzen voor een aantal routes. In

overleg met de klant kan hieruit de goedkoopste, snelste of geschiktste route worden gekozen.

### *Telex Reader*

De 'Telex Reader' is een kennissysteem dat kan worden gekoppeld aan telex-beheerssystemen. Het systeem is ontwikkeld door de Generale Bank in samenwerking met Cognitive Systems (zie hoofdstuk 6) en is inmiddels verkocht aan een aantal andere banken. Het systeem is geschreven in Common-Lisp en draait op VAX-computers. De 'Telex Reader' is bedoeld om in het interbancaire verkeer telexen in natuurlijke taal te lezen. Het gaat daarbij om transacties tussen banken en klanten. De telexen worden vertaald in een standaard Swift-formaat (Swift: Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication). De vertaalde boodschappen kunnen worden doorgegeven aan geautomatiseerde overdrachtsystemen en/of beheerssystemen.

De 'Telex Reader' kan de 's nachts binnengekomen telexen zonder menselijke tussenkomst voorbereiden. De verwerking van telexen blijkt op deze wijze beduidend sneller te verlopen dan bij verwerking met de hand.

Met de toenemende automatisering ontstaat grote behoefte aan invoer in een voorgeschreven vorm. De 'Telex Reader' voorziet hierin, spaart daarmee mensen uit en wint tijd.

De AI-moduul van de 'Telex Reader' haalt zoveel mogelijk informatie uit een telex. De basisinformatie in de telexen komt neer op een financiële transactie: 'wie betaalt hoeveel aan wie'. Om daarachter te komen, gebruikt het systeem een dubbele controle. Vindt het bijvoorbeeld de naam van een bepaalde bank en een omschrijving van een betaling, dan zoekt het naar andere feiten in de telex die ook over die bank zouden kunnen gaan (bijv. een rekeningnummer). Wordt dat gevonden, dan vindt een controle plaats ter bevestiging van de eerder gevonden informatie.

Om een telexboodschap te vertalen in het Swift-formaat, maakt de 'Telex Reader' eerst een conceptuele representatie van de boodschap, die de transactie beschrijft. Deze representatie is niet-taalgebonden, dat wil zeggen dat de woorden die in de telexboodschap worden gebruikt en de woordvolgorde niet in de representatie worden behouden. Daardoor worden twee telexen die dezelfde handeling beschrijven, maar in andere bewoordingen, op identieke wijze gerepresenteerd. De 'Telex Reader' genereert met behulp van deze representatie het Swift-formaat, alsmede informatie over de bestemming van de boodschap en presenteert deze informatie aan de operator. Deze kan tussenbeide komen, informatie verschaffen die de AI-moduul niet kon achterhalen, fouten corrigeren enz.



Aanvullende informatie van de operator zorgt voor terugkoppeling naar de AI-moduul, dat daarmee mogelijk meer informatie uit de telex kan halen. Dit interactieve proces kan worden voortgezet tot de operator vindt dat hij alle noodzakelijke informatie uit de telex heeft gehaald voor het genereren van Swift-formaten, of voor het routeverloop. Is hij tevreden, dan zendt hij de resultaten door voor verdere telexbehandeling, zo niet, dan kan hij besluiten de telex alsnog met de hand te verwerken.

In de toekomst zal veel aandacht worden gegeven aan mogelijkheden de resultaten van het geautomatiseerde proces te evalueren en meer Swift-categorieën of andere standaardvormen te behandelen.

### VPO

'VPO' (VestigingsPlaatsenOnderzoek) heeft tot doel beslissingen omtrent het al dan niet vestigen van een levensmiddelendetailhandel op een bepaalde lokatie te onderbouwen. Het systeem is gebaseerd op een model van de levensmiddelendetailhandel. Het model bestrijkt de gebieden: marktpotentieel, concurrentie en exploitatie (financiële zaken). Het model is opgesteld in nauwe samenwerking met een aantal experts op deze gebieden.

'VPO' is in opdracht van Unigro door BSO ontwikkeld (zie hoofdstuk 6). Het is geschreven in APL en draait op microcomputers (MS-DOS). 'VPO' maakt gebruik van dynamische menu's (menu's afhankelijk van welke gegevens tevoren zijn ingevoerd) in combinatie met interactieve gegevensinvoer met correctiemogelijkheden. Er is geen uitlegfaciliteit. Evenmin zijn er uitbreidingsmogelijkheden voor natuurlijke taal. Het systeem bestaat uit zes functionele modulen.

De marktmoduul maakt een schatting van de totale marktomvang voor het verkooppunt in onderzoek. De concurrentiemoduul maakt een schatting van de omzet van de investering (winkel). Investeringsmodulen kunnen in de investeringsmoduul worden gespecificeerd. Het systeem zal automatisch rekening houden met mogelijke subsidies en zal ook de belastingtarieven berekenen. De financieringsmoduul maakt een financieringsschema dat voldoende kapitaal moet kunnen verschaffen om de gespecificeerde investeringen uit te voeren. De exploitatierekeningmoduul geeft de gebruiker een overzicht van de winst voor belastingheffing en een overzicht van de omzet. De laatste moduul geeft een overzicht over een periode van vijf jaar van eigendommen en schulden (balans), van de omzet en de kosten van de omzet (winst en verlies), van de verwachte cashflow en verschillende kengetallen om inzicht te geven in de terugbetalingperiode, rendement van geïnvesteerd vermogen, gediscoteerde cashflow, enz.

Van dit punt af kan de gebruiker naar de financieringsmoduul terugkeren om enige cashflow te gebruiken om zijn voorgenomen

leningen te verminderen. Hij kan ook besluiten bij ieder ander moduul opnieuw te beginnen en door herhaling de kwaliteit van zijn analyse te verbeteren. Aangezien alle hiervoor genoemde analyses een periode van vijf jaar beslaan, krijgt men niet alleen een momentopname maar ook een beeld van de toekomstige ontwikkeling.

---

## Bijlage A Technieken in kennissystemen

In kennissystemen komen drie soorten technieken voor: programmeertechnieken, representatietechnieken en technieken voor inferentie. Omdat er inmiddels veel literatuur is verschenen over technieken in kennissystemen, wordt in deze Bijlage niet te diep op de materie ingegaan. Programmeertechnieken zullen niet worden behandeld. Goede overzichten daarvan zijn te vinden in [113, 109, 28, 128, 129].

### A.1 Representatie van kennis

Representatie van kennis is de essentie van kennissystemen. De eerste kennissystemen waren gebaseerd op representatie in 'als dan'-regels, of kortweg *regels*. Deze bestaan uit een *conditie*, (*premiss*e of voorwaarde: als ...) en een *conclusie* (dan ...), of een *actie* (dan doe ...). Daarmee kan op relatief eenvoudige wijze een 'produktiesysteem' ('rule-based system') worden ontwikkeld, bestaande uit regels en een inferentiemechanisme dat de werking van de regels bestuurt ('rule-interpreter').

Sommige vormen van kennis lenen zich echter niet goed voor representatie in regels. De meeste talen bieden daarom ook mogelijkheden voor kennisrepresentatie op andere manieren ('formalismen').

De keuze van een passende representatietechniek is essentieel voor de bruikbaarheid, de begrijpelijkheid en daarmee ook de toepasbaarheid en de onderhoudbaarheid van een kennissysteem. In deze paragraaf worden de gebruikelijke representatietechnieken behandeld, namelijk regels, netwerken, raamwerken ('frames') en logica. Verder wordt ingegaan op de schoolbordarchitectuur ('blackboard architecture'), die vooral geschikt lijkt voor toepassing in systemen die snel moeten reageren op veranderingen ('real-time') en eventueel gebruik maken van parallele computers. Daarna wordt ingegaan op vijf technieken voor de representatie van onzekerheid.

Meer over kennisrepresentatie is onder andere te vinden in [17, 130, 61].

*Kennisrepresentatie met regels*

Produktiesystemen zoeken in een zoekruimte met behulp van regels. Selectie van de regel die zal worden uitgevoerd, gebeurt onder besturing van het inferentiemechanisme. Uitvoering van een regel genereert nieuwe gegevens, die in het werkgeheugen (zie afb. 2.4) worden bijgeschreven. Daardoor is de begintoestand getransformeerd in een nieuwe probleemtoestand.

Een nadeel van produktiesystemen waarin alle kennis in de vorm van regels is vastgelegd, is hun gedrag aan de grenzen van hun competentie. Zij zijn slechts toepasbaar in situaties die door de ontwerper zijn voorzien, situaties waar regels voor bestaan. Daarbuiten laten zij het afweten, of komen zij met verkeerde conclusies.

Maar er zijn ook voordelen. Zolang het aantal regels overzichtelijk is, is het eenvoudig nieuwe regels toe te voegen. Daarbij kan echter na verloop van tijd een lappendeken ontstaan. Daarom is het gebruikelijk regels te groeperen en daarmee structuur aan te brengen in het kennisbestand.

Er is daardoor nogal verschil tussen regels in het ene en regels in het andere systeem. Door structurering van een kennisbestand en het aanbrengen van niveaus van kennis kan het aantal regels sterk worden gereduceerd. Veel systemen zijn in de loop van hun ontwikkeling een aantal malen herschreven. Het aantal regels nam daarbij af, terwijl omvang en reikwijdte van de vastgelegde kennis toenamen. Het aantal regels geeft daarom geen juiste indruk van de complexiteit van een kennissysteem.

*Kennisrepresentatie met netwerken*

Sommige kennis leent zich bij uitstek voor grafische weergave, bijvoorbeeld in gebieden waarin gegevens een groot aantal onderlinge relaties hebben. In een semantisch netwerk kunnen eigenschappen en relaties van objecten, gebeurtenissen, concepten, toestanden of acties worden gerepresenteerd als knooppunten, die door pijlen zijn verbonden (zie afb. A.1).

Een voordeel van een dergelijke weergave van kennis is de natuurlijke van de representatie. Een mens kan zich er iets bij voorstellen en het is mogelijk een vrij eenduidige overeenkomst met de werkelijkheid te verkrijgen. Meer over semantische netwerken is onder andere te vinden in [131] en [132].



Afb. A.1 Semantisch netwerk.

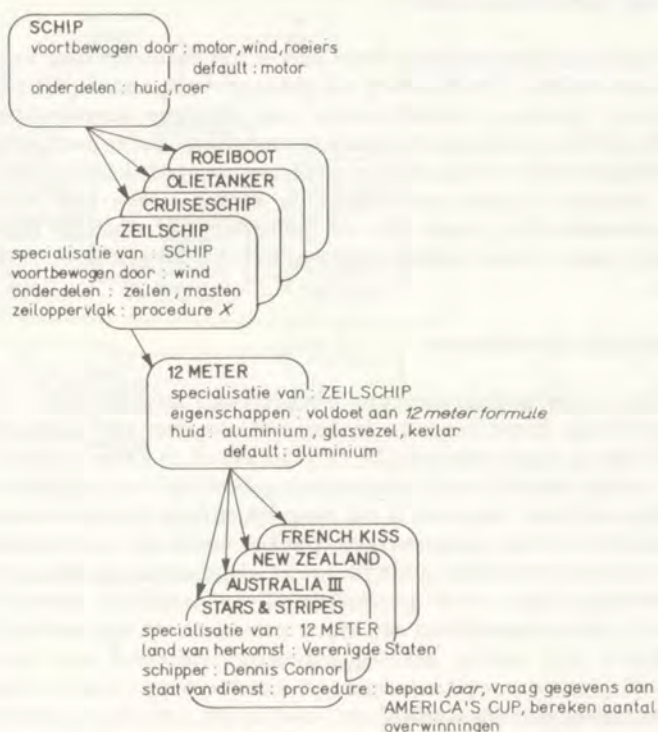
### Kennisrepresentatie met frames

Frames zijn een bijzondere vorm van semantische netwerken. Een frame is een verzameling gegevens en procedures over een object of concept (zie Afb. A.2).

Representatie met frames onderscheidt zich van semantische netwerken door een hiërarchische structuur en een groepering van bij elkaar behorende knopen. Een frame bundelt eigenschappen (attributen of 'slots'). Er zijn verschillende manieren waarmee eigenschappen kunnen worden weergegeven, bijvoorbeeld met een constante waarde, een verzameling of een standaardwaarde ('default') die alleen hoeft te worden veranderd wanneer een specifieke andere waarde bekend is. Zo is de standaardwaarde van het aantal wielen van een auto '4', maar er zijn natuurlijk uitzonderingen. Deze dienen expliciet te worden aangegeven. Ook kan bij een eigenschap een *bereik* zijn vastgelegd, bijvoorbeeld 'een geheel getal tussen -10 en 10', of 'een of meer uit de opsomming 'a, ab, abc, abcd, x''. Een derde categorie zijn de *procedures of methoden*. Dit zijn functies, formules of programma's, waarin staat hoe de waarde van een eigenschap kan worden afgeleid uit de waarden van andere eigenschappen. Frames zijn daardoor bijzonder geschikt voor objectgerichte programmering. Meer over frames is te vinden in [133].

### Kennisrepresentatie in logica

Een beschrijving van de representatiemogelijkheden van logica is te vinden in [134, 135, 136]. Hier worden slechts enkele principes toegelicht. 'Predikatenlogica' maakt het mogelijk formele afleidingen te maken uit feiten (proposities). Deze afleidingen kunnen worden



Afb. A.2 Frames.

vastgelegd in regels, waarmee op ondubbelzinnige wijze nieuwe feiten kunnen worden afgeleid uit reeds bekende. De toepassing van de regels is gebaseerd op vormkenmerken, niet op inhoud. Op logica gebaseerde systemen werken met hypothesen; zij proberen die hypothesen te bewijzen of te verwerpen met behulp van de beschikbare gegevens.

Representatie van kennis met behulp van logica heeft vier voordelen [119]: natuurlijkheid, precisie, flexibiliteit en modulariteit. Nieuwe regels kunnen zonder veel problemen worden toegevoegd. Maar er zijn gevallen waarin logica niet goed toepasbaar is. Bovendien kan de meestal toegepaste eerste orde predikatenlogica niet omgaan met onzekerheid en onvolledigheid. Verder laat deze representatie geen beperkingen van de heuristische zoekruimte toe. Grote systemen zijn dan niet efficiënt omdat combinatorische explosies (zie A.2) kunnen optreden.

### *Analoge kennisrepresentatie*

Analoge kennisrepresentatie leent zich in het bijzonder voor vastlegging van beelden. Voorbeelden van analoge representatie zijn plattegronden, schema's, muzieknotatie enz. Analoge representatie is slechts zelden toepasbaar in kennissystemen, omdat er geen inferentiemechanismen bestaan die met deze representatie kunnen werken. Wel bestaan er systemen waarin de kennis intern niet analoog gerepresenteerd is, maar die de gebruiker wel analoge beelden kunnen tonen. Deze worden toegepast in CAD en grafische werkstations.

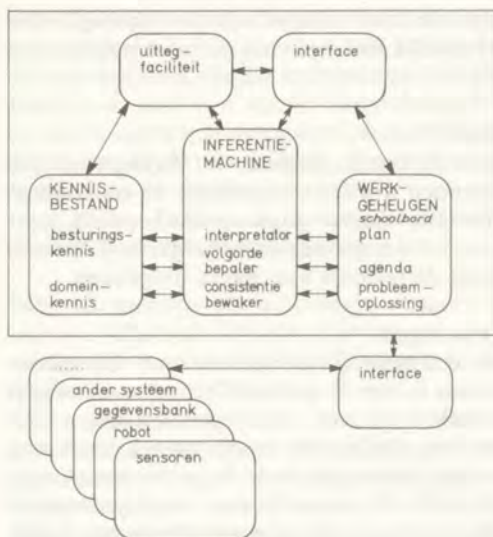
### *De schoolbordarchitectuur*

In een schoolbordarchitectuur ('blackboard architecture') zitten verschillende kennisbronnen in één systeem, met een gezamenlijk werkgeheugen (schoolbord) [29, 137] (zie afb. A.3). Deze kennisbronnen kunnen verschillende taken en een geheel eigen representatieformalisme hebben. Daarmee is het mogelijk diverse kennisbronnen in één systeem te laten samenwerken. Dat kan nodig zijn voor toepassingen waarbij snelheid een grote rol speelt. Vandaar dat de schoolbordarchitectuur vaak wordt gecombineerd met parallele verwerking, waarbij iedere kennisbron een eigen processor tot zijn beschikking heeft.

### *Representatie van onzekerheid*

Onzekerheid kan worden veroorzaakt door een aantal factoren. Onzekerheid over de waargenomen feiten kan worden veroorzaakt doordat signalen onderhevig zijn aan storingen die de inhoud maskeren (ruis). Onzekerheid kan echter ook ontstaan doordat men waarden niet kwantitatief, maar kwalitatief uitdrukt. Iemand wordt bijvoorbeeld 'oud' gevonden, of een afstand 'groot'. Men spreekt in dit verband ook wel van zachte waarden. Een ander bron van onzekerheid is onvolledigheid. De beschikbare gegevens kunnen tekortschieten door tijdgebrek of omdat gegevens worden achtergehouden. Tenslotte kan er onzekerheid bestaan over de toepasbaarheid van bepaalde kennis.

Kennissystemen moeten kunnen omgaan met deze vormen van onzekerheid. Er zijn methoden ontworpen voor de omgang met niet-exacte kennis. Veel onderzoek op dit gebied is gedaan door de ontwikkelaars van medische kennissystemen. Een uitgebreide beschrijving is onder andere te vinden in [138] en [32], waaraan ook de onderstaande indeling is ontleend.



Afb. A.3 Een schoolbordsysteem.

Hoewel alle bedoelde methoden gebruik maken van complexe formules, is er nog geen wiskundige onderbouwing aanwezig. Het zijn empirische methoden, die in beperkte domeinen hun waarde hebben bewezen, maar geen garantie bieden voor bruikbaarheid in complexe systemen. Het toekennen van zekerheidsfactoren aan intuïtieve schattingen kan tot een onverantwoorde suggestie van nauwkeurigheid leiden. Het zelfde geldt voor het formaliseren van zachte waarden met vage logica. Ook het gebruik van statistische methoden in kennissystemen is dubieus, omdat deze methoden berusten op een bepaalde kansverdeling en op onafhankelijkheid van de parameters. Deze factoren zijn vrijwel nooit uit de beschikbare gegevens te verkrijgen.

Aangezien er nog geen algemeen toepasbare techniek is voor representatie van onzekerheid, wordt voor ieder systeem de methode gekozen die het beste in de gegeven situatie past. In veel gevallen kiest men voor een wijze van kennisrepresentatie waarbij representatie van onzekerheid tot een minimum wordt beperkt.

#### *Het puntensysteem*

Het puntensysteem is een één-dimensionaal scoresysteem. Daarin kunnen verschillende aspecten punten opleveren op een lineaire schaal. Optelling van deze punten levert een score, die een maat is van



onzekerheid. Meestal wordt de mate waarin aspecten bijdragen aan de totale score empirisch bepaald. Het puntensysteem is onder andere gebruikt in Internist [139].

#### *Waarschijnlijkheidsrekening*

Deze methode maakt gebruik van de *formule van Bayes*, waarmee voorwaardelijke kansen kunnen worden uitgerekend. In eenvoudige domeinen kunnen de benodigde factoren goed worden bepaald, maar in complexe domeinen wordt dat nagenoeg onmogelijk. In [32] wordt een aantal uitbreidingen op de formule van Bayes besproken.

#### *Vage logica en vage verzamelingen*

In de traditionele logica is een stelling waar of niet waar. Zo zal een uitspraak als 'de temperatuur is hier 25 graden Celsius' waar of niet waar zijn. Vage logica werkt niet met exacte getallen, maar met begrippen als 'veel', 'groot' enz. Om deze te representeren, heeft men het begrip *vage verzameling* geïntroduceerd. Vage verzamelingen hebben geen strikte grenzen. Daardoor bestaat er bijvoorbeeld overlap tussen situaties die worden beschreven met 'Het is hier koud' en 'Het is hier frisjes'. Een nadere uitwerking is te vinden in [140, 141].

#### *Zekerheidsfactoren*

Zekerheidsfactoren worden gebruikt in Mycin en daarvan afgeleide systemen [142]. Daarbij worden zekerheden uitgedrukt op een schaal van -1 (zeker niet) tot +1 (zeker wel). Zekerheidsfactoren worden empirisch vastgesteld. De uiteindelijk gevonden mate van zekerheid wordt sterk beïnvloed door de volgorde waarin de factoren zijn ingevoerd. In de praktijk leidt dit bij kleine systemen tot bevredigende waarden, maar bij systemen met lange inferentieketens verliest de methode van zekerheidsfactoren zijn nuancering.

#### *Dempster-Shafer*

De methode van Dempster en Shafer werkt met verzamelingen. Combinatie van waarschijnlijkheden leidt tot berekening van de waarschijnlijkheid van doorsneden van verzamelingen. Meer hierover is te vinden in [143, 144].

## **A.2 Inferentie**

Inferentie is het redeneren met kennis onder besturing van een inferentiemechanisme. Deze besturing kan zijn gebaseerd op vuistregels en algoritmen die de koers aangeven bij het zoeken van een weg in de probleemruimte. In sommige programmeertalen is reeds een eenvoudig inferentiemechanisme ingebouwd (zie Bijlage C). In

schoolbordsystemen zijn vaak zeer complexe inferentiemechanismen aanwezig, die gebruik maken van kennis over inferentie.

Het zal duidelijk zijn dat naarmate het inferentiemechanisme eenvoudiger is, de structuur van het kennisbestand belangrijker wordt. Zo is in een systeem met een inferentiemechanisme dat van de mogelijke regels steeds de eerste kiest, de volgorde van de regels van grote invloed op de werking.

### *Zoeken in een probleemruimte*

Meestal kunnen uit een begintoestand vele nieuwe toestanden worden afgeleid. Daaruit kunnen vervolgens opnieuw mogelijke toestanden worden afgeleid. Dit kan leiden tot een '*combinatorische explosie*' van mogelijkheden.

Na toepassing van iedere operator ontstaat een nieuwe probleemtoestand, die op zijn beurt aanleiding geeft tot activering van andere operatoren. Door deze voortgang ontstaan *inferentieketens* die probleemtoestanden met elkaar verbinden. Deze ketens splitsen zich telkens als een probleemtoestand meer dan één operator kan activeren. Inferentieketens vormen de paden waarlangs het systeem de probleemruimte doorloopt. Een of meer paden zullen uiteindelijk begin- en doeltoestand verbinden en dus één of meer oplossingen voor het probleem geven.

De verzameling van mogelijke inferentieketens die uit een bepaalde begintoestand kunnen ontspruiten, wordt vaak weergegeven als een boomstructuur (*zoekboom*). De takken van de boom geven de operatoren weer waarmee toestandsveranderingen worden bereikt. De eindpunten van iedere vertakking vormen de probleemtoestanden waartussen zich ook oplossingen bevinden.

In complexe situaties is het vaak niet zinvol de hele probleemruimte te doorzoeken. Een bekend voorbeeld is het aantal mogelijke spelverlopen in het schaakspel. Dit aantal is zo groot, dat het niet doenlijk is alle mogelijke situaties in aanmerking te nemen. Daarom zijn er *zoekstrategieën* ontwikkeld. Deze bepalen de volgorde waarin de probleemruimte wordt doorzocht.

In eenvoudige kennissystemen is er geen strategie, maar worden alle operatoren in het kennisbestand gebruikt om oplossingspaden te zoeken. De keuze van operatoren geschiedt in zo'n geval geheel onafhankelijk van de aard van het probleem en daarom spreekt men wel van een *blind* zoekalgoritme.

In complexere kennissystemen tracht men de effectieve wijze na te bootsen waarop de mens een probleemruimte weet in te perken. Dit wordt wel *heuristisch zoeken* genoemd, in tegenstelling tot het blind zoeken van eenvoudige kennissystemen.

Onderzoek naar parallele systemen zal leiden tot nieuwe zoekstrategieën, die specifiek gebruik maken van de mogelijkheid een zoekruimte parallel te doorzoeken. Meer over zoekstrategieën is te vinden in [2, 145, 141].

#### *Inferentie met regels*

In de meeste produktiesystemen (zie A.1) zoekt het inferentiemechanisme slechts uit welke regels op een bepaald moment in aanmerking komen ('matching'), selecteert er een en voert deze uit. Een nadeel van de inferentie met puur op regels gebaseerde systemen is de mogelijke grote complexiteit van de interactie van de regels. Daardoor is de invloed van een nieuwe regel of een herstructurering van de regels in het kennisbestand vaak moeilijk te voorspellen. In eenvoudige systemen wordt het kennisbestand van begin tot einde doorlopen en daarmee is een deel van het inferentiemechanisme impliciet aanwezig in de volgorde van de regels in het kennisbestand.

De bekendste inferentietechnieken zijn vooruit en terug redeneren met produktieregels. Omdat deze technieken in de meeste kennissystemen worden toegepast, worden deze uitvoeriger behandeld dan de andere technieken.

#### *Vooruit redeneren*

Vooruit redeneren (ook wel bekend als 'forward reasoning', 'forward chaining', of 'bottom up reasoning') werkt van de begintoestand naar een doeltoestand toe. Daarbij wordt uitgegaan van de beschikbare gegevens, vandaar ook benamingen als 'data driven' of 'event driven reasoning'. Uitgaande van de begintoestand wordt steeds een toepaselijke regel geselecteerd. Als deze regel wordt uitgevoerd, worden de bijbehorende conclusies toegevoegd aan het werkgeheugen, waarna volgende regels kunnen worden geselecteerd. Dit proces gaat door tot een doeltoestand is bereikt, of er geen regels meer zijn die in aanmerking komen. Eventueel kan dan de laatst geselecteerde regel ongedaan worden gemaakt, waarna een andere wordt geselecteerd ('backtracking'). Het zal duidelijk zijn dat teveel 'backtracking' de effectiviteit verlaagt. Wanneer het systeem in een geheel verkeerd deel van de zoekruimte is beland, dient het dit deel zo snel mogelijk te verlaten. Dit kan worden bereikt door toepassing van zoekstrategieën (zie hiervoor).

Vooruit redeneren is vooral geschikt wanneer de zoekruimte convergeert naar een beperkt aantal doeltoestanden. Ook bij een toepassing als interpretatie van gegevens, ligt het voor de hand met deze gegevens te beginnen ('data driven'). Voor ontwerptoeepassingen is vooruit redeneren vaak de enige mogelijkheid, omdat de doeltoestand nog niet te voren bekend is. Om toch gericht te kunnen werken, wordt

vooruit redeneren vaak gecombineerd met programmatechnieken die gebruik maken van randvoorwaarden.

#### *Terug redeneren*

Terug redeneren is ook wel bekend als 'backward chaining', 'backward reasoning', 'top down reasoning' of 'goal driven reasoning'. Volgens dit mechanisme wordt een doeltoestand geselecteerd en wordt onderzocht welke combinaties van feiten in het werkgeheugen en regels in het kennisbestand tot deze toestand kunnen leiden. Een regel wordt geselecteerd, waarna wordt onderzocht welke feiten en regels de premissen van deze regel waar kunnen maken. Dit gaat door tot de begintoestand is bereikt. Ook hier is 'backtracking' mogelijk. Terug redeneren is vooral geschikt wanneer er slechts weinig begintoestanden zijn. Dit mechanisme kan goed worden toegepast wanneer wordt uitgegaan van een te bereiken doel of een hypothese, bijvoorbeeld bij een diagnostische toepassing.

In probleemdomenien met grote zoekruimten kan vaak zinvol gebruik worden gemaakt van een combinatie van vooruit en terug redeneren.

#### *Conflictoplossing*

Conflictoplossing ('conflict resolution') is een mechanisme dat nodig is wanneer meer dan één regel in aanmerking komt, zowel bij vooruit als bij terug redeneren. Er bestaan diverse oplossingstechnieken, variërend van eenvoudig tot verfijnd. Conflictoplossing kan worden gezien als het tactische niveau van een zoekstrategie. In de taal OPS5 (zie Bijlage C) zijn twee technieken voor conflictoplossing ingebouwd. Daarmee is het in deze taal niet eenvoudig andere technieken te gebruiken.

#### *Inferentie met netwerken en frames*

Het belangrijkste mechanisme bij inferentie met netwerken en frames is overerving ('inheritance'). Zoals kinderen eigenschappen erven van hun ouders, kunnen knopen in netwerken eigenschappen erven van voorafgaande knopen. Bij objectgerichte technieken kunnen objecten van objectklassen en individuen van objecten erven.

Een andere veel gebruikte techniek is het direct afleiden van feiten met behulp van een vergelijkingsproces. Het probleem wordt aangeboden als een vraag in de vorm van een netwerk. In dit netwerk worden de gevraagde feiten of objecten weergegeven als onbenoemde knooppunten. Als het systeem in zijn kennisbestand over een antwoord op de vraag beschikt, komt het netwerk van de vraag overeen met een deel van het netwerk in het kennisbestand. Aan de voorheen onbenoemde knooppunten wordt dan de waarde toegekend van het overeenkomende knooppunt uit het kennisbestand.

*Inferentie met logische representatiesystemen*

Een veel gehanteerde vorm van inferentie bij logische representatiesystemen is gebaseerd op het *resolutieprincipe*. Bij deze vorm van inferentie tracht men de juistheid van een bewering te bewijzen door de onjuistheid van het tegendeel aan te tonen.

*Inferentie bij schoolbordsystemen*

Bij systemen met een schoolbordarchitectuur bepaalt het inferentiemechanisme wanneer welke kennisbron iets op het bord mag schrijven. Tevens bepaalt het inferentiemechanisme in welke volgorde het bord wordt gelezen en hoe daarop actie wordt ondernomen (zie afb. A.3).

*Inferentie en onzekerheid*

Sommige kennissystemen kunnen redeneren met *veronderstellingen* (hypothesen). Deze methode wordt ook in het dagelijks leven gehanteerd. Daarbij worden veronderstellingen gehandhaafd zolang zij niet door feiten of door onderlinge strijdigheid worden tegengesproken. Zo zijn de standaardwaarden in frames veronderstelde waarden, die pas worden vervangen wanneer blijkt dat een andere waarde geldt.

Leidt een inferentieproces tot strijdigheden, dan zullen de gehanteerde veronderstellingen moeten worden vervangen door betere. Het systeem moet in dat geval weten op welke plaats in de inferentieketen deze veronderstellingen zijn gebruikt en welke andere veronderstellingen beschikbaar zijn. Daarom worden de gehanteerde veronderstellingen expliciet in de inferentieketen vastgelegd. Blijkt een veronderstelling in de loop van het inferentieproces onjuist te zijn geweest, dan kan het inferentiemechanisme de daarop gebaseerde conclusies ongedaan maken.

---

## **Bijlage B**

# **Aanpak en aandachtspunten bij de ontwikkeling van kennissystemen**

In deze Bijlage wordt aangegeven hoe een bedrijf een eerste kennis-systeem kan ontwikkelen. Daarbij wordt aandacht besteed aan de ontwikkelingsfasen van kennissystemen en het leereffect, waardoor de ontwikkeling van volgende systemen in de praktijk meestal minder moeite kost dan de ontwikkeling van het eerste systeem.

Deze Bijlage dient als aanvulling op hoofdstuk 5, dat een theoretisch overzicht biedt van ontwikkeling en onderhoud van kennissystemen. Aan het einde van deze Bijlage is een lijst met aandachtspunten opgenomen.

### **B.1 Hoe te beginnen**

#### *Strategie*

Een bedrijf met organisatorische en automatiseringsproblemen doet er verstandig aan niet te kiezen voor een oplossing waarin kennistechniek een grote rol speelt. Het klimaat is dan namelijk niet gunstig voor introductie van een nieuwe techniek die niet gegarandeerd op korte termijn succes oplevert. Het bedrijf moet aan een dergelijke vernieuwing toe zijn. Vaak gaat een strategische beslissing aan daadwerkelijke projecten vooraf. Ook in het geval dat stafmedewerkers de eerste actie ondernemen, zal in een bepaald stadium steun van de leiding moeten worden verkregen.

Een mogelijke aanpak, die veel kans heeft op succes, maar in de praktijk in Nederland nog niet veel is gesignaleerd, ziet er als volgt uit: Iemand uit de hoogste leiding ziet dat kennistechniek een belangrijke rol in de organisatie zal spelen en mobiliseert mensen en fondsen. Er wordt een strategie voor AI opgesteld, waarin aandacht wordt besteed aan:

- toepasbaarheid van kennistechniek, keuze van probleemgebieden en prioriteitstelling
- opleiding
- aantrekken van ervaring (adviseurs)
- investering in hulpmiddelen
- voorbereiding van invoering, organisatie voor kennistechniek en integratie in het bedrijf

- instelling van projectgroepen, of zelfs permanente afdelingen voor onderzoek, ontwikkeling, beheer, onderhoud en toepassing.

### *Projecten*

Bij de keuze van een eerste project is het verstandig klein te beginnen. Daarbij wordt meestal in vrij korte tijd een eerste demonstratieprototype ontwikkeld, om te laten zien dat de techniek werkt, dat de ideeën kloppen en om te helpen bij de keuze van de juiste problemen. Daarna wordt een niet al te ambitieus systeem gebouwd. Dat hoeft nog niet meteen een systeem te zijn voor daadwerkelijk gebruik. Vaak wordt eerst gekozen voor onderzoek, gevolgd door oefening met gereedschappen en werkwijzen. In een volgend project wordt dan pas gewerkt aan systemen voor gebruikers, aan toepassingen waaraan behoefte bestaat. Het is belangrijk er tevoren voor te zorgen dat het systeem zal worden beproefd door de mensen die het ook zullen gebruiken.

### *Gereedschappen*

Er zijn diverse manieren om aan gereedschappen te komen:

- haal alle mogelijke kennis in huis, richt een eigen onderzoekslaboratorium in en bouw gereedschappen voor eigen gebruik (de aanvankelijke aanpak van Rank Xerox, Rand Corporation, IBM)
- maak eigen gereedschappen, die eventueel later kunnen worden verkocht (zoals de grote universiteiten Stanford, Carnegie Mellon, MIT en enkele grote bedrijven en instituten)
- gebruik gereedschappen uit de academische wereld of van andere organisaties die hun eigen gereedschappen gebruiken. Deze zijn goedkoop, maar vaak niet ondersteund en matig gedocumenteerd (de aanpak van DEC, die bij de ontwikkeling van Xcon samenwerkte met Carnegie-Mellon University)
- gebruik commercieel verkrijgbare gereedschappen (de aanpak van bijvoorbeeld Shell).

Voor kleine bedrijven staat eigenlijk alleen de laatste mogelijkheid, commercieel verkrijgbare gereedschappen, open. De risico's van het gebruik van gebrekkig ondersteunde gereedschappen, die soms nagenoeg gratis kunnen worden verkregen, zijn voor kleine bedrijven te groot.

### *Aanpak*

De beste werkwijze begint met een grondige oriëntatie, waarbij vooral wordt gekeken naar wat voor de nabije toekomst wordt verwacht. Daarna moet worden gekozen tussen groot of klein beginnen.

Groot, dus duur beginnen, houdt in dat aanvankelijk het beste van het beste wordt aangeschaft in kleine aantallen. In de praktijk komt dat neer op advisering door gerenommeerde deskundigen en aanschaf van een klein aantal Lisp-machines en een van de drie grote commercieel verkrijgbare en goed ondersteunde ontwikkelomgevingen ART, KEE of Knowledge Craft. Er worden een of twee mensen gedurende lange tijd vrij gemaakt om de gereedschappen volledig onder de knie te krijgen en een eerste prototype te bouwen. Dit kan gebeuren in het kader van een stage bij een van de bekende universiteiten in de Verenigde Staten (Carnegie-Mellon, MIT, Stanford), Engeland of elders. Een en ander kost veel geld, dat de eerste jaren niet meteen kan worden terugverdiend.

De tweede aanpak gaat uit van een minimaal budget, waarmee een klein leeg systeem of een versie van Prolog kan worden gekocht. Soms kunnen zelfs gratis gereedschappen worden verkregen. De gereedschappen worden gebruikt op een toch al beschikbare microcomputer en er wordt een student ingehuurd om een prototype te bouwen. Er wordt een domein gekozen waarin de student binnen de beschikbare tijd een klein systeem kan ontwikkelen. Een en ander mag het bedrijf niet te veel tijd kosten, dus meestal worden geen experts vrijgemaakt voor het project.

Deze aanpak kost weinig geld, maar het leereffect is ook minimaal. Vaak heeft men na de ontwikkeling van het prototype geen idee hoe daarna verder te gaan. Ondanks de overduidelijke nadelen van deze aanpak, hebben veel Nederlandse bedrijven er toch voor gekozen. Daarbij speelde mee dat men weliswaar niet niets wilde doen, maar dat men er ook niet de moeite en kosten voor over had het groot aan te pakken. Maar in veel gevallen kwam deze aanpak ook voort uit een gebrek aan kennis over andere mogelijkheden. Dat is voor een deel te wijten aan leveranciers, die in hun brochures soms wel erg optimistisch zijn over de kwaliteiten van hun gereedschappen.

#### *Kosten en doorlooptijd*

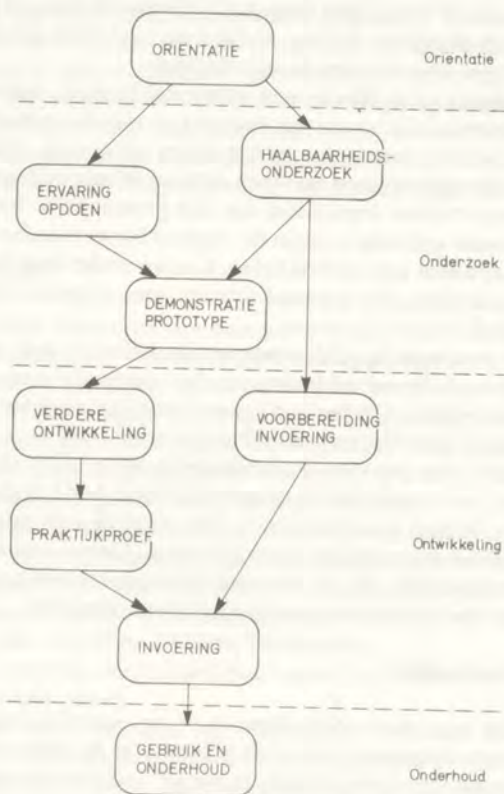
De kosten die men kan verwachten voor de ontwikkeling van een eerste demonstratieprototype (zie B.2) liggen in de orde van grootte van enkele tonnen (externe kosten, exclusief personeelskosten). Voor de ontwikkeling van een bruikbaar systeem is een bedrag nodig in de orde van grootte van een miljoen gulden. Bij enkele grote bedrijven in Nederland zijn tussen 1984 en 1987 miljoenen guldens in kennistech-niek geïnvesteerd. De investeringen bestaan voornamelijk uit gereedschappen, opleidingen en advies. Systeemontwikkeling is nog nauwelijks te koop.

De doorlooptijd van een project, tot en met ingebruikneming van het kennissysteem, ligt bij de meeste Nederlandse projecten tussen een



half en vier jaar. Bepaalde internationale projecten, bijvoorbeeld in het kader van Esprit, hebben langere doorlooptijden. In een half jaar kan op een microcomputer een klein prototype worden ontwikkeld; ontwikkeling van een complex systeem kost, afhankelijk van de omvang van de projectgroep, al snel enkele jaren.

## B.2 Ontwikkeling en leereffect



Afb. B.1 Invoering van kennissystemen.

De ontwikkelingsfasen van een kennissysteem (zie afb. B.1) wijken op diverse punten af van die van een traditioneel informatiesysteem. Bij de ontwikkeling van kennissystemen wordt vaak incrementeel gewerkt, omdat bij het begin van het project nog niet alle specificaties kunnen worden vastgesteld. Bovendien zijn er nog geen methoden en

technieken waarmee van te voren kan worden vastgesteld welke technieken voor kennisrepresentatie nodig zullen zijn. De keuze van passende gereedschappen kan daardoor vaak pas worden gemaakt nadat een proefsysteem is ontwikkeld. Daardoor is er geen duidelijke scheiding tussen ontwerp en ontwikkeling. Ook het onderhoud van kennissystemen verschilt significant van dat van traditionele systemen.

Omdat in Nederland de meeste bedrijven hun eerste kennissysteem nog moeten ontwikkelen, ligt in deze paragraaf de nadruk op de werkwijzen bij de ontwikkeling van zo'n eerste systeem. Daarbij is het *leereffect* van groot belang. Bij de ontwikkeling van latere systemen kan men putten uit eerdere eigen ervaringen, waardoor die ontwikkeling gemakkelijker en ook sneller kan verlopen.

Een veelgebruikte aanpak voor de ontwikkeling van een eerste kennissysteem wordt hieronder geschetst (zie afb. B.2). Afhankelijk van het initiële budget kan dit proces in afzonderlijk gefinancierde stappen worden doorlopen. De vier fasen (*oriëntatie*, *onderzoek*, *ontwikkeling* en *onderhoud*) bestaan uit activiteiten die niet beslist na elkaar hoeven plaats te vinden. Ook zijn combinaties van fasen, bijvoorbeeld oriëntatie en onderzoek, mogelijk.

#### Oriëntatie

- A. *Oriëntatie*: marktverkenning, verwerving van kennis over gereedschappen, literatuuronderzoek, bezoek aan symposia.

#### Onderzoek

- B. *Ervaring opdoen*: stages, leren omgaan met gereedschappen, bijvoorbeeld een leeg systeem op een microcomputer.  
C. *Haalbaarheidsonderzoek* en afbakening van het probleemdomain, vaststelling van taak en modaliteit, keuze van een methode voor kennisacquisitie en -representatie, keuze van gereedschappen.  
D. Ontwikkeling van een **demonstratieprototype** in een goed begrensde deeldomein.

#### Ontwikkeling

- E. *Ontwikkeling* van volgende prototypen en *voorbereiding van invoering*. Keuze van apparatuur waarop het systeem zal worden gebruikt.  
F. *Praktijkproef* en verdere aanpassing aan de gebruikersorganisatie.  
G. Ontwikkeling en *invoering* van de produktieversie van het kennissysteem, eventueel conversie naar een conventionele taal.

#### Onderhoud

- H. Gebruik en *onderhoud* van het kennissysteem.

Afb. B.2 Gefaseerde ontwikkeling van een kennissysteem.

Zoals uit de praktijkvoorbeelden blijkt (hoofdstuk 6), is er in Nederland tamelijk veel ervaring met A t/m E; over F t/m H is minder bekend. Omdat er ook elders in de wereld nog maar weinig kennissystemen in gebruik zijn, geldt dit ook in andere landen.

Vaak is er een strategisch beslissingsmoment na de oriëntatiefase. Voor de volgende fase zijn namelijk behoorlijke investeringen nodig. Onderzoek van de Mackintosh groep heeft uitgewezen dat organisaties die eenmaal na de oriëntatiefase (of daarvoor al) concluderen niet te zullen verder gaan met kennistechniek, de ontwikkelingen daarna slechts op grote afstand volgen. Terugkomen op de genomen beslissing wordt daardoor niet waarschijnlijk.

Ook na de onderzoekfase kan een bedrijf besluiten niet verder te gaan met de ontwikkeling van een kennisstelsel. Wanneer men de onderzoekfase is ingegaan met onjuiste verwachtingen, dan kunnen de resultaten zodanig tegenvallen dat wordt besloten niet over te gaan tot ontwikkeling van systemen voor daadwerkelijk gebruik. In Nederland is dit regelmatig gebeurd bij bedrijven die in de onderzoekfase te beperkte gereedschappen gebruikten en daarmee slechts een triviaal demonstratieprototype konden ontwikkelen. Ook het feit dat uit financiële overwegingen veel bedrijven het onderzoek laten uitvoeren door studenten, die in het kader van een stage slechts een beperkte tijd beschikbaar zijn en in die tijd ook nog hun eerste ervaring met het vakgebied moeten opdoen, heeft geleid tot vele teleurstellende resultaten.

### Oriëntatie

In deze fase wordt kennis opgebouwd. Dit proces kan worden versneld door de hulp van adviseurs, stages, deelname in werkgroepen enz. Goede advisering kan in de eerste fasen de doorslag geven bij een snelle en verantwoorde keuze van aanpak en gereedschappen. Verwacht mag worden dat het aantal adviseurs de komende jaren snel zal stijgen, zeker wanneer ook de traditionele automatiseringsfirma's en adviesbureaus zich gaan bezighouden met kennissystemen.

Veel bedrijven in Nederland beginnen in deze fase met aanschaf van een leeg systeem dat draait op een microcomputer. Omdat in de meeste gevallen dergelijke apparatuur in latere fasen ontoereikend blijkt, mag het gebruik van lege systemen op een microcomputer alleen dienen ter oriëntatie en dient rekening te worden gehouden met latere investeringen in krachtiger gereedschappen. In de Verenigde Staten is het niet ongebruikelijk al in de oriëntatiefase te investeren in de aanschaf van Lisp-machines.

## Onderzoek

Na de oriëntatie kan worden begonnen met onderzoek om na te gaan hoe kennistechniek in het eigen bedrijf kan worden toegepast. Vaak gebeurt dit in projecten. In sommige bedrijven wordt de oriëntatiefase niet gecoördineerd doorlopen, maar leidt incidentele belangstelling voor kennistechniek tot diverse initiatieven voor verder onderzoek. Omdat hiervoor investering in apparatuur en programmatuur nodig is, komen deze initiatieven in de meeste gevallen onder ogen van de leiding, waarna meestal wordt gekozen voor een gecoördineerde aanpak. In bedrijven waarbij het initiatief voor oriëntatie meteen al van bovenaf kwam, ligt een dergelijk vervolg uiteraard voor de hand. Twee zaken zijn van belang, namelijk verdere kennisverwerving en ervaring opdoen met methoden, technieken en gereedschappen enerzijds en organisatie-onderzoek en haalbaarheidsstudie anderzijds. De volgorde is afhankelijk van kennis, ervaring en wensen van de betrokkenen.

In deze fase wordt meestal een demonstratieprototype van een kennissysteem gebouwd. Daarna kan worden besloten over te gaan tot ontwikkeling van een werkelijk bruikbaar kennissysteem.

### *Ervaring opdoen*

Ervaring opdoen is een voor de hand liggend vervolg van verkenning en opleiding in de oriëntatiefase. Vaak gebeurt dit in samenwerkings- of stageprojecten, waarbij gebruikers, leveranciers en onderzoeksinstituten gezamenlijk een prototype ontwikkelen. Daarna kan het bedrijf besluiten dit verder te ontwikkelen. In deze activiteit ligt de nadruk op methoden, technieken en gereedschappen. In het haalbaarheidsonderzoek staat analyse van organisatorische aspecten voorop.

In het kader van een vervolgopleiding kan in enkele weken een demonstratieprototype worden gebouwd voor een door het bedrijf geselecteerd domein. De bouw van dit prototype heeft drie doelen:

- ervaring opdoen met het gebruik van de gekozen gereedschappen
- aantonen of de techniek toepasbaar is en of het probleem met de gekozen gereedschappen kan worden opgelost
- aantonen of de gehanteerde ideeën en concepten juist zijn.

Om enige garantie te hebben dat deze fase niet te lang gaat duren, kiezen de meeste bedrijven voor ontwikkeling van een systeem met beperkte toepassing (een klein domein) en zo mogelijk voor ontwikkeling onder begeleiding van ervaren kennisanalisten, zodat het leren gebruiken van de gereedschappen niet te veel problemen of tijdverlies oproept.

Het gekozen domein hoeft niet het domein te zijn waarin later eventueel echte systemen kunnen worden ontwikkeld. Van belang is dat het gaat om een goed afgescheiden domein, waar alle betrokkenen voldoende kennis van hebben om zonder al te veel inbreng van buiten te kunnen oordelen over het demonstratieprototype. Wel dient de aard van het op te lossen probleem overeenkomsten te vertonen met de aard van de werkelijke problemen.

#### *Haalbaarheidsonderzoek*

Is er voldoende kennis in huis om de mogelijkheden van kennistechniek te beoordelen, dan kan een haalbaarheidsonderzoek plaatsvinden. Soms gebeurt dit al in de oriëntatiefase. Wanneer in de oriëntatiefase de hulp wordt ingeroepen van externe adviseurs, ligt het voor de hand deze ook te betrekken bij een haalbaarheidsonderzoek. Maar het is beter kennis eerst zelf in huis te halen, om ook een eigen conclusie te kunnen trekken uit de bevindingen van het haalbaarheidsonderzoek. Daarbij ligt de nadruk op analyse van organisatorische aspecten, in combinatie met de mogelijkheden en beperkingen van de techniek. In dit onderzoek kunnen de volgende activiteiten worden onderscheiden:

- onderzoek en prioriteitstelling van probleemdomeinen
- inventarisatie van benodigde kennis en kennisbronnen
- onderzoek van de bedrijfsorganisatie, vaststelling van taak en modaliteit van het te ontwikkelen systeem
- vaststelling van gewenste koppelingen met andere systemen, specificaties van de inrichting van de communicatie met de gebruiker
- samenstelling van een projectgroep en eventuele keuze van adviseurs en deelgenoten
- marktverkenning, waarbij wordt onderzocht of er al systemen bestaan voor het gekozen domein en welke gereedschappen en methoden er kunnen worden gebruikt
- keuze van te gebruiken gereedschappen
- planning van verdere werkzaamheden, zoals opleiding van projectgroep en gebruikers, kennisverwerving, ontwikkeling en invoering.

#### *Ontwikkeling eerste prototype*

Het domein voor het eerste systeem wordt strikt afgebakend. Tevens wordt een praktijkproef voorbereid, waarin het prototype in een levensechte omgeving kan worden beproefd. Zeker bij de toepassing van kennistechniek is het onverstandig systemen geheel in een laboratorium te ontwikkelen. De inbreng van de toekomstige gebrui-

kers en levensechte praktijkgevallen kunnen in deze fase niet worden gemist.

Gaat het om de ontwikkeling van een kennissysteem met de nadruk op de ervaringskennis van een expert, dan zal ook de kennisverwerving grotendeels in deze fase plaatsvinden. Voor een juiste representatie van de kennis die het systeem nodig heeft, is het van belang dat er een goed model van het domein wordt ontwikkeld. De meeste ontwikkelomgevingen bieden deze mogelijkheid, zij het dat dit model de kennisanalist nog niet veel steun kan bieden bij verwerving en interpretatie van de kennis die hij wil representeren. Wel kan dit model worden gebruikt als discussiestuk bij de vaststelling van taak, modaliteit en reikwijdte van het systeem.

### **Ontwikkeling van een bruikbaar systeem**

In de derde fase wordt een bruikbaar systeem ontwikkeld. Daarbij doen zich in de praktijk diverse problemen voor. De gereedschappen kunnen blijken niet te voldoen, er kan vertraging ontstaan door gebrek aan mankracht of onoverkomelijke technische problemen, de belangstelling van leiding en gebruikers kan afnemen en er kunnen concessies worden gedaan aan de ontwerpdoelstellingen om een gestelde einddatum te halen.

Veel bedrijven begaan in een eerste project de fout te lang door te gaan met de gereedschappen uit de oriëntatiefase. Deze dienden echter slechts ter kennismaking en waren wellicht gekozen vanwege hun bedieningsgemak, zonder al te veel aandacht te besteden aan toepasbaarheid voor de ontwikkeling van systemen in het gekozen domein. Na de oriëntatiefase kan blijken dat andere gereedschappen veel beter toepasbaar zijn. Vaak kan pas na voltooiing van een eerste prototype een keuze worden gemaakt voor de geschikteste wijze van kennisrepresentatie, wat het gebruik van andere gereedschappen kan vergen.

Van groot belang in deze fase is de verdere ontwikkeling van de programmatuur voor toepassing van de vastgelegde kennis. Behalve inferentiemechanismen en gebruikersinterfaces horen daar ook eventuele koppelingen met andere systemen bij.

Verreweg de meeste projecten hebben deze fase niet bereikt. In sommige gevallen was het eerste prototype al voldoende, bijvoorbeeld wanneer het domein zo klein was dat er geen sprake kon zijn van verdere ontwikkeling. In andere gevallen was de domeinkennis adequaat vastgelegd, maar bleek het onmogelijk deze voor gebruikers nuttig toegankelijk te maken. Ook leidde in sommige projecten het onderzoek tot voldoende inzicht in het domein om een algoritmische oplossing uit te werken met traditionele technieken.

De praktijk wijst uit dat in deze fase vaak de grootste problemen optreden. Er zijn weinig bedrijven die de eerste de beste keer succes hebben. De overgang van een demonstratieprototype in een laboratorium naar een kennissysteem in gebruik vereist zorgvuldige voorbereiding. Een van de grootste problemen is dat vaak systemen worden ontwikkeld die technisch interessant zijn, maar door de gebruikers niet worden gewenst. Daarom is het van belang bij het eerste project geen te ambitieuze doelstellingen te hanteren. Het leereffect staat voorop, niet de mogelijke ontwikkeling van een bruikbaar systeem. Toch doen ontwikkelaars in de praktijk, geïnspireerd door succesverhalen van anderen, vaak ondoordachte beloften over het verwachte nut van hun eerste systeem.

Een van de dingen waaraan vaak te laat wordt begonnen, is een zorgvuldige analyse van de organisatie en de werkwijzen van gebruikers in het toepassingsgebied. Deze analyse dient plaats te vinden voordat kan worden gekozen voor ontwikkeling van een uiteindelijk systeem met een bepaalde modaliteit. Uit de praktijk van het Peesproject (zie 6.6) en het Prolexsproject (zie 6.5) blijkt dat snel succes met deze methode niet haalbaar is. Om toch op de ingeslagen weg verder te kunnen gaan, is vertrouwen nodig van de bedrijfsleiding en andere minder direct betrokkenen. Sommigen proberen dit vertrouwen te wekken met ongefundeerd optimisme en valse beloften. Het zal duidelijk zijn dat deze weg op den duur doodloopt. Voorlopig is ieder kennissysteem uniek en zal ieder bedrijf zelf door vallen en opstaan moeten leren. Meestal treedt de eerste grote valpartij pas op na de onderzoekfase.

#### *Invoering van het uiteindelijke systeem*

In deze fase beëindigen de meeste adviseurs hun taak. Ook de vele in een universiteit ontwikkelde systemen worden bij de opdrachtgever verder ontwikkeld. Er wordt een bruikbaar systeem gebouwd met alle benodigde koppelingen en eigenschappen op het gebied van snelheid, gebruiksgemak enz. Daarvoor wordt meestal gebruik gemaakt van de krachtigste apparatuur die op de markt verkrijgbaar is. Ook de voorzieningen waarmee de gebruikers eventueel zelf aanpassingen kunnen aanbrengen, worden ontwikkeld, beproefd en uitgelegd. Deze fase wordt gebruikt om het bedrijf voor te bereiden op de invoering van het systeem. Daarvoor kunnen extra scholing en in sommige gevallen verandering van werkwijzen nodig zijn. In sommige gevallen zal het nodig zijn nieuwe apparatuur en werkwijzen te introduceren. Eventueel wordt in deze fase gekozen voor conversie van het systeem naar een conventionele taal en gewone apparatuur. Daarbij spelen organisatorische en economische aspecten een grote rol. Een systeem met honderd gebruikers kan niet draaien op werkstations van

f 100.000 per stuk. Verwacht wordt dat rond 1990 een grote Lisp-machine minder dan f 10.000 zal kosten, maar tot die tijd zullen veel bedrijven andere apparatuur kiezen. In dit verband wordt veel energie gestoken in de ontwikkeling van gereedschappen om Lisp-programmatuur te vertalen naar C of te integreren met andere programmatuur, onder een besturingssysteem dat niet alleen draait op Lisp-machines, maar ook op conventionele apparatuur. Ook wordt veel verwacht van microcomputers die zijn gebaseerd op de in 1986 geïntroduceerde nieuwe microprocessors (waaronder Intel 80386, Motorola 68020 en Texas Instruments Explorer-on-a-chip).

### Onderhoud

De hoge ontwikkelingskosten van kennissystemen vragen een langjarige gebruiksduur of grote baten bij toepassing van deze systemen. Voortdurende aanpassing aan de veranderende werkelijkheid is essentieel voor de bruikbaarheid. Om invoerings- en onderhoudsproblemen te voorkomen, leveren in veel projecten de toekomstige gebruikers één of meer mensen aan de projectgroep. Deze functioneren als junior-kennisanalist. Zij worden al doende opgeleid en zullen later zorgen voor beheer en onderhoud van het systeem.

### B.3 Keuze van gereedschappen

Er zijn vier aspecten bij de ontwikkeling van kennissystemen die een grote rol spelen bij de aanpak en de keuze van gereedschappen:

- de toepassing van het systeem
- de taak die het krijgt
- de gebruikers, hun kennis, organisatie, apparatuur
- de ontwikkelaars, hun kennis, ervaring, apparatuur, budget.

Voor sommige toepassingen blijken bepaalde architecturen en methoden voor kennisrepresentatie en inferentie beter geschikt dan andere. Voor diagnose en classificatie wordt vaak gebruik gemaakt van eenvoudige lege systemen, evenals bij toepassingen waarbij het gaat om het volgen van een ingewikkelde procedure, zoals bij het invullen van belastingformulieren.

Ontwerp-, configuratie- en planningsystemen maken vaak gebruik van vooruit redeneren met behulp van regels, waarbij het objectsysteem wordt gerepresenteerd met object-geïntegreerde technieken. Voor uitleg en simulatie is diepe kennis nodig, die goed kan worden gerepresenteerd in frames. Oppervlakkige kennis kan worden toegevoegd in de vorm van regels. Daarvoor zijn hybride systemen nodig met beide vormen van kennisrepresentatie.



Logica blijkt uitermate geschikt voor verwerking van natuurlijke taal, voor voorzetsystemen en als hulpmiddel voor de vastlegging van specificaties van systemen.

Toepassingen waarbij snelheid voorop staat en toepassingen waarbij veel kennisbronnen tegelijk moeten worden geraadpleegd, kunnen pas op grote schaal worden gebouwd wanneer parallelle inferentiemechanismen beschikbaar zijn. Daarvoor wordt een aanzet gegeven in schoolbordarchitecturen (zie Bijlage A).

In de praktijk vergt het leren omgaan met een ontwikkelomgeving enkele maanden. Deze leertijd kan worden bekort wanneer ervaren mentoren beschikbaar zijn. Leren omgaan met lege systemen kost minder tijd, maar deze gereedschappen bieden veel minder mogelijkheden. Behalve beheersing van de gereedschappen is ook beheersing van methoden en technieken nodig. Ook daarbij kunnen ervaren mensen hulp bieden. Maar omdat er nog geen algemeen toepasbare methoden en technieken zijn, zal de projectgroep een eigen werkwijze moeten ontwikkelen. Daarbij is het van groot belang dat de gereedschappen voldoende mogelijkheden bieden voor experimenten en ontwikkeling van speciale bouwstenen.

#### B.4 Taken in projectgroepen

De samenstelling van een projectgroep voor de ontwikkeling van kennissystemen hangt af van de omvang en de complexiteit van het probleemdomenein en van de tijd waarin men het systeem wil ontwikkelen. De volgende functies en taken kunnen worden onderscheiden.

##### *De projectleider*

In projecten die moeten leiden tot een systeem voor gebruik in de praktijk, gaat de voorkeur uit naar een projectleider uit de gebruikersorganisatie. In projecten waarin de nadruk ligt op onderzoek, hoeft dat niet het geval te zijn.

##### *Kennisanalisten*

Afhankelijk van de omvang van het project, zijn één of meer kennisanalisten nodig. Deze kunnen verschillende achtergronden hebben. De taak van de kennisanalist is het bij elkaar brengen van techniek, kennisbron en gebruiker. De kennis moet uit de bron (handboeken, experts) worden gehaald en vastgelegd in een systeem dat begrijpelijk en nuttig is voor de gebruiker.

In grote projecten is er vaak een taakverdeling, waarbij één kennisanalist ervaring met de gereedschappen inbrengt, een tweede kennis- of informatie-analist de ervaring van de gebruikersorganisatie en een

derde de ervaring met het probleemdomein. Afhankelijk van de verwachte problemen kan deze taakverdeling andere accenten krijgen. Wanneer het de bedoeling is dat het onderhoud van het systeem in de gebruikersorganisatie zal plaatsvinden, dan ligt het voor de hand dat dit zal gebeuren door degene uit die organisatie die ook bij de ontwikkeling is betrokken.

Enkele nuttige eigenschappen van kennisanalisten zijn nieuwsgierigheid, vaardigheid in het spreken van diverse talen (van gebruikers, experts, gereedschappen), goed kunnen luisteren en begrijpen, organisatorisch/analytisch inzicht en een zo breed mogelijke opleiding. Het is echter niet nodig dat zij op al deze gebieden expert zijn. Inlevings- en voorstellingsvermogen en de vaardigheid inzichten te vertalen in technische specificaties staan voorop.

#### *De gereedschapsbouwer*

Ter ondersteuning van de kennisanalisten is er vaak een gereedschapsbouwer in de projectgroep. Dit is iemand met diepe kennis van de gebruikte gereedschappen, die ook in staat is voor dit project specifieke gereedschappen en bouwstenen te ontwikkelen. Voor bepaalde koppelingen kan de gereedschapsbouwer gebruik maken van Prolog. Wordt gebruik gemaakt van ontwikkelomgevingen gebaseerd op Lisp, dan is de gereedschapsbouwer meestal een Lisp-programmeur. In projecten waar koppeling met andere systemen een grote rol speelt, zijn soms diverse gereedschapsbouwers en systeem-programmeurs actief.

#### *Ondersteuners*

Soms wordt de projectleider ondersteund door mensen die zich bezighouden met financiële en organisatorische aspecten. Zeker bij het haalbaarheidsonderzoek en de voorbereiding van de invoering van het systeem kunnen organisatie-adviseurs een rol spelen.

#### *Experts*

Het is in veel gevallen niet nodig dat domeinexperts continu beschikbaar zijn. Wanneer het niet gaat om de ontwikkeling van een expertstelsel waarin zoveel mogelijk relevante kennis van een expert wordt vastgelegd, hebben experts eerder een toetsende rol. Zij dienen als criticus voor de inzichten, modellen en prototypen en niet als primaire kennisbron. In dat geval kan ook een beroep worden gedaan op diverse deskundigen. Aangezien het nog niet goed mogelijk is conflicterende kennis van meer dan één expert in een systeem onder te brengen, zullen experts die het niet met elkaar eens zijn slechts als criticus van het systeem een rol kunnen spelen. Dit betekent dat de experts, behalve expertise in het domein, ook kennis inbrengen van de organisatie waar het systeem zal worden gebruikt. Deze kennis is

essentieel wil het systeem goed passen in de gebruikersorganisatie. Omdat nieuwe systemen niet zonder problemen zijn in te passen in bestaande bedrijven, zal de gebruikersorganisatie moeten worden voorbereid op het gebruik van het kennissysteem. De werkwijzen en taakverdelingen zullen moeten worden herzien. Ook deskundigen op dit gebied kunnen een grote rol spelen.

#### *Adviseurs*

Wanneer de projectgroep nog weinig ervaring heeft, kan ondersteuning van externe adviseurs worden gezocht. Dat kunnen bijvoorbeeld wetenschappelijk onderzoekers zijn die betrokken zijn geweest bij de ontwikkeling van de gebruikte ontwikkelomgeving of projectleiders van andere projecten. Ook organisatie-adviseurs kunnen te hulp worden geroepen.

In principe kunnen alle lacunes in de ervaring van de projectgroep op deze manier worden aangevuld, maar dit is alleen zinvol in de beginfasen van het project. De eigenlijke ontwikkeling en invoering van het systeem kan meestal niet door buitenstaanders worden gedaan. Daarvoor bestaan diverse redenen:

- het gaat vaak om de vastlegging van strategische kennis
- om niet afhankelijk te blijven van buitenstaanders (onderhoud!) is het belangrijk zelf ervaring op te doen
- buitenstaanders zijn vaak niet voldoende beschikbaar en soms te duur of te weinig gemotiveerd om van nut te kunnen zijn in probleemsituaties.

Veel leveranciers bieden hun klanten hulp bij de ontwikkeling van hun eerste systeem. Vaak leveren zij bij hun ontwikkelingshulpmiddel gedurende een bepaalde periode de diensten van een kennisanalist die, als het goed is, ervaring heeft met het gebruikte gereedschap en liefst ook met de ontwikkeling van andere kennissystemen. In Nederland zijn er nog maar weinig mensen met een dergelijke ervaring. De meeste bedrijven zullen daarom hun eigen kennisanalisten moeten opleiden.

Voor niet-technische ondersteuning, meer gericht op de taken van de projectleider, kan soms worden aangeklopt bij onderzoeksinstituten. Ook hier is echter nog weinig ervaring met commerciële projecten. De inbreng van adviseurs is vooral waardevol in de eerste fasen van de ontwikkeling van kennissystemen. De hoge kosten kunnen worden gecompenseerd door winst in doorlooptijd. Adviseurs kunnen namelijk hun eigen ervaring voor een deel overdragen en het leereffect versnellen. De ontvangende partij moet zich dan wel goed hebben voorbereid. Ook kunnen adviseurs helpen bij het kiezen van geschikte probleemdomeneinen, werkwijzen en gereedschappen.

## B.5 Aandachtspunten

Er bestaan diverse criteria waaraan een probleem moet voldoen, wil het zich lenen voor aanpak met kennistechniek. Keus [146] onderscheidt vijf categorieën, namelijk taakkenmerken, kenniskenmerken, organisatorische gebruikaspecten, technische aspecten en projectmatige aspecten. Deze criteria zijn vooral bedoeld voor de keuze van een domein voor ontwikkeling van een eerste systeem, waarbij de nadruk ligt op de vermindering van complicerende factoren, zoals koppelingen, werken met onzekerheid en dergelijke. Ook in de Amerikaanse literatuur [12, 82, 147] worden vaak aandachtspunten opgesomd.

### *De taak*

- Het probleemdomein is nauwkeurig af te bakenen en daarbinnen is duidelijk aan te geven welke taak een kennisstelsel kan hebben. Het moet duidelijk zijn op welk gebied het systeem een rol zal spelen en welk deel van de oplossing door de gebruiker zal worden gedaan. Ook moet worden aangegeven hoe het systeem zich dient te gedragen aan de grenzen van zijn competentie.
- De oplossingen van het systeem kunnen worden getoetst.
- Het oplossingsproces bestaat voor een groot deel uit cognitieve handelingen waarbij het van belang is dat niets over het hoofd wordt gezien.
- Het gaat om een slecht gestructureerd probleem, waarvoor geen aanvaardbare flexibele, snelle, efficiënte algoritmische oplossing bestaat.
- Het gaat om verwerken en verstrekken van informatie en advies op grond van onvolledige gegevens.
- Het gaat om keuze uit veel mogelijkheden, waarbij het niet essentieel is dat altijd de beste oplossing wordt gekozen.
- Het gaat om optimalisering van variabelen met een groot aantal onderlinge relaties. Mensen raken daarbij snel het overzicht kwijt, hoewel de taak conceptueel niet erg lastig hoeft te zijn. Er kan een strategie worden opgesteld waarmee het probleem op een hoog abstractieniveau kan worden opgelost en waarin is aangegeven hoe met vuistregels en met behulp van randvoorwaarden kan worden gewerkt. In de literatuur [82, 12, 11] wordt gesproken van 50-400 entiteiten met 5-6 attributen en 3-5 relaties elk als maat voor de maximale complexiteit waarmee kennisystemen kunnen omgaan.
- Oplossing van problemen vereist raadpleging van anderen (experts), maar uitvoering geschiedt in hoofdzaak door één persoon.
- Er bestaat een 'eenvoudige' versie (qua diepgang en reikwijdte)

van het probleem, die kan worden gebruikt als domein voor ontwikkeling van een eerste prototype.

#### *De kennis*

- Bij de oplossing wordt daadwerkelijk gebruik gemaakt van kennis en beoordeling en niet van intuïtie, 'weten', voorinformatie, relaties en dergelijke.
- Het is bekend welke kennis en gegevens nodig zijn om de taak uit te voeren.
- De benodigde kennis is goed begrensd, niet te omvangrijk en goed toegankelijk.  
Bruikbare kennis die niet toegankelijk is, bijvoorbeeld kennis van de concurrent, kennis van mensen die niet beschikbaar zijn, enz., kan niet in een systeem worden vastgelegd. Voorhanden kennis kan worden gevonden in protocollen, handleidingen en beschikbare menselijke experts.
- Geen onzekerheid. Redeneren met onzekerheid is in kennissystemen nog niet goed realiseerbaar.

#### *Organisatorische gebruikaspecten*

- Er bestaat bij de gebruikers behoefte aan de ondersteuning die een kennissysteem zou kunnen bieden. Het gaat om zinvol gebruik dat kan leiden tot winsten, besparingen of andere baten. Het moet duidelijk zijn dat het systeem daadwerkelijk zal worden gebruikt.
- Huidige systemen voldoen niet. In sommige domeinen bestaan bijvoorbeeld standaardoplossingen die niet voldoen vanwege het grote aantal uitzonderingsgevallen.
- Gebruikers en ontwikkelaars kunnen het eens worden over het nut en de taak van het systeem, koppelingen en andere gebruikaspecten.
- De gebruikers zien gebruik van het systeem niet als een taakverzwaring. Er worden veel kennissystemen ontwikkeld voor handlereizigers, verkopers, verzekeringstussenpersonen en andere mobiele gebruikers. Aangezien zij geen grote computers kunnen meenemen, worden er nogal hoge eisen gesteld aan de apparatuur. Dit beperkt diepgang, reikwijdte en gebruikersvriendelijkheid van de systemen.
- Organisatorische consequenties van invoering zijn gering. Wanneer gebruik van het kennissysteem grote organisatorische veranderingen noodzaakt, zijn zij slechts aanvaardbaar als zij ook zonder invoering van het systeem doorgang zouden vinden. Het is veiliger systemen te introduceren die geen grote organisatorische veranderingen behoeven. Ook hier treedt een leerproces op.

*Technische aspecten*

- Invoering en gebruik zijn mogelijk. Sommige systemen kunnen niet worden ingevoerd, bijvoorbeeld omdat er nog geen geschikte apparatuur bestaat of omdat invoering te veel discontinuïteit teweeg zou brengen. In zo'n geval is het hoogstens zinvol kennissystemen te ontwikkelen als simulatie- en oefenmateriaal.
- Koppeling en integratie zijn niet essentieel. Wanneer een kennisstelsel alleen zinvol kan worden gebruikt wanneer het is gekoppeld of geïntegreerd met andere systemen, zal deze aansluiting minstens evenveel aandacht behoeven als de ontwikkeling van het systeem zelf. Ontwikkeling van zo'n systeem is daarom af te raden voor beginnende bedrijven.
- Het probleem leent zich voor gebruik van een ontwikkelomgeving of een leeg systeem. Het is niet aan te raden in een eerste project een kennisstelsel van de grond af op te bouwen in een taal, of zelf een op de toepassing gericht leeg systeem te bouwen. Gebruik van een commercieel verkrijgbaar leeg systeem of ontwikkelomgeving, die wordt ondersteund door een leverancier en waarmee reeds praktijkervaring bestaat, levert tijdswinst op en biedt een grotere kans op succes.
- Gebruik kan plaatsvinden op computers die ook zonder toepassing van kennisstelsels zouden worden aangeschaft of op computers van een zodanige prijs dat investering in dergelijke apparatuur niet ongebruikelijk is. Dat neemt niet weg dat tijdens de ontwikkeling zoveel mogelijk gebruik dient te worden gemaakt van geschikte apparatuur (zie hoofdstuk 5).

*Ontwikkeling en inzet*

- Ontwikkeling duurt niet langer dan een jaar. Wanneer een systeem te lang op zich laat wachten, neemt de belangstelling van gebruikers, leiding en andere niet direct betrokkenen te veel af.
- Ook de leiding staat achter de ontwikkeling van een kennisstelsel. De ontwikkeling van een eerste systeem is relatief duur en langdurig. Daarom leiden eerste projecten die mikken op snel succes, vaak tot teleurstellingen en tot roofovername op inzet en bereidwilligheid van projectmedewerkers. Voor een eerste project dienen mensen echt te worden vrijgemaakt.
- Ontwikkeling kan geschieden door twee of drie personen. De huidige methoden, technieken en gereedschappen lenen zich niet voor gebruik door grote groepen. Maar het is ook onverstandig systemen te laten bouwen door individuele ontwikkelaars. Deze kunnen te lang op een doodlopende weg blijven of het overzicht over de vele taken verliezen.

- Het systeem kan voor de invoering worden geëvalueerd, bijvoorbeeld met behulp van gedocumenteerde praktijkgevallen en een praktijkproef.
- Het systeem hoeft niet voor 100% te functioneren om inzetbaar te zijn. Wanneer bijvoorbeeld het systeem bepaalde moeilijke gevallen niet blijkt aan te kunnen, maar het wel zinvol kan worden gebruikt voor minder moeilijke gevallen, zal het toch inzetbaar zijn. Bij de probleemkeuze dient rekening te worden gehouden met mogelijke tegenvallers die dit soort gevolgen hebben.
- Het is wenselijk de kennis van het systeem afzonderlijk toegankelijk te maken. In sommige gevallen kan de expliciete kennis in een kennissysteem leiden tot beter gebruik, ook door de mensen van wie deze kennis afkomstig is. Tijdens de ontwikkeling van kennissystemen worden mensen zich beter bewust van hun aanpak en de kennis die zij gebruiken, waardoor zij later effectiever kunnen werken. Bovendien kan expliciete kennis ook gemakkelijker worden overgedragen op anderen. Kennissystemen kunnen functioneren als interactief handboek.

#### *Echte expertsystemen*

In sommige gevallen is het gewenst een expertsysteem te maken. Dat is een kennissysteem waarin zoveel mogelijk relevante kennis van een menselijke expert wordt vastgelegd. Er zijn diverse criteria waaraan iemand moet voldoen om expert te worden genoemd [82, 11, 12]. De belangrijkste zijn:

- significant betere oplossingen, algemeen erkend
- meer dan tien jaar ervaring
- effectief kunnen omgaan met grote hoeveelheden gegevens, snel relevante informatie kunnen afzonderen
- oplossingen zijn niet gebaseerd op intuïtie, gokken, persoonlijke relaties of kennis van de wereld.

Een expertsysteem dient voor kennisoverdracht, beter gebruik van experts en behoud voor het bedrijf van de kennis van vertrekkende experts.

De problemen die voor de ontwikkeling van een expertsysteem in aanmerking komen, mogen voor de expert niet te moeilijk, maar ook niet te gemakkelijk zijn. Vaak wordt gedacht aan problemen waarvoor een expert enkele uren tot enkele weken nodig heeft. Niet minder dan enkele uren, omdat het anders een triviaal probleem betreft of een probleem dat slechts intuïtief kan worden opgelost. Niet meer dan enkele weken, omdat anders de huidige techniek ontoereikend is. Sommige auteurs leggen deze grens al bij enkele dagen of zelfs uren. Experts presteren vooral beter in gebieden waar het van belang is snel

tot de kern van het probleem door te dringen. Ook wanneer slechts onvolledige gegevens beschikbaar zijn, kan een expert – uitgaande van hypothesen – gerichte vragen stellen, daarmee de gegevens schiften en relevante extra gegevens verzamelen.

#### *Argumenten voor de ontwikkeling van een expertsysteem*

- Kennis dreigt voor de organisatie verloren te gaan, bijvoorbeeld wanneer een expert met pensioen gaat of om een andere reden niet meer voldoende beschikbaar is.
- Mensen hebben onvoldoende mogelijkheid ervaring op te doen. In snel veranderende domeinen is het moeilijk veel ervaring op te doen. Bovendien doen mensen tegenwoordig steeds minder lang hetzelfde werk. Ervaren medewerkers zijn dan extra waardevol. Hun kennis mag niet verloren gaan en kan worden vastgelegd en in een expertsysteem toegankelijk gemaakt voor hun collega's.
- Er is op veel plaatsen behoefte aan schaarse expertise.
- Experts komen niet toe aan moeilijke problemen. Wanneer experts te veel routinewerk moeten doen waardoor de moeilijke problemen blijven liggen, ligt het voor de hand te pogen dit routinewerk voortaan te laten doen door een expertsysteem.
- Er zijn te weinig problemen om een expert aan het werk te houden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij expertise over oude apparaten of werkwijzen die zo weinig worden gebruikt dat een expert er geen dagtaak aan heeft.
- Er is een expert beschikbaar. Wanneer er geen expert beschikbaar is, kan er ook geen expertsysteem worden gebouwd. De beschikbaarheid is vooral nodig tijdens de oriëntatie en de afbakening van het domein waarin het systeem moet functioneren (enkele dagen), voor kennisacquisitie (enkele weken) en ter beoordeling van prototypen en modellen (dagen tot weken). Deze beschikbaarheid moet gelden gedurende de gehele ontwikkeling.

#### *Wanneer geen kennissysteem*

Gezien de stand van de techniek kunnen de volgende punten de ontwikkeling van kennissystemen negatief beïnvloeden:

- Het gaat om raadpleging van zeer veel gegevensbronnen, die niet alle via geautomatiseerde kanalen toegankelijk zijn of die aan continue verandering onderhevig zijn.
- De oplossing moet zeer snel worden gevonden.

Tenslotte zijn er uiteraard gevallen waarin de ontwikkeling van een kennissysteem niet zinvol is:

- Er is nog onvoldoende bekend over het domein, bijvoorbeeld wanneer experts niet kunnen uitleggen hoe zij te werk gaan.



- Het probleemdomein is voldoende te structureren, er is een algoritmische oplossing die snel genoeg uitvoerbaar is.
- De oplossing vereist voornamelijk numerieke bewerkingen. In dat geval ligt een conventioneel systeem meer voor de hand.
- Integratie met andere systemen is dermate belangrijk dat de oplossing moet worden gerealiseerd met conventionele programmatuur.
- Het probleem wordt nu opgelost met behulp van intuïtie, gezond verstand, kennis van de wereld, persoonlijke relaties, contacten of communicatie.
- De oplossingen van het probleem zijn niet evalueerbaar of er bestaat twijfel over de juistheid. In zo'n geval is het riskant de oplossing over te laten aan een computersysteem.
- De gebruikersorganisatie heeft geen belangstelling. Het is buiten de onderzoekfase niet zinvol een systeem te maken dat niet zal worden gebruikt.
- Er is onvoldoende geld om het goed te doen. Beter geen systeem dan een slecht systeem.

---

## Bijlage C Gereedschappen

Voor ontwikkeling en onderhoud van kennissystemen zijn diverse gereedschappen beschikbaar. In deze Bijlage ligt de nadruk op de gereedschappen die commercieel verkrijgbaar zijn. Uiteraard veroudert een overzicht van commerciële producten snel. Daarom worden in dit boek slechts categorieën en voorbeelden gegeven (zie afb. C.1). Uitgebreidere overzichten zijn te vinden in [72, 148] en diverse rapporten van marktonderzoeken, bijvoorbeeld [119]. In Nederland besteedt het tijdschrift 'Kennisystemen' speciaal aandacht aan producten die hier verkrijgbaar zijn en ook worden gebruikt [115]. Ook het Babbage Institute for Knowledge and Information Technology (Bikit) in Gent publiceert rapporten over gereedschappen, vooral voor gebruik op microcomputers [149].

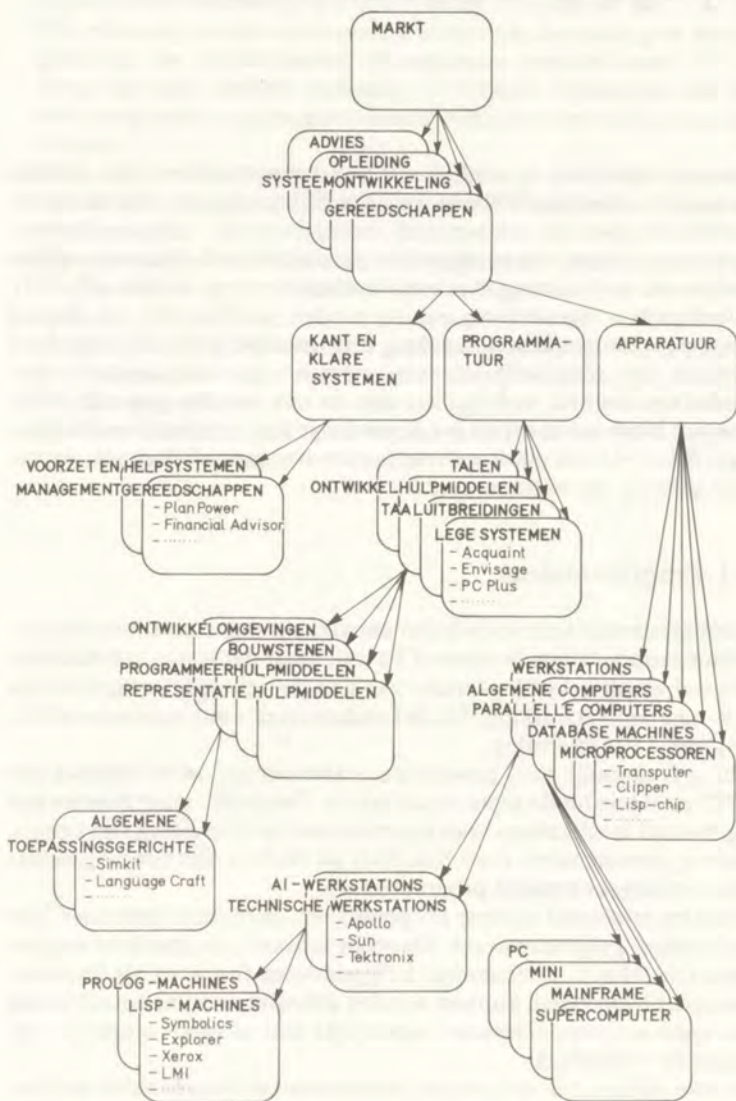
### C.1 Programmatuur

Kennisystemen kunnen worden ontwikkeld met conventionele programmeertalen zoals Fortran of Pascal, maar dat is niet gebruikelijk. Meestal wordt gebruik gemaakt van een taal die speciaal geschikt is voor symboolverwerking. De bekendste talen voor symboolverwerking zijn Lisp en Prolog.

Prolog is eigenlijk geen gewone programmeertaal, maar behoort met OPS5 en Rosie tot de representatietalen. Dergelijke talen hebben een ingebouwd mechanisme voor representatie en toepassing van kennis. Andere speciale talen, zoals Smalltalk en Flavors, zijn vooral geschikt voor objectgeoriënteerd programmeren.

Naast en gebaseerd op deze programmeer- en representatietalen is er veel andere programmatuur. Daarvan bestaan verscheidene categorieën (zie tabel C.1). Sommige hulpmiddelen fungeren als bouwstenen, die bijvoorbeeld kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van systemen voor simulatie, natuurlijke taal of toepassingen in een bepaalde bedrijfstak.

In deze Bijlage zal een aantal representatieve voorbeelden worden behandeld. Meer gedetailleerde beschrijvingen zijn te vinden in [148] en [72].



Afb. C.1 De markt voor gereedschappen.

Tabel C.1 Programmatuur.

programmeertalen	C, (Common)Lisp
speciale talen en programmeerhulpmiddelen	Flavors, Interlisp, OPS5, Poplog Prolog, Scheme, Smalltalk
lege systemen (empty shells) en eenvoudige ontwikkelomgevingen	Acquaint, Delfi-2, Envisage, ESP/Advisor, ExpertEase, Frame Engine, GoldWorks, Kes, Personal Consultant Plus, Xi
geavanceerde ontwikkelomgevingen	Art, Epitool, Kee, Knowledge Craft, Loops
bouwstenen en op toepassing gerichte uitbreidingen	Language Craft, Simkit

## Talen

Bij de keuze van een taal is het niet alleen van belang dat deze de juiste representatiemethoden en inferentiemogelijkheden bezit voor specifieke problemen, maar ook dat is voorzien in efficiënte faciliteiten voor de ontwikkeling, aanvulling en het onderhoud van de kennisbestanden. Hoewel conventionele talen deze faciliteiten meestal niet hebben, wordt soms toch bij de ontwikkeling van een uiteindelijke versie van een kennissysteem gekozen voor een conventionele taal. Dat kan nodig zijn, bijvoorbeeld wanneer het systeem zal worden gebruikt temidden van andere systemen (bijvoorbeeld op dezelfde computer) die alle in een bepaalde taal zijn geschreven. Omdat in zo'n situatie programma's in de gebruikelijke taal vermoedelijk efficiënter zullen werken, wordt er dan vaak de voorkeur aan gegeven de productieveersie van het kennissysteem in die taal te schrijven. Dit staat echter de ontwikkeling van prototypen in een andere taal niet in de weg. Er kan immers een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de ontwikkeling van prototypen, waarbij de ontwikkelingstijd en de flexibiliteit van belang zijn en het gebruik van het definitieve programma, waarbij de operationele snelheid voorop staat.

Voor het onderhoud van het kennissysteem geldt, behalve bij zeer kleine aanpassingen, hetzelfde als voor de ontwikkeling zodat systemen die zijn herschreven in een conventionele taal na onderhoud opnieuw zullen moeten worden herschreven.

Een van de belangrijkste criteria bij de keuze van een taal is de beschikbaarheid van een beproefde ontwikkelomgeving. Het schrij-

ven van een kennissysteem is een lang en moeilijk proces, dat gebaat is bij krachtige hulpmiddelen. Hierbij is het van belang te letten op de verschillen in toepasbaarheid van dergelijke hulpmiddelen. Een hulpmiddel dat bij uitstek geschikt is voor diagnostische problemen leent zich vaak minder goed voor ontwerpproblemen (zie Bijlage B).

### Lisp

Lisp (LIST Processing) is in de jaren vijftig op MIT ontwikkeld als speciale taal voor *symbolverwerking*. In Lisp bestaat geen onderscheid tussen de programma's en de gegevens waarmee de programma's werken. Een programma kan dus zelf als invoer dienen voor een ander programma.

De besturing in Lisp-programma's geschiedt vaak door middel van *recursie*, dat wil zeggen dat een programma zichzelf net zolang uitvoert tot aan bepaalde condities is voldaan. Lisp heeft een modulair karakter waarin iedere moduul bestemd is voor een bepaalde *functie*. Dit maakt Lisp zeer geschikt voor het vastleggen van kennis in regels en frames.

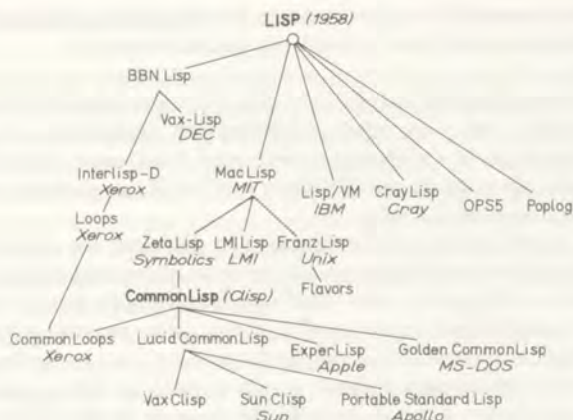
Omdat Lisp-programma's zelf bepalen hoeveel geheugenruimte nodig is voor opslag van gegevens, kent Lisp ook de functie '*garbage collection*', waarmee ongebruikte gegevens worden opgeruimd en de geheugenruimte die deze gegevens innamen, wordt vrijgegeven.

Lisp is een lage taal, die de programmeur dwingt tot omvangrijk programmeerwerk, maar die ook alle mogelijkheden biedt voor de ontwikkeling van gereedschappen en uitbreidingen. Zo heeft menige Lisp-programmeur zijn eigen uitbreidingen geschreven. Hierdoor zijn veel Lisp-dialecten ontstaan.

Met de introductie van het als standaard bedoelde *Common-Lisp* lijkt de wildgroei van dialecten tot stand te zijn gebracht. Vele fabrikanten van apparatuur kiezen voor Common-Lisp als het dialect dat op hun apparatuur beschikbaar wordt gesteld. In afb. C.2 is een stamboom van enkele Lisp-dialecten weergegeven.

Lisp is in de Verenigde Staten de taal die voor de ontwikkeling van kennissystemen het meest wordt gebruikt. Het grote aantal haakjes in Lisp-programmatuur maakt Lisp-programma's soms tamelijk onoverzichtelijk. Daarom zijn diverse aanvullingen ontwikkeld die programmering in Lisp vergemakkelijken, zoals de *ontwikkelingsystemen* Flavors en Interlisp-D en de *Lisp-machines*. Scheme is een Lisp-uitbreiding voor gebruik op microcomputers.

Een goed overzicht van de Lisp-dialecten en hun ontstaan is te vinden in [148] en [119]. In [150] wordt ingegaan op theoretische aspecten van Lisp.



Afb. C.2 Dialecten en ontwikkelingen van Lisp.

### Prolog

Prolog (PROgramming in LOGic) is in 1972 ontwikkeld aan de Universiteit van Marseille. De taal is van oudsher populair in Europa, maar sinds 1986 ook in de Verenigde Staten. In Japan is Prolog gekozen als taal voor 'vijfde generatie' computersystemen. Deze keuze komt mede voort uit de veronderstelling dat Prolog zich beter dan Lisp leent voor programmering van parallelle computers. Prolog is gebaseerd op een bepaalde vorm van logica, waarin feiten en regels over objecten en over relaties tussen objecten kunnen worden vastgelegd. Inferentie in Prolog geschiedt terugwaarts. Prolog is vooral geschikt gebleken voor toepassingen op het gebied van natuurlijke taal en gegevensbestanden. Ook bepaalde ontwerpprogramma's waarin randvoorwaarden een grote rol spelen, lenen zich voor ontwikkeling in Prolog.

Systeemontwikkeling in Prolog kan voor beginnende gebruikers gemakkelijker zijn dan gebruik van Lisp, omdat Prolog-programma's beter leesbaar zijn. Ook voor Prolog zijn hulpmiddelen verkrijgbaar. Sinds 1986 zijn er speciale Prologmachines ontwikkeld in het kader van het Japanse 'vijfde generatie' project. Ook zijn er diverse ontwikkelomgevingen in ontwikkeling. In [149] en [119] wordt een aantal Prolog-versies besproken. In [134] en [151] wordt de theorie uitgewerkt.

#### *Smalltalk, OPS5, Poplog en Rosie*

Steeds meer programmeerhulpmiddelen en ontwikkelomgevingen bieden faciliteiten voor *object-geïntendeerd* programmeren. Een taal

die daarvoor speciaal is ontwikkeld, is Smalltalk [152]. Smalltalk/V is een goedkope versie voor gebruik op microcomputers.

OPS5 is oorspronkelijk ontwikkeld aan Carnegie-Mellon University als uitbreiding van Lisp voor psychologisch onderzoek [153, 154]. Later is het door de computerfirma Digital Equipment Corporation (DEC) gebruikt voor de ontwikkeling van het Xcon-systeem voor de configuratie van computers.

In OPS5 wordt kennis gerepresenteerd in de vorm van produktieregels. Het systeem maakt gebruik van vooruit redeneren en heeft twee ingebouwde strategieën voor conflictoplossing (de keuze van één regel als verscheidene regels gelijktijdig worden geactiveerd).

Poplog biedt een combinatie van onder andere Lisp en Prolog [155]. Het is in Nederland verkrijgbaar, onder andere op VAX-computers. Rosie is voor eigen gebruik ontwikkeld door de Rand Corporation. De taal lijkt op Engels en biedt faciliteiten voor ontwikkeling van systemen die communiceren met gegevensbestanden. Rosie is gebaseerd op Lisp.

### Lege systemen

Lege systemen, ook wel bekend als 'shells', zijn kennissystemen zonder kennis. De kennisanalist hoeft alleen nog maar domeinkennis in te voeren om een kennissysteem te ontwikkelen. Het inferentiemechanisme en andere faciliteiten zijn reeds ingebouwd. De meeste lege systemen hebben een vaste vorm van kennisrepresentatie, meestal gebaseerd op produktieregels (zie Bijlage A).

Er zijn veel lege systemen te koop. De prijzen variëren sterk. De meeste zijn zeer beperkt toepasbaar en lenen zich slechts voor de ontwikkeling van kleine kennissystemen. Er zijn lege systemen ontwikkeld in Lisp en verscheidene andere talen. Het gemak van lege systemen heeft geleid tot een grootscheepse ontwikkeling van commerciële systemen die geschikt zijn voor een microcomputer.

In Nederland zijn twee van dergelijke systemen ontwikkeld. Delfi-2 is ontwikkeld aan de Technische Universiteit Delft. Acquaint is ontwikkeld door Lithp Systems en wordt ook in het buitenland verkocht.

Het belangrijkste voordeel van lege systemen is dat de kennisanalist zich niet hoeft te bekommeren om de ontwikkeling van een speciaal inferentiemechanisme of de keuze van een representatievorm. Ook speciale communicatiefuncties, zoals koppelingen en uitlegfaciliteiten, hoeven niet meer te worden ontworpen. Andere voordelen zijn de winst aan programmeertijd en het feit dat voor het gebruik geen grote ervaring met specifieke AI-technieken nodig is. Daarom zijn lege systemen vooral populair voor de snelle ontwikkeling van prototypen.

### Ontwikkelomgevingen

Er bestaan ontwikkelomgevingen voor de bouw van kennissystemen waarin faciliteiten zijn voorgeprogrammeerd die de eigenlijke ontwikkeling vereenvoudigen. De componenten van het kennissysteem en diverse faciliteiten kunnen door de gebruiker zelf worden samengesteld uit de bouwstenen die in een ontwikkelomgeving aanwezig zijn. Prolog kan men als een elementaire programmeeromgeving beschouwen, waarin de representatievorm en het inferentiemechanisme zijn vastgelegd. Ook in sommige Lisp-dialecten van de laatste jaren zijn diverse functies voorgebakken.

Voor het gebruik van ontwikkelomgevingen is meestal een krachtige computer nodig. Vaak wordt zo'n computer volledig door dit gebruik in beslag genomen. In 1987 zijn er diverse ontwikkelomgevingen op de markt gekomen die geschikt zijn voor gebruik op microcomputers met een 80386-processor (bijv. GoldWorks).

In de praktijk is gebleken dat systemen waarin de kennis is vastgelegd in heuristische produktieregels, een beperkte toepasbaarheid hebben. Voor ingewikkelde problemen is ook diepe verklarende kennis nodig in de vorm van causale modellen van het probleemdomen. Ontwikkelomgevingen bieden de mogelijkheid tot ontwikkeling van hybride systemen, waarin enkele vormen van kennisrepresentatie worden gecombineerd. Ook laten de meeste ontwikkelomgevingen diverse programmeertechnieken toe.

Een voorbeeld van een ontwikkelomgeving is KEE (Knowledge Engineering Environment), ontwikkeld door Intellicorp [156]. Met dit systeem kan men geavanceerde kennissystemen ontwikkelen, waarin van zowel frames als produktieregels gebruik wordt gemaakt.

Andere veelgebruikte ontwikkelomgevingen zijn ART (Automatic Reasoning Tool) van Inference Corp. en Knowledge Craft van Carnegie Group Inc. [157]. Alle zijn in Nederland verkrijgbaar. Ook Loops van Xerox behoort tot deze categorie; het is goedkoop verkrijgbaar, maar wordt niet ondersteund.

Andere ontwikkelomgevingen zijn Brains (afkomstig uit Japan) en Epitool (uit Zweden). In het algemeen zijn deze geavanceerde ontwikkelomgevingen onontbeerlijk voor de ontwikkeling van complexe kennissystemen. Vaak is echter ook nog programmering in een lagere taal nodig, omdat de huidige ontwikkelomgevingen nog niet alle faciliteiten standaard bieden.

### Aanvullende componenten

Ter aanvulling van de grote ontwikkelomgevingen zijn diverse voorgeprogrammeerde uitbreidingen te koop. Als aanvulling op KEE is Simkit leverbaar, dat faciliteiten biedt voor de ontwikkeling van



simulatieprogrammatuur. Als uitbreiding op Knowledge Craft bestaat Language Craft, voor programmering van systemen die natuurlijke taal verwerken. Ook zijn er uitbreidingen, gericht op toepassing in bepaalde bedrijfstakken. De meeste van deze aanvullende systemen zijn echter niet meer dan dat. Ontwikkeling van bruikbare kennissystemen is meestal maatwerk.

## C.2 Apparatuur

### Conventionele computers

Veel kennissystemen zijn ontwikkeld met en worden gebruikt op conventionele computers. Vooral de VAX-minicomputers van DEC worden veel gebruikt, maar kennissystemen kunnen ook op mainframes en supercomputers worden ontwikkeld.

Tijdens oriëntatie en onderzoek wordt ook veel gebruik gemaakt van microcomputers (pc's). Gezien de lage prijs van microcomputers en het grote aantal geïnstalleerde apparaten, is er een grote markt voor gereedschappen die op microcomputers kunnen worden gebruikt. Er is dan ook een groot aanbod op dit gebied. Behalve microcomputers worden in Nederland ook veel technische werkstations gebruikt.

### Speciale computers

Voor de commerciële toepassing van kennissystemen zijn korte ontwikkelingsijd en hoge operationele snelheid van groot belang. Daarom zijn speciale voor AI-toepassingen geschikte computers ontwikkeld, zoals Lisp-machines (bijv. Symbolics, LMI, TI Explorer, Xerox), Prolog-machines (Mitsubishi, Fujitsu) en technische werkstations (SUN, Apollo Domain, Tektronix, VAXstation, IBM-RT). Het voordeel van deze systemen is dat zij volledig ter beschikking staan van één gebruiker en speciaal geschikt zijn voor de ontwikkeling van complexe systemen. In [148] is een uitstekend overzicht gegeven van deze en vergelijkbare systemen.

#### *Lisp-machines*

Lisp-machines zijn speciaal ontwikkeld voor efficiënte ontwikkeling en verwerking van Lisp-programma's [158, 159]. Het zijn krachtige minicomputers voor persoonlijk gebruik, waarvan het besturingssysteem in Lisp is geschreven. De Lisp-machine is in de jaren zeventig op MIT ontwikkeld. Lisp-machines zijn duur in vergelijking met traditionele persoonlijke computers. De prijzen dalen echter gestaag. In 1986 werkten diverse bedrijven aan de ontwikkeling van Lisp-machines op

één chip. In 1986 werden in de Verenigde Staten enkele duizenden Lisp-machines gebruikt. In Japan waren het enkele honderden, in Nederland circa tien.

### *Werkstations*

Werkstations zijn computers die kunnen worden gebruikt voor technische toepassingen zoals ontwerp van micro-elektronicaschakelingen, animatie en speciale effecten, opmaak van publikaties enz. Bekende leveranciers zijn Sun, Apollo, Tektronix. Ook de grote apparatuurfabrikanten (DEC, IBM, HP) leveren werkstations.

Werkstations, die slechts door één persoon tegelijk worden gebruikt, bieden de verwerkingscapaciteit van een minicomputer en het bedieningsgemak van een Apple Macintosh. Een van de opvallende uiterlijke kenmerken van een werkstation is het grote scherm met een hoog oplossend vermogen [160].

Voor Lisp en op Lisp gebaseerde ontwikkelomgevingen bieden alleen de grotere werkstations evenveel verwerkingskracht als de echte Lisp-machines. De prijs ligt echter wel aanmerkelijk lager, mede door de bredere toepasbaarheid van werkstations en de daardoor grotere markt. In 1986 was de prijs van een werkstation in de orde van grootte van f 50.000 (exclusief programmatuur).

### *Nieuwe persoonlijke werkstations*

Marktanalisten verwachten dat werkstations (ontstaan als mini- of supermicrocomputer voor persoonlijk gebruik) en microcomputers qua prijs en prestaties naar elkaar toe zullen groeien. In het kader van Esprit wordt onder andere gewerkt aan de ontwikkeling van intelligente werkstations voor gebruik in kantooromgevingen, die niet duurder mogen worden dan een gewone microcomputers. Begin 1986 werden de eerste PC-coprocessoren voor werkstations aangekondigd, waarmee MS-DOS-toepassingen in een afzonderlijk venster op een werkstation kunnen draaien.

Bovendien zijn ook de fabrikanten van microcomputers bezig met het ontwerp van persoonlijke computers met zeer grote interne geheugens, die de gemakkelijke bediening van de microcomputer combineren met de kracht van een werkstation. Verwacht mag worden dat na 1990 de grenzen tussen werkstations en andere computers voor persoonlijk gebruik zullen zijn vervaagd.

### **Speciale microprocessors**

Begin 1986 maakte Bell Labs (het onderzoeksinstituut van AT&T) bekend er in te zijn geslaagd een chip te vervaardigen met een

ingebakken kennisstelsel [161]. Doordat het hele kennisstelsel op de chip aanwezig is, kan het veel sneller werken dan wanneer de instructies één voor één uit een computergeheugen zouden moeten worden aangevoerd. De chip, die gebruik maakt van vage logica, kan worden toegepast in robots of computersystemen voor procesbesturing. AT&T verwacht dat in de nabije toekomst diverse geavanceerde apparaten met zulke chips zullen worden uitgerust ten behoeve van bedieningsgemak, foutdiagnose en onderhoud, besturing, communicatie met andere systemen enz.

Texas Instruments heeft in 1986 een prototype uitgebracht van de 'Explorer on a chip', een complete Lisp-machine op een chip. Ook in Japan zijn Lisp-chips ontwikkeld.

RISC (Reduced Instruction Set Computers) heeft een chip-architectuur die de mogelijkheid biedt voor snelle verwerking van een beperkt aantal veel gebruikte instructies. Verder is RISC ontworpen om alle programmering in een hogere programmeertaal uit te voeren. Dit is vooral nuttig voor computers die speciaal zijn bedoeld voor een specifiek toepassingsgebied, zoals het geval is bij technische werkstations.

De Transputer, een door Inmos in 1985 geïntroduceerde RISC-chip, heeft behalve een verwerkingseenheid ook faciliteiten voor communicatie en geheugenopslag op de chip zelf. Hierdoor zijn in theorie zeer hoge verwerkingssnelheden mogelijk. Er wordt veel onderzoek gedaan naar het gebruik van transputers in parallele systemen. De Transputer kan worden geprogrammeerd in een speciale taal, Occam. In 1987 zijn diverse grafische toepassingen gepresenteerd, waarin enkele transputers zeer snel blijken samen te werken.

Fairchild heeft in 1986 onder de naam Clipper een chip aangekondigd met ingebouwd geheugen en rekenfaciliteiten. De Clipper is speciaal ontwikkeld voor UNIX V-toepassingen.

Verwacht wordt dat de ontwikkeling van deze en andere speciale microprocessors zal leiden tot insteekkaarten waarmee microcomputers en werkstations kunnen worden uitgebreid. De rol van speciale Lisp- en Prologmachines zou daardoor op den duur kunnen afnemen.

### **Parallele computersystemen**

In parallele computersystemen zijn verscheidene processoren aanwezig, die ieder een eigen taak uitvoeren [162, 163]. Dit vereist programmatuur waarmee het mogelijk is een aantal transacties tegelijk te laten plaatsvinden. Zo zullen deze systemen een aantal productieregels tegelijkertijd kunnen toepassen of inferentieketens op een aantal abstractieniveaus tegelijkertijd kunnen evalueren. In Nederland wordt onder andere aan de universiteiten te Amsterdam en Delft naar dergelijke systemen onderzoek gedaan.

Ook psychologen doen onderzoek naar parallele systemen omdat die qua structuur meer overeenkomen met de menselijke hersenen dan traditionele computer-architecturen ('connectivisme', [33, 34]).

Halverwege 1986 kwamen de eerste parallele computers op de markt (onder andere van Thinking Machines Inc.). Verwacht wordt dat ze in de jaren negentig een grote rol zullen spelen, niet alleen in de AI, maar ook op gebieden waar traditioneel supercomputers worden gebruikt.

a. naam	b. toepassing	c. status	d. apparatuur	e. taal, leeg systeem, ontwikkelomgeving	f. verwachte einddatum	g. nadere inlichtingen	h. nadere beschrijvingen
Ace	telefoonkabels	ge	op, li, c	AT&T	[12]		
Auteursomgeving	schrijvers	es	li	KU Nijmegen	[164]		
Bijstand	bijstandswet	on	pr	Un. Twente	[87]		
Choices	beroepskeuze	ge	c	St. Leerplan Ontw.	hfd. 7		
Le Courtier	beleggingen	co	v,w	Generale Bank			
Currency	wisselkoersen	ei	p	Generale Bank			
DLT	automatisch vertalen	on		BSO/Research	hfd. 7		
Edaas	milieu	ge	fo		[12]		
Esap	automatisering	on	li	Politecnico Milano	hfd. 7		
Eurohelp	computergebruik	es	LO	Courseware Europe	hfd. 7		
Exfin	financiële analyse	ei	AR	PTT DNL	hfd. 7		
Expertax	belastingplanning	ge	li		[99]		
Extec	blackboard shell	co	w,m	PTT DNL	[102]		
Financial Advisor	investerings	ge	li	Palladian	hfd. 7		
HAL	Lotus 1-2-3	ge	li		[56]		
Hypotheek	hypotheken	on	pa, Sa, Ac	NMB	hfd. 7		
I EW	systeemontwikkeling	ge	pr	Moret & Limperg	[55]		
Intellect	natuurlijke taal	ge	p,m	AI Corporation			
ISS-3	computercapaciteit	ge	m	Uccel			
Jaarrekening	jaarrekeningenrecht	on	pr, Xi	Moret & Limperg	hfd. 7		
Juricas	recht	ge	p	Kon. Vermande	hfd. 7		
Krediet	kredietverlening	ei	p	NMB	[165]		
LDS	aansprakelijkheid	on	ro		hfd. 7		
Lease	lease	ei	Ac	NMB	hfd. 7		
Leidraad	werkloosheidswet	ei	w	RJ Leiden			
Lex	loopbaanbegeleiding	ei	pr	GCEI	hfd. 7		
Metal	automatisch vertalen	ge	Ke, c	Siemens	hfd. 7		
Meteo	automatisch vertalen	ge			hfd. 7		
Mobidic	elektr. woordenboek	eu		Van Dale Lexicografie			
Nehalennia	oeverbewaking	ei	p	RWS	hfd. 6		
Notecards	ideeën	ae	LO	Xerox	[166]		
Jayssey	zakentreizen	on	li	Xerox	[167]		
Office Advisor	kantoren	on	li	VU Brussel	[168]		

	1988	Van Dale Lexicografie				1988	RWS		hfd. 6
Mobidic	1988	elektr. woordenboek	eu	p	Sa	1988	RWS		hfd. 6
Nehalenna	1988	oeverbewaking	ei	p	LO	1988	Xerox	[166]	
Notecards	1988	ideeën	ge	i					
Uysey	1988	zakentreizen	on	i	li		Xerox	[167]	
Office Advisor	1988	kantoren	on	i	li		VU Brussel	[168]	
Panisse	1988	wisselkoersen	on				Un. Antwerpen		hfd. 7
Patent	1988	patentinformatie	on		pr	1988	GSD Amsterdam		hfd. 6
Pees	1988	sociale dienst	es	v	li,c	1989	BSO/AT		hfd. 7
Pims	1988	softwareprojecten	es	w			Apex		hfd. 7
PlanPower	1988	financiën	ge	i	LO		VU Amsterdam		hfd. 6
Prolex	1988	rechtshulp	ei	w	pr				hfd. 7
Reseda	1988	feitenbank	on		ap		James Martin Ass.		
Rubric	1988	systeemontwikkeling	es		ro		Rand Corporation	[12]	
Sal	1988	aansprakelijkheid	on	i,v				[169]	hfd. 7
Smart	1988	tekstanalyse	on				NS/CVI		hfd. 7
Systran	1988	automatisch vertalen	ge	p	De,pa	1988	Un. Antwerpen		hfd. 7
Tarifinformatie	1988	goederenvervoer	ge	p	pr		Generale Bank	[170]	
Tax Consultant	1988	inkomstenbelasting	on	v,w	li		Thomas Cook		hfd. 7
Telex Reader	1988	telexverwerking	ge	p	pr		BSO/AT	[171]	
Train Travel Advisor	1988	treinreizen	ge	p	ap		VNU	[12]	
VPO	1988	lokatiekeuze	ge	p,m			DEC	[12]	
Wordsheet	1988	thesauri/indexen	ge	v	op		DEC	[12]	
Xcon	1988	computerconfiguratie	ge		op		IBM	[12]	
Xsel	1988	offertes	ge		op		KKC		hfd. 6
Yes/MVS	1988	computergebruik	co		op		KKC		hfd. 6
...	1988	kredietbeoordeling	ei	p	In,pa	1988	KKC		hfd. 6
...	1988	effectenhandel	ei	p			KKC		hfd. 6
...	1988	accountantscontrole	ei	p			KKC		hfd. 6

status	apparaat	taal	lege systemen	ontwikkelomgevingen
ge	pc	apl	Ac	AR ART
ei	v	c	De	KE KEE
co	w	fo	In	KC Knowledge Craft
on	j	li	Ke	LO Loops
es	m	li	Ke	
eu		pa	Ke	
		ops5	Pe	Personal Consultant (Plus)
		pr	Sa	Stage/Envisage
		pr	Xi	
		ro	Xi	

---

# Bijlage D

## Kennissystemen, projecten en adressen

### D.1 Kennissystemen en projecten

Zie Tabel D.1 Kennissystemen en projecten (pagina 172 en 173). Nadere gegevens over de gehanteerde talen, lege systemen en ontwikkelomgevingen zijn te vinden in Bijlage C en in [72].

### D.2 Adressen en contactpersonen

BSO/Automation Technology  
Postbus 8348  
3502 RH Utrecht  
J.A. Symes

Generale Bank  
Research & Plan  
Warandeborg 3,  
Brussel, België  
V. Haesaerts

BSO/Research  
Postbus 8348  
3502 RH Utrecht  
ir. A. Witkam

Klynveld Kraayenhof en Co.  
EDP Audit Services  
Prinses Irenestraat 59  
1077 WV Amsterdam  
H. Roos

Courseware Europe bv  
Ebbehout 1  
1507 EA Zaandam  
drs. B. Camstra

James Martin Associates  
Genevestraat 10-B.4  
B1140 Brussel  
België  
F. Van Assche

Van Dale Lexicografie  
Mariaplaats 3  
3511 LH Utrecht  
prof. Al

Katholieke Universiteit Nijmegen  
Psychologisch Laboratorium  
Montessorilaan 3  
6525 HR Nijmegen  
prof.dr. G.A.M. Kempen

GCEI  
Paalbergweg 3  
1105 AG Amsterdam-Zuidoost  
P. Wester

Moret & Limperg  
Lomanlaan 55  
3526 XC Utrecht  
drs. J.H. van Zanten

Nederlandse Spoorwegen CVI Postbus 2233 3500 GE Utrecht R.F. Thunissen	Universiteit van Antwerpen Wiskunde en Informatica Universiteitsplein 1 2610 Wilrijk, België prof. D. Vermeir
NMB Bank nv Postbus 1800 1000 BV Amsterdam M.N. Hoevenaars	Universiteit Twente Postbus 217 7500 AE Enschede M.A. Nieuwenhuis
Palladian 2 Avenue Hoche 75008 Paris Frankrijk J.P. Pinzuti	Koninklijke Vermande Platinastraat 33 8211 AR Lelystad
PTT Dr. Neher Laboratorium Postbus 421 2260 AK Leidschendam dr. H.E. Keus	VNU Nieuwe Media Postbus 71900 1008 EC Amsterdam F. Oomes
Rijksuniversiteit Leiden Faculteit der Rechtsgeleerdheid Hugo de Grootstraat 32 2311 XK Leiden prof. dr. J.J.M. Theeuwes	VU Amsterdam Informatica & Recht Postbus 7161 1007 MC Amsterdam mw. mr. A. Oskamp
Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren Postbus 8039 4330 EA Middelburg ir. H.J. Verhagen	VU Brussel Artificial Intelligence Lab. Pleinlaan 2 1050 Brussel, België prof. L. Steels
Stichting Leerplan Ontwikkeling Postbus 2041 7500 CA Enschede H.H.P. Sanders	Rank Xerox Nederland Postbus 9180 1006 AD Amsterdam Ph. Hartley



Inlichtingen over Esprit en Eureka zijn verkrijgbaar bij de desbetreffende secretariaten:

Secretariaat Esprit  
Postbus 13766  
2501 ET Den Haag

Secretariaat Eureka  
Herengracht 9  
2511 EG Den Haag

Inlichtingen over publikaties van de Werkgroep Expertsystemen Asi zijn verkrijgbaar bij:

Werkgroep Expertsystemen  
Redactie jaarboek/nieuwsbrief  
Postbus 85883  
2508 CN Den Haag

---

## Literatuur

- [1] WITTE, J. DE, KWEE, A., *Kennissystemen in het onderwijs*, STT-publikatie nr. 45, Samsom, 1987
- [2] WITTE, J. DE, KWEE, A., *Kennissystemen en medische besluitvorming*, STT-publikatie nr. 46, Samsom, 1987
- [3] WITTE, J. DE, KWEE, A., *Kennissystemen in de industrie*, STT-publikatie nr. 48, Samsom, 1987
- [4] *Expertsystemen in organisaties 1987*, Heliview/KTO/STT, 1987
- [5] SIMON, H.A., *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, 1982
- [6] SOMEREN, M., VAN, *Parallellen tussen AI en menselijk intellect*, Computable supplement 'Kunstmatige Intelligentie', januari 1987
- [7] NEWELL, A. e.a., *GPS: a Program that Simulates Human Thought*, in: *Computers and Thought*, McGraw Hill, 1963
- [8] WINOGRAD, T., *Understanding Natural Language*, NY Academic Press, 1972
- [9] MARTIN, W.A. e.a., *The Macsyma System*, Proceedings Second Symposium on Symbolic and Algebraic Manipulation, Los Angeles, 1987
- [10] MCDERMOTT, J., *R1*, CMU-CS-80-119, 1980
- [11] HARMON, P., KING, D., *Expert Systems: Artificial Intelligence in Business*, John Wiley & Sons, 1985
- [12] WATERMAN, D.A., *A Guide to Expert Systems*, Addison-Wesley, 1986
- [13] *Artificial Intelligence: The Second Computer Age Begins*, 8 maart 1982
- [14] *New Scientist*, 22 november 1984, blz. 17 e.v.
- [15] *Proceedings Esprit 1986 Conference*, North-Holland, 1986
- [16] *Review of Progress at the MCC*, IEEE Spectrum maart 1986
- [17] BONNET, A., *Kunstmatige intelligentie*, Addison-Wesley, 1987
- [18] LENAT, D.B., *The Nature of Heuristics*, Artificial Intelligence 19 en 20, 1982, 1983
- [19] ROMANYCIA, M.H. e.a., *What is a Heuristic*, Computational Intelligence, mei 1985, blz. 47-58
- [20] WINOGRAD, T., *Frame Representations and the Declarative/Procedural Controversy*, in: D. Bobrow (ed.), *Representation and Understanding*, NY Academic Press, 1975
- [21] DREYFUS, H., *Man over Machine*, Free Press, 1986
- [22] CHANDASEKARAN, B., *Deep versus Compiled Knowledge*, International Journal of Man-Machine Studies 19, Vol. No. 5, 1983

- [23] DREYFUS, H., *What Computers can't do*, Harper & Row, 1979
- [24] WEIZENBAUM, J., *Computer Power and Human Reason*, Freeman, 1976
- [25] ROSZAK, TH., *De informaticcultus, computerfolklore en de kunst van het denken*, Meulenhoff, 1986
- [26] HOFSTADTER, D. (red.), *The Mind's I*, Bantam Books, 1981
- [27] SEARLE, J.R., *Mind, Brains and Programs*, in: D. Hofstadter (red.), *The Mind's I*, Bantam Books, 1981
- [28] STEFIK, M. e.a., *Object oriented Programming: Themes and Variations*, AI Magazine, 1984
- [29] NII, P., *Blackboard Systems*, AI Magazine, voorjaar 1986, blz. 38-53
- [30] WATERMAN, D.A., ROTHENBERG, J., *Rand Corporation, 'Explanation Project'*, persoonlijke communicatie, 1986
- [31] VELDE, W., VAN DE, *Learning in Second Generation Expert Systems*, lezing, diverse symposia, 1986
- [32] Medes nieuwsbrief, september 1986
- [33] JORGENSEN, C. e.a., *Catching Knowledge in Neural Nets*, AI Expert, december 1986
- [34] NOEST, A.J., *Rekenen met neuronale netwerken*, Intermediair, 8 mei 1987, blz. 5-9
- [35] ALEKSANDER, I. e.a., *De herschappen mens*, Aula, 1986
- [36] KEMPEN, G.A.M. (red.), *Kennis, mens en computer*, Swets & Zeitlinger, 1984
- [37] KEMPEN, G.A.M., *Language Generation Systems*, in: I. Batori e.a., *Computational Linguistics*, W. de Gruyter, 1986
- [38] WEISS, E., *De komende golf gebruikersdocumentatie*, Computer-World Benelux, 29 april 1986
- [39] KELLOGG, C.H., *Intelligent Assistants for Knowledge and Information Resources Management*, IJCAI, 1983
- [40] REITER, R., *A Panel on AI and Databases*, Proceedings IJCAI, Karlsruhe, 1983
- [41] WILLIAMS, M.E., *Electronic Databases*, Science, Vol. 228, 26 april 1985
- [42] HOF, H.W. e.a., *Mens-computer interactie en technieken voor het beschrijven van dialogen*, Informatie, oktober 1984
- [43] APELDOORN, J.H.F., VAN, *Man and Information Technology, Towards Friendlier Systems*, STT-publikatie nr. 38, Delft University Press, 1983
- [44] ROE, R.A., *Softwarepsychologie: een oriëntatie*, in: G. Kempen (red.), *Computers & psychologie*, Swets & Zeitlinger, 1986
- [45] FAUCONNIER, G., *Algemene Communicatietheorie*, Martinus Nijhoff, 1986
- [46] MALONE, T.W., *Heuristics for Designing Enjoyable User Interfaces: Lessons from Computer Games*, ACM

- [47] HJNE, H., *Intelligente helpsystemen, Eurohelp*, Courseware Europe, 1986
- [48] KALITA, J.G. e.a., *Summarizing Natural Language Database Responses*, Computational Linguistics, april 1986
- [49] SIKLOSSY, L., *Active Collaborative Systems*, lezing Computable Seminars, 1985
- [50] JAMESON, A., *Mensentaal voor computers*, in: G.A.M. Kempen (red.), *Kennis, mens en computer*, Swets & Zeitlinger, 1984
- [51] SCHANK, R.C. e.a., *Computer Understanding and Creativity*, IFIP 1986
- [52] TENNANT, H., *Natural Language Processing*, Petrocelli, 1981
- [53] SCHANK, R.C. e.a., *Scripts, Plans, Goals and Understanding*, L. Erlbaum Ass., 1977
- [54] *Taal- en spraaktechnologie, overzicht van het onderzoek aan de KUN*, Transferbureau, 1986
- [55] HARRIS, L.R., *Intellect*, AI Magazine, zomer 1984
- [56] BINGHAM, J., *HAL Plan and Simple*, Addison-Wesley, 1987
- [57] WAHLSTER, W., *The Role of Natural Language*, in: *Advanced Knowledge-Based Systems*, IFIP, 1986
- [58] ROWOLD, P., *serie van vier artikelen over machinaal vertalen*, Automatisering Gids, jan/feb. 1987
- [59] SCHOLTENS, B., *De race om de vertaalcomputer*, Volkskrant, 21 maart 1987, blz. 33
- [60] TORRERO e.a., *Next-Generation Computers*, IEEE Press, 1985
- [61] SCHANK, R.C., *Computer Models of Thought and Language*, Freeman, 1973
- [62] KEMPEN, G.A.M., *Natuurlijke taal en kunstmatige intelligentie*, Wolters-Noordhoff, maart 1987
- [63] CHEN, P.P., *An Algebra for a Directional Binary Entity-Relationship Model*, IEEE, 1984
- [64] TOFFLER, A., *The Third Wave*, William Collins Sons & Co, 1980
- [65] HUPPES, T.J., *Arbeid & management in de informatiemaatschappij*, Stenfert Kroese, 1985
- [66] WILLIAMS, S., *Lezing over een Alveyproject*, 1986
- [67] *Sociotechnology, verslag van een ronde tafel discussie over sociale gevolgen van 'Next-Generation Computing'*, in: E.A. Torrero, *Next-generation Computers*, IEEE Press, 1985
- [68] GURSTEIN, M., *Social Impacts of Selected Artificial Intelligence Applications*, Futures, december 1985
- [69] TURKLE, SH., *The Second Self*, Simon & Schuster, 1984
- [70] GUTERL, F., *An Unanswered Question: Automation's Effect on Society*, IEEE Spectrum, mei 1983
- [71] BAN, A.W., VAN DE, *Inleiding tot de voorlichtingskunde*, zevende druk, Boom, 1985

- [72] KWEE, A. e.a., *Expertsystemen 1987, Jaarboek van de Werkgroep Expertsystemen Asi*, Stam, 1987
- [73] New Scientist, 15 nov. 1984
- [74] Nieuwsbrief van de Werkgroep Expertsystemen, januari 1987
- [75] TRAPPL, R., *Impacts of Artificial Intelligence*, North-Holland, 1986
- [76] BODEN, M., *Artificial Intelligence and Natural Man*, Harvester Press, 1977
- [77] *Expertsystemen: een ethisch gezichtspunt*, Medes-nieuwsbrief, mei 1986
- [78] WIELINGA, B. e.a., *Models of Expertise*, Proceedings ECAI, 1986
- [79] *Kennis verwerven voor expertsystemen: een overzicht van enkele methoden*, Werkgroep Expertsystemen Asi, 1987
- [80] WELBANK, M., *A Review of Knowledge Acquisition Techniques*, Freeman, 1983
- [81] MCDERMID, *Life Cycle Support in the Ada Environment*, Cambridge University Press, 1984
- [82] HAYES-ROTH, F. e.a., *Building Expert Systems*, Addison-Wesley, 1983
- [83] HANSEN, J.V. e.a., *A Knowledge-Based Expert System for Auditing Advanced Computer Systems*, Peat, Marwick, Mitchell Foundation, ARC Working Paper, September 1983
- [84] DUNGA, C.W. e.a., *Auditor, a Microcomputer Based Expert System to Support Auditors in the Field*, Expert Systems, oktober 1985, blz. 210-221
- [85] DUDA, R.O. e.a., *Subjective Bayesian Methods for Rule-Based Inference Systems*, Proceedings NCC, 1976
- [86] PRADE, H., *A Computational Approach to Approximate and Plausible Reasoning with Applications to Expert Systems*, IEEE PAMI-7, No. 3, 1985
- [87] NIEUWENHUIS, M.A., *Constructie en instandhouding van een zuiver kennisbestand*, Kennissystemen, jaargang 2, nr. 2, 1987
- [88] MULDER, R.V., DE e.a., *Sentencing by Computer: an Experiment*, Complex 8/82, Universitetsforlaget, Oslo, 1982
- [89] MCCARTY, L.T., *Reflections on Taxman: an Experiment*, in: *Artificial Intelligence and Legal Reasoning*, Harvard Law Review, 1977, blz. 837 e.v.
- [90] MCCARTY, L.T. e.a., *The Applications of Artificial Intelligence to Law, a Survey of Six Current Projects*, National Computer Conference, 1981, blz. 694 e.v.
- [91] MCCARTY, L.T., *Intelligent Legal Information Systems: Problems and Prospects*, in: Campbell, C. (ed.), *Data Processing and the Law*, Sweet and Maxwell, London, 1984, blz. 136 e.v.
- [92] WALTER (red.), *Computing Power and Legal Reasoning*, West, 1985

- [93] SERGOT, M.J. e.a., *The British Nationality Act as a Logic Problem*, Department of Computing, Imperial College, London, niet gepubliceerd
- [94] BENCH-CAPON, T. e.a., *Towards a Rule-Based Representation of Open Texture in Law*, Department of Computing, Imperial College, London, niet gepubliceerd
- [95] MARTINO, A.A. e.a., *Preproceedings of the Second International Conference on Logica, Informatica, Diritto*, Florence, 1985
- [96] BORCHGREVIK, M. e.a., *SARA, a System for the Analysis of Legal Decisions*, in: J. Bing e.a. (red.), *A Decade of Computers and Law*, Universitetsforlaget, Oslo, 1980
- [97] HANSEN, J., *Smarn - a Language for Modelling Norm Structures*, International Workshop on formal Methods in Law, Institut für Datenverarbeitung im Rechtswesen, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, St. Augustin, 1982
- [98] *The CALI Report, Center for Computer Assisted Legal Instruction*, Minneapolis, herfst 1985
- [99] SHPILBERG, D. e.a., *ExperTax: an Expert System for Corporate Tax Planning*, Expert Systems, juni 1986
- [100] GARDNER, A.L., *Law Applications*, te verschijnen in: S. Shapiro (ed.), *Encyclopedia of Artificial Intelligence*
- [101] WATERMAN, D.A. e.a., *Expert Systems for Legal Decision Making*, Expert Systems, oktober 1986, blz. 212-226
- [102] LIPPOLT, B. e.a., *Expertsystemen met een blackboard-architectuur*, Kennissystemen, jaargang 1, nr. 3, mei 1987
- [103] CHEN, P.P., *English Sentence Structure and Entity-Relationship Diagrams*, Information Sciences 29, 1983
- [104] GREENSPAN, S.J., *Requirements Modeling: a Knowledge Representation Approach to Software Requirements Definition*, proefschrift, CSRG-155, University of Toronto, maart 1984
- [105] ROLLAND, C. e.a., *An Expert System Approach to Information Systems Design*, IFIP, 1986
- [106] WATERS, R.C., *The Programmer's Apprentice: Knowledge Based Program Editing*, IEEE Transactions on Software Engineering, januari 1982
- [107] WALKER, T.C. e.a., *Expert Systems 1986*, SEAI Technical Publications, 1986 blz. 239 e.v.
- [108] DIGNUM, F. e.a., *Workbenches*, Informatie, oktober 1986
- [109] IEEE Transactions on Software Engineering, november 1985
- [110] FRENKEL, K.A., *Toward Automating the Software-Development Cycle*, Communications of the ACM, Vol. 28, No. 6, 1985
- [111] KANT, E., *On the Efficient Synthesis of Efficient Programs*, Artificial Intelligence 20, 1983
- [112] BARSTOW, D.R., *From Interactive to Intelligent Programming Environments*, in: D. Barstow (ed.), *Interactive Programming Environments*, McGraw-Hill, 1984

- [113] SHEIL, B., *Power Tools for Programmers*, Datamation, februari 1983
- [114] BARR, A. e.a., *The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. II, Chapter X: Automatic Programming*, Pitman, 1982
- [115] *Kennissystemen, tijdschrift over kennistechniek, AI en expertsystemen*, Stam, Postbus 235, 2280 AE Rijswijk
- [116] WITKAM, T., *Distributed Language Translation*, BSO, 1983
- [117] PAPEGAAIJ e.a. (red.), *Word Expert Semantics, an Interlingual Knowledge Approach*, Foris Publications, Dordrecht, 1986
- [118] GUIDA, M. e.a., *ESAP: an Intelligent Assistant for the Design of Software Systems*, Proceedings Cognitiva, Parijs, 1985
- [119] *AI: Techniques, Tools & Applications*, IDC Report 2742, augustus 1985
- [120] HOEVENAARS, M.N., *Ervaringen met expertsystemen bij de NMB, bewerking van lezing tijdens 'Expertsystemen in organisaties 1987'*, AG-Report, april 1987
- [121] SCHOLTENS, B., *De computer kan al een beetje meedenken*, Volkskrant, 4 april 1987
- [122] QUIST, P., *Het Juricas Project*, SWIM 2.2, maart 1987
- [123] *PlanPower*, Expert Systems, oktober 1985, blz. 242
- [124] ZARRI, G.P., *Interactive Information Retrieval: an AI Approach*, in: *Proceedings Intelligent Access to Information*, Learned Information, 1986
- [125] BRUCE, B., *Case systems for Natural Language*, Artificial Intelligence, winter 1975
- [126] TENNANT, H., *Natural Language Processing*, Petrocelli, 1981, blz. 131-134
- [127] THUNISSEN, R., *Tariefinformatie bij de NS*, Kennissystemen, jaargang 1, nr. 2, april 1987
- [128] STEFIK, M. e.a., *Integrating Access-Oriented Programming into a Multi-Paradigm Environment*, IEEE Software, 1986
- [129] NYGAARD, K., Proceedings IFIP, 1986
- [130] BOBROW, D.G. (red.), *Representation and Understanding*, NY Academic Press, 1975
- [131] FINDLER, N.V. (red.), *Foundations of Semantic Networks*, NY Academic Press
- [132] SIMMONS, R.F., *Semantic Networks*, in: R.C. Schank, *Computer Models of Thought and Language*, Freeman, 1973
- [133] FIKES, R. e.a., *The Role of Frame-Based Representation in Reasoning*, Comm. ACM 28:9, 1985
- [134] KOWALSKI, R.A., *Logic for Problem Solving*, North-Holland, 1979
- [135] WINSTON, P.H., *Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, 1984, Chapter 7
- [136] HAYES-ROTH, F. e.a., *Building Expert Systems*, Addison-Wesley, 1983, blz. 61 e.v.

- [137] HAYES-ROTH, B., *The Blackboard Architecture*, Stanford Heuristic Programming Project, 1983
- [138] KANAL, L.N., *Uncertainty in Artificial Intelligence*, North-Holland, 1986
- [139] MILLER, R.A. e.a., *Internist-1*, New England Journal of Medicine 307, 1982
- [140] ZADEH, L.A., *The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems*, Fuzzy Sets and Systems 2, 1983
- [141] SCHOOTEN, A., VAN e.a., *Fuzzy Expert Systems*, Proceedings FBVI Congres 1987
- [142] SHORTLIFFE, E.H., *Model of Inexact Reasoning in Medicine*, in: *Computer Based Medical Consultations*, Elsevier, 1976
- [143] GORDON, J. e.a., *The Dempster-Shafer Theory of Evidence*, in: B.G. Buchanan e.a., *Rule-Based Expert Systems*, Addison Wesley, 1984
- [144] SHAFER, G., *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, 1976
- [145] NEWELL, A., *AI and the Concept of Mind*, in: R.C. Schank, *Computer Models of Thought and Language*, Freeman, 1973
- [146] KEUS, H.E., *Aanpak en organisatie van expertsysteemprojecten*, Proceedings KTO/Heliview/STT seminar 'Expertsystemen in organisaties', februari 1987
- [147] KLINE, P.J. e.a., *Choosing Architectures for Expert Systems*, Texas Instruments, 1985
- [148] RAUCH-HINDIN, W., *Artificial Intelligence in Business, Science and Industry, Volume II - Applications*, Prentice-Hall, 1985
- [149] BIKIT, *Evaluation Workshop: Prolog and Expert System Shells*, 30 september 1986
- [150] WINSTON, P. e.a., *Lisp*, Addison-Wesley, 1981
- [151] CLOCKSIN e.a., *Programming in Prolog*, New York Springer, 1984
- [152] GOLDBERG, A. e.a., *Smalltalk 80: the Language and its Implementation*, Addison-Wesley, 1983
- [153] BROWNSTORE, L., *Programming Expert Systems in OPS5*, Addison-Wesley, 1985
- [154] PAS, P., VAN DE, *OPS5*, Kennissystemen, jaargang 1, nr. 4, augustus 1987
- [155] HARDY, S. e.a., *Poplog*, University of Sussex, 1982
- [156] KUNZ, J.C. e.a., *Applications Development Using a Hybrid AI Development System*, The AI magazine, herfst 1984
- [157] RICHTER, M.H., *An Evaluation of Expert Systems Development Tools*, Expert Systems, juli 1986
- [158] HIRSCH, A., *Tagged Architecture Supports Symbolic Processing*, Computer Design, 1984
- [159] GREENBLATT, R., *The Lisp Machine*, MIT, 1973



- [160] *Workstations: the Third Wave of Computing Technology*, The Seybold Report on Professional Computing, vol. 4, no. 5
- [161] TRACY, E.J., *Putting Artificial Intelligence on a Chip*, Fortune, 3 februari 1986
- [162] HINTON, G., *Parallel Models of Associative Memory*, L. Erlbaum, 1981
- [163] HILLEN, D., *The Connection Machine*, MIT Press, 1985
- [164] KEMPEN, G.A.M., *Author Environments: Fifth Generation Text Processors*, Proceedings Esprit 1986 Conference, North-Holland, 1986
- [165] WATERMAN, D.A. e.a., *Evaluating Civil Claims, P-7073-ICJ*, The Institute for Civil Justice, 1985
- [166] BROWN, J.S. e.a., *AI: Windows of Opportunity in Office Automation*, Xerox, 1985
- [167] FIKES, R. e.a., *Odyssey: a Knowledge-Based Assistant*, Artificial Intelligence 16, 1981
- [168] MAES, P., *The Office Advisor*, Proceedings Cognitiva 1985
- [169] BROWN, C., *Expert Systems Aimed at Publishing*, Electronic Engineering Times, maart 1985
- [170] *Thomas Cook Train Travel Advisor*, Expert Systems, april 1986, blz. 120
- [171] OOMES, F., *Worksheet*, Kennissystemen, jaargang 1, nr. 1, februari 1987

---

## STT-publikaties

1. Toekomstbeeld der Techniek;  
ir. J. Smit, 1968
2. Techniek en Toekomstbeeld, Telecommunicatie in telescopisch beeld;  
prof.dr.ir. R.M.M. Oberman, 1968
3. Verkeersmiddelen;  
prof.ir. J.L.A. Cuperus e.a., 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand?;  
ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangprocedures in het verkeer;  
prof.ir. J.L.A. Cuperus e.a., 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische ontwikkeling in Nederland;  
dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the future;  
ir. J.H. Bakker e.a., 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze;  
ir. L. Schepers e.a., 1971
9. Het voeden van Nederland nu en in de toekomst;  
prof.dr.ir. M.J.L. Dols e.a., 1971
10. Barge Carriers: some technical, economic and legal aspects;  
drs. W. Cordia e.a., 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland;  
prof.dr. J.J. Went e.a., 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en consequenties;  
dr.ir. H. Hoog e.a., 1972
13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf;  
prof.dr.ir. J.L. Bordewijk e.a., 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek;  
dr. M.J. Hartgerink e.a., 1973
15. Technologisch verkennen: methoden en mogelijkheden;  
ir. A. van der Lee e.a., 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei;  
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973

17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht;  
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
18. Mens en milieu: kringlopen van materie;  
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
19. Energy Conservation: ways and means;  
edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma, 1974
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG;  
prof.dr. J. Tinbergen e.a., 1976
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?;  
Redactie: ir. J. Overeem, 1976
22. Materialen voor onze samenleving;  
Redactie: ir. J.A. Over, 1976
23. De industrie in Nederland: verkenning van knelpunten en mogelijkheden;  
Redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot, 1978
24. Toekomstbeeld der industrie;  
prof.dr. P. de Wolff e.a., 1978
25. Arts en gegevensverwerking;  
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1979
26. Bos en hout voor onze toekomst;  
Redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma, 1979
27. Steenkool voor onze toekomst;  
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1980
28. Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in perspectief;  
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1980 (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen;  
Redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen, 1981  
(ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology; a Dutch Perspective;  
edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1981 (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting;  
Samensteller: ir. H.K. Boswijk, 1981 (ISBN 90 6275 064 8)  
Deelstudies:
  - 31.1 Micro-elektronica: de rundveehouderij  
(ISBN 90 6275 066 4)
  - 31.2 Micro-elektronica: de grafische industrie en uitgeverijen  
(ISBN 90 6275 067 2)
  - 31.3 Micro-elektronica, procesinnovatie in de sector elektro-metaal (ISBN 90 6275 068 0)
  - 31.4 Micro-elektronica: productinnovatie van consumentenproducten en diensten voor gebruik in huis  
(ISBN 90 6275 069 9)

- 31.5 Micro-elektronica: het ontwerpproces (ISBN 90 6275 070 2)
- 31.6 Micro-elektronica: het bankwezen (ISBN 90 6275 071 0)
- 31.7 Micro-elektronica: het kantoor (ISBN 90 6275 072 9)
- 31.8 Micro-elektronica: het reiswezen (ISBN 90 6275 073 7)
- 31.9 Micro-elektronica: de belastingdienst (ISBN 90 6275 074 5)
32. Micro-elektronica voor onze toekomst; een kritische beschouwing;  
Samenstellers: burggraaf E. Davignon e.a., 1982  
(ISBN 90 6275 089 3)
33. Toekomstige verwarming van woningen en gebouwen;  
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1982 (ISBN 90 6275 094 X)
34. Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies;  
Redactie: ir. G. Laurentius, ir. H. Timmerman en ir. A.A.M. Vermeulen, 1982 (ISBN 90 6275 098 2)
35. Automatisering in de fabriek; vertrekpunten voor beleid;  
Redactie: ir. H. Timmerman, 1983 (ISBN 90 6275 112 1)
36. Informatietechniek in het kantoor; ervaringen in zeven organisaties;  
Samensteller: drs. F.J.G. Fransen, 1983 (ISBN 90 6275 135 0)
37. Nederland en de rijkdommen van de zee: industrieel perspectief en het nieuwe zeerecht;  
Redactie: ir. J.F.P. Schönfeld en mr.drs. Ph.J. de Koning Gans, 1983 (ISBN 90 6275 111 3)
38. Man and Information Technology: towards friendlier systems;  
edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1983 (ISBN 90 6275 136 9)
39. De kwetsbaarheid van de stad; verstoringen in water, gas, elektriciteit en telefonie;  
Redactie: ir. G. Laurentius, 1984 (ISBN 90 6275 145 8)
40. Bedrijf, kennis en innovatie;  
Redactie: ir. H. Timmerman, 1985 (ISBN 90 10 052745)
41. De toekomst van onze voedingsmiddelenindustrie;  
Redactie: drs. J.C.M. Schogt en prof.dr.ir. W.J. Beek, 1985 (ISBN 90 10 05574 4)
42. Techniek voor ouderen;  
Redactie: ir. M.H. Blom-Fuhri Snethlage, 1986  
(ISBN 90 10 06033 0)
43. Nieuwe toepassingen van materialen;  
Redactie: ir. A.J. van Griethuysen, 1986 (ISBN 90 14 03738 4)
44. Onderhoudsbeurt ontwerpen nu en in de toekomst;  
Redactie: ir. B. Laurentius, 1987 (ISBN 90 14 03716 3)
45. Kennissystemen in het onderwijs;  
Redactie: ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1987 (ISBN 90 14 03717 1)

De publikaties 1 t/m 27, 31-7, 31-9 en 34 zijn te bestellen bij  
STT

Postbus 30424

2500 GK 's-GRAVENHAGE

De overige publikaties zijn verkrijgbaar via de boekhandel.

# KENNISSYSTEMEN IN DE DIENSTENSECTOR

Jaarlijks worden in Nederland miljoenen gulden geïnvesteerd in de ontwikkeling van kennis- en expertsystemen. Dit boek behandelt de praktische toepassingen daarvan in de dienstensector. Aan de hand van voorbeelden uit de praktijk worden alle aspecten behandeld die van belang zijn voor ontwikkeling, gebruik en onderhoud van kennissystemen.

Deze publikatie biedt besluitvormers informatie voor een effectief beleid. Er wordt ingegaan op investeringen, terugverdientijd, het leereffect en de inbreng van adviseurs. Toekomstige bouwers van kennissystemen vinden in dit boek een uiteenzetting van structuur en werking en een handleiding voor ontwikkeling en onderhoud. Voor hen is ook een lijst met aandachtspunten opgenomen, evenals een overzicht van methoden, technieken en gereedschappen waarmee kennissystemen kunnen worden ontwikkeld.

Dit is deel drie uit een serie van vier. De andere delen gaan over kennissystemen in het onderwijs, de medische besluitvorming en de industrie. Deze publikaties zijn bestemd voor managers, automatiseringsdeskundigen, organisatie adviseurs, technici, huidige en toekomstige gebruikers van kennissystemen en belangstellenden.



**stichting toekomstbeeld der techniek**

ISBN 90 14 03719 8