

Computer-ondersteunde besluitvorming: een nog niet vervulde belofte

JOHAN VAN DER LEI
ARTHUR M. BOHNEN
JAN H. VAN BEMMEL

Van der Lei J, Bohnen AM, Van Bommel JH. Computer-ondersteunde besluitvorming: een nog niet vervulde belofte. Huisarts Wet 1994; 37(10): 427-30.

Samenvatting Ruim twee decennia onderzoek op het gebied van computer-ondersteunde besluitvorming heeft niet geleid tot het verwachte gebruik van op medische kennis gebaseerde systemen in de dagelijkse praktijk. Medische kennis bleek slechts ten dele geschikt om in computers op te slaan, en de arts wilde het vertalen van medische kennis naar de specifieke situatie van de individuele patiënt niet overlaten aan computers die voor hem beslissingen zouden nemen. De introductie van huisarts-informatiesystemen en de protocollering van het medisch handelen geven nieuwe impulsen aan computer-ondersteunde besluitvorming. Onderzoekers richten zich nu op het modelleren van algemeen geaccepteerde kennis en het integreren van computer-ondersteunde besluitvorming in de dagelijkse praktijkvoering. In toenemende mate maken de elektronische medische dossiers gebruik van medische kennis voor het uitvoeren van taken, zoals het bewaken van de medicatie of het behandelen volgens een standaard. Deze tendens om het huisartsen-informatiesysteem te benutten om op efficiënte wijze medische kennis te distribueren, te raadplegen en te gebruiken, zal een steeds belangrijker rol gaan spelen.

Faculteit der Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen, Erasmus Universiteit Rotterdam, Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam.

Vakgroep Medische Informatica:
Dr. J. van der Lei, arts, docent medische informatica; Prof.dr.ir. J.H. van Bommel, hoogleraar medische informatica.
Vakgroep Huisartsgeneeskunde:
Dr. A.M. Bohnen, huisarts.
Correspondentie: Dr. J. van der Lei.

Inleiding

De afgelopen decennia zijn computers op veel gebieden in de gezondheidszorg een belangrijke rol gaan spelen: in de spreekkamer, waar een arts een elektronisch dossier kan gebruiken voor het registreren van patiëntgegevens, in de laboratoria, waar computers apparatuur aansturen, in de diagnostiek, waar computers beelden bewerken, in de communicatie, waar elektronische post gebruikt wordt om gegevens uit te wisselen.^{1,2} Op andere terreinen zijn de verwachte toepassingen uitgebleven, in het bijzonder op het gebied van de computer-ondersteunde medische besluitvorming.

In de zeventiger en vroege tachtiger jaren hadden onderzoekers hooggespannen verwachtingen over de rol die computersystemen zouden kunnen gaan spelen bij het nemen van medische beslissingen.³⁻⁶ In die jaren was er een grote belangstelling voor de *kunstmatige intelligentie*: computerdeskundigen, wiskundigen, (cognitief) psychologen en filosofen bestudeerden het fenomeen menselijke intelligentie en poogden modellen te ontwikkelen, op basis waarvan computers 'intelligent' gedrag zouden kunnen gaan vertonen. Daarbinnen was er een stroming die zich concentreerde op het gedetailleerd vastleggen van de specifieke expertise van een individuele deskundige in een computersysteem – de *expertsystemen* – met als doel deze expertise ter beschikking te stellen aan anderen met minder deskundigheid.^{6,7} De geneeskunde leek een ideaal gebied voor deze systemen: de hoeveelheid kennis neemt snel toe, veel kennis verouderd, en artsen zijn zich – noodgedwongen – steeds meer gaan specialiseren. Het resultaat is een groeiende kloof tussen enerzijds de weinige experts die op een zeer beperkt gebied veel kennis bezitten, en anderzijds de talrijke potentiële gebruikers die deze kennis ontberen. Verschillende vroege expertsystemen waren dan ook gericht op de arts als gebruiker.⁶ In de medische tijdschriften verschenen evaluaties van deze systemen, en sommige bleken inderdaad op het niveau van een 'expert' te functioneren.^{8,9}

De hooggespannen verwachtingen zijn niet bewaarheid. Hoewel honderden medische expertsystemen tot stand zijn gebracht, worden zij niet of nauwelijks gebruikt buiten de laboratoria waar ze zijn ontwikkeld.^{5,10} Toch moeten we ons niet blind staren op dit gebrek aan toepassingen in de dagelijkse praktijk. Nieuwe ontwikkelingen hebben vaak vele jaren nodig om te 'rijpen', maar wanneer zij eenmaal in de praktijk worden toegepast, verloopt de verbreiding zeer snel. Zo is de fax al 30 jaar geleden ontwikkeld. Na een langdurig 'slapend' bestaan verwierf dit apparaat zich binnen enkele jaren een plaats in de maatschappij. Ook in de medische sector zijn er voorbeelden van technologieën die pas na jaren plotseling breed ingang vinden. Laparoscopie is reeds geruime tijd bekend, maar pas de laatste paar jaar heeft het gebruik van deze techniek een grote vlucht genomen.¹¹ Een ander voorbeeld is het elektronisch medisch dossier. In de meeste westerse landen maken artsen, ondanks decennia van onderzoek, niet of nauwelijks gebruik van deze technologie. De afgelopen paar jaar zien we echter in Nederland een zeer snelle toename van het gebruik van informatiesystemen bij de huisarts.^{12,13}

Het aanvankelijke onderzoek op het gebied van expertsystemen werd gekenmerkt door een tweetal paradigma's, die echter niet de verwachte resultaten hebben opgeleverd. In dit artikel analyseren we de oorzaken hiervan en geven we een overzicht van de stand van zaken en onze verwachtingen voor de komende jaren.

Formalismen

Om medische kennis in een computer op te nemen moet die kennis worden uitgedrukt in de logica van die computer, dat wil zeggen in een verzameling welomschreven begrippen en termen, een zogenaamd *formalisme*. Het eerste paradigma was dat de expertise of kennis van een deskundige ('expert') verwoord kon worden, expliciet kon worden gemaakt, en vervolgens kon worden uitgedrukt in een formalisme.

Bij de vroege medische expertsystemen werden verschillende formalismen gebruikt. De begrippen en termen van deze formalismen hadden echter voor medici niet of nauwelijks betekenis ('backward-chaining production rules', 'frame-based representations').⁶ Daarom was er een tussenpersoon nodig om de medische kennis te vertalen.⁷ Deze 'kennisingenieur' interviewde de expert, bijvoorbeeld door hem gedetailleerd te vragen hoe hij tot een bepaalde beslissing was gekomen; de kennisingenieur vertaalde deze kennis vervolgens naar een formalisme dat geschikt was voor de computer.

Dit paradigma is voor het overgrote deel verlaten. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te geven.

In de eerste plaats bleek uit psychologisch onderzoek dat de uitleg die een deskundige geeft over hoe hij tot een beslissing komt, vaak niet overeenstemt met de wijze waarop hij werkelijk een beslissing neemt. Dit fenomeen staat bekend als de 'paradox of expertise': de expert is geen expert in het beschrijven van zijn eigen beslissingsproces.¹⁴

In de tweede plaats kenmerken medische deskundigen zich niet zelden door een hoge mate van inter- en intra-observer-variabiliteit. De ene deskundige kan tot andere conclusies komen dan de andere. Voor de huisarts is het bijvoorbeeld niet wenselijk het beslissingsproces van een specialist over te nemen, zonder rekening te houden met de andere prevalentie en ernst van ziekten in de huisartspraktijk. Maar ook kan dezelfde deskundige, wanneer hij met een identieke situatie op een ander tijdstip wordt geconfronteerd, heel anders oordelen.¹⁵⁻¹⁷ Deze wisselende reproduceerbaarheid van medische beslissingen was reeds lang bekend, maar de consequenties voor expertsystemen waren niet of nauwelijks overwogen. Door de individuele deskundige te zien als bron van kennis, dreigt het systeem gebouwd te worden op de persoonlijke ervaring en mening van die deskundige, en niet op (min of meer) algemeen geldende en door de beroepsgroep geaccepteerde en gevalideerde kennis.

In de derde plaats bleken de ideeën over de wijze waarop menselijke expertise ge-

modelleerd kon worden, achteraf naïef. Theorieën waarin bijvoorbeeld de 'production rules' werden gezien als onafhankelijke brokken kennis, bleken geen goed beeld te geven van menselijke expertise, en bleken ook niet geschikt voor het operationeel maken van kennis op een computer. Met andere woorden: de afstand tussen het formalisme van de computer en de wijze waarop artsen gewend zijn het gebruik van medische kennis te beschrijven, was te groot.¹⁸⁻²⁰

Het consultatieve model

Het tweede paradigma had betrekking op de wijze waarop de gebruiker de kennis in het expertstelsel kon consulteren. Het systeem stelde een (soms groot) aantal vragen waarop de gebruiker moest antwoorden. De deskundigheid van de arts was nodig om tijdens het beantwoorden van deze vragen de individuele situatie van de patiënt te beoordelen en daarnaast de (ir)relevantie van wel aanwezige maar niet door het systeem gevraagde informatie te beoordelen. Nadat alle vragen beantwoord waren, analyseerde het systeem de casus en meldde het de resultaten. Dit is het consultatieve model: het expertstelsel werd 'in consult' geroepen, en de gebruiker volgde de opdrachten of vragen van het systeem.^{5,21} De gebruiker was niet of nauwelijks in staat het systeem te sturen; de rol van de gebruiker was passief.

In de praktijk bleek dit paradigma niet te voldoen, doordat deze passieve rol onvoldoende recht doet aan het intellect van de gebruiker; het ontlokte aan *Miller*, een internist en medeverantwoordelijk voor het ontwikkelen van het expertstelsel *Internist*, de uitspraak dat consultatieve expertsystemen geen ondersteuning gaven maar eerder leken op het Orakel van Delphi.^{5,21} Bovendien stonden deze consultatieve systemen los van andere computersystemen in dezelfde omgeving; gegevens die bijvoorbeeld al waren opgeslagen in een elektronisch medisch dossier, moesten opnieuw worden ingevoerd in het expertstelsel.^{22,23}

Nieuwe wegen

Een eerste belangrijke trend bij het inslaan van nieuwe wegen is het verkleinen van de kloof tussen het formalisme van de computer en de wijze waarop artsen hun kennis beschrijven. Enerzijds is er nu veel aandacht voor een meer formele wijze van medisch handelen, waarin standaarden en protocollen een belangrijke rol spelen;^{15,24} anderzijds sluiten de huidige computersystemen beter aan bij de gebruikte formele beschrijvingen van het medisch handelen.^{25,26} In de praktijk vertoont het ontwikkelen van een standaard daardoor opvallend veel overeenkomsten met het bouwen van een kennissysteem. Net als bij het ontwikkelen van een kennissysteem vergt het ontwikkelen van een standaard een analyse van beschikbare kennis en het 'vertalen' van die kennis naar een nauwkeurig omschreven en praktisch haalbare standaard. Onderzoekers sluiten hierop aan: zij nemen de formele geneeskunde als uitgangspunt en proberen de systemen zo te ontwerpen, dat artsen zelf in staat zijn hun kennis te beschrijven en op te nemen in een kennissysteem.²⁶

Intussen zijn huisartsen actief bezig de kwaliteit van hun registratie te verhogen,²⁷ en maken zij in toenemende mate gebruik van elektronische medische dossiers.¹² Een tweede belangrijke trend is de integratie van computer-ondersteunde medische besluitvorming in deze elektronische systemen. Bijna elk huisarts-informatiesysteem bevat een aanzet tot medicatiebewaking, en specifieke modules voor de behandeling van bepaalde categorieën chronische patiënten worden ontworpen. Mogelijkheden om een behandeling door het elektronisch dossier te laten analyseren en commentariëren worden thans onderzocht.²⁸⁻³⁰

Bij deze ontwikkeling wordt kennis niet meer opgeslagen in een apart, losstaand systeem, maar geïntegreerd in het elektronische medische dossier. De nadruk ligt daarbij op ondersteuning, niet op het overdragen van beslissingen. Deze vorm van ondersteuning kan de kwaliteit van zorg daadwerkelijk verbeteren.³¹ Een geïntegreerd kennissysteem als HyperCritic –

een systeem voor de behandeling van hypertensie – analyseert de gegevens in het elektronische dossier van hypertensiepatiënten, en levert commentaar op het gevoerde beleid;²⁸ dit commentaar kan een vergelijking met het commentaar van collega's doorstaan.²⁹

Consequenties voor de dagelijkse praktijk

De komende jaren zullen gekenmerkt worden door een toenemend gebruik van elektronische dossiers in de huisartspraktijk, en een verhoging van de kwaliteit van de registraties, met meer nadruk op gestandaardiseerde en gecodeerde verslaglegging, mede dankzij elektronische communicatie met andere huisartsen en specialisten.^{13 27 32-35} De introductie van computer-ondersteunde besluitvorming door integratie met deze dossiers zal voor de individuele huisarts een gradueel en bijna natuurlijk groeiproces zijn, dat aansluit bij de toenemende formalisering van het geneeskundig handelen en bij de behoeften die de huisarts in de praktijk ervaart. Veel huisartsen vragen zich af waarom het nog niet mogelijk is om tijdens het gebruik van het elektronisch dossier een overzicht te krijgen van bekende bijwerkingen van de voorgeschreven medicatie, of een NHG-standaard te raadplegen, of een gedetailleerde beschrijving van symptomen en beelden (zoals foto's van typische afwijkingen of röntgenbeelden) van een bepaalde ziekte op te roepen, of recente literatuur over een bepaalde behandeling te raadplegen.

Het Huisartsen Informatie Systeem (HIS) zal een rol gaan spelen bij het *distribueren* en *raadplegen* van dit soort informatie. Het project 'De geïnformateerde huisarts' van het Nederlands Huisartsen Genootschap is een voorbeeld van onderzoek naar de wijze waarop informatiebronnen ontsloten en toegankelijk gemaakt kunnen worden voor de huisarts. De meeste winst voor de huisarts is gelegen in het feit dat veel informatie beschikbaar is op de werkplek, en dat daar selectief naar gezocht kan worden.

De ontwikkeling van een meer gestan-

daardiseerde huisartsgeneeskunde zal zich voortzetten,^{15 24} en de HISsen zullen in toenemende mate worden voorzien van modules die protocollen of standaarden *ondersteunen*. Met een dergelijke module wordt het mogelijk gegevens die volgens de standaard van belang zijn te registreren, en na te gaan of de huisarts volgens de standaard handelt of daarvan afwijkt.

Hoewel de huidige formalisering van de geneeskunde vooral gericht is op het ontwikkelen van algemene standaarden, zullen standaarden in de toekomst specifiekere kunnen worden toegesneden op kleinere populaties of op individuele patiënten die volgens verschillende standaarden worden behandeld. Hierdoor zullen de standaarden complexer worden, en zullen zij andere benaderingen vereisen. Protocollen die worden uitgegeven op papier, moeten kort en overzichtelijk zijn; een protocol dat tientallen pagina's tekst omvat, is in de dagelijkse praktijk niet hanteerbaar. Opgeslagen in een computer kan een dergelijk protocol wél hanteerbaar zijn. Ook kunnen in een geautomatiseerd protocol kansberekeningen worden opgenomen (bijvoorbeeld het berekenen van de pre- en post-test kansen op een bepaalde ziekte).

Door vele onderzoekers wordt het HIS een belangrijke rol toebedacht bij het bewaken van therapie.^{1 28 31 34 36-38} De essentie van dit 'reminding' of 'critiquing' is dat het systeem op basis van reeds bekende patiëntgegevens de arts herinnert aan mogelijke problemen of commentaar levert op het beleid. De eerste beperkte pogingen om het HIS een aantal van deze bewakingsfuncties te geven zijn bekend: contra-indicaties voor of interacties tussen geneesmiddelen, of het ondersteunen van preventieve geneeskunde (bijvoorbeeld attenderen op het feit dat een verdacht cervixuitstrijkje niet is gevolgd door een tweede uitstrijkje). In de komende jaren zal deze vorm van bewaking in de HISsen steeds meer worden uitgebreid.

Het visioen van kunstmatig intelligente systemen die de huisarts bij complexe medische beslissingen met expert-adviezen te hulp zouden komen zal nog geruime tijd op zich laten wachten. Ondersteuning

door computers bij het nemen van medische beslissingen is evenwel aanstaande.

Literatuur

- 1 Shortliffe EH, Perreault LE, eds. Medical informatics. Computer applications in health care. Reading Ma: Addison-Wesley, 1990.
- 2 Blum BI, Duncan K. A history of medical informatics. New York: ACM Press, 1990.
- 3 Schwartz W. Medicine and the computer. The promise and problems of change. N Engl J Med 1970; 283: 1257-64.
- 4 Schwartz W, Patil R, Szolovits P. Artificial intelligence in medicine. Where do we stand. N Engl J Med 1987; 316: 685-8.
- 5 Miller RA, Masarie FE. The demise of the Greek oracle model for medical diagnosis systems. Meth Inform Med 1990; 29: 1-2.
- 6 Clancey WJ, Shortliffe EH. Readings in medical artificial intelligence. The first decade. Reading Ma: Addison-Wesley, 1984.
- 7 Hayes-Roth F, Waterman DA, Lenat DB. Building expert systems. Reading Mass: Addison-Wesley, 1983.
- 8 Miller RA, Pople HE, Myers JD. Internist-1. An experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. N Engl J Med 1982; 307: 468-76.
- 9 Yu VL, Fagan LM, Wraith SM, et al. Antimicrobial selection by a computer: A blinded evaluation by infectious disease experts. JAMA 1979; 242: 1279-82.
- 10 Heathfield H, Wyatt J. Philosophies for the design and development of clinical decision-support systems. Meth Inform Med 1993; 32: 1-8.
- 11 Algie GD, Go PMNYH, Gouma DJ. Laparoscopische cholecystectomie in Nederland: de eerste landelijke resultaten. Ned Tijdschr Geneesk 1992; 136: 974-7.
- 12 Van der Lei J, Duisterhout JS, Westerhof HP, et al. The introduction of computer-based patient records in the Netherlands. Ann Intern Med 1993; 119: 1036-41.
- 13 Barnett GO, Jenders RA, Chueh HC. The computer-based clinical record: where do we stand. Ann Intern Med 1993; 119: 1046-8.
- 14 Johnson PE. What kind of expert should a system be? J Med Psychology 1983; 36: 300-4.
- 15 Eddy DM. Clinical decision making: from theory to practice. JAMA 1990; 263: 287-90.
- 16 Komaroff AL. The variability and inaccu-

- racy of medical data. *Proc IEEE* 1979; 28: 1196-207.
- 17 Koran LM. The reliability of clinical methods, data and judgments. *N Engl J Med* 1975; 293: 642-6, 695-701.
 - 18 Clancey WJ, Letsinger R. Neomycin. Reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching. Vancouver, Canada: Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1981: 829-36.
 - 19 Clancey WJ. Heuristic classification. *Artif Intelligence* 1985; 27: 289-350.
 - 20 Musen MA, Van der Lei J. Knowledge engineering for clinical consultation programs. Modeling the application area. *Meth Inform Med* 1989; 28: 28-35.
 - 21 Miller RA. Internist-I/Caduceus. Problems facing expert consultant programs. *Meth Inform Med* 1984; 23: 9-14.
 - 22 Cooper CF, Musen MA. The 1990 AAAI spring symposium on artificial intelligence in medicine. *Artif Intell Med* 1990; 2: 293-8.
 - 23 Shortliffe EH. Testing reality. The introduction of decision-support technology for physicians. *Meth Inform Med* 1989; 28: 1-5.
 - 24 Rutten GEHM, Thomas S. NHG-standaarden voor de huisarts. Utrecht: Bunge, 1993.
 - 25 Musen MA, Fagan LM, Combs DM, Shortliffe EH. Use of a domain model to drive an interactive knowledge-editing tool. *Int J Man-Machine Studies* 1987; 26: 105-21.
 - 26 Musen MA. Automated generation of model-based knowledge-acquisition tools. London: Pitman, 1989.
 - 27 Meyboom WA, Metsemakers JFM, Hofstra ML, Beusmans GHMI. NHG-Standaard Medische Verslaglegging. *Huisarts Wet* 1990; 33: 114-7.
 - 28 Van der Lei J, Musen MA. A model for critiquing based on automated medical records. *Comp Biomed Res* 1991; 24: 344-78.
 - 29 Van der Lei J, Musen MA, Van der Does E, et al. Comparison of computer-aided and human review of general practitioners' management of hypertension. *Lancet* 1991; 338: 1505-8.
 - 30 Van der Lei J, Van der Does E, Man in 't Veld A, et al. Response of general practitioners to computer-generated critiques of hypertension therapy. *Meth Inform Med* 1993; 32: 146-53.
 - 31 Johnston ME, Langton KB, Haynes RB, Mathieu AM. Effects of computer-based clinical decision support systems on clinical performance and patient outcome. *Ann Intern Med* 1994; 120: 135-42.
 - 32 Duisterhout JS, Branger PJ. Edifact message handling and integration into applications in the COPA project. In: Duisterhout JS, Hasman A, Salamon R, eds. Telematics in medicine. Amsterdam: Elsevier, 1991: 151-62.
 - 33 Branger PJ, Van der Wouden JC, Schudel BR, et al. Electronic data interchange between providers of primary and secondary care. *BMJ* 1992; 305: 1068-70.
 - 34 Committee on Improving the Patient Record, Institute of Medicine. The computer-based patient record. An essential technology for health care. Washington DC: National Academy Press, 1991.
 - 35 McDonald CJ, Tierney WM. Computer-stored medical records: their future role in medical practice. *JAMA* 1988; 259: 3433-40.
 - 36 McDonald CJ, Barnett GO. Medical-record systems. In: Shortliffe EH, Perreault LE, eds. Medical informatics. Computer applications in health care. Reading Ma: Addison-Wesley, 1990: 181-218.
 - 37 Shortliffe EH, Tang PC. Patient records and computers. *Ann Intern Med* 1991; 115: 979-81.
 - 38 Van Bommel JH, Van der Lei J. Koppeling van kennis aan informatie. *Med Contact* 1988; 29: 887-92.

■