Intelligente Systemen

Peter Lucas

peterl@cs.ru.nl

Institute for Computing and Information Sciences

Radboud University Nijmegen

Intelligente Systemen

Hoorcollege:

- Peter Lucas

Practicum en werkcollege:

- Nivea de Carvalho Feirrera (nivea@cs.ru.nl)
- Arjen Hommersom (arjenh@cs.ru.nl)

Verplichte literatuur:

(1) Online Syllabus *Principles of Intelligent Systems*

(2) Practicumhandleiding

(3) Oefenopgaven *Intelligente Systemen*

PS: materiaal wordt nog aangepast

Overzicht

Website: http://www.cs.ru.nl/∼peterl/teaching/IS

(1) Hoorcollege:

- Slechts deel van de stof in syllabus besproken
- Deel slides staat *niet* in syllabus

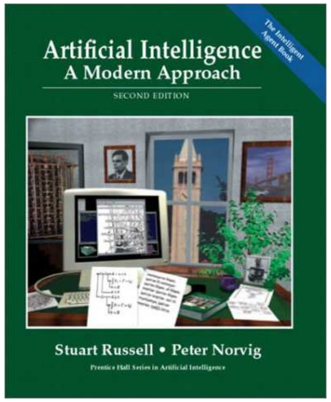
(2) Werkcollege:

- Maken van ‘sommen’ en ‘opgaven’

(3) Practicum:

- Opgave 1: Automatisch redeneren in de logica
- Opgave 2: Prolog en IS, ontwikkeling concreet kennissysteem

Aanvullend Leesmateriaal



- Part I Artificial Intelligence
  1 Introduction
- Part III Knowledge and Reasoning
  7 Logical Agents
  8 First-Order Logic
  9 Inference in First-Order Logic
  10 Knowledge Representation
- Part V Uncertain Knowledge and Reasoning
  13 Uncertainty
  14 Probabilistic Reasoning

Kunstmatige Intelligentie (AI)

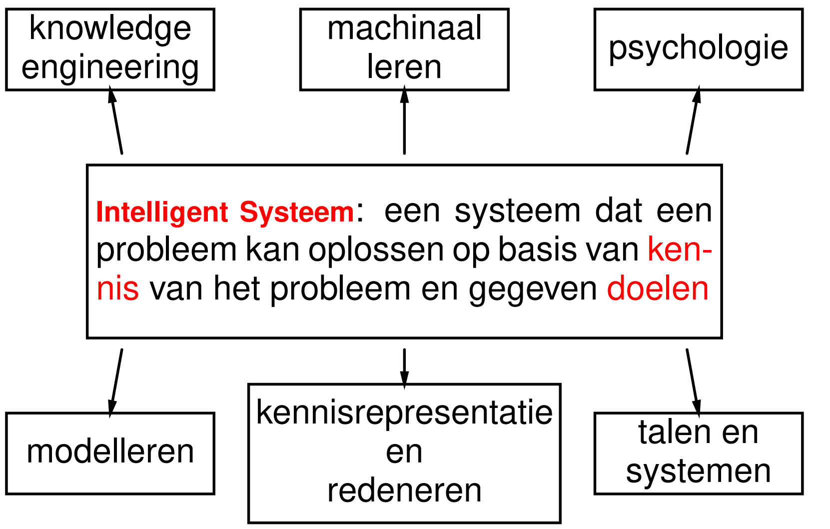
Doel is ontwikkeling van intelligente systemen:

- systemen die denken zoals mensen?
- systemen die zich gedragen zoals mensen?
- systemen die rationeel denken?
- systemen die zich rationeel gedragen?

Mogelijke terminologie:

- systemen die problemen oplossen: problem solvers
- systemen die met kennis redeneren: kennissystemen
- systemen die zich rationeel en (relatief) autonoom gedragen: intelligent agents

Intelligente Systemen



Oorsprong

- Digitale rekenautomaat als analogon van menselijk redeneren: *A.M. Turing*, “Computing machinery and intelligence”, Mind, vol. LIX, no. 236, 1950
- Computerprogramma’s als psychologische modellen van menselijk probleemoplossen (*A. Newell & H.A. Simon*):
  - *Logic Theorist* (1957): automatisch bewijzen van stellingen uit de “Principia Mathematica” (A.N. Whitehead & B. Russell)
    ⇒ heuristieken noodzakelijk om de zoekruimte te verkleinen
  - *General Problem Solver* (GPS, 1965): (means-ends analysis)
  - *J. McCarthy*: Advice Taker, Lisp

Expertsystemen/Kennissystemen

Conclusie: algemene probleemoplossers zoals GPS niet in staat op effectieve wijze problemen, waarvoor ‘intelligentie’ noodzakelijk geacht wordt, op te lossen

- Expertsystemen: *grote* hoeveelheid domeinkennis vastleggen voor oplossen probleem – E.A. Feigenbaum, B.G. Buchanan, J. Lederberg – Heuristic DENDRAL (1965): bevat kennis uit de organische chemie

  ⇒ Expertsysteem; Knowledge engineering; 1980 ook kennissystemen
- Edward Feigenbaum: “The power of an expert system derives from the knowledge it possesses, not from the particular formalisms and inference schemes it employes”

Expert-/Kennissystemen (vervolg)

E.H. Shortliffe: eerste ‘echte’ expertsysteem, MYCIN (1974–1979) – diagnostiek van infectieziekten

H.E. Pople, J.D. Myers: Internist-1 (1973-1982)

- Generalisering van technieken – domeinonafhankelijke kern
  W. van Melle: EMYCIN (Essential MYCIN, 1980) = MYCIN zonder domeinkennis ⇒ expert-system shell

  A. Newell, M. Rychener, J. McDermott, C.L. Forgy: OPS-talen voor ontwikkelen expertsystemen (1977–1981) ⇒ expert-system builder tools
- Commercialisering: begin 1980

AI-winter en Einde Isolationisme

- 1989–1995: AI-winter
- 1992–nu: Symbolische representatie- en redeneertechnieken onvoldoende:
  - terug naar traditionele methoden (kansrekening, informatietheorie, algebra, optimalisatietheorie)
  - theoretische en experimentele onderbouwing
- 1992–nu: Model-gebaseerde systemen
- 1990–nu: Bayesiaanse netwerken
- 1995–nu: Intelligent agents
- 1994–nu: Evolutionaire algoritmen
- 1997–nu: Data-mining en machinaal leren
- 1999–nu: Expertsystemen zijn weer terug

Leerdoelen

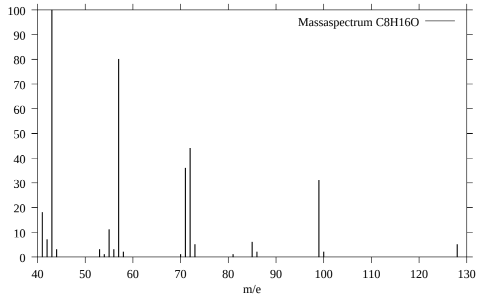
- Kennismaken met de belangrijkste onderwerpen in de kunstmatige intelligentie (AI), zoals probleemoplossen, toestandsruimte, heuristisch zoeken, kennisrepresentatie en automatisch redeneren, machinaal leren, intelligent agent, kennisacquisitie, knowledge engineering
- Inzicht opdoen in de toepassing van algoritmische, logische en wiskundige methoden in de kunstmatige intelligentie
- Ervaring opdoen met de ontwikkeling van een kennissysteem voor een concreet domein.
- Ervaring opdoen in de ontwikkeling van AI-programma’s

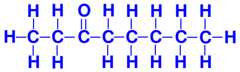
Heuristic DENDRAL

J. Lederberg, E.A. Feigenbaum, B.G. Buchanan (Stanford University, 1965)

- Expertsysteem op het gebied van organische chemie
- Doel: bepalen van structuurformules van organische verbindingen aan de hand van massaspectrometrische gegevens
- Duur ontwikkeling: 15 manjaar; programmeertaal: Lisp
- Kenmerk: beperken van zoekruimte m.b.v. heuristische regels
- Laatste versie: MetaDENDRAL bezit leermogelijkheden

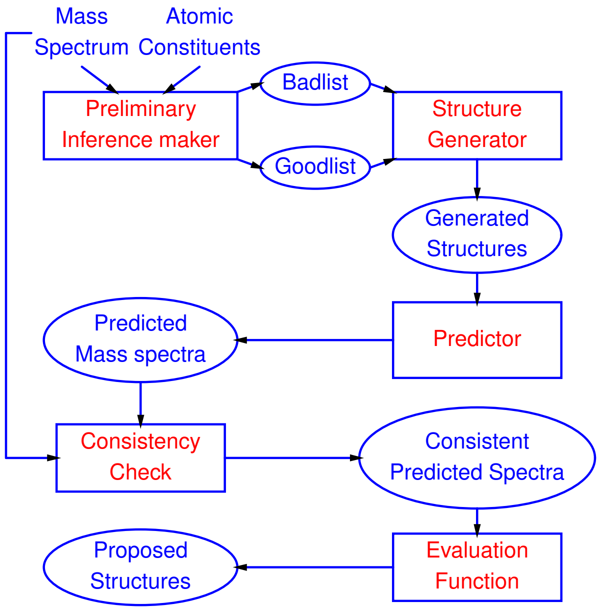
Een Massaspectrum



- Molecuulmassa $M = 128$
- Structuurformule: 
- Lisp (dotted-pair) representatie:

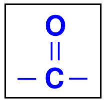
```
((41 . 18)(42 . 7)(43 .100)(44 . 3)(53 . 3)(54 . 1)
 (55 . 11)(56 . 3)(57 . 80)(58 . 2)(70 . 1)(71 . 36)
 (72 . 44)(73 . 5)(81 . 1)(85 . 6)(86 . 2)(99 . 31)
 (100 . 2)(128 . 5))
```

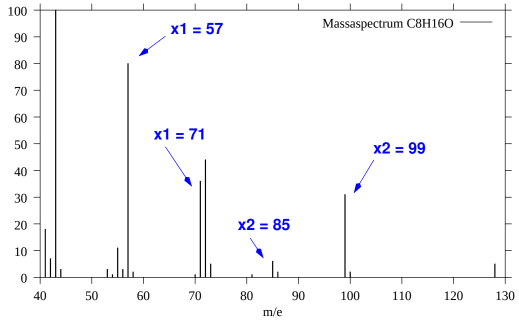

DENDRAL: Generate and Test



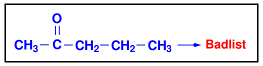
Heuristische Regel

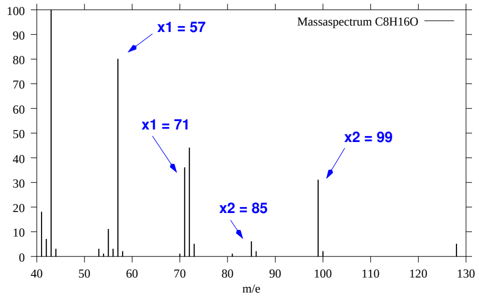
IF there are two peaks at masses x_1 and x_2
(1) $x_1 + x_2 = M + 28$, and
(2) $x_1 - 28$ is a high peak, and
(3) $x_2 - 28$ is a high peak, and
(4) at least one of x_1 or x_2 is high,

THEN the molecule contains a ketone group, 

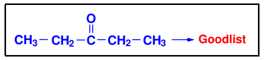


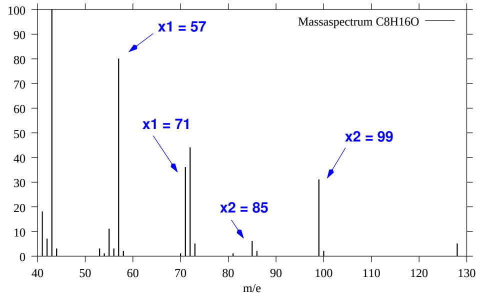
Badlist

IF (1) ketone conditions are satisfied, and
(2) 43 is a high peak, and
(3) $M - 43$ is a low peak, and
(4) 58 is a high peak, and
(5) $M - 15$ is low or zero,
THEN the molecule contains a methyl-ketone-3 group, 



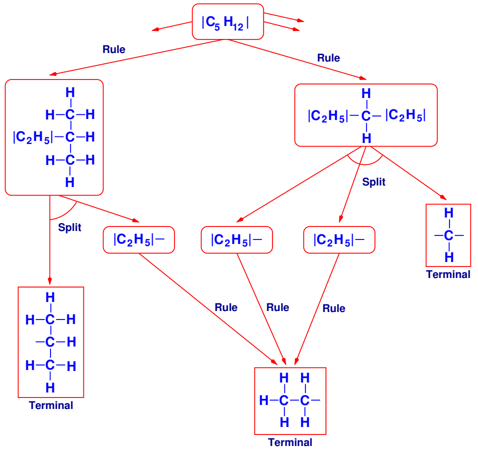
Goodlist

IF (1) ketone conditions are satisfied, and
(2) 57 is a high peak, and
(3) 72 is a high peak, and
(4) $M - 29$ is a high peak, and
(5) $M - 57$ is a high peak,
THEN the molecule contains a ethyl-ketone-3 group, 



Verwacht Massaspectrum

- Genereren van mogelijke structuren
- Simulatie van fragmentatie



MYCIN

E.H. Shortliffe en B.G. Buchanan
(Stanford University, 1974)

- Medisch expertsysteem op het gebied van *infectieziekten* (sepsis en meningitis)
- Diagnostiek bron en verwekker infectie; voorschrijven geneesmiddelen
- Kan omgaan met *onvolledige* en *onzekere* informatie
- Twee delen:
  - diagnosedeel ($\pm$ 500 regels)
  - therapieselectiedeel
- MYCIN zonder domeinkennis op het gebied van infectieziekten = EMYCIN

Consultatie van MYCIN

```
-------------------- PATIENT-1 --------------------
1) Patient's name: (fist last)
** FRED SMITH
2) Sex:
** MALE
3) Age:
** 55
4) Have you been able to obtain positive cultures from
   a site at which Fred Smith has an infection?
** YES

  ---------- INFECTION-1 ----------
  5) What is the infection?
  ** PRIMARY-BACTEREMIA
  6) Please give the date and approximate time when
     signs or symptoms of the primary-bacteremia
     (INFECTION-1) first appeared. (mo/da/yr)
  ** MAY 5, 1975
```

Consultatie (vervolg)

```
  The most recent positive culture associated with
  the primary-bacteremia (INFECTION-1) will be referred
  to as:

  ---------- CULTURE-1 ----------
  7) From what site was the specimen for CULTURE-1 taken?
  ** BLODD
  = BLOOD
  8) Please give the date and time when this blood
     culture (CULTURE-1) was obtained. (mo/da/yr)
  ** MAY 9, 1975

The first significant organism from this blood
culture (CULTURE-1) will be referred to as:

---------- ORGANISM-1 ----------
9) Enter the identify of ORGANISM-1:
** UNKNOWN        /* typically the identity of the
                     organism is unknown */
```


Consultatie (vervolg)

```
10) Is ORGANISM-1 a rod or a coccus:
** ROD
11) The gram stain of ORGANISM-1:
** GRAMNEG
12) Did ORGANISM-1 grow aerobically?
** YES (0.8)
13) Is the patient's illness with ORGANISM-1 a
    hospital-acquired infection?
** ?

Was the infection with ORGANISM-1 acquired while
the patient was hospitalized?
Expected responses are: YES NO
Enter help for a list of user options.
** YES

                        ...
```


Consultatie (vervolg)

```
My therapy recommendations will be based on the
following probable infection(s) and potential
causative organism(s):
INFECTION-1 is PRIMARY-BACTEREMIA

<Item 1> The identity of ORGANISM-1 may be
         PSEUDOMONAS-AERUGINOSA
<Item 2> The identity of ORGANISM-1 may be
         KLEBSIELLA-PNEUMONIAE
<Item 3> The identity of ORGANISM-1 may be
         E. COLI
<Item 4> The identity of ORGANISM-1 may be
         BACTEROIDES-FRAGILIS
<Item 5> The identity of ORGANISM-1 may be
         ENTEROBACTER
<Item 6> The identity of ORGANISM-1 may be
         PROTEUS-NON-MIRABILIS
```


Consultatie (vervolg)

```
46) On the scale of 0 to 4, where higher numbers
    indicate increasing severity how would you rate
    Fred Smith's degree of sickness?
** 3
47) Does Fred Smith have a clinically significant
    allergic reaction to any antimicrobial agent?
** NO
48) Fred Smith's weight in kilograms:
** 70    /* end of information gathering */
[Rec 1] My preferred therapy recommendation is as
  follows:
  In order to cover for Items <1 2 3 5 6>:
     Give: GENTAMICIN
     Dose: 119 mg (1.7 mg/kg) q8h IV [or IM] for 10 days
     Comments: Modify dose in renal failure
  In order to cover for Item <4>:
     Give: CLINDAMYCIN
     Dose: 595 mg (8.5 mg/kg) q6h IV [or IM] for 14 days
```

Consultatie (vervolg)

```
     Comments: If diarrhea or other GI symptoms develops, patient
     should be evaluated for possible pseudomembranous colitis.

Do you wish to see the next choice therapy?
** YES                  /* alternatives available */

Which, if any, of the above drugs do you wish eliminated
from consideration?
** CLINDAMYCIN

[Rec 2] Next best therapy recommendation:
  In order to cover for Items <2 3 4 5 6>:
     Give: CHORAMPHENICOL
     Dose: 1 gm (15 mg/kg) q6h IV for 14 days
     Comments: Monitor patient's white count
  In order to cover for Item <1>:
     Give: GENTAMICIN
     Dose: 119 mg (1.7 mg/kg) q8h IV [or IM] for 10 days
     Comments: Modify dose in renal failure
```


Heuristische Regel in MYCIN

IF (1) the stain of the organism is grampos, and
(2) the morphology of the organism is coccus, and
(3) the growth conformation of the organism is chain
THEN there is strong suggestive evidence (0.80) that the identity of the organism is streptococcus

Interne representatie:

```
(($AND (SAME ORG STAIN GRAMPOS)
       (SAME ORG MORPH COCCUS)
       (SAME ORG GROWTH CHAIN))
 (CONCLUDE* ORG IDENTITY '(STREPTOCOCCUS 80)))
```


Evaluatie van MYCIN

- *10 patiënten* met meningitis, geselecteerd door een arts onbekend met MYCIN
- deze 10 gevallen werden gepresenteerd aan MYCIN; resultaat: *10 recepten*
- dezelfde 10 gevallen (zelfde gegevens) werden voorgelegd aan *9 medici* met ervaring op het gebied van infectieziekten;
  resultaat: $9 \times 10 =$ *90 recepten*
- 100 $(10 + 90)$ recepten werden voorgelegd aan het oordeel van een panel met *8 specialisten*;
  resultaat: *800 oordelen*

Evaluatie van MYCIN: Resultaten

Recept voorgeschreven door	Aantal (%) accept. recepten $(n = 80)$	Aantal (%) patiënten met accept. behandeling $(n = 10)$	Aantal (%) patiënten met onaccept. behandeling $(n = 10)$
MYCIN	52 (65.0)	7 (70)	0 (0)
Specialist 1	50 (62.5)	5 (50)	1 (10)
Specialist 2	48 (60.0)	5 (50)	1 (10)
Specialist 3	48 (60.0)	5 (50)	1 (10)
Specialist 4	46 (57.5)	4 (40)	0 (0)
Specialist 5	46 (57.5)	7 (70)	0 (0)
Specialist 6	44 (55.0)	5 (50)	0 (0)
Huisarts	36 (45.0)	3 (30)	1 (10)
Specialist 7	34 (42.5)	3 (30)	0 (0)
Student	24 (30.0)	1 (10)	3 (30)

Onderwerpen – Intelligente Systemen

- Vastleggen en manipulatie van kennis:
  - *kennisrepresentatie*, en
  - *automatisch redeneren*
- Ontwerpen van systemen:
  - *knowledge engineering*, en
  - *model-gebaseerd redeneren*
- Specifieke AI-onderwerpen: onzekere kennis, redeneren met modellen
- Tools: Otter en Prolog, . . .
- Evaluatie