AI: Kunstmatige Intelligentie

week 1: Introductie en motivatie

Jan Martin Jansen

Wie ben ik?

Jan Martin Jansen

Studie

- wiskunde en natuurkunde UvA
- promotie Informatica Radboud Universiteit

Werk

- Philips Research
- Noordelijke Hogeschool Leeuwarden
- KM Maritieme IT
- Nederlandse Defensie Academie

Opzet Cursus

1. Introductie:
    a. Motivatie, geschiedenis, klassieke AI en voorbeelden
2. Moderne AI:
    a. Neurale netwerken
    b. Toepassingen: beeld- en spraak-herkenning
3. Taalmodellen en Toepassingen
    a. Chat applicaties
    b. Hybride Modellen
4. AI en de Toekomst?
    a. Ethische aspecten en gevaren AI
    b. Toekomstscenario's

Week 1

Onderwerpen

- motivatie: wat is er aan de hand?
- geschiedenis computers en AI
- symbolische AI
- voorbeelden symbolische AI systemen
  - wiskunde bewijzen
  - vertalen
  - handschriftherkenning
  - spellen: schaken

NIEUWS

OpenAI claimt doorbraak met model dat kan 'redeneren'

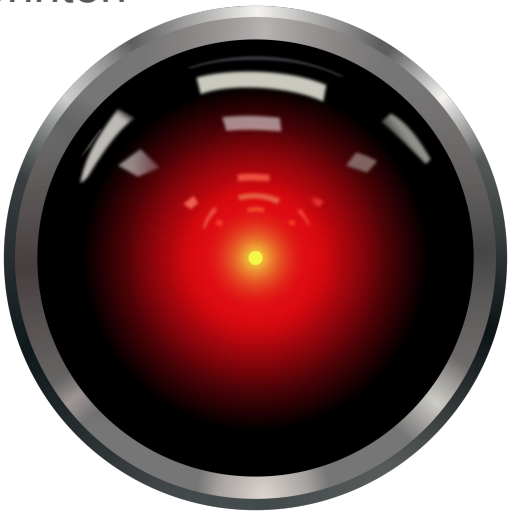
Kunstmatige intelligentie OpenAI heeft zijn nieuwe AI-model gepresenteerd. Het model (o1 genaamd) kan 'redeneren', schrijft het Amerikaanse techbedrijf.

Uit NRC

Artificiële Intelligentie

- oude Grieken: Talos de mechanische reus
- robots: Archie de man van staal
- machines die kunnen spreken
- zelf rijdende auto’s
- apparaten die gesproken teksten printen
- 2001 A Space Odyssey: Hal
- Star Trek: Computer

Was ooit allemaal science fiction!

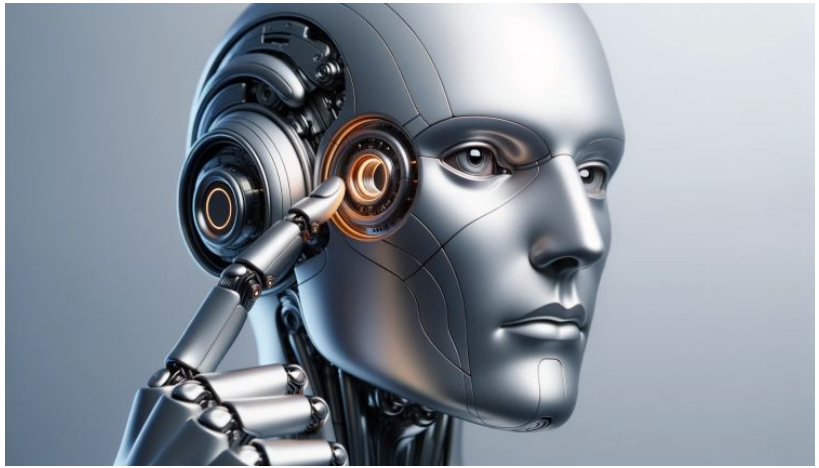


Motivatie

Wat is er aan de hand?

- AI is een hype!
- snelle opkomst aantal nieuwe producten
  - **chatGPT**, Dall E, **Gemini**, co-pilot, Perplexity, etc
  - interactie in gewone taal: vraag en antwoord
- indrukwekkende resultaten
  - generatie van teksten, plaatjes, filmpjes, geluid
  - vertalen van teksten
- hoe kan dat zomaar ineens?
  - evolutie of revolutie?

Wat verwacht men van AI?



Belangrijke toepassingsgebieden voor AI zijn:

- herkennen van beelden
- begrijpen van taal
- automatisch vertalen
- genereren van taal
- besturen van machines (auto’s, robots, etc)
- assisteren van mensen bij taken
- overnemen van moeilijke taken
- …….

Geschiedenis

AI en computers: hoe zit dat nu?

- tot 1940 alleen mechanische rekenmachines
- eerste programmeerbare computer, de Z3, gemaakt door Conrad Zuse
- 1943 de **Colossus** in UK, eerste programmeerbare **digitale** computer (kraken Duitse codes)
- drijvende kracht: problemen uit de tweede wereldoorlog
    - berekeningen atoombom
    - berekenen kogelbanen
    - kraken codes

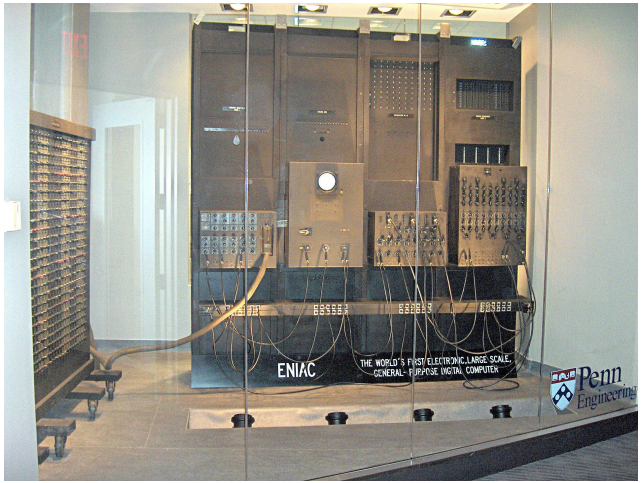
Door NASA - https://www.nasa.gov/feature/jpl/when-computers-were-human, Publiek domein, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57797050

Ontwikkeling Computer

- **Colossus** (1943): 2400 vacuümbuizen
- **Eniac** (1945): 18.000 vacuümbuizen, eerste echte computer

Uitvinding **transistor** 1947

- **TX-0** (1956): 3600 transistoren, eerste experimentele computer met transistoren
- **IBM 7090** (1959): 50.000 transistoren, eerste commerciële computer met transistoren, toepassingen vooral in ruimtevaart en defensie
- **IBM 7030** (1961): 170.000 transistoren, grootste computer met alleen transistoren, vooral voor nucleaire simulaties



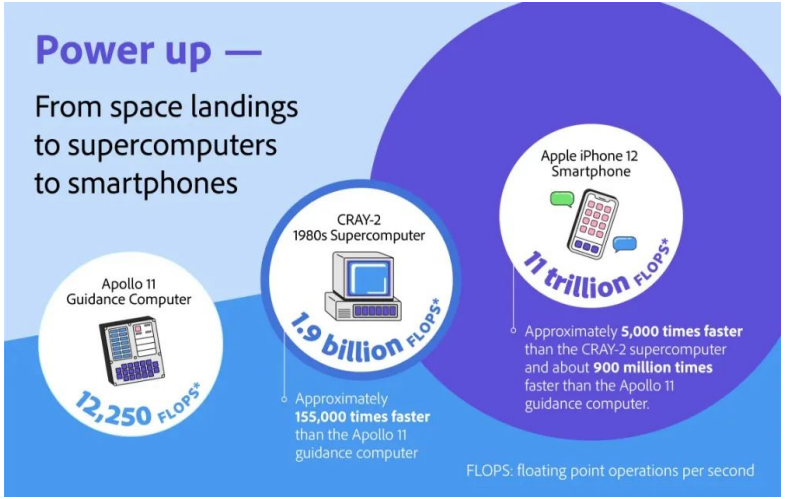
Ontwikkeling Computer

Geïntegreerde Circuits 1958-1959: meerdere transistoren op 1 chip

- eerste computer met IC's: **Apollo Guidance Computer** (1966) met 5000 IC's en totaal 15.000 transistoren, toegepast in ruimtevaart
- **IBM system/360** model 85(1969): eerste commerciële computer met IC's, 50.000 IC's en 200.000 - 500.000 transistoren

Micro Processor: complete computer op 1 chip

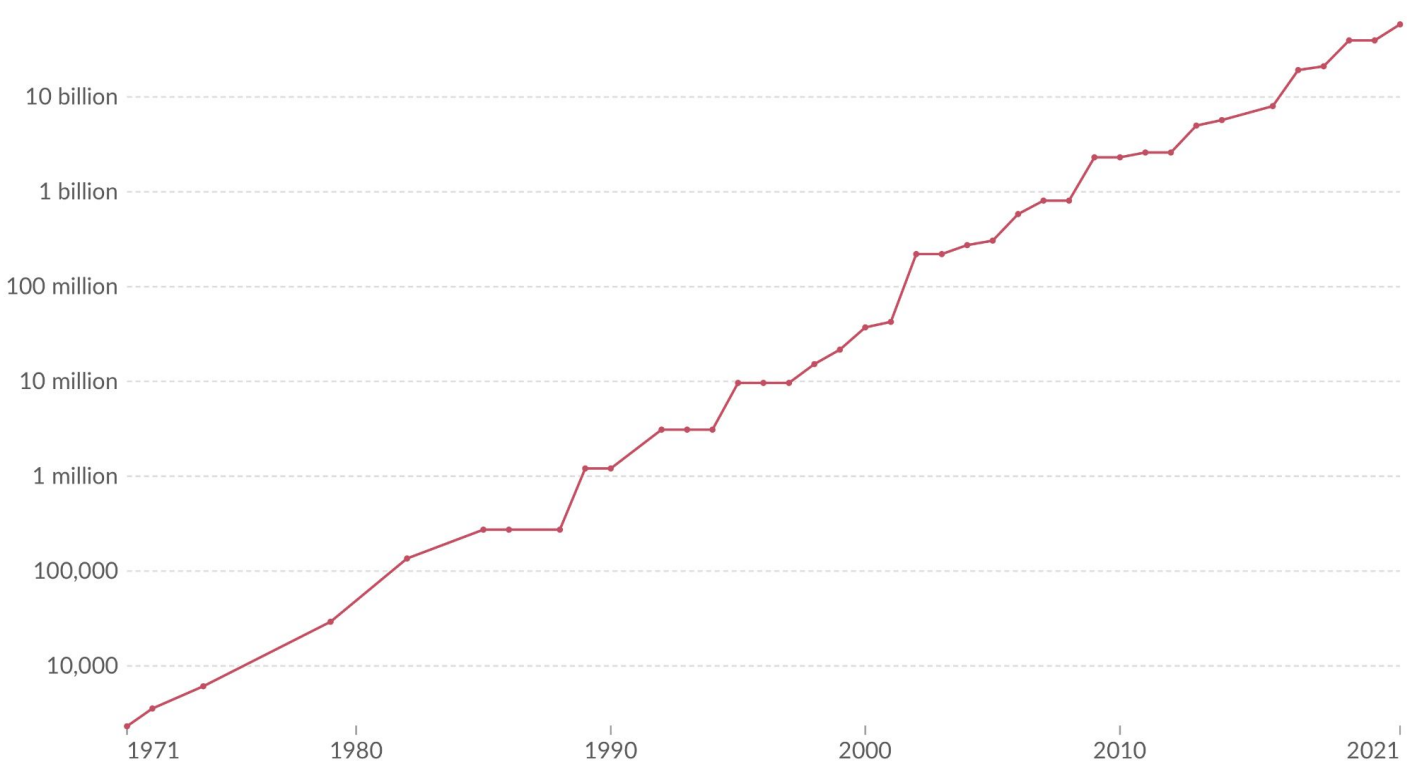
- **Intel 4004** (1971), 2300 transistoren
- **Intel 8088** (1981), 29.000 transistoren, IBM PC
- **Intel 80286** (1982), 120.000 transistoren
- **Intel 80386** (1985), 275.000 transistoren
- **Intel Pentium** (1993), 3.000.000 transistoren
- **Intel Pentium 4** (2002), 400.000.000 transistoren
- **Intel Core I7** (2011), 1.2 miljard transistoren
- **Apple M1** (2021), 16 miljard transistoren
- **NVIDIA H100** Tensor Core GPU (2022), 80 miljard transistoren



Moore's law: The number of transistors per microprocessor

Our World in Data

Moore's law is the observation that the number of transistors in an integrated circuit doubles about every two years, thanks to improvements in production. It was first described by Gordon E. Moore, the co-founder of Intel, in 1965.

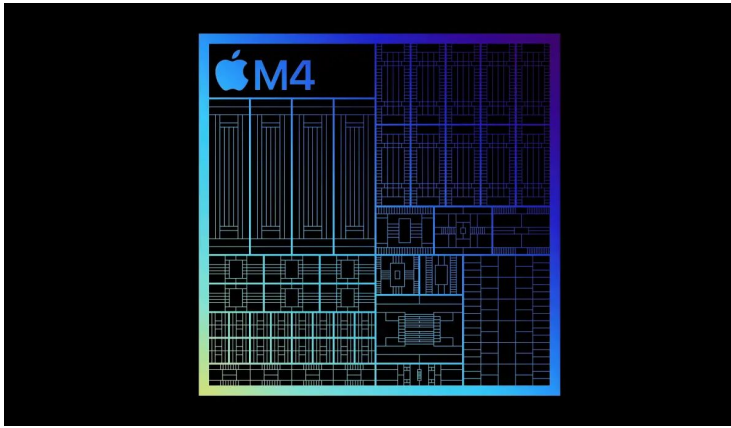


Data source: Karl Rupp, Microprocessor Trend Data (2022)

OurWorldInData.org/technological-change | CC BY

20 µm – 1968
10 µm – 1971
6 µm – 1974
3 µm – 1977
1.5 µm – 1981
1 µm – 1984
800 nm – 1987
600 nm – 1990
350 nm – 1993
250 nm – 1996
180 nm – 1999
130 nm – 2001
90 nm – 2003
65 nm – 2005
45 nm – 2007
32 nm – 2009
28 nm – 2010
22 nm – 2012
14 nm – 2014
10 nm – 2016
7 nm – 2018
5 nm – 2020
3 nm – 2022

Ontwikkeling Computer



Verwachting

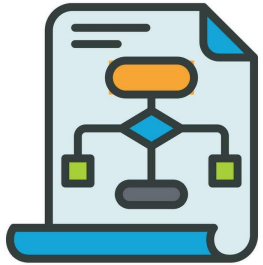
- 1 **biljard** (1.000.000.000.000) transistoren rond 2030!

Waarom is dit zo belangrijk?

- moderne processoren zoals de M en A serie van Apple zijn krachtiger dan de duurste supercomputers uit de jaren 80!
- heel veel rekenkracht is de bepalende factor voor moderne AI applicaties!

Wat kan een Computer?

- berekeningen volgens een stappenplan (**algoritme**) uitvoeren
  - mensen voerden stappenplan uit mbv gewone rekenmachines
  - eerste echte computers: plan in hardware vastgelegd (componenten met verbindingen)
  - idee **John von Neumann**: sla het plan op in geheugen (de programmeerbare computer)
- programmeerbare computer
  - voert berekeningen in **stappen** uit
  - **herhaling**: terwijl / tot bepaalde conditie geldt
  - **keuze**: kies afhankelijk van conditie uit alternatieven
  - doe **berekening** en **sla op** in **geheugen**
  - wat staat er in geheugen computer?
    - alleen maar **0** en **1**!
    - pas op scherm iets leesbaars/zichtbaars

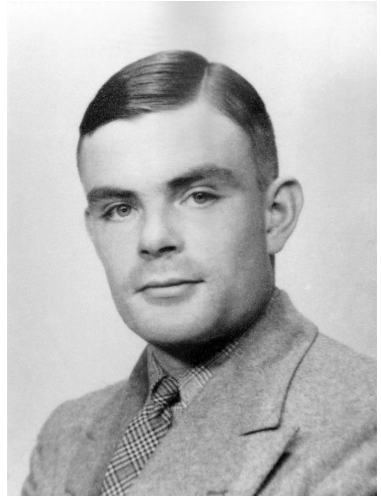


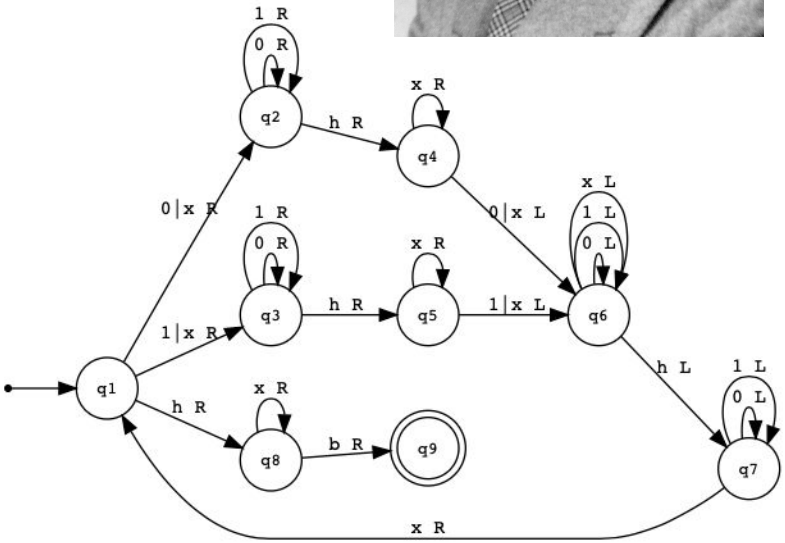
Algorithm

Wat kan een Computer?

Kan een moderne computer meer dan een computer van vroeger?

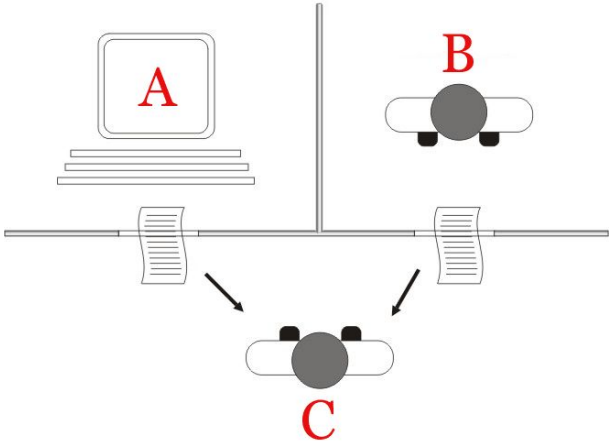
- het korte antwoord is **nee**, hij is alleen maar veel en veel sneller!
- Alan Turing bedacht in 1936 het concept van de **Turing Machine**
- dit is een **universeel** computer model
  - een computer kan niet krachtiger zijn dan een Turing Machine
  - dit gaat alleen over het soort berekeningen dat je er mee kunt doen en niet de snelheid!
- het lange antwoord is **ja**, als je een miljard jaar moet wachten op een antwoord en het alternatief is enkele seconden!





Geschiedenis AI in notendop

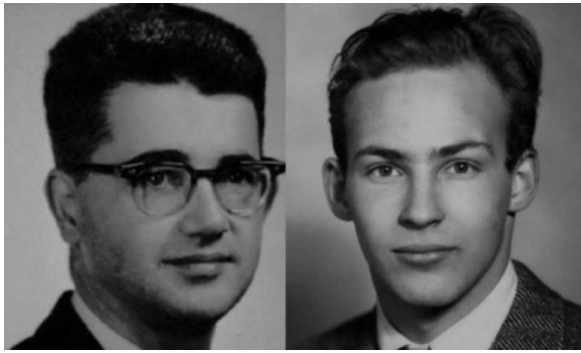
- al tijdens de tweede wereldoorlog probeerde wetenschappers **schaken** te programmeren
- in 1950 schreef **Alan Turing** het artikel “Computing machinery and Intelligence” waarin hij ook de **Turing Test** beschreef:
  - de vraag is of een machine kan **denken**, daartoe:
  - bevraagt persoon C computer A en persoon B via geschreven **berichten** en moet erachter komen wie computer en wie persoon is
  - de test is geslaagd als C het onderscheid niet kan maken!
- Dartmouth workshop (1956)
  - introductie term: Artificial Intelligence



Dartmouth Uitdaging

Uitgangspunt!

- elk **aspect** van **leren** of een ander kenmerk van **intelligentie** kan in principe zo nauwkeurig worden beschreven dat een **machine** het kan **simuleren**
- probeer te ontdekken hoe machines:
  - taal kunnen gebruiken
  - abstracties en concepten kunnen vormen
  - problemen kunnen oplossen die nu alleen voor mensen zijn weggelegd
  - zichzelf kunnen verbeteren
- aan ambities dus geen gebrek!
  - men verwachtte de geformuleerde doelen **binnen enkele tientallen jaren** te kunnen behalen



John McCarthy, Marvin Minsky
Vaders van AI

Verwachtingen in detail

Wat waren de verwachtingen?

- Machine kan **elke intellectuele taak** die een mens kan uitvoeren overnemen:
  - bewijzen van **wiskundige** stellingen
  - schrijven van **muziek**
  - **wetenschappelijke** ontdekkingen
- Zelflerende machines
  - machines zichzelf **verbeteren**
  - **nieuwe kennis** opdoen zonder voortdurende menselijke tussenkomst.
- Kunstmatige intelligentie binnen een generatie gecreëerd
  - ontwikkeling van machine met echte intelligentie slechts een **kwestie van tijd**

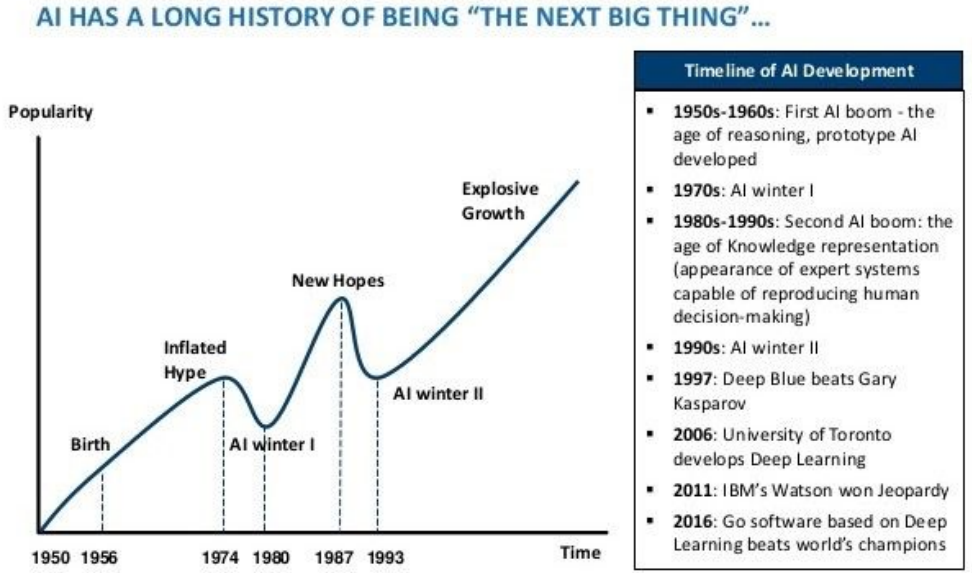
Marvin Minsky in Life 1970

“from three to eight years we will have a machine with the general intelligence of an average human being.”

Geschiedenis AI in notendop

De verwachting kwam niet uit!

- leidde tot de **AI winter**
- onderzoek naar AI op **laag pitje** tot midden jaren 80
- daarna in eerste instantie weer bescheiden **opleving**
- betrof in eerste instantie vnl **symbolische AI**



Symbolische AI

Klassieke benadering van kunstmatige intelligentie

Wat is symbolische AI?

benadering kunstmatige intelligentie door modelleren menselijke kennis en redeneren dmv symbolen en regels.

Kernprincipes:

- **Kennisrepresentatie:** kennis expliciet in formele taal (logica of productie regels)
- **Redeneren:** toepassen regels op symbolen voor nieuwe conclusies
- **Probleemoplossing:** oplossen door het zoeken naar reeks regels van begintoestand naar gewenste eindtoestand

Symbolische AI

Voorbeelden

- **Expertsystemen:** nabootsen menselijke expert op een bepaald gebied
  - **medische** diagnose
  - **financiële** planning
  - configuratie computersystemen
- **Theorembewijzers:** wiskundige stellingen bewijzen door toepassen logische regels
- **Natuurlijke taalverwerking:** gebruik symbolische methoden om syntaxis en semantiek van taal te analyseren
- **Planning en scheduling:** complexe taken opsplitsen in kleinere subtaken en optimale volgorde bepalen.

Symbolische AI

Voordelen van symbolische AI:

- **Transparantie:** redenering makkelijk te volgen en te begrijpen
- **Expliciete kennisrepresentatie:** Kennis expliciet vastgelegd, waardoor systeem makkelijk aan te passen en uit te breiden

Beperkingen van symbolische AI:

- **Kennisverwerving:** tijdrovend en kostbaar om kennis te formaliseren
- **Schaalbaarheid:** moeite met grote en complexe problemen
- **Common sense:** moeite met modelleren van common sense kennis (vaak impliciet en contextueel)

Expertsysteem: Autodiagnose

Kennisbasis:

- **Regels:**
  - Als de auto niet start en er geen geluid hoorbaar is, is waarschijnlijk de accu leeg.
  - Als de motor stottert bij accelereren en het motorlampje brandt, kan het een probleem zijn met de bougies of de brandstofpomp.
  - Als de auto naar één kant trekt en er een slijpend geluid hoorbaar is bij het remmen, zijn de remblokken waarschijnlijk versleten.

Expertsysteem: Autodiagnose

Inferentiemotor: gebruiker vragen gesteld over symptomen auto

Voorbeeld interactie:

- **Systeem:** Start de auto niet?
- **Jij:** Nee
- **Systeem:** Hoort u een geluid wanneer u de sleutel omdraait?
- **Jij:** Nee
- **Systeem:** Op basis van uw antwoorden is de accu waarschijnlijk leeg.

Klassieke Case Studies

We behandelen een aantal case studies met AI technieken van voor 2000

- gebruik van AI in wiskunde
- automatisch vertalen
- klassieke beeldherkenning
- schaken

AI in Wiskunde

Beroemd voorbeeld: het **vierkleurenprobleem**

- Iedere landkaart kan ingekleurd worden met slechts **4 kleuren**, zonder dat aangrenzende landen dezelfde kleur hebben
- open probleem tot 1976
- Kenneth Appel en Wolfgang Haken:
  - reductie tot eindig aantal verschillende gevallen
  - computer gebruikt om deze te controleren
  - 1200 uur rekentijd!
- Bewijs kon pas in 2005 volledig geverifieerd worden mbv het bewijssysteem Coq

Coq: assistent voor Wiskunde

Wiskunde bewijzen zijn vaak heel complex en moeilijk te controleren

Coq:

- **formalisme** (taal) om **wiskundige bewijzen** in op te schrijven
- in ontwikkeling sinds jaren 80
- kan controleren of de **stappen** in een bewijs **correct** zijn uitgevoerd
- kan kleine stukken uit bewijs **automatisch** doen
- wordt voortdurend uitgebreid

Coq voorbeeld: n + (m+1) == (n + m) + 1

Coq

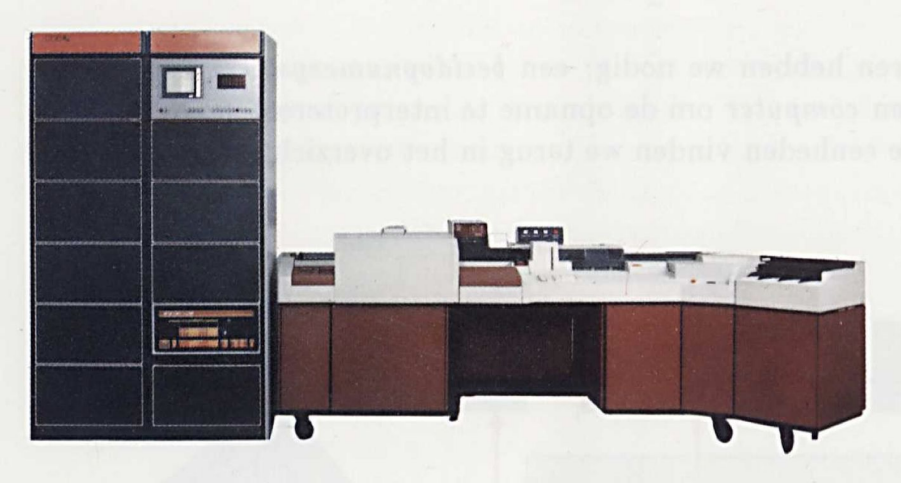
```
Require Import PeanoNat.

Theorem plus_n_Sm : forall n m : nat, n + S m = S (n + m).
Proof.
  intros n m.
  induction n as [| n' IHn'].
  - simpl. reflexivity.
  - simpl. rewrite IHn'. reflexivity.
Qed.
```

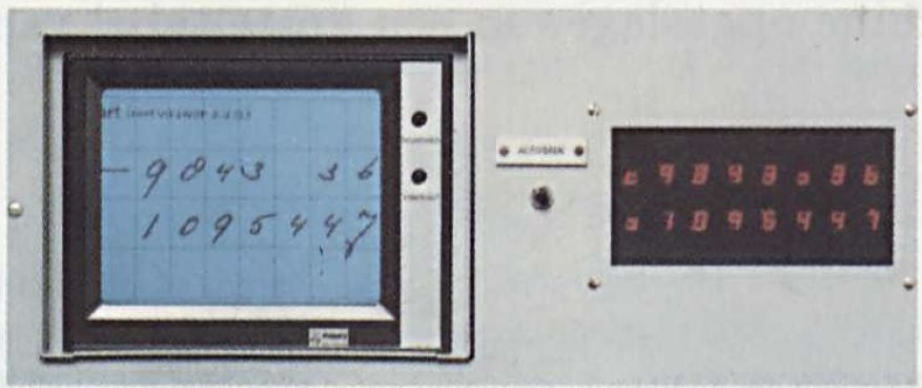
Handschrift herkennen

Dr. Neher lab van **PTT** werkte hier al vanaf 1968 aan!

- toepassingen:
  - **gironummers** en bedragen herkennen op girokaarten: alleen cijfers en - en X
  - later: postcodes
- 1975: eerste prototype kartonnen girokaarten voor controle mens
  - 5 formulieren per seconde
- 1982: ook voor ‘slappe’ formulieren
- uitdagend probleem: hoe pak je dat aan?
- eerste computers nog veel te traag
  - eigen hardware
  - koppelen meerdere computer

Handschrift herkennen



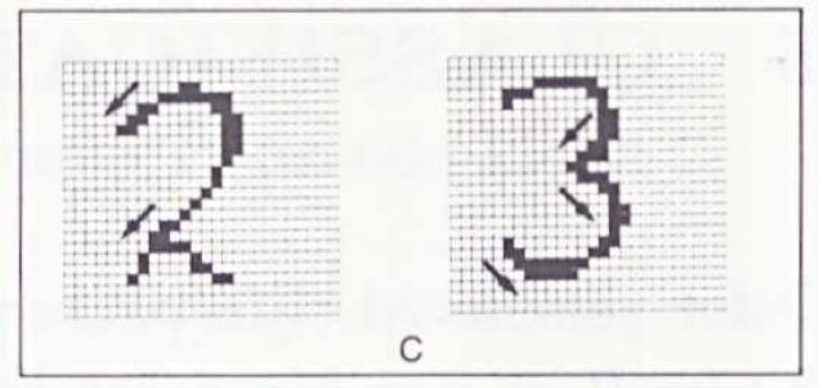


https://publications.tno.nl/publication/19806495/7Pmp09/essink-1987-computer.pdf

Handschrift herkennen

Werkwijze, gebaseerd op **kenmerken**:

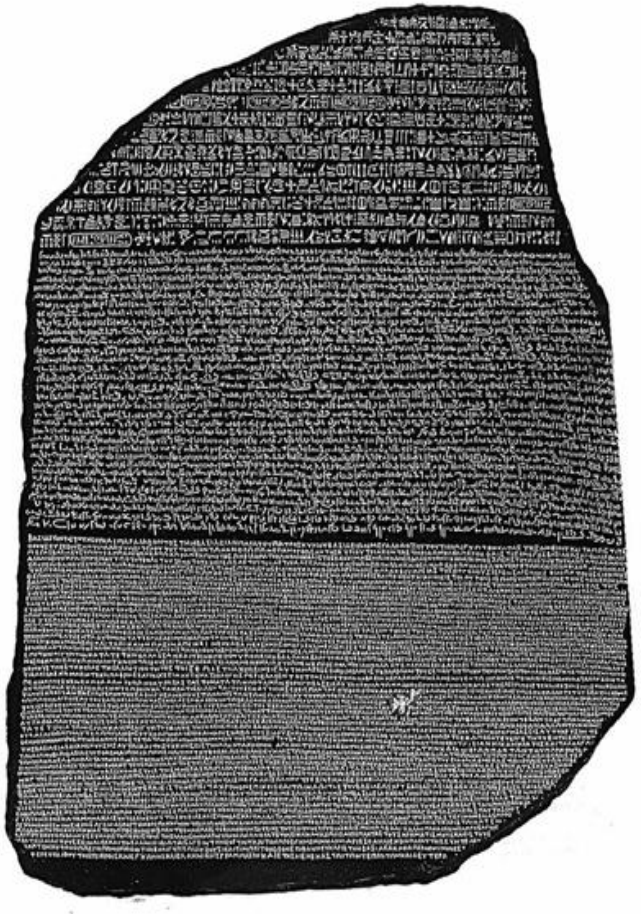
- eindpunten: onder, boven, aantal
- hol/bol: links, recht, onder, boven
- eilanden: rondjes
- sprongen
- combineren van kenmerken
  - totaal 5280 aspecten die bekeken worden
  - tabel voor keuze meest waarschijnlijke letter
  - 98,5% nauwkeurig
- combinatie mens - machine



Automatisch Vertalen

Philips Rosetta Project (jaren 80 en 90)

- ongeveer 20 onderzoekers: ICT-ers en Linguïsten
- multilinguaal: Nederlands, Engels en Spaans
- gebruik grote woordenboeken
- ontleden met grammatica's
  - proberen **betekenis** zin **taalonafhankelijk** te representeren
- resultaten:
  - redelijke vertaling **losse zinnen**
  - **probleem** met **contextrijke** teksten



Automatisch Vertalen

Voorbeelden problemen

- ambiguïteit:
  - de man lichtte de bank op (3 betekenissen!)
  - zij zagen het meisje met de kijker (3 betekenissen)
- taal kan erg onregelmatig zijn:
  - veel uitzondering (bv kofschip)
  - en uitzonderingen op uitzonderingen (uitzonderingen kofschip)

Spelletjes

Spel met 2 deelnemers (A en B) die om beurten iets mogen doen

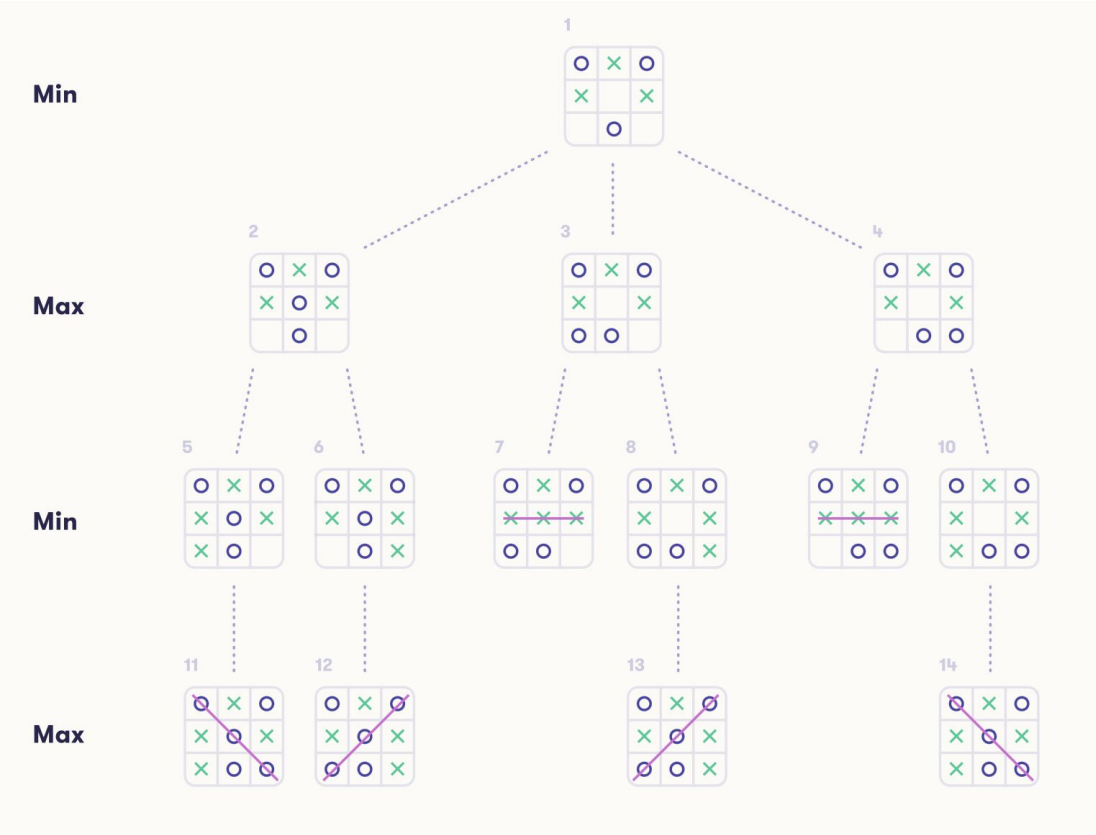
- schaken, dammen, boter-kaas-eieren, go, etc
- zgn **nulsom**-spelen (winst één is verlies ander)

Er bestaat een algoritme voor deze spelen: **MiniMax** (of variant alfa-beta)

- iedere positie op het bord krijgt een **waardering** vanuit optiek beide spelers
- er geldt waardering A = - waardering B (nulsom!)
- als speler A aan zet
  - bekijk alle mogelijke zetten die nu gedaan kunnen worden:
    - voor iedere zet bekijk alle mogelijke vervolgzetten van tegenstander
    - kies hieruit steeds zet met hoogste waardering voor B
    - kies nu zelf de zet met de kleinste waardering voor B
- **MiniMax** was al bedacht voor er computers waren

Voorbeeld: Spelboom Boter-Kaas-Eieren

O is aan zet



Spelletjes

MiniMax levert in theorie altijd een optimale strategie (indien mogelijk)

- genereer complete **spelboom** tot alle mogelijke **eindstanden**
- bepaal van beneden naar boven alle waarderingen (met minimax)
- alle knopen hebben nu een waardering
  - dit is gedaan voor bv checkers (dammen op 8 x 8 bord) in 2007
- probleem complexere spelen: praktisch **onmogelijk** hele boom te berekenen
- oplossing: bepaal waardering met **evaluatie** functie tussengelegen standen
  - gebruik deze van bv 5 -10 zetten vooruit en gebruik daarna minimax
  - de crux zit nu in het maken van een goede evaluatie functie!
  - dit is hoe schaken, dammen, go, etc met computers gespeeld worden (werden)

Schaken

Gebruik minimax algoritme in combinatie met slimme evaluatie functie

- jaren 40,50: correcte zetten met minimale evaluatie
  - wel al uitputtende minimax voor sommige **eindspelen**
  - computer nog niet krachtig genoeg voor beter
- jaren 60: eerste serieuze schaakprogramma's
  - hooguit paar zetten vooruit, simpele evaluatiefunctie
- jaren 70: krachtiger programma's
  - Chess 4.0, MacHack, Belle
  - steeds verder vooruit kijken met betere evaluatie functie
  - eerste **amateurspelers** werden verslagen door computers
- jaren 80: zeer krachtige programma's
  - amateurs vaak geen partij meer
  - 1989: **Hitech** verslaat Mikhail Tal (grootmeester)
- jaren 90: schaakprogramma's worden onverslaanbaar
  - 1997: **Deepblue** verslaat **Gary Kasparov** in een toernooi

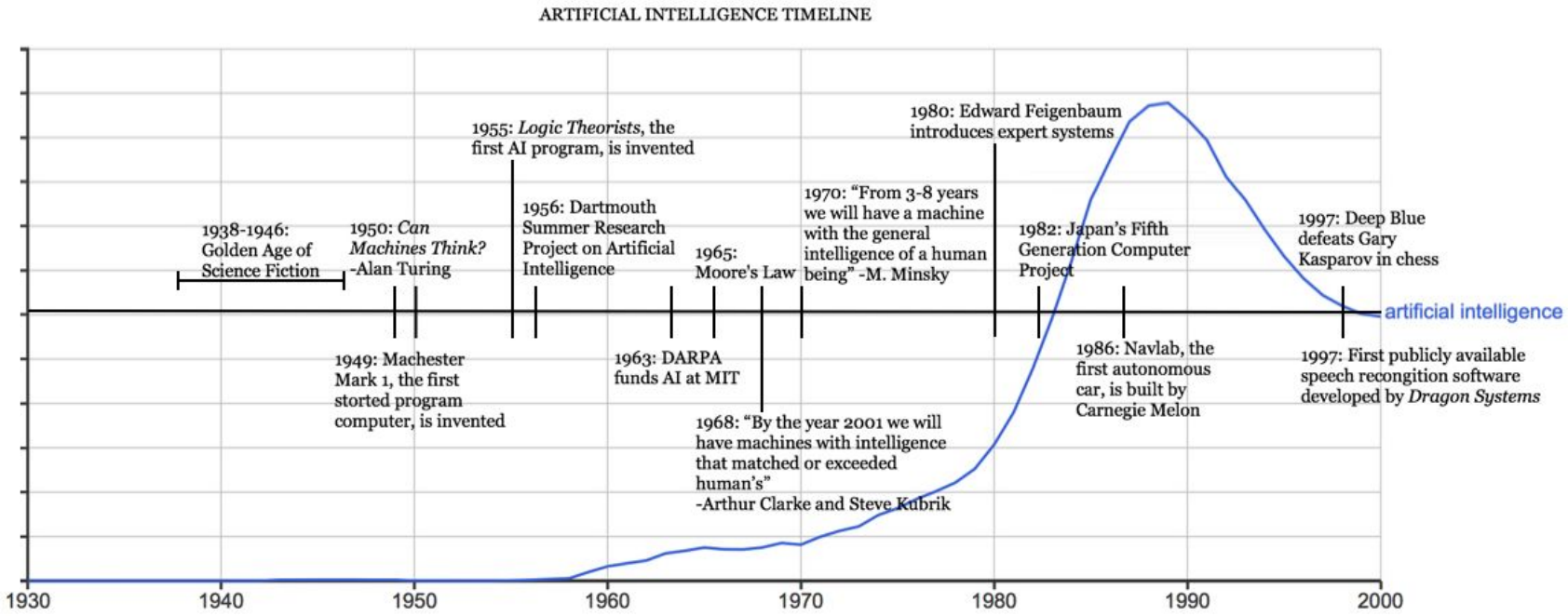
Deepblue

- ontwikkeld door **IBM**
- **200 miljoen** zetten per seconde
- kon tot **40** zetten vooruitkijken (mensen hooguit 6-7)

Bedenk:

- evaluatie functies werden door **mensen** ontwikkeld
- om deze te maken is diepe **kennis** van schaken nodig
- vaak werden ook **databases** met oude partijen gebruikt
- de kracht zit in de **combinatie** van de **evaluatiefunctie** en het ver **vooruit** kunnen kijken!

Samenvatting: Tijdlijn tot 2000



Voorbeelden Interactieve AI chat systemen

OpenAI: chatGPT: https://chatgpt.com/

Microsoft: Copilot: https://copilot.microsoft.com/

Google: Gemini: https://gemini.google.com/

Google: NotebookLM (om documenten te analyseren): https://notebooklm.google.com/

Alternatieven:

Anthropic: Claude: https://claude.ai/

Perplexity: https://www.perplexity.ai/

Veel applicaties zijn ook als App voor een tablet te verkrijgen