

# Kunstmatige intelligentie: tot hier ... en weer verder



Afscheidsrede van:  
Prof. dr. Emile Aarts

**Prof. dr. Emile Aarts** voltooide zijn studie wis- en natuurkunde aan de Radboud Universiteit Nijmegen waarna hij in 1983 promoveerde aan de Rijksuniversiteit Groningen in hetzelfde wetenschapsgebied. In dat jaar kreeg hij een aanstelling bij Philips Research waar hij gedurende zijn carrière verschillende posities bekleedde totdat hij in 2009 benoemd werd tot Chief Scientific Officer. In 1991 werd hij naast zijn positie bij Phillips Research aangesteld als deeltijdhoogleraar aan de Technische Universiteit Eindhoven. Eerst als hoogleraar informatica aan de faculteit Wiskunde en Informatica en van 2007 tot en met 2012 als hoogleraar industrieel ontwerpen aan de faculteit Industrial Design. In 2012 stopte hij bij Philips Research voor een functie als decaan Wiskunde & Informatica aan de Technische Universiteit Eindhoven. In 2014 werd Aarts lid van de Koninklijke Hollandse Maatschappij der Wetenschappen. Uiteindelijk maakte hij in 2015 de overstap naar Tilburg University waar hij tot 2019 rector magnificus was. Sinds zijn emeritaat in 2022 bekleedt hij verschillende commissariaten, bestuursfuncties en adviseurschappen.



# KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE: TOT HIER ... EN WEER VERDER

PROF. DR. EMILE AARTS

## **Afscheidsrede,**

uitgesproken op 24 juni 2022 ter gelegenheid van het openbare afscheid als hoogleraar informatica aan Tilburg University.

© Emile Aarts, 2022  
ISBN: 978-94-6167-481-4

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

[www.tilburguniversity.edu/nl](http://www.tilburguniversity.edu/nl)

# KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE: TOT HIER ... EN WEER VERDER

PROF. DR. EMILE AARTS

# Hoofdstuk 1. 1955 en de jaren zestig

Marcia Luyten  
**HET GELUK  
VAN LIMBURG**



**A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH  
PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

J. McCarthy, Dartmouth College  
M. L. Minsky, Harvard University  
N. Rochester, I.B.M. Corporation  
C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

August 31, 1956

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and compose themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.

The following are some aspects of the artificial intelligence problem:



Mensen van mijn leeftijd zijn geboren in het jaar 1955. Volgens geschiedschrijvers geen opmerkelijk jaar ... gewoon zo'n tussenjaar. Maar toch hebben er in dat jaar een aantal gebeurtenissen plaatsgevonden die ik graag vermeld.

Zo werd op 20 april van dat jaar de eerste aflevering uitgezonden op de Nederlandse televisie van het programma Swiebertje, met Joop Doderer in de hoofdrol, ... de eerste Nederlandstalige serie uit de geschiedenis.

Op 29 mei, op een mooie Pinksterdag, ontstaat de eerste file in de geschiedenis van Nederland op het knooppunt Oudenrijn, ... een fenomeen dat zich sindsdien bijna dagelijks zal herhalen.

Op 28 augustus vindt de racistische moord plaats op Emmett Till in de Amerikaanse staat Mississippi. Deze vreselijke gebeurtenis leidt tot grote verontwaardiging en vergroot de spanningen in het zuiden van de VS tussen zwart en wit. Het verzet tegen rassendiscriminatie groeit en zal uiteindelijk leiden tot de Mars op Washington waar Martin Luther King op Lincoln Memorial op 28 augustus van het jaar 1963 zijn beroemde woorden uitspreekt: "*I have a dream*".

In 1955 wordt de schrijver en denker Albert Camus voorgedragen voor de nobelprijs van de literatuur voor zijn werk op het gebied van het existentialisme; twee jaar later in 1957 zal hij deze prestigieuze prijs toegekend krijgen. Zijn werk volgt het gedachtengoed van Sören Kierkegaard en Friedrich Nietzsche. Deze grote denkers stellen de mens verantwoordelijk voor zijn eigen daden en die het bestaan van een transcendente God ontkennen. Het existentialisme betekent vrijheid voor veel jonge mensen en ze roepen op tot meer democratisering ... ook in het hoger onderwijs... ook hier in Tilburg met de eerste bezetting van een Nederlandse Universiteit in april 1969.

1955 is ook het jaar waarin de Nederlandse taal wordt verrijkt met het woord nozem wat volgens de Amerikaans-Nederlandse historicus James Kennedy een acroniem is voor "Nederlandse Onderdaan Zonder Enige Manieren". Als tegenbeweging reden wij Puchs met een hoog stuur ... ook meisjes deden dat.

Al deze gebeurtenissen zijn indicatoren van een nieuwe tijd die op handen is en die wordt gekenmerkt door een uitgesproken verlangen naar verandering en vernieuwing. De naoorlogse mens wil vooruitgang, ... wil zijn grenzen verleggen met nieuwe vindingen en gaat op zoek naar vrijheid. Dit alles inspireerde mij als jongeling, geboren in het Limburgse land in een tijd die zo mooi beschreven is door de talentvolle schrijfster Marcia Luyten in haar boek "Het Geluk van Limburg" dat mij terugplaatst aan de keukentafel van mijn oma als ik het lees.

Wij wilden verandering en voortuitgang ... wij waren tegen oorlogen, zoals die in Vietnam. Dat was het uitgangspunt van de hippiecultuur die liefde en verdraagzaamheid uitstraalde,



zoals tijdens het Woodstock festival dat plaatsvond van 15 tot 18 augustus 1969 in het plaatsje Bethel in de staat New York, waar vierhonderdduizend festivalbezoekers bijeenkwamen om vreedzaam van muziek en liefde te genieten. Tijdens het festival overleden drie personen op natuurlijk wijze en werden twee baby's geboren.

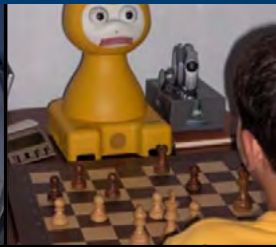
Daarnaast was technologie een belangrijke drijvende kracht achter die begeerde vooruitgang. Wellicht het meest tot de verbeelding sprak de ruimtevaart. Op 12 april 1961 klimt de 157 cm grote Yuri Gagarin aan boord van de Vostok 3KA-3 capsule van de Vostok 1 raket om de eerste mens in de ruimte te worden die een rondje om de aarde maakt.

Tot slot wil ik nog twee belangrijke gebeurtenissen noemen uit 1955 die van grote invloed zijn geweest op mijn professionele leven.

In de zomer van 1955 dienen John McCarthy en collega's hun aanvraag in voor de financiering van een zomerschool in Dartmouth in 1956. In dat voorstel worden voor het eerst de woorden "artificial intelligence" gebruikt worden.

En ook in 1955 krijgt de Philips-architect Louis Kalf, bekend van het Evoluon in Eindhoven, de leiding over het project voor het ontwerp van het Philips Paviljoen voor de Wereldtentoonstelling die in 1958 in Brussel plaatsvindt. Het wordt een adembenemend spektakel. De bezoekers die zich in het gebouw begaven, kregen *Le Poème Elektronique* te zien en te horen, ... een elektronisch multimediatedicht met de duur van 460 seconden. Het gedicht was een van de eerste multimediashow en Philips demonstreerde daarmee zijn kundigheid op het gebied van licht en geluid. Het gebouw is een van de verloren objecten van Le Corbusier.

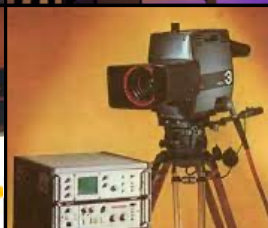
# Hoofdstuk 2. Philips NatLab herinneringen



# PHILIPS NATLAB

**Kraamkamer van  
ASML, NXP en de cd**

Paul van Gerven      René Raaijmakers



Daarmee kom ik te spreken op Philips en Philips Research waar ik bijna dertig jaar werkzaam ben geweest. Philips Research is opgericht in 1914 onder de naam Philips NatLab afgeleid van Natuurkundig Laboratorium. Het doel was om de baanbrekende lichttechnologie die Philips had verworven op basis van de patenten van Thomas Edison verder uit te bouwen en daarmee de leidende positie van het moederbedrijf als lampenfabrikant zeker te stellen.

Veel grote technologiebedrijven hadden dit soort industriële onderzoekslaboratoria in die tijd en ze dienden als toegepast-wetenschappelijke broedplaats voor technologische innovaties. Bell Labs van General Electric is wellicht het meest aansprekende voorbeeld uit die tijd, ... later volgden ook grote bedrijven zoals IBM, Microsoft en Google.

De eerste directeur van het NatLab was Gilles Holst. Hij introduceerde tien geboden die zich uitspraken uit over de werkwijze in het NatLab. Deze geboden van Holst vormden jarenlang de hoeksteen van de onderzoekcultuur binnen het laboratorium. Vrije keuze van onderwerp, samenwerking in teams, centrale financiering, collegialiteit en weinig inmenging van het management waren de voornaamste kenmerken van deze vruchtbare onderzoekcultuur. Ze dienen nu nog als inspiratiebron voor menige academische instelling die op zoek is naar erkennen en waarderen.

De portretfotograaf Ed van der Elsen heeft deze cultuur op briljante wijze vastgelegd in zijn fotoboek over het NatLab dat in 1989 is uitgegeven ter gelegenheid van het 75-jarig bestaan van het Natlab.

Philips Research had ook een eigen wetenschappelijk tijdschrift dat werd uitgegeven door Elsevier... een vroege vorm van open science.

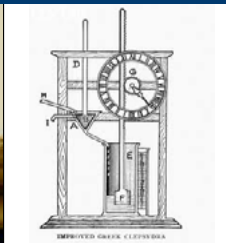
Het NatLab leverde grote en baanbrekende bijdragen aan de mondiale ontwikkeling van radio, TV en consumentenelektronica met topuitvindingen waarvan de CD en de CD-speler de onbetwiste koplopers zijn. Het prototype van de CD-speler heette Pinkeltje, vernoemd naar het kleine wezentje uit de gelijknamige kinderboeken van Dick Laan uit 1932. De marktintroductie vond plaats in 1982, het jaar waarop ik ging werken bij het NatLab. Naast de geweldige bijdrage aan de geluidsverbetering met digitale audio-technieken, heeft de CD vooral een rol gespeeld in de digitalisering als drager van computersoftware. Jarenlang werden alle driver en applicatiesoftware programma's van digitale apparaten bijgeleverd op CD. Het gaat om meer dan 200 miljard exemplaren wereldwijd. Daarmee heeft Philips een grote bijdrage geleverd aan de digitale transformatie die nog steeds in volle gang is.

Philips Research heeft altijd veel aandacht gehad voor onderzoek naar de interactie tussen mens en apparaten; een innovatiegebied dat we kennen onder de naam mens-machine-interactie en dat we nu zien als onderdeel van kunstmatige intelligentie. Philips Research had er zelfs een eigen naam voor en noemde het Ambient Intelligence. In 2002 werd het HomeLab geopend waar het concept werd bestudeerd op basis van een *human-centered design* aanpak. Interactieve robots, tablets en lichtconcepten werden bestudeerd als

onderdeel van slimme apparaten voor in het huis. Het concept van Ambient Intelligence werd internationaal met waardering ontvangen en in 2002 overgenomen door de Europese Commissie als centraal innovatie thema voor het 4e kader subsidieprogramma onder de naam Ambient Assisted Living.

Philips Research was tevens de broedkamer voor nieuwe beduidende bedrijven zoals NXP en ASML.

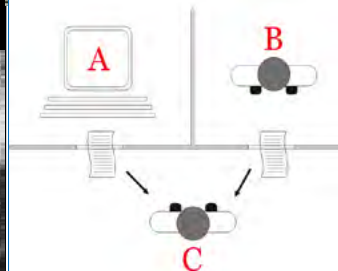
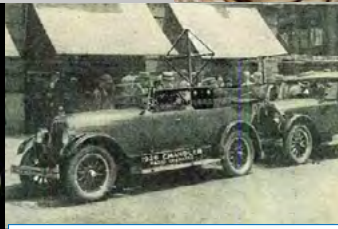
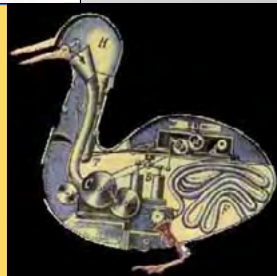
# Hoofdstuk 3. Vroege ontwikkelingen tot 1955



**Major premise:** All humans are mortal  
**Minor premise:** All Greeks are humans  
**Conclusion:** All Greeks are mortal



PRINCIPIA  
 MATHEMATICA  
 TO 456  
 BY  
 ALFRED NORTH WHITEHEAD  
 AND  
 BERTRAND RUSSELL, F.R.S.



Maar nu weer terug naar het hoofdthema van mijn verhaal... de ontwikkelingen rond kunstmatige intelligentie. Het jaar 1955 markeert de geboorte van het vakgebied zoals wij dat kennen, maar ook daarvoor vonden er al veel spannende ontwikkelingen plaats rond dit fascinerende onderwerp.

Uit de Griekse mythologie kennen we de creatuur van Talos, een reusachtige bronzen robot, die Europa, de moeder van koning Minos van Kreta, moest beschermen tegen indringers. Ook deze robot kon geprogrammeerd worden om te patrouilleren langs de grenzen van het gehele eiland.

De Griekse uitvinder Ktesiosbios (285-222 BC) construeerde een waterklok met een ingenieus terugkoppelmechanisme, waardoor de klok een stabiele en nauwkeurige looptijd had; een van de vroegste werkende automaten. Voorbeelden van latere teruggekoppelde automaten zijn de *Canard Digérateur*, ofwel poepende eend van de Franse horlogemaker Jacques de Vaucanson uit 1738 en de eerste zelfrijdende auto's uit 1917.

De Griekse filosoof Aristoteles (384-322 BC) ontwikkelde als een van de eersten concepten die gebruikt konden worden bij het logisch redenen. Zijn syllogisme gebruikt een hoofd en een neven bewering om zodoende tot een logische afleiding te komen; de grondslag van het latere logisch redeneren.

In het boek "*The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*" uit 1206, het jaar van zijn overlijden, beschrijft de Islamitische astronoom, wiskundige en uitvinder Ismail al-Jazari het ontwerp van een mechanisch drijvend orkest, waarvan de muziek programmeerbaar is.

Grote bijdrages aan de ontwikkeling van de logica werden geleverd door Ramon Llull met zijn werk "*ARS Magna*" uit 1305 en door Gottfried Leibniz met zijn theorie over de *Characteristica Universalis* uit 1679. Samen met anderen, onder wie René Descartes en Thomas Hobbes, geloofden deze grote denkers in een universele logica van waaruit alles via wiskundige deductie en inductie afleidbaar zou zijn. Deze denklijn culmineerde in het meesterwerk "*Principia Mathematica*" van Bertrand Russel en Alfred North Whitehead uit 1913. Dit werk inspireerde de Duitse wiskundige David Hilbert in het begin van de negentiende eeuw tot de uitspraak dat alle wiskundige redeneringen formeel afleidbaar zouden zijn. De Oostenrijks-Amerikaanse wiskundige Kurt Gödel liet later zien met zijn onvolledigheidsbewijs uit 1931 dat dit niet mogelijk was.

Het woord robot is afkomstig uit een toneelstuk geschreven door de Tsjechische auteur Karel Čapek uit 1920. Het stuk met de naam *Rossum's Universal Robots* gaat over een fabriek met robots die routinematig werk doen en in opstand komen.

Met de introductie van de elektronica in het begin van de 20e eeuw kwam ook de computerschaakexperimenten op gang. *El Ajedrecista* - Spaans voor de schaakspeler - is



een automaat gebouwd door Leonardo Torres y Quevedo in 1912, die een eindspel met drie stukken, een witte koning en toren en een zwarte koning, kon afronden in schaakmat voor wit. In de novembereditie uit 1915 prees het vermaarde tijdschrift de *Scientific American* Torres voor deze baanbrekende uitvinding.

Velen van ons zien in de Britse wiskundige Allen Turing de vader van de kunstmatige intelligentie. Deze briljante en tegelijkertijd tragische figuur leverde vele vooral theoretische doorbraken op het gebied van de computerkunde. In zijn beroemde artikel *Computing Machinery and Intelligence* uit 1950 introduceert hij een gedachtenexperiment waarbij een persoon een gesprek heeft via een typemachine met een andere persoon en een computer in twee afgeschermdes ruimtes middels een vraag-antwoord spel. Als de eerste persoon niet met zekerheid kan zeggen in welke ruimte de andere persoon en de computer zich bevinden, slaagt de computer voor de Turing test. Dit experiment heeft lang de grondslag gevormd voor het toetsen van machine intelligentie, maar later kwam er ook fundamentele kritiek op.

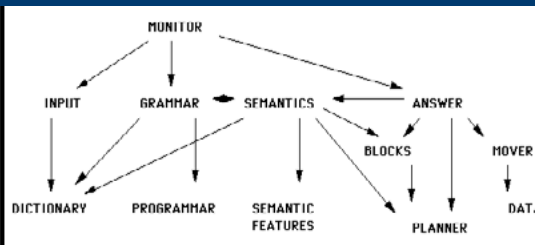
Hoofdstuk 4.  
De geboorte van AI  
en de eerste hype,  
1955-1970



```

Welcome to
EEEEEE LL IIII ZZZZZZ AAAAA
EE LL II ZZ AA AA
FFFFFF LL II ZZ AAAAAA
EE LL II ZZ AA AA
FFFFFF LLLLLL IIII ZZZZZZ AA AA

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU: Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU: They're always hogging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU: Well, my boyfriend made me come here.
  
```

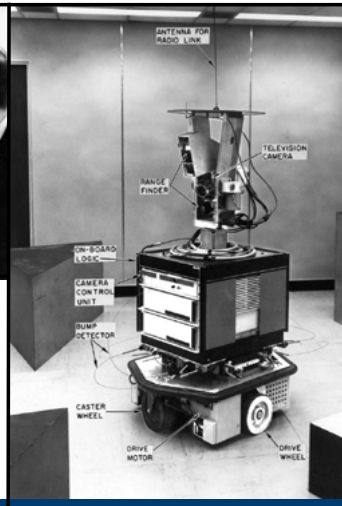
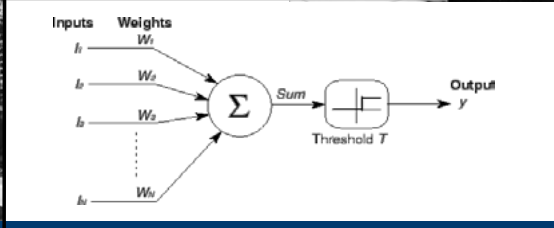


1. Ray Solomonoff
2. Marvin Minsky
3. John McCarthy
4. Claude Shannon
5. Trenchard More
6. Nat Rochester
7. Oliver Selfridge
8. Julian Bigelow
9. W. Ross Ashby
10. W.S. McCulloch
11. Abraham Robinson
12. Tom Etter
13. John Nash
14. David Sayre
15. Arthur Samuel
16. Kenneth R. Shoulders
17. Shoulders' friend
18. Alex Bernstein
19. Herbert Simon
20. Allen Newell

### Logic Theorist

LI used three rules of inference:

- Substitution (which allows any expression to be substituted, consistently, for any variable)
  - From  $A \rightarrow B \rightarrow A$ , conclude fuzzy & cute  $\rightarrow$  fuzzy
- Replacement (which allows any logical connective to be replaced by its definition, and vice versa)
  - From  $A \rightarrow B$ , conclude  $\neg A \vee B$
- Detachment (which allows, if  $A$  and  $A \rightarrow B$  are theorems, to assert the new theorem  $B$ )
  - From man and man  $\rightarrow$  mortal, conclude mortal



Maar zoals gesteld, is 1955 het geboortjaar van de moderne kunstmatige intelligentie.

Onder leiding van John McCarthy, Claude Shannon, Marvin Minski en Nathaniel Rochester vond de eerdergenoemde Dartmouth Summer School plaats wat algemeen gezien wordt als de geboorte van de kunstmatige intelligentie. De onderzoeksvraag werd als volgt geformuleerd: “*The Artificial Intelligence problem is taken to be that of making a machine behave in ways that would be called intelligent if human beings were so behaving.*”

Na de zomerschool en mede door toedoen daarvan kwam het gebied van de kunstmatige intelligentie tot bloei.

In 1954 deed IBM een persbericht uit met de mededeling dat het Georgetown-IBM experiment erin geslaagd was om met een IBM 701 computer automatisch Russische tekst te vertalen in het Engels met een snelheid van twee regels per seconde. Op de foto wordt het resultaat gepresenteerd aan Thomas Watson, de oprichter van IBM Research. Dit was de start van het gebied natuurlijke-taalverwerking.

In de Life Magazine editie van Juni 1970 wordt *Shakey the Robot* omschreven als de “*world’s first electronic person*”. Deze multifunctionele robot werd ontwikkeld tussen 1966 en 1972 aan Stanford University met grootschalige DARPA-financiering en combineerde verschillende intelligente functies, zoals patroonherkenning, computer vision, problem solving en natuurlijke taalverwerking met een ingebouwde DEC PDP computer.

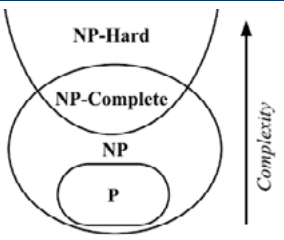
Frank Rosenblatt presenteert in 1957 de eerste versie van het Perceptron; een kunstmatig neurale netwerk dat gebaseerd is op een wiskundig model van Marvin Minski en Seymour Papert dat de werking van biologische neuronen beschrijft. Dit is de start van *Deep Neural Networks*.

In 1964 presenteert Joseph Weizenbaum het expertsysteem ELIZA. Deze automatische psychotherapeut maakt gebruik van dialoog-technologie die met behulp van natuurlijke-taalconcepten een gesprek simuleert tussen de patiënt en de therapeut. Dit expertsysteem is ’s werelds eerste chatbot. Het is vernoemd naar Eliza Doolittle; een personage uit het lers toneelstuk *Pygmalion* uit 1912 van George Bernard Shaw, waarin professor Higgins Eliza leert om beschaafd Engels te spreken.

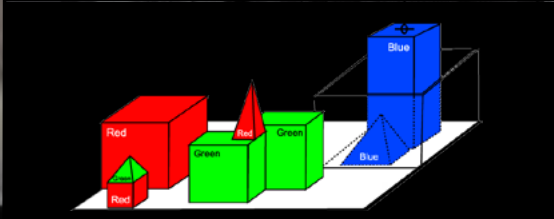
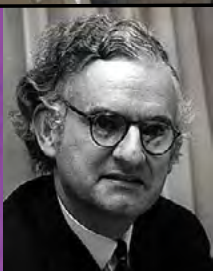
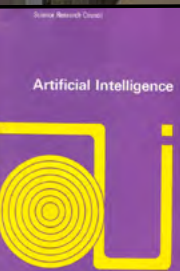
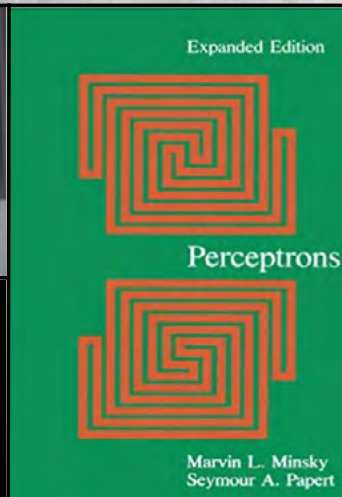
Allen Newell en Herbert Simon presenteren in 1959 het computerprogramma *Logic Theorist* als *general problem solver* van vraagstukken die met logica kunnen worden opgelost, zoals de Torentjes van Hanoi. Dit is een voorloper van Siri en Alexa.

In 1957 publiceert Arthur Lee Samuel in het IBM Journal of Research de eerste resultaten van zijn computer-schaakprogramma. Dit zijn de vroege ontwikkelingen van de later zo succesvolle schaakprogramma’s van IBM.

Hoofdstuk 5.  
Tegenslagen en scepsis,  
1974-1980



intractability



De hooggespannen verwachtingen en het uitblijven van grote successen leiden echter tot scepsis en pessimisme. Deze kwam veelal uit de eigen academische wereld en soms zelfs van de vroege pioniers.

Stephen Cook en Richard Karp toonden in het begin van de jaren zeventig de jaren aan op basis van het theoretisch model van de Turing Machine dat er een klasse van inherent lastige problemen bestond die *intractable* genoemd werden. Veel AI-problemen op het gebied van planning, scheduling en patroonherkenning behoorden tot deze klasse.

Moderne computers, waaronder de nieuwste IBM 730 series, bleken veel te weinig rekenkracht te hebben om ook maar de kleinste varianten van deze problemen succesvol aan te pakken.

Joseph Feigenbaum kwam tot de conclusies dat zijn dialoogprogramma ELIZA de mensheid niet vooruit zou helpen, omdat het veel te diep doordrong tot de psychen van de mens en daarmee de menselijke waarden aantastte.

Hans Moravec beargumenteerde in 1970 in de naar hem vernoemde paradox dat computer vision programma's niet in staat waren om op eenvoudige wijze de positie van objecten t.o.v. elkaar te bepalen, iets wat kinderen al vanaf zeer vroege leeftijd probleemloos kunnen.

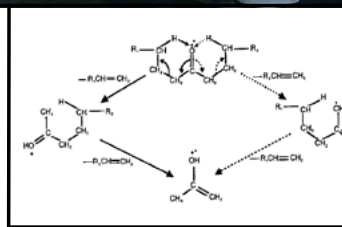
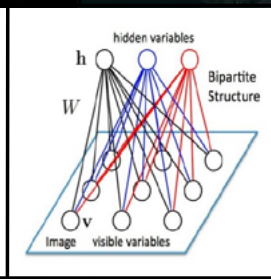
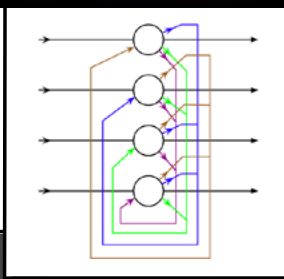
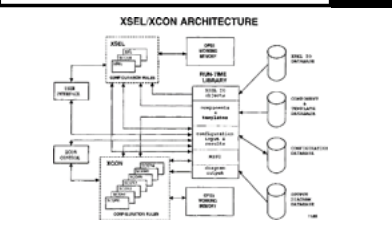
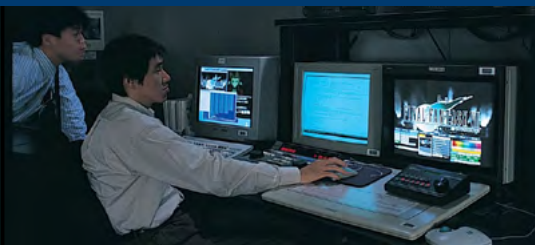
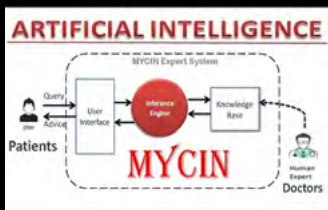
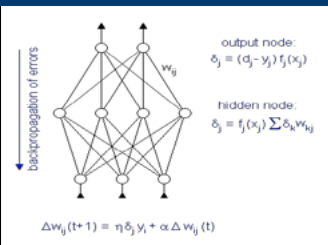
Er kwam in de late jaren zestig veel kritiek op het werk van McCarthy en anderen die monotone logica's gebruikten om automatisch logisch redeneren uit te voeren met een computer. Deze programma's werden onmogelijk groot en psychologen onder wie de latere Nobelprijswinnaar Daniel Kahneman, beargumenteerden dat mensen niet via vaste logica's redeneren.

In hun boek, gepubliceerd in 1979, lieten Marvin Minski en Seymour Papert zien dat de uitdrukingskracht van Perceptrons zeer beperkt was en enkel classificatie problemen met lineair separeerbare functies kon aanpakken, zoals de AND- en de OR-functies, maar dus niet de EXOR-functie. Dit resultaat leidde tot een totale stop van het werk aan connectionisme

Door de scherpe kritiek vanuit de wetenschap en het daaruit voortvloeiende negatieve sentiment werden vele grote subsidieprogramma's gestopt, waaronder die van DARPA en NRC. In 1973 publiceerde de Britse wiskundige James Lighthill in opdracht van de overheid een vernietigend rapport over de uitblijvende resultaten van het onderzoek aan kunstmatige intelligentie, hetgeen leidde tot het dichtdraaien van de geldkranen voor dit onderzoek voor een langere periode in tijd.

# Hoofdstuk 6. Een nieuw elan, 1980 - 1987





### Fifth generation computer (1986-onward)

- More reliable
- Works faster
- Easily portable
- Different sizes
- Different features
- Different affordable prices
- Extra high processing speed
- Parallel processing
- WIRELESS!!!

```
01. ;; Bubble sort in Common LISP
02. (defun bubble-sort (lst)
03.   (loop repeat (1- (length lst)) do
04.     (loop for ls on lst while (rest ls) do
05.       (when (> (first ls) (second ls))
06.         (rotatef (first ls) (second ls))))))
07. lst)
```



Na de neergang die ook wel de eerste AI-winter wordt genoemd, leefde het vakgebied van de kunstmatige intelligentie weer op.

Belangrijk daarbij waren de doorbraken op het gebied van de expertsystemen die gebruikmakend van logica regels tot verassend nieuwe oplossingen konden komen. MYCIN, dat aan Stanford University ontwikkeld was vanaf 1972, werd volwassen en was in staat om bacteriën te diagnosticeren die ernstige infecties veroorzaken, zoals meningitis en varianten.

Datzelfde gold voor het systeem Dendral van Edward Feigenbaum dat nieuwe organische moleculen en structuren kon vinden op basis van massaspectrometrie metingen.

Het computerbedrijf DEC nam in 1980 het expertstelsel XCON in gebruik waarmee ze nieuwe en meer efficiënte componenten voor hun computers konden ontwerpen. Voor het eerste werden computers ingezet om nieuwe generaties computers te ontwikkelen. Dit voorbeeld werd gevolgd door veel bedrijven en rond 1985 werd er meer dan een miljard dollar wereldwijd besteed aan de ontwikkeling van AI-systemen meldt Pamela McCorduck in haar geschiedkundig standaardwerk dat deze periode beschrijft.

Naast het succes van de expertsystemen kwam er ook een revival op het gebied van het connectionisme. David Rummelhart introduceerde het *backpropagation* algoritme voor meerlaags perceptrons waarmee een deel van de kritiek van Minski en Papert weggenomen werd. Ook kwamen er nieuwe architecturen voor kunstmatige neurale netwerken, zoals het *Hopfield Network* van John Hopfield, de *Boltzmann Machine* van Jeffrey Hinton en de *Self-Organizing Feature Maps* van Teuvo Kohonen; allemaal uit de vroege jaren tachtig van de vorige eeuw.

Ook werden er nieuwe speciale AI-programmeertalen ontwikkeld zoals LISP en introduceerde het bedrijf Symbolics, met hulp van software ontwikkeld bij MIT, rond 1983 krachtige Lisp computers die speciaal ontworpen waren om programma's in Lisp snel uit te voeren.

Tot slot moet ook het *Fifth Generation Computer Program* van de Japanse overheid genoemd worden. Dit grootschalige project, dat in 1981 door het ministerie van handel en industrie werd opgezet, had een budget van ruim 850 miljoen dollar wat voor die tijd buitengewoon groot was. De bedoeling was om robots en machines te ontwerpen die gesprekken in natuurlijke taal konden voeren, beelden konden interpreteren en die konden redeneren als mensen. Vergelijkbare projecten werden opgezet in de UK en de VS door DARPA waaronder het *Strategic Computer Initiative*.

De euforie was groot en opnieuw waren er hooggespannen verwachtingen en kwam er veel geld beschikbaar voor onderzoek.

Hoofdstuk 7.  
Een nieuwe terugval,  
1987-1993

## Why Expert Systems Fail?

- The company or industry change focus.
- The task domain size was too large and could not be reasonably represented.
- The users do not perceive the problem as critical.
- The solutions are incorrect or inaccurate.
- User resistance.
- No one is willing to provide maintenance for the system.
- Loss of key development personnel.

## FUNDING A REVOLUTION

GOVERNMENT SUPPORT FOR COMPUTING RESEARCH

Strategic Computing

EMERGES and the Quest for Machine Intelligence, 1982-1992

Also known as Philp. Dunham



## The Brain Makers

HP Newquist

## 1983-1993, Reactions to 5<sup>th</sup> generation project

- 0 1982, MCC, Microelectronics and Computer Technology Corporation
  - 0 American computer manufacturers cooperate on research.
- 0 1983-1987, Alvey
  - 0 British government project.
- 0 1983-1993, SCI, Strategic Computing Initiative
  - 0 DARPA's response to FGCS
  - 0 \$ 1,000,000,000
- 0 Remember the Sputnik launch in 1959, research funding is often reactive!

THE SECOND "AI WINTER" CAME IN 1987 WITH THE COLLAPSE OF THE AI HARDWARE MARKET. APPLE AND IBM COMPUTERS DESTROYED THE MARKET BY OVERPOWERING AI-BASED LISP MACHINES.



DOE/DP-99-000010592

## Accelerated Strategic Computing Initiative (ASCI) Program Plan

Department of Energy  
Defense Programs



U.S. Department of Energy Defense Programs  
Los Alamos National Laboratory  
Sandia National Laboratories  
Lawrence Livermore National Laboratory

Maar U voelt de bui al hangen: de verwachtingen werden weer niet waargemaakt en het tijt keerde opnieuw.

Een belangrijk reden voor de teruggang was het ineenstorten van de computer hardware markt voor speciale AI-computers, zoals de Lisp machines. Bedrijven als Apple en IBM brachten desktopcomputers op de markt die net zo krachtig waren bij het uitvoeren van AI-taken als de specialistische hardware, maar slechts een fractie kosten in aanschafprijs. Als gevolg gingen honderden bedrijven die gespecialiseerd AI-computers maakten failliet in die tijdsperiode.

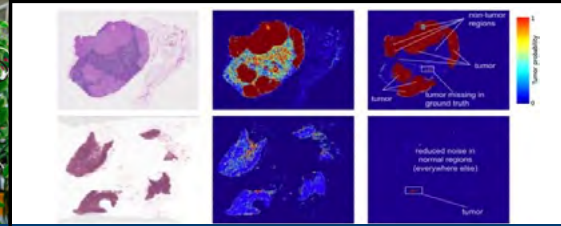
De eerst zo succesvolle expertsystem bleken moeilijk te onderhouden met nieuwe data en informatie, wat een tijdrovende zaak bleek te zijn. Een voorbeeld was XCON dat eerst door DEC werd bewierookt, maar later toch erg duur en kwetsbaar bleek in het gebruik.

Het nieuw aangetreden DARPA-management zag aan het eind van de jaren tachtig niets meer in het *Strategic Computer Initiative* en marginaliseerde de financiële ondersteuning.

Ook het Japanse *Fifth Generation Computer Program* kreeg er flink van langs in de evaluaties en beoordelingen, omdat het de aangekondigde doorbraken niet had weten te realiseren.

Ook de discussie in computer vision rond Moravec's paradox laaide weer op. David Marr, Hans Moravec en Rodney Brooks van MIT waren voorstanders van een geheel nieuwe aanpak van computer vision waarbij de biofysica en neurofysiologie van het visuele systeem als uitgangspunt zou moeten dienen. Als gevolg van deze inzichten keerden rond het einde van de tachtiger jaren veel cognitieve wetenschappers zich af van het concept van symbolisch redeneren om nieuwe wegen te zoeken die moesten leiden tot echte kunstmatige intelligentie.

Hoofdstuk 8.  
En weer verder,  
1993 - nu



Tot hier ... en weer verder ... moet het voor vele AI-onderzoekers hebben geklonken, want na deze tweede teruggang veerde het AI-onderzoek weer op ... en met geweldige resultaten. Aanvankelijk waren onderzoekers in het AI-veld terughoudend met het melden van grote doorbraken. Gestaa g werkten ze door aan de ontwikkeling van algoritmen die steeds beter werden en ook steeds vaker onderdeel werden van grotere systemen, die oplossingen boden voor praktisch relevante toepassingen waaronder, industriële robots, betalingsdiensten, logistiek, medische diagnose, spraakherkenning en zoekmachines. Sommige onderzoekers meden het woord *artificial intelligence* en gebruikten liever termen als *informatics*, *computational intelligence* en *cognitive systems*, omdat ze niet wilden worden weggezet als *wild-eyed dreamers* zoals de New York Times meldde op 14 oktober 2005.

Een grote doorbraak was de overwinning van IBM's Deep Blue schaakcomputer op de grootmeester Gary Kasparov op 11 mei 1997. Daarna ging het gestaag voorwaarts. De exponentiele groei van de rekenkracht van moderne computers, de beschikbaarheid van enorme datasets voor training doeleinden en de beschikbaarheid van nieuwe deep learning technieken met *Convolutional of Recurrent Neural Networks* zorgen ervoor dat AI-technieken een hoge mate van volwassenheid bereikten.

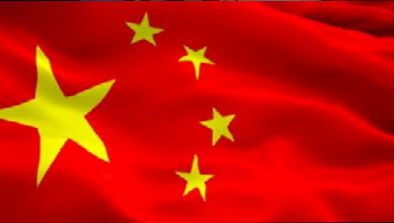
In februari 2011 deed een IBM-computer onder de naam Watson mee aan de populaire Amerikaanse quiz Jeopardy waarin antwoorden worden gegeven en de kandidaten de bijbehorende vragen moeten gissen. Watson versloeg de Jeopardy kampioenen met vlag en wimpel.

Een vergelijkbaar resultaat boekte Google Deepmind's AlphaGo technologie die in februari 2016 de officieuze wereldkampioen Lee Sedol versloeg bij het spel Go, 4 tegen 1. Go is vele malen complexer dan schaak vanwege het grote aantal bordposities en de inherente structuur van het spel.

Spraak- en gezichtsherkenning zijn nu bijna perfect bij goede training. Autonome voertuigen kunnen zich zelfstandig verplaatsen in het verkeer over grote afstanden. Drones kunnen autonoom handelen. Industriële robots verhogen de efficiëntie in distributiecentra 24 uur per dag. Beveiligingsrobots assisteren op vliegvelden. Onze mobiele telefoons zitten vol met AI-applicaties om onze interactie met de omgeving en sociale media te personaliseren, al dan niet via chatbots. Chirurgische robots opereren met grotere precisie dan medisch specialisten. Landbouw robots verbouwen autonoom gewassen, 24 uur per dag, zeven dagen per week. Beeldbewerkingstechnieken kunnen diagnoses stellen met grotere accuratesse en consistentie dan radiologen. Antropomorfe robots doen hun intrede als objecten waarmee we gesprekken kunnen voeren alsof het mensen zijn. Of zelfs als robot-kunstenaars zoals Ai-Da van Aidan Meller, die recent een portret schilderde van Britse koningin Elisabeth ter gelegenheid van haar zeventigjarig ambtsjubileum.



# Hoofdstuk 9. Aanpakken verschillen wereldwijd




**TRUSTWORTHY AI**  
Joining efforts for strategic leadership and societal prosperity



- ### 7 Key Requirements for Trustworthy AI
- ❖ Human agency and oversight
  - ❖ Robustness and safety
  - ❖ Privacy and data governance
  - ❖ Transparency
  - ❖ Diversity, non-discrimination and fairness
  - ❖ Societal and environmental well-being
  - ❖ Accountability
- 




Google AI



**DEEPMIND**



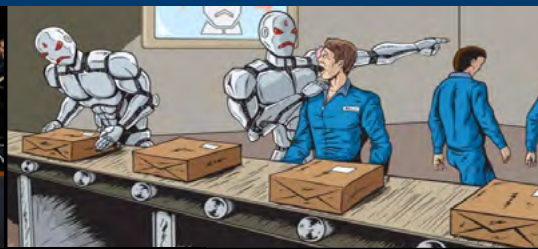
Maar voordat we deze ontwikkelingen verder onder de loep nemen, kijken we nog even naar de huidige ontwikkelingen. We zien dan een interessant patroon wereldwijd.

In het oosten en vooral in China wordt kunstmatige intelligentie grootschalig toegepast en gefinancierd door de staat. Er zijn wel grote, relatief jonge, private bedrijven op AI-gebied, zoals de Alibaba Group en Baidu, maar zij staan onder streng toezicht van de staat. Deze overheid zet kunstmatige intelligentie in om de welvaart van burgers in brede zin te vergroten, waaronder veiligheid en toegang tot onderwijs en gezondheidszorg. Maar zij zet diezelfde technologie ook in om inwoners in de gaten te houden en met behulp een breed-gedefinieerd systeem van *social credits* op te voeden tot modelburgers. Studies laten zien dat inwoners geen grote problemen ervaren met deze centralistische aanpak, omdat ze daar veiligheid en voorspoed voor terugkrijgen. Een alternatieve invulling van het beginsel van de verzorgingsstaat.

Heel anders is de situatie in de Verenigde Staten. Als historische leider op het gebied van kunstmatige intelligentie en geheel in lijn met de Amerikaanse droom, laat de overheid de ontwikkelingen over aan de private sector en deze pakt dat voortvarend aan. Nagenoeg alle leidende private bedrijven wereldwijd komen uit de VS. Naast de bekende *power houses* zoals de Alexis Group, Meta, Microsoft en IBM heeft de VS ook een groot aantal nieuwe AI-bedrijven. Van de tien grootste komen er zeven uit de VS en drie uit China. Europe speelt niet mee op dit vlak. De VS-bedrijven hebben allemaal een beurswaarde van rond de 10B\$. De koploper Bite Dance, met een waarde van ruim 130B\$, komt echter uit China.

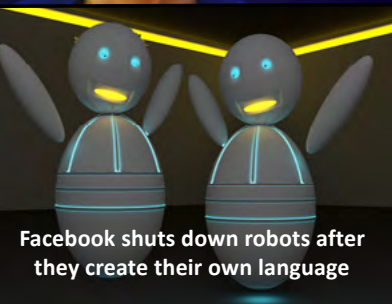
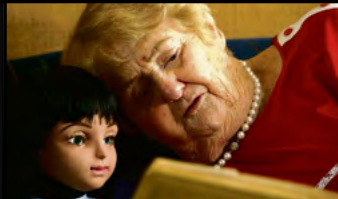
Europa heeft een middenkoers gevonden. Ook op ons continent zijn er een bedrijven die zich de nieuwe technologie snel eigen hebben gemaakt, vooral op het gebied van de automotive en de gezondheidszorg. Daarnaast is Europa sterk in data analytics; ook Nederland scoort hoog op dit gebied. Het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Duitsland zijn koplopers met AI-bedrijven zoals BenevolentAI, CARMAT en Arago, respectievelijk. Uniek in Europa is het streven van de Europese Commissie om nieuwe AI-ontwikkelingen te verankeren in richtlijnen voor het waarborgen van ethisch-juridische waarden. Op 8 april 2019 publiceerde de commissie haar *Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence* en sinds April 2021 zijn deze ingebed in wet- en regelgeving om erop toe te zien dat in Europa enkel AI-systemen worden ontwikkeld die mensgericht zijn. Het ontwikkelen van applicaties waarbij gewerkt wordt met *social credits*, zoals dat in China gebeurt, wordt door deze wetgeving verboden.

Hoofdstuk 10.  
De voortuitgang is  
ook verontrustend



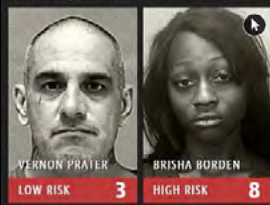
The development of full artificial intelligence could spell the end of the human race.

— Stephen Hawking —



Facebook shuts down robots after they create their own language

Two Petty Theft Arrests



Two Drug Possession Arrests



En die zorg van de Europese Commissie is gerechtvaardigd. Terwijl de mogelijkheden van kunstmatige-intelligentie-toepassingen toenemen, groeien ook de zorg over de gevolgen van grootschalige proliferatie. Naast utopische uitzichten zijn er ook dystopische scenario's.

Er zijn veel AI-gerelateerde schandalen die tot processen en rechtszaken leiden. Op 10 april 2018 moest Facebook CEO Marc Zuckerberg zich verantwoorden voor de Amerikaanse senaat voor het onrechtmatig gebruik van persoonlijke informatie door het dochterbedrijf Cambridge Analytica tijdens de presidentscampagnes van Ted Cruz en Donald Trump in 2016.

Foutief getrainde systemen tonen bias bij gezichtsherkenning, wat in de praktijk kan leiden tot vooroordelen en discriminatie bij juridische uitspraken.

Nemen robots ons werk over of gaan ze ons zelfs overheersen?

De oorlog in de Oekraïne wordt inmiddels omschreven als een AI-oorlog, vanwege de inzet van geavanceerde offensieve en defensieve wapensystemen, waaronder drones en door de grootschalige informatieoorlog met veel nepnieuws en *deep fake video's*.

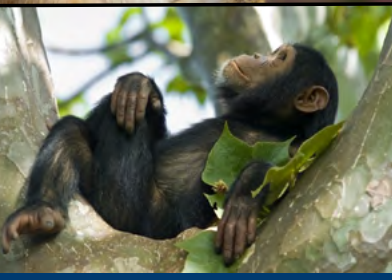
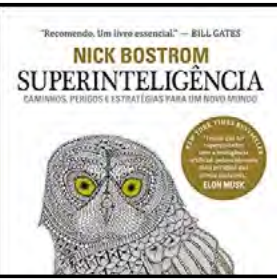
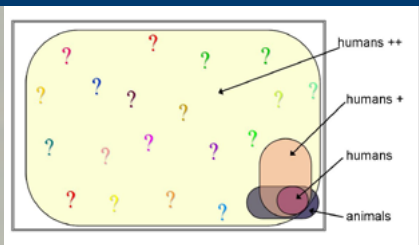
Willen we wel dat onze ouderen chatrobots krijgen als levensgezel tegen eenzaamheid?

En de bezorgdheid is niet ten onrechte. De evolutie van de AI-technologie gaat razendsnel. In augustus 2017 meldde het eerdergenoemde Facebook dat het de robots Alice en Bob buiten bedrijf had gesteld nadat duidelijk was geworden dat deze onderling een eigen communicatietaal hadden ontwikkeld die voor mensen niet te begrijpen was.

De wereldberoemde natuurkundige en kosmoloog Steven Hawkin waarschuwde in een BBC-interview uit 2014 voor een grootschalige gevolgen door te stellen dat "De ontwikkeling van kunstmatige intelligentie het einde kan betekenen van de mensheid". Dit wordt veroorzaakt doordat AI-systemen geen biologisch beperkingen hebben in hun evolutie. Hawkin vraagt om een nieuwe vorm van wereldbestuur die daarvoor waakt. Ik kom daar later nog op terug.

Hoofdstuk 11.  
Maar de toekomst  
is fascinerend

Oliver Krüger  
**VIRTUAL IMMORTALITY**  
 God, Evolution, and the Singularity  
 in Post- and Transhumanism



THE FRONTIERS COLLECTION

SINGULARITY HYPOTHESES

The Case for Substrate-Independent Minds and Whole Brain Emulation

Amnon H. Eden · James H. Moor  
 Johnny H. Søraker · Eric Steinhart (Eds.)

A Scientific and Philosophical Assessment

Springer



Een van de manieren om zicht te houden op het samenspel van waarden tussen mens en robot is de discussie over menselijke waarden. Dit onderwerp is van groot belang gezien het feit dat de evolutie van de mensheid vaak in verband gebracht wordt met de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie. Is co-existentie met robots mogelijk en wenselijk en bestaat er zoiets als superintelligentie?

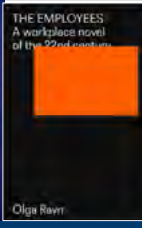
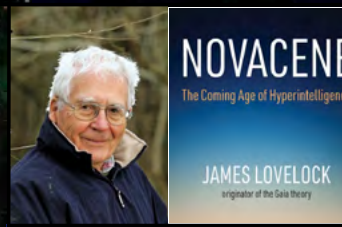
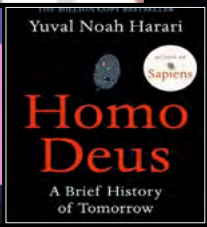
Al in 1943 introduceerde de schrijver Isaac Asimov in een short story met de titel “*Runabout*” zijn bekende drie robotwetten. De volgorde van deze wetten is belangrijk. Als eerste mogen robots mensen geen kwaad toebrengen. Als tweede moeten ze mensen altijd gehoorzamen, zolang dat niet in strijd is met de eerste wet. Tot slot mogen ze zichzelf beschermen als dat niet in strijd is met de eerste twee wetten. Later voegde hij er nog de wet aan toe dat robots de mensheid niet mogen bedreigen.

Maar als robots avanceren en meer menselijk worden hoe zit het dan met hun rechten? Als we ervan overtuigd raken dat robots zelfbewustzijn hebben en kunnen genieten en lijden, zoals we dat inmiddels ook met zekerheid vermoeden bij dieren zoals chimpansees; welke rechten gaan we robots toekennen die deze zo menselijke aspecten als *sapience* en *sentience* hebben?

Al lang wordt er gespeculeerd over een soort van onbegrensde superintelligentie van computers. In zijn baanbrekende publicatie van 2014, rapporteert de Zweedse filosoof Nick Bostrom over een aantal gedachtenexperimenten. De eerste heeft te maken met substraat-onafhankelijkheid en de tweede met ontogenie-onafhankelijkheid. Ik zal dat kort proberen uit te leggen. De eerste betreft robots uitgerust met nanotechnologie en quantum-computing die tot een miljard maal sneller kunnen rekenen dan de mens en dus ook vele malen sneller leren en dus slimmer zullen worden dan een mens. De tweede betreft robots die kunnen starten met de kennis die naar hen is ge-upload via brein-emulatie en van daaruit verder kunnen leren. Ze hoeven dus niet op nul te beginnen zoals de mens en kunnen blijven doorleren totdat ze superintelligent zijn. Dit zijn de mechanismen die leiden tot superintelligentie en de vragen die Bostrom stelt hebben dan ook allemaal te maken de morele status die wij als mens gaan toekennen aan dit soort systemen als ze er zijn.

Al in 1976 waarschuwde Joseph Weizenbaum ervoor dat computers op termijn de menselijke waarden zouden kunnen degraderen omdat ze slimmer worden dan de mens door hun eigen evolutie. Het punt in tijd waarop dit plaatsvindt, wordt vaak de technologische singulariteit genoemd. De vroege computerpionier John von Neumann, maakte al in de jaren vijftig van de vorige eeuw al melding van dit concept, dat in het begin van deze eeuw door de visionair Raymond Kurzweil in een aantal boeken verder onderbouwd is. In de wetenschap is dit inmiddels een populair en fascinerend onderwerp, vooral omdat het raakt aan grote vraagstukken zoals virtuele onsterfelijkheid, iets waarvan we vonden dat dit tot uitsluitend aan God was voorbehouden.

Hoofdstuk 12.  
De cultuursector leidt  
het discours



Een wezenlijke bijdrage aan het debat over de toekomst van de mensheid onder kunstmatige intelligentie wordt geleverd door de cultuursector en met name de literatuur en de filmsector.

Films over kunstmatige intelligentie zijn een genre op zichzelf. We kennen allemaal de klassiekers zoals *The Matrix* en *iRobot* waarin het dystopische thema van een allesoverheersende technologie centraal staat.

In de stomme film *Metropolis* uit 1927 van de Duitse regisseur Fritz Lang wordt voor het eerst een robot ten tonele gevoerd. In de film bestaan er twee werelden: de onderwereld bevolkt door de onderdrukte arbeiders en de bovenwereld bevolkt door bevoorrechte denkers. Marie uit de bovenwereld komt op voor de rechten van de arbeiders uit de onderwereld. Om haar te compromitteren maakt de uitvinder Rotwang een robotkopie van haar. Liefde, strijd en intriges volgen totdat de robot-Marie op de brandstapel wordt omgebracht en daarbij haar robotpostuur onthult.

Dit is de eerste film waarin het concept “synthetische intimiteit” aan de orde komt. Er zullen er nog vele volgen waarin de liefde tussen mens en algoritme als thema wordt opgevoerd, al dan niet met een kwaadwillende hoofpersoon, zoals Proteus in *Demon Seed* uit 1977, Pris in *Bladerunner* uit 1982, Gigolo Joe in *A.I. Artificial Intelligence* uit 2001 en Eva in *Ex Machina* uit 2014. Tot slot noem ik Tom in *Ich bin dein Mensch* uit 2021 ... een humoristisch drama van de Duitse regisseur Maria Schrader waarin de wetenschapper Alma drie weken lang moet samenwonen met de door haar gecreëerde antropomorfe robot Tom om subsidiegeld te verwerven voor haar onderzoeksproject.

In de film *Transcendence* uit 2014 behandelt regisseur Wally Pfister de concepten sapience en sentience in computers tegen het licht van een zeer activistische “Revolutionary Independence From Technology” (R.I.F.T.) beweging, die de liefde verstoort tussen Evelyn en de ge-uploade versie van haar man Wil Caster... een aangrijpend verhaal.

Ook de literatuur is zeer rijk als het gaat om haar bijdrages aan het discours over de waarden van kunstmatige intelligentie en haar toekomst. Ik heb al naar veel publicaties verwezen en daarom zal ik me tot slot beperken tot een drietal dat ik bijzonder vind.

In zijn boek “*Homo Deus*” tilt de Israëliische filosoof Yuval Harari de ontwikkeling van AI naar het niveau van superintelligentie dat hij vergelijkt met goddelijke waarden.

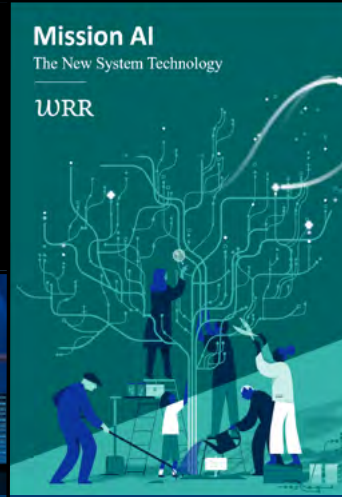
In “*Novacene*” beschrijft de Britse ingenieur James Lovelock een tijdperk dat het antropoceen opvolgt en waarin technologische suprematie de mens in staat stelt een ander buitenaards leven te ontwikkelen. De boodschap van Lovelock is simpel: gebruik kunstmatige intelligentie om de aarde zo lang mogelijk af te koelen en als dat niet meer lukt, om haar te verlaten.

Tot slot vraag ik aandacht voor het recente boek *“Employees”* van de jonge Deense schrijver Olga Ravn. Zij schets de situatie in een rondolend ruimteschip in het novaceen van Lovelock met aan boord mensen, mensachtigen en nog een derde soort van wezenloze objecten. De mensen werken samen met de mensachten, maar zonder te weten waarvoor. De interactie met de wezenloze objecten maakt dat ze zich vragen gaan stellen over hun existentie... een weergaloze roman; helemaal in lijn met de beklemming die zich soms meester van me maakt als ik nadenk over de toekomst van kunstmatige intelligentie.

Hoofdstuk 13.  
De aanbevelingen  
zijn uitvoerbaar



- Demystification
- Contextualization
- Engagement
- Regulation
- Positioning



DIRECT EFFECTS		INDIRECT EFFECTS	
High impact	Medium impact	High impact	Minor impact
8 Economic growth	3 Good health and well-being	1 No poverty	6 Clean water and sanitation
9 Industry, innovation and infrastructure	11 Sustainable cities and communities	2 Zero hunger	7 Affordable and clean energy
5 Gender equality	16 Sustainable consumption and production	14 Life below water	15 Life on land
13 Climate action	10 Reduced inequalities	12 Responsible consumption and production	17 Sustainable cities and communities



Ik sluit mijn betoog af met een aantal aanbevelingen die ik alleszins uitvoerbaar acht.

In een van haar gezaghebbende rapporten met de titel “*Missie AI*” stelt de WRR dat kunstmatige intelligentie een systeemtechnologie is die de maatschappij zal beïnvloeden in al haar dimensies. Zoals velen met mij ben ik het hier mee eens. Het WRR-rapport spreekt over demystificatie, contextualisering, engagement, regulering en positionering als de vijf grote opgaven voor de toekomst... en ook dat is een prima opdeling wat mij betreft. Maar naast de visie dat het gaat om een systeemverandering, zou ik toch ook vooral aandacht willen vragen voor de bijbehorende systeemaanpak die nodig is om deze verandering succesvol te implementeren.

Ik kom tot een de volgende drie elementaire voorwaarden om deze implementatie te realiseren.

1. Zorg voor voldoende en structurele ondersteuning van het AI-innovatiesysteem. Te vaak hebben we gezien dat als de financiering na een bepaalde periode wegvalt ook de activiteiten afnemen. Dat gevaar ligt ook nu weer op de loer. In mei van dit jaar heeft het Nationale Groeifonds ruim 200 M€ uitgetrokken voor AI-innovaties voor een periode van zes jaar. Dat lijkt een groot bedrag, maar het is slechts 30-35 M€, ofwel zo'n twee Euro per Nederlander per jaar. Daarmee gaan we het verschil niet maken en na deze subsidieperiode is het dan weer afgelopen, dan ruimen we alles op en begint het hele spel weer opnieuw. Laten we dat voorkomen dat continuïteit te borgen zowel in termen van middelen als in termen van activiteiten.
2. Experimenteer langdurig en diepgaand met AI-oplossingen die gevalideerd en getoetst worden aan de hand van inzichten in een sociaal-maatschappelijke context. Zoek daarbij naar aansluiting met de Sustainable Development Goals van de VN. Voor ieder van de 17 kan AI bijdragen aan de realisatie van de bijbehorende doelstellingen en targets. Gebruik het concept van de ELSA Labs om de aansluiting met de maatschappij te realiseren in quadrupel-helix verband, waarbij alle vier de innovatiedimensies – privaat, overheid, kennisinstellingen en inwoners op gelijkwaardige wijze meedoen en zodoende de ELSA uitgangspunten vormgeven, d.w.z. participeren, anticiperen en integreren in een interdisciplinaire aanpak.
3. Betrek inwoners van Nederland bij het debat over kunstmatige intelligentie in de meest brede zin. Laat zien wat AI is, ... jaag het debat aan, ... bespreek de verwachte AI-welvaart met de inwoners van het land. Laat kinderen en scholieren al vroeg kennismaken met AI en stimuleer beleidsmakers en uitvoerders in de publieke sector om digitalisering te omarmen en tot een nieuw gereedschap te maken; dat gaat hun werk ook zeker spannender en interessanter maken. In dit verband noem ik graag twee voorbeelden: het project “leer een miljoen Brabanders AI in 1000 dagen” en de “Nationale AI-Parade”.



Voor al deze drie implementatieplannen zie ik een rol voor de kennisinstellingen weggelegd. Als aanjagers van innovatie-ecosystemen kunnen ze zelf bijdragen aan een structurele ondersteuning van het AI-innovatielandschap; de financiële ondersteuning kan dan gekanaliseerd worden vanuit verschillende bronnen: lokaal, regionaal, nationaal en Europees. De kennisinstellingen zijn bij uitstek geschikt om de sociale-innovatie rond het ELSA-concept aan te sturen. Ze hebben als wetenschapshuis een neutrale positie en kunnen als geen ander de maatschappelijke inzichten valideren om zodoende tot werkelijke mensgerichte AI-oplossingen te komen. En tot slot zie ik een unieke positie voor de kennisinstellingen om het publieke debat rond de cultuur van kunstmatige intelligentie te voeden. We hebben de kennis en de kundigheden rond AI, wij kunnen erover vertellen en het onderwijzen, maar laten we vooral van onze kennisinstellingen AI-scholen maken door de AI-technologie zelf te omarmen en te gebruiken in ons onderwijs en onderzoek.

*Ik heb gezegd.*

# Bronnen

De feiten vermeld in deze rede zijn geverifieerd met behulp van de volgende bronnen.

Bostrom, Nick (2014), *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Buchanan, Bruce G. (2005), A (Very) Brief History of Artificial Intelligence, *AI Magazine*, pp. 53–60.

Crevier, Daniel (1993), *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*, Basic Books, New York, USA.

EU (2019), Ethics guidelines for trustworthy AI: Shaping Europe's digital future, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.

Marr, Bernard (2019), *Artificial Intelligence in Practice: How 50 Successful Companies Used AI and Machine Learning to Solve Problems*, John Wiley and Sons Ltd, Sussex, United Kingdom.

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006), A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955, *AI Magazine* 27(4), 12, <https://ojs.aaai.org/index.php/aimagazine/article/view/1904>.

McCorduck, Pamela (2004), *Machines Who Think: A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence (2nd edition)*, A K Peters, Ltd., CRC Press, Boca Raton, USA.

Nederlandse AI Coalitie (2022), Algoritmen die werken voor iedereen, <https://nlaic.com>.

Nederlandse AI Coalitie (2022), ELSA Labs, <https://nlaic.com/?s=elsa+labs&lang=nl>.

NRC (2022), Synthetische intimiteit: zeven portretten van robots in film, <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/05/03/synthetische-intimiteit-zeven-portretten-van-robots-in-film-a4120565>.

Pickover, Clifford, A. (2019), *Artificial Intelligence*, Sterling, New York, USA.

Sejnowski, Terrence, J. (2018), *Deep Learning Revolutions*, The MIT Press, Massachusetts, USA.

Treib, Marc (1996), *Space Calculated in Seconds: The Philips Pavilion, Le Corbusier, Edgard Varèse*, Princeton University Press, Princeton, USA.

Wikipedia (2022), 1955, <https://en.wikipedia.org/wiki/1955>.

Wikipedia (2022), History of artificial intelligence, [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_artificial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence).

Wikipedia (2022), Philips Natuurkundig Laboratorium, [https://en.wikipedia.org/wiki/Philips\\_Natuurkundig\\_Laboratorium](https://en.wikipedia.org/wiki/Philips_Natuurkundig_Laboratorium).

Wooldridge, Michael (2020), *A Brief History of Artificial Intelligence: What It Is, Where We Are, and Where We Are Going*, Flatiron Books, New York, USA.

WRR (2021), *Opgave AI: De nieuwe systeemtechnologie*, WRR-Rapport 105, Den Haag, Nederland.

Dankwoord

Ik ben dankbaar voor het feit dat ik gedurende mijn gehele professionele loopbaan in de gelegenheid ben geweest om de wetenschap te dienen en in het bijzonder het vakgebied van de kunstmatige intelligentie. Ik heb dat mogen doen in verschillende functies en dienstverbanden en aan verschillende instellingen. In het bijzonder wil ik noemen: de Rijksuniversiteit Groningen (1979-1983), Philips Research (1983-2012), Eindhoven University of Technology (1991-2015) en Tilburg University (2015-2022). Gedurende deze periode heb ik ruim 100 studenten en 50 promovendi mogen begeleiden en heb ik zo'n 250 wetenschappelijke publicaties kunnen bewerken. Daarbij heb ik mogen samenwerken met vele grote geesten en innovatieve denkers die indrukwekkende wetenschappelijke bijdrages leverden aan een brede variëteit van onderwerpen en veelal gerelateerd aan de queeste van de kunstmatige intelligentie. Ik ben al deze collega's dankbaar voor al de inspiratie die ik bij hen mocht opdoen.

# Colofon

*vormgeving*

Beelenkamp Ontwerpers, Tilburg

*fotografie omslag*

Maurice van den Bosch

*opmaak en druk*

Studio | powered by Canon