

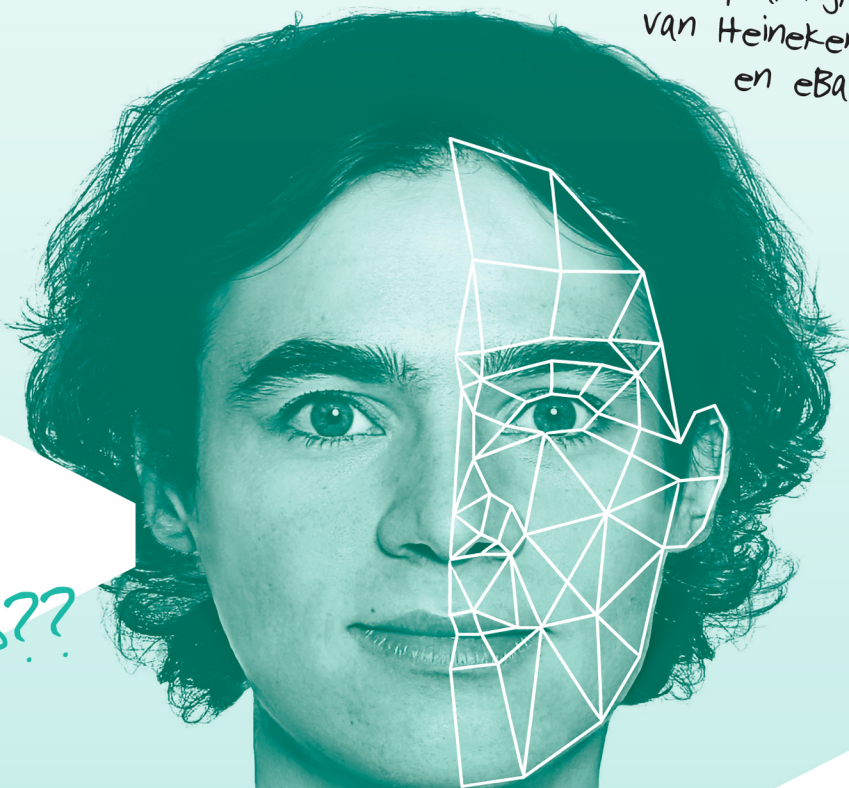
# DIT IS KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE

Een introductie in de technologie die ons leven steeds meer bepaalt.

SIMON KOOLSTRA, BELLE DE VEER EN TIJMEN VELTMAN



Met praktijkverhalen van Heineken, UMCG en eBay!



Mens??

of Morph?

# **DIT IS KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE**

## </ANDERE UITGAVEN BIJ VAN HAREN PUBLISHING>

Van Haren Publishing (VHP) is gespecialiseerd in uitgaven over *Best Practices*, methodes en standaarden op het gebied van de volgende domeinen:

- IT en IT-management;
- Enterprise-architectuur;
- Projectmanagement;
- Businessmanagement.

Deze uitgaven zijn beschikbaar in meerdere talen en maken deel uit van toonaangevende series, zoals *Best Practice*, *The Open Group series*, *Project management* en *PM series*.

Van Haren Publishing is tevens de uitgever voor toonaangevende instellingen en bedrijven, onder andere: Agile Consortium, ASL BiSL Foundation, CA, Centre Henri Tudor, CM Partners, Gaming Works, IACCM, IAOP, IPMA-NL, ITSqc, NAF, KNVI, PMI-NL, PON, *The Open Group*, *The SOX Institute*.

Onderwerpen per domein zijn:

<b>IT en IT-management</b>	<b>Enterprise-architectuur</b>	<b>Businessmanagement</b>
ABC of ICT	ArchiMate®	<i>BABOK ® Guide</i>
ASL®	BIAN	BiSL® en BiSL® Next
CMMI®	GEA®	BRMBOKTM
COBIT®	Novius Architectuur Methode	BTF
e-CF	TOGAF®	CATS CM®
ISM		DID®
ISO/IEC 20000	<b>Projectmanagement</b>	EFQM
ISO/IEC 27001/27002	A4-Projectmanagement	eSCM
ISPL	DSDM/Atern	FSM
IT4IT®	ICB / NCB	IACCM
IT-CMFtm	ISO 21500	ISA-95
IT Service CMM	MINCE®	ISO 9000/9001
ITIL®	M_o_R®	OBM
MOF	MSP®	OPBOK
MSF	P3O®	SixSigma
SABSA	<i>PMBOK ® Guide</i>	SOX
SAF	Praxis®	SqEME®
SIAMtm	PRINCE2®	
TRIM		
VeriSM		

Voor een compleet overzicht van alle uitgaven, ga naar onze website: [www.vanharen.net](http://www.vanharen.net)

# DIT IS KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE

Een introductie in de technologie die  
ons leven steeds meer bepaalt.

SIMON KOOLSTRA, BELLE DE VEER  
EN TIJMEN VELTMAN



## </COLOFON>

<b>Titel:</b>	Dit is kunstmatige intelligentie
<b>Ondertitel:</b>	Een introductie in de technologie die ons leven steeds meer bepaalt
<b>Auteurs:</b>	Simon Koolstra, Belle de Veer, Tijmen Veltman
<b>Met tekstbijdragen van:</b>	Merlijn van Breugel, Marnix Bügel PhD., Tyko Kieskamp, Tamara Kloek, Iris Koolen, Ilya Petoukhov, Helen Rijkes, Dorthe van Waarden
<b>Uitgever:</b>	Van Haren Publishing, 's-Hertogenbosch, <a href="http://www.vanharen.net">www.vanharen.net</a> .
<b>ISBN Hard copy:</b>	978 94 018 0826 2
<b>ISBN eBook (pdf):</b>	978 94 018 0827 9
<b>ISBN ePUB</b>	978 94 018 0828 6
<b>Druk:</b>	Eerste druk, eerste oplage, november 2021
<b>Lay-out en ontwerp:</b>	Mariska van den Brink
<b>Illustraties:</b>	Reni van der Gragt
<b>Copyright:</b>	© Van Haren Publishing, 2021

Voor verdere informatie over Van Haren Publishing, e-mail naar: [info@vanharen.net](mailto:info@vanharen.net).

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

*No part of this publication may be reproduced in any form by print, photo print, microfilm or any other means without written permission by the publisher.*

Hoewel deze uitgave met veel zorg is samengesteld, aanvaarden auteur(s) noch uitgever enige aansprakelijkheid voor schade ontstaan door eventuele fouten en/of onvolkomenheden in deze uitgave.

## &lt;/INHOUD&gt;

Voorwoord door Sander Ruiter	VII
Voorwoord door Marnix Bügel	VIII
Endorsements	XII
Introductie: De kracht en verantwoordelijkheid van onze nieuwe elektriciteit	XIV

## I/ AI concepten

1. Wat is kunstmatige intelligentie?	1
2. Hoe maak je een model?	6
3. Pas op voor Simpson's paradox	10
4. Is fouten maken menselijk?	13
5. Het theorema van Bayes	17
6. Het probleem van de meerarmige bandieten	22
7. Gratis lunch bestaat niet	26
8. COVID-19 en andere <i>modelmanagement</i> -uitdagingen	30
9. De Arabische oorsprong van de algoritmie	35
10. Robotica	39
CASUS Het gouden biertje van Heineken:	43
<b>'Het perfecte gouden biertje brouwen met behulp van AI.'</b>	

## II/ AI algoritmen en toepassingen

11. <i>Reinforcement Learning</i> : al doende leert men	49
12. <i>Supervised learning</i> : de magie van datalabels	53
13. <i>Unsupervised learning</i> : foto's comprimeren met AI	56
14. Neurale netwerken: een kunstmatig mensenbrein	59
15. Leren classificeren	63
16. Zo analyseren we jouw tweets	66
17. Computerzicht: beeldherkenning met een computer	70
18. Verliefd op een <i>Hidden Markov Model</i>	74
19. Beslissen met beslisbomen	78

CASUS De slimme zorg van UMCG: 'Kinderlongziektes beter diagnosticeren met AI.'	83
--	----

### III/ AI technologie

20. De computer	89
21. Wat is programmeren?	92
22. Hoe leert een computer?	97
23. De vloek van dimensionateit	102
24. De opkomst van de <i>Cloud</i>	107
25. Winnen met ' <i>Big data</i> '	111
26. API's: de obers in het AI restaurant	116
CASUS De slimme zorg van UMCG: 'AI als multifocale bril voor de patholoog.'	119

### IV/ AI in samenleving en bedrijf

27. De geschiedenis van kunstmatige intelligentie	125
28. <i>Deepfakes</i> : vervalsen in de tijd van AI	129
29. Eerlijke modellen !?	132
30. Waarom optimalisatie suboptimaal kan zijn	136
31. Zelfrijdende auto's	140
32. Kunstzinnige intelligentie	144
33. DNA ontrafeld: AI versus astma	147
34. Als we AI niet op school leren, waar dan wel?	152
35. AI en de arbeidsmarkt	155
36. De toekomst van kunstmatige intelligentie	161
CASUS De bedrijfsuniversiteit van eBay: 'Het opzetten van een wereldwijde <i>Analytics University</i> .'	165

Literatuurlijst	169
-----------------	-----

Over de auteurs	175
-----------------	-----

## </VOORWOORD DOOR SANDER RUITER>

Er is geen technologie die zoveel impact heeft en zal hebben op onze maatschappij als Artificiële Intelligentie (AI). Artificiële Intelligentie is te belangrijk om alleen aan experts over te laten. In iedere bedrijfstak en binnen elk beroep gaan we te maken krijgen met AI. Van artsen die met behulp van AI sneller en beter diagnoses kunnen stellen, tot tuinders die op basis van weermodellen hun kassen automatisch laten managen. In de dienstverlening past men slimme algoritmen toe voor optimale prijsstrategieën en verbetering van de klantenservice terwijl experts in de maakindustrie met AI autonome systemen bouwen om de productielijnen aan te sturen. Kortom, alle professionals komen in aanraking met AI.

Daarom is het belangrijk dat alle professionals weten wat AI is en kan (en wat niet). Voor de Nederlandse AI Coalitie is training en opleiding dan ook een essentiële bouwsteen. Dat begint bij het lezen en leren over AI en hoe het onze wereld vormt. Samen met het opdoen van praktijkervaring zorgt dat voor een goed fundament. Als werknemer wil je vervolgens weten wat AI kan betekenen voor jouw vakgebied. Als werkgever wil je zeker zijn dat je medewerkers de juiste praktische kennis hebben om AI in te zetten. Door het gat te dichten met de wereld van de AI-experts profiteert het bedrijf of instelling als geheel en zo komen we tot betere AI-toepassingen voor burgers en bedrijven.

Het lezen van dit boek draagt bij aan een groter begrip van wat AI is, kan zijn en zal gaan betekenen voor iedere werknemer in Nederland. We wensen je veel plezier en succes met het toepassen van AI in jouw werk.

### **Sander Ruiter**

*Coalitiesecretaris NL AIC*

*Lid examencommissie 'AI for Business'*

*MT-lid Stichting ECP*



# </VOORWOORD DOOR MARNIX BÜGEL >

## De opkomst van kunstmatige intelligentie

De opkomst van Kunstmatige Intelligentie (doorgaans afgekort als 'AI', vanwege het Engelse *Artificial Intelligence*) heeft zich in de 21e eeuw breed en in hoog tempo voltrokken. Vrijwel iedereen komt dagelijks bewust of onbewust met AI in aanraking. Toepassingen van AI spelen een rol als we de weg willen zoeken, een reis willen boeken of online een bestelling willen plaatsen. Ook als we met (overheids)instellingen te maken hebben, heeft AI invloed. Zo speelt het een steeds groter wordende rol in de diagnose van ziekten, het ontwikkelen van medicijnen, het opsporen van fraude en andere misdrijven en het reguleren van goederen en vervoersstromen.

Het aantal algoritmen – de kern van AI-toepassingen – dat door grote bedrijven wereldwijd wordt ingezet, wordt in 2021 ingeschat op 18 miljard. Dit is een stijging van bijna 300% ten opzichte van 2020. Naar verwachting wordt het werken met deze algoritmen dan ook binnenkort voor vrijwel iedereen net zo normaal als het werken met eerdere nieuwe technologieën zoals de mobiele telefoon en het internet. AI wordt daarom ook wel gezien als de dragende technologie van de vierde fase van de industriële revolutie, zoals je kunt lezen in de inleiding van dit boek. Het belang van de doorbraken in kunstmatige intelligentie is daarmee vergelijkbaar met de invloed van andere baanbrekende technologische innovaties zoals de stoommachine, elektriciteit en de computer.

## Waarom dit boek?

Er dreigt er een sterk ongelijke verdeling te ontstaan tussen de degenen die wel en niet kunnen profiteren van de nieuwe mogelijkheden die AI te bieden heeft. Zo zien wij in onze praktijk – als gespecialiseerd bureau in AI – een sterke oververtegenwoordiging van grote, internationale bedrijven. Binnen deze bedrijven is de betrokkenheid van hogeropgeleiden en hoger management dan weer oververtegenwoordigd. Ons tweedaags basisopleidingsprogramma over AI – the *AI foundation* – is bijvoorbeeld erg in trek bij de directies en raden van bestuur van beursgenoteerde bedrijven.

Niet alleen wij zien deze scheve verdeling. Het World Economic Forum schatte in 2020 dat in de komende jaren wereldwijd 85 miljoen banen door AI zullen verdwijnen. Daartegenover staat dat er – door een toenemende welvaart als gevolg van AI – 97 miljoen nieuwe banen zullen ontstaan. Echter, er is een groot verschil tussen de banen die zullen verdwijnen en zullen ontstaan. AI zal herhaal- en routinetaken alsmede soms gevaarlijke taken gaan overnemen. Het *World Economic Forum* verwacht dat de aard van veel werkzaamheden drastisch zal veranderen onder invloed van AI. Werknemers zullen zich meer op hoogwaardige taken kunnen gaan

focussen met een interpersoonlijk karakter, ondersteund door AI, en minder op de repetitieve taken. Daarmee is de invloed juist groot op veel banen die doorgaans door lageropgeleiden worden uitgeoefend.

Deze ontwikkelingen bieden kansen voor bedrijven, ondernemers en werknemers, maar ook gevaren. Medewerkers, bedrijven en landen die niet mee kunnen met deze verandering dreigen buitenspel komen te staan. Om dit te voorkomen is educatie over AI cruciaal. Eigenlijk zou vrijwel iedereen een basisniveau aan kennis van AI moeten hebben om met deze nieuwe techniek te leren omgaan, de misconcepties rond AI te vermijden en nieuwe toepassingen te kunnen bedenken en gebruiken. In het eerder genoemde rapport van het *World Economic Forum* wordt aangegeven dat 50% van alle werknemers één of andere vorm van reskilling nodig zal hebben in de periode van nu tot 2025. Alleen al in Nederland hebben wij het dan over 4,5 miljoen werknemers: 50% van de huidige beroepsbevolking van 9 miljoen.

De huidige AI-opleidingen in Nederland schieten zowel qua doelgroep als qua volume volledig te kort. Veelal zijn deze opleidingen gericht op de hogeropgeleiden en het hoger management in plaats van de grote groep werknemers die op de werkvloer met AI te maken gaan krijgen. Zelfs voor de hogeropgeleiden is het aanbod onvoldoende. Als we bijvoorbeeld naar de universiteiten kijken, zien we bij het beperkte aantal AI-opleidingen nu al een numerus fixus van rond de 150 studenten per jaar door een gebrek aan geschikte docenten. Ook ons eigen opleidingsaanbod – dat we aanbieden onder het merk GAI<sup>n</sup>® (*Global Artificial Intelligence network*) – was tot voor kort niet voor iedereen geschikt. Het portfolio van GAI<sup>n</sup>® richtte zich op managers, executives en data professionals: *data scientist* en *data engineers*.

Dit was de hoofdreden dat we twee jaar geleden een initiatief zijn gestart om onze uitgebreide kennis van, en ervaring met AI te vertalen naar een toegankelijk boek waarin alle relevant aspecten van AI worden behandeld. Het idee is dat we daarmee ook een bredere doelgroep kennis kunnen laten opdoen over AI. Dit is in lijn met de missie van ons bedrijf: *Helping people and organizations prosper through AI*.

## Onze missie en doelstelling

Willen we daadwerkelijk technologische innovaties zoals AI toepassen, dan zijn professionals nodig die snappen wat AI is, en digitale vaardigheden hebben. Onze missie is om alle werknemers in Nederland met dit boek de mogelijkheid te bieden een basisniveau aan kennis over AI te vergaren. Met dit basisniveau kan men:

1. Toepassingen van AI herkennen;
2. Op een verantwoorde manier met deze AI toepassingen omgaan. Dit betekent onder andere dat werkend Nederland gevaren van AI kan inschatten, risico's kan minimaliseren, en de toepassingen succesvol kan toepassen in het dagelijkse werk;
3. Nieuwe, kansrijke toepassingen van AI herkennen en initiëren.

Dit boek is zo geschreven en opgezet dat het op een toegankelijk manier een totaalbeeld geeft van AI op technologisch en conceptueel, maar ook maatschappelijk en organisatorisch vlak. Op basis van de inhoud van dit boek, is het mogelijk het examen te halen van het NL AIC *AI for Business* certificaat van de AI coalitie.

Het is onze doelstelling om een grote stap te zetten in de versterking van de positie van Nederlandse werknemers en daarmee de Nederlandse concurrentiepositie. We streven ernaar in drie jaar tijd één miljoen werkenden via dit boek een basisniveau aan kennis over AI bij te brengen, waarvan de helft ook het *AI for Business* certificaat heeft behaald. Deze één miljoen is ruim 20% van de eerder genoemde doelgroep van 4,5 miljoen Nederlandse medewerkers waarvoor reskilling nodig is.

We hopen dat het niet bij dit boek blijft. We streven ernaar op basis van dit boek in samenwerking met onze partner I.AMDIGITAL een online leeropleiding te ontwikkelen. Daarnaast willen we het boek ook toegankelijk maken voor andere landen; te starten met de Engels sprekende landen.

### Een woord van dank

Dit boek is tot stand gekomen door de inzet van een groot aantal personen en organisaties. In de eerste plaats zijn dat de drie hoofdauteurs: Simon Koolstra, Belle de Veer en Tijmen Veltman. Simon schreef eerder twee andere boeken: één over Wiskunde en één over Natuurkunde. Beide met als doelstelling om een breed publiek met de schoonheid van deze disciplines kennis te laten maken. Simon pakte dan ook met groot enthousiasme het idee vanuit Mlcompany op om een soortgelijk boek over kunstmatige intelligentie te schrijven en vormden een redactieraad bestaande uit, naast hemzelf, zijn collega's Belle en Tijmen. Met zijn drieën hebben ze niet alleen het merendeel van de hoofdstukken uit dit boek geschreven, maar hebben ze ook het format van de hoofdstukken bewaakt. Ze hebben gastschrijvers geholpen met waardevolle tips om de inhoud van de individuele hoofdstukken op een zeer hoog niveau te krijgen, zowel qua inhoud en toegankelijkheid als qua opbouw. Daarnaast hebben ze een externe lezerscommissie ingesteld. Deze groep heeft op de hoofdstukken – na goedkeuring door de hoofdauteurs – een tweede review uitgevoerd.

Naast de hoofdauteurs wil ik de volgende gastauteurs bedanken: Merlijn van Breugel voor zijn hoofdstuk over het theorema van Bayes en het interview met professor Gerard Koppelman over het diagnosticeren van kinderlongziekten met AI, Jesper de Groot voor zijn hoofdstuk over Modelmanagement, Tyko Kieskamp voor zijn hoofdstuk over *Deepfakes*, Dorthe van Waarden voor haar hoofdstuk over het verantwoordelijk toepassen van AI met als titel Eerlijke modellen?!, Ilya Petoukhov voor zijn hoofdstuk over de ontrafeling van DNA met AI, Helen Rijkes voor haar bijdrage aan het hoofdstuk over AI in het onderwijs. Zelf schreef ik naast dit voorwoord en de inleiding nog het hoofdstuk over de Arabische oorsprong van de Algoritmiek.

Verder wil ik Iris Koolen en Su Yin Timp-Gan van I.AMDIGITAL bedanken voor het omarmen en verder uitbouwen van het idee voor dit boek. Zij hebben een vormgeefster waarmee ze veelvuldig samen werken – Mariska van den Brink – ingeschakeld om te zorgen dat het boek ook visueel aantrekkelijk zou worden. Daarnaast hebben zij ons in contact gebracht met de uitgever van dit boek: Van Haren Publishing. Iris heeft daarnaast het hoofdstuk over AI en de arbeidsmarkt geschreven. Uiteraard dus ook speciale dank aan Mariska voor de vormgeving en Reni van der Gragt voor de illustraties. Ook een woord van dank aan Martijn van den Heuvel die mij weer koppelde aan Iris.

Bijzondere dank gaat uit naar Tamara Kloek. Tamara is een drijvende kracht geweest achter de realisatie van dit boek. Ze is medeauteur van het hoofdstuk over AI in het onderwijs en heeft de vier casussen uit dit boek van Heineken , UMCG (2) en eBay geredigeerd. Daarnaast heeft ze de vele partijen betrokken bij de totstandkoming van dit boek aangestuurd en gemotiveerd alsmede de planning voor de realisatie van dit boek gemaakt en bewaakt. Zonder Tamara had dit boek nooit in de boekhandel gelegen.

Ook bedanken we van harte de verschillende partijen die betrokken zijn geweest bij de ontwikkeling van casussen uit dit boek: Sandra Oudshof en Jasper van Panhuis van Heineken voor de casus 'Het perfecte gouden biertje brouwen met behulp van kunstmatige intelligentie', Allard de Boer van de *eBay Classifieds Group* voor de casus 'De bedrijfsuniversiteit van eBay', professor Wim Timens van het UMCG en Esmée de Jong van Mlcompany voor de casus 'AI als multifocale bril voor de patholoog' en tot slot professor Gerard Koppelman van het UMCG en Merlijn van Breugel van Mlcompany voor de casus 'Kinderlongziekten beter diagnosticeren met AI'. Judith Korf willen we bedanken voor het vertalen van de Heineken casus.

Een woord van dank gaat ook uit naar de eerder genoemde lezerscommissie voor hun vele suggesties om de inhoud te verbeteren en de toegankelijkheid te vergroten, te weten: Wendelien Bakelaar, Anna Koolstra, Jelle Koolstra, Marijke van Hees, Jacob Koolstra, Janneke Rinzema, Daan van de Veerdonk, Jonna Mager, Feline Lindhout, Mechi en Frank de Veer, Caroline Noordhoek Hegt, Karin van Breugel, Margot Sengers, Huib Bulthuis, Erica van der Linden, Ilona Kloek, Emma van der Vos, Olav Kloek en Leon de Vries.

Tot slot willen we Sander Ruijter als secretaris van de AI coalitie danken voor zijn voorwoord voor dit boek. Ivo van Haren en Maurits van der Plas van Van Haren Publishing willen we danken voor het vertrouwen dat dit boek kan uitgroeien tot een standaardwerk om een basiskennisniveau over AI te verkrijgen.

### **Marnix Bügel Phd**

*Founding and managing partner Mlcompany  
Amsterdam, oktober 2021*

## </ENDORSEMENTS >

**"Een goed geschreven boek over dé disruptieve technologie die onze wereld radicaal aan het veranderen is. Een aanbeveling voor professionals die AI beter willen begrijpen!"**

/ Hans de Jong,  
Voormalige President Philips Nederland  
Lid Strategieteam AI coalitie

**"AI verandert ons leven en gaat dat nog veel verder veranderen. Het raakt alles en iedereen en daarom is het zo belangrijk dat we AI snel toegankelijk maken voor iedereen. Dit boek raad ik dan ook van harte aan!"**

/ Marjan Oudeman,  
Meervoudig RvC-lid (Aalberts Industries, SHV, Solvay, NLMK (Rusland) en UPM)  
Voormalig #1 Machtigste Zakenvrouw van NL

**"Dit boek, een begrijpelijk reis over kunstmatige intelligentie met veel concrete voorbeelden, is een must-read voor elke manager en professional."**

/ Marco Keim,  
CEO Aegon International  
Lid van de Raad van Bestuur Aegon

**"Een vlot geschreven, toegankelijk boek over de technologie die onze wereld revolutionair aan het veranderen is. Een aanrader voor iedereen die AI onder de knie wil krijgen!"**

/ Corinne Vigreux,  
CMO Strategy Office TomTom  
Founder Codam College

**"Dit boek is een aanrader voor iedereen die snapt dat AI belangrijk is, maar nog niet helemaal begrijpt wat het nou precies is. In veertig verhalen wordt verteld wat AI is, en hoe het wordt toegepast. Vooral interessant voor professionals die nog weinig kennis hebben van deze nieuwe technologie."**

/ Ria van 't Klooster,  
Directeur NRTO  
Lid Algemeen Bestuur VNO-NCW

**"Een zeer waardevol initiatief om de kennis van kunstmatige intelligentie over te dragen zodat veel mensen een beter begrip krijgen van de impact en overwegingen als ook afwegingen bij het toepassen van kunstmatige intelligentie. Voor een grote doelgroep: scholieren, studenten, leiders van organisaties maar zeker ook voor commissarissen."**

/ Leo Brand,  
CIO Vopak

**"De snelheid waarmee kunstmatige intelligentie de wereld verandert is onwaarschijnlijk. Als je dat wilt begrijpen is dit boek een aanrader."**

/ Robert Otto,  
Raad van Bestuur Achmea

# </INTRODUCTIE: DE KRACHT EN VERANTWOORDELIJKHEID VAN ONZE NIEUWE ELEKTRICITEIT>

**Marnix Bügel**, oprichter en managing partner van *MIcompany*

**Iris Koolen**, onderwijsdeskundige, oprichtster van diverse succesvolle bedrijven op het gebied van digital learning en mede-initiatiefneemster van de Nationale AI-Cursus ([www.ai-cursus.nl](http://www.ai-cursus.nl))

**Simon Koolstra**, projectleider *MIcompany*

## AI markeert de vierde fase van de Industriële Revolutie

In de 18e eeuw begint de Industriële Revolutie. Vanaf de tweede helft van deze eeuw gaat de mens stap voor stap over van het handmatig vervaardigen van goederen en diensten, naar machinale productie. Het betekent ingrijpende veranderingen in onze manier van leven en werken. Binnen deze revolutie, die al bijna drie eeuwen duurt, zijn verschillende fasen te onderscheiden. Elke fase kenmerkt zich door technologische doorbraken met grootschalige organisatorische en sociale gevolgen.

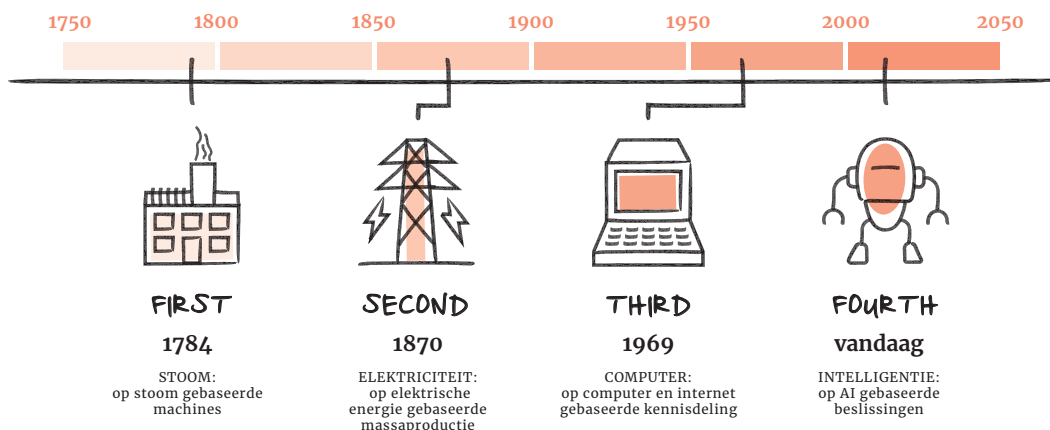
De eerste fase begint in de 18e eeuw in Engeland met de uitvinding van de stoommachine. De mensenhand in productieprocessen wordt vervangen door stoommotoren. Later worden ook schepen en treinen voortgedreven door stoommachines.

De tweede fase begint rond 1870 en daarin heeft elektriciteit de centrale rol. De bekendste uitvinding uit die tijd is de verbeterde gloeilamp van Thomas Edison. Maar vooral na de uitvinding van de wisselstroommotor door Nikola Tesla wordt deze nieuwe vorm van energie als krachtbron algemeen toegankelijk. Het grote voordeel van elektriciteit boven stoom is dat het makkelijk te transporteren is. Hierdoor kunnen ook bedrijven en later zelfs particulieren er gebruik van maken. Eigenlijk kan elektriciteit alles wat met stoom ook kan, maar vaak voor een lagere prijs, op kleinere schaal, veilig, en vrijwel overal. Elektriciteit ligt aan de basis van de ontwikkeling van productielijnen en zo ontstaat aan het begin van de 20e eeuw ook de 'massaproductie'.

De derde fase van de Industriële Revolutie voltrekt zich in de tweede helft van de 20e eeuw met de uitvinding van een aantal nieuwe communicatievormen. De grootste daarvan, de computer en het internet, zijn niet meer weg te denken uit de moderne maatschappij. Met deze middelen wordt het mogelijk om informatie bijna overal ter wereld op elk moment te raadplegen. Dit stelt bedrijven in staat te globaliseren: coördinatie van productie en levering kan vanaf nu zeer efficiënt en wereldwijd plaatsvinden waardoor grote schaalvoordelen mogelijk worden. De derde fase van de Industriële Revolutie staat ook wel bekend als de digitale revolutie of de eerste informatie-revolutie.

De opkomst van de kunstmatige intelligentie, ook wel aangeduid met de Engelse term '*Artificial Intelligence*', leidt sinds het begin van de 21e eeuw de vierde fase

in: het tijdperk van 'AI'. Uiteraard besteden we in dit boek uitgebreid aandacht aan het begrip 'kunstmatige intelligentie'. Samenvattend zou je dit kunnen zien als het automatiseren van cognitieve processen van mensen, zoals het oplossen van problemen, het nemen van beslissingen en leren. In de eerste fase van de Industriële Revolutie werden handmatige processen van de mensen overgenomen, in de vierde fase geldt dit dus voor denkprocessen. De vierde fase kon overigens alleen ontstaan dankzij de derde fase van de Industriële Revolutie waarin de kracht en opslagcapaciteit van computer exponentieel steeg. Waarom deze stijging van capaciteit nodig was om de mogelijkheden van AI te benutten komt ook aan bod in dit boek.



Figuur 1: De vier fasen van de Industriële Revolutie

## AI heeft grote gevolgen voor economie en arbeidsmarkt

Hoewel het moeilijk is het belang van de verschillende fasen te vergelijken, is dit wel een thema dat regelmatig terugkomt op het *World Economic Forum* (WEF)<sup>1</sup>. Sundar Pichai – de CEO van Google – zei hierover op het WEF van 2019:

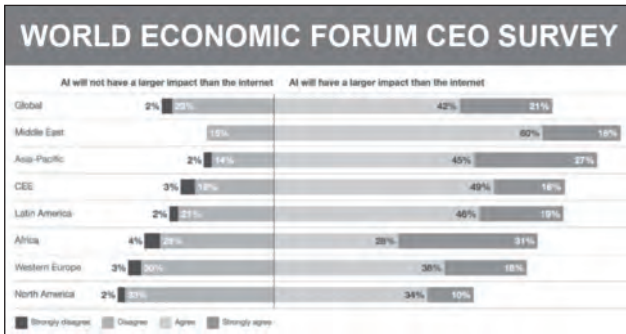


**"Kunstmatige intelligentie is waarschijnlijk de belangrijkste ontwikkeling waar de mensheid ooit aan heeft gewerkt. Ik denk dat het belangrijker is dan elektriciteit."**

<sup>1</sup> Het *World Economic Forum* (Wereld Economisch Forum of WEF) is een jaarlijkse bijeenkomst van de CEO's van de grootste bedrijven ter wereld, internationale politici (presidenten, ministers-presidenten en anderen), intellectuelen en journalisten, in totaal zo'n 2500 personen. Het WEF organiseert jaarlijks in de winter een jaarvergadering in Davos en diverse regionale conferenties op alle continenten.



Op dezelfde editie van het WEF werd een studie van PricewaterhouseCoopers (PwC) gepresenteerd van CEO's van meer dan duizend bedrijven verdeeld over alle regio's in de wereld. Zij gaven met een grote meerderheid aan dat ze verwachten dat AI een grotere impact op de economie gaat hebben dan het internet: 63% was het (sterk) eens met deze stelling ten opzichte van 25% die het met deze stelling (sterk) oneens was, zie figuur 2.

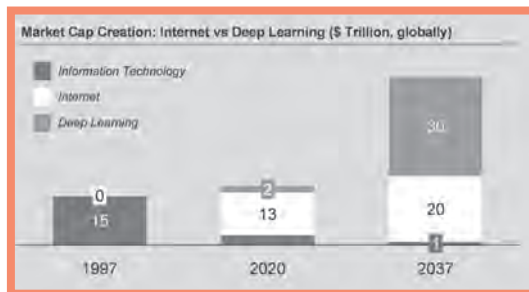


Figuur 2: Wereldwijd CEO onderzoek van PwC (Pricewaterhouse Coopers, N = 1.378, 2019)

De verwachte impact van AI op de economie is door veel organisaties ingeschat. Zo schat McKinsey op basis van een markt simulatie in dat **de waarde van de wereldwijd geproduceerde goederen en diensten (Gross Domestic Product (GDP) als gevolg van AI met \$ 13 triljoen dollar zal zijn gestegen**. Dat is een stijging van 16% met de waarde van het huidige GDP en volgens McKinsey vergelijkbaar met de toename van de waarde van de economie door andere algemeen toepasbare technologie, zoals de eerdergenoemde stoommachine en elektriciteit. Deze inschatting is in lijn met de inschattingen van de beroemde technologie investeerster Cathie Wood (Ark Invest). Zo schat Ark Invest de waarde-bijdrage van een – uitgebreid in dit boek te behandelen onderdeel van AI – *deep learning* – alleen al in op \$ 37 triljoen in 2037 (1,5x zo groot als de waarde-bijdrage van het gehele internet in dat jaar), zie figuur 3.

**In andere woorden...**

De geschatte waarde-bijdrage van deep learning in 2037 is USD37 triljoen: dat is 1,5x zo groot als de waarde-bijdrage van het gehele internet in dat jaar!



Figuur 3: Deep learning impact (Ark Invest)

/Een introductie/

## Gevolgen voor de arbeidsmarkt

Naast de impact op de economie zal AI ook de arbeidsmarkt in de vierde revolutie drastisch gaan veranderen. AI zal zoals eerder aangegeven grootschalig cognitieve processen van de mens gaan overnemen. Dit zal gebeuren door (zelflerende) algoritmen. Voorbeelden zijn de algoritmen om auto's te besturen of om aan de hand van foto's vast te stellen of iemand een bepaald ziektebeeld heeft. Deze algoritmen zullen vele menselijke processen overbodig maken en daardoor de productiviteit enorm kunnen verhogen. Echter deze algoritmen kunnen ook fouten maken of gaan maken. En deze algoritmen zullen sommige processen beter kunnen uitvoeren dan mensen, maar voor de ontwikkeling, inzet en beoordeling van deze algoritmen blijven mensen cruciaal. Dit betekent echter wel dat de rol van de mens in veel functies drastisch zal veranderen. Het werken met algoritmen zal in veel functies net zo normaal worden als het gebruik van het internet, de mobiele telefoon of email.

## Indeling van dit boek

Om goed op alle veranderingen op de arbeidsmarkt in te spelen, bestaat dit boek uit vier delen, zie figuur 4 op de volgende pagina.

Het eerste deel is gewijd aan AI concepten waarmee het ontstaan, de werking en beoordeling van kunstmatige intelligentie in een context kunnen worden geplaatst. In dit onderdeel is te lezen wat kunstmatige intelligentie in de 21e eeuw inhoudt en wat AI-experts bedoelen als ze het hebben over 'modellen'. We benoemen ook een aantal wiskundige concepten die komen kijken bij het ontwikkelen van kunstmatige intelligentie. Daarnaast kom je te weten wat algoritmen eigenlijk zijn, waar ze vandaan komen, en waarom het van belang is ze te onderhouden.

Het tweede deel bestaat uit de werking van de verschillende soorten algoritmen die cognitieve processen van mensen kunnen gaan overnemen. Aan de orde komen onder andere '*deep learning*', in het hoofdstuk over neurale netwerken, beslismomen, en de verschillende manieren waarop een computer kan leren. Dit alles wordt behandeld in deel II: AI algoritmen en toepassingen.

Echter, met algoritmen alleen ben je er nog niet. Algoritmen hebben (continu) data nodig en kunnen pas (cognitieve) processen veranderen als ze worden ondergebracht in toepassingen (applicaties). Deel III gaat daarom over de technologie die nodig is om tot succesvolle AI-oplossingen te komen. In dit deel hebben we het bijvoorbeeld over het belang van de ontwikkeling van razendsnelle computers en het opkomen van de '*Cloud*' voor kunstmatige intelligentie. Daarnaast kom je in dat deel te weten wat programmeren nou precies inhoudt: de manier om computers te instrueren.

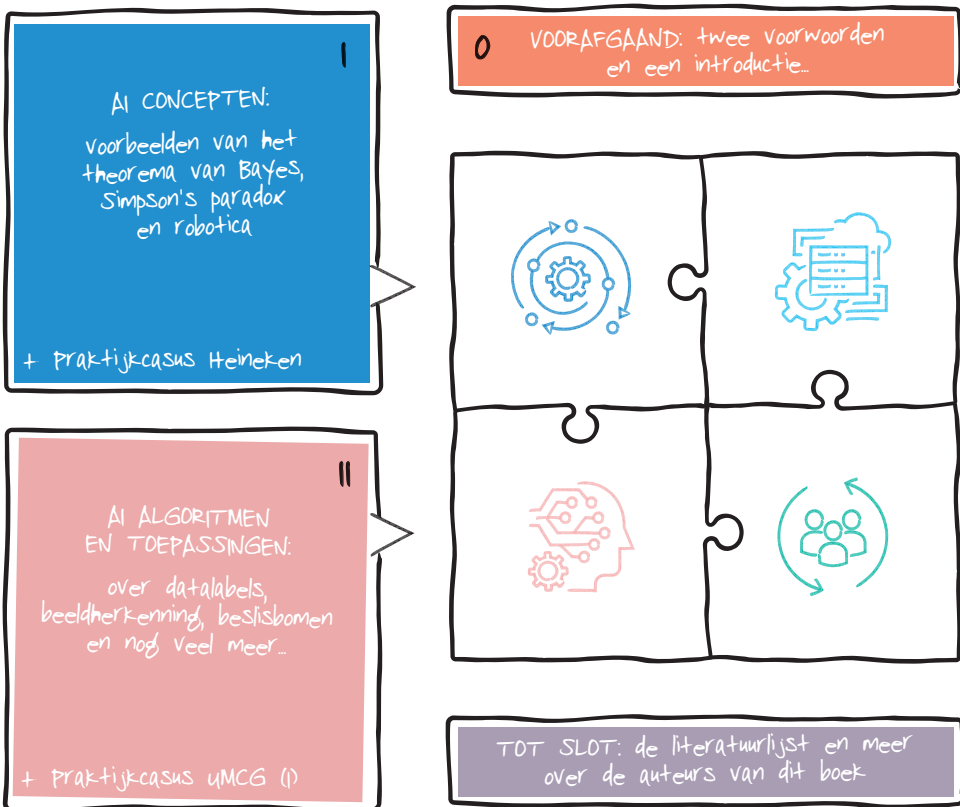
In het vierde deel, ten slotte, lichten we in een aantal korte hoofdstukjes een tipje van de sluier op over hoe kunstmatige intelligentie onze samenleving en bedrijven daarin beïnvloedt. We hebben het bijvoorbeeld over de 'eerlijkheid' van kunstmatige

intelligentie-modellen, maar ook over hoe kunstmatige intelligentie de arbeidsmarkt beïnvloedt en nog verder zal gaan beïnvloeden.

Naast de hoofdstukken uit de vier delen, bevat dit boek vier casussen. In deze casussen worden toepassingen van kunstmatige intelligentie toegelicht. We kijken naar data-gedreven bierbrouwen, bij de Nederlandse biergigant Heineken. We spreken over de bedrijfsuniversiteit die *eBay* heeft opgericht om het hele bedrijf bij te laten leren over kunstmatige intelligentie. Ten slotte verkennen we de bijzondere rol van kunstmatige intelligentie in de strijd tegen astma, een onderzoek van het Universitair Medisch Centrum in Groningen in samenwerking met de AI-experts van Mlcompany.

De hoofdstukken en casussen in dit boek zijn zo opgezet dat ze los van elkaar te lezen zijn. Er is geen voorgeschreven volgorde waarop je dit boek het beste kan lezen. Kies eens een hoofdstuk uit het eerste deel, dan weer één uit deel III. Sommige hoofdstukken verwijzen naar elkaar, om je te helpen de materie echt te doorgronden.

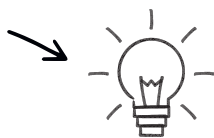
Het boek helpt je zo om inzicht te krijgen in 'de elektriciteit van de 21e eeuw': kunstmatige intelligentie.



Figuur 4: De structuur van dit boek

## Certificering

Met dit boek geven we een eerste introductie in kunstmatige intelligentie. Het is geschreven om zo weg te kunnen lezen, maar bevat alle basisbegrippen die je nodig hebt om als professional met kunstmatige intelligentie om te gaan. Dit boek geldt daarmee ook als standaardliteratuur voor de 'NL AIC AI for Business Certificering'. Het lezen van dit boek geldt als belangrijke voorbereiding voor het halen van deze certificering. Om je hierbij te helpen zijn door het boek heen visuele highlights geplaatst herkenbaar aan dit icoon:



III

AI TECHNOLOGIE.

Hoe leert een computer eigenlijk? En wat is 'programmeren' nu precies?

+ Praktijkcasus UMCG (2)

IV

AI IN SAMENLEVING EN BEDRIJF

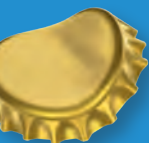
Over de geschiedenis van AI en de toekomst! En oh, ook over 'diepfakes' :-)

+ Praktijkcasus eBay

# I/AI concepten



1. Wat is kunstmatige intelligentie? |
2. Hoe maak je een model? 6
3. Pas op voor Simpson's paradox 10
4. Is fouten maken menselijk? 13
5. Het theorema van Bayes 17
6. Het probleem van de meerarmige bandieten 22
7. Gratis lunch bestaat niet 26
8. COVID-19 en andere *modelmanagement*-uitdagingen 30
9. De Arabische oorsprong van de algoritmieck 35
10. Robotica 39



+ CASUS Het gouden biertje van Heineken:  
'Het perfecte gouden biertje brouwen met behulp van AI.' 43