

ONAFHANKELIJKE

**DESKUNDIGENGROEP OP HOOG NIVEAU**

**INZAKE KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE**

OPGERICHT DOOR DE EUROPESE COMMISSIE IN JUNI 2018



**EEN DEFINITIE VAN KI:  
DE BELANGRIJKSTE CAPACITEITEN EN  
WETENSCHAPPELIJKE DISCIPLINES**

Definitie ontwikkeld voor de producten van de groep

# **Een definitie van KI: de belangrijkste capaciteiten en wetenschappelijke disciplines**

Deskundigengroep op hoog niveau inzake kunstmatige intelligentie

**Disclaimer en gebruik van dit document:** De volgende beschrijving en definitie van KI-capaciteiten en -onderzoeksgebieden is een zeer ruwe vereenvoudiging van de huidige stand van zaken. Het doel van dit document is niet om alle KI-technieken en -mogelijkheden nauwkeurig en volledig te definiëren, maar om een korte beschrijving te geven van het gezamenlijke begrip van deze discipline dat de deskundigengroep op hoog niveau gebruikt voor haar producten. Wij hopen echter dat dit document ook kan dienen als een nuttig informatief beginpunt voor mensen die niet deskundig zijn op het gebied van KI, die vervolgens via uitgebreidere en diepgaandere reflectie op KI nauwkeuriger kennis van de discipline en de technologie kunnen verkrijgen.

De AI HLEG is een onafhankelijke deskundigengroep die in juni 2018 door de Europese Commissie is opgericht.

Contactpersoon    Nathalie Smuha – Coördinator AI HLEG  
E-mailadres        CNECT-HLG-AI@ec.europa.eu

Europese Commissie  
B-1049 Brussel

Document gepubliceerd op 18 april 2019.

**Op 18 december 2018 is een eerste ontwerp van dit document uitgebracht, samen met een eerste ontwerp van de ethische richtsnoeren voor betrouwbare KI van de AI HLEG. Het document is herzien op basis van opmerkingen die zijn ontvangen via de Europese KI-alliantie en de openbare raadpleging over de ontwerprijchsnoeren. Wij willen iedereen die feedback op het eerste ontwerp van het document heeft gegeven, uitdrukkelijk en hartelijk bedanken.**

De Europese Commissie of personen die namens de Commissie optreden, zijn niet aansprakelijk voor het eventuele gebruik dat van de volgende informatie wordt gemaakt. De inhoud van dit werkdocument valt uitsluitend onder de verantwoordelijkheid van de deskundigengroep op hoog niveau inzake kunstmatige intelligentie (AI HLEG). Hoewel personeel van de Commissie heeft meegewerkt aan de totstandkoming van dit document, geven de hierin geformuleerde meningen uitsluitend het standpunt van de AI HLEG weer en mogen zij in geen geval worden beschouwd als een officieel standpunt van de Europese Commissie.

Meer informatie over de deskundigengroep op hoog niveau inzake kunstmatige intelligentie is online beschikbaar (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>).

Het beleid ten aanzien van hergebruik van documenten van de Europese Commissie is vastgelegd in Besluit 2011/833/EU (PB L 330 van 14.12.2011, blz. 39). Voor gebruik of overname van foto's of andere materialen die niet onder het auteursrecht van de EU vallen, moet u rechtstreeks toestemming vragen aan de houders van het desbetreffende auteursrecht.

# EEN DEFINITIE VAN KI:

## DE BELANGRIJKSTE CAPACITEITEN EN WETENSCHAPPELIJKE DISCIPLINES

Als beginpunt nemen we de volgende definitie van kunstmatige intelligentie (KI), zoals voorgesteld in de mededeling van de Europese Commissie over KI<sup>1</sup>:

*"Kunstmatige intelligentie (KI) verwijst naar systemen die intelligent gedrag vertonen door hun omgeving te analyseren en – in zekere mate zelfstandig – actie te ondernemen om specifieke doelstellingen te verwezenlijken.*

*Op KI gebaseerde systemen kunnen uitsluitend uit software bestaan en actief zijn in de virtuele wereld (bijvoorbeeld stemgestuurde assistenten, software voor beeldanalyse, zoekmachines en systemen voor spraak- en gezichtsherkenning), maar KI kan ook in hardwareapparaten worden geïntegreerd (bijvoorbeeld geavanceerde robots, zelfrijdende auto's, drones of toepassingen van het internet der dingen)."*

In dit document breiden we deze definitie uit om bepaalde aspecten van KI als wetenschappelijke discipline en als technologie te verduidelijken. Het doel daarvan is om misverstanden te voorkomen, een gedeelde gemeenschappelijke kennis van KI te verwezenlijken die, ook door mensen die niet deskundig zijn op het gebied van KI, productief kan worden gebruikt, en nuttige details te geven die kunnen worden gebruikt in de discussie over zowel de ethische richtsnoeren voor KI als de aanbevelingen voor KI-beleid.

### 1. KI-systemen

De term KI bevat een expliciete verwijzing naar het begrip "intelligentie". Omdat intelligentie (zowel bij machines als bij mensen), ondanks dat het uitgebreid is bestudeerd door psychologen, biologen en neurowetenschappers, echter een vaag concept is, gebruiken KI-onderzoekers veelal het begrip "rationaliteit". Dit begrip verwijst naar het vermogen om de beste handeling te kiezen voor het bereiken van een bepaald doel gezien bepaalde te optimaliseren criteria en de beschikbare middelen. Rationaliteit is natuurlijk niet het enige ingrediënt voor het concept van intelligentie, maar wel een belangrijk deel ervan.

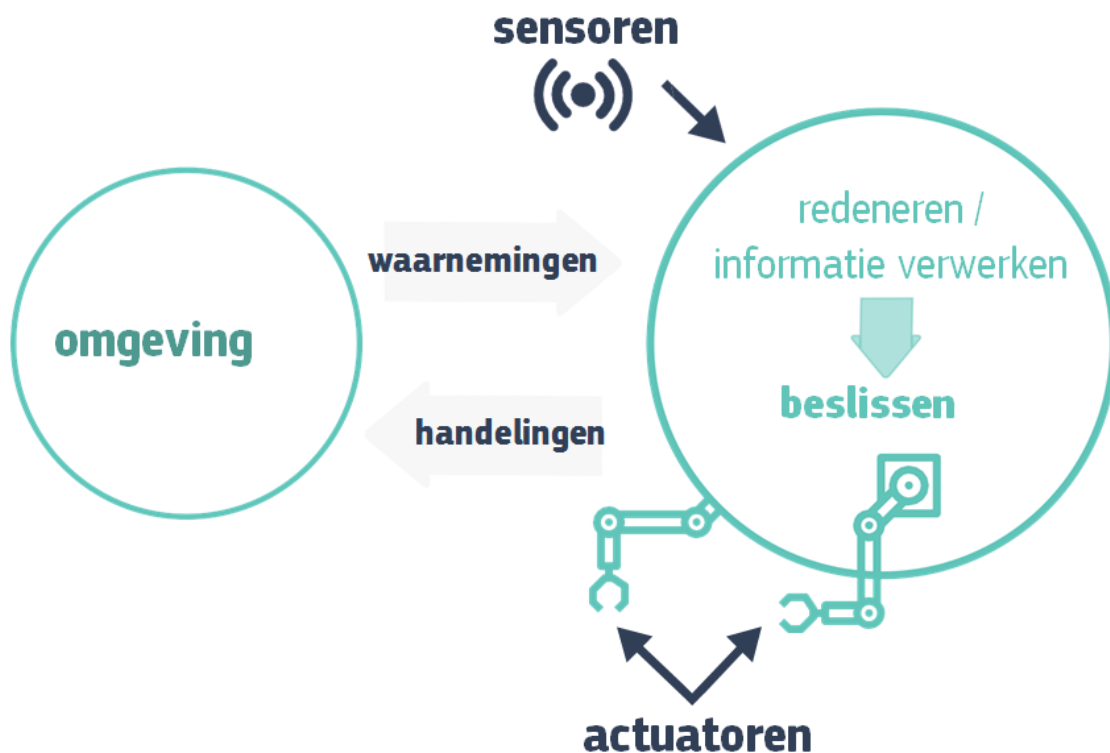
In de rest van dit document verwijzen we met de term "KI-systeem" naar alle componenten, software en/of hardware op basis van KI. KI-systemen zijn gewoonlijk geen losstaande systemen, maar als componenten verwerkt in grotere systemen.

Een KI-systeem is dus in de eerste plaats rationeel, zo wordt gesteld in een van de meest gebruikte handboeken over KI<sup>2</sup>. Maar hoe bereikt een KI-systeem rationaliteit? Zoals wordt genoemd in de eerste zin van de bovenstaande werkdefinitie van KI, gebeurt dit door de omgeving waarin het systeem is ingebed, via enkele sensoren waar te nemen. Op die manier worden gegevens verzameld en geïnterpreteerd, wordt er geredeneerd over wat er wordt waargenomen of wordt de uit deze gegevens verkregen informatie verwerkt en wordt er besloten wat de beste handeling is, om vervolgens via enkele actuatoren dienovereenkomstig te handelen en zo de omgeving mogelijk te veranderen. KI-systemen kunnen gebruikmaken van symbolische regels of een numeriek model leren en kunnen hun gedrag ook aanpassen door te analyseren welke invloed hun eerdere handelingen op de omgeving hebben. De illustratie van een KI-systeem in figuur 1 kan een en ander verduidelijken.

---

<sup>1</sup> Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Europese Raad, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's – Kunstmatige intelligentie voor Europa, Brussel, 25.4.2018, COM(2018) 237 final.

<sup>2</sup> "Artificial Intelligence: A Modern Approach", S. Russell en P. Norvig, Prentice Hall, 3e uitgave, 2009.



Figuur 1: Een schematische weergave van een KI-systeem.

**Sensoren en waarneming.** In figuur 1 zijn de sensoren van het systeem afgebeeld als een wifi-symbool. In de praktijk kan het gaan om camera's, microfoons, een toetsenbord, een website of andere invoerapparaten, alsook om sensoren voor fysische grootheden (zoals temperatuur, druk, afstand, kracht/koppel, aanraaksensoren). In het algemeen moeten we het KI-systeem voorzien van sensoren die geschikt zijn om de in de omgeving aanwezige gegevens waar te nemen die relevant zijn voor het doel dat door de menselijke ontwerper aan het KI-systeem is toegekend. Als we bijvoorbeeld een KI-systeem willen creëren dat de vloer van een ruimte automatisch schoonmaakt wanneer deze vies is, kunnen er camera's als sensoren worden opgenomen, zodat er een foto van de vloer kan worden gemaakt.

Wat de verzamelde gegevens betreft, is het vaak nuttig om onderscheid te maken tussen gestructureerde en ongestructureerde gegevens. *Gestructureerde gegevens* zijn gegevens die zijn georganiseerd volgens vooraf vastgestelde modellen (zoals bij een relationele databank), terwijl bij *ongestructureerde gegevens* geen sprake is van een bekende organisatie (zoals bij een afbeelding of een stuk tekst).

**Redeneren/informatie verwerken en beslissen.** De kern van een KI-systeem wordt gevormd door de redeneer-/informatieverwerkingsmodule, die de door de sensoren aangeleverde gegevens als input gebruikt en een handeling voorstelt met het oog op het gestelde doel. Dat betekent dat de door de sensoren verzamelde gegevens moeten worden omgevormd tot informatie die de redeneer-/informatieverwerkingsmodule kan begrijpen. We nemen opnieuw het voorbeeld van een KI-schoonmaaksysteem: de camera levert een foto van de vloer aan de redeneer-/informatieverwerkingsmodule en deze module moet vervolgens besluiten de vloer al dan niet schoon te maken (oftewel, wat de beste handeling is om het gewenste doel te bereiken). Voor ons mensen lijkt het misschien gemakkelijk om de stap te maken van een foto van de vloer naar de beslissing of deze moet worden schoongemaakt, maar voor een machine is deze stap nog zo eenvoudig niet, omdat een foto slechts een reeks nullen en enen is. De redeneer-/informatieverwerkingsmodule moet daarom:

1. de foto interpreteren om te bepalen of de vloer schoon is of niet. Over het algemeen betekent dit dat het systeem in staat moet zijn gegevens om te vormen tot informatie en deze informatie op beknopte wijze te

modelleren, waarbij echter alle relevante delen van de gegevens moeten worden behouden (in dit geval of de vloer schoon is of niet);

2. verder redeneren op basis van deze kennis of deze informatie verwerken en zo een numeriek model creëren (oftewel een wiskundige formule) om te bepalen wat de beste handeling is. In dit voorbeeld is de uit de foto afgeleide informatie dat de vloer vies is. De beste handeling is om het schoonmaken te activeren. Anders is de beste handeling om niets te doen.

Merk op dat de term "beslissing" ruim moet worden geïnterpreteerd – als iedere handeling om te bepalen welke handeling er moet worden uitgevoerd – en niet noodzakelijkerwijs aangeeft dat KI-systemen volledig autonoom zijn. Een beslissing kan ook de selectie van een aanbeveling zijn die wordt gedaan aan een mens, die vervolgens de definitieve beslissing neemt.

**Activering.** Wanneer de handeling eenmaal is gekozen, is het KI-systeem klaar om deze uit te voeren via de beschikbare actuatoren. In de bovenstaande schets zijn de actuatoren afgebeeld als armen, maar ze hoeven niet fysiek te zijn. Actuatoren kunnen ook software zijn. In ons schoonmaakvoorbeeld kan het KI-systeem een signaal produceren waardoor een stofzuiger wordt geactiveerd, indien er is gekozen om de vloer schoon te maken. Een ander voorbeeld: een gesprekssysteem (oftewel een chatbot) handelt door berichten te genereren als reactie op de uitingen van een gebruiker.

De uitgevoerde handeling zal mogelijk de omgeving veranderen, dus de volgende keer moet het systeem opnieuw zijn sensoren gebruiken om mogelijk andere informatie uit de veranderde omgeving waar te nemen.

Rationele KI-systemen kiezen niet altijd de beste handeling voor hun doel en bereiken dus slechts *beperkte rationaliteit* vanwege beperkte middelen, zoals tijd of rekenkracht.

*Rationele KI-systemen* zijn een zeer basale versie van KI-systemen. Deze systemen veranderen de omgeving, maar passen hun gedrag in de loop van de tijd niet aan om hun doel beter te bereiken. Een *lerend rationeel systeem* is een rationeel systeem dat, nadat het een handeling heeft uitgevoerd, de nieuwe toestand van de omgeving evalueert (via waarneming) om te bepalen hoe succesvol de handeling is geweest, en vervolgens zijn redeneerregels en beslismethoden aanpast.

## 2. KI als wetenschappelijke discipline

Hierboven is een zeer eenvoudige, abstracte beschrijving van een KI-systeem gegeven aan de hand van drie belangrijke capaciteiten: waarnemen, redeneren/beslissen en activeren. Deze beschrijving is echter voldoende om de meeste van de KI-technieken en -subdisciplines die momenteel worden gebruikt om KI-systemen te creëren, te introduceren en begrijpen. Deze hebben namelijk allemaal te maken met de verschillende capaciteiten van de systemen. In grote lijnen kunnen al die technieken worden verdeeld in twee hoofdgroepen, die te maken hebben met de capaciteiten *redeneren* en *leren*. Daarnaast is robotica een zeer relevante discipline.

**Redeneren en beslissen.** Tot deze groep technieken behoren kennisrepresentatie en redeneren, plannen, inroosteren, zoeken en optimaliseren. Deze technieken maken het redeneren mogelijk op basis van de door de sensoren aangeleverde gegevens. Daarvoor moeten gegevens worden omgevormd tot kennis, dus één domein van KI heeft te maken met de manier waarop deze kennis het best kan worden gemodelleerd (*kennisrepresentatie*). Wanneer de kennis is gemodelleerd, is de volgende stap om op basis hiervan te redeneren (*kennisredeneren*). Daaronder vallen het trekken van conclusies via symbolische regels, *plannings*- en *inroosterings*activiteiten, *zoeken* in een grote verzameling oplossingen en het *optimaliseren*: het kiezen van de optimale oplossing uit alle mogelijke oplossingen voor een probleem. De laatste stap is beslissen welke handeling er moet worden uitgevoerd. Het redeneer-/beslisgedeelte van een KI-systeem is gewoonlijk zeer complex en vereist een combinatie van verschillende van de bovenstaande technieken.

**Leren.** Tot deze groep technieken behoren automatisch leren, neurale netwerken, deep learning, beslissingsbomen en vele andere leertechnieken. Deze technieken maken het voor een KI-systeem mogelijk om te leren problemen op te lossen die niet precies kunnen worden gespecificeerd of waarvan de oplossingsmethode niet met symbolische

redeneerregels kan worden beschreven. Voorbeelden van dergelijke problemen zijn de problemen die te maken hebben met waarnemingscapaciteiten als *spraak* en *taalbegrip*, alsook *computervisie* of *gedragsvoorspelling*. Merk op dat deze problemen eenvoudig lijken, omdat ze dat voor mensen gewoonlijk ook zijn. Voor KI-systemen zijn ze echter minder eenvoudig, want deze kunnen niet vertrouwen op redeneringen op basis van gezond verstand (nog niet althans). De problemen zijn met name lastig wanneer het systeem ongestructureerde gegevens moet interpreteren. Op dat punt komen technieken die de benadering van *automatisch leren* volgen van pas. Technieken op basis van automatisch leren kunnen echter voor veel meer taken worden gebruikt dan alleen waarneming. Met deze technieken wordt een numeriek model geproduceerd (oftewel een wiskundige formule), dat wordt gebruikt om de beslissing te berekenen op basis van de gegevens.

Er zijn verschillende vormen van automatisch leren. De meest gebruikte benaderingen zijn *leren onder toezicht*, *leren zonder toezicht* en *reinforcement-leren*.

Bij automatisch leren onder toezicht geven we het systeem geen gedragsregels, maar voorzien we het van voorbeelden van input-output-gedrag, waardoor het systeem hopelijk uit de voorbeelden (die gewoonlijk het verleden beschrijven) zal kunnen afleiden wat goed gedrag is en dit ook zal kunnen toepassen in situaties die niet in de voorbeelden voorkomen (waar het systeem in de toekomst mee te maken kan krijgen). In ons voorbeeld zouden we het systeem veel voorbeelden geven van foto's van een vloer en de bijbehorende interpretatie (met andere woorden, of de vloer op die foto al dan niet schoon is). Als we genoeg voorbeelden geven en deze voorbeelden divers en inclusief genoeg zijn om de meeste situaties te dekken, zal het systeem door middel van zijn algoritme voor automatisch leren kunnen afleiden hoe het foto's van vloeren die het nog nooit heeft gezien, goed kan interpreteren. Bij sommige benaderingen van automatisch leren wordt gebruikgemaakt van algoritmen die zijn gebaseerd op het concept van *neurale netwerken*. Dit concept is vrij gebaseerd op het menselijke brein, want het heeft een netwerk van kleine verwerkingseenheden (analoog met onze neuronen) met een groot aantal gewogen verbindingen ertussen. Als input gebruikt een neurale netwerk de door de sensoren aangeleverde gegevens (in ons voorbeeld de foto van de vloer) en als output de interpretatie van de foto (in ons voorbeeld of de vloer schoon is of niet). Tijdens de analyse van de voorbeelden (de *trainingsfase* van het netwerk) wordt het gewicht van de verbindingen zo afgestemd dat de output zoveel mogelijk overeenkomt met die van de beschikbare voorbeelden (met andere woorden, dat de discrepantie tussen de verwachte output en de daadwerkelijk door het netwerk berekende output zoveel mogelijk wordt beperkt). Aan het eind van de trainingsfase wordt middels een testfase van het gedrag van het neurale netwerk aan de hand van voorbeelden gecontroleerd of de taak goed is aangeleerd.

Het is belangrijk om op te merken dat deze benadering (zoals alle technieken als het gaat om automatisch leren) altijd een bepaald foutpercentage heeft, al is dit gewoonlijk klein. Een essentieel begrip is dus de *nauwkeurigheid*, een meting van het percentage juiste antwoorden.

Er zijn verschillende soorten neurale netwerken en benaderingen van automatisch leren, waarvan *deep learning* momenteel een van de succesvolste is. Deze benadering heeft te maken met het feit dat het neurale netwerk meerdere lagen heeft tussen de input en de output, waardoor het algehele verband tussen input en output in opeenvolgende stappen kan worden geleerd. De benadering als geheel is daardoor nauwkeuriger en er is minder menselijke begeleiding nodig.

Neurale netwerken zijn slechts één hulpmiddel voor automatisch leren. Er zijn er nog veel meer, met verschillende kenmerken: random forests & boosted trees, clustermethoden, matrixfactorisatie enz.

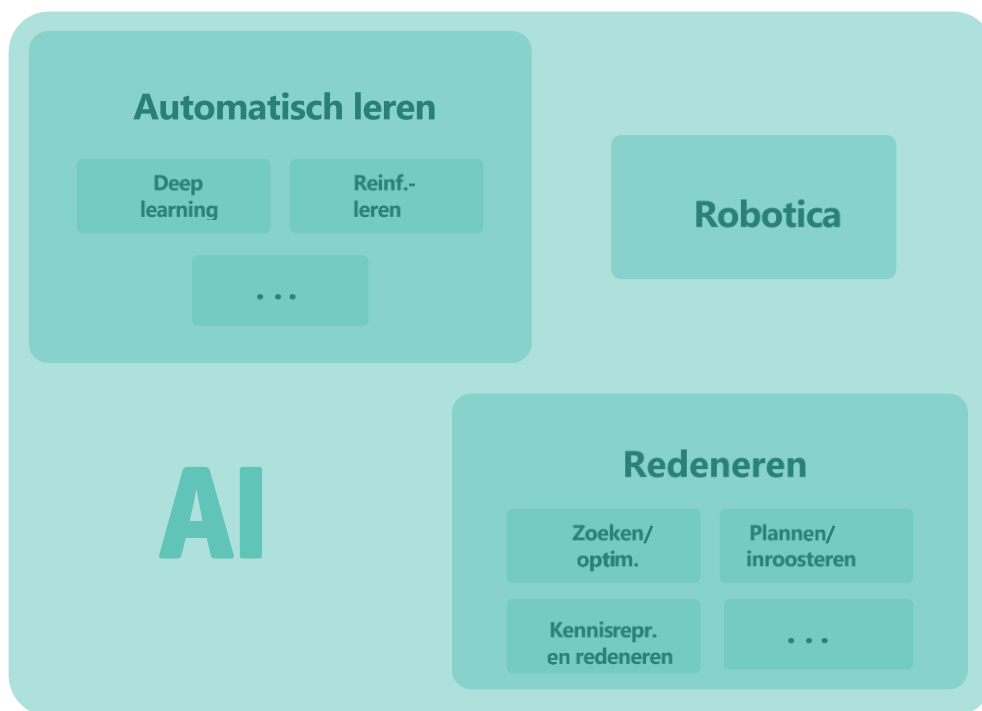
Een andere nuttige vorm van automatisch leren is het zogeheten *reinforcement-leren*. Bij deze benadering laten we het systeem na verloop van tijd vrij bij het maken van zijn beslissingen en laten we het bij elke beslissing via een beloningssignaal weten of het een goede of een slechte beslissing was. Het doel van het systeem is om na verloop van tijd zoveel mogelijk positieve beloningen te ontvangen. Deze benadering wordt bijvoorbeeld gebruikt voor aanbevelingssystemen (zoals de verschillende onlineaanbevelingssystemen die gebruikers voorzien van suggesties voor mogelijke aankopen) en voor marketing.

Benaderingen van automatisch leren zijn niet alleen nuttig bij waarnemingstaken als kijken en tekstbegrip, maar ook bij al die taken die lastig te omschrijven zijn en niet volledig kunnen worden beschreven met symbolische gedragsregels.

Het is belangrijk om het verschil op te merken tussen benaderingen van automatisch leren voor het aanleren van een nieuwe taak die niet goed op een symbolische manier kan worden beschreven, en het aanleren van rationele actoren (in het vorige gedeelte genoemd) die hun gedrag in de loop van de tijd aanpassen om het gestelde doel beter te bereiken. Er kan sprake zijn van overlap of samenwerking tussen deze twee technieken, maar ze zijn niet noodzakelijkerwijs gelijk.

**Robotica.** Robotica kan worden gedefinieerd als "KI in actie in de fysieke wereld" (ook wel *belichaamde KI* genoemd). Een robot is een fysieke machine die moet omgaan met de dynamiek, de onzekerheden en de complexiteit van de fysieke wereld. Waarnemen, redeneren, handelen, leren, alsook de capaciteiten voor interactie met andere systemen, zijn gewoonlijk geïntegreerd in de besturingsarchitectuur van het robotsysteem. Naast KI spelen ook andere disciplines een rol bij het ontwerp en de werking van robots, zoals werktuigbouwkunde en regeltechniek. Voorbeelden van robots zijn robotmanipulators, zelfrijdende voertuigen (zoals auto's, drones, vliegende taxi's), humanoïde robots, robotstofzuigers enz.

In figuur 2 wordt het grootste deel van de bovenstaande KI-subdisciplines weergegeven, evenals het verband ertussen. Het is echter belangrijk om op te merken dat KI veel complexer is dan deze afbeelding laat zien, aangezien er nog veel andere subdisciplines en technieken onder vallen. Bovendien wordt voor robotica, zoals hierboven genoemd, ook gebruikgemaakt van technieken die niet tot het domein van de KI behoren. Wij zijn echter van mening dat de informatie in de figuur voldoende is om op een productieve manier input te leveren voor het bewustzijn van KI, KI-ethiek en KI-beleid en voor de uitwisseling en de discussie daarover die binnen de zeer multidisciplinaire deskundigengroep op hoog niveau met vele belanghebbenden moet plaatsvinden.



*Figuur 2: Een vereenvoudigd overzicht van de subdisciplines van KI en het verband daartussen.*

*Onder zowel automatisch leren als redeneren vallen nog veel meer technieken en onder robotica vallen technieken die niet tot de KI behoren. KI als geheel behoort tot de discipline van de informatica.*

### 3. Andere belangrijke KI-begrippen en -kwesties

**Smalle (of zwakke) en algemene (of sterke) KI.** Een algemeen KI-systeem is bedoeld als een systeem dat de meeste activiteiten kan uitvoeren waartoe mensen in staat zijn. Smalle KI-systemen zijn daarentegen systemen die slechts één taak of een paar specifieke taken kunnen uitvoeren. Momenteel geïnstalleerde KI-systemen zijn voorbeelden van smalle KI. In de beginjaren van KI gebruikten onderzoekers andere terminologie (zwakke en sterke KI). Er bestaan nog altijd veel onopgeloste ethische, wetenschappelijke en technologische uitdagingen rondom het creëren van de



capaciteiten die nodig zouden zijn om algemene KI te verwezenlijken, zoals redeneren op basis van gezond verstand, zelfbewustzijn en het vermogen van de machine om zijn eigen doel te bepalen.

**Gegevensproblemen en vertekening.** Omdat veel KI-systemen, zoals de systemen met componenten van automatisch leren onder toezicht, enorme hoeveelheden gegevens nodig hebben om goed te functioneren, is het belangrijk om te begrijpen welke invloed gegevens hebben op het gedrag van het KI-systeem. Als de trainingsgegevens bijvoorbeeld vertekend – dat wil zeggen, niet evenwichtig of inclusief genoeg – zijn, zal het KI-systeem dat op basis van die gegevens is getraind, niet in staat zijn goede generalisaties te maken en daardoor mogelijk onrechtvaardige beslissingen nemen, waardoor bepaalde groepen worden bevoordeeld ten opzichte van andere. De KI-gemeenschap heeft recent gewerkt aan methoden om vertekening op te sporen en te beperken in sets van trainingsgegevens en in andere delen van een KI-systeem.

**Blackbox-KI en verklaarbaarheid.** Sommige technieken van automatisch leren zijn zeer geslaagd als het gaat om nauwkeurigheid, maar zeer ondoorzichtig wat betreft het begrip van de manier waarop ze beslissingen nemen. Het concept van *blackbox-KI* heeft te maken met dergelijke scenario's waarbij de reden voor bepaalde beslissingen niet te herleiden is. Verklaarbaarheid is een kenmerk van de KI-systemen die wél een bepaald soort verklaring voor hun handelingen kunnen geven.

**Doelgerichte KI.** De huidige KI-systemen zijn doelgericht. Dat betekent dat ze van een mens de omschrijving van een te bereiken doel ontvangen en bepaalde technieken gebruiken om dat doel te bereiken. Ze bepalen niet hun eigen doelen. Sommige KI-systemen (zoals de systemen op basis van bepaalde technieken van automatisch leren) kunnen echter meer vrijheid hebben bij de keuze op welke manier ze het doel proberen te bereiken.

#### 4. Bijgewerkte definitie van KI

Wij stellen de volgende bijgewerkte definitie van KI voor:

"Systemen op basis van kunstmatige intelligentie (KI) zijn door mensen ontworpen<sup>3</sup> softwaresystemen (en mogelijk ook hardwaresystemen) die, met een complex doel, in de fysieke of digitale dimensie in actie komen op basis van gegevens die zij in hun omgeving waarnemen, waarbij ze de verzamelde gestructureerde of ongestructureerde gegevens interpreteren, redeneren op basis van de uit deze gegevens verkregen kennis of de verkregen informatie verwerken en beslissen met welke handeling(en) het gestelde doel het best kan worden bereikt. KI-systemen kunnen gebruikmaken van symbolische regels of een numeriek model leren en kunnen hun gedrag ook aanpassen door te analyseren welke invloed hun eerdere handelingen op de omgeving hebben.

Als wetenschappelijke discipline omvat KI verschillende benaderingen en technieken, zoals automatisch leren (waarvan deep learning en reinforcement-lernen specifieke voorbeelden zijn), automatisch redeneren (waaronder plannen, inroosteren, kennisrepresentatie en redeneren, zoeken en optimaliseren) en robotica (waaronder controle, waarneming, sensoren en actuatoren, alsook de integratie van alle andere technieken in cyber-fysieke systemen)."

Ook stellen wij voor naar dit document te verwijzen als bron van aanvullende informatie ter ondersteuning van deze definitie.

---

<sup>3</sup> Mensen ontwerpen KI-systemen rechtstreeks, maar kunnen ook KI-technieken gebruiken om hun ontwerp te optimaliseren.

**Dit document is opgesteld door de leden van de deskundigengroep op hoog niveau inzake KI,**

die hieronder in alfabetische volgorde worden genoemd.

Pekka Ala-Pietilä, voorzitter van de AI HLEG KI Finland, Huhtamaki, Sanoma	Pierre Lucas Orgalim – de technologische sectoren van Europa
Wilhelm Bauer Fraunhofer	Ieva Martinkenaite Telenor
Urs Bergmann Zalando	Thomas Metzinger JGU Mainz & Europese Vereniging van Universiteiten
Mária Bielíková Slowaakse Technische Universiteit in Bratislava	Catelijne Muller ALLAI Nederland & EESC
Cecilia Bonefeld-Dahl DigitalEurope	Markus Noga SAP
Yann Bonnet ANSSI	Barry O'Sullivan, vicevoorzitter van de AI HLEG University College Cork
Loubna Bouarfa OKRA	Ursula Pahl BEUC
Stéphan Brunessaux Airbus	Nicolas Petit Universiteit van Luik
Raja Chatila IEEE-initiatief Ethics of Intelligent and Autonomous Systems (Ethiek van intelligente en autonome systemen) & Sorbonne Université	Christoph Peylo Bosch
Mark Coeckelbergh Universiteit van Wenen	Iris Plöger BDI
Virginia Dignum Universiteit van Umeå	Stefano Quintarelli Garden Ventures
Luciano Floridi Universiteit van Oxford	Andrea Renda Staf Europacollege & CEPS
Jean-Francois Gagné Element AI	Francesca Rossi* IBM
Chiara Giovannini ANEC	Cristina San José Europese Bankfederatie
Joanna Goodey Bureau voor de grondrechten	George Sharkov Digital SME Alliance
Sami Haddadin Munich School of Robotics and MI	Philipp Slusallek Duits onderzoekscentrum voor KI (DFKI)
Gry Hasselbalch De denkdootank DataEthics & Universiteit van Kopenhagen	Françoise Soulié Fogelman KI-consultant
Fredrik Heintz Universiteit van Linköping	Saskia Steinacker Bayer
Fanny Hidvegi Access Now	Jaan Tallinn Ambient Sound Investment
Eric Hilgendorf Universiteit van Würzburg	Thierry Tingaud STMicroelectronics
Klaus Höckner Hilfsgemeinschaft der Blinden und Sehschwachen	Jakob Uszkoreit Google
Mari-Noëlle Jégo-Laveissière Orange	Aimee Van Wynsberghe TU Delft
Leo Kärkkäinen Nokia Bell Labs	Thiébaud Weber EVV
Sabine Theresia Köszegi TU Wenen	Cecile Wendling AXA
Robert Kroplewski Advocaat & adviseur voor de Poolse overheid	Karen Yeung Universiteit van Birmingham
Elisabeth Ling RELX	

\*Francesca Rossi heeft als rapporteur gefungeerd voor dit document.