



# Parlement en Wetenschap

## DIGITALISERING

Deze factsheet is tot stand gekomen in het kader van de samenwerking tussen de Tweede Kamer, de KNAW, NWO, VSNU en de Jonge Akademie.

Auteurs: prof. dr. Jos Baeten, directeur Centrum Wiskunde & Informatica en hoogleraar theoretische informatica Universiteit van Amsterdam

januari 2020

## Centrale vraagstelling

De Tijdelijke Commissie Digitale Toekomst van de Tweede Kamer wil van de wetenschap weten wat de laatste stand van denken is over de vraag: Welke technologische en digitaliseringsontwikkelingen komen op ons af.

## Inleiding

Het nationaal onderzoekinstituut Centrum Wiskunde & Informatica heeft op de valreep deze vraag voorgelegd gekregen van Parlement & Wetenschap. De korte tijd waarin de vraag beantwoord moest worden liet geen ruimte om het Nederlandse onderzoeksveld te betrekken en tot een breed gedragen factsheet te komen. In april komt het landelijke veld, verenigd in ICT-Research Platform Netherlands, naar verwachting met een strategie, die behulpzaam kan zijn voor de Tijdelijke Commissie. Jos Baeten schetst in het navolgende wat hij persoonlijk ziet als de zes belangrijkste ontwikkelingen. Hij doet dat met kennis van zaken en 40 jaar ervaring in het onderzoek en de toepassing van onderzoek, maar pretendeert niet daarmee een compleet overzicht te geven.

## 1: (Big) Data en kunstmatige intelligentie

De doorbraak van de big data technologie heeft in het afgelopen decennium de grootste impact gehad. Zeer grote hoeveelheden data zijn nu te overzien, en staan aan de basis van nieuwe inzichten op de meest uiteenlopende terreinen. Die doorbraak kon gebeuren dankzij de enorme groei in rekenkracht van computers en in de verwerkingssnelheid en opslagcapaciteit van data. In het bijzonder zijn enorme hoeveelheden data nu een stuk beter te overzien dankzij een techniek die data verwerkt in kolommen. Daarbij worden gegevens niet meer horizontaal in rijen doorzocht, maar verticaal als kolommen, wat een enorme tijds winst oplevert.

Deze ontwikkeling maakte ook de opkomst van zogeheten zelflerende technologieën, d.w.z. computersystemen die met kunstmatige intelligentie of *Artificial Intelligence* (AI) leren. Daarvoor is als basis nodig big data, enorme hoeveelheden data. De invloed van die technologieën zijn nu al overal voelbaar in het dagelijks leven, bijvoorbeeld algoritmen die internetgebruikers op maat gemaakte suggesties doen. Wetenschappelijk onderzoek en verdere ontwikkeling in bedrijven zal de komende jaren deze combinatie van big data en AI technologie alleen maar doen toenemen in belang en reikwijdte.

### Kunstmatige intelligentie staat artsen terzijde

In de nabije toekomst zullen ook andere vormen van kunstmatige intelligentie hun weg vinden naar de maatschappij. Artsen bijvoorbeeld, schakelen steeds vaker die hulp in van kunstmatig intelligente systemen die adviezen uitbrengen op basis van medische gegevens. Een actueel voorbeeld daarvan is een systeem van evolutionaire algoritmen, dat toepassingen vindt bij de bestraling van prostaat-tumoren. Het systeem produceert binnen enkele seconden op maat gemaakte bestralingsplannen, die ook nog eens volledig geoptimaliseerd zijn. Normaal gesproken kost het zelfs zeer geoefende radiotherapeuten al snel een uur om één plan uit te rekenen. Artsen vertrouwen het systeem zo goed dat het wordt uitgebreid om andere typen kanker te bestralen.

## Computer onderhandelt namens mensen

Een andere ontwikkeling waarvan we de impact gaan merken is de opkomst van systemen die namens mensen kunnen onderhandelen met meerdere partijen. In bijvoorbeeld de complexe energiemarkt gaan deze systemen hun intrede doen. We gaan dan zien dat aanbieders en afnemers van energie deze systemen inzetten, en bijzonder snel tot een prijsafspraken komen. Het is een welkome introductie, aangezien de energiemarkt steeds complexer wordt. Waar vroeger één energieaanbieder bestond, zien we nu de opkomst van 'prosumers', of wel burgers en bedrijven die zelf groene energie opwekken en willen leveren aan het net – maar het volgende moment weer afnemer worden. De onderhandelingsystemen zullen ook een toepassing vinden in andere omgevingen waarbij meerdere partijen betrokken zijn, bijvoorbeeld netwerken waar complexe dienstroosters of industriële processen worden 'onderhandeld'.

## Energiezuinige kunstmatige intelligentie

De impact van kunstmatige intelligentie zal alleen maar toenemen zodra deze technologie energiezuiniger wordt. Lerende systemen doen ons wellicht denken aan ons eigen brein, maar ze verbruiken veel meer energie. Het grote energieverbruik zorgt ervoor dat zulke systemen nog niet toepasbaar zijn in apparaten die consumenten aanschaffen. Onderzoekers ontwikkelen echter chips waarbij ze de werking van het brein als inspiratie gebruiken, en het energieverbruik enorm omlaag brengen. Als je bijvoorbeeld een virtuele assistent als Google Assistant gebruikt, gaat alle informatie naar de cloud en weer terug. Een simpele vraag vergt al snel honderdduizend keer zoveel energie als wanneer je de vraag zou afhandelen in een apparaat, voorzien van een chip die is geïnspireerd op het brein. Met deze technologie kunnen bijvoorbeeld zelfrijdende auto's ook minder afhankelijk worden van een cloud.

## Vorbij de black box

Ondanks de grote doorbraak is kunstmatige intelligentie nog lang niet 'af'. Onderzoekers bouwen door aan systemen die steeds sneller en betrouwbaarder zijn. Terwijl ze daarmee grote successen boeken, groeit het besef dat we niet goed weten hoe kunstmatige intelligentie precies werkt. Ook is niet altijd duidelijk waarop de oordelen die de systemen produceren precies zijn gebaseerd. Vaak zijn zelflerende systemen een 'black box', omdat niet is na te gaan hoe ze tot een oordeel komen op basis van de ingevoerde data. Zelflerende systemen zijn vooral goed in het voorspellen van mogelijkheden die vallen binnen de voorbeelden die ze zelf hebben gezien. Verlang je meer, dan kan het al snel misgaan. De systemen zijn vooralsnog erg slecht in extrapolatie, ofwel voorspellen wat er gebeurt buiten het gebied waarin ze voorbeelden hebben gezien.

AI-systemen moeten dus niet enkel krachtiger worden, maar ook inzichtelijker. Een belangrijke stap is helder krijgen hoe betrouwbaar het oordeel van een AI-systeem is. Met hoeveel zekerheid weet je dat dit oordeel correct is? Wanneer bijvoorbeeld een arts zich voor medische beslissingen laat ondersteunen door een kunstmatig intelligent systeem, wil hij kunnen nagaan hoe dat systeem tot een oordeel komt.

Wanneer dit inzicht door middel van onderzoek de komende jaren flink is vergroot, zullen meer professionals de techniek omarmen. Meer inzicht in de werking ervan zal ethisch en maatschappelijk verantwoorde inzet van kunstmatige intelligentie ongetwijfeld verder vergroten.

## Smart cities

Ook zonder kunstmatige intelligentie kan de maatschappij de vruchten plukken van de big data-revolutie. Big-data-analyse helpt bijvoorbeeld bij het aanpakken van complexe stadsproblematiek, en de transitie naar smart cities. Door uit een veelheid van data conclusies te trekken, is het mogelijk om bijvoorbeeld verkeersstromen in kaart te brengen en te beheersen. Ook afvalstromen zijn veel beter inzichtelijk te maken, wat niet alleen kostenverlagingen met zich meebrengt maar uiteindelijk ook de leefbaarheid kan vergroten.

## 2: Cyber security

Met regelmaat berichten media over hack-aanvallen en buitgemaakte persoonsgegevens. Het is een probleem dat speelt op alle denkbare schalen. Het kan iedereen overkomen dat pc's, e-mailprogramma's of bankrekeningen worden gehackt en overgenomen door criminelen. Naast persoonlijk leed kunnen de gevolgen van digitale criminaliteit enorm zijn, als je bedenkt dat omvangrijke en cruciale infrastructuur ook doelwit is van hackpogingen. De achtergronden van cybercriminelen zijn minstens zo uiteenlopend. We zien slimme individuen die simpele digitale beveiligingen kunnen omzeilen, maar ook zeer vakkundig opererende criminele groepen die cybercrime tot verdienmodel hebben gemaakt. Daarnaast zijn er staatsgebonden actoren die met veel middelen en verregaande bevoegdheden bijzonder geavanceerde computervirussen ontwikkelen.

Hoewel iedereen het belang van cyber security onderschrijft, en het aantal geavanceerde aanvallen toeneemt, is digitale beveiliging vaak niet op orde. Het gevolg is dat veel infrastructuur in Nederland erg kwetsbaar is voor digitale aanvallen. We hebben al gezien dat zelfs grote instellingen zoals universiteiten slachtoffer kunnen worden, maar hetzelfde is denkbaar voor bijvoorbeeld het elektriciteitsnet of de watervoorziening.

Elke digitale verdediging is op den duur te kraken, en dat levert een kat-en-muis-spel op. Omdat onze hele samenleving is doordrenkt met digitale technologie, is het zaak om voorop te blijven lopen op het gebied van cyber security. Quantumcomputers kunnen uitkomst bieden (zie volgende hoofdstuk), maar de komst daarvan laat nog lang op zich wachten.

Onderzoekers verwachten op korte termijn meer van technieken waarbij gebruikers samenwerken met data zonder die data daadwerkelijk met elkaar te delen. Een technologie die dat mogelijk moet maken, heet *secure multi-party computation*. Het is een uitkomst voor bedrijven en overheden. Zij kunnen hiermee gezamenlijk data analyseren en als het ware een virtuele data cloud oprichten, maar hoeven niet te vrezen dat deze in verkeerde handen terechtkomen. De data wordt zelf immers niet gedeeld. Deze technologie is volop in ontwikkeling en zal ongetwijfeld binnen enkele jaren toepassingen vinden. Dat zal vooral gebeuren in sectoren die over gevoelige data beschikken, maar die ook willen inzetten om hun service of productiviteit te verbeteren. Voorbeelden daarvan zijn de medische sector en finance.

## 3: Quantumtechnologie

De grootste ontwikkeling die we in de nabije toekomst gaan meemaken op het gebied van informatica is de ontwikkeling van quantum computing. Deze technologie stelt ons mogelijk in staat om computers te maken die bepaalde rekentaken extreem veel sneller uitvoeren dan huidige computers. Veel onderzoekers richten zich op de ontwikkeling van de hardware en software die nodig zijn voor quantumcomputers. Ook proberen ze antwoorden te vinden op de vraag welke taken een quantumcomputer sneller kan uitvoeren dan 'gewone' computers – want een quantumcomputer zal lang niet voor alle rekentaken geschikt zijn.

Het zal wellicht nog tien jaar duren voordat we de eerste bruikbare quantumcomputer gaan zien.

Maar het is noodzakelijk om nu al voorbereid te zijn op de komst van de quantumcomputer, omdat de impact ervan zeer groot kan zijn. Met de quantumcomputer is het bijvoorbeeld mogelijk om de versleuteling te kraken van beveiligde digitale communicatie die nu nog als 'onkraakbaar' geldt.

Onderzoekers richten zich daarom op de ontwikkeling van versleuteling die ook standhoudt wanneer quantumcomputers beschikbaar zijn.

Sectoren als *finance* en de procesindustrie voelen de mogelijkheden van quantum computing aan en investeren daar in toenemende mate in. In finance kan quantum computing niet alleen helpen bij beveiligingsvraagstukken, maar ook om marktbevegingen te analyseren die vele malen te complex zijn voor de huidige computers. In de procesindustrie kan quantum computing helpen om zeer complexe (en dus kostbare) processen te beheersen en te optimaliseren.

## 4: Autonome systemen

De komende jaren zullen we in toenemende mate de introductie zien van autonome systemen, ofwel digitale systemen die handelen zonder tussenkomst van de mens. Vervoer is een van de sectoren

waarbij deze technologie het meest onderzocht wordt. Een weg vol zelfrijdende personenwagens gaan we niet snel zien. De meest voor de hand liggende ontwikkeling is dat autonome systemen toepassingen vinden in gecontroleerde omgevingen, zoals het spoornet of industrieterreinen. Deze omgevingen zijn overzichtelijk, zodat in mindere mate een beroep wordt gedaan op een onzeker improvisatievermogen van autonome systemen om te reageren op onverwachte situaties. Volledig zelfrijdende auto's die mensen vervoeren gaan we de komende tien jaar nog niet op grote schaal meemaken. De eerste stap die we daarin kunnen verwachten is wederom een introductie in gecontroleerde omgevingen. Daarbij valt te denken aan een snelweg waarbij één strook uitsluitend is vrijgemaakt voor autonoom rijdende voertuigen. Vrachtvervoer is hierbij het meest realistische vertrekpunt. Lokale geautomatiseerde goederenbezorging via drones is ook een denkbare toepassing, omdat dit het wegennet ontlast. Op welke schaal deze toepassing zich gaat ontwikkelen is nog de vraag, gezien de regelgeving rondom het gebruik van drones.

## 5: Internet of things

Het internet of things is een verzamelnaam voor toepassingen waarmee apparaten zijn aangesloten op internet of anderen netwerken, en zo extra functionaliteiten krijgen. Deze ontwikkeling zal zich gestaag voortzetten, met name in de beveiliging en bewaking, waarbij camera's worden aangesloten op internet. Een verantwoorde introductie in andere sectoren en markten lijkt mij op korte termijn minder waarschijnlijk, gezien de zorgen over de beveiliging van apparaten die verbonden zijn met het internet, evenals de privacy van de gebruikers. Continu verbonden apparaten kunnen continu gegevens van gebruikers versturen naar de fabrikant of naar andere partijen die (legaal of illegaal) toegang hebben tot de apparaten. Een maatschappelijk groeiend besef van privacy en beveiliging in digitale omgevingen kan de groei van het internet of things bij consumenten verder afremmen.

In de industrie is een trend waarneembaar waarbij internet of things juist in opmars is. Bedrijven bieden steeds meer online diensten aan voor preventief onderhoud van apparaten of infrastructuur, en gebruiken daarvoor sensoren die daarin zijn verwerkt. Voorbeeld daarvan zijn zogeheten 'denkende dijken' of 'slimme bruggen'. Ze bevatten sensoren die via een digitaal netwerk informatie doorgeven over de gesteldheid van het bouwwerk. Zo kan het bedrijf of de eigenaar tijdig ingrijpen met preventief onderhoud, nog voordat er werkelijke schade ontstaat die veel meer geld zou kosten om te repareren.

## 6: Mobiele technologieën

Een veelbesproken ontwikkeling in mobiele technologie is momenteel de introductie van 5G. Die introductie vindt nu plaats en zal impact hebben op het gebruik van digitale apparatuur door consumenten, bedrijven en overheden, maar naar mijn overtuiging niet zozeer fundamentele veranderingen in het gebruik ervan met zich meebrengen.

---

*Disclaimer: De Jonge Akademie, KNAW, NWO, TNO en VSNU bemiddelen tussen parlementaire kennisvraag en wetenschappelijk kennisaanbod. De informatie in het kader van Parlement en Wetenschap is afkomstig van vooraanstaande wetenschappers, maar niet onderworpen aan peer review en niet door de wetenschapsorganisaties geverifieerd.*



Tweede Kamer  
DER STATEN-GENERAAL

