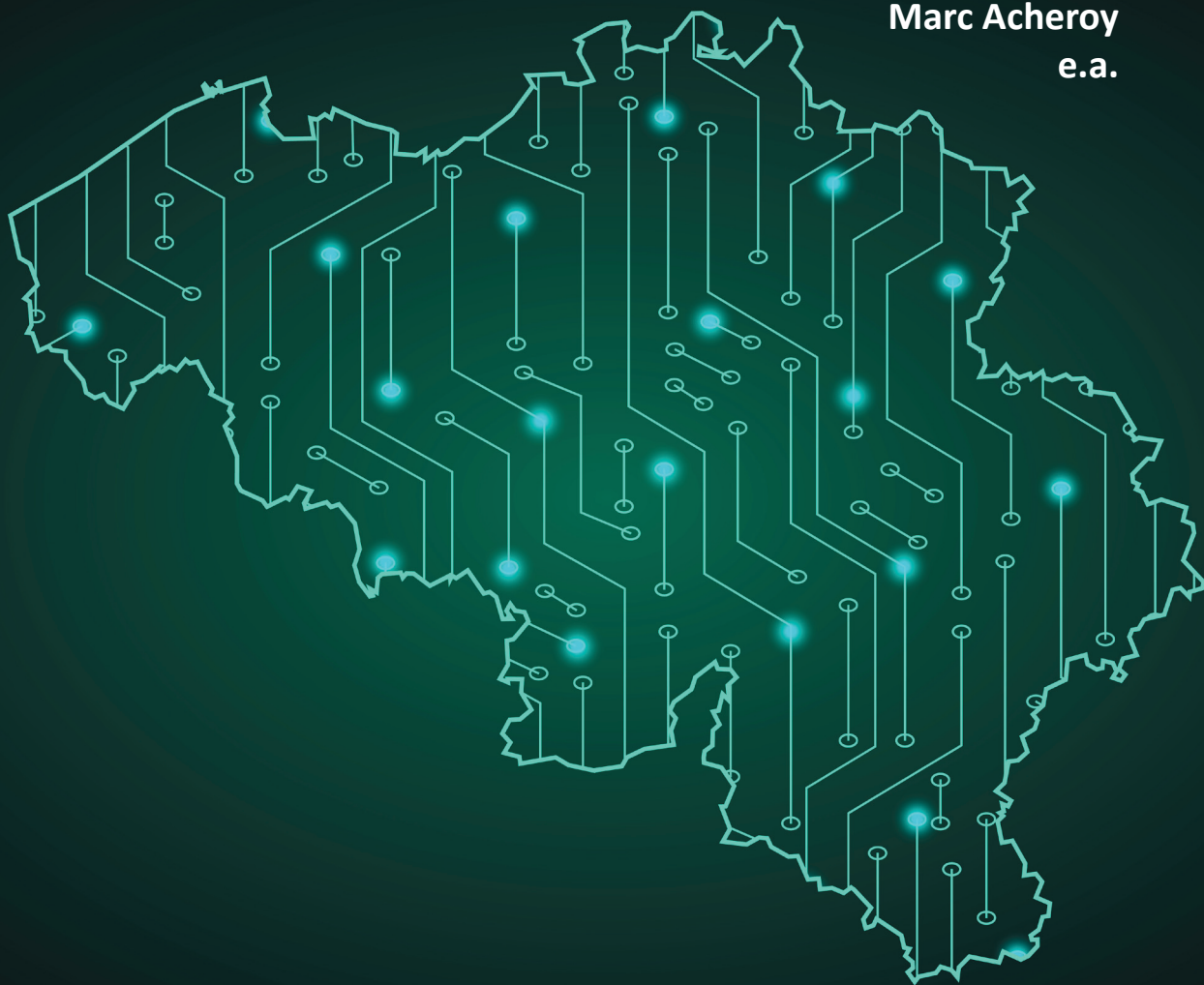


EEN OPROEP TOT EEN VERSNELDE DIGITALE TRANSFORMATIE VOOR BELGIË

Joos Vandewalle
Marc Acheroy
e.a.



KVAB STANDPUNTEN

77 b

Koninklijke Vlaamse Academie van België
voor Wetenschappen en Kunsten - 2022



EEN OPROEP TOT EEN VERSNELDE DIGITALE TRANSFORMATIE VOOR BELGIË



KVAB Press



ARB

KVAB STANDPUNT 77b

Concept cover: Francis Strauven
Cover design: Charlotte Dua
Image: Shutterstock

De tekening van het Paleis der Academiën is een reproductie van het originele perspectief van Charles Vander Straeten in 1823. Jozef Cantré ontwierp het logo van de KVAB in 1947.

De KVAB Standpunten worden gepubliceerd door de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, Hertogsstraat 1, 1000 Brussel.
Tel. 00 32 2 550 23 23 – info@kvab.be – www.kvab.be

EEN OPROEP TOT EEN VERSNELDE DIGITALE TRANSFORMATIE VOOR BELGIË



Joos Vandewalle
Marc Acheroy
Luc Bonte
Rose Bruffaerts
Luc Chefneux
Hugo De Man
Erol Gelenbe
Lies Lahousse
Benoit Macq
Jean-Jacques Quisquater
Hendrik Van Brussel
Valentin Van den Balck
Willy Van Overschée
Pascal Verdonck
Paul Verstraeten

Gedeeltelijke reproductie is toegelaten mits uitdrukkelijke bronvermelding.
Partial reproduction is permitted provided the source is mentioned.
Aanbevolen citeerwijze: Joos Vandewalle, Marc Acherooy e.a *Een oproep tot een versnelde digitale transformatie voor België*, ARB/KVAB Standpunt 77b, 2022.

© Copyright 2022 KVAB
D/2023/0455/01
ISBN 978 90 656 921 08

Drukkerij Universa

Een oproep tot een versnelde digitale transformatie voor België

INHOUDSOPGAVE

Begeleiding voor de lezer.....	7
Management samenvatting	8
Voorwoord.....	10
1. Doelstelling	11
2. Algemene inleiding	12
3. De context van digitale transformatie	15
4. Belangrijkste ingrediënten en beperkingen.....	17
4.1 Chips	17
4.2 Software.....	18
4.3 Algoritmen	19
4.4 Kunstmatige intelligentie en machine learning.....	19
4.5 Gegevensbeveiliging en cryptografie.....	21
4.6 Globale visie op data en datafusie	22
4.7 Digitale agenten en multi-agent systemen	22
5. Complementaire of concurrerende rol voor mens en machine.....	24
6. Impact van de digitale transformatie op vaardigheden, onderwijs, onderzoek en banen van de toekomst.....	29
6.1 Impact op digitale vaardigheden en geletterdheid.....	29
6.2 Impact op formeel onderwijs	29
6.3 Impact op toekomstig onderzoek en innovatie.....	31
6.4 Impact op toekomstig werk	32
6.5 Gerelateerde acties	35
7. Maatschappelijke uitdagingen van digitale transformatie en gerelateerde acties op EU- en Belgisch niveau	36
7.1 Breed perspectief op maatschappelijke uitdagingen	36
7.2 Uitdagingen van eerlijke en concurrerende ondernemingen en economie.....	40
7.3 Uitdagingen van een open, democratische en duurzame samenleving	41
7.4 Uitdagingen van verlies van privacy	42
7.5 Uitdagingen van het ontwerpen van een digitale wereld van eerlijkheid en vertrouwen en geconfronteerd worden met verlies van controle ...	43

7.6	Uitdagingen van IT-beveiliging	45
7.7	Uitdagingen van gebrek aan transparantie, verlies van controle en bias van AI	45
7.8	Productie- en innovatie-uitdagingen.....	47
7.9	Uitdagingen met betrekking tot het energieverbruik van ICT	48
8.	Gevallen van versnelde digitale transformatie in bepaalde sectoren	49
8.1	Productie in de post-COVID-samenleving.....	50
8.2	Robots in de post-pandemische samenleving	55
8.3	Veranderingen in personeelspraktijken en -vaardigheden.....	57
8.4	De toeleveringsketen herstellen	59
8.5	Nieuwe bedrijfsmodellen	59
8.6	De toekomst van geneeskunde: hoe kunstmatige intelligentie medische expertise kan aanvullen	60
8.7	MedTech is de drijfveer richting een duurzamere gezondheidszorg	63
8.8	De mens die AI onder controle heeft.....	70
8.9	Beheer van de toeleveringsketen in door COVID aangedreven bedrijven	74
9.	Conclusies	81
10.	Aanbevelingen	82

Begeleiding voor de lezer

Dit is een vrij uitgebreid Standpunt over een belangrijk maatschappelijk proces. Daarom is het de intentie van de Academies om het document leesbaar en bruikbaar te maken voor een groot en divers publiek in België. De deskundige lezer en beleidsmaker met beperkte tijd kan naar de laatste twee hoofdstukken met conclusies en aanbevelingen springen en daarnaast kunnen zij de relevante hoofdstukken lezen aan de hand van de inhoudsopgave. Voor de jongere generaties en leerkrachten van het middelbaar of hoger onderwijs en voor het bredere publiek, zal een lineaire lezing of een directe sprong naar de juiste hoofdstukken hen de volledige beschrijving leveren. Voor journalisten, wetenschapscommunicatoren en opiniemakers die geïnteresseerd zijn in misverstanden of onge-rechtvaardigde uitspraken, wordt geadviseerd om 'de ingrediënten en beperkingen en de concurrerende of complementaire rollen van mens en machine' te lezen. Sociale wetenschappers en beleidsmakers zouden ook het hoofdstuk over de impact van digitale transformatie op vaardigheden, onderwijs, onderzoek en banen van de toekomst moeten lezen, evenals de maatschappelijke uitdagingen. Tot slot kunnen specialisten in verschillende sectoren de relevante gevallen in hoofdstuk 8 lezen.

Management samenvatting

Dit is het eerste gemeenschappelijke Standpunt van de twee Belgische Academies ARB en KVAB. Daarom richt het zich vooral op de Belgische componenten van een belangrijk proces, namelijk de digitale transitie die wereldwijd vele maatschappelijke mechanismen beïnvloedt. Het is nog steeds aan de gang en redelijk veelomvattend en is versneld door de COVID-19-pandemie. Het biedt verschillende mogelijkheden voor het oplossen van veel van de uitdagingen waar de volgende generatie mee kan worden geconfronteerd, evenals het bieden van doelstellingen voor duurzame ontwikkeling, maar er zijn veel keuzes en ontwerpbeslissingen die genomen moeten worden in een synergetische interactie tussen ICT-specialisten, ingenieurs, sociale wetenschappers en beleidsmakers om ongewenste effecten te voorkomen. Daarom verdient het speciale aandacht van alle Belgische belanghebbenden en leerkrachten, en docenten.

Een goed begrip van deze transitie vraagt om een dieper inzicht in de cruciale ingrediënten die aan de grondslag liggen van digitalisering, maar die vaak verborgen of onbekend zijn voor het publiek. Allereerst hebben we het over chips die de motor van digitalisering zijn, of het nu gaat om een computer, een laptop, een tablet of een smartphone, en software die essentieel is voor het leveren van goede diensten op deze apparaten; aan de basis van de software, de computers en de ICT-netwerken, liggen er algoritmen, kunstmatige intelligentie en machine lerende systemen, gegevensbeveiliging en cryptografie, datafusie en digitale agenten. Een goed inzicht in deze ingrediënten en de kansen en beperkingen van digitale transformatie kan leiden tot een verantwoord gebruik van digitale instrumenten en diensten en kan onnodige angst voorkomen.

We bespreken de complementaire rol van mens en machine, en de impact van digitale transformatie op vaardigheden, onderwijs, onderzoek en toekomstige banen. Vervolgens presenteren we de belangrijke maatschappelijke uitdagingen van digitale transformatie en belangrijke waardevolle acties op EU-, Belgisch en regionaal niveau. Hierna volgt een hoofdstuk met een aantal gevallenstudies waarin de impact van digitalisering op verschillende sectoren en diensten wordt beschreven.

De toekomstige waarde van digitalisering voor een samenleving kan alleen worden gerealiseerd door innovatie en data in alle disciplines te stimuleren. Idealistisch gezien moet disruptieve innovatie leiden tot een betere persoonlijke ervaring en uitkomst voor elk individu en tot lagere kosten voor de samenleving. Om deze waarden te realiseren, moeten data worden verbonden, gecombineerd en gedeeld in een veilige, beveiligde en duurzame infrastructuur.

Er zijn belangrijke aanbevelingen voor de relevante belanghebbenden, politici en het bredere publiek in ons land:

- Digitale transitie zal in ons land alleen slagen als de inspanningen voor meer digitale geletterdheid met betere digitale vaardigheden en meer inzicht in de digitale wereld worden versneld voor jong en oud.
- Digitale instrumenten moeten een integrerend deel uitmaken van onderwijs in alle vakken en moeten flexibelere leerprocessen faciliteren die nauw aansluiten bij de behoeften van de individuele leerlingen of studenten. Bovendien wordt verwacht dat de behoefte aan ICT-professionals zal toenemen en dat de motivatie en aantrekkingskracht van een dergelijke professionele opleiding moeten worden aangepakt.
- Gezamenlijke acties en een bewustmakingsprogramma moeten worden georganiseerd met mediacampagnes om het veilige, verantwoorde, ethische en duurzame gebruik van alle digitale en ICT-apparaten en -diensten te stimuleren.
- Invloedrijke massa en sociale media hebben een belangrijke rol te spelen bij het voorkomen van ongerechtvaardigde projecties van digitale transitie. Nepnieuws en sommige sciencefictionfilms presenteren vaak een onrealistische wereld waarin supermensen of AI de massa tot slaaf kunnen maken. Integendeel, er zijn al regelgevende en technologische instrumenten beschikbaar en verspreid, die het individu in staat stellen om de controle te behouden
- Rekening houdend met het feit dat België een achterstand heeft op het gebied van levenslang leren, kunnen we zien dat de digitale transitie zal leiden tot een tekort aan arbeidskrachten, aangezien ze sterk afhankelijk is van de beschikbaarheid van vaardige werkers in het digitale veld.
- Er moet meer aandacht worden besteed aan een alomvattende strategie betreffende energieverbruik en de milieueffecten van de digitale transitie.

Er zijn ook enkele specifieke aanbevelingen in verband met de pandemiecrisis:

- De leiders van het land, de regio's en organisaties moeten de pandemiecrisis aangrijpen om moedig gedurfde en diepgaande maatregelen voor te stellen, zoals het terugwinnen van efficiëntie in regelgeving en verantwoordelijkheden, thuiswerken, online vergaderen en online lesgeven.
- Tijdens de crisis waren een aantal impliciete en expliciete gedragingen niet toegestaan die vaak gebaseerd waren op niet genoemde aannames. Na de crisis is er een kans om onnodige regels en historische privileges te elimineren.
- In de tekst worden verschillende voorbeelden gegeven van hoe we kunnen leren van de mislukkingen die zich tijdens de pandemie hebben voorgedaan, en hoe digitale transitie kan bijdragen aan oplossingen en remedies.

Voorwoord

De Standpunten serie

De *Standpunten* (Position Papers) serie van de Academie draagt bij aan een wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke onderwerpen. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven onder hun eigen naam, zelfstandig en in volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meer Klassen van de Academie is een kwaliteitsgarantie. Dit standpunt is aanvaard door de KTW-klasse Technische Wetenschappen van de KVAB op 14 september 2021 en door de CTS-klasse Technologie en Samenleving van ARB op 4 december 2021.

1. Doelstelling

Als eerste Standpunt-paper van de Belgische Academies ARB en KVAB zullen we eerst het doel en de plannen presenteren. Het is een empirisch onderbouwde consensusinspanning van een commissie van deskundigen die de auteurs ervan zijn. Dergelijke verslagen omvatten doorgaans bevindingen, conclusies en aanbevelingen op basis van door de commissie verzamelde informatie en op basis van de beraadslagingen van de commissie. Het is niet gericht op commentaar leveren op dagelijkse beleidsbeslissingen, noch is het bedoeld om te speculeren over scenario's die meer dan 15 of 20 jaar in de toekomst kunnen worden verwacht.

Echter, aangezien problemen gevolgen hebben die niet onmiddellijk zichtbaar zijn, is het belangrijk om de gevolgen van keuzes en beleid binnen een voorzienbare periode van misschien tien jaar in overweging te nemen. Bovendien is het doel om alomvattende benaderingen te overwegen die naar het hele systeem kijken, in plaats van individuele onderdelen aan te pakken die de impact op andere onderdelen kunnen verwaarlozen.

Dit Standpunt-paper probeert dus een wetenschappelijke basis te bieden voor een aanpak met scenario's, uitdagingen, diepere oorzaken, illustratieve gevallen, kritieke kwesties en aanbevelingen voor actie. Veel van de problemen en kwesties vragen om actie in de nabije toekomst en kunnen niet worden uitgesteld door uitputtend lange debatten. Het is de rol van een filosoof om te debatteren en het debat uit te breiden door het te voeden met nieuwe elementen, terwijl een ingenieur er de voorkeur aan geeft om tot een alomvattend begrip te komen binnen een context of situatie, waaronder de materiële beperkingen en gevolgen ervan, zodat deze op korte termijn tot actie en impact leiden.

Inderdaad, de auteurs van dit Standpunt-paper hebben als wetenschappers en deskundigen bijgedragen zonder vooroordelen, bias of belangenconflicten. Ze zijn autonoom, zonder banden met politiek of actiegroepen. In het geval dat er sprake kan zijn van een belangenconflict, zal dit vooraf worden gemeld. In de meeste gevallen zijn de gepresenteerde verklaringen het resultaat van een consensus. Als er echter geen consensus over een punt is, zal het worden gepresenteerd met de voor- en nadelen van elke alternatieve visie. Bovendien zijn de bevindingen gebaseerd op feiten en bewijsmateriaal, en wanneer er enige onzekerheid bestaat over de bevindingen, zal dit worden aangegeven. Dit Standpunt-paper is dus niet het resultaat van een specifiek onderzoeksproject van de academies, maar van consensusvorming en debat over alternatieve Standpunten onder deskundigen met jarenlange ervaring. De kwaliteit van het Standpunt-paper wordt nog verder verbeterd door opmerkingen, beoordelingen en steun van de twee klassen van technische wetenschappen, namelijk de KTW van de KVAB en de CTS van de ARB.

2. Algemene inleiding

Dit is de eerste van twee Standpunten over de rol van maatschappelijk verantwoorde technologie in een versnelde transitie naar een post-COVID gedigitaliseerde samenleving die floreert in een duurzame wereld. De centrale thema's zijn klimaatverandering, efficiënt energiegebruik en het koolstofarm maken van het energiesysteem, duurzaam materiaalgebruik, gepersonaliseerde gezondheidszorg, dataverwerkingsdiensten en de toekomst van werk en industrie; dit alles met betrekking tot de menselijke en individuele conditie.

Inderdaad, onze menselijke samenleving leeft en gedijt in een ondiepe laag van een paar kilometers over de werelddol met haar beperkte middelen met betrekking tot materialen en energie. In de post-COVID-periode zou het verstandig zijn om gebruik te maken van het momentum verkregen door te leren van onze recente ervaringen, en om te voorkomen dat we terugkeren naar steriele debatten, of naar de eerdere energie- en klimaatsituatie die de mensheid in ernstige problemen bracht. De recente overstromingen in ons land en vele andere extreme weersomstandigheden over de hele wereld maken dit alleen maar dringender.

Een belangrijke ontwikkeling tijdens de pandemie was de versnelde digitalisering, die voor ons beschikbaar werd voor veel belangrijke activiteiten zoals onderwijs, zorg, werk, amusement en communicatie in het algemeen. Dit brengt ons bij een driehoek van middelen die centraal staan in dit Standpunt-papier: namelijk energie, materie en digitale data. Vanuit technisch oogpunt zijn deze drie middelen nauw met elkaar verbonden.

Wanneer we collectief communiceren, via internet of zoekmachines, maken we gebruik van diensten die aanzienlijke hoeveelheden energie verbruiken. En wanneer we ons verplaatsen in auto's, treinen of vliegtuigen, gebruiken we niet alleen energie, maar tijdens de levensduur van deze voertuigen verbruiken we waardevolle materialen gebruikt om deze voertuigen en transportinfrastructuur te fabriceren. Slimme elektriciteitsnetwerken kunnen de overgang van dit zeer complexe systeem naar een systeem dat broeikasgasneutraliteit bereikt vergemakkelijken, door elektriciteitsverbruik, productie en opslag te optimaliseren, terwijl slimme toeleveringsketens kunnen helpen om waardevolle materialen te besparen en te recyclen, evenals energie kunnen besparen en onze milieupact kunnen verminderen.

Onze energie- en materiële middelen zijn beperkt, tenzij we erin slagen om diepe aarde- of ruimtetechnologieën te benutten, wat niet voor morgen is. Aan de andere kant neemt de hoeveelheid digitale data die is geoogst nog steeds aanzienlijk toe, en vereist het extraheren van kennis of wijsheid een aanzienlijke hoeveelheid energie en intellectuele inspanning. Technologie heeft een steeds groter wordende impact op ons dagelijks leven en de pandemische situatie heeft dit op dramatische

wijze duidelijk gemaakt. Het speelt dan ook een belangrijke rol met betrekking tot de duurzame ontwikkelingsdoelstellingen van de Verenigde Naties. Technologie moet een kracht voor het goede zijn en een bijdrage leveren aan de samenleving.

De theorie van technologische bemiddeling biedt een kader om na te denken over de rol die technologieën spelen in het menselijk bestaan en in de samenleving. Het centrale idee is dat technologieën helpen om de relatie tussen de mens en de wereld vorm te geven. Dit is anders dan het traditionele standpunt dat het de rol van technologie is om passieve producten en diensten aan de mens te leveren of slechts als verlengstuk daarvan te handelen. De bemiddelingstheorie is geworteld in de 'post-fenomenologische' benadering in de filosofie van de technologie, die werd opgericht door Don Ihde en bepleit door Peter-Paul Verbeek¹. De bemiddelingstheorie kan als leidraad dienen voor de praktijk van technisch ontwerpen en sociale keuze, omdat het ontwerpers in staat stelt om de relaties tussen mensen en producten te analyseren en te anticiperen, en om te experimenteren met deze relaties en met de impact van verschillende technologieën op menselijke ervaringen en gedrag, en op hun sociale praktijken.

Om de pandemie onder controle te krijgen, zijn de overheden van de EU, de staat en de regio's erin geslaagd om in recordtijd een enorm aantal middelen te mobiliseren, terwijl het – tot nu toe – onmogelijk is geweest om een vergelijkbare financiële inspanning te leveren om de klimaatverandering aan te pakken of om innovaties in de gezondheidszorg betaalbaar en wereldwijd toegankelijk te maken. De bedreigingen van klimaatverandering en de toename van bestaande ongelijkheden vereisen echter meer aandacht, hoewel de urgentie ervan als minder prioritair wordt ervaren vanwege hun subtielere zichtbaarheid en verschillende tijdschalen. Geconfronteerd met een dergelijke situatie, die kritisch is voor zowel vandaag als de toekomst, kunnen de Academies niet passief blijven. Hun rol bij het behoud en de bevordering van wetenschappelijke kennis, die bijdraagt tot de vooruitgang, de welvaart en het welzijn van de samenleving waartoe zij behoren, maakt hen tot belangrijke spelers in deze moeilijke periode waarin de bevolking en de machthebbers behoefte hebben aan geïnformeerde en empirisch onderbouwde posities die onafhankelijk zijn van individuele, nauw parochiale, politieke of economische belangen.

Deze aanpak is van meet af aan ondersteund door de Europese academische verenigingen, waarvan onze Academies lid zijn, en het is onze bedoeling om alle aandachtsgebieden te behandelen. Ook werken we in nauwe samenwerking met de Academies voor Geneeskunde.

¹ <https://ppverbeek.org/mediation-theory/>

Zo heeft de European Academies Science Advisory Council (EASAC) met onze goedkeuring een volledig Standpunt-paper gepubliceerd², waarin de noodzaak wordt benadrukt om alle acties en besluiten te baseren op wetenschappelijke kennis, en waarin de absolute noodzaak wordt onderstreept om economisch herstel te bewerkstelligen en waarin de urgentie van de aanpakken van ongelijkheden op gezondheidsgebied en klimaatveranderingen dringend moet worden uitgewerkt.

Het Europees Herstelplan, gebaseerd op de Green Deal, moet de leidende maatstaf zijn³. Alleen coherente en ambitieuze maatregelen op het niveau van de EU en haar leiderschap kunnen de noodzakelijke doelstellingen bereiken, niet alleen voor de EU zelf, maar ook op mondiaal niveau. Veel van de aanbevelingen van de IPCC (GIEC) over klimaatverandering en de 17 VN duurzame ontwikkelingsdoelstellingen bevatten specifieke doelen.

De uitdagingen waar we voor staan zijn zo groot en complex dat alle wetenschappen, de menswetenschappen, de sociale en de exacte wetenschappen, hun bijdrage moeten leveren aan het diagnosticeren van problemen, het definiëren van doelen en het identificeren van oplossingen. Hoewel de diagnoses en doelstellingen al relatief duidelijk zijn en worden verfijnd, vormt de praktische implementatie van de oplossingen een bijzonder belangrijke uitdaging waar bestaande en opkomende technologieën een belangrijke rol moeten spelen. De moeilijke keuze tussen technologieën en de scenario's voor hun toepassing moeten strikt wetenschappelijk en zonder ideologische overwegingen worden gemaakt. Dit is precies waar de gezamenlijke werkgroep zich het meest op richt. De werkgroep heeft de steun van de Europese Academie voor Toegepaste Wetenschappen en Techniek (Euro-CASE), die een standpunt-paper⁴ over dit onderwerp heeft opgesteld dat volledig in overeenstemming is met de voorgestelde aanpak.

Euro-CASE heeft in het verleden een belangrijke rol gespeeld en is dat ook in het Scientific Advisory Mechanism (SAM) voor de Europese Commissie blijven doen. We noemen met name de acties en aanbevelingen van Euro-CASE over twee zeer belangrijke kwesties: de transitie naar koolstofvrije energie en de digitale samenleving. De energietransitie is waarschijnlijk het meest complexe mondiale probleem dat moet worden opgelost in de tijd die beschikbaar is om de gestelde doelen te bereiken. Afgezien van de louter technologische complexiteit, de noodzaak om de energietransitie te financieren en het vermogen om technologieën te implementeren, kan er niets gebeuren als men niet op de steun van het grote

² https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/Covid-19/EASAC_Covid19Recovery_Web_29_May.pdf

³ Session keynote of U. von der Leyen at the US National Academy of Medicine 50th anniversary, 19 oktober 2020 *Responding to global crises: Future directions in science and policymaking to address complex threats to society* https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_20_1952

⁴ https://www.euro-case.org/wp-content/uploads/Eurocase/PDF/covid19/EuroCASE_Position-Paper-Economy-Recovery-09102020.pdf

publiek kan rekenen om moeilijke beslissingen te nemen die onze manier van leven diepgaand zullen beïnvloeden. Als men geen rekening houdt met de sociale en culturele gevolgen van onze doelstellingen en ons beleid, en als men geen oog heeft voor sociale rechtvaardigheid, solidariteit en de waarden waaraan de bevolking gehecht is, zal elk hoognodig besluit onvermijdelijk tot mislukken gedoemd zijn. Des te belangrijker is de rol van de Academies, met hun vele multidisciplinaire en interdisciplinaire vertakkingen die veel verder reiken dan de exacte wetenschappen en technologieën.

Wat de twee belangrijkste uitdagingen betreft, is België nog lang niet de beste leerling van de klas in de EU. Ondanks de relatief bescheiden omvang van België, zouden de kwaliteit en kwantiteit van vaardigheden beschikbaar in België, en diens traditie van sociale cohesie, ons land echter in staat moeten stellen zich te positioneren tussen de referentielanden, zowel op deze gebieden als op alle andere gebieden.

Onze twee Academies bundelen hun krachten en staan ter beschikking van onze samenleving om bij te dragen aan de realisatie van de doelstellingen die in het kader van de Europese Green Deal zijn vastgesteld. Maar ze kunnen dit niet alleen. Gesterkt door hun banden met de wetenschappelijke, culturele, economische, industriële en politieke wereld doen zij een plechtig beroep op de overheidsinstanties, op alle actoren van het maatschappelijk middenveld en met name op bedrijfsleven en de industriële organisaties uit alle sectoren, om de uitdaging aan te gaan door vastberaden de weg naar duurzame ontwikkeling in te slaan, ondanks alle moeilijkheden die zich kunnen voordoen.

3. De context van digitale transformatie

Menselijke beschavingen hebben verschillende innovaties in de communicatiemechanismen uitgevoerd die een sterke impact hebben gehad op de organisatie van de samenleving en het leven van haar individuen. De uitvinding van het *'schrift'*, dat over het algemeen toegeschreven wordt aan de Sumeriërs rond 3200 voor Christus, heeft mensen in staat gesteld om berichten te verzenden die noch gelijktijdig zijn of in direct fysiek contact met de spreker, waardoor berichten over generaties en geografische afstanden worden verzonden. De uitvinding van de *'drukkunst'* door Johannes Gutenberg in de 15^e eeuw maakte de massaproductie van boeken en de snelle verspreiding van kennis in heel Europa mogelijk. De *'digitale transformatie'* waar we nu getuige van zijn, maakt het mogelijk om de meeste soorten menselijke communicatie zoals spraak, tekst, beelden, video, geluid, muziek, film, en ook metadata (de data over gegevens zoals locatie, tijd, duur, kanaal, zender, ontvanger, Internet Protocol (IP) adres, etc.) in dezelfde vorm van bits (d.w.z. de eenheden van digitale informatie, 0 of 1) te combineren. Bovendien kunnen deze bits worden verzonden via supersnelle netwerken over de hele wereld en worden verwerkt in nog krachtigere computers en verschillende

draagbare apparaten zoals smartphones en tablets. Over het algemeen bieden computers continue digitale diensten, verzenden ze data via internet en bieden ze toegang tot enorme hoeveelheden gegevens en informatie. Sensoren en camera's kunnen alle belangrijke variabelen registreren en verzenden. Niet alleen kunnen mensen via het internet met elkaar verbonden worden, maar ook apparatuur, (huishoudelijke) apparaten, sensoren en voertuigen kunnen via het Internet of Things (IoT) met elkaar verbonden worden. De hoeveelheid data groeit dus exponentieel, met een huidige schatting van 74 zettabytes, dat wil zeggen een aantal bytes gevormd door 74 gevolgd door 21 nullen, en een byte is 8 bits. Deze dataset wordt vaak 'big data' genoemd vanwege de drie v's: volume (volume), snelheid (velocity) en variëteit (variety). Om uit deze data waardevolle gebruikerservaringen op onze computers en smartphones te verkrijgen, zijn aanzienlijke inspanningen voor het ontwerp en de ontwikkeling van software vereist. Deze software is gebouwd met methoden uit het digitale tijdperk: algoritmen, machine learning, kunstmatige intelligentie en software-engineering. Elk aspect van ons leven en onze samenleving wordt beïnvloed door deze digitale transformatie: industriële activiteit, arbeidsomstandigheden, onderwijs in al zijn vormen van kleuterschool tot permanente educatie, gezondheidszorg, winkelen, logistiek, familie- en vriendschapsrelaties, vrije tijd, reizen, overheid, de organisatie van een stad, wetgeving, wetshandhaving, enz.

Technologie faciliteert de toegang tot informatie en besluitvorming, en maakt op die manier veel van onze acties efficiënter. Het gemak waarmee technologieën en diensten ons dagelijks leven binnenkomen, kan echter de vele problemen of impliciete keuzes die ze met zich meebrengen, verdoezelen. Met zo'n diepgaande impact op de samenleving is het duidelijk dat het ontwerpen van diensten, apparaten en instrumenten moet gebeuren in een goede interactie met de samenleving door de burgers erbij te betrekken. Dat zou in een vroeg stadium in de conceptie van deze diensten moeten beginnen. Dit is de afgelopen jaren in een aantal rapporten door veel organisaties erkend. Laten we er hier twee noemen die in ons land actief zijn geweest. Ten eerste de Friday Group van creatieve jonge Belgische professionals (25-35 jaar) die in 2019 een rapport publiceerde⁵ waarin de volgende vragen centraal staan: 'In welke digitale maatschappij willen we leven? Wat zijn de doelen en welk collectief project dienen ze? Wat zijn de prioriteiten, voorwaarden en beperkingen?' Het pleit voor een bewuste en verantwoorde keuze, weg van blinde fascinatie en irrationele angst voor digitale technologie. Het tweede rapport is door de KVAB Academie opgesteld in het kader van haar Denkers Programma in 2019: "Societal values in digital innovation: who, what and how?". Drie complementaire internationale experts; Jan Rabaey, Peter-Paul Verbeek en Rinie van Est, elk met hun eigen omvangrijke ervaring in technisch ontwerpen, technologie ethiek en evaluatie binnen Nederland, Silicon Valley en internationale

⁵ The Friday Group, 'The Digital Era: Time for a Debate' 2019 en <https://www.alternumeris.org/nl/home-main-nl/>

organisaties, debatteerden met Vlaamse belanghebbenden en vormden hun onafhankelijke evaluatie en advies voor goede praktijken⁶. In een soortgelijke geest streeft de digitale strategie van Wallonië ernaar ambitieus, innovatief en inclusief te zijn. Digitaal Wallonië is een alomvattend project ontworpen om de regio, de economie en de samenleving te transformeren om de aantrekkingskracht, het concurrentievermogen en het welzijn van iedereen te vergroten, gebaseerd op waarden zoals een multidisciplinaire aanpak, transparantie, samenhang, openheid en flexibiliteit⁷.

Sinds deze rapporten zijn gepubliceerd, heeft de pandemie toegeslagen. Het begon in maart 2020 en dwong strikte afstandsregels af voor veel sectoren van ons dagelijks leven. Gelukkig is de digitalisering erin geslaagd een volledige stilstand te voorkomen door online lesgeven, telewerken, online vergaderingen en conferenties en online vrijetijdsactiviteiten te introduceren. Met andere woorden, COVID-19 heeft een gedwongen digitale transformatie bespoedigd, en wel in veel sectoren. Er zijn echter veel beperkingen en belemmeringen van deze gedwongen digitalisering duidelijk geworden. Dit zijn redenen genoeg voor een debat en een gezamenlijk actieplan voor een digitale transformatie die respectvol is naar onze samenleving als geheel en naar individuen, jong en oud, om de komende uitdagingen het hoofd te bieden.

4. Belangrijkste ingrediënten en beperkingen

Digitalisering is als een legpuzzel waarbij veel stukjes samenkomen om de waarde naar de gebruikers en de samenleving over te brengen. Daarom is een dieper begrip van de belangrijkste ingrediënten van digitalisering essentieel om de mogelijkheden, beperkingen, impact op energie en materiële hulpbronnen te begrijpen en om ongerechtvaardigde angst en blinde fascinatie te voorkomen. Het is ook belangrijk om te zien hoe deze ingrediënten geëvolueerd zijn in het proces van onderzoek naar innovatie en een brede toepassing.

4.1 Chips

De centrale werkpaarden van de digitalisering zijn de kleine fysieke siliciumcomponenten, zogenaamde '*chips*' of *geïntegreerde schakelingen (IC's)*. Ze zijn vrij klein en meestal verborgen voor de gebruiker, maar essentieel en alomtegenwoordig in allerlei soorten apparaten, zoals computers, smartphones, slimme sensoren, smart TV's, voertuigen, Internet of Things, routers, supercomputers en in digitale gegevensopslagapparaten. De basisbewerkingen die ze uitvoeren op bits zijn zeer eenvoudige logische bewerkingen zoals 'EN', 'OF' en 'NIET'. Daarbij verbruiken

⁶ Jan Rabaey, Peter-Paul Verbeek, Rinie van Est and Joos Vandewalle "Societal values in digital innovation: who, what and how?", KVAB standpunt-paper 2020.

⁷ <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/digital-wallonia-2019-2024>

ze kleine hoeveelheden energie en geven ze dus warmte af. De vooruitgang in siliciumtechnologie, gemeten in het aantal transistors per chip, is de afgelopen 50 jaar elke 18 maanden verdubbeld, zoals uitgedrukt in de wet van Moore. De huidige ultramoderne high-performance chips bevatten ongeveer 16 miljard transistors, werken met een kloksnelheid van ongeveer 4 GHz en verbruiken ongeveer 60 tot 100W aan elektrisch vermogen. Het is indrukwekkend als men zich realiseert dat een dergelijke lay-out moet worden 'geschreven' en afgedrukt op een flinterdun stukje silicium. Dit proces vereist een extreem hoge nauwkeurigheid van de positionering van de transistors op de chip met onderlinge verbindingen van enkele nanometers breed. Het Nederlandse bedrijf ASML is 's werelds toonaangevende fabrikant van chip-productiemachines op nanometerniveau, terwijl het Vlaamse onderzoekscentrum imec wereldberoemd is in de nano-elektronica. De massaproductie van chips is momenteel echter geconcentreerd in slechts een paar bedrijven, voornamelijk gevestigd in Taiwan, Korea en Silicon Valley. Het ontwerpen van chips is een centraal thema voor veel Belgische bedrijven, spin-offs en onderzoeksgroepen, en omvat niet alleen computerapparatuur, maar ook veel slimme sensoren, componenten voor telecommunicatie, elektrische auto's, slimme energiesystemen en medische en gezondheidszorgapparatuur. De analoge interfacecircuits hebben betrekking op communicatie via de lucht, bedrading of optische kabels. Ze maken draadloze transmissie van grote hoeveelheden digitale data mogelijk, via internet of optische kabels die woningen binnenkomen. Om gelijke tred te houden met de alsmaar toenemende datavolumes en de snellere communicatie, spelen zorgvuldige interfacecircuits en stroombeheercircuits zeker een sleutelrol bij deze digitaliseringsinspanningen.

4.2 Software

Het tweede cruciale ingrediënt is 'software', omdat zonder software de meeste chips en processors alleen zeer eenvoudige bewerkingen kunnen uitvoeren en daarom nutteloos zouden zijn voor de eindgebruiker. Er is dus de afgelopen 50 jaar een hele software-industrie gegroeid die softwareproducten, apps en diensten voor de gebruiker ontwerpt en distribueert. Deze software-industrie is minder geografisch geconcentreerd en mobieler dan chiptechnologie. Software en computerprogramma's zijn ook digitaal van aard en kunnen zonder enige menselijke tussenkomst direct tussen computers worden gecommuniceerd. Bijgevolg kan software via internet worden verzonden en eindelijk worden gekopieerd. Om gebruikers vertrouwen te geven in de software, is het cruciaal dat deze de taak correct en nauwkeurig uitvoert en niet afwijkt van het vooropgestelde doel. Dit resulteert in een vergelijkbare situatie met de biologische wereld, waar mensen en dieren zijn gebouwd met een hiërarchie van DNA, cellen, organen en een lichaam en kwetsbaar zijn voor virussen en bacteriën. Dus, ook in de software kunnen er ongewenste stukjes code verborgen zijn die kwaadaardig zijn, zoals virussen, wormen of Trojaanse paarden. Deze situatie vereist dus maximale transparantie

van software en open source. Er is dan ook een evolutie naar open software die zeker meer ondersteuning verdient.

4.3 Algoritmen

Een derde cruciaal ingrediënt is het '*algoritme*'. Dit is een recept, een eindige reeks goed gedefinieerde, door een computer implementeerbare instructies voor het oplossen van een klasse van specifieke problemen of het uitvoeren van een berekening. Softwareontwikkeling en software-engineering zijn sterk afhankelijk van het ontwerp van krachtige algoritmen. In de loop der jaren hebben beschavingen een verzameling wiskunde opgebouwd die een steeds toenemende boom van wiskundige kennis vormt. Deze boom bevat basisberekeningen, stellingen, eigenschappen en logica die op grote schaal worden gebruikt door het grote publiek, ambachtslieden en in het onderwijs. Het is ook de basis en de taal voor vele wetenschappen en techniek. Computersoftware heeft ook krachtige algoritmen nodig om efficiënt en effectief met data om te gaan en om bruikbare diensten te ontwerpen. Veel ICT doorbraken zijn gebaseerd op high-performance algoritmes. Maar met de populaire en inspirerende boeken van de historicus Yuval Harari en het gebruik van kunstmatige intelligentie is het woord '*algoritme*' nu omgeven door verschillende misvattingen in de populaire literatuur. Algoritmen en de hele boom van de wiskunde kunnen en zullen onze wereld niet overnemen of inherente bias hebben. Het zijn slechts bevestigde resultaten van menselijke intelligentie en ze vormen een rijke bron voor het ontwerpen van toepassingen.

4.4 Kunstmatige intelligentie en machinaal leren

Een vierde ingrediënt dat onlangs wereldwijd aandacht heeft gekregen in bedrijven en de overheid en zelfs in de populaire pers, is '*artificiële intelligentie*'. In studies over menselijke intelligentie wordt dit begrip vaak opgesplitst in redeneren (vloeiende intelligentie) en verworven kennis (gekristalliseerde intelligentie). Terwijl menselijke intelligentie vaak wordt gezien als een combinatie van probleemoplossend vermogen, deductief redeneervermogen, sociaal bewustzijn en de capaciteit om advies te geven of wijsheid te tonen, is kunstmatige intelligentie de kunstmatige tegenhanger van computers en software die sommige van deze taken kan uitvoeren. Met andere woorden,⁸ kunstmatige intelligentie (AI) is een wetenschappelijke en technische discipline die probeert methoden en technologieën te vinden die functies uitvoeren zoals het menselijke brein; bijvoorbeeld zintuiglijke waarneming, patroonherkenning, plannen en controle van complexe systemen, productie en verwerking van taal, het leren van regelmatigigheden, voorspellingen doen, kennis structureren, enz. AI hoeft niet per se de menselijke intelligentie realistisch na te bootsen of de werking van het

⁸ L. Steels, "Artificiële intelligentie, Naar een vierde industriële revolutie?", KVAB Standpunten 53, 2017.

menselijk brein te simuleren, hoewel het in sommige gevallen neuro-geïnspireerd is, bijvoorbeeld netwerken voor computervisie. Zij tracht problemen op te lossen die enige vorm van intelligentie vereisen, in de perceptie van de mens. Er zijn twee nogal verschillende soorten kunstmatige intelligentie te onderscheiden: de kennisgebaseerde en de datagebaseerde aanpak. De op kennis gebaseerde aanpak probeert de menselijke expert zo nauwkeurig mogelijk na te bootsen door hem te observeren en met hem te converseren, en zet deze representaties vervolgens om in regels en zoekstrategieën die in de software kunnen worden geïmplementeerd, zodat het gedrag van de expert wordt benaderd. Deze aanpak bevindt zich nog voornamelijk in de onderzoeksfase, d.w.z. een fase van reflectie, exploratie en experimenteren; zij is echter zeer veelbelovend en heeft het voordeel dat zij een duidelijke motivering geeft voor de beslissing die zij neemt. De op data gebaseerde benadering, ook wel machinaal leren (machine learning) genoemd, maakt voor elk individueel probleem gebruik van geobserveerde of verzamelde ingangs-uitgangsgegevens van experts om een systeem van software of hardware tijdens een trainingsfase te optimaliseren, om het gewenste ingangs-uitgangsgedrag van de deskundige te benaderen. Ongeziene ingangs-uitgangsgegevens van experts kunnen vervolgens gebruikt worden om het systeem te testen. Wanneer de testresultaten ongeveer dezelfde nauwkeurigheid bereiken als die van de trainingsgegevens, kan men zeggen dat het systeem goed generaliseert en dus in de praktijk op een betrouwbare manier kan worden gebruikt. Dit generalisatievermogen wordt vaak beschouwd als menselijke intelligentie, of als iets magisch, maar voor machinaal leren is dit puur het resultaat van wiskunde. Bovendien hangt de kwaliteit van de uitvoering sterk af van de kwaliteit van de expert ingangs-uitgangsgedrag. Veel van de machinale leersystemen gebruiken een artificieel neurale netwerk (ANN) ingangs-uitgangs afbeelding. Deze ANN's zijn slechts wiskundige constructies die ruwweg het menselijk brein nabootsen. Ze bestaan uit verschillende lagen neuronen, waarbij elk neuron aansluitingen met gewichten heeft met de neuronen van de vorige laag. Dus, een kunstmatig neuron is slechts een wiskundige formule, en een ANN is slechts een netwerk van onderling verbonden neuronen; er is dus niets magisch aan neuronen of ANN's. Bovendien zijn ANN's geen nauwkeurige weergave van het mechanisme van de neuronen in de hersenen. Vele recente recordprestaties voor objectherkenning en gezichtsherkenning in afbeeldingen en vele andere taken werden gerealiseerd met behulp van Deep Neural Networks (DNN). Deze DNN's zijn ANN's die bestaan uit een zeer groot aantal lagen, waarvan sommige een speciale structuur hebben en een representatie vormen met kenmerken van de ingangen.

Hoewel deze AI geleid heeft tot een onrealistische euforie en tegelijk angst voor het verlies van menselijke controle, is er een groeiende consensus dat AI in het algemeen en machinaal leren in het bijzonder, van het grootste belang zijn voor de economie van de toekomst en kunnen bijdragen aan een beter functioneren van de samenleving met nieuwe of betere producten, verbeterde productieprocessen, betere administratieve procedures en verbeterde toegang

tot enorme hoeveelheden digitale data en informatie. Daarentegen is het grote nadeel van de machinale leermethoden, dat zij zwarte dozen zijn in die zin dat ze geen verklaring geven voor hun beslissingen. Een ander belangrijk bezwaar tegen deze methoden is dat zij enorme verwachtingen wekken om moeilijke problemen van gebruikers op te lossen, terwijl die voor de methodes nog te complex zijn. De waarde van de oplossing zal ook sterk afhangen van de verscheidenheid en rijkdom van de gegevens waarmee het model is getraind en is de correctheid en objectiviteit van het model niet steeds gegarandeerd, omdat er inherente data vertekening (bias) kan bestaan.

4.5 Gegevensbeveiliging en cryptografie

Het intensieve gebruik van digitale diensten en communicatie en de vele beveiligingsincidenten hebben dit ingrediënt zeer belangrijk gemaakt. Het is bekend dat 'geheimschrift' prominent aanwezig is op het gebied van bestuur, diplomatie en het leger sinds de vroege tijden van het schrift, en dat de geschiedenis vol zit met fantastische verhalen over het gebruik van cryptografie en het breken van codes, zoals het Enigma tijdens de Tweede Wereldoorlog. Het gebruik van cryptografie door de bredere bevolking heeft echter een serieuze impuls gekregen en wordt op grote schaal gebruikt in de digitale transitie. Het is duidelijk dat diplomatieke en militaire methoden om zowel het algoritme als de sleutel geheim te houden niet verenigbaar zijn met volledige transparantie en de noodzaak van standaardisatie en openbare beschikbaarheid van het algoritme. De veiligheid van het algoritme zou uitsluitend van de geheime sleutel moeten komen (principe van Kerkchoffs). Geschat wordt dat meer dan 50% van alle data wereldwijd gebruik maakt van de Advanced Encryption Standard (AES)⁹ (Rijndael, 1999), ontworpen door twee jonge Belgische cryptografen in 1999. Dit algoritme is geïmplementeerd in veel applicaties, zoals sociale media als WhatsApp en vele online banksystemen en online diensten. Hier moet toch opgemerkt worden dat de veiligheid van praktische cryptografische algoritmen zoals AES en alle andere praktische algoritmen niet wiskundig kan worden bewezen. Bijgevolg moeten de gebruikers ermee kunnen leven, dat vooruitgang in openbaar wiskundig onderzoek nieuwe zwakheden ontdekt in sommige van deze cryptografische schema's. Een nog ernstigere situatie is dat onbetrouwbare ontwerpers soms een verborgen achterpoort in hun algoritme hebben ingebouwd, zodat ze kunnen inbreken voor criminele doeleinden. Het is dus van cruciaal belang dat de algoritmen openbaar worden gemaakt en publiekelijk worden gecontroleerd. Op deze manier kan het publiek er vertrouwen in hen hebben en snel worden geïnformeerd wanneer een zwakke plek wordt ontdekt. In feite is deze openbare evaluatie van cryptografische algoritmen erg belangrijk omdat de geschiedenis leert dat veel van de nieuw ontworpen algoritmen door concurrerende onderzoekers worden gebroken. Men kan echter stellen, dat er sinds de jaren 1980 een gestage wereldwijde

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Encryption_Standard

voortgang van open cryptografisch onderzoek is die veel interessante resultaten heeft geproduceerd, zoals de publieke sleutel cryptografie, RSA, zero-knowledge protocollen, digitale handtekeningen, veilige protocollen zoals het SSL-certificaat, digitale valuta's zoals bitcoin, blockchain en online stemmen.

4.6 Globale visie op data en datafusie

Een belangrijk ingrediënt in deze digitale transformatie is de globale kijk en de systemische weergave van data en de verwerking ervan. Grote bedrijven en overheden zetten datacenters op en leveren clouddiensten, en nationale gezondheidszorgsystemen brengen data van verschillende platformen samen, terwijl universiteiten en onderzoekscentra hun platformen van rapporten en publicaties verbinden, vaak in open access. Op deze manier verkrijgt men een proces van 'datafusie', waarbij het hele systeem kan worden gemonitord en geanalyseerd, om systeembetrouwbaarheid, besluitvorming, uitgangskwaliteit, robuustheid, enz. te verbeteren. Datafusie is een onderdeel van big data. Het is een proces waarbij meerdere gegevensbronnen worden geïntegreerd om meer consistente, nauwkeurige en bruikbare informatie te produceren dan deze die door elke afzonderlijke gegevensbron wordt geleverd.

Over het algemeen hebben dergelijke systemen vele analogieën in de fysieke en menselijke wereld. Mensen hebben bijvoorbeeld een multi-sensor systeem dat hen in staat stelt een auto te besturen. Zicht (frontaal, lateraal, achteruitkijkspiegel), gehoor (rem, claxon, knipperen, motorgeluid), aanraking (pedalen, stuur), evenwichtsvermogen (accelereren, draaien), reflexen (noodremming), kennis (wegcode, traject, kaarten, relaties visie-geluid-aanraking-balans, weersomstandigheden, andere weggebruikers, ...), doelstellingen (de auto van de ene plaats naar de andere verplaatsen) en beperkingen (veiligheid, snelheidslimiet, tijdslimiet, energielimiet) produceren allemaal data en informatie die ze kunnen gebruiken en combineren om hun rijactiviteit uit te voeren.

Veel toepassingen, die vaak deel uitmaken van de Green Deal, kunnen profiteren van datafusie: medische diagnoses, teledetectie, verkeersstatussen, rampenbestrijdingsoperaties, intelligente vervoerssystemen, klimaatverandering, opbouw van weerbaarheid, preventie en paraatheid, digitalisering van de Europese energiemarkt, afstandsmonitoring van lucht- en waterverontreiniging, intelligente analyse van big data, oceaansurveillance, draadloze sensornetwerken, bodemkartering (kwalificatie van bodemsorten en -eigenschappen), intelligentie (strategische waarschuwing en verdediging – slagveld inlichtingen – bewaking en doelwit acquisitie), monitoring van apparatuur en robotica.

4.7 Digitale agenten en multi-agent systemen

Andere belangrijke elementen zijn *digitale agenten* en *multi-agent systemen*. Software en technologische systemen hebben een steeds grotere complexiteit

laten zien. Systemen kunnen eenvoudig (een fiets), gecompliceerd (een auto) of complex (een fabriek of een ziekenhuis) zijn. Het gedrag van eenvoudige en ingewikkelde systemen kan worden afgeleid uit de samenstellende componenten (agentia) en hun interacties met elkaar en met de omgeving, maar dit is niet langer het geval in complexe systemen. Het gedrag van complexe systemen kan niet alleen worden voorspeld aan de hand van de kennis van hun componenten, maar ook aan de hand van de manier waarop deze componenten op elkaar inwerken. Complexe systemen kunnen zogenaamd *emergent gedrag vertonen* waarbij complexe adaptieve systemen zelfs nog een stap verder gaan dan hun component en hun gedrag in de loop van de tijd verandert. Zij kunnen *zelf-organiserend gedrag* vertonen.

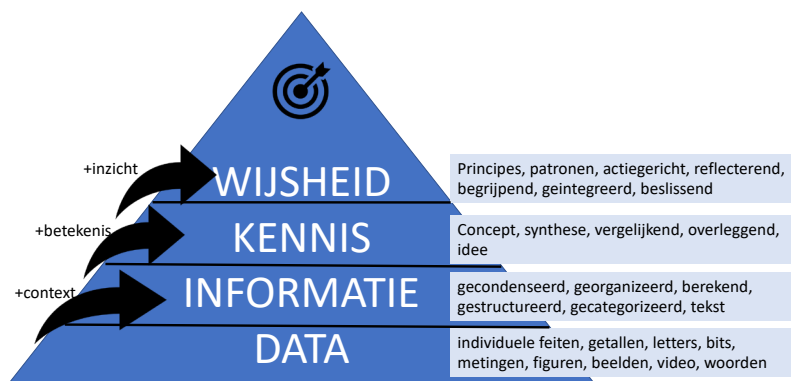
De componenten van complexe systemen worden gewoonlijk *agenten* genoemd in softwaresystemen, of *holons* in technologische systemen waar hardware bij betrokken is. Agenten of holons zijn flexibele, autonome entiteiten die via sensoren en actuatoren verbonden zijn met hun burens en de omgeving en die samenwerken om een wereldwijd systeemdoel te bereiken. Voorbeelden van agenten zijn: een werktuigmachine in een fabriek, een patiënt in een ziekenhuis, een zonnepaneel in een slim energiesysteem voor woningen. *Multi-agentsystemen*, of holarchieën, zijn hiërarchieën van agenten (holons) die de structuur en het gedrag van complexe systemen nabootsen. In Industrie 4.0-jargon worden ze *digitale tweelingen* genoemd.

Om de toegenomen complexiteit het hoofd te bieden, vragen complexe (aanpasbare) systemen om gedistribueerde modellerings- en controlemethoden. Om robuust, adaptief, schaalbaar en herconfigureerbaar te zijn, moeten complexe systemen de traditionele en strikt hiërarchische top-down controlestructuur opgeven en een meer heterarchisch gedistribueerde multi-agent controle architectuur aannemen¹⁰. De rigide regels van hiërarchische systemen moeten worden gecombineerd met de flexibele strategieën van heterarchische systemen, wat resulteert in flexibele systemen die autonoom kunnen omgaan met lokale verstoringen. Ook hier biedt ICT de nodige werktuigen om dergelijke systemen te implementeren. Multi-agent controle architecturen vormen een solide basis voor het aansturen van complexe systemen in vele disciplines, zoals fabrieken, ziekenhuizen, robotzwermen (bijv. vloten van rolstoelen in verpleeghuizen, distributie van maaltijden en medicijnen in ziekenhuizen), openlucht technische systemen (oogsten, wegebouw, openlucht mijnbouw), slimme elektriciteitsnetwerken, verkeerscontrole, gezondheidszorg-systemen, luchthavens en vakantiereserveringssystemen.

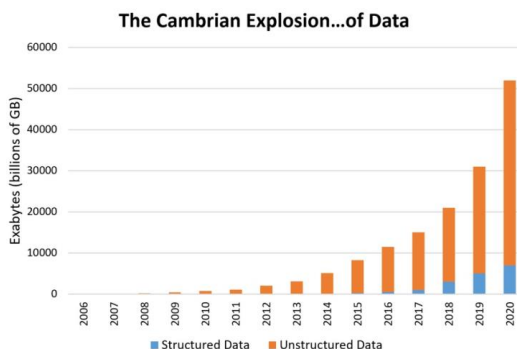
¹⁰ P. Valckenaers, H. Van Brussel, 2016, Design of the unexpected. From holonic manufacturing systems towards a humane mechatronics society, Butterworth-Heinemann, Elsevier.

5. Complementaire of concurrerende rol voor mens en machine?

Data zijn geen wijsheid. De verschillende niveaus in de piramide (zie figuur 1), van data tot wijsheid, worden prachtig beschreven door R. Ackoff¹¹, en worden onder andere de DIKW-hiërarchische piramide genoemd.



Figuur 1. De data, informatie, kennis, wijsheid (DIKW) piramide.



Figuur 2. Explosie van data (zie LinkedIn Patrick Cheesman).

Data zijn doorgaans bits die worden gedetecteerd, gemeten of verzameld over eigenschappen van mensen, objecten en gebeurtenissen of data die door mensen of machines zijn geproduceerd. Ze worden opgeslagen in computers, smartphones, datawarehouses, RAID-systemen (Redundant Array of Independent Disks) of de cloud. De hoeveelheid data die wordt opgeslagen is enorm toegenomen (zie figuur 2). Door de data in computers of mensen te verwerken,

¹¹ R.L. Ackoff, From data to wisdom, Journal of applied systems analysis, 1989.

introduceert men structuur en context, condenseert men de data en verkrijgt men informatie die nuttiger is dan ruwe of ongestructureerde data. In 1948 legde de briljante wiskundige, elektrotechnicus en cryptograaf Claude Shannon de basis van de informatietheorie, een wiskundige theorie voor het comprimeren, beschermen en versleutelen van data.

De informatietheorie overbruggt de kloof tussen probabiliteit en informatie en biedt bouwstenen voor verschillende soorten codering. Tegenwoordig gebruiken computers en smartphones compressiesoftware voor tekst, afbeeldingen of video's om het aantal te verzenden bits te verminderen. Informatie kan antwoorden geven op vragen als wie, wat, wanneer, waar en hoeveel. Kennis daarentegen wordt overgebracht door instructies en antwoorden op praktische vragen en geeft betekenis aan informatie. Wijsheid voegt inzicht toe aan kennis. Zij is het vermogen om te denken en te handelen met behulp van kennis, ervaring, begrip, gezond verstand en inzicht en de gevolgen van acties te voorzien. Wijsheid wordt geassocieerd met waarden zoals onbevooroordeeld oordeel, mededogen, ervaringsgerichte zelfkennis, zelftranscendentie en deugden zoals ethiek en welwillendheid.

Het is duidelijk dat zowel mensen als chips-computer-software-AI-robotsystemen op deze verschillende niveaus kunnen werken of proberen te werken en informatie tussen deze niveaus kunnen verwerken. Om hun prestaties en beperkingen te begrijpen, is het nuttig om hun respectieve complexiteit, snelheid en stroomverbruik te vergelijken.

Het menselijk brein:

- Hogere complexiteit: het menselijk brein heeft doorgaans 100.000.000.000 neuronen, wat veel meer is dan het aantal kunstmatige neuronen dat tegenwoordig in AI wordt gebruikt en dat de komende decennia niet zal worden verslagen.
- Veel hogere interconnectiviteit en parallelisme: 1000 synapsen(gewichten)/neuron = computing in het geheugen. Heel anders dan traditionele Von Neumann computing.
- Lagere verwerkingssnelheid: de reactietijd van een biologisch neuron en het neurale netwerk is slechts 1 à 2 milliseconde.
- Beter energetische efficiëntie: biologische neurale netwerken zijn veel beter dan chips. Doorgaans verbruiken ze ongeveer 10^{*-16} Joule per basisbewerking. In totaal verbruiken de hersenen ongeveer 20 Watt.

Kunstmatige hersenen/chip-computer-software-AI-systemen:

- Lagere complexiteit: in elektronische hardware implementeert één VLSI-chip slechts een paar duizend neuronen. Met behulp van simulaties op computers, en speciale CPU's en GPU's, kan men neurale netwerken van enkele miljoenen neuronen implementeren.

- Superieure verwerkingssnelheid: enkele honderden miljarden basisbewerkingen per seconde kunnen op een chip of computer worden uitgevoerd. De huidige top CPU's of GPU's bereiken een biljoen bewerkingen/seconde (een biljoen = een miljoen miljoen).
- Aanzienlijk lagere energetische efficiëntie: de beste Von Neumann computers en chips verbruiken 10^{*-9} Joule per basisbewerking. Een van de meest performante chips, de NVIDIA GPU, verbruikt 250 Watt.
- Er ontstaan echter veel nieuwe computerarchitecturen die analoge computing in het geheugen imiteren: lager vermogen, veel hogere prestaties/Watt.

Men kan concluderen dat het ontwerp van kunstmatige hersenen niet gebaseerd moet zijn op het menselijk brein of op biologische neurale netwerken. AI is geen magie, maar het is gebaseerd op solide wiskunde en statistiek. Tegelijkertijd bewijst deze vergelijking dat kunstmatige hersenen taken op een andere manier kunnen uitvoeren dan mensen. Hoewel het nog steeds minder complex is en veel meer energie nodig heeft dan menselijke hersenen, kan het profiteren van een veel hogere snelheid dan mensen.

Als je naar deze cijfers kijkt, kan je alleen maar de schoonheid en kracht van het menselijk brein bewonderen. We zouden het niet blindelings moeten trachten te kopiëren, maar we zouden het kunstmatige brein dat we maken moeten gebruiken voor de taken waar het goed in is, zoals zijn hoge verwerkingssnelheden en het omgaan met grote datasets. Een kunstmatig brein dat de prestaties van het menselijk brein uitdaagt, is niet voor morgen.

Er zijn echter invloedrijke auteurs die beweren dat AI in de nabije toekomst superintelligent zal zijn en de mensheid zal overmeesteren, zoals geprojecteerd in sciencefiction verhalen en -films. Techno-futurist Ray Kurzweil overschat bijvoorbeeld de capaciteiten van computers en robots wanneer hij voorspelt dat het Singularity Point, het tijdstip waarop computers intelligenter worden dan de mens, tegen 2045 zal worden bereikt. De cruciale onbekende in deze voorspellingen is de precieze definitie van het begrip 'intelligentie'. Kurzweil reduceert intelligentie tot computing; hoe groter en sneller de computers, hoe intelligenter ze zijn. Allereerst is computing een slechte maatstaf voor intelligentie. Relevanter zijn elementen als interconnectiviteit, parallelisme, geheugencapaciteit en in-memory computing. Onderzoek naar het ontwerpen van dergelijke nieuwe computerarchitecturen is aan de gang. Zelfs als deze succes zouden boeken, zal de implementatie van dergelijke methoden veel tijd vergen. Ten tweede vermeldt hij niet de vaardigheden en de hogere niveaus van de DIKW-piramide die nodig zijn om computers met de wereld te laten communiceren. Grote vragen, zoals hoe menselijke intelligentie en leerprocessen bij kinderen ontstaan, blijven onopgelost. Evenzo heeft Jennifer Pan, Stanford-hoogleraar communicatie en politieke en sociale wetenschappen, in haar boek¹² beschreven hoe politieke

¹² Jennifer Pan, "Welfare for Autocrats: How Social Assistance in China Cares for its Rulers", ISBN-13: 978-0190087432

censuur, propaganda en informatiemanipulatie werken in het digitale tijdperk. Tegelijkertijd verduidelijkt Harari¹³ in een van de 21 lessen voor de 21^e eeuw dat sciencefictionfilms geen wetenschappelijk verantwoord beeld geven van de toekomst. Zij beïnvloeden de meningen en hebben een grote verantwoordelijkheid richting het grote publiek; daarom moeten zij meer wetenschappelijk en minder speculatief zijn in de manier waarop zij toekomstige realiteiten afbeelden. Enkele van de andere maatschappelijke AI-uitdagingen van Harari worden besproken in het volgende hoofdstuk.

In de afgelopen 10 jaar hebben machine learning en deep learning methoden van AI geleid tot spectaculaire resultaten, en ze worden nu veel gebruikt in toepassingen zoals bigdata-analyse, medische diagnostiek, taalvertaling, spraakverwerking, gezichtsherkenning en verschillende computerspellen zoals Alpha Go, waarin ze vaak wereldkampioenen verslaan. Typisch is de kracht dat de kunstmatige methoden grotere datasets aankunnen dan mensen en de stap van data naar informatie veel sneller kunnen uitvoeren. We kunnen dus nog veel meer toepassingen verwachten waarin ze mensen kunnen verslaan in de komende decennia. Ze zijn echter gespecialiseerd en specifiek voor één taak en kunnen goed generaliseren voor die taak, terwijl ze nutteloos blijven voor andere taken. Vandaar dat hun generieke waarde bij het oplossen van veel problemen tegelijkertijd beperkt is. Bovendien kan voor een groot aantal van deze taken de combinatie van de menselijke expert en het getrainde AI-systeem beter presteren dan elk afzonderlijk. Het uiteindelijke gebruik van de informatie die door het AI-systeem wordt geleverd, kan en moet dus nog steeds worden gemaakt door de menselijke expert, rekening houdend met de specifieke contexten. Bovendien wekt de term 'Artificial Intelligence' bij het bredere publiek de verkeerde indruk omdat het niet echt om intelligentie gaat, maar eerder om computeroptimalisering en machine leren.

Voor de hogere niveaus van de DIKW-piramide kan men enkele vragen oproepen over de capaciteiten van door de mens gemaakte kunstmatige systemen. Volgens J.-C. Baillie¹⁴ zijn er een paar voorwaarden waaraan voldaan moet worden om een machine/robot in staat te stellen het algemene intelligentieniveau te bereiken: (i) bewustzijn van zichzelf en zijn plaats in de wereld, (ii) betekenisgeving aan alles wat men tegenkomt, zegt of doet – dit staat bekend als het 'aardingsprobleem'. Een machine die door een AI-algoritme aangestuurd wordt, weet niet wat er aan de hand is en heeft een heel beperkt expertisegebied.

Om het aardingsprobleem op te lossen, moeten vier vragen beantwoord worden: (i) Hoe structureert de AI-robot de informatie die hij van de wereld krijgt? (ii)

¹³ Y. Harari, "21 lessons for the 21st century," Penguin Random House, 2018.

¹⁴ J.-C. Baillie, "Why AlphaGo is not AI", IEEE Spectrum geplaatst op 17 maart 2016. <https://spectrum.ieee.org/u/jean-christophe-baillie> https://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Christophe_Baillie

Hoe creëert hij betekenis uit deze structuur? (iii) Hoe creëert hij een zinvolle communicatie met de wereld? (iv) Waarom doet een AI-robot iets, in plaats van niets? Hoewel veel inspanningen in de kennisgebaseerde aanpak van AI op deze vragen zijn gericht, zijn ze nog lang niet geïmplementeerd en worden ze niet op grote schaal ingezet in diensten.

Strikt genomen realiseert deeplearning, op indrukwekkende wijze, de transformatie van data naar informatie. De automatische reductie van enorme hoeveelheden data (big data) tot een beperkt aantal klassen is een waardevolle stap die menselijke specialisten in staat stelt om passende acties te ondernemen, bijvoorbeeld bij medische diagnose. Er is nog steeds menselijk ingrijpen nodig om de informatie om te zetten in kennis, om zo betekenis aan de informatie te geven.

De paradox van Moravec stelt dat 'wat triviale taken zijn voor mensen moeilijk zijn voor robots en vice versa'. Een kind kan, met wat training, gemakkelijk zijn schoenveters strikken – wat veel moeilijker is voor een robot – terwijl een computer's Deep Blue en AlphaGo respectievelijk Kasparov en de Koreaanse wereldkampioen versloegen. De behendigheid, flexibiliteit en het inzicht van loodgieters, timmerlieden, gereedschapsmakers en boeren zijn zeer moeilijk te automatiseren, terwijl routinematige administratieve taken in de dienstensector, zoals bijvoorbeeld door bankbedienden uitgevoerd, eenvoudig te automatiseren zijn. Het blijft verbazingwekkend dat eenvoudigweg het lopen, het gooien en vangen van een bal, naaldwerk, een T-shirt vouwen, zo moeilijk door robots kunnen worden uitgevoerd.

Ondanks de indrukwekkende resultaten die met deep learning zijn bereikt, is er een brede consensus dat er meer nodig is om machines in het algemeen intelligent te maken; met andere woorden machines die leren in de wereld te leven, op natuurlijke wijze met mensen om te gaan en de complexiteit van onze emoties en cultuur te begrijpen. Het oplossen van unieke cognitieve problemen, die intuïtie, lateraal denken en creativiteit vereisen, is nog niet voorbehouden aan computers en robots, laat staan het uiten van emoties, genegenheid en liefde. Complementariteit is het sleutelwoord: laat mensen samenwerken met robots in plaats van de robots hun werk te laten overnemen¹⁵. Zolang er geen oplossing is voor 'het harde probleem'¹⁶ – hoe de objectieve fysieke processen die in het menselijk brein plaatsvinden kunnen leiden tot subjectieve processen en gevoelens (bewustzijn, verbeelding, ethische en morele gevoelens, emotie, waanzin) – is er geen hoop dat machines of robots tot het niveau van wijsheid kunnen stijgen.

¹⁵ <https://www.wrr.nl/publicaties/verkenningen/2015/12/08/de-robot-de-baas>

¹⁶ D. Chalmers, "The Conscious Mind", Oxford University Press, 1996

6. Impact van de digitale transformatie op vaardigheden, onderwijs, onderzoek en banen van de toekomst

6.1 Impact op digitale vaardigheden en geletterdheid

In de komende decennia zal deze complementaire rol van mensen en machines een aanzienlijke invloed hebben op de digitale vaardigheden die nodig zijn in ons dagelijks leven en in onze banen. Vele banen en activiteiten die onderaan de DIKW-piramide staan, zullen (geheel of gedeeltelijk) worden overgenomen door machines, en er zal meer nadruk komen te liggen op de vaardigheden en competenties op hoger niveau van mensen. Het onderwijs moet daarom de huidige aandacht voor het memoriseren van losjes verbonden feiten verminderen en meer nadruk leggen op het onthouden van gestructureerde feiten; het onderwijs moet werken aan het aanbrengen van context, betekenis en inzicht. Immers deze zullen het leven meer vreugde en geluk brengen, en een gevoel van begrip en controle. Harari¹³ wijdt een interessant hoofdstuk aan het onderwijs: "Mensen hebben het vermogen nodig om informatie te begrijpen, om het verschil te zien tussen wat belangrijk is en wat oninteressant is en vooral om vele stukjes informatie te combineren tot een breed beeld van de wereld". Veel pedagogische experts stellen dat scholen en universiteiten meer aandacht zouden moeten besteden aan de vier C's: kritisch denken (critical thinking), communicatie (communication), samenwerking (collaboration) en creativiteit (creativity). Een heel mooi voorbeeld van de vier C's is Wikipedia, een grote stap voorwaarts ten opzichte van de vroegere gedrukte encyclopedieën die teruggaan tot de Franse Revolutie en het tijdperk van de Verlichting. Wikipedia is een gratis online encyclopedie, geschreven en onderhouden door een gemeenschap van vrijwillige bijdragers via een model van open samenwerking, met behulp van een webgebaseerd bewerkingsstelsel. De encyclopedie draagt bij tot alle niveaus van de kennispiramide en heeft hoge standaarden van juistheid en objectiviteit bereikt. Zelfs de Encyclopaedia Britannica is in correctheid verslagen door de collectieve en creatieve inspanningen van de digitale Wikipedia. Het zal echter belangrijk zijn om op jonge leeftijd het vermogen om met verandering om te gaan te ervaren, om nieuwe dingen te leren en het mentale evenwicht te bewaren in onbekende situaties.

6.2 Impact op formeel onderwijs

De COVID-19-pandemie heeft onze samenleving al blootgesteld aan ongebruikelijke omstandigheden die zich de komende decennia waarschijnlijk in een vergelijkbare vorm, maar niet noodzakelijkerwijs als een pandemie, zullen voordoen. Onderwijs gaat meestal over de toekomst van de samenleving, en het bouwt voort op het verleden. Het is doorgaans traag in het maken van overgangen, maar tijdens de pandemie heeft het een snelle verschuiving naar online onderwijs gemaakt. Voorlopige bevindingen over de rol van onlineonderwijs in het basis- en voortgezet onderwijs hebben echter aangetoond dat online onderwijs goed werkt voor het

memoriseren, maar moeilijker blijkt te zijn voor dieper inzicht. Er ligt dan ook een belangrijke taak voor onderwijsexperts, samen met domeinexperts, om de digitale mechanismen van onderwijs en opleiding te verbeteren. Er zijn enkele stappen voorgesteld voor het lesgeven met MOOC's (Massive Open Online Courses), en blended learning¹⁷ en learning analytics¹⁸. Er is behoefte aan het stimuleren van digitale geletterdheid, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) kennis en vaardigheden in het basis- en voortgezet onderwijs. De nieuwe eindtermen van het middelbaar onderwijs voor Vlaanderen zijn in lijn met de aanbevelingen van het standpunt-paper van de KVAB¹⁹. In Wallonië zijn de digitale vaardigheden van de burgers een belangrijke kwestie; zij moeten een actieve rol spelen in de digitale transformatie door het verwerven van technologische vaardigheden en het aannemen van ondernemersgewoonten, die essentieel zijn voor de economische en sociale ontwikkeling. Er zijn een aantal initiatieven van Digitaal Wallonië die zich op dit gebied focussen²⁰.

Gedwongen afstandsonderwijs aan universiteiten tijdens de COVID-19-pandemie toonde aan dat het effectiever is voor theoretische delen van cursussen met opgenomen hoorcolleges en videoclips of online hoorcolleges, en minder geschikt voor laboratoriumsessies en oefeningen die beter kunnen worden uitgevoerd met face-to-face onderwijs. Studenten waarderen het dat ze in hun eigen tempo kunnen werken. Didactische teams winnen efficiëntie in reistijden, maar de hoorcolleges en sessies op afstand zijn veel tijdrovender, ook al zijn ze herbruikbaar en kunnen ze op veel locaties worden gedeeld. Zowel didactische teams als studenten houden niet van hele lange periodes achter het scherm en missen het contact met collega's. Ze hebben ook behoefte aan feedback en communicatie. Afstandsonderwijs zal hoogstwaarschijnlijk post-COVID-19 blijven, aangezien studenten meer openstaan voor afstandsonderwijs dan vóór de pandemie. De helft van de studenten staat open voor blended learning, en meer dan 20% is voorstander van afstandsonderwijs. Omdat afstandsonderwijs tijdens de pandemie zo snel moest worden ontwikkeld, mag er post-COVID een nog betere kwaliteit van duurzaam blended learning materiaal worden verwacht. Er moet worden vermeld dat didactische teams een positiever beeld hebben van afstandsonderwijs dan studenten.

¹⁷ G. Van der Perre, en J. Van Campenhout, (red.), "Higher education in the digital era, a thinking exercise", KVAB standpunt-paper, 2015. https://www.kvab.be/sites/default/rest/blobs/77/tw-blended-learning_en.pdf

¹⁸ T. De Laet, e.a. "Learning Analytics in het Vlaams hoger onderwijs", Standpunten KVAB, 2018. <https://www.kvab.be/nl/standpunten/%E2%80%99-Clearing-analytics%E2%80%9D-het-vlaams-hoger-onderwijs>

¹⁹ G. Samaey, J. Van Remortel, e.a. "Informaticawetenschappen in het leerplichtonderwijs", Standpunten KVAB, 2014. https://www.kvab.be/sites/default/rest/blobs/81/tw-ja_informatica_wetenschappen.pdf

²⁰ <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/digital-skills-in-wallonia>

In de hele keten van ingrediënten van de digitale revolutie – chips, computers, smartphones, software, algoritmen, AI, robotica, cryptografie, datafusie en agenten – zal de behoefte aan geschoolde werknemers toenemen. Bovendien zijn er geschoolde werknemers nodig om met deze ingrediënten nieuwe en aantrekkelijke producten en diensten te creëren. Vóór COVID-19 was er al een chronisch tekort aan informatici, ingenieurs en wetenschappers in België en een versnelde digitale transformatie zal deze behoefte alleen nog maar vergroten. Aangezien gedegen IT-kennis en competentie in wetenschappelijke disciplines een voorwaarde zijn om AI onder de knie te krijgen, is er een nog groter tekort aan AI-ingenieurs. Over het algemeen zullen alle afgestudeerden van de STEM-masteropleidingen veel gevraagd zijn op de arbeidsmarkt. De AI-dienstontwikkelaars zullen bijvoorbeeld uitgebreid gebruik maken van wiskundige, algoritmische en software vaardigheden, evenals vaardigheden in datawetenschappen. Daarbij zal digitale transformatie zeker de behoefte aan digitale geesteswetenschappen vergroten, een relatief nieuw onderwijs- en onderzoeksgebied, gericht op het gebruik van computationele technieken ter ondersteuning van onderzoek in de geesteswetenschappen, sociale wetenschappen en gedragswetenschappen. Digitale AI-technologie zal het gedrag van studenten en de wetenschap van het leren veranderen, wat op zijn beurt het curriculum zal beïnvloeden. Een voorbeeld is het basisprogramma²¹ datawetenschap voor alle eerstejaarsstudenten van UC Berkeley met enkele duizenden studenten.

Daarnaast is er te weinig kennis van wat AI wel en niet kan doen bij bredere lagen van de bevolking, waaronder bedrijfsleiders en bestuurders. Dit leidt tot te hoge en onrealistische verwachtingen of tot misplaatste angst. Er is dus behoefte aan wetenschappelijke communicatie over de digitale transformatie en over AI voor het grote publiek.

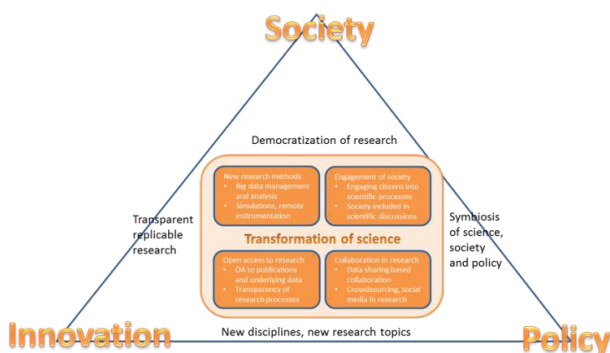
6.3 Impact op toekomstig onderzoek en innovatie

Onderzoek is ook getuige van een belangrijke transitie als gevolg van de digitale transformatie. Digitale data, werktuigen, platforms en netwerken transformeren de hele onderzoekscyclus van hypothese tot publicatie en communicatie wereldwijd. Net als bij onderwijs is het doel om het meer open, mondiaal, samenwerkend, creatief en dichter bij de samenleving te maken²² (Figuur 3). Open Science gaat over de manier waarop onderzoek wordt uitgevoerd, verspreid, ingezet en getransformeerd door digitale tools en netwerken. Het steunt op de gecombineerde effecten van technologische ontwikkeling en culturele verandering richting samenwerking, openheid en betere dienstverlening aan de samenleving. Door onbeperkte, barrièrevrije, open toegang tot onderzoeksresultaten te bieden, maakt Open Science wetenschappelijke processen efficiënter, transparanter en responsiever voor maatschappelijke uitdagingen. Het biedt nieuwe tools

²¹ <https://data.berkeley.edu/>

²² <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/open-science>

voor wetenschappelijke samenwerking, experimenten en analyse en maakt wetenschappelijke kennis gemakkelijker toegankelijk. Open Science heeft veel interessante bijdragen zoals pre-registratie, replicatieonderzoek, het delen van data en onderzoeksinstrumenten, open peer-review, open access publiceren, het uploaden van preprints en (meta-)onderzoek over wetenschappelijke methoden, transformaties van de publicatiecyclus, research data management, en copyright retentie. COVID-19 heeft aangetoond hoe belangrijk het is om wetenschappelijke resultaten over een nieuw virus te delen om de detectie, monitoring en ontwikkeling van vaccins te verbeteren en de impact ervan te onderzoeken. De massale, open wetenschappelijke en gezamenlijke zoektocht naar vaccins was ongekend en leverde inzetbare en effectieve vaccins in minder dan een jaar. Er is echter ook een woord van voorzichtigheid met betrekking tot het opladen van niet-beoordeelde preprints, die in de lekenpers en de sociale media als wetenschappelijke vaststellingen worden overgenomen.



Figuur 3. De digitale transformatie van onderzoek²⁴

Een recent Europees Scorebord²³ plaatst België als innovatieleider op de vierde plaats na drie Scandinavische landen. Het is belangrijk dat ons land deze positie consolideert na de COVID-19-pandemie en helemaal door de groene en digitale transitie heen.

6.4 Impact op toekomstig werk

De COVID-19-pandemie heeft de arbeidsmarkten dramatisch verstoord²⁴. De gevolgen op korte termijn waren wijdverbreid: miljoenen mensen verloren hun baan, ten minste tijdelijk. Degenen die hun baan behielden, moesten hun arbeidsomstandigheden aanpassen, bijvoorbeeld door plotseling thuis te moeten werken. Andere werknemers wiens fysieke aanwezigheid essentieel was, zoals in de medische en zorgsector, supermarkten en warenhuizen, productiebedrijven,

²³ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45943> 21 juni 2021

²⁴ McKinsey Global Institute, The future of work after COVID-19, 18 februari 2021, Rapport.

vuilnisophaaldiensten, openbaar vervoer, moesten hun arbeidsomstandigheden drastisch aanpassen om de verspreiding van het coronavirus te verminderen. Deze plotseling veranderende arbeidsomstandigheden en de verschuivingen in de vraag naar arbeid en in de vaardigheden van personeel zullen ongetwijfeld een blijvende impact hebben op de post-pandemische samenleving.

Vóór COVID-19 was banenpolarisatie (verschuivingen in werkgelegenheid) al zichtbaar²⁵. Om dit fenomeen te analyseren, kunnen vijf soorten taken worden gedefinieerd: (i) manuele routine taken (bijv. lopende band), (ii) manuele complexe taken (bijv. loodgieterswerk), (iii) cognitieve routinetaken (bijv. reisbureaus, administratie), (iv) verwerking van nieuwe informatie (bijv. probleemoplossing), (v) het oplossen van ongestructureerde problemen (bijv. productontwerp). Als gevolg van Moravec's paradox: 'Handmatige (i) en cognitieve routine taken (iii) zijn gemakkelijk te automatiseren, terwijl taken die manipulatieve vaardigheden vereisen (ii) veel moeilijker te automatiseren zijn'. Taken die algemene intelligentie vereisen ((iv) en (v)) zijn nog steeds niet te automatiseren. Als gevolg daarvan werd er een daling in werkgelegenheid waargenomen, in de eerste plaats in de industrie en in mindere mate in financiën, verzekeringen, landbouw, bosbouw, mijnbouw en onroerend goed. De werkgelegenheid nam toe in domeinen als elektriciteit, gas, water, riolering, recycling, bouw, wetenschap en technologie, transport, opslag, hotel, catering, ICT, groothandel, detailhandel, reparatie en de publieke sector. In alle Europese landen daalt het aantal middelmatig betaalde banen²⁶ terwijl het aantal laagbetaalde en hoogbetaalde banen toeneemt, en in België is dit effect bijzonder sterk.

Er worden maatregelen genomen voor banen met een nauwe fysieke nabijheid om de COVID-19-risico's te verminderen die waarschijnlijk (gedeeltelijk) zullen worden voortgezet na COVID-19 vanwege andere positieve effecten die ze met zich meebrengen, bijvoorbeeld telegeneeskunde. Robotica en automatisering zullen in de toekomst een steeds belangrijker rol gaan spelen om deze verder te verbeteren. Onderhoudsdiensten op locatie zullen in toenemende mate worden geautomatiseerd door massaal gebruik van sensoren en zullen worden aangevuld door virtual reality, waardoor diagnostiek op afstand mogelijk wordt. Productiefaciliteiten die de directe nabijheid van werknemers vereisen, zoals assemblagelijnen voor auto's, worden opnieuw geformatteerd en/of gerobotiseerd om te voldoen aan de COVID-19-regelgeving, zoals social distancing, en deze trend zal zich na de pandemietijd voortzetten, zij het om andere redenen, zoals ergonomie, productiviteit en kwaliteit.

²⁵ H. Van Brussel, J. De Schutter, et al. (2016), Naar een inclusieve robotsamenleving, Standpunten 46, KVAB https://www.kvab.be/sites/default/rest/blobs/682/tw_robotisering.pdf

²⁶ M. Goos, A. Manning, A. Salomons, Explaining Job Polarisation: Routine-Biased Technological Change and Offshoring, *American Economic Review* 2014, 104(8): 2509-2526.

De effecten van COVID-19 die hierboven beschreven zijn, zullen noodzakelijkerwijs het personeelsbestand en de werkinhoud beïnvloeden en uiteindelijk een nieuwe vorm geven. De COVID-19-pandemie heeft zowel de positieve als de negatieve effecten van werken op afstand en virtuele vergaderingen aan het licht gebracht. Het effect op de economie (reizen, hotels, restaurants, kantoorruimte, verkeersopstoppingen en openbaar vervoer), werkefficiëntie en welzijn van het personeel (gebrek aan sociaal contact) is moeilijk te voorspellen, maar er is geen twijfel dat werken op afstand en virtuele vergaderingen blijvend zullen zijn. Hetzelfde geldt voor e-commerce, die tot vijf keer sneller is gegroeid dan vóór de pandemie. Andere digitale transacties, zoals online bankieren en streaming entertainment, hebben ook een hoge vlucht genomen en zullen naar verwachting niet verdwijnen na de pandemie.

In de post-pandemische wereld kan een ander banenpolarisatiepatroon ontstaan, met weinig banengroei in laagbetaalde banen. De grootste negatieve impact van de pandemie wordt verwacht voor werknemers in de voedsel- en klantenverkoop- en servicesectoren, en in de minder gekwalificeerde ondersteunende kantoorfuncties. Banen in opslag en transport zullen toenemen vanwege de bloeiende e-commerce en bezorgeconomie, maar niet genoeg om de disruptie van veel laagbetaalde banen te compenseren. De vraag naar gezondheidswerkers zou kunnen groeien om hoogwaardige zorg voor een vergrijzende bevolking te behouden. STEM-gerelateerde banen blijven erg populair in lijn met een toenemende vraag naar mensen die nieuwe technologiesystemen kunnen innoveren, creëren, implementeren en onderhouden. Daarom heeft de Vlaamse Regering een STEM-actieplan ontwikkeld²⁷ met een agenda voor 2030. De integratie van 'Art' in het Actieplan 'STEM' werd geadviseerd en wordt daarom afgekort tot 'STEAM'. Kunst in zijn verschillende vormen en dimensies is een hoeksteen van de mensheid. Zij vertegenwoordigt een symbiose in de samenleving; een historische interactieve link tussen mens en cultuur, ondersteund door specifieke menselijke talenten, en is in feite verbonden met digitale AI-technologie. Als reactie op het toenemende aantal banen in de wetenschappen, technologie, techniek en wiskunde hebben de Waalse regering en de Waalse-Brusselse Federatie een referentiecentrum voor STEM opgericht²⁸.

Terwijl vóór de pandemie het banenverlies zich concentreerde in de middelmatig betaalde banen, zoals die in de productie en sommige kantoorwerkzaamheden, als gevolg van automatisering, bleef het aantal laag- en goedbetaalde banen groeien. Bijna alle laagbetaalde werknemers die hun baan hebben verloren, zouden naar andere laagbetaalde banen kunnen gaan, maar als gevolg van de impact van de pandemie op laagbetaalde banen zal meer dan de helft van de

²⁷ STEM-AGENDA 2030, STEM-competenties voor een toekomstig- en missiegericht beleid. https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1624978438/STEM_agenda_2030_pjxpnw.pdf

²⁸ <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/centre-stem>

ontheemde laagbetaalde werknemers mogelijk moeten overstappen naar banen in de hogere loonschijven, waarvoor andere vaardigheden nodig zijn om aan het werk te blijven. Een onderzoek in acht landen over de hele wereld, die 60% van de wereldbevolking vertegenwoordigen, toonde aan dat, gezien de banengroei in hoogbetaalde banen en de daling in laagbetaalde banen, ongeveer 25% van het huidige personeelsbestand tegen 2030 een andere baan zal moeten vinden²⁹.

Er is duidelijk behoefte aan omscholing van de beroepsbevolking. De transitie als gevolg van de pandemie dringt er bij bedrijven en beleidsmakers op aan om te voorzien in aanvullende training- en opleidingsprogramma's voor werknemers op verschillende niveaus. Deze programma's moeten bij voorkeur gebaseerd zijn op de vaardigheden die zij nodig hebben in plaats van op school of voor academische diploma's. Dit vraagt om een herformulering van de functie-inhoud en van de uitvoering van taken. Het resultaat daarvan kunnen hybride strategieën voor werken op afstand zijn, die het mogelijk maken voor werknemers om vaardigheden op te doen die aangepast zijn aan de sub-taken, om de tevredenheid van werknemers te vergroten en om de kosten van de werkplek te verlagen. Werken op afstand kan de mogelijkheid bieden om waardevolle mensen, die niet in staat zijn zich te verplaatsen naar de plek waar ze nodig zijn, te behouden, en een grotere digitalisering van de infrastructuur en dataverwerking zullen sleutelementen zijn voor succes. Bedrijven en beleidsmakers moeten samenwerken om werknemers die migreren tussen beroepen te ondersteunen. Laten we nu eens kijken naar de situatie in België; uit een studie van Eurostat blijkt dat in juli 2021 in België slechts 7,4% van de mensen tussen 25 en 64 jaar een opleiding of bijscholing volgde. Dat is onder het Europese gemiddelde van 9,2% en ver onder de bijna 30% in de Scandinavische landen. Alleen met levenslang leren kan België de mismatch en het tekort op de arbeidsmarkt oplossen.

Uit een recente studie van de Europese Investeringsbank³⁰ blijkt dat Belgische bedrijven het EU-gemiddelde overtreffen bij de invoering van digitale technologieën in alle sectoren: industrie, bouw, diensten en infrastructuur.

6.5 Gerelateerde acties

Sta ons toe enkele acties rond dit thema te noemen. De paraatheid van alle generaties voor deze transformatie komt aan de orde in de EU-acties inzake digitale vaardigheden, onderwijs en werk³¹ met een *Actieplan voor Digitaal Onderwijs* om digitale geletterdheid en competenties op alle onderwijsniveaus te

²⁹ <https://resources.oxfordeconomics.com/how-robots-change-the-world?source=recent-releases>

³⁰ Digitalisation in Europe 2020-2021, Evidence from the EIB Investment Survey. <https://www.eib.org/en/publications-research/economics/surveys-data/eibis-digitalisation-report.htm>

³¹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-skills-and-jobs>

stimuleren. Er zijn initiatieven voor een *versterkte Vaardighedenagenda* om de digitale vaardigheden in de hele samenleving te versterken, en een versterkte Jongerengarantie om sterk de nadruk te leggen op digitale vaardigheden bij vroege loopbaanovergangen, evenals een initiatief om de *arbeidsvoorwaarden voor platformwerkers te verbeteren*. Ook op Vlaams niveau heeft de SERV een interessante visienota³² over deze onderwerpen gepubliceerd.

Het project 'Ecole Numérique', dat is opgezet door Digitaal Wallonië, bestrijkt verschillende gebieden die bedoeld zijn om basisscholen en middelbare scholen te voorzien van hoogwaardige apparatuur en aansluitingen om het gebruik van digitale technologie te promoten, specifieke digitale vaardigheden te verwerven en andere manieren van leren te ondersteunen³³.

7. Maatschappelijke uitdagingen van digitale transformatie en gerelateerde acties op EU- en Belgisch niveau

7.1 Breed perspectief op maatschappelijke uitdagingen

Het is belangrijk om de realistische maatschappelijke uitdagingen van digitale transformatie en hoe deze aan te pakken te bespreken, en de onrealistische sciencefictionprojecties en -fantasieën die kort werden beschreven in hoofdstuk 5, te vermijden. We verwijzen de lezer ook naar EU- en nationale rapporten voor de technologische ontwikkelingen in infrastructuur die moeten worden ingezet en ondersteund door EU-post-COVID-19-budgetten. Toch is één van de belangrijkste elementen van dit standpunt-paper het bespreken van een aantal belangrijke en realistische maatschappelijke uitdagingen en hoe deze kunnen worden aangepakt. Laten we eerst de acties op EU- en Belgisch niveau bespreken. Commissaris Margrethe Vestager, uitvoerend vicevoorzitter van de Europese Commissie voor "Een Europa dat klaar is voor het digitale tijdperk", is ingegaan op de kwesties van de digitale transformatie in Den Haag op 3 februari 2020³⁴ en in de EU communicatie³⁵: *"Digitale technologieën, hoe geavanceerd ze ook zijn, zijn slechts een hulpmiddel. Ze kunnen niet al onze problemen oplossen. Toch maken ze dingen mogelijk die een generatie geleden ondenkbaar waren. Het succes van Europa's digitale strategie zal worden afgemeten in termen van hoe goed we deze instrumenten kunnen inzetten bij het leveren van publieke goederen aan de Europese burgers. De data-flexibele economie en haar enorm transformatiepotentieel zullen ons allemaal beïnvloeden en Europa staat klaar om*

³² Visienota De transitie naar een digitale samenleving: aanzet voor een integrale beleidsagenda, Brussel, 17 januari 2018

³³ <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/digital-skills-in-wallonia>

³⁴ M. Vestager, "Shaping a digital future for Europe", Symposium on Digitalisation, Den Haag, 3 februari 2020.

³⁵ https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf

de voordelen ervan ten volle te benutten. Maar om deze digitale transformatie volledig te doen slagen, moeten we de juiste kaders creëren om betrouwbare technologie te garanderen en bedrijven het vertrouwen, de competenties en de middelen te geven om te digitaliseren. Coördinatie van de inspanningen tussen de EU, de lidstaten, de regio's, het maatschappelijk middenveld en de particuliere sector is essentieel om dit te bereiken en het Europese digitale leiderschap te versterken. Europa kan zelfstandig deze digitale transformatie bewerkstelligen en de normen op wereldvlak bepalen als het gaat om technologische ontwikkeling. Wat nog belangrijker is, het kan dit doen en tegelijkertijd de inclusie van en het respect voor elk mens garanderen. Digitale transformatie kan alleen werken als het voor iedereen werkt en niet voor slechts enkelen. Het wordt een echt Europees project – een digitale samenleving gebaseerd op Europese waarden en Europese regels – dat de rest van de wereld echt kan inspireren.”

Vijf van de 14 megatrends in de EU³⁶ hebben een sterke relatie tot de digitalisering: versnelling van technologische veranderingen en hyperconnectiviteit, veranderen van het veiligheidsparadigma, vergroten van de invloed van bestuursystemen, veranderen van de aard van werk en diversifiëren van onderwijs en leren. De laatste twee werden in het vorige hoofdstuk al besproken. De Eurobarometer over digitalisering in ons dagelijks leven³⁷ dateert van maart 2020 en heeft dus geen COVID-19-gerelateerde vragen. Bijna zeven op de tien mensen denken dat ze voldoende vaardig zijn om de digitale apparaten die deel uitmaken van hun dagelijks leven te gebruiken. Bijna acht op de tien willen dat fabrikanten worden gedwongen om apparaten gemakkelijker te repareren. Maar het aandeel zakt naar vier op de tien als dit gekoppeld is aan hogere prijzen. Wat persoonlijke gegevens betreft, is meer dan 40% van de deelnemers bereid om hun gegevens te delen om medisch onderzoek en medische zorg te verbeteren – als dat op veilige wijze gebeurt – en ongeveer 30% is bereid dit te doen in noodsituaties (bijv. natuurrampen, terroristische aanslagen). Iets meer dan 60% zei dat ze het nuttig zouden vinden om één digitale ID te hebben voor alle onlinediensten.

Specifieke maatschappelijke waarden en gerelateerde ethische kwesties als gevolg van de digitale transformatie hebben een meer specifieke betekenis gekregen in tabel 1.

³⁶ https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/tool/megatrends-hub_en

³⁷ <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2228>

Tabel 1. Maatschappelijke en ethische vraagstukken in verband met digitalisering (bron: Kool et al.³⁸ 2017)

Onderwerp	Maatschappelijke en ethische kwesties
Privacy	Gegevensbescherming, privacy, digitale onschendbaarheid, mentale privacy, bewaking, functieverschuiving
Veiligheid	Informatiebeveiliging, identiteitsfraude, fysieke beveiliging
Autonomie	Vrijheid van keuze, vrijheid van meningsuiting, manipulatie (verspreiding van desinformatie, micro-targeting), bescherming van de democratie, paternalisme, vaardigheden, grenzen van zelfredzaamheid
Controle over technologie	Controle over en begrip van AI-technologie, verantwoordelijkheid, voorspelbaarheid
Menselijke waardigheid	Ontmenselijking, instrumentalisering, de-kwalificatie, de-socialisering, werkloosheid
Gerechtigheid	Discriminatie, uitsluiting, gelijke behandeling, stigmatisering
Machts-structuren	Ooneerlijke concurrentie, uitbuiting, relaties tussen consumenten en zakelijke relaties, relaties tussen bedrijven en platforms

Vlaanderen werd in 2020 gemeten door een brede publieksenquête genaamd 'de Digimeter'³⁹. Er is zeker een digitale versnelling als gevolg van COVID-19, maar er zijn ook enkele uitdagingen, aangezien een kwart van de respondenten niet voorbereid was om uitsluitend online te leven, met 5% zonder schermen en 11% die een nieuw apparaat of scherm kochten:

- Videobellen (maandelijks) 50% (25% toename in de pandemie)
- Live TV kijken (dagelijks) 56% (9% stijging)
- Online winkelen (maandelijks of meer) 65% (10% stijging)
- Contactloos betalen met smartphone (wekelijks) 26% (12% stijging)
- Contant betalen (wekelijks) 43% (18% daling)
- Deeleconomie – AirBnB 16% (5% daling)
- Nieuws zoeken via zoekmachines (maandelijks) 71% (14% stijging)
- Nieuws-apps (maandelijks) 52% (14% stijging)
- Betaalde streamingdiensten (maandelijks) 46% (7% stijging)
- Ik heb een nieuw apparaat of scherm gekocht tijdens de lockdown 11%

In het recente Vlaamse rapport wordt gepleit voor een versnelde digitale economie en geen terugkeer naar het pre-Corona-tijdperk⁴⁰. Deze cijfers, die ook ruwweg van toepassing zijn op Wallonië, tonen het belang van digitaal onderwijs als de belangrijkste manier voor de bevolking om beter geïnformeerd te worden over de

³⁸ Kool, L., J. Timmer, L. Royakkers & R. van Est "Opwaarderen: Borgen van publieke waarden in de digitale samenleving". Den Haag: Rathenau Instituut, 2017.

³⁹ <https://www.imec-int.com/en/imecdigimeter-2020#rapport>

⁴⁰ Vlaanderen welvarender, weerbaarder en wervender rapport <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/37584>

potentiële voordelen, de valkuilen en vooral de vaardigheden die nodig zijn om deze technologieën optimaal te benutten, zowel voor persoonlijke ontwikkeling als om deel te nemen aan het economische en sociale leven⁴¹.

Vermeldenswaardig zijn ook de Vlaamse reflecties op het Digitale Kompas 2030: de Europese weg naar het Digitale Decennium⁴².

1. Vlaamse belanghebbenden verwelkomen het idee van de Europese Commissie om de digitale transformatie te versnellen.
2. Aandacht voor cyberveiligheid en de veiligheid van de digitale economie en samenleving in de context van digitale soevereiniteit.
3. Vlaamse belanghebbenden vragen om bijzondere aandacht voor de link tussen de circulaire economie en digitalisering en vragen om ook hiervoor solide doelstellingen op te stellen. De beste manier om hier de link te leggen is tussen de Europese strategische doelstellingen voor digitalisering en de Green Deal.
4. De term 'ICT-specialisten' moet worden verduidelijkt. Daarnaast moet de doelstelling inzake vaardigheden ook gericht zijn op experts in andere gebieden die gebruik kunnen maken van geavanceerde technologieën.
5. Vlaanderen steunt de doelstelling met betrekking tot 5G, maar vraagt dat Europese Onderzoekscentra en bedrijven worden betrokken bij de uitrol ervan.
6. De KPI voor 'Edge Nodes' mag niet beperkt blijven tot kleine datacentra. De focus moet liggen op AI in de apparatuur zelf.
7. Vlaanderen vraagt om een KPI op te nemen die zich richt op de hoeveelheid risicokapitaal die in Europa beschikbaar is.
8. Vlaanderen steunt de op rechten gebaseerde benadering van digitalisering, maar wijst op het belang van het integreren van ethiek in de werking van organisaties.
9. Ten slotte vraagt Vlaanderen om de monitoring van de voorgestelde doelstellingen op regionaal niveau mogelijk te maken. Dit komt ten goede aan het in kaart brengen van de effecten van een regionaal digitaal beleid.

Naar aanleiding van het Digitale Kompas 2030 heeft de Waalse regering op 6 december 2018 de geactualiseerde Digitaal Wallonië strategie voor 2019-2024 goedgekeurd. Het stelt het kader vast voor de aanpak die Wallonië moet volgen om de sociaaleconomische kansen te benutten die de digitale transformatie over een periode van vijf jaar biedt. De digitale strategie van Wallonië is bedoeld om de regio, de economie en de samenleving te transformeren om de aantrekkingskracht, het concurrentievermogen en het welzijn van iedereen te vergroten, op basis van waarden zoals een multidisciplinaire aanpak, transparantie, samenhang, openheid en flexibiliteit. Digitaal Wallonië 2019-2024 is opgebouwd rond 8 multidisciplinaire uitdagingen die het gestructureerde kader en de belangrijkste elementen vormen

⁴¹ <https://content.digitalwallonia.be/post/20210916135353/2021-09-Baromètre-Citoyens-2021-Complet.pdf>

⁴² https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/bestanden/reflectiepaper_digital_compass_2030.pdf

voor alle beslissingen die worden genomen en de maatregelen die worden genomen binnen vijf thema's: digitale sector, digitaal zakendoen, digitale administratie, digitaal grondgebied, digitale vaardigheden⁴³.

1. *Voor een sterk, coherent, multidisciplinair digitaal bestuur.* De ambitie van Digitaal Wallonië behelst een aanpak van het bestuur die specifiek is voor het digitale beleid om de snelheid waarmee dit gebied evolueert te beheersen en ervoor te zorgen dat alle sectoren van Wallonië de vruchten plukken.

2. *Digitale maatschappij. Voor een inclusieve, verantwoordelijke, zelfbepalende samenleving.* De digitale transformatie moet worden begeleid en er moet toezicht op gehouden worden, om de grote maatschappelijke ontwrichting die het met zich meebrengt te ondersteunen.

3. *Voor sterke digitale ecosystemen.* Wallonië moet zijn gebieden van digitale expertise kiezen en publieke en private middelen concentreren op duidelijk geïdentificeerde ecosystemen.

4. *Regio Giga. Supersnelle breedband voor iedereen als basis voor digitale initiatieven.* De connectiviteit van de regio vormt de basis van alle initiatieven die betrokken zijn bij de digitale transformatie, zowel voor bedrijven als voor de publieke sector, en niet te vergeten voor individuele burgers.

5. *Digitale vaardigheden voor iedereen.* In onze moderne samenlevingen, waar digitale technologie alomtegenwoordig is, wordt het moeilijk om te leven en te werken als we de taal en de codes niet begrijpen.

6. *Voor data die centraal staan bij acties en het opvolgen van die acties.* Data moeten worden gezien als een 'essentiële infrastructuur' voor de regio, vergelijkbaar met andere materiële en immateriële activa.

7. *Voor een uitgebreid platform voor Digitaal Wallonië.* Op basis van een wereldwijde waardeverandering en coherente ecosystemen moet het platform digitalwallonia.be het mogelijk maken om iedereen die betrokken is bij de digitale transformatie te identificeren, te stimuleren en te betrekken.

8. *Een sterk, aantrekkelijk merk om Digitaal Wallonië te belichamen.* Wallonië moet zijn digitale bestaan en zijn roeping bevestigen dankzij een uniek, sterk merk dat nog steeds de identiteit van degenen die het omvat respecteert of integreert.

7.2 Uitdagingen van eerlijke en concurrerende ondernemingen en economie

De EU wil een wrijvingsloze ééngemaakte markt, waar bedrijven van elke omvang en in elke sector onder gelijke voorwaarden kunnen concurreren, en digitale technologieën, producten en diensten kunnen ontwikkelen, op de markt brengen en gebruiken op een schaal die hun productiviteit en mondiale concurrentievermogen verhoogt, en waar consumenten erop kunnen vertrouwen dat hun rechten worden gerespecteerd. Per slot van rekening zijn de 25 miljoen kleine en middelgrote bedrijven in Europa goed voor meer dan de helft van ons BBP en voor twee derde van onze banen in het bedrijfsleven. Digitalisering kan voor hen uitdagingen met

⁴³ <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/digital-wallonia-2019-2024>

zich meebrengen, aangezien slechts één op de zes KMO's in Europa sterk gedigitaliseerd is. Maar het biedt ook enorme kansen. En de taak van het EU-bestuur is ervoor te zorgen dat Europa zijn beleid zo ontwerpt dat KMO's deze kansen kunnen grijpen. Zoals besproken in het vorige hoofdstuk, brengt dit andere problemen met zich mee op de arbeidsmarkt en vereist dit digitale vaardigheden en onderwijs.

Een dieper niveau van discussie is gerelateerd aan het bedrijfsmodel van het internet. Via het internet ontwerpen bedrijven aantrekkelijke 'gratis' diensten die persoonsgegevens verzamelen die vervolgens worden verkocht aan adverteerders. De sleutel van het bedrijfsmodel is om geld te verdienen door het creëren van een verslaving onder gebruikers, het genereren van sociale problemen, het uitlokken van conflicten die meer reacties op sociale media genereren, het creëren van een enorm maatschappelijk probleem, enz. Deze schadelijke zaken, die ons samenlevingsmodel bedreigen, zijn alleen op zoek naar winst, zonder de gebruikers meer macht te geven. Moeten we het niet helemaal opnieuw uitvinden? In november 2019 onthulde Tim Berners Lee, de uitvinder van het web, een wereldwijd plan⁴⁴ om zijn geesteskind te redden. Het stelt een reeks 'beginselen' vast, waarin de basisregels voor elk van de belanghebbenden (regeringen, bedrijven en burgers) zijn vastgelegd en nodigt deze belanghebbenden uit deze te onderschrijven. In ons vorige KVAB-standpunt (Rabaey e.a. pagina 52, 53) wordt hier uitgebreider op ingegaan.

7.3 Uitdagingen van een open, democratische en duurzame samenleving

Enigszins schetsmatig kan men stellen dat er wereldwijd grofweg drie benaderingen van digitalisering zijn. De VS heeft een systeem dat wordt gedomineerd door grote technologiebedrijven zoals GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon). In deze marktgestuurde benadering verzamelen de Amerikaanse bedrijven allerlei soorten informatie over klanten om de gebruiker te profileren en meer gerichte advertenties te leveren, die hen in ruil daarvoor van extra inkomsten voorzien. Deze benadering is gebaseerd op de commerciële- en advertentiewaarde van alle klantgegevens die het kan verzamelen, en levert in ruil daarvoor aantrekkelijke diensten aan deze klanten wereldwijd. Het steunt ook de Amerikaanse regering. Het is duidelijk dat de privacy van de klanten wereldwijd en de belangen van niet-Amerikaanse landen en bedrijven worden bedreigd. Bovendien ontduiken deze bedrijven op grote schaal belastingen, en de geschiedenis heeft ons geleerd dat veel van hun systemen te lijden hebben onder datalekken, losgeldaanvallen of denial-of-service-aanvallen. Het is pas sinds kort dat ze meer aandacht hebben besteed aan betere beveiliging voor hun klanten. Een tweede benadering is het Chinese systeem, waar data worden gecontroleerd door de overheid, en waar massaal toezicht op grote schaal wordt uitgeoefend door de overheid en wordt

⁴⁴ Tim Berners Lee, 2019 "Contract for the Web", [https:// contractfortheweb.org](https://contractfortheweb.org)

gebruikt met de mogelijkheid van mensenrechtenschendingen (bijv. etnische gezichtsherkenningssystemen, studies inzake DNA-profielen⁴⁵). Er wordt een systeem ingezet waarbij een sociale score voor burgers centraal wordt verzameld en vervolgens afneemt wanneer regels niet worden nageleefd, bijvoorbeeld het rijden door een rood licht. Een hogere sociale score geeft de gebruiker recht op voordelen of prioriteiten. Europa streeft naar een open, democratische en duurzame samenleving: een betrouwbare omgeving waarin burgers mondig zijn in hun manier van handelen en interactie, en enige controle hebben over de gegevens die zij online en offline verstrekken. Een Europese benadering van digitale transformatie is er een die onze democratische waarden versterkt, onze grondrechten respecteert en bijdraagt aan een duurzame, klimaat-neutrale en hulpbronnen-efficiënte economie. Dit is een menselijke en respectvolle benadering met de nodige aandacht voor de KMO's en de markten. Het is de bedoeling de Interne Markt voor Digitale Diensten te verdiepen door de verantwoordelijkheden van online platforms en aanbieders van informatiediensten te vergroten en te harmoniseren, en het toezicht op het inhoudsbeleid van platforms in de EU te versterken. De informatie die bedrijven over burgers verzamelen, moet transparant zijn en burgers moeten hun rechten behouden, zoals het recht om te worden vergeten. Langs deze lijn is er momenteel een Rights Retention Strategy⁴⁶ bepleit door Coalitie S, waarbij onderzoekers het auteursrecht niet hoeven op te geven wanneer zij hun onderzoekspapers indienen bij een tijdschrift.

7.4 De uitdaging van het verlies van privacy

Het is de plicht van de overheid en het bedrijfsleven om voor elke big data-oplossing een fundamentele beoordeling⁴⁷ te maken of de voordelen opwegen tegen de risico's. Dit is belangrijk om persoonsgegevens en de samenleving als geheel te beschermen tegen de gevolgen van bijvoorbeeld datalekken. De Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG), gelanceerd in 2016, heeft meer respect gegeven aan de privacy van persoonsgegevens, en serieuze boetes hebben alle bedrijven gedwongen om hun gegevensprocedures te herzien. Het dient nu als voorbeeld voor veel niet-EU-landen en zelfs voor sommige staten in de VS, zoals Californië. Het publiek pleit in toenemende mate voor het recht om te beslissen wat er met hun persoonsgegevens wordt gedaan. Doorgaans moeten de ontwerpers overwegen of hetzelfde doel al dan niet kan worden bereikt met minder gegevens of minder gegevensaggregatie. Dit vloeit voort uit de grondbeginselen van de EU-wetgeving: databescherming 'by design' en databescherming 'by default'. In het licht van de talloze lekken van gegevensbibliotheken, is het tijd voor de gegevensbeschermingsautoriteiten om een beroep te doen op hun nieuwe

⁴⁵ <https://theintercept.com/2021/08/04/dna-profiling-forensic-genetics-journal-resignations-china/>

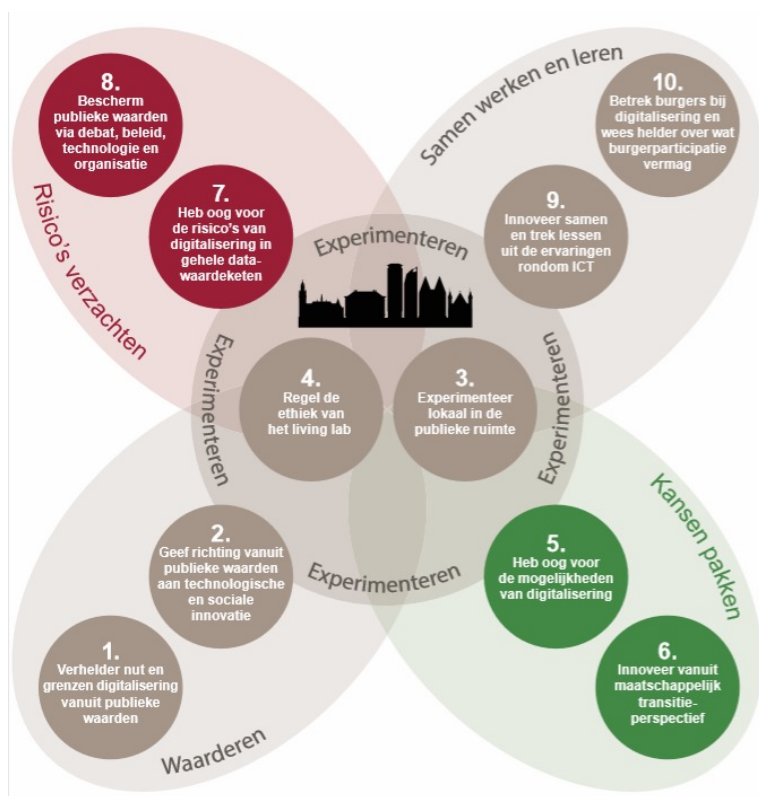
⁴⁶ <https://www.coalition-s.org/rights-retention-strategy/>

⁴⁷ https://www.kvab.be/sites/default/rest/blobs/1501/tw_privacy_en.pdf

bevoegdheden om effectieve oplossingen op te leggen die ontwerpisen bevatten voor gegevensbescherming, waarbij gegevens zoveel mogelijk lokaal blijven en zo min mogelijk centraal worden opgeslagen. Een goed voorbeeld van het principe van minimaal gebruik van persoonsgegevens is het ontwerp van de virus contact tracingsapp 'Coronalert'⁴⁸, die in veel EU-landen en ook in België wordt ingezet. Zonder GPS-locatie-informatie te gebruiken en door alleen met Bluetooth te werken, kan de contact-traceringsactie nog steeds volledig anoniem uitgevoerd worden.

7.5 Uitdagingen van het ontwerpen van een digitale wereld van eerlijkheid en vertrouwen en zonder verlies van controle

Het succes van digitaal zakendoen kan worden opgebouwd door slimme technologie te combineren met volledige aandacht voor maatschappelijke vraagstukken. Maar het hangt ook af van het werk van veel mensen in de fysieke wereld. Om het



Figuur 4. Waardegedreven innovatie door middel van vijf belangrijke innovatieprocessen^{10,31}.

⁴⁸ <https://coronalert.be/en/>

vertrouwen en de erkenning van de mensen te winnen, zijn een gepast ethisch kader en ontwerpstructuur nodig, de zogenaamde waarde-gedreven innovatie (figuur 4).

Digitale technologie moet veilig en bestendig zijn, zodat de consumenten online net zo goed beschermd zijn als in de fysieke wereld. Burgers zouden niet onderworpen moeten zijn aan de druk en verleidingsmethoden, ondanks de enorme macht die sommige platforms hebben. Bovendien zouden de IT-dienstverleners transparant moeten zijn over hun methoden en waarden.

Waarde-gedreven innovatie gaat over de synergie tussen technische en sociale innovatie. Hierbij spelen vijf processen een rol: beoordeling van publieke waarden, experimenteren, kansen grijpen, risico's mitigeren en samen werken en leren (zie figuur 4). 'Beoordeling van publieke waarden' gaat over het verhelderen van de publieke waarden en doelen die mensen nastreven. 'Experimenteren' betekent ruimte maken om nieuwe dingen uit te proberen. 'Kansen grijpen' betekent openstaan voor de mogelijkheden die de digitale technologieën bieden. De overheid moet de ambitie hebben om ervoor te zorgen dat onze samenleving zoveel mogelijk kan profiteren van de zegeningen van digitalisering. 'Risico's mitigeren' houdt in dat de burgers zoveel mogelijk worden beschermd tegen de risico's van digitalisering. De digitalisering in goede banen leiden is een gezamenlijke uitdaging. Het vraagt om afstemming en samenwerking op verschillende overheidsniveaus en tussen diverse autoriteiten en kennisinstellingen, bedrijven en natuurlijk burgers. 'Samen werken en leren' is het vijfde ideaal. De betrokkenheid van relevante belanghebbenden is cruciaal, maar niet altijd eenvoudig. Er kunnen bijvoorbeeld 'belanghebbenden' zijn die er niet bij betrokken willen zijn of die 'ongrijpbaar' zijn. Hoe zorg je er bijvoorbeeld voor dat jongeren zonder internetverbinding als belanghebbenden op alle mogelijke manieren kunnen blijven deelnemen aan de discussie over de digitalisering van het onderwijs? Digitalisering verwijst niet langer naar een verzameling gadgets, maar wordt nu gezien als een transitie met kansen en risico's en talrijke onzekerheden. Het transitieperspectief brengt de kwestie van het digitale goede leven op tafel en daarmee de belangrijkste democratische vraag: in wat voor digitale samenleving willen we leven?²⁵ Zowel in België als in Nederland groeit het besef dat digitalisering gepaard gaat met tal van ethische, juridische en maatschappelijke uitdagingen. Voor benaderingen als ethiek door ontwerp, multidisciplinaire teams, experimenten en testfaciliteiten is er interuniversitaire samenwerking in Vlaanderen in het AI-onderzoeksprogramma⁴⁹. Het Kenniscentrum Data en Samenleving⁵⁰ werd opgericht om het idee te versterken dat deze sociale en ethische kwesties niet moeten worden gezien als obstakels voor digitale innovatie, maar als belangrijke en verrijkende elementen waarmee vanaf het begin rekening moet worden gehouden. Evenzo hebben vijf universiteiten van

⁴⁹ <https://airesearchflanders.be/>

⁵⁰ <https://data-en-maatschappij.ai/en/>

de Federatie Wallonië-Brussel en vier onderzoekscentra hun krachten gebundeld om het TRAIL Instituut (Trusted AI Labs) op te richten, dat zich toelegt op kunstmatige intelligentie: opleiding, onderzoek, producten en diensten⁵¹.

7.6 Uitdagingen van de IT-beveiliging

Zoals vermeld in hoofdstuk 4 over de ingrediënten van de digitale transitie, kan er schadelijke software verborgen zijn in de computers, smartphones of tablets, zoals computervirussen, wormen en Trojaanse paarden. Dit vraagt om maximale transparantie van software en open source, inspectie en toetsing. Er is een drang naar deze open software die zeker meer ondersteuning verdient. Ook moet verbeterde digitale geletterdheid het grote publiek waakzaam maken voor cyberaanvallen, maar het mag niet leiden tot echte angst of het verbod van volledige benutting van de digitale diensten. Op het niveau van de overheden en nutsbedrijven die water, elektriciteit, telecom en internet leveren, en van kernenergie- en chemiebedrijven, moet men zich bewust worden van de kwetsbaarheid van kritieke infrastructuur voor cyberaanvallen.

De Europese cyberbeveiligingsstrategie, met inbegrip van de oprichting van een gezamenlijke eenheid voor cyberbeveiliging, en een herziening van de beveiliging van netwerk- en informatiesystemen (NIS), richtlijn¹³, bevordert de cyberbeveiliging op de interne markt. De interoperabiliteitsstrategie van de EU-regeringen moet aangescherpt worden, om de coördinatie en gemeenschappelijke normen voor veilige en grenzeloze gegevensstromen en diensten in de publieke sector te waarborgen.

7.7 Uitdagingen in verband met het gebrek aan transparantie, verlies van controle en vertekening van AI

AI-systemen en -diensten geven de gebruiker vaak het gevoel de controle over de technologie te verliezen. Dit is een perceptie die moet worden gecorrigeerd. Bij de gebruiker wekt een AI-systeem de indruk dat er een beslissing is genomen, of die nu goed of slecht is. Mensen – niet computers – blijven echter verantwoordelijk voor de ontwerpbeslissingen die van invloed zijn op de kwaliteit en de service van een AI-systeem. Mensen ontwerpen de algoritmen, programmeren ze in software en selecteren de gegevens om het AI-systeem te trainen. Er zit geen intelligentie in het systeem zelf, alleen berekeningen en optimalisatie; mensen brengen de elementen samen om het goed te laten functioneren. Het zijn echter de ontwerpers, en niet de gebruikers, die de meeste controle hebben. Als zodanig moeten ze transparant zijn over de waarden, keuzes en methoden die ze gebruiken, en mogen ze geen bevooroordeelde ontwerpopties voor gegevens of algoritmen gebruiken, en aan de gebruiker maximale controle en begrip van AI-technologie overlaten.

⁵¹ https://www.uliege.be/cms/c_12324944/en/trail-institute-to-boost-artificial-intelligence

Het zijn dus de ontwerpers die de verantwoordelijkheid moeten dragen. Zoals we eerder aangaven, kunnen met name AI-systemen en leersystemen vaak niet verklaren waarom ze bepaalde beslissingen nemen. Er wordt nu veel onderzoek gedaan om ervoor te zorgen dat machine leren uiteindelijk geen 'black box' wordt, maar dat in plaats daarvan hun beslissingen worden uitgelegd, zodat gebruikers de antwoorden die ze produceren kunnen controleren en eventueel aanvechten.

Verschillende engineering- en ICT-instellingen hebben nota's opgesteld over 'ethically-aligned design' en AI-gedragscodes voor verantwoorde AI-toepassingen en in het bijzonder is er de Verklaring van Barcelona⁵² voor de juiste benutting en ontwikkeling van AI in Europa. Deze gedragscode legt de nadruk op voorzichtigheid, betrouwbaarheid, aansprakelijkheid, transparantie, grenzen aan autonomie en de aandacht voor het behoud van menselijke kennis. Op 8 april 2019 heeft de door de Europese Unie benoemde High-Level Expert Group on AI een witboek over kunstmatige intelligentie⁵³ uitgebracht, waarin de belangrijkste principes voor de inzet van een ethische AI worden beschreven. Het schetst opties voor een wetgevend kader en cryptografische IT-technologie voor betrouwbare AI. Het is gebaseerd op zeven belangrijke principes:

- 1) **Menselijke keuzevrijheid en toezicht**, met inbegrip van grondrechten
- 2) **Technische robuustheid en veiligheid**, inclusief weerbaarheid tegen aanvallen en beveiliging, noodplan en algemene veiligheid, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid
- 3) **Privacy en gegevensbeheer**, inclusief respect voor privacy, kwaliteit en integriteit van gegevens en toegang tot gegevens
- 4) **Transparantie**, waaronder traceerbaarheid, uitlegbaarheid en communicatie
- 5) **Diversiteit, non-discriminatie en eerlijkheid**, inclusief het vermijden van oneerlijke bias, toegankelijkheid en universeel ontwerp, en participatie van belanghebbenden
- 6) **Maatschappelijk en ecologisch welzijn**, inclusief duurzaamheid en milieuvriendelijkheid, sociale impact, samenleving en democratie
- 7) **Verantwoording**, inclusief controleerbaarheid, minimalisering en rapportage van negatieve impact, afwegingen en mogelijkheid tot verhaal.

Van deze zeven basisprincipes vereisen sommigen duidelijk de specifieke inzet van cryptografische tools en beveiligingsarchitecturen:

- Weerbaarheid tegen aanvallen vereist architecturen, waaronder authenticatie en integriteit van gegevens, codering van communicatie, integriteit van

⁵² L. Steels, R. Lopez de Mantaras, "The Barcelona declaration for the proper development and use of artificial intelligence in Europe", AI Communications, 2018 <https://content.iospress.com/articles/ai-communications/aic180607>

⁵³ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

de AI-modellen en authenticatie van de partijen die betrokken zijn bij de training en het gebruik van de modellen;

- Respect voor privacy omvat nieuwe leermodellen, ofwel federatief (de gegevens worden bij de bron bewaard en het model reist om te leren van datasilo naar datasilo) ofwel gebaseerd op het gebruik van Full Homomorphic Encryption, waardoor de modellen direct kunnen worden uitgevoerd op gecodeerde gegevens zonder enige decoderingsfase;
- Traceerbaarheid kan de authenticatie van de modellen (herkomst van het model en de integriteit ervan) en de traceerbaarheid van het model en de gegevens op zich vereisen. Opkomende technieken voor watermerken zijn geschikt voor dergelijke uitdagingen.
- Ten slotte kunnen eerlijkheid en participatie van belanghebbenden worden bereikt met de blockchain-technologie.

Een andere uitdaging betreft het verlies van controle over het internet zelf, dat de samenleving gevaarlijk zou kunnen aantasten. Een van de belangrijkste infrastructuren ter wereld is vrij eenvoudig gebouwd, zonder dat daar overheidsfinanciering, noch uitgebreid overleg tussen meerdere partijen voor nodig was. Deze enorme infrastructuur kan gratis gebruikt worden, voor veel toepassingen. Het verzamelen van persoonsgegevens die aan adverteerders worden verkocht, is echter de sleutel tot een winstgericht bedrijfsmodel dat bestaat uit het verdienen van geld door het creëren van verslavingen, die kunnen leiden tot sociale problemen en conflicten⁵⁴.

7.8 Productie- en innovatie-uitdagingen

De digitale transitie wordt momenteel afgeremd door een tekort in de productie van veel vitale chips die nodig zijn voor computers, tablets, elektrische auto's, AI-gebaseerde diensten en de groene transitie in het algemeen. Een milieuprobleem met betrekking tot ICT dat zelden wordt genoemd, is het gebruik in microchips en elektrische batterijen van een zeer breed spectrum (bijna tweederde) van elementen uit de periodieke tabel, waarvan de ontginning meestal aanzienlijke hoeveelheden energie vereist, en die aanzienlijk kunnen vervuilen wanneer ICT-apparatuur buiten gebruik wordt gesteld.

De uitrol van het 5G-netwerk in Europa biedt enorme kansen voor meer en betere diensten en verbindingen met ongekende gigabit werksnelheden. De innovatieve architectuur genereert een grote diversiteit aan uitgebreide processen en proactieve cloudprestaties. Deze interactieve technologie omvat een aanzienlijk niveau van toepasbaarheid en veelzijdigheid voor IoT, machinaal leren, slimme fabrieken, apparaten voor noodinterventies, kritieke missies zoals chirurgie in de gezondheidszorg en automotieve besturing. In de samenleving zijn er echter enkele

⁵⁴ https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Business/B-Tech/B_Tech_Foundational_Paper.pdf

aandachtspunten met betrekking tot de veiligheid van deze 5G-technologie. De medische stralingsspecialisten en elektromagnetische ingenieurs bevelen een voorzichtigheidsprincipe aan, dat in de meeste landen bij de implementatie ervan wordt gevolgd.

7.9. Uitdagingen met betrekking tot het energieverbruik van ICT

In tegenstelling tot onze verwachtingen, is het energieverbruik van ICT een controversieel onderwerp waarover experts van verschillende organisaties tegenstrijdige meningen uiten⁵⁵. Een reden voor de controverses over het energieverbruik van ICT is het relatieve gebrek aan systematische datameting. Hoewel het technisch mogelijk is om het energieverbruik van ICT wereldwijd te monitoren, vereist dit dat de industrie een actieve rol speelt bij het meten en monitoren van haar energieverbruik, wanneer zij ICT-apparatuur levert en exploiteert, zoals computers, laptops, home entertainment en gameconsoles, mobiele apparaten, netwerk forwarders, routers, koper- en glasvezelconnectoren, draadloze basisstations en IoT-apparaten. Hoewel dit wordt gedaan door datacenter operators en door de meeste netwerk operators, blijft het moeilijk om dit te doen voor de miljarden apparaten die geïnstalleerd, constant geproduceerd en gebruikt worden.

Het is duidelijk dat experts uit de computerindustrie geneigd zullen zijn om de toenemende efficiëntie van digitale apparatuur te prijzen, terwijl degenen die zich bezighouden met duurzaamheid de verwachte toename van het energieverbruik door ICT zullen benadrukken, evenals het toenemende gebruik van zeldzame en vervuilende materialen voor de fabricage van apparaten en computerchips. ICT wordt vaak naar voren gebracht als het middel om energieverbruik te besparen en de daaruit voortvloeiende vermindering van de CO₂-emissies te realiseren, terwijl ICT de afgelopen tien jaar haar totale aandeel in het elektriciteitsverbruik aanzienlijk heeft vergroot, gaande van 4-5% tien jaar geleden tot misschien wel 8-10% van de totale elektriciteitsproductie en een algemeen aandeel van 2% in de CO₂-uitstoot, vergelijkbaar met het totale luchtvervoer⁵⁶. Natuurlijk varieert de koolstofemissie per kWh elektriciteit sterk van land tot land, afhankelijk van de primaire energiebronnen die worden gebruikt, en landen zoals België en Frankrijk die het grootste deel van hun elektriciteit opwekken via kerncentrales, hebben een zeer lage gemiddelde CO₂-uitstoot, ruim onder de 100 gram per kWh elektriciteit.

In een wereld die in 2019 bijna 25 duizend TWh (tera-wattuur) elektriciteit verbruikte, bedroeg ICT ongeveer tweeduizend TWh, waarvan naar schatting

⁵⁵ H. Ferreboeuf et al. "Lean ICT: Towards Digital Sobriety," The Shift Project, maart 2019, https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf

⁵⁶ E. Gelenbe en Y. Caseau "The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions", Ubiquity Vol. 15, Issue June, Article 1, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1145/2755977>

50% gerelateerd was aan de productie van nieuwe ICT-apparatuur. De productie van ICT-apparaten vertegenwoordigt immers evenveel elektriciteitsverbruik in één jaar als het totale jaarlijkse elektriciteitsverbruik om de apparaten te laten werken. Andere belangrijke cijfers zijn de 200 TWh die wordt verbruikt door datacenters, 250 TWh door communicatienetwerken, terwijl 550 TWh wordt verbruikt door eindgebruikers, servers en netwerkapparatuur bij klanten, evenals laptops en mobiele apparaten⁵⁷. In dat laatste bedrag moeten we ook Blockchain en cryptovaluta's opnemen die naar schatting evenveel stroom verbruiken als een klein, maar geavanceerd land als Nederland.

GSMA, de organisatie die de belangen van mobiele operators wereldwijd behartigt, geeft aan dat 20-40% van de bedrijfskosten van netwerkkoperators momenteel voor elektriciteit gemaakt worden, en dat de 5G-technologie eerst een substantiële toename (van 300%) van het energieverbruik door de communicatienetwerken teweegbrengt, vooraleer de ontwerpspanningen het verbruik in nieuwere generaties draadloze communicatiesystemen mogelijk kunnen verminderen tot niveaus die niettemin 100% hoger zullen zijn dan in eerdere generaties netwerken (d.w.z. 3G-4G)⁵⁸. Methoden⁵⁹ die worden nagestreefd om energie te besparen, zijn onder meer het slimme gebruik van langzamere werking of 'slaap'-cycli voor apparatuur wanneer de systeembelasting lager is, evenals een optimaal beleid voor apparatuurvervanging waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van nieuwe apparatuur met een lager stroomverbruik, om het extra energieverbruik, dat volgt uit de productie van nieuwe apparatuur en de ontmanteling van oude apparatuur, te compenseren. Een andere manier om vooruitgang te boeken zou zijn om belangrijke systeemeigenschappen, zoals netwerkpaden en computerbelastingen adaptief – via machinaal leren – aan te sturen om doelfuncties die energieverbruik en servicekwaliteit combineren, te minimaliseren. Bepaalde sectoren van de ICT-industrie geven ook de voorkeur aan de aankoop van energie uit hernieuwbare bronnen om hun CO₂-uitstoot te verbeteren. Hoewel dit elektriciteitsbedrijven aanmoedigt om hun hernieuwbare energievoorziening te verhogen, worden niet-hernieuwbare energiebronnen ook naar andere sectoren van de economie geduwd die geen grote energiecontracten of premieprijsen kunnen onderhandelen of zich die niet kunnen veroorloven.

8. Gevallen van versnelde digitale transformatie in bepaalde sectoren

Digitale transformatie heeft invloed op alle soorten menselijke activiteiten en de COVID-19-pandemie heeft deze transformatie versneld, met veel elementen die

⁵⁷ G. Kamiya "Data Centres and Data Transmission Networks", International Energy Agency, Parijs, juni 2020, <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

⁵⁸ GSMA "Energy Efficiency", <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/energy-efficiency-2/>

⁵⁹ E. Gelenbe, "Energy Consumption by ICT and Cybersecurity at the Time of COP26", Blog 9-11-2021, <https://iotac.eu/energy-consumption-by-ict-and-cybersecurity-at-the-time-of-cop26/>

naar verwachting blijvend zullen zijn⁶⁰. Hier presenteren we een aantal concrete professionele activiteiten die van bijzondere waarde zijn voor de Belgische samenleving en die kansen bieden voor een versnelde transformatie.

8.1 Productie in de post-COVID-samenleving

Productie blijft belangrijk in en na de digitale en groene transitie.

De productie, één van de belangrijkste industriële sectoren om de levensstandaard van de wereldbevolking vast te stellen en te verbeteren, heeft een ongekende ontwrichting doorgemaakt als gevolg van COVID-19. Nu moet het zichzelf opnieuw uitvinden door innovatieve oplossingen te vinden om de veiligheid en het welzijn van het personeel te garanderen, betrouwbare en voorspelbare toeleveringsketens van goederen te ontwikkelen en door betrouwbare, hoogwaardige, duurzame en betaalbare producten te introduceren – wat allemaal moet worden bereikt door innovatieve technologieën (Industrie 4.0, the Internet of Things) en bedrijfsmodellen toe te passen⁶¹. Robuustheid, veerkracht, wendbaarheid, schaalbaarheid, herconfigureerbaarheid, duurzaamheid en autonomie van productiesystemen en producten moeten in acht worden genomen als kernprestatie-indicatoren (KPI's). Het begrip kwaliteit moet in het post-COVID-tijdperk opnieuw gedefinieerd worden.

De pandemie heeft de wereldgemeenschap gedwongen een aantal harde feiten onder ogen te zien: Is de wereld klaar om een uitweg uit de pandemie te vinden? Het is duidelijk dat de productiewereld een sleutelrol zal moeten spelen in de evolutie naar het 'nieuwe normaal'. De vraag is dus of productiebedrijven er klaar voor zijn om de uitdaging aan te gaan. Technologie-observatoren in de VS noemen het 'Unmade in America: decades van afgang zorgde ervoor dat de US's industriële commons⁶² niet in staat waren de reageren op de problemen van de pandemie'⁶³. De nieuwe technologieën, zoals Industry 4.0, waren al voor de pandemie bezig met de transformatie van de activiteiten van sommige, maar bij lange na niet alle, fabrikanten. Het hoofd bieden aan de uitdagingen zal voorbehouden zijn aan de

⁶⁰ McKinsey & Company, Uit een nieuw onderzoek blijkt dat de reacties op COVID-19 de invoering van digitale technologieën met enkele jaren hebben versneld en dat veel van deze veranderingen blijvend zullen zijn op de lange termijn, oktober 2020. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever>

⁶¹ <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/iot-ecosystem>

⁶² De 'commons' zijn een algemene term voor gedeelde bronnen waarin elke belanghebbende een gelijk belang heeft. <https://en.wikipedia.org/wiki/Commons> De industriële commons zijn de openbaar beschikbare technologische kennis en vaardigheden van een land die moeten dienen als onmisbare ingrediënten om innovatie te ondersteunen.

⁶³ <https://www.technologyreview.com/2020/08/14/1006428/unmade-in-america/>

technology-haves of aan degenen die bereid zijn om technologie toe te passen. Hetzelfde geldt voor de Europese productie-industrie.

Van 'dingen maken' naar 'waarde creëren'.

Productiebedrijven moeten zich niet alleen richten op het 'maken van dingen', maar ook op het 'creëren van waarde'. Dit vereist een geïntegreerde visie op de productie door tegelijkertijd innovatie, design, productie, (klant)diensten te combineren tijdens het ontstaan van een product, als de vier hoekpunten van de waardeketen tetrahedron, waar de top vertex (innovatie) de andere drie vertices bevrucht⁶⁴. Dit vereist de toepassing van gelijktijdige engineering methoden, en de integratieve mechatronische ontwerpmethodologie. De term Design-for-X – waarbij X staat voor design, productie, assemblage, gebruik, verpakking, onderhoud, demontage, recycling, transport, kosten, klanttevredenheid, ecologische voetafdruk – drukt het integratie-idee elegant uit. Het onderstreept ook de noodzaak om het begrip "kwaliteit" te herdefiniëren. Kwaliteit moet elk aspect van de waardecyclus doordringen. Een indrukwekkend voorbeeld van geïntegreerde waardecreatie, van fenomenale complexiteit, is de productie, verpakking en wereldwijde distributie van COVID-19-vaccins.

Enkele definities

Robuustheid weerspiegelt het vermogen van het systeem om externe storingen te weerstaan. Veerkracht verwijst naar het vermogen van het systeem om zichzelf in goede conditie (homeostase) te houden onder externe of interne verstoringen. Flexibiliteit weerspiegelt het gemak waarmee het systeem aan veranderende arbeidsomstandigheden kan worden aangepast. Een schaalbaar systeem is eenvoudig uit te breiden. De herconfigureerbaarheid verwijst naar het vermogen van het systeem om zijn vorm voor een andere toepassing aan te passen. Een autonoom systeem zorgt voor zichzelf in moeilijke situaties.

Impact van Industry 4.0 en de COVID-pandemie op de toekomstige productie

Terwijl de voorgaande industriële revoluties vele jaren duurden om zich te ontwikkelen, zien we nu met de zich ontplooiende Vierde Industriële Revolutie (FIR) buitengewoon snelle veranderingen in de manier waarop we leven en gedwongen worden te leven. De COVID-pandemie heeft deze evolutie op een ongekende manier versneld. Alle organisatorische maatschappelijke structuren, inclusief de industrie, zijn diep getroffen. Het is niet overdreven om te stellen dat de digitalisering van de samenleving in al haar aspecten, veroorzaakt door het internet, een van de belangrijkste motoren van deze (r)evolutie is. De pandemie

⁶⁴ H. Van Brussel et al., "De maakindustrie: motor van welvaart in Vlaanderen," KVAB Standpunten 17, 2013

heeft de wereld op alle fronten ontwricht, niet in de laatste plaats de industrie. Hoe kan de industrie zich herstellen van deze tragedie en haar capaciteiten ten dienste stellen van de wereld, daarbij geholpen door de nieuwe opkomende ICT-technologieën?

Verschillende elementen zijn essentieel om de productie vooruit te helpen, zodat deze de nasleep van de COVID-pandemie het hoofd kan bieden:

- De rol van nieuwe en opkomende technologieën
- Data-driven manufacturing
- Robots in een post-pandemische samenleving
- Veranderingen in praktijken en -vaardigheden van werknemers
- Heropbouw van de toeleveringsketen
- Nieuwe bedrijfsmodellen
- Herzene bedrijfsstrategieën

De rol van nieuwe en opkomende technologieën: Industry 4.0. (stap naar hoger)

Het Internet of Things (IoT) drukt de ultieme droom uit van 'alles met alles te verbinden'. Het Industrial Internet of Things (IIoT) is de toepassing van dit idee op de industriële wereld. In Duitsland is de term IIoT beter bekend onder de bredere term 'Industry 4.0' (I4.0).

Een manier om Industry 4.0 te definiëren is de integratie van cyber-fysieke systemen (CPS: digitaal gestuurde dingen), cloud- en edge computing, high-performance computing, IoT en Internet of Services (IoS), hun interoperabiliteit en interactie met mensen in real time, om waardecreatie te maximaliseren⁶⁵.

Van I4.0 wordt verwacht dat het de productie verandert naar een slimme fabrieksinfrastructuur die gekenmerkt wordt door wendbaarheid, flexibiliteit, automatisering, autonomie, herconfigureerbaarheid en kostenefficiëntie. Geavanceerde productie hangt af van de naadloze integratie en coördinatie van draadloze technologie van de volgende generatie (bijv. 5G), the Internet of Things (IoT), geavanceerde kunstmatige intelligentie (AI), high-performance computing (cloud en edge), big data en data-analyse, en de bescherming ervan tegen cyberbissico's.

De rol van kunstmatige intelligentie

Kunstmatige intelligentie (AI) en machinaal leren (ML) zijn alledaagse termen geworden, hoewel hun potentie niet volledig ontwikkeld of begrepen is. Aan de ene kant is er enige uitbundigheid over de zich ontwikkelende mogelijkheden, bijvoorbeeld door deep learning, die beloven het bedrijfsleven en de productie vooruit te helpen. Aan de andere kant is er verwarring over onbekende of

⁶⁵ <https://www.imec.org/solutions-and-resources/technology/industry-4-0/>

mogelijke onbedoelde gevolgen. AI verwerkt data via ML en deep learning neurale netwerken door het verzamelen van gegevens, het analyseren van informatie, het creëren en trainen van een model, en uiteindelijk door beslissingen te nemen op basis van real-time gebeurtenissen. Verwacht wordt dat de AI van de volgende generatie niet alleen een model zal creëren dat gebaseerd is op het leren van continu gegenereerde betekenisvolle nieuwe data, maar dat model ook zal in staat zijn door zonder toezicht te leren om oorzaak en effect te begrijpen⁶⁶. AI kan bijvoorbeeld fabricagekwaliteitsproblemen in real time identificeren en fouten op de productievloer sneller opsporen dan mensen door monitoring en communicatie van machine tot machine en van mens tot machine, dankzij snelle communicatietechnologie met een lage latentie en een hoge capaciteit, zoals 5G. Dit heeft allemaal echter nog niets te maken met 'algemene intelligentie' zoals waargenomen bij mensen. We blijven het daarom 'smalle intelligentie' noemen, zonder de sprongen van vooruitgang die zijn gemaakt door deep learning te negeren, maar wel te bewonderen, bijvoorbeeld op het gebied van gezichtsherkenning en medische diagnose. Maar in dit laatste geval is de uiteindelijke beslissing nog steeds voorbehouden aan de arts.

Het succes van toekomstige IoT zal afhangen van draadloze technologie van de volgende generatie, zoals 5G, om hogere niveaus van automatisering en autonomie mogelijk te maken die in complexe, gedistribueerde productiesystemen worden vereist. Als duizenden sensoren en actuatoren op hoge bandbreedtes moeten samenwerken, is 5G en hoger vereist. Grote aantallen IoT-sensoren die in producten en machines zijn ingebed, geven informatie over de productprestaties tijdens de levensduur door middel van gegevensuitwisseling tussen de productielijn en het product. Ze leiden tot meer wendbaarheid, flexibiliteit en autonomie van het productiesysteem.

De convergentie van AI en IoT zal een intelligent netwerk van apparaten creëren dat volumineuze gegevens – van grondstoffen, productielijnen, eindproducten, magazijnactiviteiten en klachten van klanten – op afstand in real time kan verzamelen en analyseren en de gegevens via in-situcomputers (edge computing) kan vertalen naar intelligente acties ter plaatse. Het IoT kan ook gegevens vastleggen over het energieverbruik, de onderhoudsgegevens, de veiligheid van werknemers en andere operationele parameters. Daarnaast kunnen aangesloten, intelligente machines zelfstandig onderhoudsprocessen activeren. Data-analyse kan het herkennen van inefficiënties in processen vergemakkelijken en zo de productiekosten verlagen en de productkwaliteit verbeteren. Het is ook mogelijk om te controleren hoe klanten de producten gebruiken, wat bedrijven helpt met klantenservice, garantiebeheer en productontwerp. Last but not least dragen de verzamelde en verwerkte gegevens over de arbeidsomstandigheden van de fabrieksarbeiders rechtstreeks bij tot hun veiligheid.

⁶⁶ R. Toews, "What Artificial Intelligence Still Can 't Do", Forbes, 1 juni 2021.

Datagestuurde methoden voor nieuwe productieprocessen

ICT heeft niet alleen een grote invloed op de technologische samenleving in het algemeen en op de productie in het bijzonder, maar ook de processen die de producten voortbrengen, ondergaan een revolutie. Een klassiek voorbeeld van innovatieve productieprocestechnologie die dankzij ICT is ontwikkeld, is additieve productie (AM), in de volksmond ook wel 3D-printen genoemd. AM is een additief productieproces – in tegenstelling tot subtractieve processen, zoals frezen, waarbij materiaal wordt verwijderd – waarbij een product laag voor laag wordt opgebouwd, door met een laser selectief een laag metaal of kunststof te smelten. Dit proces heeft een aantal unieke voordelen, in die zin dat er geen speciaal (snij) gereedschap of klembevestigingen voor nodig zijn – het product groeit van onder naar boven – en het laat een vrijwel onbeperkte vrijheid toe om de vorm van het eindproduct te kiezen. In zijn oorspronkelijke vorm, stereolithografie, was 3D-printen alleen geschikt voor prototypes, vandaar de term *rapid prototyping*. Massamaatwerk, 'lot size one' productie tegen massaproductieprijzen, wordt sterk vergemakkelijkt door 'rapid prototyping'. Massaproductie is de volgende uitdaging voor 3D-printen. Connectiviteit via cloud computing, Manufacturing Execution Systems (MES) en gerobotiseerde productie versnelt de ontwikkeling ervan.

Multi-agent productie-uitvoeringssystemen

Om robuust, adaptief, schaalbaar en herconfigureerbaar te zijn, moeten productiesystemen van de volgende generatie de traditionele strikt hiërarchische structuur loslaten en een meer heterarchische gedistribueerde multi-agent controlearchitectuur aannemen. De rigide regels van hiërarchische systemen moeten worden gecombineerd met de flexibele strategieën van heterarchische systemen, wat resulteert in flexibele systemen die autonoom kunnen omgaan met lokale verstoringen. Ook hier biedt ICT de nodige tools om dergelijke systemen te implementeren. Multi-agent controle architecturen, ontwikkeld voor productie, kunnen worden gebruikt voor de controle van complexe systemen in andere disciplines, zoals robot zwermen (bijv. wagenparken van rolstoelen in verpleeghuizen, distributie van maaltijden en medicijnen in ziekenhuizen), openlucht engineering systemen (oogsten, wegenbouw, openlucht mijnbouw), elektriciteitsnetten, verkeersleiding, en gezondheidszorgsystemen.

Digitale tweelingen

Een digitale tweeling is een digitale versie van een fysieke entiteit (product, productiesysteem, patiënt, enz.). Een uitgebreide digitale tweeling beschrijft in digitale vorm de volledige levenscyclus van een product of productiesysteem: ontwerp, productie, kwaliteitscontrole, toeleveringsketen, gebruik, recycling. Het dient om het productontwerp en de productiecyclus te versnellen en te optimaliseren. Het is de basis van de integratieve mechatronische ontwerpbenadering. Het

optimaliseert ook de controle van gehele fabrieken, inclusief toeleverings- en distributieketens.

8.2 Robots in de post-pandemische samenleving

Robots zijn niet meer weg te denken

Robots zijn de afgelopen 50 jaar de industriële wereld binnengedrongen, voor puntlassen in de automobielandustrie en voor materiaalbehandeling in allerlei industriële en niet-industriële (bijv. ziekenhuizen) activiteiten. Nu worden ze ook geleidelijk aan geaccepteerd in niet-industriële omgevingen. Robotstofzuigers verspreiden zich in onze huishoudens. En gezelschapsrobots dringen door in verzorgingstehuizen. Revalidatierobots helpen slachtoffers van ongevallen zich te herstellen. Intelligente rolstoelen hebben de potentie om zelfstandig patiënten in ziekenhuizen of bewoners van verpleeghuizen te vervoeren. Chirurgische robots die worden aangestuurd in een 'meester/slaaf' opstelling – waar de chirurg nog steeds de 'meester' is – worden steeds vaker gebruikt in de operatiekamer.

Robots zijn overal

De overheersende problemen die de soepele overgang van robottechnologie naar de service- en medische wereld belemmeren, zijn tweeledig: hardware technologie en communicatie tussen mens en robot. Robots hebben met de huidige aandrijftechnologieën een klein draagvermogen versus eigen gewichtsverhouding in vergelijking met mensen. Dit maakt ze te groot om als 'ijzeren verpleegkundige' te dienen om bedlegerige patiënten in en uit hun bed te tillen. Chirurgische laparoscopische robots hebben extreem geminiaturiseerde gereedschappen nodig die het lichaam kunnen binnendringen via een kleine incisie, die naast snij- en stikgereedschappen miniatuurkracht- of tactiele sensoren dragen om een haptische perceptie te geven aan de handen van de chirurg, die de 'slaaf' robot bedient via een hoofdconsole. Indrukwekkende vooruitgang over deze kwesties wordt geboekt in universitaire laboratoria, waardoor een helder vooruitzicht ontstaat voor snelle adoptie in de operatiekamer.

Mens/robot communicatie. Cobots

Wat de communicatie tussen mens en robot betreft, beginnen mensen en robots samen te komen, zowel in industriële als in medische omgevingen. Fundamenteel hierbij is dat de communicatietaal zo natuurlijk mogelijk moet zijn. In de industrie moesten mensen tot voor kort fysiek gescheiden worden van robots door de robot achter een hek te plaatsen. Door de toenemende betrouwbaarheid van hard- en software is deze regel geleidelijk versoepeld zodat robots nu als cobot naast een menselijke werker op een assemblagelijijn kunnen worden geplaatst. Hierdoor kan de werknemer bijvoorbeeld de robot bij de hand nemen en fysiek het pad

demonstreren dat het robotgereedschap (bijv. een spuitpistool) moet volgen om de taak uit te voeren. De robot speelt dan dat traject terug af en vermijdt zo botsingen met obstakels. Bij intelligente rolstoelen wordt de besturing gedeeld tussen de rolstoelbestuurder en de regelcomputer. De computer probeert de intentie van de bestuurder af te leiden uit de (onnauwkeurige) signalen die hij/zij op de joystick uitoefent en plant een traject naar het doel. De bestuurder zou kunnen proberen dit traject te corrigeren, wat impliceert dat het pad dat door de computer wordt opgelegd niet het pad is dat door de bestuurder wordt bedoeld, waarna de computer een nieuw traject plant. Dit geeft de bestuurder de indruk dat hij/zij alles onder controle heeft. Bij chirurgische laparoscopische robots bestuurt de chirurg de laparoscopen door middel van een set hoofd joysticks, hierbij geleid door een afbeelding op een monitor die wordt verkregen uit een camera in het lichaam die door een andere robot wordt vastgehouden en door de chirurg wordt gepositioneerd, bijvoorbeeld door voet- of spraakbesturing. Exoskeletten, om verlamde personen te helpen weer te lopen, worden gecontroleerd door middel van elektromyografische signalen die worden opgevangen van de resterende actieve spieren, waaruit de intentie van de gebruiker kan worden afgeleid en gebruikt om de juiste actuatoren te activeren om een 'normale' manier van lopen te produceren.

Robots en de pandemie

Robots en mensen kunnen in een post-pandemische wereld op grotere schaal metgezellen worden. De COVID-19-pandemie heeft voor zorgpersoneel gevaarlijke situaties gecreëerd. Van het zorgen voor social distancing tot het desinfecteren van ruimtes en het leveren van medicijnen tot het automatiseren van de productie van persoonlijke beschermingsmiddelen; we hebben de opkomst gezien van mobiele en autonome servicerobots in ziekenhuizen, werkruimtes en fabrieken tijdens de coronavirus pandemie. Laboratoria waar vaccins worden ontwikkeld, zijn volledig gerobotiseerd om het personeel tegen virusinfecties te beschermen.

Het snel, efficiënt en betrouwbaar steriliseren van ziekenhuisruimtes is altijd een uitdaging geweest, maar tijdens de coronapandemie werd het in sommige gevallen een kwestie van leven of dood. Omdat het SARS-CoV-2-virus zeer besmettelijk is, moeten ruimtes waar patiënten worden geïntubeerd (beademd) of behandeld, perfect worden ontsmet om te voorkomen dat infecties zich verspreiden naar andere patiënten en ziekenhuispersoneel. Een Deens bedrijf, UVD Robots, ontwikkelde een robot die het zeer belangrijke en dringende probleem van het desinfecteren van ziekenhuiskamers en verschillende voorwerpen daarin oplost. In plaats van sprays en zeep gebruikt het ultraviolet licht om ziektekiemen te doden, waardoor 99,999 procent van alle virussen en bacteriën in zeer korte tijd worden gedood. Het bedrijf begon met intensive care units, maar realiseerde zich al snel dat de robots andere plaatsen konden desinfecteren, zoals bijvoorbeeld winkelcentra, supermarkten, treinstations, kantoren, begeleid wonen en verpleeghuizen, fitnesscentra, scholen en gevangenissen.

Robots voorbij de pandemie

Er zijn verschillende andere gebieden waar robotica een verschil kan maken. Naast het steriliseren en ontsmetten van ruimtes en apparatuur, kunnen ze de verwijdering van verontreinigd afval overnemen. Artsen, verpleegkundigen en ingenieurs dromen er nu van om autonome robots aan te nemen om te opereren binnen de coronavirus afdelingen, om temperatuur en andere vitale functies te meten of misschien zelfs om de patiënten te onderzoeken door de bevelen van artsen op afstand op te volgen. Zij dromen van een telepresence-robot die hen in staat stelt virtueel tussen de kamers te 'lopen' en met de patiënten te praten, naar de monitoren te kijken en te weten wat er gebeurt. Verscheidene onderzoekslaboratoria ontwikkelen dergelijke apparaten; RoboTiCan bij het Laboratorium van de Robotica van de Universiteit van Ben-Gurion, Israël, is een goed ontwikkeld voorbeeld. Deze apparaten kunnen fungeren als een 'ijzeren verpleegkundige' om bedlegerige patiënten in en uit bed te tillen of om hun positie te veranderen om doorligwonden te voorkomen. Mobiele robots kunnen in ziekenhuizen en verpleeghuizen worden gebruikt om maaltijden en medicijnen te distribueren aan patiënten en bewoners, om beddengoed van en naar de kamers te distribueren en te verwijderen. Ook buiten ziekenhuizen kunnen robots helpen. Wanneer een groot percentage van de bevolking thuis moet blijven, kunnen robots vitale taken uitvoeren die niet op afstand kunnen worden uitgevoerd, zoals het bedienen van elektriciteitscentrales, afvalverwerkingsinstallaties en andere diensten. Ze kunnen ook zelfstandig magazijnen bedienen en supermarkt rekken bevoorraden. Naarmate er meer producten in serres worden geteeld, kunnen robots helpen om planten te onderhouden of gewassen te oogsten, terwijl werknemers zich aan social distancing kunnen houden. Ze kunnen ook maaltijden en medicijnen leveren aan mensen die thuis in quarantaine zitten en daarbij menselijk contact te verminderen.

8.3 Veranderingen in personeelspraktijken en -vaardigheden

Het opnieuw ontwerpen van de werkruimte wordt van het allergrootste belang met als voorbeelden telewerken, bezoeken ter plaatse op afstand, ergonomische overwegingen (ventilatie, warmtebeheersing, veilige afstanden), samenwerking met robots, interactie tussen mens en machine,....

Werken op afstand

Bedrijven hebben plotseling op grote schaal te maken met telewerken, maar ook met nieuwe zorgen over de bescherming van de resterende medewerkers op het bedrijf, en hebben hun personeelsorganisatie moeten aanpassen. Op de werkvloer omvatten dergelijke maatregelen: (i) teams houden op maximaal vijf tot tien personen, (ii) het ontkoppelen van de begin- en eindtijden van diensten, (iii) het reorganiseren van de werkplek lay-out om een afstand van meer dan 1,5

meter tussen werknemers mogelijk te maken, (iv) het op afstand uitvoeren van shift overdrachten. IoT-instrumenten kunnen een belangrijke rol spelen bij het waarborgen van een naadloze overgang door deze veranderingen.

Samenwerking van medewerkers op afstand

In het algemeen geldt dat hoe meer de processen van een bedrijf worden gedigitaliseerd, hoe eenvoudiger het is om op afstand samen te werken. De kant-en-klare IoT-tools ondersteunen de voortzetting van activiteiten met minder werknemers op locatie, omdat ze het werken op afstand in directe en indirecte functies vergemakkelijken. Een oplossing kan zijn om een productie-uitvoersysteem (MES) te gebruiken om de productie te optimaliseren en de transparantie te vergroten. Hoewel veel managers niet meer ter plaatse zijn, bieden de resultaten van de MES de informatie die zij nodig hebben om waardevolle discussies te voeren tijdens videoconferenties. Soortgelijke oplossingen zijn beschikbaar voor de werkvloer, bijvoorbeeld digitale teamborden om banen te coördineren, productieniveaus te meten en prestatieverschillen tussen diensten te verbeteren. Andere IoT-tools, zoals digitale 'heatmaps' van IoT-sensoren, kunnen ondersteuning bieden voor 'root-cause analyses' voor verschillende problemen, zoals machines die haperen.

Personeelsregistratie

Wanneer faciliteiten openblijven, kunnen oplossingen voor het volgen van personeel helpen essentiële maatregelen voor fysieke afstand af te dwingen. Werknemers kunnen positioneringsapparaten dragen voor omheiningdoeleinden die aangeven waar ze zich binnen een faciliteit verplaatsen. Deze informatie wordt ingevoerd in intelligente algoritmen die managers helpen hun workflows te optimaliseren.

Visueel gestuurde besturingssystemen

Net als bij tools voor samenwerking op afstand kunnen visueel gestuurde besturingssystemen in de huidige crisis een steeds belangrijkere rol spelen. Zo kunnen systemen die videofeeds analyseren worden gecombineerd met infraroodbeeldvorming om koorts te detecteren. Samen kunnen deze tools helpen bij het identificeren van geïnfecteerde of besmettelijke werknemers, het bewaken van fysieke afstand en ervoor zorgen dat zieke werknemers thuisblijven.

Bediening op afstand

IoT kan bedrijven in staat stellen hun activiteiten te handhaven wanneer volksgezondheids-interventies het werk op locatie verbieden of beperken door apparatuur op afstand te bewaken en te controleren. Om dergelijke services te kunnen implementeren moeten bedrijven cruciale faciliteiten verbinden met cloud gebaseerde beheerssoftware.

8.4 De toeleveringsketen herstellen

De COVID-19-pandemie heeft een dramatische invloed gehad op de industriële activiteit, wat heeft geleid tot een drastische vermindering van de productie en zelfs de sluiting van sommige productie-eenheden. Als gevolg daarvan zijn de toeleveringsketens getroffen door een tekort aan producten, goederen en diensten. Ziekenhuizen en medische zorgverleners hebben te kampen gehad met een tekort aan cruciale medische hulpmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen. Toen China het gat snel opvulde, werd de kwetsbaarheid van de wereldwijde toeleveringsketen beschamend blootgelegd. De discussie over de voor- en nadelen van de mondialisering van de industrie is in volle gang. De ontwikkeling van het COVID-19-vaccin heeft niet alleen bewondering gewekt voor de virologen die in recordtijd met volledig innovatieve vaccinantwerpen kwamen, maar het heeft ook de enorme complexiteit van het produceren, distribueren en toedienen van de vaccins aangetoond. Deze wake-up call dwingt fabrikanten om hun toeleveringsketens te diversifiëren, door hun productie naar goedkopere gebieden te verplaatsen of zelfs door een deel van hun productie dichterbij huis te verplaatsen. De diversificatie van de toeleveringsketen door middel van regionalisering lijkt een logische stap om deze weerbaarder te maken.

Het populaire idee van 'lean manufacturing' dat werkt op just-in-time levering en lage voorraden heeft veel productiebedrijven schade toegebracht wanneer grondstoffen en onderdelen onbeschikbaar waren. Dit heeft de meningen van veel bedrijven veranderd. Zij hebben moeten heroverwegen hoe zij hun producten produceren en hoe en waar zij hun leveranciers selecteren. Automatisering volgens het I4.0-paradigma en het consequente gebruik van digitale tweelingen die de volledige productie- en leveringscyclus bestrijken, is van het grootste belang om de volledige controle over de productkwaliteit en de leveringsbetrouwbaarheid te behouden.

8.5 Nieuwe bedrijfsmodellen

De problemen in de toeleveringsketen die werden blootgelegd door de COVID-19-pandemie zijn slechts één van de redenen waarom de industriële wereld over alternatieve manieren van zakendoen heeft nagedacht.

Servitisatie

In het recente verleden zijn verschillende alternatieve bedrijfsmodellen voorgesteld en toegepast. Eén daarvan is de invoering van een nieuwe definitie van wat een product is. Sommige bedrijven verkopen nu zogenaamde 'extended products'. Een fabrikant van compressoren verkoopt niet langer alleen compressoren, maar garandeert een bepaalde hoeveelheid perslucht onder de juiste druk op de juiste hoeveelheden en op het juiste moment. Een weefgetouwfabrikant verkoopt niet

meer alleen weefgetouwen, maar staat garant voor een bepaalde hoeveelheid geweven stof. Dit nieuwe businessmodel heet 'servitissatie'.

Stedelijke fabrieken

Problemen in de toeleveringsketen hebben ook geleid tot alternatieve vormen van fabrieken. Stedelijke fabrieken of microfabrieken zijn slechts één voorbeeld. Stedelijke fabrieken zijn productiesystemen in een stedelijke omgeving die gebruik maken van de unieke hulpbronnen en kenmerken van hun omgeving om lokaal producten te creëren met de potentie van een hoge mate van betrokkenheid van de klant. Voorbeelden in Duitsland zijn de productie van brillen, kleine elektrische voertuigen, medische producten (chirurgische instrumenten), meubels en voedsel. Het is duidelijk dat stedelijke fabrieken deel kunnen uitmaken van de oplossing om veerkrachtige toeleveringsketens te creëren⁶⁷.

Stedelijke fabrieken kunnen de technologie bieden die nodig is voor massaal maatwerk of zelfs massale individualisering. De individuele smaak van de consument vereist de levering van geïndividualiseerde producten in kleine hoeveelheden tegen massaproductieprijzen. Processen zoals 3D-printen zijn uitermate geschikt voor dit soort productie. Voorbeelden van geïndividualiseerde producten in de gezondheidssector zijn orthesen (zoals steunzolen) en prothesen. Geïndividualiseerde auto-interieurs zijn een niet-medisch productvoorbeeld geproduceerd door een stedelijke fabriek.

8.6 De toekomst van geneeskunde: hoe kunstmatige intelligentie medische expertise kan aanvullen

De technologische vooruitgang heeft de manier waarop we geneeskunde beoefenen de afgelopen tien jaar radicaal veranderd. Elektronische medische dossiers en nieuwe beeldvormingsmethoden zoals MRI zijn gangbaar geworden en hebben de organisatie van onze gezondheidszorg ten goede beïnvloed. In ons dagelijks leven worden kunstmatige intelligentiemethoden steeds vaker toegepast om gemeenschappelijke activiteiten te vergemakkelijken en te versnellen (bijvoorbeeld door aankomende woorden voor te stellen bij het schrijven van een tekst) of zelfs om onze veiligheid te waarborgen (bijvoorbeeld voetgangersdetectie in recente voertuigen). Kunstmatige intelligentie (AI)-technieken, zoals machinaal leren, zijn al meer dan tien jaar bestudeerd om artsen te ondersteunen en worden langzaam ingevoerd in de klinische praktijk. Hier zijn enkele van de te verwachten veranderingen die AI in de kliniek teweeg zal brengen⁶⁸.

⁶⁷ Hfdst. Herrmann et al., Urban production: State of the art and future trends for urban factories, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 765-784, 2020.

⁶⁸ Eric Topol, "Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again", 2019, Basic Books (US), ISBN: 9781541644632

Aangezien neurale netwerken in staat zijn met de nauwkeurigheid van een menselijke waarnemer realistische beelden te herkennen, is het niet onredelijk om hun potentie te bestuderen om pathologische CT- of MRI-scans te identificeren.

De eerste academische studies met behulp van hersen-MRI's werden meer dan een decennium geleden uitgevoerd, bijvoorbeeld bij de voorspelling van dementie, en ze bleken veelbelovend. Echter worden AI-methoden nog steeds niet veel gebruikt in de klinische praktijk (met enkele opmerkelijke uitzonderingen zoals acute beroerte beeldvorming). Deze paradox, van een indrukwekkend aantal studies over succesvolle AI-methoden in de geneeskunde, in tegenstelling tot een langzame adoptie van AI-methoden in de klinische praktijk, wordt vaak aangeduid als de 'AI kloof'. Vaak ligt er aan de oorsprong van deze paradox een gebrek aan optimale trainingsgegevens. Dit vertraagt momenteel de ontwikkeling van betrouwbare en gevalideerde AI-tools op veel gebieden. Inherent aan machinaal leren is dat een patroon wordt geleerd uit een trainingsdataset. De methode gaat ervan uit dat alle labels of diagnoses in de trainingsdataset correct zijn. Hoewel voor veel aandoeningen pathologische bevestiging de gouden standaard is, is er vaak geen bevestiging voor sommige gevallen of controles in de trainingsdataset. Een goede training set moet ook zo groot mogelijk zijn, omdat het een representatieve steekproef van de mogelijke fenotypen en de normale variabiliteit moet bieden. Het is duidelijk dat grote steekproeven moeilijk te verkrijgen zijn voor zeldzame ziekten en ook nodig zijn om de grote heterogeniteit tussen veel voorkomende complexe ziekten vast te leggen, waardoor het moeilijk is om een algoritme te voeden en te trainen om dergelijke aandoeningen betrouwbaar te diagnosticeren. Een laatste overweging is dat etnische minderheden tegenwoordig in de meeste onderzoek steekproeven ondervertegenwoordigd zijn, en het is van essentieel belang dat toekomstige trainingsdata representatief worden voor alle etnische groepen. Daarom kan AI de historische discriminatie verergeren als er niet serieus rekening wordt gehouden met etnische overwegingen.

Een andere uitdaging die momenteel de invoering van AI-methoden in de klinische praktijk belemmert, is het gebrek aan transparantie. Zelfs als een AI-softwaretool in staat zou zijn om ziekten bij een menselijke patiënt perfect te diagnosticeren, zouden weinig artsen en patiënten zich comfortabel voelen om deze uitkomst te accepteren als de AI-tool niet in staat zou zijn om de redenen achter een bepaalde diagnose te achterhalen. Veel van de huidige machine-leer methoden zijn niet in staat om hun uitkomst te verklaren, omdat het in wezen 'zwarte dozen' zijn. In de eerste publicaties over diagnostische AI-tools waren de nauwkeurigheidsscores misschien hoog, maar lezers werden in het ongewisse gelaten over de elementen die tot een bepaalde uitkomst leidden. Het veld evolueert in de richting van de erkenning dat we meer moeten weten over de belangrijkste kenmerken die leiden tot een AI-diagnostiek, zodat artsen de resultaten kunnen interpreteren en valideren. In dit verband is het belangrijk op te merken dat AI het vermogen van een arts om informatie te combineren over een zeer hoog aantal variabelen kan

overtreffen, maar dat AI niet in staat is om te begrijpen welke variabelen direct (bijvoorbeeld een bloedstolsel dat een vat blokkeert) of indirect (bijvoorbeeld een voorgeschiedenis van hartziekten of risicofactoren) verband houden met een diagnose. Idealiter moeten de kenmerken van de diagnostische etikettering zinvolle biomarkers zijn die rechtstreeks verband houden met een onderliggend ziekteproces.

Op basis van de huidige stand van zaken in het veld is het duidelijk dat patroonherkenning van medische beelden een opkomende techniek is die in het eerste deel van de eenentwintigste eeuw hoogstwaarschijnlijk zijn weg zal vinden naar de klinische praktijk in vele specialismen. De classificatie van medische beelden heeft een enorm potentieel in vele domeinen en (meestal in experimentele studies) is al geïmplementeerd voor de identificatie van afwijkingen met behulp van MRI-, CT- en PET-BEELDEN, ECG-signalen, endoscopische of fundoscopische beelden of gedigitaliseerde weefselmonsters in een breed scala van specialismen (cardiologie, pneumologie, neurologie⁶⁹, oogheelkunde, dermatologie, gynaecologie, enz.). Het is echter duidelijk dat AI-instrumenten in de nabije toekomst geenszins als onafhankelijke agenten kunnen functioneren. Een aantrekkelijke benadering is dat beeldclassificatietechnieken kunnen worden geïntroduceerd als een triage-instrument, dat potentiële afwijkingen aan het licht kan brengen. In een praktijktestomgeving bleek een dergelijke aanpak nuttig om de tijd tot diagnose van intracraniale bloedingen op CT-scans aanzienlijk te verminderen, doordat het AI-algoritme CT's met vermoedelijke bloeding als 'hoge prioriteit' kon labelen.

Naast deze ontwikkelingen met betrekking tot medische beeldvorming, kan AI het werk van de arts vergemakkelijken door de administratieve last te verlichten. Er zouden geautomatiseerde technieken voor het extraheren van gegevens kunnen worden toegepast om een medische voorgeschiedenis te genereren uit eerdere dossiers, om relevante biochemische veranderingen gedurende lange perioden te volgen, om vervolgonderzoeken te plannen of om factureringsprocedures te automatiseren. Vanuit een wetenschappelijk perspectief kunnen gegevensverzameling van gezondheidsdossiers nieuwe ontdekkingen opleveren, zoals verbanden tussen aandoeningen of nieuwe risicofactoren. Een interessant vooruitzicht is dat dergelijke instrumenten voor datamining kunnen worden geïntegreerd met uitgebreide databases van medische kennis of met wearables die de biometrische gegevens van de patiënten registreren. Hierbij is het vanzelfsprekend dat het gebruik van dergelijke AI-tools vereist dat er rekening wordt gehouden met veel wettelijke kwesties met betrekking tot privacy en het delen van gegevens. Dit vereist updates van het wettelijke kader om op de hoogte te blijven van deze nieuwe technologieën, en duidelijkheid over de

⁶⁹ R. Bruffaerts, "Machine learning in neurology: what neurologists can learn from machines and vice versa", 2018, *Journal of Neurology*, 265(11):2745-2748. doi: 10.1007/s00415-018-8990-9

aansprakelijkheid van AI-instrumenten in het geval dat ze onjuiste informatie verstrekken.

Hoewel populaire media soms beweren dat robots in de nabije toekomst beter kunnen presteren en artsen kunnen vervangen, laat dit overzicht van de huidige status van de AI-toepassingen in de klinische praktijk duidelijk zien dat deze realiteit nog steeds zeer beperkt is. Machine-leer methoden zijn echter krachtig omdat ze gevoelig zijn voor patronen die moeilijk te onderscheiden zijn door een menselijke waarnemer. In de komende decennia zal het gebruik van AI in de klinische praktijk waarschijnlijk toenemen en kunnen AI-instrumenten klinici in staat stellen efficiënter te werken, door potentiële afwijkingen te signaleren en de administratieve lasten te verminderen. Idealiter zal de toevoeging van AI-tools aan de klinische praktijk een deel van de tijd van de clinicus vrijmaken, die vervolgens kan worden geïnvesteerd in het diagnosticeren van complexe medische gevallen en het communiceren met patiënten. Als zodanig zouden AI-instrumenten een positieve invloed hebben op de kwaliteit van de zorg en het welzijn van de arts. De toekomst van de geneeskunde omvat AI-instrumenten, niet als vervanging voor artsen, maar als hun ondersteunende digitale assistenten.

8.7 MedTech is de drijfveer richting een duurzamere gezondheidszorg

Gezondheid is een toestand van volledig lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn. Gezondheidszorg is dus slechts een ondergeschikte component voor de gezondheid van een individu. In 2010 heeft de Europese Commissie als hoofddoelstelling van het gezondheidsbeleid gedefinieerd dat de gezondheid van de bevolking moet worden gemaximaliseerd binnen de grenzen van de beschikbare middelen en binnen een ethisch kader dat is gebaseerd op billijkheid en solidariteit. Dit doel omvat drie pijlers van groot belang: het maximaliseren van de gezondheid, met beperkte middelen, in een ethisch kader. In de afgelopen tien jaar is het doel om de gezondheid te maximaliseren niet veranderd, maar de beperkingen en het kader rond dit doel zijn aanzienlijk veranderd, waaronder de roep voor meer sociale verantwoordelijkheid en duurzaamheid, de angst voor de impact van klimaatverandering en COVID-19, onder andere.

Om deze oorspronkelijke ambitie op een duurzame manier te realiseren is sterk leiderschap nodig en begint alles met de visie vanuit een focus op de patiënt. Het is de medische technologie (MedTech) met medische hulpmiddelen, variërend van preventief diagnostisch in vitro testen tot digitale toepassingen, die deze digitale transformatie drijft naar een op waarde gebaseerde, verbonden en uiteindelijk geïntegreerde zorg rond een patiënt.

COVID-19 is de gamechanger voor de transformatie in de gezondheidszorg en de doorbraak van gezondheidstechnologie

COVID-19 heeft de wereld veranderd. De strijd tegen dit virus is niet gewonnen met een vaccin. We passen onze manier van leven (online klantenservice en retaildiensten), onze manier van werken, manier van zorgverlening en genezing nog allemaal aan door nieuwe (bio)engineering & technologie te versnellen. "Noodzaak is de moeder van de uitvinding", zei Plato, en zo zien we tegenwoordig de vierde industriële revolutie: de versnelling naar een bio-revolutie (biofarma, biomoleculen, biosystemen, biomachines, bio-engineering, biocomputing). In de gezondheidszorg staan we open voor een nieuwe generatie 'gezondheidsbewuste' consumenten en 'tech-fan' zorgverleners.

Gezondheidstechnologie (Health Tech) wordt volgens de Wereldgezondheidsorganisatie⁷⁰ gedefinieerd als de "toepassing van georganiseerde kennis en vaardigheden in de vorm van apparaten, geneesmiddelen, vaccins, procedures en systemen die zijn ontwikkeld om een gezondheidsprobleem op te lossen en de kwaliteit van leven te verbeteren". Naar onze mening kan het worden onderverdeeld in drie categorieën: BioTech, Digitale Gezondheid en MedTech:

1. BioTech is het gebruik van levende systemen (cellen, biomoleculaire processen) om technologieën en producten te ontwikkelen om mensen te helpen en te genezen.
2. Digitale gezondheid betekent het gebruik van informatie- en communicatie-technologieën om de gezondheidsproblemen en -uitdagingen waarmee patiënten worden geconfronteerd, aan te pakken. Het Europees Patiëntenforum definieert het als gezondheidszorgpraktijken die worden ondersteund door elektronische processen en communicatie.
3. MedTech omvat:
 - Medische hulpmiddelen, met inbegrip van chirurgische instrumenten, implantaten, actieve hulpmiddelen en actieve implanteerbare technologie
 - In-vitro diagnostiek inclusief zelftest, nachtkastjes- en laboratoriumapparatuur
 - Geïntegreerde of zelfstandige software

Binnen de gezondheidstechnologie is de MedTech onderworpen aan strikte Europese kwaliteits- en veiligheidsregels (EU-verordening voor medische hulpmiddelen). Het gebruik ervan hangt echter nog steeds vaak af van de ervaring van de zorgverlener, de kwaliteit van het ziekenhuis en de kennis van de gebruiker.

Een model met drie verschuivingen in onze samenleving

Deze parallelle evolutie van het streven naar meer duurzaamheid en maatschappelijke verantwoordelijkheid, de tsunami van de invoering van nieuwe

⁷⁰ WHO (2018) What are integrated people-centred health services?, World Health Organization.

(medische) technologie en de pandemie, en de bijbehorende economische en mentale crisis, leiden tot drie fundamentele verschuivingen⁷¹.

De eerste verschuiving gaat van *het begrip ziekenhuis naar het begrip gemeenschap*. Hierdoor kunnen patiënten goede en gepaste zorg krijgen binnen hun eigen gemeenschap en dus dichtbij huis. Dit betekent niet dat ziekenhuizen overbodig worden, maar dat ze zorg dichtbij of in het comfort van het huis van de patiënt organiseren. Denk hierbij aan telegeneeskunde, chronisch zorgmanagement, patiëntbewaking op afstand, zelfmanagement met of zonder coaching, enz. Dit is niet alleen comfortabeler voor de patiënt en betaalbaarder voor het systeem, het is ook essentieel in gebieden waar mensen geen gemakkelijke toegang hebben tot geavanceerde geneeskunde en ziekenhuiszorg.

De tweede *verschuiving is van gezondheidszorg naar gezondheid*, wat betekent dat zorgverleners niet alleen in het zorgproces optreden, maar in feite zouden ingrijpen in het preventie- en prezorgproces om betere en gezondere levensomstandigheden voor hun eerdere, huidige en toekomstige patiënten mogelijk te maken. Dit gezondheidscontinuüm beschrijft hoe klinici zich niet alleen moeten richten op diagnose en behandeling, maar ook betrokken moeten raken bij het hele spectrum van patiëntenzorg, bij gezonder leven, preventie en thuiszorg. Dit gaat uit van het idee dat burgers in een continue lus zitten. Wanneer burgers worden behandeld en thuiszorg krijgen, worden ze behandeld als patiënten. Zodra ze volledig hersteld zijn, worden ze weer burgers. De kans is echter groot dat als er geen verandering in hun manier van leven wordt geïnitieerd, ze snel terugkeren naar het patiënt zijn in de diagnosefase. Aangezien burgers ofwel toekomstige ofwel vroegere patiënten zijn, is het logisch dat zorgverleners verbonden zijn met zowel burgers als patiënten.

De derde verschuiving is om *van kwaliteit naar waarde te gaan* en elke patiënt de best mogelijke waarde te bieden die hij of zij kan krijgen. Kwaliteit betekent dat de geleverde zorg veilig is (d.w.z. het schaadt de patiënt niet), effectief (d.w.z. in overeenstemming met de beste professionele kennis), patiëntgericht is en voldoet aan de behoeften van de patiënt. Deze verschuiving richting waarde, d.w.z. kwaliteit boven kosten, zal in de volgende paragraaf worden besproken.

Naar op waarde gebaseerde, verbonden en geïntegreerde zorg

Binnen deze kaders spelen drie zorgconcepten een belangrijke rol: op waarde gebaseerd, verbonden⁷² en geïntegreerde gezondheidszorg. Alle drie houden namelijk met elkaar verband.

⁷¹ G. Stevens, K. De Bosschere en P. Verdonck. Is healthcare ready for a digital future? In M. Duranton et al., redactie, HiPEAC Vision 2021, pagina 198-205, jan 2021.

⁷² K. Colorafi (2016) Connected health: a review of the literature, Vol 2. Nr. 4 april, mHealth.

Het idee van *waardegebaseerde gezondheidszorg* is dat het doel van gezondheidszorg in het algemeen is om de waarde voor patiënten te verbeteren. Waarde is het product van de persoonlijke ervaring van de patiënt met zijn of haar resultaat gedeeld door de kosten om dit resultaat te bereiken.

Waarde= (ervaring van de patiënt * resultaat van de patiënt)/(kosten om resultaat van de patiënt te bereiken)

Maar deze definitie omvat ook waarde voor de verzorgers, het gezondheidsstelsel, de familieleden van de patiënt, enz. Zoals M. E. Porter⁷³ zei, de enige manier om de belangen van alle deelnemers in het ecosysteem van de gezondheidszorg te verenigen is door waarde als doel te gebruiken. Waarde wordt gecreëerd door te zorgen voor de medische toestand van een patiënt gedurende de volledige cyclus van zorg. De verbeteringen van de uitkomsten zijn de krachtigste hefboom om de kosten te verlagen en de waarde te verbeteren.

Het tweede concept is *geïntegreerde zorg*. Geïntegreerde zorg brengt input, levering, beheer en organisatie van diensten met betrekking tot diagnose, behandeling, zorg, revalidatie en gezondheidsbevordering samen. Tegenwoordig kan een ziekenhuis of een individuele gezondheidswerker niet langer geïsoleerd opereren. Al deze personen zijn geïntegreerd in een of meer zorgnetwerken. Zodra een patiënt een zorgverlener van een bepaald netwerk raadpleegt, wordt hij of zij automatisch onderdeel van dit netwerk, met natuurlijk de vrijheid om te vertrekken of te veranderen wanneer hij/zij dat wil.

Het laatste concept is *verbonden zorg*. We worden steeds vaker geconfronteerd met slimme omgevingen. Wearables, slimme camera's, ambient-technologie, verbonden apparatuur, enz. zijn ingebed in een wereld waarin het Internet of (medical) Things exponentieel groeit en alles en iedereen met elkaar verbonden raakt. Deze verbondenheid kan op verschillende schalen worden waargenomen, gaande van binnen-lichaam naar binnen-huis naar gemeenschap, binnen-kliniek of binnen-ziekenhuis omgevingen. Wanneer een patiënt met een bepaald apparaat wordt behandeld of een bepaald onderzoek ondergaat, worden digitale gegevens gegenereerd, opgeslagen en gebruikt door andere apparaten, mensen, instellingen of omgevingen om de waarde voor de patiënt te verbeteren.

Naar een raamwerk voor gezondheidsgegevens dat data omzet in waarde

Waarde, integratie en verbinding zijn gebaseerd op data. Zonder gegevens die de uitkomsten en kosten van een patiënt meten, kan de waarde van de optimalisering van het zorgproces niet worden berekend. Zonder efficiënte gegevensuitwisseling

⁷³ M. E. Porter (2006) The next wave of healthcare innovation: The evolution of ecosystems, Harvard Business Review Press.

kunnen de hierboven beschreven zorgnetwerken niet functioneren en zou het zorgpersoneel opnieuw op hun eigen geïsoleerde eilanden werken, wat zou leiden tot overvloedige onderzoeken en raadplegingen.

De gezondheidszorg van de toekomst zal enorme hoeveelheden gegevens genereren. Aangesloten apparaten, zorgverleners en patiënten zullen data lakes creëren en gebruiken. Sensoren zullen de gegevensverzameling uitvoeren van gezondheid, activiteit, locatie, emoties, parameters, enz. Zij zullen de bron van het data lake zijn. Denk niet alleen aan wearables of insideables, die parameters van de patiënt monitoren, maar ook aan de externe omgevingsensoren die vocht, temperatuur, weer, vervuiling, enz. meten. Het meten van de leefomgeving van een patiënt is iets dat al wordt gedaan met een techniek die ambient-intelligentie wordt genoemd. Ambient-intelligentie creëert een digitale omgeving die zich bewust is van de aanwezigheid en context van het individu en die gevoelig, adaptief en ontvankelijk is voor hun behoeften, gewoonten, gebaren en emoties. De combinatie hiervan met de patiëntspecifieke gegevens biedt een meer patiënt specifieke aanpak. Deze gegevens, die als betaalmiddel in het netwerk worden gebruikt, kunnen vele vormen aannemen, variërend van persoonlijke tot bevolkings- of milieugegevens, en zullen tussen verschillende belanghebbende partijen worden overgedragen.

Het is 'datawetenschap' die de belangrijke verbinding vormt met de bovenstaande ambitie van op waarde gebaseerde, verbonden en geïntegreerde zorg en de toekomst van digitale therapie als onderdeel van e-health, m-health en telegeneeskunde.

Big Data kan worden gedefinieerd als de capaciteit om grote datasets te zoeken, te aggregeren en te vergelijken. Het ecosysteem 'Big Data'⁷⁴ bestaat uit vijf componenten: (1) datacreatie, (2) dataverzameling en -beheer, analyse en informatie-extractie, (3) hypothese en experiment en (4) besluitvorming en actie. Dus Big Data is onmiskenbaar een proces; laten we het datawetenschap noemen. Het Big Data ecosysteem omvat de toepassing van geavanceerde heuristiek, statistische procedures, neurale netwerken, machinale leeralgoritmes, kunstmatige intelligentietechnieken, ontologie-gebaseerde zoekstrategieën, inductieve redeneer algoritmes, patroonherkenning, voorspellingsalgoritmes, enz., met als doel tot zinvolle kenmerken en patronen te komen. Twee belangrijke knelpunten zijn nog niet volledig opgelost voor de gegevens over de gezondheidszorg: verbetering van de kwaliteit van de gegevens en verrijking van de beschikbare gegevens. Ziekenhuizen met goede gegevens die beschikbaar zijn voor analyse zijn aantrekkelijke partners voor allerlei onderzoeksprojecten zoals 'ontdekkingswetenschap' (diepgaand inzicht in de ontwikkeling van een ziekte),

⁷⁴ S. Singhal, B. Kayyali, R. Levin, and Z. Greenberg (2020), The next wave of healthcare innovation: The evolution of ecosystems, juni. McKinsey & company.

'klinische ontwikkeling' (gebruik van gegevens om de efficiëntie van klinische studies te verbeteren), en 'post-autorisatieverplichtingen' (continue monitoring van patiënten die bepaalde medicijnen gebruiken), enz.

Tegenwoordig zijn de gegevens meestal verspreid over verschillende entiteiten. Centrale servers van ziekenhuizen, gedecentraliseerde persoonlijke verschillende communicatieprotocollen, kunnen een connectiviteit (datatransmissie) tot stand brengen tussen al die verschillende partijen in dit geïntegreerde en verbonden zorgnetwerk: Wi-Fi, Bluetooth, mobiel (3G, 4G, 5G), LoRa, enz. Natuurlijk zal het verzamelen en vervoeren van gegevens niet voldoende zijn. Deze continue stroom van gegevensverzameling zal de opslagmogelijkheden van moderne zorginfrastructuren overstijgen, en de IoMT en gedecentraliseerde gezondheidszorg zullen de vraag naar opslagruimte alleen maar vergroten.

Lichamelijke onderzoeken worden deels vervangen door een stroom aan digitale informatie. Zo'n enorme hoeveelheid gegevens zou de gezondheidswerkers gemakkelijk kunnen overweldigen, wat zou leiden tot een situatie waarin de waarde en de resultaten van de patiënt niet meer verbeteren. De hoeveelheid niet-verwerkte gegevens kan leiden tot een afname van de efficiëntie en een slecht gebruik van de tijd, en dus ook tot een verslechtering van de patiëntresultaten.

Daarom moet, naast verzameling, circulatie en transmissie, intelligentie in het gegevenskader worden opgenomen. Deze intelligentie, wanneer geïntroduceerd door computers, wordt kunstmatige intelligentie (AI) genoemd en kan een grote aanwinst zijn voor gezondheidsteams. AI is in staat om data te analyseren om inzichten te geven die het handelen van zorgmedewerkers, beslissers of de patiënten zelf kunnen sturen. Signalen die anders onopgemerkt zouden blijven of te laat zouden worden aangepakt, kunnen nu door de AI worden gedetecteerd om alarmen rechtstreeks bij de verantwoordelijke partij te activeren. Het gebruik van deze kunstmatige intelligentie in de gezondheidszorg kan worden onderverdeeld in drie categorieën: op kennis gebaseerde beslissingsondersteunende systemen, gegevensgestuurde klinische beslissingsondersteunende systemen en computer-ondersteunde diagnose.

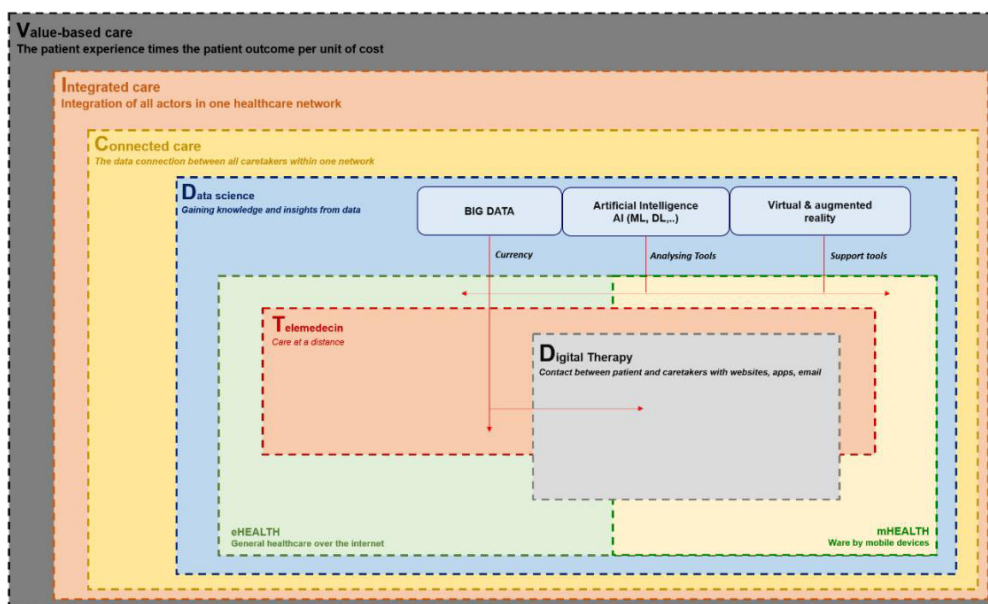
Tenslotte is beveiliging een belangrijk aspect van data. Met de GDPR-regelgeving van 2018 is gegevensbescherming de afgelopen twee jaar enorm belangrijk geworden. Dit, in combinatie met een enorme hoeveelheid gegenereerde gegevens, leidt tot de noodzaak om het concept van gegevensbescherming als geheel te heroverwegen.

De mogelijkheid om deze gegevens op een veilige en effectieve manier te gebruiken, zal leiden tot een toename van de toekomstige waarde van de gezondheidszorg. Zonder data zal innovatie dus geen waarde creëren en vice versa.

Impact van medische technologie op duurzame gezondheidszorg

De hierboven toegelichte evolutie kan in één sleutelfiguur worden samengevat. De visie is gebaseerd op een evolutie naar waarde gebaseerde, geïntegreerde en verbonden zorg waarbij datawetenschap (inclusief big data, artificiële intelligentie en augmented en virtual reality) het scharnier vormt tussen de patiëntgerichte benadering en e-health, m-health, telegeneeskunde naar digitale diagnose en therapie.

Concluderend kan⁷⁵ worden gesteld dat de patiënt centraal moet staan om de oorspronkelijke ambitie te verwezenlijken om met beperkte middelen op een duurzame manier de gezondheid te maximaliseren in een ethisch kader. Dit betekent dat de gezondheidszorg stap voor stap wordt getransformeerd naar een op waarde-gebaseerde, verbonden gezondheidszorg die uiteindelijk leidt tot geïntegreerde zorg rond een individu. Het is de medische technologie (MedTech) die deze digitale transformatie aandrijft, die datawetenschap verbindt met digitale diagnose en therapie – dankzij sensoren, data en algoritmes.



⁷⁵ M. West, B. Collins, R. Eckert, R. Chowla (2017) Caring to change. How compassionate leadership can stimulate innovation in health care, May. The King's Fund.

8.8 De mens die AI onder controle heeft

Basismethode voor veilig machine leren

In deze casestudie laten we zien hoe de basisinstrumenten van de cryptografie geschikt zijn voor het beveiligen van de communicatie van de verschillende stappen in de implementatie van een machinaal lerend systeem dat voldoet aan de criteria besproken in paragraaf 7.6. Voor dergelijke systemen bestaat een eerste stap uit het verzamelen van gegevens om het model te leren. De communicatie tussen de gegevensbron en het leermodel moet *ad minima* worden beveiligd met behulp van klassieke cryptografische tools. De volgende stappen kunnen als voorbeeld dienen:

- 1) Het leermodel zendt zijn publieke sleutel uit via een certificaat.
- 2) Elke gegevensbron genereert en levert een sessiesleutel versleuteld met de publieke sleutel van het leermodel.
- 3) De gegevensblokken die door de bronnen worden verstrekt, worden versleuteld met hun specifieke sessiesleutel.
- 4) Elk gegevensblok wordt gehasht voor integriteitscontrole door het leermodel.
- 5) Elk hash blok wordt ondertekend met de geheime sleutel van de gegevensbronnen.
- 6) Het berekende model, na het leren, kan zelf worden gehasht en ondertekend voor integriteit en oorsprong verificatie.

Een dergelijke aanpak kan vertrouwen op veilige uitwisselingen op http-niveau door het gebruik van Secure Socket Layer SSL (https) en is eenvoudig te implementeren. Het gebruik van klassieke Advanced Encryption Standard (AES) codering, Secure Hashing Algorithms (SHA) voor hashing en Elliptic Curves publieke sleutel cryptografie in SSL zorgt voor een hoog niveau van vertrouwen in elk van deze zes stappen. Een dergelijke architectuur biedt echter geen extra functies, die wel vereist zijn volgens de eisen voor een betrouwbare AI.

Federated Learning, Federated Byzantine Agreements en het TCLearn-model

Bij de hierboven beschreven klassieke beveiligingsaanpak moeten alle belanghebbenden betrouwbaar zijn. Als de partij die het leermodel beheert niet vertrouwd is, moet het leren worden gedistribueerd door middel van beveiligd federated learning, waardoor het model wordt geleerd door over de gegevensbronnen te reizen. Dit voorkomt het risico van een datalek, aangezien alleen het model op het netwerk reist terwijl de gegevens bij hun bron blijven.

Gedistribueerd, federated learning⁷⁶ is voorgesteld voor verschillende toepassingen, waaronder de medische sector⁷⁷. Deze aanpak vergemakkelijkt de samenwerking via coalities waarbij elk lid de controle en verantwoordelijkheid houdt over zijn eigen gegevens (inclusief de verantwoordelijkheid voor privacy en toestemming van de gegevenseigenaren, zoals patiënten). Batches van data worden iteratief verwerkt om een gedeeld model lokaal te voeden. Parameters die bij elke stap worden gegenereerd, worden vervolgens naar de andere organisaties gestuurd om te worden gevalideerd als een aanvaardbare globale iteratie voor het aanpassen van de modelparameters. Zo zullen de coalitiepartners gezamenlijk een gedeeld model optimaliseren door de leer gegevens op te delen in blokken die overeenkomen met de blokken gegevens die door de leden van deze coalitie worden aangeleverd.

Het naïeve gebruik van een Convolutioneel Neuraal Netwerk in een gedistribueerde omgeving stelt het bloot aan het risico van corruptie (al dan niet opzettelijk) tijdens de trainingsfase vanwege het gebrek aan monitoring van de trainingsfasen en de moeilijkheid om de kwaliteit van de trainingsdatasets te controleren. Het gedistribueerde leren kan worden gemonitord door een gecentraliseerde certificeringsinstantie die verantwoordelijk is voor de validatie van elke iteratie van het leerproces. Als alternatief kan een blockchain worden gebruikt om controleerbare gegevens van elke transactie in een onveranderlijk gedecentraliseerd grootboek op te slaan. De blockchainbenadering zou gedistribueerd leren een robuustere en rechtvaardigere aanpak bieden voor de verschillende belanghebbenden die bij het leerproces betrokken zijn, aangezien zij allemaal bij het certificeringsproces betrokken zijn.

Klassieke cryptografie is een techniek voor veilige communicatie tussen meerdere partijen, waarbij de ene partij een bericht versleutelt en verzendt naar een andere partij, die het vervolgens decodeert. Bij het machinaal leren van gevoelige gegevens, bijvoorbeeld persoonlijke gezondheidsgegevens, biedt deze techniek de mogelijkheid om privacy alleen te garanderen als de partijen betrouwbaar zijn en robuust zijn tegen aanvallen. Zo niet, dan moet een gegevensbron die zijn gegevens naar het leermodel stuurt, zelfs gecijferd, in klaar in het AI-algoritme voorkomen.

Machine leren op versleutelde data

Het doel van homomorfe encryptie is om de vereiste machine leer-berekeningen rechtstreeks op gecodeerde gegevens uitvoerbaar te maken. In zeer concrete

⁷⁶ Li, T., Sahu, A. K., Talwalkar, A., & Smith, V. (2020). Federated learning: Challenges, methods, and future directions. *IEEE Signal Processing Magazine*, 37(3), 50-60.

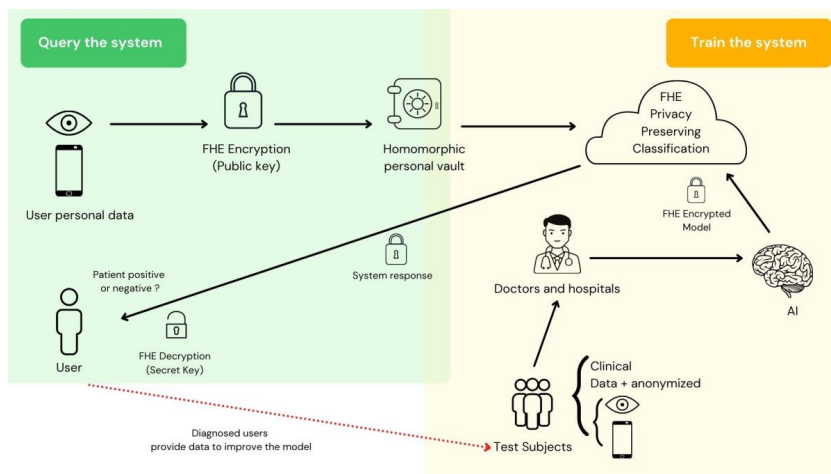
⁷⁷ Rieke, Nicola, Jonny Hancox, Wenqi Li, Fausto Milletari, Holger R. Roth, Shadi Albarqouni, Spyridon Bakas et al. "The future of digital health with federated learning". *NPJ digital medicine* 3, nr. 1 (2020): 1-7

termen worden de gegevens versleuteld met een publieke sleutel en naar een model verzonden. Het model zelf is versleuteld met dezelfde publieke sleutel en als de versleuteling homomorf is, zal de berekening door het versleutelde model een versleuteld resultaat opleveren, wat gelijk staat aan een resultaat dat door de publieke sleutel zou zijn versleuteld. Alleen de gegevensprovider die eigenaar is van de bijbehorende geheime sleutel, kan het resultaat ontcijferen. Het AI-model kan daarom als een onlinedienst verschijnen, die voorspellingen doet op basis van versleutelde gegevens en die direct versleutelde resultaten biedt, en daarbij het hoogste niveau van privacy garandeert.

Een voorbeeld voor het screenen van patiënten op neurodegeneratieve ziekten

Recente ontwikkelingen in Full Homomorphic Encryption (FHE) creëren nieuwe perspectieven voor het gebruik van persoonsgegevens voor screening en diagnose. In FHE worden persoonsgegevens versleuteld via een openbare sleutel die gekoppeld is aan een persoon. De gegevens worden verwerkt door een model dat versleuteld is met de publieke sleutel van het individu. Het resultaat wordt verkregen in een gecodeerde modus en is alleen toegankelijk voor de eigenaar van de persoonlijke sleutel die is gekoppeld aan de publieke sleutel die werd gebruikt. Dit maakt het mogelijk om een persoonlijke homomorfe kluis te creëren met gegevens over een lange periode. De versleutelde gegevens worden verwerkt door modellen die in de loop van de tijd kunnen worden verbeterd door middel van machinaal leren.

Een voorbeeld dat wordt onderzocht aan de UCLouvain, België, over de vroegtijdige opsporing van de ziekte van Alzheimer op basis van persoonsgegevens wordt gegeven in figuur 6. Het model wordt onvercijferd getraind met gegevens afkomstig van vrijwilligers, terwijl de tests voor grootschalige screening met een hoge mate van privacy worden gerealiseerd met behulp van de FHE.



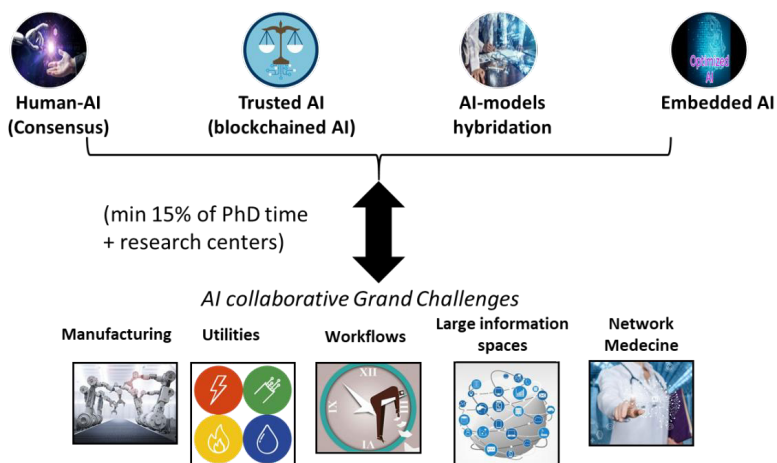
Figuur 6 Een classificatiemodel dat de privacy beschermt. Een gebruiker versleutelt haar persoonlijke medische gegevens en verstuurt deze naar een cloudcomputingdienst. Onderzoekers versleutelen hun getrainde modelparameters onder dezelfde publieke sleutel en sturen ze naar de cloud, die de vereiste berekeningen uitvoert voor classificatie met privacy behoud. Dit resultaat wordt vervolgens teruggestuurd naar de gebruiker, die het decodeert met zijn/haar persoonlijke sleutel. Sommige patiënten stemmen ermee in deel te nemen aan klinische onderzoeken waarvoor zij hun volledige datasets voor AI-training geven in een geanonimiseerde omgeving op basis van batching en federated leren.

Traceerbaarheid van gegevens en modellen door middel van watermerken

Het watermerken van gegevens kan worden gebruikt voor het opsporen van een lek. Elke batch gegevens kan licht maar krachtig worden aangepast om een specifiek merkteken van de bestemming (bijvoorbeeld het leermodel) te bevatten, zodanig dat een lek op het bestemmingspunt kan worden gedetecteerd.

Het onderzoek naar cryptografie voor Betrouwbare AI wordt in Wallonië ondersteund in het kader van het TRAIL (Trusted AI Labs) Institute⁷⁸. TRAIL is een virtueel instituut dat de Franstalige universiteiten in België (UCLouvain, ULB, ULiège, U-Mons en U-Namur) en vier onderzoekscentra (Multitel, Cetic, Cenaero en Sirris) verenigt. TRAIL zal zorgen voor het aantrekken, opleiden en behouden van talenten in de Federatie Wallonië-Brussel om de toe-eigening van AI door bedrijven en openbare diensten mogelijk te maken. Het TRAIL Instituut zal grensverleggend onderzoek verrichten dat als strategisch wordt beschouwd en zal zich richten op de verbinding met Vlaanderen en dit op het hoogste internationale niveau. Het onderzoek betreft zowel louter technologische aspecten als andere kwesties die van fundamenteel belang zijn voor de toe-eigening van AI door het economische en sociale weefsel (veranderingsmanagement, AI-wetgeving, gegevensverstaanbaarheid, enz.).

⁷⁸ Trusted AI labs <https://trail.ac/>



Figuur 7: TRAIL ontwikkelt onder andere onderzoeksprogramma's op het gebied van Cryptografie voor Betrouwbare AI in een kader dat het onderzoek koppelt aan industriële behoeften door middel van Grand Challenges.

8.9 Beheer van de toeleveringsketen in bedrijven die geïmpacteerd zijn door COVID

Is er behoefte aan een verandering in de toeleveringsketen?

Het coronavirus heeft onder meer de vraag opgeworpen wat de juiste reactie is om de prestaties van de toeleveringsketen zoals deze de afgelopen jaren zijn geëvolueerd, te beschermen en te handhaven, of eventueel te verbeteren. In deze casestudie worden onmiddellijke en langetermijnacties voorgesteld die kunnen worden ondernomen als reactie op de uitdagingen van de wereldwijde verspreiding van COVID-19 op het gebied van bedrijfsverstoringen en toeleveringsketens, inclusief het vooruitkijken naar de langetermijnoplossing van digitale toeleveringsnetwerken. Als zodanig zou COVID-19 de katalysator kunnen zijn die veel bedrijven, en hele industrieën, dwingt om hun mondiale toeleveringsketen model te heroverwegen en te transformeren. Eén feit staat buiten kijf: de pandemie heeft de kwetsbaarheden van veel organisaties al blootgelegd, met name die organisaties die voor hun behoefte aan grondstoffen of eindproducten sterk afhankelijk zijn van externe partners. De toeleveringsketen is door de recente gebeurtenissen geschokt, maar is niet doorbroken, dankzij veel overheidsinitiatieven, ondernemersinitiatieven en individuele initiatieven. De bedrijven die hun infrastructuur blijven schalen en de klant centraal stellen in hun activiteiten, zullen het goed doen wanneer we deze pandemie te boven komen.

Ondernemingen kunnen zich echter niet langer onttrekken aan maatregelen op het gebied van digitalisering of risicobeheer ten gunste van kostenverlaging.

Het zichtbaarheidsvacuüm, in combinatie met de nadruk op just-in-time voorraadbeheer, heeft ertoe geleid dat veel bedrijven niet de flexibiliteit hebben gehad om deze crisis aan te pakken. Nu de vertragingen bij de leveringen nog groter worden en indien het niet mogelijk is cruciale producten aan te kopen, toont de afhankelijkheid van just-in-time voorraadbeheer en mondiale sourcing-netwerken een fundamentele zwakte aan. De noodzaak van een buffer en een betere zichtbaarheid is pijnlijk duidelijk geworden.

Recente bevindingen hebben aangetoond dat sommige bedrijven beter voorbereid zijn dan andere om de impact te beperken. Deze bedrijven hebben strategieën voor risicobeheer en bedrijfscontinuïteit in de toeleveringsketen ontwikkeld en geïmplementeerd. Zij hebben ook hun toeleveringsketens vanuit een geografisch perspectief gediversifieerd om de risico's aan de aanbodzijde van een land of regio te verminderen. Zij halen belangrijke grondstoffen of strategische componenten uit verschillende bronnen om hun afhankelijkheid van één leverancier te verminderen, en zij hebben een inventarisatiestrategie overwogen om verstoring van de toeleveringsketen tegen te gaan. Deze bedrijven hebben sterke relaties opgebouwd met belangrijke leveranciers en hebben systemen opgezet om zichtbaarheid te bieden in het uitgebreide voorzieningsnetwerk om hun risico 's beter te begrijpen en specifieke acties te stimuleren op basis van hun prioriteiten. Ze ontwikkelden flexibiliteit binnen hun productie- en distributienetwerken om het aanbod snel te herconfigureren en in stand te houden om aan de wereldwijde vraag te voldoen, en ze investeerden in oplossingen voor de planning van de toeleveringsketen en de controletoren om problemen met de toeleveringsketen beter te kunnen detecteren, beantwoorden en zelfs voorspellen.

Andere bedrijven hebben het moeilijk. Deze bedrijven zijn voor belangrijke producten overmatig afhankelijk van één geografisch gebied of één enkele leverancier. Ze hebben niet genoeg zicht op het uitgebreide aanvoernetwerk om hun risico's te zien. Ze hebben niet de systemen om hun voorraadstatus te begrijpen, om voorraden van directe materialen te projecteren en de productie te optimaliseren, of om voorraden van eindproducten te projecteren om de toewijzing aan klanten te optimaliseren, en ze hebben geen flexibele logistieke netwerken om de winstgevende goederenstroom te garanderen.

De vraag naar verandering in de mondiale toeleveringsketen is niet nieuw. De aanhoudende handelsoorlog tussen de VS en China heeft bedrijven er al toe aangezet hun leveranciersbasis buiten China te diversifiëren. Andere factoren zijn de drijvende kracht achter veranderingen, zoals de wens om het risico op verstoringen in het algemeen te beperken, kostenbesparingen, grotere flexibiliteit van de productie en een nauwere nabijheid van de vraagcentra. COVID-19 heeft de kwetsbaarheid van wereldwijde toeleveringsketens alleen maar verder aan het licht gebracht en de vraag naar verandering aangewakkerd. Uit een recent lopend onderzoek onder 50 chief financial officers van 1.000 Fortune-bedrijven

bleek dat een derde van de bedrijven toeleveringsketenproblemen vermeldde als één van de drie grootste zorgen van de gevaren waarmee hun bedrijven worden geconfronteerd. De vereiste veranderingen vergen tijd en zullen uiteindelijk afhankelijk zijn van technologische innovatie en implementatie, vaak door de overname van technologie-ontwrichters door gevestigde spelers in de industrie.

Veerkracht in de toeleveringsketen is een nieuwe noodzaak

Als gevolg van de coronapandemie ontstond in de media en vaktijdschriften het thema van de veerkracht van de toeleveringsketen. Veerkracht wordt gedefinieerd als het vermogen om snel te herstellen van moeilijkheden of om weer in vorm te komen. Suketu Gandhi en Steve Mehlretter karakteriseren de nieuwe situatie in een recent rapport⁷⁹: *"Voor veel bedrijven betekende excellentie in de toeleveringsketen lange tijd het ontwikkelen van de meest kosteneffectieve manier om een product op tijd aan je klanten te leveren. Hoewel gedetailleerde modellering en analyse vaak worden voltooid om deze 'optimale' toeleveringsketens te ontwerpen, werd dit meestal alleen gedaan voor een relatief klein aantal variabiliteitsopties voor vraag en aanbod. Toen de COVID-19-pandemie toesloeg, leerden veel bedrijven op harde wijze hoe deze strakke focus hun vermogen beperkte om het hoofd te bieden aan een plotselinge schok in hun toeleveringsketens. De pandemie heeft bewezen dat de definitie van excellentie in de toeleveringsketen moet worden uitgebreid tot meer dan kosteneffectiviteit en tijdige prestaties en ook rekening moet houden met de veerkracht van de toeleveringsketen."*

Het is belangrijk om gebieden te identificeren waar zich al storingen hebben voorgedaan, en kwetsbare punten te lokaliseren, zoals enige toeleveringsbron, enige bron van inkomsten, uitbestede operaties, afhankelijkheid van technologie, afhankelijkheid van energie, blootstelling aan vreemde valuta of specifiek menselijk talent.

Zodra bekende bedreigingen en storingen zijn geïdentificeerd, argumenteren Gandhi en Mehlretter: *"moeten bedrijven evalueren hoe veerkrachtig hun toeleveringsketens zijn om hun sterke en zwakke punten te bepalen in het licht van onverwachte verschuivingen en toekomstige crises. Deze evaluaties of 'stresstests' zouden lijken op de stresstests voor banken die zijn ontstaan en die banken dwongen om de focus te verleggen van winst op korte termijn naar veerkracht op lange termijn. ... Deze stresstests zouden de veerkracht van de toeleveringsketen onderzoeken langs een aantal verschillende dimensies, waaronder geografie, planning, leveranciers, distributie, productie, productportfolio/platforms en financieel/werkkapitaal."*

⁷⁹ Suketu Gandhi en Steve Mehlretter, Toward a more resilient supply chain, 23 oktober 2020. <https://www.supplychainquarterly.com/articles/4061-toward-a-more-resilient-supply-chain>

Een decennialange focus op het optimaliseren van de toeleveringsketen om de kosten te minimaliseren, voorraden te verminderen en het gebruik van bedrijfsmiddelen te stimuleren heeft buffers en flexibiliteit om onderbrekingen op te vangen geëlimineerd. COVID-19 laat zien dat veel bedrijven zich niet volledig bewust zijn van de kwetsbaarheid voor wereldwijde schokken van hun relaties in de toeleveringsketen.

Gelukkig ontstaan er nieuwe technologieën rondom toeleveringsketens die de zichtbaarheid in de end-to-end supply chain drastisch verbeteren en bedrijven ondersteunen om dergelijke schokken op te vangen. Het traditionele lineaire supply chain-model verandert in Digital Supply Networks (DSN's), waar functionele silo's worden opgesplitst en organisaties worden verbonden met hun volledige bevoorradingsnetwerk om end-to-end zichtbaarheid, samenwerking, flexibiliteit en optimalisatie mogelijk te maken. Met behulp van geavanceerde technologieën (Internet of Things, kunstmatige intelligentie, robotica, 3D-printen en 5G) worden DSN's ontworpen om op toekomstige uitdagingen te anticiperen en deze het hoofd te bieden. Of het nu gaat om een gebeurtenis zoals COVID-19, een handelsoorlog, oorlogsdaden, terrorisme of natuurrampen, veranderingen in de regelgeving, arbeidsconflicten, plotselinge pieken in de vraag of faillissement van leveranciers, organisaties die DSN's implementeren zullen klaar zijn om met onverwachte situaties om te gaan.

Paraatheid

Het gebrek aan paraatheid in de sector heeft talrijke gevolgen gehad voor het vermogen van de toeleveringsindustrie om deze crisis het hoofd te bieden. De ondernemingen die niet over protocollen voor risicobeheer beschikten, hadden moeite om de flexibiliteit en duidelijkheid te behouden die hun partners en klanten in staat zouden hebben gesteld de crisis beter te doorstaan.

*"We zijn altijd gefocust geweest op drie belangrijke innovatiegebieden, die volgens ons nog relevanter zullen worden in een post-COVID-19 wereld. De eerste is dynamische datawetenschap. De tweede is intelligente logistieke automatisering, gedreven door de medewerkers om het magazijn veiliger en efficiënter te maken. De derde prioriteit is de digitalisering van transport en de klantervaring. Dit zijn trends die we al vóór COVID-19 zagen en die nu in een stroomversnelling komen."*⁸⁰

Planning van de vraag

Software moet proberen een beeld te schetsen van veranderende marktbehoeften door rekening te houden met factoren als de beroepsbevolking, weersomstandig-

⁸⁰ Erik Caldwell, XPO Logistics – Supply Chain, Americas & Asia Pacific.

heden en geopolitieke gebeurtenissen, en de planning van de vraag. De pandemie heeft onverwachte volatiliteit in de vraag van de klant geïntroduceerd, waardoor het nog moeilijker is om vraagpatronen te onderscheiden.

Bovendien hebben silo's tussen verkoop en bedrijfsvoering de uitwisseling van gegevens die nuttig zou zijn geweest bij het navigeren in deze kwesties, belemmerd. De vraag- en aanbodzijde moeten effectiever samenwerken om dit koopgedrag in een vroeg stadium te identificeren. Het oriënteren van productiepijplijnen in combinatie met de vraag van de klant zal helpen om een samenhangende en veerkrachtige strategie voor de toeleveringsketen op te bouwen. Consolideren van datastromen binnen de organisatie en beheren van inkoop, vraag en inventarisatie zijn kansen die via planningssoftware gedreven vanuit de vraag gerealiseerd kunnen worden.

Just-in-time voorraadbeheer

Just-in-Time (JIT)-strategieën voor voorraadbeheer zijn ontworpen om de efficiëntie te verhogen en de hoeveelheid afval te verminderen door de ontvangst van goederen te plannen zoals ze nodig zijn in het productieproces, waardoor de totale voorraadkosten worden verlaagd door te werken op basis van de behoeften. Zoals uit de gegevens blijkt, bestaat er in de toeleveringsketen grote onzekerheid over de levensvatbaarheid op de lange termijn van just-in-time management als voorraadstrategie.

Voorraadbeheer is nauw verbonden met sourcing. Tijdens deze crisis heeft de afhankelijkheid van één leverancier de voorraadproblemen verergerd. Zonder een goed inzicht in alternatieven of een eerder gevalideerde en geteste dynamische inkoopprocedure, worden bedrijven gedwongen om potentiële kwaliteitsrisico's en onverwachte kosten te dragen bij het wisselen van leverancier of productielocatie. Just-in-time inventarisatie zal niet verdwijnen. De uitdaging is wie verantwoordelijk zal zijn voor het vullen van de kloof tussen just-in-time en just-in-case. Overcapaciteit voor redundantie zou voor particuliere ondernemingen moeilijk te hanteren zijn. Het moet een samenwerking zijn tussen de openbare en de particuliere sector om in de toekomst op dit soort pieken te kunnen reageren, of het nu gaat om persoonlijke beschermingsmiddelen, geneesmiddelen of andere benodigdheden. Dit zijn zowel beleids- als economische beslissingen. Net als bij just-in-time inventarisatiestrategieën, benadrukt de onzekerheid rond sourcing de bezorgdheid die in de sector heerst, omdat de pandemie bedrijven dwingt om hun sourcingstrategieën te heroverwegen. Wat het meest noodzakelijk blijkt met betrekking tot sourcing is de ontwikkeling van robuuste risicobeoordelingsprocedures. Bedrijven kunnen op korte termijn best practices inzetten om hun toeleveringsketens te beschermen tegen langdurige schokken.

Er zijn verschillende lessen geleerd en er zijn kansen ontstaan uit een overzicht van de belangrijke uitdagingen en sectorale aandachtspunten. Deze omvatten onder andere:

1. *Sterkte van bestaande netwerken*: de bestaande netwerken in toeleveringsketens zijn gebaseerd op bestaande relaties, kennis en ervaring, die het mogelijk maken te bepalen waar hulp het meest nodig is. In de sectoren die in deze studie worden onderzocht, hebben sterk genetwerkte organisaties in de toeleveringsketen in staat gesteld de kloof in het aanbod van componenten, diensten of vaardigheden te identificeren en met succes aan te pakken. Zo kan bijvoorbeeld een fabrikant, die een onderdeel zoekt dat schaars is, verbonden worden aan een leverancier wiens huidige klantenbestand door de pandemie is verminderd. Op dezelfde manier kunnen deze netwerken de personeelsplanning ondersteunen door mensen met belangrijke vaardigheden die zijn ontslagen, te helpen bij het vinden van mogelijkheden voor omscholing of herplaatsing. De elektronica-industrie en de olie- en gassector zijn actuele voorbeelden van gevallen waar deze netwerken het best zijn benut.
2. *Communicatie* rond toeleveringsketens in verband met kritieke hulpbronnen en infrastructuur: om de impact van een potentiële tweede golf van COVID-19 of andere schokken in wereldwijde toeleveringsketens te beperken, is er behoefte aan duidelijke communicatie en begeleiding voor sectoren in het bredere netwerk van belangrijke leveringen. Belangrijke hulpbronnen en infrastructuraanbieders werden als essentieel beschouwd en kregen duidelijke richtsnoeren, terwijl anderen die even belangrijk zijn voor het soepel functioneren van een toeleveringsketen geen duidelijke instructies kregen. Tot deze toeleveringsnetwerken behoren fabrikanten van onderdelen voor leveringen, transport en logistiek, en het personeel.
3. *Beter en groener bouwen*: het is van vitaal belang dat herstel ons vooruit brengt en niet achteruit. We hebben een toekomstige toeleveringsketen nodig die veerkrachtiger en groener is, met een sterk innovatievermogen. Dit vereist de ontwikkeling en onderlinge afstemming van meerdere regelgevingsstelsels, en aandacht voor risico's, ethiek en veiligheidskwetsies. Onder de juiste omstandigheden kunnen technologieën kwetsbaarheden verminderen, maar dit betekent dat de regelgeving moet worden afgestemd op meerdere beleidsterreinen die mogelijk worden beïnvloed. Een verschuiving naar een meer gedigitaliseerde voedselvoorzieningsketen kan bijvoorbeeld gevolgen hebben voor regimes die vervoer, telecommunicatie, gezondheid en veiligheid en meer reguleren.
4. *De rol van digitale technologieën*: De pandemie heeft het belang benadrukt van netwerken van toeleveringsketens en de manier waarop digitale technologieën de zichtbaarheid van de beschikbare capaciteit in de hele toeleveringsketen kunnen vergroten. Er moet een beleid worden opgezet om 'kritische nationale capaciteiten' te garanderen, wat veranderingen kan vereisen in de manier waarop sommige essentiële productie- en toeleveringsketens functioneren.
5. *Een verscheidenheid aan leveranciers* en tijdige informatie over hun capaciteiten kunnen het mogelijk maken om tijdens een crisis te schakelen en/of nieuwe manieren te ontwikkelen om bestaande voorraden te leveren. Een goed begrip van het netwerk van mogelijke leveranciers wereldwijd kan bijvoor-

beeld alternatieve plannen voor het sourcen van materialen opleveren. Kennis van de manier waarop leveranciers nieuwe manieren hebben gevonden om goederen te vervoeren, kan ook de verschillende stadia van de toeleveringsketen waar innovatie plaatsvindt aantonen. Hoewel de efficiëntie van de toeleveringsketen de afgelopen tien jaar heeft geleid tot productiviteit, heeft consolidatie van de voorziening er in sommige gevallen toe geleid dat één leverancier een 'single point failure' is geworden. De crisis heeft aan het licht gebracht hoe moeilijk het is om van dergelijke tekortkomingen af te komen zonder een verscheidenheid aan leveranciers om uit te putten. Het beschikken over een verscheidenheid aan leveranciers en actuele informatie over hun capaciteiten kan het vlot omschakelen tijdens een crisis mogelijk maken.

6. *Een systemische, sectorale, subsectorale en bedrijfsmatige visie*: inzicht in de aanbodnetwerken op systeem-, sector- en subsectorniveau is vereist. Met informatie op systemisch niveau kunnen we begrijpen hoe schokken zich verspreiden naar andere delen van het systeem en hoe meerdere verstoringen worden veroorzaakt. Een sectorale visie kan factoren weergeven die van invloed zijn op belanghebbenden met betrekking tot een product of dienst. Het kan ook gevoelig zijn voor bedrijfstakken (aanbodzijde) en markten (vraagzijde) die vergelijkbare kenmerken hebben. Een subsectorale visie kan laten zien hoe deze schokken en verstoringen organisaties op bedrijfsniveau beïnvloeden. Voor veel bedrijven en organisaties zijn de uitdagingen breder dan de toeleveringsketen zelf en vereisen ze inzicht in hoe waarde wordt gecreëerd in verschillende stadia.

Tot slot dient nog een herinnering te worden toegevoegd aan de ontwikkeling van het 'Physical Internet', zoals de KVAB in haar recente standpunt over Mobiliteit heeft gesuggereerd⁸¹:

"Fysiek internet: een internet voor transport

Physical Internet (PI) wordt steeds meer gepresenteerd als een manier naar slimme, duurzame en eerlijke logistiek. PI wordt gedefinieerd als "het transformeren van de manier waarop fysieke objecten worden behandeld, verplaatst, opgeslagen en gerealiseerd, geleverd en gebruikt, gericht op wereldwijde logistieke efficiëntie en duurzaamheid"⁸². PI kan worden beschouwd als een toepassing van het internet, maar dan voor transport. Het onderliggende netwerk is het zogenaamde TEN-T (Trans-European Network for Transport), dat de Europese verbruiks- en industriële centra over de weg, per spoor en (waar mogelijk) over de binnenwateren verbindt met Galileo als navigatiesysteem. Goederen vervoeren

⁸¹ KVAB Standpunt, "De mobiliteit van morgen: zijn we klaar voor een paradigmawissel?", 2018. <https://www.kvab.be/nl/standpunten/de-mobiliteit-van-morgen>

⁸² Benoit Montreuil, The PI Initiative 's Manifesto, 2012, <https://www.slideshare.net/physical-internet/physical-internet-manifesto-eng-version-1111-20121119-15252441>

is vergelijkbaar met het verzenden van een e-mail via het internet. In dat netwerk weten de aanbieders die actief zijn in de verschillende knooppunten dankzij het TCP/IP-protocol hoe de e-mail via het netwerk naar de bestemming kan worden voortgezet. Op een vergelijkbare manier moet de vervoerder zijn lading registreren op PI. Dankzij het Internet of Things (IOT) kan de beschikbaarheid van alle deelnemende en gecertificeerde vervoerders worden geëvalueerd. Met behulp van algoritmes wordt de beschikbare transport- en opslagcapaciteit gecombineerd tot een optimale route over het transportnetwerk. Een transport van Spanje naar België kan bijvoorbeeld in vijf etappes en door vijf transporteurs worden uitgevoerd, maar in een doorlooptijd die korter is dan bij het gebruik van een gereserveerde vrachtwagen met chauffeur, waarbij de rijtijden van deze laatste bepalen of de vrachtwagen al dan niet rijdt.”

9. Conclusies

Net als bij de komst van de drukpers in de 15^e eeuw, verstoort de digitale transitie veel maatschappelijke mechanismen. Dit proces is nu aan de gang en is vrij omvangrijk. Het is versneld door de COVID-19-pandemie. Het biedt vele mogelijkheden voor het oplossen van veel van de uitdagingen van de volgende generatie, evenals de doelstellingen voor duurzame ontwikkeling. Tevens moeten talrijke keuzes en ontwerpbeslissingen worden gemaakt in een synergetische interactie tussen ICT-specialisten, ingenieurs, sociale wetenschappers en beleidsmakers om verkeerd gebruik te voorkomen.

Omdat de digitale transitie een transformatief proces is dat een impact heeft op veel aspecten van ons dagelijks leven en onze activiteiten, worden in dit standpunt-paper vele sterke verbanden met verschillende menselijke activiteiten aan de orde gesteld. Deze die verband houden met de digitale transitie worden hier uitgebreid besproken met een aantal casestudy's over de impact van digitalisering op verschillende sectoren en diensten. Voor degene die gerelateerd zijn aan klimaatverandering en de groene transitie verwijzen we hier naar het tweede deel van deze gezamenlijke ARB/KVAB standpunt-paper⁸³. In 7.9 wordt aangetoond dat een versnelde digitale transitie een sterke invloed heeft op het elektriciteitsverbruik en dat er daarom dringend actie moet worden ondernomen met betrekking tot energie-efficiëntie, energiezuinigheid en energie-efficiënte digitale technologieën.

De toekomstige waarde voor de samenleving kan alleen worden gerealiseerd door innovatie en data in alle disciplines te stimuleren. Disruptieve innovatie zou idealiter moeten leiden tot een betere persoonlijke ervaring en resultaat voor elk individu en tot lagere kosten voor de samenleving. Om deze waarde te realiseren, moeten

⁸³ Joint KVAB-ARB position paper on an accelerated digital and green transition, deel 2, 2023 to appear.

data worden verbonden, gecombineerd en gedeeld in een veilige, beveiligde en duurzame infrastructuur.

10. Aanbevelingen

Nu is het tijd om in actie te komen.

Terwijl Winston Churchill na de Tweede Wereldoorlog werkte aan de vorming van de Verenigde Naties, deed hij de beroemde uitspraak: "Laat een goede crisis nooit verloren gaan". Er is nu een unieke kans om te profiteren van de kwesties, problemen en lessen die tijdens de pandemie naar boven zijn gekomen en geleerd.

- *Een crisis kan door leiders worden aangegrepen om steun te verzamelen* – De leiders van het land, de regio's en de organisaties moeten de pandemie-crisis aangrijpen om moedige en diepgaande maatregelen te nemen, zoals het terugwinnen van efficiëntie in de regelgeving en verantwoordelijkheden, thuiswerken, online vergaderingen, online lesgeven, enz.
- *Crisis kunnen ons helpen om aannames te betwisten* – Tijdens de crisis werden een aantal impliciete en expliciete gedragingen niet toegestaan die vaak gebaseerd waren op niet genoemde aannames. Na de crisis is er een kans om onnodige regels en historische privileges te elimineren.
- *Lessen uit mislukkingen en hoe we die aanpakken* – In de tekst worden verschillende voorbeelden gegeven over hoe we kunnen leren van de mislukkingen die zich in de pandemie hebben voorgedaan, en hoe de digitale transitie kan bijdragen aan oplossingen.

Versnelde en aanhoudende inspanningen voor digitale geletterdheid voor iedereen

De digitale transitie zal in ons land alleen slagen als de inspanningen voor meer digitale vaardigheden en inzicht in de digitale wereld voor jong en oud worden versneld. Zoals in de vorige hoofdstukken is toegelicht, kan een goed inzicht in de ingrediënten, de kansen en de beperkingen van de digitale transformatie leiden tot een verantwoord gebruik van de digitale instrumenten en diensten en onnodige angst voorkomen.

Rol van formeel onderwijs

Aangezien de overgang nog steeds gaande is, moeten de digitale vaardigheden en opleidingen op alle schoolniveaus en voor alle leerlingen en studenten in een voortdurend tempo worden verbeterd. Digitale instrumenten moeten een integrerend deel uitmaken van alle vakken en moeten flexibelere leerprocessen faciliteren die nauw aansluiten bij de behoeften van de individuele leerlingen of studenten. Bovendien wordt verwacht dat de behoefte aan ICT-professionals zal toenemen en dat de motivatie en aantrekkingskracht van een dergelijke professionele opleiding moeten worden aangepakt.

Stimuleer veilige, verantwoorde, ethische en duurzame IT

Er moeten gezamenlijke acties en een bewustmakingsprogramma met media-campagnes worden georganiseerd om het veilige, verantwoorde, ethische en duurzame gebruik van alle digitale en ICT-apparaten en -diensten te stimuleren⁸⁴ met speciale aandacht voor het aanzienlijke energieverbruik.

De rol van de media

Invloedrijke massamedia en sociale media spelen een belangrijke rol bij het vermijden van ongerechtvaardigde projecties van de digitale transitie. Nepnieuws en sommige sciencefictionfilms presenteren vaak een onrealistische wereld waar supermensen of AI de massa tot slaaf kunnen maken. Integendeel, regelgevende en technologische instrumenten die de controle bij het individu houden zijn al bestaand en moeten worden uitgebreid. Sommige hiervan worden al gepresenteerd in dit standpunt-paper en schetsen een bloeiende samenleving waar mensen en kunstmatige systemen en robots samenwerken en elkaar aanvullen.

Een oproep voor een sterkere inzet van volwassenen training

België heeft een achterstand op het gebied van levenslang leren, zoals besproken in paragraaf 6.4. De digitale transitie zal leiden tot een tekort aan arbeidskrachten dat in belangrijke mate afhankelijk is van de beschikbaarheid van geschoolde werknemers voor alle taken in de digitale samenleving. Dit is geen eenmalige inspanning; omdat de overgang nog steeds evolueert naar meer en betere digitale diensten en methoden, zal er een voortdurende taak zijn voor betere digitale geletterdheid, permanent onderwijs en ontwikkeling van vaardigheden voor de hele samenleving.

Meer aandacht voor het totaalbeeld van het niet-verwaarloosbare energieverbruik en de milieu-impact van de digitale transitie

ICT-systemen, met inbegrip van computerhardware, software en communicatie-apparatuur, moeten zo worden geoptimaliseerd dat het energieverbruik en de CO₂-impact tot een minimum worden beperkt en dat tegelijkertijd de vereiste specificaties voor de kwaliteit van de dienstverlening worden gehandhaafd. Om de gevolgen voor het milieu te beperken, moet het hergebruik van oude apparatuur worden gestimuleerd en moet de vervangingssnelheid van de apparatuur tot een minimum worden beperkt.

⁸⁴ <https://isit-be.org/>

Bibliografie

Zie voetnoten.

Leden van de werkgroep

Marc Acheroy CTS-ARB
Luc Bonte KTW-KVAB
Rose Bruffaerts JA-KVAB
Luc Chefneux CTS-ARB
Hugo De Man KTW-KVAB
Erol Gelenbe CTS-ARB
Lies Lahousse JA-KVAB
Benoit Macq CTS-ARB
Jean-Jacques Quisquater CTS-ARB
Hendrik Van Brussel KTW-KVAB
Valentin Van den Balck KTW-KVAB
Joos Vandewalle KTW-KVAB (Coördinator)
Willy Van Overschée KTW-KVAB
Pascal Verdonck KTW-KVAB
Paul Verstraeten KTW-KVAB.

Academische affiliatie:

KTW-KVAB-klasse Technische Wetenschappen van de KVAB
CTS-ARB-klasse van Technologie en Maatschappij van ARB
JA-KVAB Jonge Academie van de KVAB

RECENTE STANDPUNTEN (vanaf 2017)

52. Mark Eyskens – *Europa in de problemen*. KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2017.
53. Luc Steels – *Artificiële intelligentie. Naar een vierde industriële revolutie?*. KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
54. Godelieve Gheysen, René Custers, Dominique Van Der Straeten, Dirk Inzé, *Ggo's anno 2018. Tijd voor een grondige herziening*. KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
55. Christoffel Waelkens (e.a.) – *Deelname van Vlaanderen aan grote internationale onderzoeksinfrastructuren: uitdagingen en aanbevelingen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2017.
55. Addendum. Jean-Pierre Henriët. – *Mijlpalen in internationale wetenschappelijke samenwerking*, KVAB/Klassen Natuurwetenschappen, 2017.
56. Piet Swerts, Piet Chielens, Lucien Posman – *A Symphony of Trees. Wereldcreatie naar aanleiding van de herdenking van de Derde Slag bij Ieper, 1917*, KVAB/Klasse Kunsten, 2017.
57. Willy Van Overschée e.a. – *De mobiliteit van morgen: zijn we klaar voor een paradigmawissel?*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
58. Tinne De Laet e.a. - *"Learning Analytics" in het Vlaams hoger onderwijs*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
59. Dirk Van Dyck, Elisabeth Monard, Sylvia Wenmackers e.a. – *Onderzoeker-gedreven wetenschap. Analyse van de situatie in Vlaanderen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2018.
60. Liliane Schoofs – *Doctoraathouders geven het Vlaanderen van morgen vorm*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2018.
61. Luc Bonte, Aimé Heene, Paul Verstraeten e.a. – *Verantwoordelijk omgaan met digitalisering. Een oproep naar overheden en bedrijfsleven, waar ook de burger toe kan/moet bijdragen*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2018.
62. Jaak Billiet, Michaël Opgenhaffen, Bart Pattyn, Peter Van Aelst – *De strijd om de waarheid. Over nepnieuws en desinformatie in de digitale mediawereld*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2018.
63. Christoffels Waelkens. – *De Vlaamse Wetenschapsagenda en interdisciplinariteit. Leren leven met interdisciplinaire problemen en oplossingen*, KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2019.
64. Patrick Onghena – *Repliceerbaarheid in de empirische menswetenschappen*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2020.
65. Mark Eyskens – *Als een virus de mensheid gijzelt. Oorzaken en gevolgen van de Coronacrisis*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2020.
66. Jan Rabaey, Rinie van Est, Peter-Paul Verbeek, Joos Vandewalle - *Maatschappelijke waarden bij digitale innovatie: wie, wat en hoe?*, KVAB - Denkersprogramma 2019, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2020.
67. Oana Dima (auteur), Dirk Inzé, Hubert Bocken, Pere Puigdomènech, René Custers (eds)., *Genoombewerking voor veredeling van landbouwgewassen. Toepassingen van CRISPR-Cas9 en aanverwante technieken*, ALLEA-KVAB/Klasse Natuurwetenschappen, 2020.
68. Marie-Claire Foblets, *De multiculturele samenleving en de democratische rechtsstaat – Hoe vrijwaren we de sociale cohesie?*, KVAB/Klasse Menswetenschappen 2020
69. Joost Van Roost, Luc Van Nuffel, Pieter Vingerhoets e.a., *De rol van gas in de Belgische energietransitie – Aardgas en Waterstof*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2020.
70. Richard Bardgett, Joke Van Wensem, *Bodem als natuurlijk kapitaal* – KVAB Denkersrapport 2020, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2021
71. Jos Smits e.a., *Multifunctionele eilanden in de Noordzee*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2021.
72. Elisabeth Monard, red., *Kunst, Wetenschap en Technologie in Symbiose*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2021.
73. Jan Wouters, Maaïke De Ridder, *De problematiek van de rechtsstaat en democratische legitimiteit binnen de Europese Unie*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2021.
74. Hilde Heynen, Bart Verschaffel, e.a., *Architectuurkwaliteit vandaag, Reflecties over architectuur in Vlaanderen*, KVAB/Klasse Technische wetenschappen en Klasse Kunsten, 2021.

De volledige lijst met standpunten en alle pdf's kunnen worden geraadpleegd op www.kvab.be/standpunten



Dit eerste gezamenlijke Standpunt van de twee algemene academies van België, KVAB en ARB, roept op tot een versnelde digitale transformatie in België. Er zijn in ons land goede initiatieven van de regionale en federale overheden en van maatschappelijke actoren, maar er is ruimte voor een versnelling op vijf fronten:

-De digitale transitie in ons land zal pas slagen als er versneld wordt ingezet op meer digitale geletterdheid, betere digitale vaardigheden en meer inzicht in de digitale wereld bij jong en oud. Er is nood aan collectieve acties en aan een sensibiliseringsprogramma (met mediacampagnes) om het veilig, verantwoord, ethisch en duurzaam gebruik van alle digitale en ICT-toestellen en -diensten te stimuleren.

-Digitale hulpmiddelen moeten een integraal onderdeel worden van alle onderwijsvakken. Ze moeten flexibelere leerprocessen faciliteren die dicht bij de behoeften van de individuele leerling of student staan.

-Invloedrijke massa- en sociale media hebben een belangrijke rol te spelen bij het vermijden van onterechte projecties over wat de digitale transitie echt betekent.

-Gezien de toenemende behoeften op de arbeidsmarkt is het van cruciaal belang dat er meer middelbare scholieren ICT-studies volgen en dat veel professionals worden gestimuleerd tot levenslang leren (LLL) in de ICT. België loopt daarin achterop.

-Gezien de groeiende behoefte aan elektrische energie voor ICT moet er meer aandacht gaan naar een omvattende strategie voor het energieverbruik en voor de milieu-impact van de digitale transitie.

De reeks Standpunten van de Academie is een bijdrage tot het wetenschappelijk onderbouwd debat over actuele maatschappelijke en artistieke thema's. De auteurs, leden en werkgroepen van de Academie schrijven in eigen naam, onafhankelijk en met volledige intellectuele vrijheid. De goedkeuring voor publicatie door een of meerdere Klassen van de Academie waarborgt de kwaliteit van de gepubliceerde studies.