

Onderzoeksprogramma Artificiële Intelligentie Vlaanderen

Challenge-based onderzoek
met demand-driven impact

HELP TO **MAKE**
COMPLEX DECISIONS



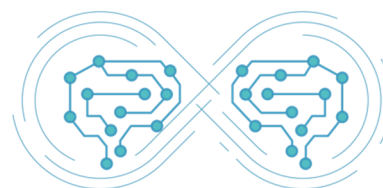
COMMUNICATE AND COLLABORATE
SEAMLESSLY WITH HUMANS



EXTRACT AND PROCESS
INFORMATION AT THE EDGE



INTERACT AUTONOMOUSLY WITH
OTHER DECISION-MAKING ENTITIES



Voorwoord

Op 22 maart 2019 keurde de Vlaamse Regering het Vlaams Beleidsplan Artificiële Intelligentie goed¹.

Daarin werd een Vlaamse AI-beleidsagenda voorgesteld bestaande uit **drie complementaire onderdelen**:

1. **Top strategisch basisonderzoek** voor het gericht ontwikkelen van nieuwe kennis, wetenschappelijke doorbraken en talent op wereldniveau daar waar Vlaanderen reeds excellent presteert én waar synergie kan bekomen worden met de vraaggedreven implementatie-agenda van het Vlaamse bedrijfsleven.
2. **Een centrale focus op de implementatie van AI-toepassingen in het bedrijfsleven.** Een vraaggedreven agenda vanuit het bedrijfsleven moet via open, goed georganiseerde kanalen en netwerken gebracht worden tot bestaande overheidsinstrumenten van voornamelijk het Vlaams Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO) en relevante instellingen.
3. **Een sterk flankerend beleid** waarin naast de significante opleidingsnoden gericht op de arbeidsmarkt ook op het vlak van juridische, ethische, democratische en socio-economische aspecten van AI wordt gewerkt. En waarbij de focus ligt op een correcte doch ambitieuze outreach naar de bevolking zodat vernieuwende technologieën niet louter als exogene maar eerder als endogene, versterkende evoluties worden beschouwd, waaraan Vlaamse actoren actief kunnen meewerken.

Het beleidsplan heeft een **recurrent budget van 32 miljoen euro**, waarvan **12 miljoen euro** voorzien wordt voor het onderdeel top strategisch basisonderzoek.

In uitvoering van dit beleidsplan besliste de Vlaamse regering op 24 mei tot de oprichting van een **‘Kenniscentrum Data en Maatschappij’²**, een onderdeel van het derde luik.

Op 7 juni 2019 duidde de Vlaamse Regering de **Stuurgroep van het Vlaams Beleidsplan AI³** aan: Filip Pintelon (BARCO), Herman Van der Auweraer (Siemens-LMS), Leslie Cottenjé (Hello Customer), Luc Missine (Cursor NV), Peter Demuyne (Agoria), Hans Maertens (VOKA), Rik van de Walle (UGent), Koenraad Debackere (KULeuven), Hugo Thienpont (VUB), Luc Van den Hove (imec), Sofie Bekaert (VIB) en Ria Bollen (VLOHRA). Namens de overheid zetelen Bart Candaele (VLAIO, afdelingshoofd ondernemerschapstimulering) en Johan Hanssens (Departement EWI, secretaris-generaal) in de Stuurgroep.

¹ (VR 2019 2203 DOC.0318/1QUATER).

² (VR 2019 2405 DOC.0828/1).

³ (VR 2019 0706 DOC.0866/1BIS).

Op 28 juni 2019 keurde de Vlaamse Regering⁴ de invulling van het eerste luik - het top strategisch basisonderzoek – goed.

Voorliggend document schetst op grote lijnen de totstandkoming en de inhoud van het onderzoeksprogramma Artificiële Intelligentie Vlaanderen.

Onze bijzondere dank gaat uit naar onderstaande partners die actief meewerk(t)en aan de totstandkoming van het onderzoeksprogramma.



Johan Hanssens
Secretaris-generaal
Departement Economie, Wetenschap en Innovatie
Vlaamse overheid

Jo De Boeck
EVP & CSO imec
Coördinator Onderzoeksprogramma AI

Johan.hanssens@vlaanderen.be

Jo.DeBoeck@imec.be

⁴ (VR 2019 2806 DOC.0952/1BIS).

1. Totstandkoming van het Onderzoeksprogramma AI Vlaanderen

In zijn rol van beleidsvoorbereiding heeft het Departement EWI in het voorjaar van 2018 een **benchmarking**⁵ via een overheidsopdracht laten uitvoeren door het consultancybureau PwC met een driedelige opdracht:

- De huidige ontwikkelingen in Vlaanderen op het gebied van AI in kaart brengen;
- De positie van Vlaanderen vergelijken met een aantal landen, zowel binnen als buiten Europa;
- Aanbevelingen formuleren als basis voor het uitwerken van beleidsinitiatieven en overheidsinterventies om de ontwikkelingen op het vlak van AI in Vlaanderen verder te ondersteunen.

Deze PwC studie vormde een **eerste omgevingsanalyse** die daarbij de basis vormde om het betrokken werkveld in Vlaanderen samen te brengen op een stakeholdersdag georganiseerd door het Departement EWI in samenspraak met Agoria en Voka.

De **stakeholdersdag** vond plaats op 3 juli 2018 en bracht, in lijn met de triple-helix constellatie, alle relevante actoren samen vanuit de overheid, universiteiten en kennisinstellingen en het bedrijfsleven en hun vertegenwoordigers. Met in totaal 130 aanwezigen werd kennisgenomen van de resultaten uit de PwC-studie en werd gebrainstormd over de verdere aanpak.

Via de **Septemберverklaring van de minister-president** van de Vlaamse regering op 21 september 2018 werden tevens budgettaire middelen, via de begroting van **minister Muyters**, in het vooruitzicht gesteld.

In het licht van mogelijke (budgettaire) beleidsimpulsen werd het daarom opportuun geacht om als Vlaamse overheid in interactie te gaan met het werkveld zodoende relevante, onderbouwde beleidsopportunities te identificeren. Te meer een transversale technologie als AI ook transversaal moet aangepakt worden doorheen de kennisketen met de actieve spelers in Vlaanderen.

Vanuit de stakeholders/ecosysteem werd een **coördinatiegroep** opgericht met een triple-helix samenstelling met vertegenwoordigers voor (I) de overheid, (II) de kennisinstellingen (universiteiten en onderzoekscentra) en (III) het bedrijfsleven (in brede zin) via hun ondernemersorganisaties die telkens terugkoppelden naar een bredere groep van relevante actoren die samen deel uitmaken van het AI-ecosysteem.

Concreet bestond de stuurgroep uit:

- voor de Vlaamse overheid: het kabinet Muyters, Departement EWI en VLAIO;
- voor de universiteiten: de KU Leuven, UGent en VUB;
- voor de strategische onderzoekscentra: imec en VIB;
- en tot slot de relevante bedrijvenorganisaties: Voka en Agoria-Sirris.

De werkzaamheden van de coördinatiegroep leidden tot de opstelling van een **ontwerp Vlaams Beleidsplan Artificiële Intelligentie** met de drie onderdelen: (1) top strategisch basisonderzoek AI, (2) implementatie van AI naar het Vlaams bedrijfsleven en (3) flankerende maatregelen (opleiding, outreach en ethiek).

In de aanloop van de goedkeuring van dit Vlaams Beleidsplan AI door de Vlaamse regering op 22 maart 2019 evenals de voorbije maanden, is door het gezamenlijk onderzoeksveld in Vlaanderen in synergie gewerkt aan een specifiek **onderzoeksprogramma voor AI**⁶.

⁵ PwC, Benchmarkstudie Artificiële Intelligentie. Departement EWI, juli 2018.

⁶ De algemene coördinatie van het opzetten van het onderzoeksprogramma werd geleid door Jo De Boeck (EVP & CSO imec).

In samenspraak hebben:

- de vijf Vlaamse universiteiten (KU Leuven, UGent, VUBrussel, UAntwerpen, UHasselt);
- de vier SOC's (imec, VIB, VITO, Flanders Make);
- en Agoria/Sirris en VOKA

een onderzoeksplan opgesteld dat hier in haar algemeenheid wordt toegelicht.

In een AI-werkgroep hebben vertegenwoordigers van bovengenoemde organisaties eerst de **grote uitdagingen rond AI** opgelijst en besproken.

Daaruit is een selectie gemaakt van **vier 'Challenges'** waarbij rekening wordt gehouden met:

- vraag-gedreven nood aan het aanpakken van deze uitdagingen;
- erkende sterktes in Vlaanderen op basis van internationaal erkende excellente academici;
- erkende sterktes in Vlaanderen voor toepassingsgericht onderzoek en ontwikkeling;
- erkende sterktes in Vlaanderen voor de realisatie van "Proof of Concept" op basis van de onderzoeksresultaten in toepassingen waar de nodige data, infrastructuur en expertise prominent voorhanden is (zoals gezondheidszorg en industrie 4.0).

De inhoud van deze 'Challenges' is voorgelegd aan industriële⁷ en andere stakeholders in een 'validatie workshop' waar werd doorgesproken welke van deze uitdagingen door Vlaamse spelers worden onderkend en waar specifieke sterktes en toekomstige kansen liggen. Daarna werd het programma - in een **uitgebreid programmaboek** van het AI-onderzoeksprogramma neergeschreven - aan een 'Internationale Adviesraad'⁸ voorgelegd om de internationale sterkte van het voorgestelde onderzoek tegen het licht te houden.

⁷ Op 3 april 2019.

⁸ Op 3 en 4 juni 2019.

In het programmaboek wordt telkens per Challenge vermeld:

- **Ringleaders:** de experten uit de AI-werkgroep, vertegenwoordigers uit de belangrijkste uitvoerende organisaties, die de verantwoordelijkheid hebben genomen om een Challenge samen te stellen en de werkpakketten samen met de experten van de verschillende organisaties uit te werken.
- **Core PI's:** De Principal Investigators (PI) die internationaal erkend zijn in hun expertise en de verantwoordelijkheid hebben genomen om samen met de collega's uit de verschillende organisaties inhoud te geven aan, en verantwoordelijkheid te nemen voor, de specifieke werkpakketten, demonstratoren en Proof of Concepts. Het CV van de betrokken onderzoekers is opgenomen in bijlage van het programmaboek.
- **Lijst van werkpakketten:** deze geeft de keuzes van de activiteiten en de structuur van de Challenge waarrond de activiteiten worden georganiseerd. Daarin worden methodologische werkpakketten en demonstratie-werkpakketten (Proof of Concept) gedefinieerd. In de methodologische werkpakketten gebeurt het strategisch basisonderzoek en het toepassingsgericht onderzoek dat wordt gestuurd door de specificaties van de demonstratie-werkpakketten. Op die manier wordt een focus in het programma gebracht die moet leiden tot toepasbare resultaten in een volgende fase van de ontwikkeling; in projecten met industrie, en in verder uitgewerkte toepassing in luik 2 'implementatie' van het AI-plan Vlaanderen.
- **De positionering van de Challenge** in het onderzoeksprogramma zoals bij de start van het programma is voorgesteld, op basis van de aanwezige excellentie. Het procentueel gewicht van deze Challenges is uitgedrukt in mensmaanden (van PhD, PostDoc, onderzoekers, technici).

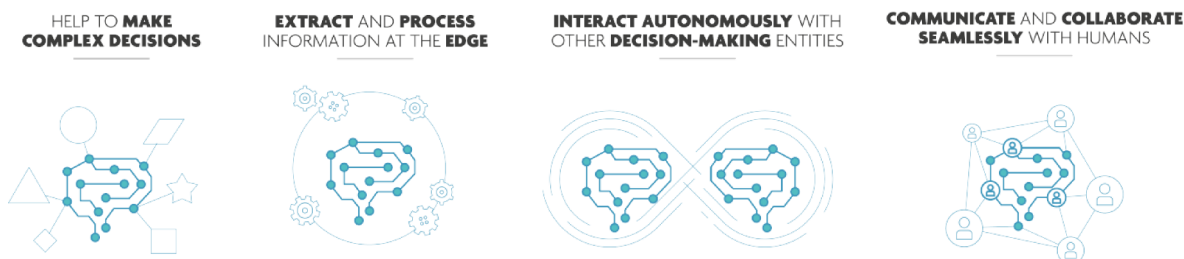
In het vervolg van dit document wordt uitleg gegeven bij de vier weerhouden challenges:

1. **Hybride, geautomatiseerde, betrouwbare en actiegerichte datawetenschap ('data science'):** dé hulp om complexe beslissingen te nemen;
2. **Real-time & energie-efficiënte AI:** informatie extraheren en verwerken aan 'de rand' (the edge);
3. **Multi-actor (eng. Multi-agent), collaboratieve AI:** autonoom interageren met andere besluitvormende entiteiten;
4. **Human-like AI:** naadloos communiceren en samenwerken met mensen.

Daarna wordt tevens ingezoomd wordt op vier use-cases:

- AI voor een **efficiënte gezondheidszorg**;
- AI als drijfveer voor onze **toekomstige mobiliteit**;
- AI voor **Industrie 4.0**;
- AI voor **nog veel meer**.

2. Duiding bij de vier 'challenges' van het AI-onderzoeksluik



1. Hybride, geautomatiseerde, betrouwbare en actiegerichte datawetenschap ('data science'): dé hulp om complexe beslissingen te nemen

Veel industriële processen en systemen in de samenleving leggen in toenemende mate complexe randvoorwaarden op aan het maken van beslissingen. De verantwoordelijke beslissingsnemers moeten hun beslissingen baseren op 1) de beschikbare kennis en expertise van experts, 2) de ontzettend grote hoeveelheid aan gegevens die werden gegenereerd over de onderliggende processen, en 3) de talrijke regels, richtlijnen en wetgevingen die bestaan over veiligheid, ethiek en privacy. Dit is een ontzettend moeilijke opdracht die vraagt om een nieuwe generatie van hybride, geautomatiseerde, betrouwbare en actiegerichte datawetenschap ('data science') die de toekomstige beslissingsondersteunende systemen zal vormgeven.

Deze systemen moeten 1) automatische analyses maken van de beschikbare data (waar mogelijk); 2) bestaande voorkennis en gegevens in acht nemen; 3) kennis opleveren die tot actie kan leiden bij de te nemen beslissing; en 4) betrouwbaar en mensgericht zijn, door garanties te geven op het vlak van veiligheid, ethiek en privacy, en het leveren van gepaste verklaringen, begeleiding en interactie.

Om de positieve impact van zulke systemen op de Vlaamse economie te ondersteunen, vragen de volgende zaken extra aandacht: 1) hoe kunnen bepaalde aspecten van het datawetenschappelijk proces worden geautomatiseerd om dit domein te democratiseren en het potentieel van deze kennis te ontsluiten voor alle stakeholders, ongeacht de kennisgraad en maturiteit; 2) hoe kan de kracht van gegevensverwerking worden samengebracht met de gevalideerde oplossingen gesteund op domeinkennis in een hybride aanpak; 3) hoe kan data en kennis worden omgezet in modellen die tot actie kunnen leiden voor betrouwbare besluitvorming en voor het leveren van inzichten en verklaringen; en 4) hoe dit te doen op een betrouwbare manier waarbij de context van de beslissing, en de beperkingen van de onderliggende dataprocessen worden meegenomen en waarbij bovendien de mens in het beslissingsproces wordt meegenomen, inclusief het respect voor de privacy en het recht op een faire behandeling (GDPR).

Challenge 1 organisatie

- Ringleaders: Piet Demeester^{2,6}, Bart De Moor¹
- Core PI's: Luc De Raedt¹, Hendrik Blockeel¹, Sabine Van Huffel¹, Yves Moreau¹, Matthew Blashko¹, Tijl De Bie², Tom Dhaene^{2,6}, Yvan Saeys^{2,7}

(1) KU Leuven, (2) U Gent, (3) VU Brussel, (4) U Antwerpen, (5) U Hasselt, (6) imec, (7) VIB

2. Real-time & energie-efficiënte AI: informatie extraheren en verwerken aan 'de rand' (the edge)

"The era of the cloud's total dominance is drawing to a close" - The Economist (Jan 18, 2018).

Als de componenten aan de 'edge' – denk aan smartphones, drones, sensorknopen, robots op de werkvloer, elektrische voertuigen – met krachtigere en vermogensefficiënte processoren worden uitgerust, kunnen ze rekentaken opnemen, in plaats van de energieverslindende cloud-based servers die hiervoor eerder gebruikt werden.

Deze evolutie naar meer geavanceerde 'edge computing' en gedistribueerde AI wordt door drie factoren gedreven: de vraag naar real-time reactie op nieuwe inkomende data, de efficiëntie van het AI-beslissingsproces en de vertrouwelijkheid en privacy.

Dit opent een volledig nieuwe set mogelijkheden en opportuniteiten voor AI-gebruik en toepassingen gebaseerd op intelligente, laag-vermogen systemen en componenten, die vaak werken op batterijen. De uitdaging zal zijn om een aantal concrete toepassingen uit te werken ver vooruit op de huidige stand van de techniek voor gedistribueerde en hiërarchische AI-systemen, geavanceerde signaalverwerking en leeralgoritmes voor het extraheren van actiegerichte informatie uit de 'edge'.

Het primaire objectief is om de technische haalbaarheid en de industriële relevantie van deze nieuwe technologische realisaties te demonstreren, specifiek voor de Vlaamse industrie. Het verdient te worden beklemtoond dat de doorgedreven 'edge computing' in het algemeen, en in het bijzonder het machinaal leren ('machine learning') in een gedistribueerde architectuur, een thema is waar Vlaanderen een globaal leidinggevende positie heeft en zich kan differentiëren in de toekomst.

Challenge 2 organisatie

- Ringleader: Rudy Lauwereins^{6,1}
- Core PI's: Marian Verhelst^{1,6}, Wilfried Philips^{2,6}, Bart Dhoedt^{2,6}, Diederik Verkest⁶

(1) KU Leuven, (2) U Gent, (3) VU Brussel, (4) U Antwerpen, (5) U Hasselt, (6) imec, (7) VIB

3. Multi-actor (eng. Multi-agent), collaboratieve AI: autonoom interageren met andere besluitvormende entiteiten.

Multi-actor systemen zijn systemen waarin entiteiten interageren die elk op zich autonoom beslissingen nemen met hun eigen doelstellingen en intenties. In tegenstelling tot een gedistribueerd systeem, is het fundamenteel dat geen van de entiteiten het hele systeem kent en geen van de actoren directe controle heeft over de andere actoren.

Een groot en groeiend aantal van de systemen in de echte en virtuele wereld is een multi-actor systeem: de bankwereld, de aandelenmarkt en andere handelssystemen, netwerkrouting- en privacygevoelige systemen (waar een actor niet al zijn gegevens kenbaar kan maken aan de andere actoren) zijn voorbeelden uit de informatie-wereld.

Daarenboven, omdat de actoren niet alleen elkaar beïnvloeden door het delen van informatie maar ook door hun impact op de reële, fysische wereld blijken vele van de zogenoemde cyberfysische systemen in ons dagelijks leven ook multi-actor systemen te zijn. Bijvoorbeeld, slimme systemen voor energieverdeling, verkeers- en vloot-controle systemen die interageren met mensen zijn allen multi-actor systemen. Zoals van deze voorbeelden al kan worden afgeleid, kunnen multi-actor systemen zowel coöperatief als competitief zijn, zowel virtueel als reëel en hun controle is niet gecentraliseerd.

Omwille van hun toenemende aanwezigheid en omwille van hun gedistribueerde, ongekende en onbepaalde natuur leveren deze multi-actor systemen een aantal unieke uitdagingen.

In kort:

- Ze moeten adaptief zijn. Dit wil zeggen dat ze zich snel moeten kunnen aanpassen aan onvoorspelbaar veranderende omgevingen.
- Ze moeten voldoen aan een aantal randvoorwaarden, regels en voorschriften ook al is er geen centrale controle.
- Ze moeten verantwoording afleggen en hanteerbaar zijn. Degene die hen heeft ontworpen moet in staat zijn hen te verstaan en aan te sturen.
- Ze moeten robuust zijn. Er moet garantie zijn van ononderbroken functioneren zelfs wanneer delen van het systeem uitvallen of foute informatie verschaffen.
- Ze moeten interageren met mensen. Ze moeten aldus de gebruiker verstaan en ze moeten hun gedrag op eender welk moment kunnen verklaren.
- Ze moeten 'open-ended' zijn. Nieuwe actoren, nieuwe gebruikers en nieuwe technologieën moeten in een multi-actor systeem kunnen worden opgenomen.

Challenge 3 organisatie

- Ringleader: Ann Nowé³
- Core PI: Bart De Boer³, Bram Vanderborght³, Jan Van den Bussche⁵

(1) KU Leuven, (2) U Gent, (3) VU Brussel, (4) U Antwerpen, (5) U Hasselt, (6) imec, (7) VIB

4. Human-like AI: naadloos communiceren en samenwerken met mensen

Deze uitdaging richt zich op het ontwerp en de bouw van autonome, intelligente, betrouwbare entiteiten die communiceren en samenwerken op een naadloze manier met mensen, in natuurlijke en complexe omgevingen en situaties. Dit houdt in dat communicatie verloopt op een manier die natuurlijk aanvoelt voor mensen, zoals natuurlijke taal, maar ook de mogelijkheid biedt om gelaagde mensachtige redeneringen op te bouwen door de complexe omgeving te observeren en te begrijpen.

Dit zal toelaten om de maatschappij en de werkplek te versterken met kunstmatige entiteiten die onafhankelijk problemen kunnen identificeren en oplossen, die hetzelfde niveau van aanpassing aan nieuwe situaties en taken aankunnen als mensen, waarbij ze op een correcte manier de sociale en fysische omgeving interpreteren. Ze kunnen mensen als collega's zien en hen betrekken in het proces, hen informeren en ondersteunen.

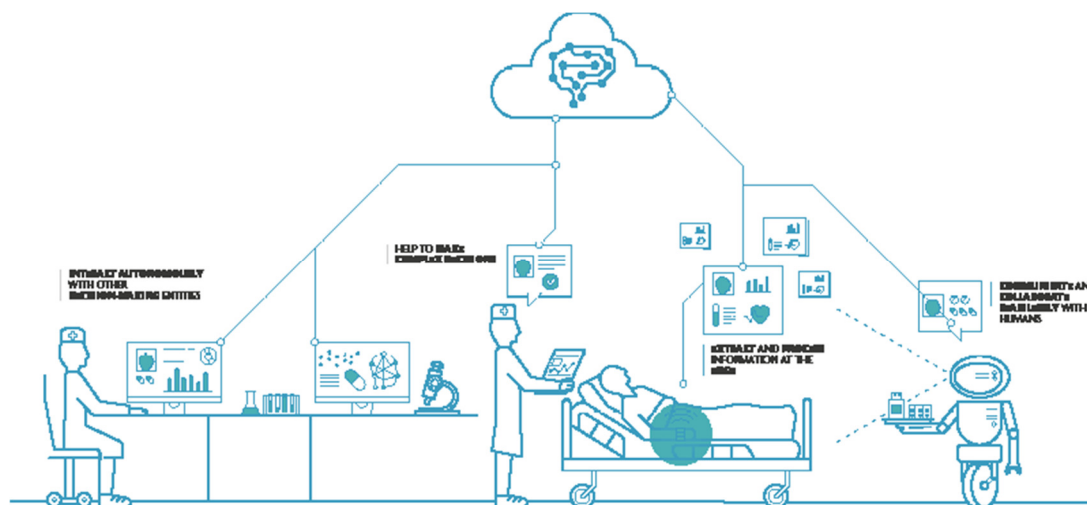
Deze focus op complexe redeneringen in een interactie tussen mens en machine en de omgeving heeft sterk potentieel in domeinen zoals industrie, mobiliteit en maatschappij, waarbij menselijke intelligentie en fysische capaciteiten in harmonie met complementaire machines worden ingezet via intuïtieve en sociale interactie. Het vermeerderen van de capaciteit in redeneren en begrip van AI-systemen en het faciliteren van naadloze natuurlijke interactie met intelligente technologie heeft zowel kortetermijn-toepassingen in meer voorspelbare omgevingen als langeretermijn-toepassingen die zullen toelaten om mensachtige intelligentie te bereiken.

Challenge 4 organisatie

- Ringleader: Steven Latré^{4,6}
- Core PI's: Tinne Tuytelaars¹, Bart Goethals⁴, Walter Daelemans⁴, Geriant Wiggins³

(1) KU Leuven, (2) U Gent, (3) VU Brussel, (4) U Antwerpen, (5) U Hasselt, (6) imec, (7) VIB

Use case: Artificiële Intelligentie voor een efficiënte gezondheidszorg



Complexe beslissingen nemen door middel van datawetenschap

Willen we de belofte van **vroegtijdige opsporing van ziektes, effectieve preventie en gepersonaliseerde therapieën** waarmaken? Dan hebben gezondheidswerkers toegang nodig tot beslissingsondersteunende systemen die hen in staat stellen om **gezondheidsgegevens** – zoals milieu en levensstijl, en medische en moleculaire informatie – op meerdere niveaus en in real-time te gebruiken.

Zulke systemen moeten volgende eigenschappen bezitten:

- **Hybride** - De gegevens van evidence-based medicine worden gecombineerd met systeemgeneeskunde en kennis van deskundigen.
- **Geautomatiseerd** - Ruwe gegevens worden automatisch verwerkt en samengebundeld met andere kennisbronnen. Hierdoor kunnen niet-deskundigen ook complexere problemen aanpakken. Met een verkennende aanpak, bijvoorbeeld in genoomanalyse, kunnen zij onverwachte nieuwe patronen detecteren.
- **Actiegericht** - Met voorspellende methoden kunnen medische professionals hun preventieve en therapeutische acties verbeteren.
- **Betrouwbaar** - Privacy en betrouwbaarheid van gegevens zijn belangrijke aandachtspunten in een medische context. Medisch personeel, zorgverleners en patiënten hebben correcte en transparante informatie nodig die hen helpt om de juiste acties en bewuste beslissingen te nemen.

Binnenkort zullen we deze beslissingsondersteunende systemen tegenkomen in verschillende medische subdomeinen: klinische behandeling, ontdekking van geneesmiddelen, patiëntenmonitoring, zorgautomatisering, trendanalyse, medicijnondersteuning,

Artificiële intelligentie naar de 'edge' brengen

De toekomst is veelbelovend voor intelligente, energiezuinige AI-apparaten in de medische sector.

Met name in twee gebieden:

- **Life sciences** - Bij veldwerk, zoals noodhulp, is er vaak behoefte aan een **snelle, nauwkeurige en kosteneffectieve analyse** van substanties zoals bloed. Neem als voorbeeld een typische eis om 10 miljoen DNA-fragmenten binnen 60 minuten te kunnen analyseren tegen een kostprijs van minder dan 300 euro. Dit is alleen mogelijk met zeer intelligente, op batterijen werkende celsorteer- en sequencingsystemen.

- **Connected health** - Vandaag is 24/7-patiëntenmonitoring alleen mogelijk met bedrade sensoren in een ziekenhuisomgeving. Als we willen overschakelen naar comfortabele en goedkope **ambulante patiëntenmonitoring**, hebben we nood aan medische, draadloze en op batterijen werkende sensoren. Deze sensoren moeten minstens 24 uur werken op één batterijlading. En binnen een draagbaar en implanteerbaar netwerk van gezondheidssensoren moeten ze gezamenlijke gezondheidsvoorspellingen kunnen doen, zoals over het risico op hartfalen of septische shock.

Zelfstandig samenwerken met andere besluitvormende entiteiten

In de farmaceutische en medische sector zijn het vaak verschillende entiteiten die gegevens bezitten, onderzoeken en valoriseren. We kunnen enorme vooruitgang boeken als deze entiteiten **bereid zijn om hun gegevens en modellen te delen**, of om samen nieuwe modellen op te bouwen. Vanwege de gevoelige aard van de (vaak patiënt-gerelateerde) gegevens, moet dit worden geïmplementeerd door middel van privacy-bewarend machinaal leren tussen de partners, waarbij onbedoelde lekken worden voorkomen.

Dit zal leiden tot een nieuw data-economisch model waarbij contextuele integriteit steunt op:

- **Naleving** - Gebruikers van gegevens moeten zich houden aan regels en voorschriften die gebaseerd zijn op overtuigingen en verwachtingen.
- **Transparantie** - Om vertrouwen te wekken, moeten burgers kunnen zien wat er met hun gegevens in de echte wereld gebeurt.
- **Betwistbaarheid** - Regels voor ontwerp en verandering moeten gebaseerd zijn op de overtuigingen en verwachtingen van de gebruikers.

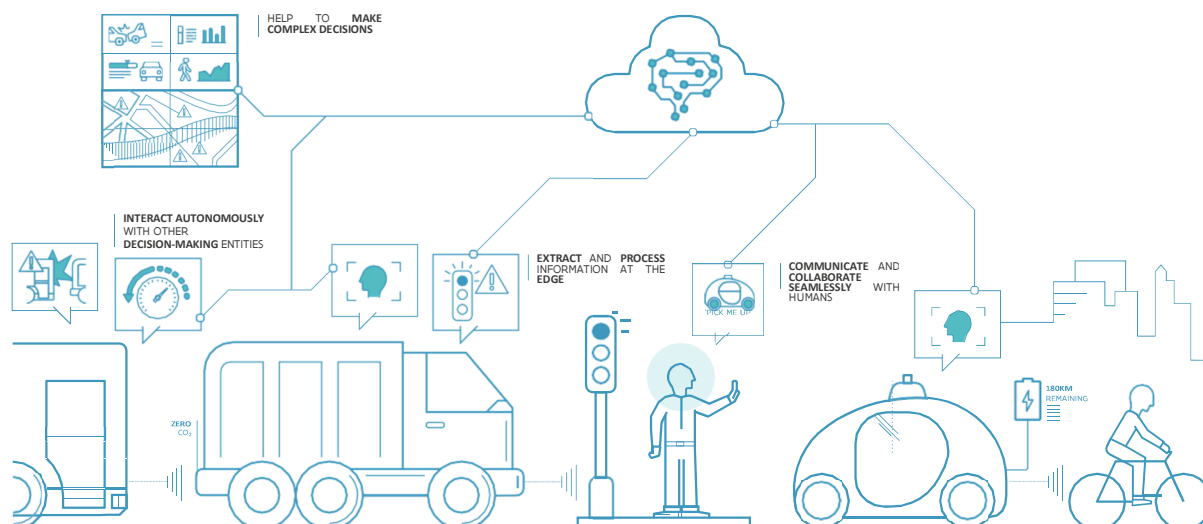
Naadloos communiceren en samenwerken met mensen

De zorgsector is een van de sectoren met een overvloed aan knelpuntbanen. Het bestaande personeel is vaak overbelast en het werven van geschoold personeel is een enorme uitdaging. Kan AI **de werklust van zorgverleners verlichten** door hen te assisteren in sociale gezondheidszorg? Stel je AI-systemen voor die comfortabel en zelfstandig begeleid wonen, preventieve zorg en revalidatie mogelijk maken. Dit doen ze door op een natuurlijke manier met hun gebruikers om te gaan en complexe problemen aan te pakken.

Om dat mogelijk te maken, moeten we ons richten op volgende **belangrijke onderzoeksvragen**:

- Kunnen AI-systemen **zinnvolle gesprekken** met patiënten voeren? Dit moet verder gaan dan eenvoudige vraag-antwoord-interacties. AI-systemen moeten de menselijke intentie en het menselijk gedrag in open omgevingen interpreteren – inclusief (niet-)verbale aspecten en situationele contexten. Als dit lukt, kunnen AI-gedreven cognitieve feedback-lussen ook nuttig zijn in therapietrainingen.
- Kunnen AI-systemen de interactie van **therapeuten** met patiënten evenaren? Als ze geconfronteerd worden met een complexe vraag, moeten ze in staat zijn om een echt bruikbaar antwoord te geven – voortgaand op hun begrip van de expliciete en impliciete behoeften en intenties van de gebruiker, en van de omgeving.

Use case: Artificiële intelligentie als drijfveer voor onze toekomstige mobiliteit



Complexe beslissingen nemen door middel van datawetenschap

Mobiliteit, transport en logistiek zijn van vitaal belang voor onze samenleving. Maar ze gaan ook hand in hand met een aanzienlijke **financiële kost** en een grote milieu-impact. Gelukkig kunnen beslissingsondersteunende systemen op basis van datawetenschap ons helpen om dit te **beperken**.

Zo kunnen we door heterogene datastromen automatisch te integreren met relevante achtergrondkennis – zoals transportschema's en fysieke netwerk-topologieën – logistieke netwerken met elkaar verbinden om zo hun totale capaciteit te vergroten en de kosten te verlagen, cf. het zogenaamde **Fysieke Internet**. Of we kunnen gebruik maken van hypermodellen om verkeerssituaties beter te begrijpen, voorspellende route-optimalisatie mogelijk te maken, de oorzaak van files te analyseren, of een rampenplan te optimaliseren.

Lokale overheden, die vaak weinig ervaring hebben met datawetenschap, zouden ook kunnen profiteren van systemen die hen automatisch voorzien van begrijpelijke, bruikbare en beleidsrelevante informatie, gebaseerd op de analyse van heterogene gegevens met betrekking tot verkeer, energie, criminaliteit, huisvesting, enz. Uiteraard moet zo'n echt **slimme stad** altijd voldoen aan ethische en privacyregels.

Artificiële intelligentie naar de 'edge' brengen

Onze mobiliteit en logistiek ondergaan nu al een radicale transformatie en evolueren naar **mobiliteit-als-dienst**. Dit nieuw type mobiliteit is gebaseerd op verschillende soorten elektrische, autonome systemen die met elkaar en de omgeving in interactie gaan door middel van deterministische en adaptieve communicatiemiddelen.

Om de betrouwbaarheid van deze systemen en de veiligheid van alle betrokken actoren te garanderen, is het van cruciaal belang dat er **in real-time** – zonder omweg via de cloud – **gereageerd** kan worden. Daarnaast is het ook belangrijk dat de afzonderlijke subsystemen en elektronische controle-eenheden zo energie-efficiënt mogelijk zijn.

Zelfstandig samenwerken met andere besluitvormende entiteiten

Collaboratieve AI is een absolute voorwaarde wanneer multi-agent teams samenwerken in situaties waarin centrale aansturing – omwille van schaal- of communicatiebeperkingen – geen optie is. Het beste voorbeeld hiervan zijn **geconnecteerde auto's** die met elkaar moeten 'onderhandelen' over hun gezamenlijk gebruik van de webinfrastructuur.

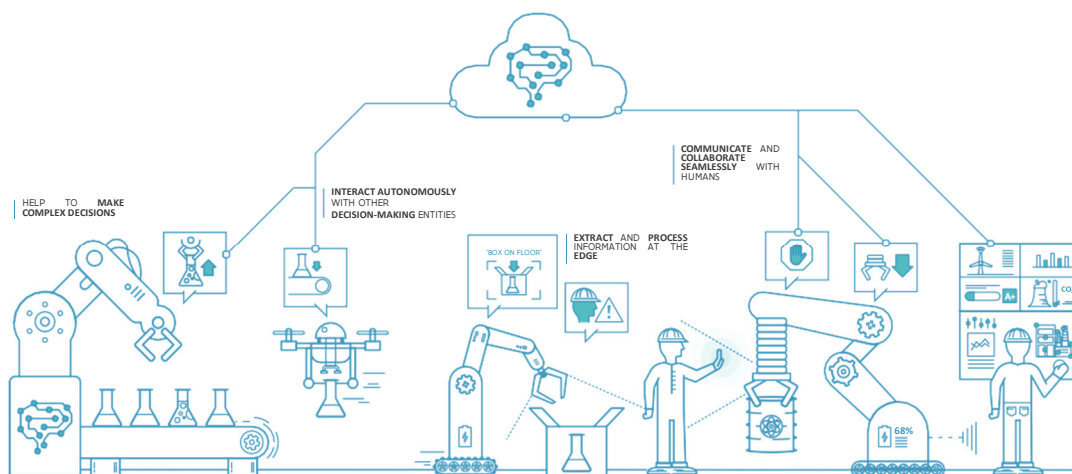
Soms moet een dergelijke samenwerking zelfs plaatsvinden binnen een concurrerend systeem. Autonome actoren, die eigendom zijn van verschillende partijen, moeten met elkaar concurreren om beperkte middelen of behoren tot een systeem met strikte beperkingen. In dergelijke gevallen is **gedecentraliseerde coördinatie** nodig om het systeem levensvatbaar te houden. Een goed voorbeeld hiervan is een eerlijk tolsysteem voor het wegennet.

Naadloos communiceren en samenwerken met mensen

In een door de Society of Automotive Engineers (SAE) gemaakte indeling worden 5 verschillende, oplopende niveaus van automatisering onderscheiden. SAE-niveaus 3 en 4 – waarbij een gedeelte van het **rijproces (semi-)autonoom** gebeurt – vereisen al een hoge mate van natuurlijke mens-voertuig interactie. Maar in veel verkeerssituaties hebben we technologie nodig die de mens echt begrijpt en betekenisvol met hen kan communiceren.

Voor velen is het ultieme doel van slimme mobiliteit dan ook SAE-niveau 5, waarbij een breed gamma aan **voertuigen volledig autonoom** de baan op gaat. Om dit mogelijk te maken, moet AI nog veel sneller en complexer kunnen redeneren op een 'menselijke' manier. Zo moeten de voertuigen o.a. leren om impliciet de intenties van andere weggebruikers, of ze nu menselijk of AI zijn, in te schatten. Echt autonome voertuigen moeten in staat zijn om te reageren op compleet onverwachte situaties waarin een heterogene groep weggebruikers betrokken zijn, zoals voetgangers, fietsers en dieren. Bovendien moeten ze kunnen functioneren in open domeinomgevingen die sterk kunnen verschillen van hun eerdere ervaringen.

Use case: Artificiële intelligentie voor Industrie 4.0



Complexe beslissingen nemen door middel van datawetenschap

Tegenwoordig investeren onze bedrijven heel wat tijd in het ontwerpen van complexe fysieke systemen. In **Industrie 4.0** zullen actief leren en AI-ondersteunde data-exploratie deze processen versnellen, en ook helpen om simulaties of experimenten goedkoper uit te voeren.

Operatoren, ontwerpers en fabrieksmanagers kunnen rekenen op **hybride analyses** om productieprocessen zoals real-time asset monitoring, procescontrole en betrouwbaarheidsmanagement te vergemakkelijken – vaak in de vorm van een **digitale tweeling** van de fabriek. Het is belangrijk dat deze actoren toegang hebben tot een algemeen AI-gebaseerd systeem dat ze kunnen vertrouwen en begrijpen, en dat hen helpt door middel van automatisering en interactieve begeleiding.

Artificiële intelligentie naar 'the edge' brengen

Onze visie op de **fabriek van de toekomst** is een werkvloer vol robots die in staat zijn om complexe taken uit te voeren, zoals het in real-time samenstellen van een onbekend item op een transportband. Of een flexibele assemblagecel die bestaat uit één of twee robots, uitgerust met 3D visie- en sensing, die rondrijden om componenten op te pikken en assemblagewerkzaamheden uit te voeren – bijgestaan door extra visuele en cognitieve sensoren aangebracht in de vaste infrastructuur.

Science fiction? Helemaal niet. Maar voor dergelijke **'closed-loop' robotbesturingen** zijn er wel 'edge'-technologieën nodig, zoals hoge-resolutie sensoren (camera's, cognitieve radars, LIDAR-systemen,) die kunnen werken met zeer kleine vertragingen.

'Edge'-intelligentie is ook essentieel voor **gedistribueerd voorspellend onderhoud en monitoring van de toestand van de machines**. Als hoogfrequente ruwe sensorgegevens van een groot aantal machines en voertuigen lokaal worden verwerkt, vermindert dit de noodzaak om alle gegevens te communiceren naar een centraal platform. Dit maakt machinaal leren mogelijk over een complex gedistribueerd netwerk, waar nauwkeurige context-specifieke modellen worden getraind op lagere niveaus, en worden geïntegreerd en gegeneraliseerd op hogere niveaus.

Tot slot is real-time en energiezuinige 'edge'-technologie essentieel wanneer machines en mensen samenwerken. Machines moeten bijvoorbeeld in staat zijn om **de gezondheid en het welzijn van de operatoren continu te meten en te interpreteren**, om de bedieningssnelheid te optimaliseren en de algemene veiligheid te handhaven.

Zelfstandig samenwerken met andere besluitvormende entiteiten

Een **vloot** bestaat uit op elkaar inwerkende actoren die sterk op elkaar lijken maar niet identiek zijn – omdat ze in andere omgevingen werken, anders worden beïnvloed door slijtage, enzovoort. Een dergelijke vloot kan bestaan uit draadloze netwerkknooppunten, hybride voertuigen, industriële machines, windmolens, ...

AI-systemen kunnen het beheer van dergelijke vloeten ondersteunen door middel van voorspellend onderhoud. En als we nog een stap verder gaan, zou het mogelijk moeten zijn om een vloot te ontwikkelen die kan fungeren als een geheel van autonome beslissingsorganen die **gezamenlijk leren en hun prestaties optimaliseren**.

In sommige situaties hebben verschillende partijen hun eigen doelstellingen, maar kunnen ze baat hebben bij samenwerking. In zo'n **horizontaal systeem** leiden real-time communicatie en samenwerking tot aanzienlijke optimalisaties.

Tot slot zijn apparaten in een **intelligent internet van intelligente dingen** in staat om beslissingen te nemen voor hun gebruikers. Om dit te kunnen doen, moeten ze met hen communiceren, hun doelen begrijpen en een vertrouwensrelatie opbouwen.

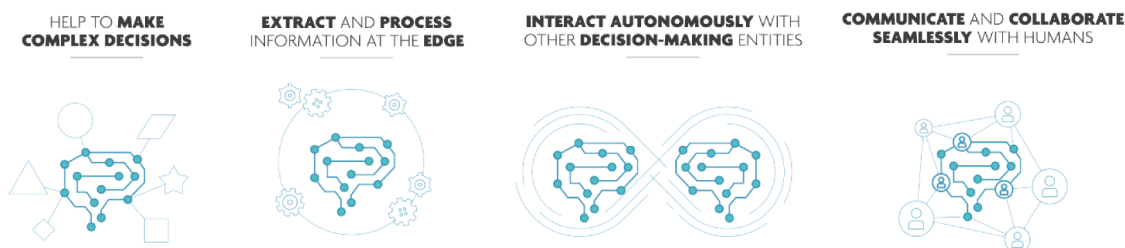
Naadloos communiceren en samenwerken met mensen

Wordt de fabriek van de toekomst een fabriek zonder mensen? Helemaal niet. Integendeel: AI zal **machines en mensen helpen om samen te werken** in een industrieel proces dat de mogelijkheid van maatwerk en personalisatie kan realiseren.

We zullen er 'mensachtige AI' in verschillende vormen tegenkomen:

- **Ondersteuning van de operator in de productie-industrie** - Operatoren zullen op een natuurlijke manier en in real-time met AI-systemen werken, dankzij spraakherkenning, sensoren en visuele hulp door middel van augmented of virtual reality. Natuurlijk moeten de AI-systemen op gelijke voet staan met de mens op het gebied van begrip, interactie en complexe redeneringen. Ze moeten weten wanneer ze moeten ingrijpen, gebaseerd op het gedrag, de intentie en de cognitieve belasting van de operator. En ze moeten mensen complexe en creatieve oplossingen bieden door problemen te begrijpen en erover na te denken.
- **Naadloze mens-machine interactie** - Cobots en mensen zullen samenwerken in dynamische omgevingen. Binnen dergelijke gemengde assemblagecellen moeten cobots menselijk gedrag, taal en (impliciete) bedoelingen begrijpen, flexibel met elkaar omgaan en nieuwe vaardigheden leren. Ook moeten ze snel reageren op onvoorziën menselijk gedrag of veranderingen in de omgeving, om hindernissen en botsingen te voorkomen.
- **Complexe besturingssystemen met minimale menselijke input** - Mensen moeten complexe taken volkomen toevertrouwen aan AI-gestuurde machines. Idealiter demonstreren of verklaren ze de taak aan de machine, die deze vervolgens onmiddellijk en onafhankelijk uitvoert. Vanwege de trend naar meer maatwerk is het belangrijk dat industriële machines in staat zijn om zich snel aan te passen aan nieuwe taken en zelfs om levenslang te leren. Meer en meer zullen de AI-systemen een leidende rol spelen in de handelingen en processen, en mensen zullen bijspringen wanneer dat nodig is.

En er is meer...



AI raakt bijna elk aspect van werk en leven.

Hier zijn nog enkele andere voorbeelden om de discussie te stimuleren:

Media- en entertainmentbedrijven kunnen een beroep doen op AI voor hulp bij het creatieve proces (zoals compositie), maar ook bij talent scouting en analyse van sportwedstrijden. AI-gebaseerde systemen kunnen daarnaast de kwaliteit en dekking van grote product-catalogi en hun metadata verbeteren, wat nuttig zou zijn voor advies- en beslissingsondersteunende systemen voor catalogusbeheer.

Sociale netwerkbedrijven staan onder druk om ongepaste en illegale inhoud op hun diensten beter te controleren – een taak die zowel tijdrovend als emotioneel zwaar is voor de medewerkers. AI zou die last zeker kunnen verlichten door te helpen bij de verkenning van gegevens.

Slimme huizen worden bewoond door robotgenoten die dagelijkse taken uitvoeren en op een natuurlijke manier met hun gebruikers omgaan. Ze zijn ook in staat om bepaalde beslissingen te delegeren aan slimme luidsprekers en meer geavanceerde autonome actoren.

In **de nutssector** wordt nu al overgestapt op een datagestuurde aanpak door gebruik te maken van slimme meters en sensoren/actuators voor het beheer van gas-, water- en elektriciteitsnetwerken en -voorzieningen. Meer winst op efficiëntie is mogelijk door inzichten in marktgedrag te combineren met nauwkeurige vraagvoorspellingen en real-time monitoring en controlesystemen. AI-methoden zijn ideaal om dergelijke complexe taken uit te voeren en zullen daardoor de besluitvorming vergemakkelijken.

Precisielandbouw kan profiteren van AI-innovaties om de opbrengsten te verhogen en de vervuiling te verminderen. Een voorbeeld hiervan is de nauwe samenwerking tussen autonome landbouwvoertuigen en drones met monitoring-mogelijkheden – zoals hyperspectrale camera's – voor gericht zaaien, oogsten en ongediertebestrijding.

B2B- en B2C-bedrijven investeren veel in het beheer van klantenrelaties, aanbevelingssystemen en personalisatie. Ze vertrouwen op hybride benaderingen voor het combineren van gegevens over het gedrag van klanten met productgrafieken, ontologieën, beperkingen, ... Automatisering is onontbeerlijk voor het trainen van datamodellen en het nemen van complexe beslissingen – met extra aandacht voor privacyoverwegingen.

Creatieve industrieën kijken naar intelligentie op menselijk niveau om systemen voor architectuur en productontwerp, tekstcreatie of contentaanpassing in de journalistiek, entertainment en educatie te verrijken.

Biotechbedrijven vertrouwen steeds meer op high-throughput data om hun biologiekennis te verdiepen. Dit complexe en kennisintensieve wetenschappelijke proces zou gebaat zijn bij een hybride datawetenschappelijke benadering. Als we technieken ontwikkelen die toegankelijk zijn voor biologen zonder training in datawetenschap, is een nieuwe generatie levensveranderende wetenschappelijke ontdekkingen niet ver weg.

Slimme gebouwen reageren op het gedrag van hun bewoners door bijvoorbeeld de verwarming aan te passen, een zorgverlener te waarschuwen, de deuren te sluiten, ... Om adequaat rekening te kunnen houden met de specifieke kenmerken van de omgeving en de situatie, moeten ze leren van de historische sensorgegevens en de expliciete voorkeuren van hun bewoners begrijpen. Omgekeerd moeten deze bewoners het gedrag van de AI begrijpen.
