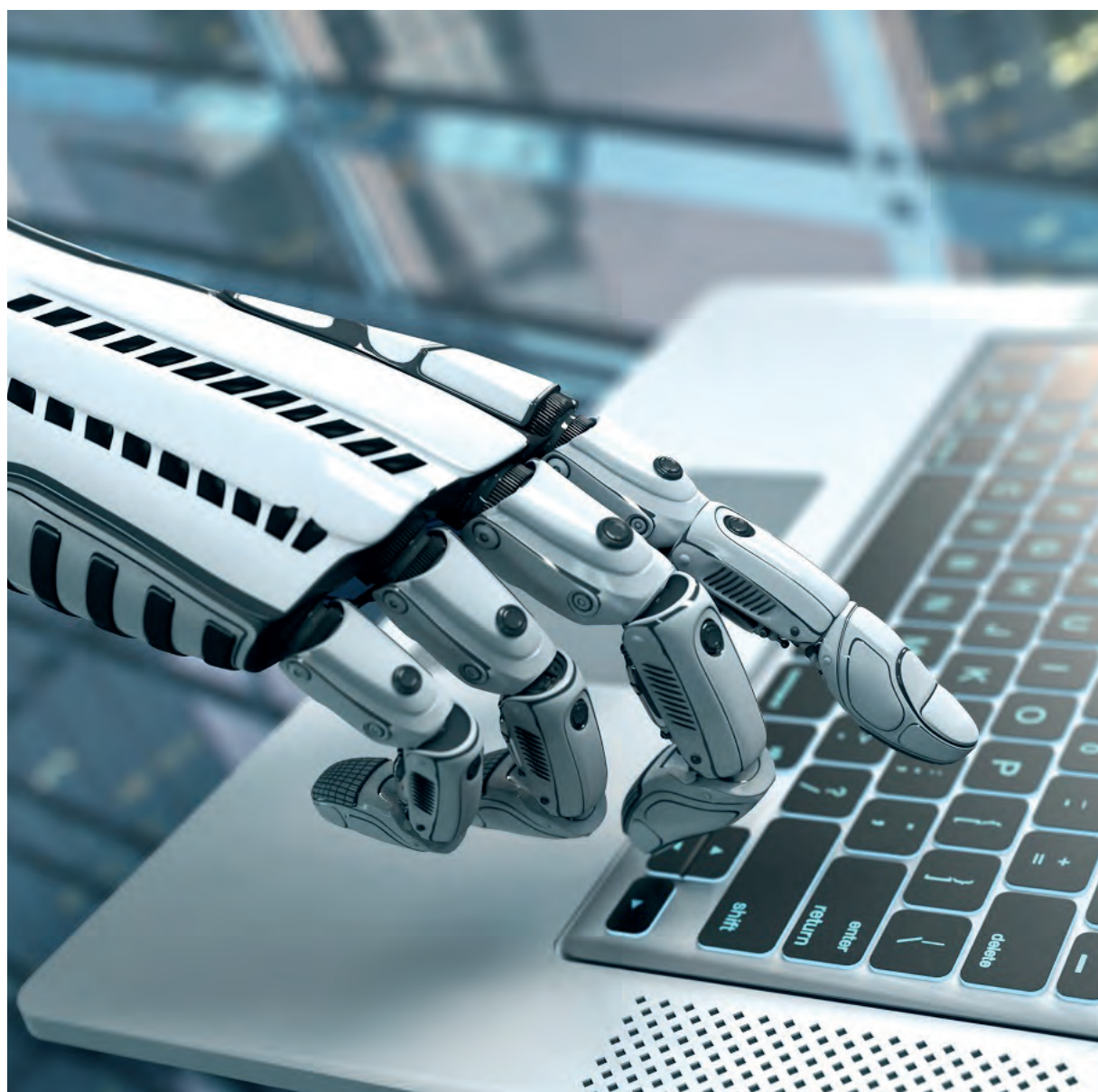


Departement Economie, Wetenschap en Innovatie

Benchmark studie over artificiële intelligentie

EWI

juli 2018



Samenvatting

Er is geen ontsnappen aan. Artificiële intelligentie (AI) zal morgen deel uitmaken van alle diensten, maar ook van alle producten, als onderdeel van een evolutie die sommigen vergelijken met de opkomst van elektriciteit. Net zoals vroeger alles ‘elektrisch’ werd, wordt nu alles ‘slim’. Als we morgen relevante en competitieve dienstverlening en producten willen blijven aanbieden, zullen we met AI rekening moeten houden.

AI is een heel ruime term. Daarom stellen strategiebepaling en prioritering ons voor heuse uitdagingen. Wat we wel weten is dat elke technologie een ‘ecosysteem’, een substraat, nodig heeft om zich te ontwikkelen. De kracht van AI ligt in de ondersteuning van het hele ecosysteem, van hardware tot eindgebruiker.

Dit ecosysteem zal in eerste instantie een samenwerkingsverband tot stand brengen tussen ondernemingen, overheid en onderwijs. Met de nodige coördinatie en governance wordt getracht het gebruik van AI in de industrie te bevorderen en de onderzoeksresultaten van Vlaamse universiteiten te valoriseren. Een dergelijk ecosysteem biedt Vlaanderen, onze kleine regio in de grote wereld, kansen, maar het verplicht ons ook om keuzes te maken.

AI verwijst naar systemen die intelligent gedrag vertonen om zo specifieke doelen te bereiken (Europese Commissie, 2018). Disciplines binnen het AI-domein zijn machine learning en deep learning, natuurlijke taalverwerking, semantische intelligentie, collaboratieve systemen en beeldverwerking.

AI is momenteel volop in ontwikkeling omdat de kostprijs van de benodigde hardware (vooral door cloud-oplossingen) en software heel sterk aan het dalen is.

Deze studie heeft drie doelstellingen:

- 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.

We hebben verscheidene indicatoren onderzocht op basis van bureauonderzoek en gesprekken met deskundigen ter zake.

Waar het zinvol is, zoomen we in op een aantal belangrijke sectoren en toepassingen voor Vlaanderen, zoals Industry 4.0, handel en gezondheidszorg, zonder daarbij volledigheid te willen nastreven.

We bespreken deze doelstellingen voor elke component van het AI-ecosysteem:

- onderwijs;
- onderzoek;
- scale-ups, startups en spin-offs en de uitdaging van financiering;
- bedrijfsleven;
- promotie;
- samenwerking;
- beleidsinitiatieven.

Onderwijs

AI gaat over quasi alles, AI is multidisciplinair, en kruisbestuiving kan enkel plaatsvinden als het gebruik gekend is. Iedereen zal ermee te maken krijgen. Voor het onderwijs betekent dit dat AI niet enkel relevant zal zijn voor STEM-opleidingen, maar dat kennis van AI een plaats moet hebben in zowat alle opleidingen.

Vandaag is AI aanwezig in het curriculum van Vlaamse bachelor- en masteropleidingen. De KU Leuven biedt als enige een Engelstalig Master-na-Master-programma aan dat volledig aan AI gewijd is.

Ook in andere landen is AI alomtegenwoordig in het opleidingsaanbod. Men biedt verschillende masters die op AI gericht zijn aan, alsook AI-gerelateerde vakken binnen diverse opleidingen (computerwetenschappen, taal- en communicatietechnologieën, humane wetenschappen, enz.).

Vlaamse universiteiten onderstrepen de noodzaak om hun programma's sneller aan te passen aan AI. Meer flexibiliteit geeft universiteiten de mogelijkheid om in te spelen op de economische en maatschappelijke noden van Vlaanderen. Waarom bieden we geen nieuwe AI-master of zelfs een interuniversitaire AI-master aan? Tot op heden, en hierover zijn onze academische respondenten het eens, is dit een moeilijk proces dat zich maar langzaam voltrekt.

Om aan de toenemende behoeften te kunnen voldoen, is het nodig meer AI-specialisaties en AI-gerelateerde vakken te integreren in opleidingen zoals computerwetenschappen, informatica en statistiek. Tegelijkertijd is het belangrijk het multidisciplinaire aspect van AI in aanmerking te nemen en dit ook te promoten in opleidingen buiten IT, zoals bijvoorbeeld psychologie, communicatie, en geneeskunde. Bovendien is er een behoefte aan kortere opleidingen, herscholing en bijscholing, ook voor mensen in het bedrijfsleven.

Onderzoek

De Verenigde Staten en China zijn wereldwijd de koplopers op het gebied van AI-onderzoek, al mag de Vlaamse expertise niet worden onderschat. Het onderzoek naar AI-disciplines is goed vertegenwoordigd in Vlaanderen in de voornaamste strategische onderzoekscentra en in de vele laboratoria. Evenwel is het aangewezen om multidisciplinair onderzoek te voeren tussen AI en andere wetenschappelijke disciplines. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in geneeskunde, biologie, rechten en politieke wetenschappen.

Bovendien dient het onderzoek omtrent AI in combinatie met andere opkomende technologieën, zoals cybersecurity, Internet of Things (IoT), en augmented reality (AR) en virtual reality (VR), evenzeer te worden aangemoedigd en ondersteund. Al onze respondenten wijzen dan ook op de nood aan coördinatie voor AI-onderzoek in Vlaanderen.

Wereldwijd zien we een gestage toename van AI-gerelateerde publicaties sinds 2005.

Met betrekking tot octrooiaanvragen worden veel AI-technologieën als 'open source' beschikbaar gemaakt. De meeste octrooiaanvragen voor AI zijn een combinatie van hardware en software aangezien pure softwarepatenten minder voorkomen. In vergelijking met andere opkomende technologieën kent AI qua octrooien het op een na hoogste groeipercentage.

Inzake de financiering van AI-onderzoek en AI-ontwikkeling in Vlaanderen heeft het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek de afgelopen jaren meerdere AI-beurzen voor doctoraten, postdocs en onderzoeksprojecten gefinancierd. Een specifiek AI-comité binnen het FWO kan de financieringsprocedures versterken.

In Europa wordt onderzoek gefinancierd met initiatieven zoals het 'Horizon 2020'-programma. Zo behoren natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning voor het Vlaams tot Horizon 2020. Hiermee wordt bijgedragen aan het Europese taalnetwerk. De geboden voordelen voor veel applicaties, waaronder taaltoepassingen in de ouderenzorg, zijn onmiskenbaar.

Publiek-private samenwerkingsregelingen zijn vaak van onschatbare waarde voor het realiseren van technologische doorbraken. In Vlaanderen bestaan er verscheidene publiek-private

samenwerkingsverbanden in de context van slimme steden. Daarnaast bieden Flanders Make en imec publiek-private samenwerkingsregelingen aan via hun icon-projecten. Het Vlaams Supercomputer Centrum reikt dan weer de nodige rekenkracht voor AI aan.

Scale-ups, startups en spin-offs en de uitdaging van financiering

De meeste AI-bedrijven en AI-startups bevinden zich in respectievelijk de Verenigde Staten, Europa en China. De grootste AI-hub is gevestigd in Silicon Valley, gevolgd door New York, Beijing, Londen, Shenzhen en Seoul.

Op een steekproef van ongeveer 4.200 bedrijven in Europa in 2018 worden er bijna 600 beschouwd als AI-scale-ups. Meer dan driekwart van de Europese AI-scale-ups is B2B-gericht. Het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en België leiden in het aandeel van AI-scale-ups.

Het startup-landschap kent een snelle evolutie. Wereldwijd zijn er ongeveer 3.500 AI-startups die goederen en diensten produceren met behulp van machine learning, deep learning, beeldherkenning, natuurlijke taalverwerking of andere AI-disciplines. Deze startups zijn voornamelijk actief in de sectoren communicatie, sales en marketing, gezondheidszorg en financiële diensten.

Daarnaast bestaan er verschillende AI-spin-offs aan de Vlaamse universiteiten. De KU Leuven, UAntwerpen en UGent behoren tot de 10 meest actieve spin-off-instituten in Europa.

Gezien de huidige en potentiële impact van spin-offs, startups en scale-ups inzake AI is het aangeraden voldoende steun te bieden op het vlak van onder andere administratieve vereenvoudiging, marketing, communicatie en financiering.

Op het gebied van AI-financiering in de privésector zijn de Verenigde Staten duidelijk de leider. De Verenigde Staten bieden met €15 à 23 miljard de grootste som aan financiering voor AI aan, daarin gevolgd door Azië met €8 à 12 miljard en Europa met slechts €3 à 4 miljard. China investeert de laatste jaren echter meer en meer in AI en maakt een inhaalslag, zoals de cijfers van aandelenfinanciering met betrekking tot startups aantonen.

In termen van risicokapitaal vertegenwoordigt AI 17% van alle Europese risicokapitaaltransacties, met data-analyse (9%) en IoT (8%) op de tweede en derde plaats. Vlaanderen heeft met imec.iStart een belangrijke 'accelerator' in huis.

Bedrijfsleven

De Vlaamse bedrijven ontdekken nog maar net wat AI voor hen kan betekenen. Vlaanderen mag echter niet stil blijven zitten. AI zit in de overgangsfase van 'early adopters' naar een algemeen breder gebruik. De groeiende vraag naar AI-talent zal naar verwachting niet door het aanbod kunnen worden geëvenaard. Er is een toegenomen behoefte om meer talent met multidisciplinaire achtergronden op te leiden om aan de stijgende vraag te voldoen. Hierbij raden we aan te voorzien in de nodige financiële middelen en opleidingsprogramma's voor het bijscholen en herplaatsen van de beroepsbevolking.

Het gebruik van AI in bedrijven staat nog in zijn kinderschoenen, al staat het vast dat AI een impact zal hebben op tal van sectoren, waaronder de handel, de gezondheidszorg, de automobielsector en de financiële sector. Gezondheidszorg en chirurgische robotica vormen een van de meest veelbelovende nieuwe markten. Gezien de bestaande basis van de farmaceutische markt in België is er nood aan gerichte stimuli voor AI in de gezondheidszorg en healthtech.

Promotie

Ondanks het feit dat Vlaanderen bekendstaat als een kennismaatschappij, vertrekt het hedendaagse AI-talent vaak richting grote bedrijven en AI-hubs wereldwijd. Vaste aanstellingen en leerstoelen in hoger onderwijs kunnen voor onze beste talenten een aanmoedigingsregeling

vormen om te blijven. De Vlaamse overheid en organisaties moeten er samen voor zorgen dat het AI-talent in Vlaanderen behouden wordt en dat de nodige ondersteuning voorhanden is voor mensen wier baan door AI zal worden vervangen.

Om talent en partners uit het buitenland aan te trekken, moeten we ook onze prestaties meer wereldwijde uitstraling kunnen geven. Zo versterken we de kennis en expertise in Vlaanderen. Promotie en ondersteuning zijn uiteraard aangewezen.

Samenwerken met anderen: in België, in Europa en daarbuiten

De afstemming met Europese initiatieven is cruciaal voor het in stand houden van een goede samenwerking met de Europese lidstaten en regio's en voor het genereren van wederzijdse voordelen. In april 2018 tekenden 25 Europese landen, waaronder België, een verklaring om samen te werken aan AI. Europa wil hierbij voornamelijk de aandacht vestigen op de opname van AI in de hele economie, de voorbereiding op sociaaleconomische veranderingen als gevolg van AI, en de organisatie van een passend ethisch en juridisch kader.

AI is een concept dat een ontelbaar aantal mogelijke applicaties heeft. De Vlaamse overheid dient AI verder te implementeren binnen al haar bevoegdheden als voorbeeld voor industrie en bedrijfs wereld. Het is aan de overheid om FAIR-datamanagement* te promoten en het hergebruik van datamodellen en gegevens over organisaties en disciplines heen te faciliteren.

Beleidsinitiatieven

De Vlaamse overheid stelt momenteel een AI-plan op. In 2017 onderzocht de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten de kansen, risico's en uitdagingen van AI op het vlak van onderzoek, onderwijs en industrie. Het resulterende rapport bevat aanbevelingen voor het versnellen van AI-ontwikkelingen in Vlaanderen, opdat Vlaanderen en België gelijke tred zouden kunnen houden met de internationale concurrentie.

De andere landen die in het kader van deze studie onderzocht zijn, doen aanzienlijke overheidsinvesteringen in AI en hebben een nationaal strategisch AI-plan, dat de prioriteiten toelicht. Zulke initiatieven kunnen voor Vlaanderen als leidraad dienen.

'Bringing it all together': Afstemming tussen de elementen van het AI-ecosysteem

Een goede afstemming tussen de hierboven vermelde elementen is nodig om het AI-ecosysteem vorm te geven. Coördinatie rond AI brengt alle spelers uit de sector rond de tafel. Een sterk Vlaams AI-netwerk, ingebed in het grotere Europese landschap, met een open blik op de wereld, is het na te streven ideaal. AI stopt immers niet aan de Vlaamse of zelfs Europese grenzen.

Ook van kritiek belang is een nauwe betrokkenheid van alle belanghebbenden (stakeholders zoals bedrijven, academici, onderzoekscentra en laboratoria). Een degelijke coördinatie kan zorgen voor medezeggenschap aangaande strategische onderzoeksprioriteiten voor Vlaanderen op basis van de nationale, regionale en Europese agenda's. Deze benadering zal wellicht bevorderlijk zijn voor een meer verregaande samenwerking en een betere toegang tot gedeelde middelen. Ook voor het aanwezige talent en de reeds opgebouwde expertise mag men hiervan een hefboomeffect verwachten. Initiatieven zoals de Digital Innovation Hubs van de Europese Commissie en het European Lab for Learning and Intelligent Systems (ELLIS) en de Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE) bieden bovendien reeds een houvast om kennis te delen en bedrijven te steunen op internationaal niveau.

Gezien het Vlaamse clusterbeleid is het aangewezen AI op te nemen in de 'speerpunt'-clusters. Aangezien AI echter alle sectoren 'doordringt' en eerder een innovatiehulpmiddel is dan de innovatie zelf, is het belangrijk dat alle bestaande clusters kunnen putten uit de AI-kennis die in Vlaanderen beschikbaar is.

* Findable, Accessible, Interoperable, Reusable –
Vindbaar, toegankelijk, interoperabel, herbruikbaar

Lijst van tabellen

Tabel 1: Expertise in AI bij de Vlaamse universiteiten	21
Tabel 2: Fondsen en aantal projecten per AI-subdomein aan de VUB	27
Tabel 3: Overzicht van het aantal AI-bedrijven volgens verschillende studies.....	46
Tabel 4: Top 10 van AI-spin-offs volgens VentureRadar	49
Tabel 5: Het aantal spin-offs in de top 100 per land	50

Lijst van afbeeldingen

Afbeelding 1: De drie golven van AI (diagram gebaseerd op Yutaka Matsuo)	10
Afbeelding 2: Google Trends voor Deep Learning, AI en machine learning.....	10
Afbeelding 3: Aantal Kaggle deelnemers per land in 2017	17
Afbeelding 4: De vier strategische onderzoekcentra van Vlaanderen.....	20
Afbeelding 5: Evolutie van de jaarlijkse aan AI bestede budgetten van VLAIO	27
Afbeelding 6: Overzicht van het aantal AI-gerelateerde tijdschriftartikels in Vlaanderen per universiteit (FRIS-onderzoeksportaal)	31
Afbeelding 7: Totaal aantal AI-gerelateerde tijdschriftartikels in Vlaanderen per jaar (FRIS-onderzoeksportaal)	31
Afbeelding 8: Wetenschappelijke publicaties in verband met AI per land	32
Afbeelding 9: Absoluut aantal AI-publicaties (Scimago Journal)	33
Afbeelding 10: Genormaliseerde trendlijnen voor AI-publicaties (Scimago Journal)	33
Afbeelding 11: Octrooien voor natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning volgens het EPO.....	34
Afbeelding 12: Aandeel van AI op de arbeidsmarkt, University of Stanford	40
Afbeelding 13: Evolutie van het aantal AI-vacatures, University of Stanford.....	40
Afbeelding 14: LinkedIn-indicatoren voor jobaanbiedingen en de vraag naar jobs op het vlak van AI	41
Afbeelding 15: Het aantal Digital Innovation Hubs in Europa	45
Afbeelding 16: AI-bedrijven in Europa, 2017	47
Afbeelding 17: Het aantal AI-scale-ups in Europa, 2018.....	48
Afbeelding 18: Het aantal AI-startups, 2018	48

Inhoud

Inleiding	9
<i>Wat is artificiële intelligentie?</i>	9
<i>Doelstellingen en toepassingsgebied</i>	11
Analyse van de huidige context en bevindingen	12
<i>De evolutie in de kennisketen</i>	12
Onderwijs.....	12
Huidige situatie in de geselecteerde landen	15
Online opleidingen.....	16
Aanbevelingen omtrent opleiding en onderwijs	18
Onderzoek	19
Huidige situatie in de geselecteerde landen	28
Aanbevelingen voor onderzoek	35
Publiek-private samenwerking tussen onderzoek, industrie en overheid	36
Huidige situatie in de geselecteerde landen	37
Aanbevelingen omtrent publiek-private samenwerking	38
<i>Het gebruik van artificiële intelligentie in het bedrijfsleven</i>	39
Arbeidsmarkt (bestaande banen en vacatures)	39
Huidige situatie in de geselecteerde landen	39
Aanbeveling voor de arbeidsmarkt	42
Ondernemingen	42
Huidige situatie in de geselecteerde landen	45
Financiering in de privésector.....	50
Aanbevelingen ter ondersteuning van het gebruik van AI in bedrijven in Vlaanderen.....	51
<i>Beleidsinitiatieven</i>	53
AI op de overheidsagenda.....	53
Huidige situatie in de geselecteerde landen	53
Aanbevelingen voor beleidsinitiatieven en de overheidsagenda	57
Besluit	58
Bijlage: Methode	59
<i>Onze aanpak</i>	59
<i>Octrooien: 10 CPC-codes</i>	61
Bijlage: Bronnen	62



Inleiding

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de benchmarkstudie op het gebied van artificiële intelligentie (AI). De studie is uitgevoerd in opdracht van het Departement Economie, Wetenschap en Innovatie van de Vlaamse overheid.

Wat is artificiële intelligentie?

Artificiële intelligentie is een koepelterm die verschillende wetenschappelijke disciplines en technologieën omvat.

PwC hanteert voor deze studie de definitie die door de Europese Commissie voorgesteld is in de Mededeling over AI voor Europa (2018)¹:

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

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

We maken dagelijks gebruik van KI, bijvoorbeeld om teksten te vertalen, ondertitels te genereren in video's of spam te blokkeren.

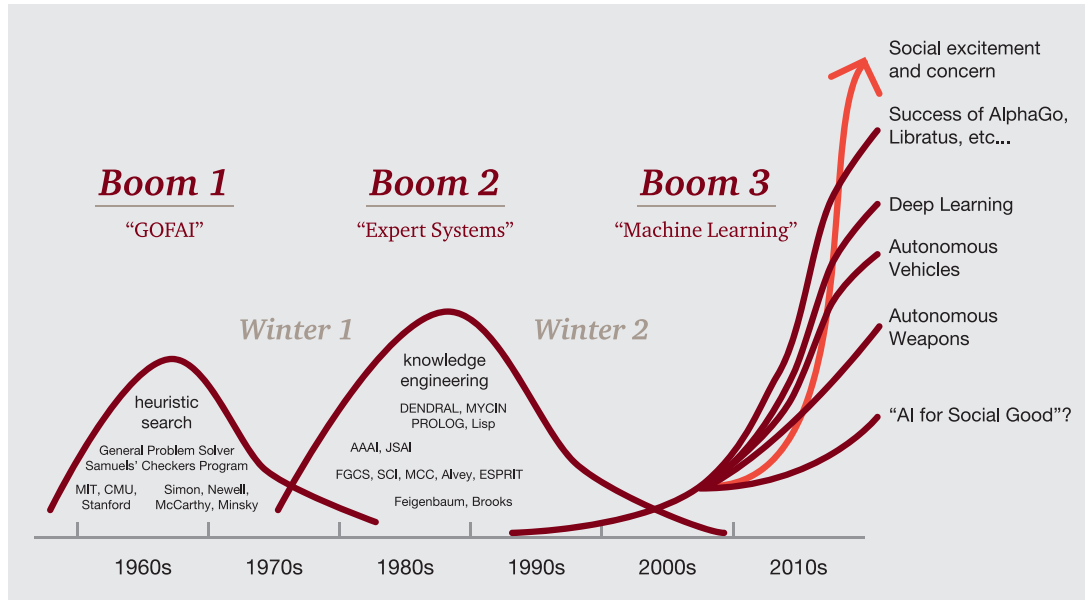
KI maakt ons leven niet alleen gemakkelijker, maar helpt ons ook om oplossingen te vinden voor de grootste uitdagingen waarmee de wereld wordt geconfronteerd: van het behandelen van chronische ziekten of het terugdringen van het aantal verkeersdoden tot het bestrijden van de klimaatverandering of het anticiperen op cyberdreigingen.”

Op basis van de PwC-studie ‘*Sizing the Prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?*’², nemen we in het kader van deze studie de volgende disciplines op:

- **Machine learning:** Het ontwerp van lerende algoritmes en het schalen van de bestaande algoritmes zodat ze werken op heel grote hoeveelheden gegevens.
- **Deep learning/neurale netwerken:** Modellen die audio, video, tekst en data kunnen verwerken door ze stelselmatig door verschillende niet-lineaire transformaties te sturen, die uiteindelijk leiden tot een uitkomst of activatiefunctie, die het beeld, geluid of target variable goed herkent.
- **Natuurlijke taalverwerking:** Algoritmes die spreektaal als input nemen en ze omzetten naar abstracte betekenisvolle representaties.
- **Collaboratieve systemen:** Modellen en algoritmes die verschillende ‘agenten’ (mensen en/of andere algoritmes) in staat stellen om samen te werken aan een bepaald project of in een bepaald systeem. Dergelijke samenwerkende ‘agenten’ dienen gedistribueerd geïmplementeerd te worden in sensoren (de “extreme edge”), in een hub nabij de toepassing (de “edge”) en in de cloud wanneer een centrale implementatie in de cloud botst tegen de limieten van datanetwerken qua capaciteit en qua vertragingstijd of wanneer de vereiste privacy van data dit vereist.
- **Computer vision (beeldanalyse):** De processen om relevante informatie uit beelden te halen.

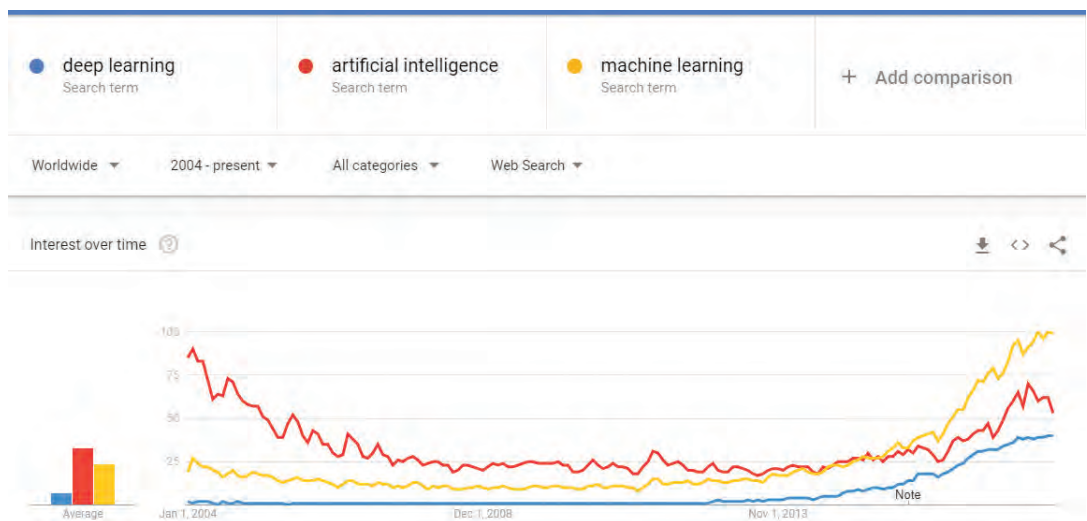
Vanuit een historisch perspectief bevindt artificiële intelligentie zich momenteel in een derde golf. De eerste twee golven zijn voornamelijk gestuurd vanuit een kennisrepresentatie perspectief (inclusief constraint processing, redeneren en probabilistisch modelleren). De huidige

golf is eerder datagestuurd. De focus van dit document ligt voornamelijk op de huidige aspecten, maar we mogen niet uit het oog verliezen dat Vlaanderen een sterke basis heeft opgebouwd tijdens deze eerste twee golven en daaruit kan putten.

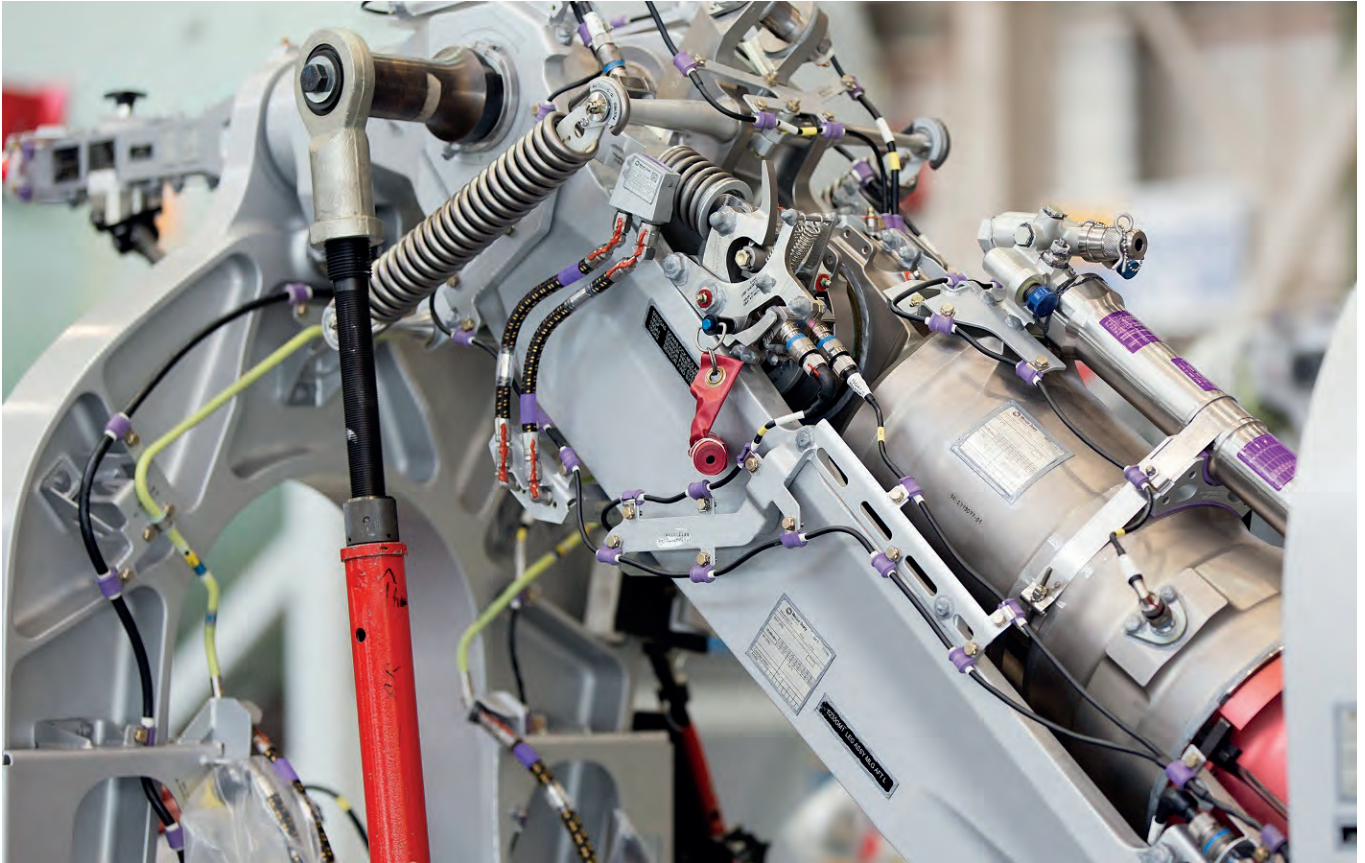


Afbeelding 1:
De drie golven van AI (diagram gebaseerd op Yutaka Matsuo³)

Google Trends bevestigt inderdaad de meest recente AI-winter en de huidige golf van AI.



Afbeelding 2:
Google Trends voor Deep Learning, AI en machine learning



Doelstellingen en toepassingsgebied

De hoofddoelstelling van deze studie is drieledig:

1. In kaart brengen van de huidige ontwikkelingen op het gebied van AI in Vlaanderen;
2. Lessen trekken uit internationale ervaringen door Vlaanderen te vergelijken met geselecteerde landen binnen en buiten Europa;
3. Aanbevelingen formuleren als basis voor het uitwerken van beleidsinitiatieven en overheidsinterventies om de ontwikkelingen omtrent AI in Vlaanderen verder te ondersteunen.

De studie heeft de volgende dimensies:

- **Geografische dimensie:** Naast Vlaanderen analyseren we nog zeven andere pionier landen: **Frankrijk**, **Nederland** en **Duitsland** als buurlanden van België, het **Verenigd Koninkrijk** en **Finland** als snelgroeiende hoogtechnologische landen, en de **Verenigde Staten** en **China** als toonaangevende landen.
- **Belangrijkste maatstaven:** We hebben onze studie georganiseerd rond de volgende onderzoeksdomeinen:
 - evoluties over de gehele kennisketen, waarbij we hebben gekeken naar universitaire opleidingen, onderzoek, registratie van patenten, wetenschappelijke publicaties en publiek-private samenwerking;
 - het gebruik van AI binnen bedrijven, waarbij we zowel naar het huidige industrielandchap (ondernemingen, startups, scale-ups, spin-offs) als naar de arbeidsmarkt hebben gekeken; en
 - maatregelen om bewustzijn te creëren in bedrijven, waarbij we ons hebben gefocust op de toepassing van AI door het bedrijfsleven.
- **Tijdspanne:** Omdat de technologie snel verandert, hebben we onze studie beperkt tot gegevens van na 2015.

Analyse van de huidige context en bevindingen

De evolutie in de kennisketen

Dit onderdeel stelt de bevindingen en indicatoren binnen de kennisketen voor, waaronder:

- Onderwijs
- Onderzoek
- Wetenschappelijke publicaties
- Octrooien
- Publiek-private samenwerking tussen onderzoek en industrie

In vergelijking met de landen die voor deze benchmarkstudie geselecteerd zijn, kunnen we stellen dat de Vlaamse universiteiten op het gebied van AI een relatief breed opleidingsaanbod hebben. Bovendien is de kwaliteit van het Vlaamse onderwijs naar internationale normen heel goed. Zo neemt de KU Leuven voor informatica wereldwijd de 50e plaats⁴ in.

Onderwijs

Masteropleidingen

De KU Leuven biedt een Engelstalige Master-na-Master-programma (ManaMa)⁵ aan dat volledig gewijd is aan AI, met een meerderheid van buitenlandse studenten. Deze master heeft drie afstudeerrichtingen:

1. Engineering and Computer Science (ECS)
2. Speech and Language Technology (SLT)
3. Big Data Analytics (BDA)

Naast deze opleiding wenst de KU Leuven ook een volledig tweejarig masterprogramma AI aan te bieden in het Engels.

Daarnaast zijn er aan de Vlaamse universiteiten verschillende programma's die AI-vakken bevatten, waaronder:

- Master of Science in Mathematical Engineering (KU Leuven)⁶
- Master of Science in de statistiek (KU Leuven)⁷
- Master of Science in de Ingenieurswetenschappen: computerwetenschappen (KU Leuven)⁸
- Master of Biomedical Engineering (KU Leuven)⁹
- Master of Bioinformatics (KU Leuven)¹⁰
- Master in de Toegepaste Informatica (KU Leuven)¹¹
- Master of Science in de Ingenieurswetenschappen: elektrotechniek (KU Leuven)¹²
- Master of Information Management (KU Leuven)¹³
- Master of Science in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT (industriële ingenieur) (UAntwerpen)¹⁴
- Master of Science in de informatica: Data Science (UAntwerpen)¹⁵
- Master taal- en letterkunde: computationele psycholinguïstiek (UAntwerpen)¹⁶
- Master of Science in Marketing Analysis (UGent) – het eerste masterprogramma ter wereld in Analytics, opgericht in 1999¹⁷
- Master of Science in Statistical Data Analysis (UGent)¹⁸
- Master of Science in Electrical Engineering (Communication and Information Technology, UGent)¹⁹

- Master of Science in de ingenieurwetenschappen: computerwetenschappen (UGent)²⁰
- Master of Science in de ingenieurwetenschappen: elektrotechniek ICT (UGent)²¹
- Master of Science in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT (UGent)²²
- Master of Science in de industriële wetenschappen: informatica (UGent)²³
- Master of Science in Computer Science Engineering (UGent)²⁴
- Master of Science in de Informatica (UGent)²⁵
- Master of Science in de informatica (UHasselt)²⁶
- Master of Science in de statistiek (UHasselt)²⁷
- Master of Science in de ingenieurwetenschappen: toegepaste computerwetenschappen (VUB)²⁸
- Master of Science in de ingenieurwetenschappen: computerwetenschappen profiel artificiële intelligentie (VUB)²⁹
- Postgraduaat in IoT (UAntwerpen, UGent, VUB)³⁰

AI-gerelateerde vakken worden in verschillende departementen gedoceerd en omvatten gevorderde statistische vakken, data mining en machine learning maar ook vakken zoals cybernetica (regeltechniek, modelleren van lineaire en niet-lineaire systemen, digitale signaalverwerking, enz.) en wiskunde (modelleren van lineaire en niet-lineaire systemen, numerieke lineaire algebra en analyse, numerieke optimalisatie, enz.).

Als we kijken naar de opleiding van experts die binnen het domein van en met AI werken, dan zien we een grote verscheidenheid. Masters in data science, statistiek, rechten en handelsingenieur en doctoraten in biologie, psychologie of fysica vinden hun weg binnen de wereld van AI.

Door middel van de Baekeland-mandaten³¹ van VLAIO kunnen doctoraatsstudenten bovendien nauw samenwerken met de industrie. Zo kunnen concrete business cases worden opgelost door middel van op AI en machine learning gebaseerde technologie.

Alle doctoraten uit de Master of Science in Marketing Analysis (UGent) worden volledig door de industrie betaald. Ze hebben een lange traditie in het samenwerken met ondernemingen.

Naast het ontwerp van algoritmes en het data-science-aspect van AI, zijn er ook opleidingen die gerelateerd zijn aan het hardwareaspect van AI, in het bijzonder chipdesign. In Vlaanderen wordt dit onderwezen in specifieke masters (burgerlijk) ingenieur zoals nanotechnologie, elektrotechniek en computerwetenschappen. Zulke studies worden door alle universiteiten aangeboden in een of andere vorm, waarvan we voor elke universiteit hieronder de meest toepasselijke weergeven:

- Master of Electronics and Information Technology Engineering (VUB)³²
- Master of Electronics and ICT Engineering Technology (UAntwerpen)³³
- Master of Industrial Sciences Electronics-ICT (UHasselt)³⁴
- Master of Science in Electrical Engineering (Electronic Circuits and Systems) (UGent)³⁵
- Master of Nanoscience, Nanotechnology and Nanoengineering (KU Leuven)³⁶

Geen van deze opleidingen is van dien aard dat ze uitsluitend toegespitst zijn op het produceren of ontwerpen van microchips. De specifieke vorming hangt meer af van de 'master thesis' of het daaropvolgende doctoraatsonderzoek.

Bacheloropleidingen

Hogeschool PXL³⁷ start als eerste hogeschool in Vlaanderen vanaf academiejaar 2018-2019 met een keuzetraject AI en robotics in de professionele bachelor in Toegepaste Informatica. Dit keuzetraject vormt een pilot van enkele nieuwe opleidingsonderdelen die PXL uitgewerkt heeft in het kader van de macrodoelmatigheidstoets en de voorbereiding van de TNO (Toets Nieuwe Opleiding) voor een nieuwe professionele bacheloropleiding Toegepaste Artificiële Intelligentie en Robotica.

In hetzelfde academiejaar zal Howest³⁸, twee AI-bacheloropleidingen aanbieden. Het ene programma focust op AI, terwijl het andere augmented reality (AR) en virtual reality (VR) met AI combineert.



Daarnaast zijn er in de privésector ook mogelijkheden om inleidende cursussen op dit gebied te volgen, bijvoorbeeld *eduvision*³⁹. Doorgedreven industriële training wordt door imec aangeboden enerzijds via industriële residenten die enkele jaren op de imec campus vertoeven en aldus letterlijk ingebed zijn in het toegepast onderzoek van hun bedrijf met imec en anderzijds via cursussen op maat van bedrijven (*imec.academy*)⁴⁰.

Tijdens onze interviews poogden we ook om mogelijke tekortkomingen in het onderwijs omtrent AI in Vlaanderen te identificeren. De KU Leuven toont aan dat een MaNaMa alvast werkt. Een volledig AI-programma – bachelor of master – behoeft een bekwaamheid in probleemoplossend denken en in wiskunde evenals een basis in programmeren⁴¹, iets wat niet algemeen aanwezig is in het huidige primair of secundair onderwijs.

Er is een nijpend tekort aan digitale vaardigheden, dat deels toegeschreven kan worden aan het gebrek aan blootstelling in het onderwijs. Interesse kan al bij een eerste voorstelling worden gewekt. Gastcolleges door mensen uit het bedrijfsleven inzake IT, programmeren, data-analyse en digitalisatie kunnen alvast bijdragen om dit probleem op te vangen. De aangekondigde wijzigingen aan de eindtermen wiskunde, om meer statistiek en probleemoplossend denken op te nemen, zijn alvast een goede evolutie in Vlaanderen⁴².

Huidige situatie in de geselecteerde landen

Aangezien er geen unaniem aanvaarde definitie voor AI voorhanden is, is het ook moeilijk om een AI-opleiding te definiëren. Vandaar dat onze analyse voornamelijk kwalitatief is.

De EIT Digital Master School⁴³ is een Europees initiatief waarbij technische universiteiten en business schools in Europa een gezamenlijk onderwijsprogramma aanbieden dat gericht is op innovatie en ondernemen om digitale transformatie te stimuleren. Studenten kunnen er een dubbele graad behalen door hun tweejarige opleiding aan twee verschillende universiteiten in Europa te volgen. Hierbij is er een sterke focus op verschillende disciplines, zoals autonome systemen⁴⁴, mens-computerinteractie en design⁴⁵, visual computing, en communicatie⁴⁶ en big data⁴⁷.

Erasmus Mundus biedt aan Europese universiteiten ook gezamenlijke programma's aan rond taal- en communicatietechnologieën⁴⁸, *Vision & Robotics* (VIBOT)⁴⁹, en beeldverwerking en *computer vision*⁵⁰.

In Nederland bieden veel universiteiten specifieke bachelors en masters AI aan, waaronder de universiteit van Amsterdam, de universiteit van Groningen en de Radboud-universiteit (e.a.). Bijzonder is de indeling van AI onder verschillende departementen aan de universiteiten. Zo is AI aan de universiteit van Utrecht onderdeel van wetenschapsfilosofie en religie⁵¹, terwijl Tilburg Universiteit een faculteit cognitieve wetenschappen en kunstmatige intelligentie kent⁵². Dit illustreert de verscheidenheid aan studies en wetenschappen waar AI schatplichtig aan. Deze verscheidenheid zorgt ervoor dat jongeren met verschillende en brede interesses terecht kunnen in een AI-opleiding en dat AI zich niet enkel beperkt tot bijvoorbeeld wiskundestudenten. Bovendien trekken zulke brede AI-bachelors meer vrouwelijke studenten aan bij onze noorderburen.

In Finland zijn er verscheidene AI-masters. Voorbeelden hiervan zijn de master in autonome systemen aan de universiteit van Aalto en de master in robotica en AI aan

de Tampere University of Technology⁵³. AI maakt ook deel uit van opleidingen zoals landbouwwetenschappen⁵⁴ en levenswetenschappen⁵⁵ aan de universiteit van Helsinki.

Duitsland is gekend voor zijn ingenieursopleidingen. Verschillende masters bieden vakken in AI aan zoals de masters in wiskunde, in *Embedded Systems Engineering* of in *Robotic Systems Engineering*. De Technische Universität Berlin heeft een specifieke master in autonome systemen⁵⁶. Nog andere masters die in hun opleiding AI-vakken aanbieden, zijn gelinkt met digitale media⁵⁷, taal- en communicatietechnologieën⁵⁸, hernieuwbare energie, alsook water- en afvalbeheer⁵⁹. Het succes van de ingenieursopleidingen en computerwetenschappen in Duitsland kan mogelijks verklaard worden door het feit dat het een goed uitgebouwd aanbod heeft aan computationeel denken en programmeren in het secundaire onderwijs.

In Frankrijk is er aan Ecole Polytechnique het programma '*Artificial Intelligence and Advanced Visual Computing*'⁶⁰. EURECOM biedt een opleiding in autonome systemen⁶¹ en een MaNaMa in *Connected Vehicles* aan⁶². De universiteit van Bordeaux heeft een master in beeldverwerking en *computer vision*⁶³. De universiteit Jean Monnet Saint Etienne heeft een opleiding machine learning en data mining⁶⁴. De MVA⁶⁵ aan de ENS Paris-Saclay (*'Mathématiques, Vision, Apprentissage'*) heeft meerdere vakken rond de verschillende deeldomeinen van AI.

Het Verenigd Koninkrijk vangt het tekort aan STEM-studenten op door programmeren een verplicht vak te maken voor leerlingen tussen vijf en zestien jaar. De universitaire opleidingen inzake AI in het Verenigd Koninkrijk zijn te talrijk om op te noemen. Daarnaast bestaan er ook privé-initiatieven. Zo kunnen schoolverlaters bij PwC in het Verenigd Koninkrijk een betaald programma van vier jaar⁶⁶ in computerwetenschappen of software engineering volgen. Zodoende kunnen ze de verschillende technologieën (AI, drones of AR) meteen toepassen met en voor de klanten.

In de **Verenigde Staten** zijn er veel universiteiten die wereldwijde faam genieten voor hun AI-opleidingen. De top vijf bestaat uit Carnegie Mellon University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Stanford University, University of California Berkeley en University of Washington⁶⁷.

- Carnegie Mellon University⁶⁸ heeft naast een departement machine learning ook een robotica-instituut met masters in robotica en computer vision. Het instituut voor taaltechnologieën biedt masters aan in onder andere computational data science, spraakherkenning en natuurlijke taalverwerking.
- MIT biedt een vak aan in machine learning voor big data en tekstverwerking, en een programma om een beroepscertificaat in machine learning en AI te behalen⁶⁹.
- Stanford heeft een certificaat in AI⁷⁰ met vakken als AI, logic & automated reasoning, natuurlijke taalverwerking met deep learning, machine learning en computer vision. Het Stanford AI4ALL⁷¹ is een zomerprogramma AI voor scholieren van het secundair onderwijs.
- De universiteit van California Berkeley⁷² heeft in haar opleidingspakket onder meer AI, machine learning, computer vision en robotics.
- De universiteit van Washington biedt bachelor, professionele en mastervakken aan in AI, machine learning, computer vision en robotics⁷³ in het programma Computer Science & Engineering.
- Harvard⁷⁴ doceert vakken met betrekking tot onder andere AI-ethiek en governance, machine learning, computational linguistics en robotica.

In **China** is de universiteit van Tsinghua de topuniversiteit voor AI-onderzoek. Samen met Carnegie Mellon University biedt ze een gemeenschappelijke master in computerwetenschappen aan, met onder andere machine learning en computer vision. Andere universiteiten zoals de universiteit van Peking en de universiteit van Zhejiang hebben ook AI-gerelateerde vakken.

China investeert momenteel zwaar in AI-opleidingen. Zo is het internationale AI-opleidingsprogramma voor Chinese universiteiten officieel gestart in april 2018 aan de universiteit van Peking. Dit is het meest

grootschalige AI-programma ter wereld, met als doel de komende vijf jaar 500 leerkrachten en 5.000 studenten op te leiden. China heeft de knowhow en is bezig met het opnemen van AI in hun opleidingen⁷⁵, ook in het secundair onderwijs⁷⁶.

Als algemene trend merken we dat Chinese studenten in Europa vaak na hun studies terugkeren naar China voor een job in AI. Hierbij bestaat het risico dat we concurrentiekracht aan China zullen verliezen, al biedt het evenwel mogelijke opportuniteiten om samenwerkingen te versterken met Chinese universiteiten en de industrie.

In China en Frankrijk, maar ook elders, nemen de grote AI-bedrijven (Google^{77,78}, Baidu⁷⁹, enz.) verschillende initiatieven om leerkrachten en studenten op te leiden in AI. Ze voorzien zelf in scholen of online opleidingen. Het feit dat bedrijven dit doen duidt op een tekort aan scholing in het reguliere onderwijssysteem.

Er bestaan tussen landen grote verschillen in het aantal opleidingen AI; een deel van de verklaring ligt ook in de wetgeving die in de verschillende landen ter zake geldt. Volgens onderzoekers aan UHasselt en UGent is het oprichten van een nieuwe master in het Verenigd Koninkrijk vrij eenvoudig en snel te organiseren omdat deze bevoegdheid bij de universiteiten zelf ligt. In Vlaanderen daarentegen moet elke nieuwe master worden goedgekeurd door de Vlaamse overheid, wat het proces moeizamer en langer maakt.

Online opleidingen

Online bestaan er tal van zelfstudiemogelijkheden voor professionals, studenten en iedereen die het wenst. Online opleidingen kunnen gemakkelijk veel mensen bereiken over heel de wereld.

Een belangrijke speler voor online opleidingen in data science en AI is de Belgische startup DataCamp⁸⁰. DataCamp begon in Leuven met online opleidingen in R (statistical computing⁸¹), maar breidde al snel uit naar Python en introductielessen voor machine learning en AI. Het bedrijf werkt samen met een duizendtal academische groepen over heel de wereld. UGent vraagt aspirant-studenten vooraleer aan de masteropleiding Marketing Analysis te beginnen, Datacamp-vakken te volgen als voorbereiding op de opleiding, om voldoende vertrouwd te zijn met R.

AI-experts en data scientists komen vroeg of laat in aanraking met Kaggle, een

website die veel wedstrijden rond AI en data science aanbiedt, waaraan iedereen vrij kan aan deelnemen⁸². Hoog eindigen in Kaggle-competities is vrijwel een garantie voor een job in het domein. Recent heeft Microsoft ook een multi-agent reinforcement learning competitie opgezet op basis van Minecraft en het Malmo Project⁸³.

Daarnaast behoren de door Stanford georganiseerde online opleidingen tot de beste ter wereld, en ook tot de populairste, bijvoorbeeld voor convolutionele netwerken⁸⁴. Andere online AI-opleidingen betreffen academic earth⁸⁵, Udacity⁸⁶ (7 AI nanodegrees), Coursera⁸⁷, Futurelearn⁸⁸, enz. Andrew Ng, een van de meest bekende AI-experten (en medeoprichter van Coursera), wil een miljoen mensen online opleiden tot AI-expert⁸⁹.

Tal van universiteiten, hogescholen en bedrijven over heel de wereld bieden online opleidingen aan, zowel betalend als gratis.

De aanwezigheid van deze online opleidingen geeft ons een indicatie van het aantal mensen dat zich hier per land mee bezighoudt. Kaggle publiceert jaarlijks cijfers over de deelnemers per land⁹⁰.

Coursera als voorbeeld van online AI opleidingen

Coursera biedt ruwweg 2,700 online studievakken aan, waarvan de helft zich in technologie en ondernemen bevindt.

De drie populairste vakken aan Coursera in 2017 hielden verband met artificiële intelligentie:

- Machine Learning (*Stanford University*)
- Neural Networks and Deep Learning (*deeplearning.ai*)
- Neural Networks for Machine Learning (*University of Toronto*)

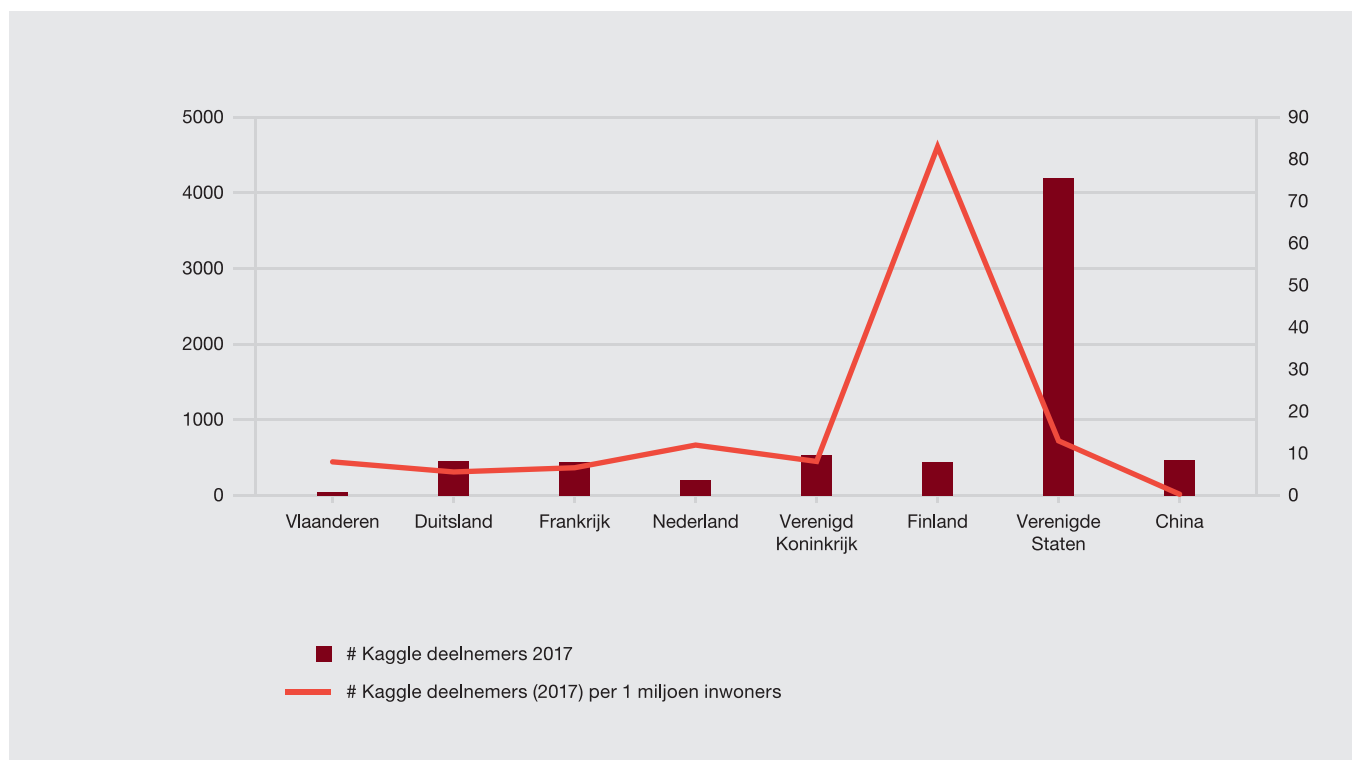
Ander populaire AI-gerelateerde vakken zijn:

- Deep Learning (*deeplearning.ai*)
- Data Science (*Johns Hopkins University*)
- Applied Data Science with Python (*University of Michigan*)

Coursera biedt ook volledige masters aan, waarvan één in data science.

Relevant voor AI zijn ook:

Graad	Provider	Universiteit
MS Computer Science	Udacity	Georgia Tech
MS Analytics	edX	Georgia Tech
MS CS Data Science	Coursera	University of Illinois



Afbeelding 3:
Aantal Kaggle deelnemers per land in 2017

Aanbevelingen omtrent opleiding en onderwijs

Er bestaat geen twijfel dat onderwijs een van de focuspunten dient te zijn in de wereldwijde wedloop rond AI. Om alleen al aan de stijgende noden te kunnen voldoen, is het nodig meer opleidingen, specialisaties en vakken in verband met AI in te richten binnen opleidingen zoals computerwetenschappen, informatica en statistiek. Het is een noodzakelijke voorwaarde om een toename van onderzoek te verwezenlijken, dat zo meer mogelijkheden en output kan genereren in en voor Vlaanderen. Tegelijkertijd is het belangrijk het multidisciplinaire aspect van AI in aanmerking te nemen en dit ook te promoten. Zo kunnen AI-vakken worden opgenomen in opleidingen zoals rechten, politieke wetenschappen, psychologie, ingenieurwetenschappen, operations management, handelsingenieur, biologie en geneeskunde. Deze kruisbestuiving kan als een katalysator werken om AI-technologie sneller ingang te doen vinden in de verschillende sectoren.

Om een globale kijk op de technologische mogelijkheden en beperkingen te hebben, dient men AI te bestuderen in combinatie met andere, ermee samenhangende technologieën, zoals cybersecurity, AR en VR, Internet of Things (IoT), en robotica. Naast de computationele en softwareaspecten dienen de AI-opleidingen in te gaan op de hardwareaspecten van AI.

De Vlaamse universiteiten lijken het erover eens te zijn dat hun programma's sneller moeten kunnen worden aangepast om beter aan te sluiten bij opleidingen en onderzoek en ontwikkeling inzake AI in Vlaanderen, om zo gelijke tred te kunnen houden met de naburige landen en ook wereldwijd. Deze flexibiliteit geeft universiteiten de mogelijkheid om in te spelen op de economische en maatschappelijke noden van Vlaanderen, namelijk de nood aan hoogopgeleide AI-professionals in de verschillende sectoren. Natuurlijk is het belangrijk de kwaliteit te garanderen. Om te bevorderen dat er meer kennis wordt gedeeld en er meer aan netwerken wordt gedaan, loont het de moeite een interuniversitaire opleiding te overwegen. Zo kunnen studenten de verschillende aanwezige expertises combineren, wat de onderlinge banden dan weer versterkt. Een verbetering en verhoging van de capaciteit aan opleidingen impliceert dat er ook een evenredige uitbreiding van het personeelsbestand nodig is.

We raden aan de procedure voor het organiseren van nieuwe masters in Vlaanderen te herzien zodat ze efficiënter kan verlopen. Ook kan er ingezet worden op de inrichting van meer postgraduatoren in AI.

De grote verspreiding van AI-gerelateerde vakken en de heterogeniteit van de benamingen van de verschillende masters die in AI-expertise resulteren, maken het landschap opaak. Er is meer AI-opleiding in Vlaanderen dan we op het eerste gezicht vermoeden. Iets meer klaarheid scheppen kan voordelig zijn voor het faciliteren van studiekeuzes en zal het voor bedrijven ook eenvoudiger maken om de juiste competenties te identificeren.

We raden aan in het lager en secundair onderwijs praktische voorbeelden en toepassingen van AI te demonstreren, indien mogelijk door mensen uit het beroepsleven. Toegankelijkheid en bekendheid van alsook ervaring met nieuwe technologieën op vroege leeftijd stimuleert de interesse. Dit geldt eveneens voor AI. Een opleiding IT-wetenschappen of IT-wiskunde in het secundair onderwijs kan zeker een stimulans zijn. STEM-programma's uitbreiden met programmeren en probleemoplossend denken kan leerlingen voorzien van een solide en noodzakelijke achtergrond om richting data-analyse en AI te evolueren.

Artificiële intelligentie beïnvloedt de skill-set die in een moderne werkomgeving nodig is en zal zijn. Universiteiten spelen hier een cruciale rol in het aanbieden van opleidingen ter heroriëntatie en specialisatie van de Vlaamse werknemers⁹¹. Het aanmoedigen en ondersteunen van werknemers kan onder meer worden gedaan door het aanbieden (en faciliteren) van postgraduaatprogramma's (niet per se tweejarige masters maar ook kortere opleidingen), en kan door middel van incentives zoals fiscale voordelen of cofinanciering vergemakkelijkt worden. Dit alles kan worden opgevat als onderdeel van programma's die gericht zijn op blijvend leren – 'life-long learning'.

Opleiding en herscholing zullen in dit snel veranderende landschap essentieel blijven. Het steunen van interuniversitaire zomerscholen voor studenten en bedrijven zal voordelen opleveren voor het hele ecosysteem: zo kunnen mensen met elkaar in contact komen en hun kennis en expertise delen. Naast het steunen van Vlaamse interuniversitaire bachelors

en masters kan er ook aan inter-Europese samenwerking worden gedacht, waardoor ook over landsgrenzen heen kennisoverdracht kan plaatsvinden. Zulke programma's bestaan al in andere disciplines. China en de Verenigde Staten beschikken trouwens al over een gemeenschappelijk AI-programma.

We raden aan het verrichten van doctoraatsonderzoek in AI binnen bedrijven door middel van Baekeland-mandaten en de financiering door bedrijven uit te breiden.

De Vlaamse universiteiten hebben financiële steun nodig om hun doorbraken meer wereldwijde uitstraling te geven om zodoende een grotere aantrekkingskracht op talent en partners uit het buitenland uit te oefenen alsook de kennis en expertise in Vlaanderen te versterken.

Ten slotte kan de kwaliteit en het volume van opleiding omtrent AI verder worden verhoogd door de lessen online aan te bieden, in het Engels en het Nederlands. Beide zullen en kunnen een ander publiek aanspreken. Naargelang het bedrijfsmodel zijn online programma's mogelijk een bron van inkomsten.



Onderzoek

Er is in Vlaanderen geen strategisch onderzoekscentrum dat zich exclusief met AI bezighoudt. Wel zijn de vier bestaande onderzoekscentra (imec, Flanders Make, VIB en VITO) AI als onderdeel van hun research aan het incorporeren.

Binnen imec is een ruime kennis aanwezig op het gebied van AI. Deze kennis wordt op continue basis verder opgebouwd en gedeeld met de Vlaamse industrie, bijvoorbeeld middels ICON-onderzoek. Binnen imec richten enkele strategische onderzoeksprogramma's zich verder op AI in een multi-agent gedistribueerde setting, vanuit zowel hardware als software perspectief. Deze focus zorgt er voor dat middelen worden ingezet op domeinen waarin Vlaanderen op wereldschaal een leidende positie kan uitbouwen, zelfs ten opzichte van grootmachten zoals China en de VS. Imec toonde zo recent bijvoorbeeld doorbraken in gepersonaliseerde geneeskunde, DNA sequencing, het detecteren van anomalieën in productielijnen, autonome en slimme mobiliteit en duurzame energie.

De verschillende programma's en consortia binnen imec staan zowel open voor grote- als kleine ondernemingen. De dienstverlening is daarnaast vraaggedreven: imec heeft gekozen voor zes segmenten, maar beperkt zijn handelen niet tot die domeinen. Deze vraaggedreven aanpak wordt onder meer bewaakt door een Vlaamse Industriële Adviesraad, talloze meet ups en conferenties door Vlaanderen en structureel onderzoek naar de impact van imec's werking.

De organisatie en uitvoering van vraaggedreven onderzoek vindt binnen imec al tientallen jaren plaats, onder meer binnen het zelf ontwikkelde ICON-programma. Voor het ICON-programma organiseert imec transparante projectoproepen en brengt zij de Vlaamse universiteiten bij elkaar voor interdisciplinaire projectuitvoering.



VIB

- **1,470** wetenschappers uit **60+** landen
- Biotechnologie
- Onderzoek naar de basis van het leven, gezondheid en ziekte



Flanders Make

- Ca. **300** voltijdse onderzoekers
- Maakindustrie
- Mechatronica, productontwikkelingsmethodes en productietechnologieën



VITO

- **750** experten
- Multidisciplinair team
- Cleantech en duurzame ontwikkeling



imec

- **3,500** internationale onderzoekers
- Micro- en nanotechnologie
- Digitale technologie



Afbeelding 4:

De vier strategische onderzoekcentra van Vlaanderen

Naast de strategische centra hebben de Vlaamse universiteiten verschillende AI-gerelateerde laboratoria en onderzoeksgroepen. Uit een overzicht van de expertisedomeinen in het Belgische AI-landschap⁹² leiden we af dat de verschillende AI-disciplines goed vertegenwoordigd zijn in Vlaanderen, waardoor het echter moeilijk is om een specifiek speerpunt in expertise naar voren te schuiven. Onderstaande tabel geeft de verschillende AI-disciplines weer die vertegenwoordigd zijn in het Vlaamse onderzoek.



Machine learning



Natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning



Zwermintelligentie



Behavioural intelligence



Visie en beeldverwerking



Kennisrepresentatie/redeneren



Constraint processing



Aanbevelingssysteem



Big data/data science/deep learning



Data en text mining



Robotica



Human-Robot Interaction

Tabel 1:
Expertise in AI bij de Vlaamse universiteiten



Een volledige lijst van onderzoeksgroepen is moeilijk samen te stellen, aangezien een aantal van deze groepen niet formeel georganiseerd zijn. Een aantal van de belangrijkste labo's zijn:

- **VUB AI Lab**⁹³: focus op kennissystemen, autonome robotica, machine learning en natuurlijke taalverwerking.
- **SMIT**⁹⁴: onderzoeksgroep van imec aan de VUB in slimme toepassingsgebieden, inclusief media, steden, gezondheid en werk, focus op sociaal-ethische-economische vraagstukken in het domein.
- **BruBotics**⁹⁵ ('Brussels Human Robotics Research Center'): consortium van 8 onderzoeksgroepen aan de VUB, die zich toespitsen op verschillende disciplines zoals sociale robots, AI, mens-robotinteractie en collaboratieve robots.
- **CCL**⁹⁶ ("Centrum voor Computerlinguïstiek") aan de **KU Leuven**: onderzoek op het gebied van de formele en computationele taalkunde, met het oog op de toepassing ervan in taal- en spraaktechnologie.
- **DTAI**⁹⁷ ('Declaratieve Talen en Artificiële Intelligentie') aan de **KU Leuven**: focus op declaratieve talen, data mining, machine learning en kennisrepresentatie.
- **AIDA**⁹⁸ ('Artificial Intelligence Data Analysis'): wetenschappelijk project gecoördineerd door Giovanni Lapenta aan de **KU Leuven** met fondsen van de Europese Commissie, als onderdeel van het 'Horizon 2020 program' (COMPET-4); focus ligt hoofdzakelijk op machine learning en AI voor de ontwikkeling van nieuwe methoden voor analyses en simulaties van verschillende ruimtestations.
- **Eavise**⁹⁹ ('Embedded and Artificially Intelligent Vision Engineering' aan Campus De Nayer van de **KU Leuven**): focus op computer vision en AI en op samenwerking tussen academici en industrie.
- **STADIUS – ESAT**¹⁰⁰ aan de **KU Leuven**: onderzoek op mathematical engineering, AI, machine learning, deep learning, modelleringstechnieken, advanced control, met onder meer toepassingen in biomedische signaalverwerking, eHealth, bioinformatica ('omics'), procesindustrie en fintech, die ook AI gerelateerde spinoffs voortbrengt.
- **PSI – ESAT**¹⁰¹ aan de **KU Leuven**: beeld- en spraakverwerking, industriële beeldverwerking, biomedische beeldverwerking.
- **CODES**¹⁰² ('Combinatorial Optimization and Decision Support') aan de **KU Leuven**: onderzoek naar de verbanden tussen combinatorische optimalisatie en data science, machine learning en andere takken van AI.
- **LIIR**¹⁰³ ('Language Intelligence & Information Retrieval Lab') aan de **KU Leuven**: onderzoek op het gebied van natuurlijke taalverwerking, multimedia mining, machine learning en het ophalen van informatie.
- **CLiPS**¹⁰⁴ ('Computational Linguistics & Psycholinguistics') aan de **UAntwerpen**: focus op linguïstiek, psycholinguïstiek en computationele linguïstiek.
- **ADReM**¹⁰⁵ ('Advanced Database Research & Modelling') aan de **UAntwerpen**: onderzoek op het gebied van databanken, kennismanagement en data mining.
- **IDLab**¹⁰⁶ ('Internet Technology en Data Science lab'): kern-researchgroep van imec met onderzoeksactiviteiten ingebed aan **UGent** en **UAntwerpen**, focus op onder andere AI voor robotica en IoT, zwermintelligentie, deep learning, machine learning en data mining, alsook semantische intelligentie.

Tijdens de interviews waren verschillende stakeholders het eens over de noodzaak van coördinatie rond AI, in de vorm van een ecosysteem dat alle universiteiten, hogescholen, onderzoekscentra, de overheid en belangrijke spelers uit de sector rond de tafel kan brengen. Welke vorm de structuur ook zal aannemen, ze mag geen extra overheadkosten meebrengen maar moet tot ondersteuning van onder uit ('bottom-up') leiden. Een mogelijkheid is het ondersteunen van regelmatige bijeenkomsten waarop onderzoekers onderling kennis kunnen delen en elkaar op de hoogte houden. Er is behoefte aan een 'matchmaker' tussen onderzoek, industrie en overheid, waar mensen met ideeën voor startups of voor innovaties binnen bestaande bedrijven in contact kunnen worden gebracht met het juiste netwerk van mensen.

Tegelijkertijd werd er gepleit voor een faire verdeling van de fondsen. Sommige universiteiten drukten hun vrees uit dat de grote Vlaamse Universiteiten uit een nieuwe structuur disproportioneel meer zouden halen. Andere geïnterviewde stakeholders zien een risico in integratie met imec omdat de focus dan niet puur op AI zou liggen.

Agoria is een sectorfederatie en richt zich op vooruitgang door technologie. Ze banen het pad voor alle technologisch geïnspireerde bedrijven in België die door de ontwikkeling of toepassing van innovaties vooruitgang in de wereld nastreven en die samen om en bij de 300.000 werknemers vertegenwoordigen. Met meer dan 1.800 lidbedrijven, focust de dienstverlening van Agoria zich op drie pijlers: adviesverlening, business development en de creatie van een optimaal ondernemingsklimaat.

Omtrent AI, stelt Agoria een federaal coördinatie centrum voor, waarbij de organisatie een nauwe samenwerking suggereert. *“België zal haar maatschappelijke en economische uitdagingen optimaal kunnen aanpakken door een ambitieus AI coördinatie centrum op te zetten waar het bedrijfsleven (vraag en aanbodzijde), de academische wereld, het maatschappelijk middenveld en de overheid hun ondernemerszin en expertise rond artificiële intelligentie zullen samenbrengen om een coherent strategisch plan rond AI uit te bouwen.*

Het AI coördinatie centrum wordt samengesteld uit vier pijlers:

1. De AI Industrie Raad
2. De AI Juridische en Ethische Raad
3. De AI Talent en Arbeidsraad
4. Het AI Ecosysteem Platform & Disseminatie¹⁰⁷

Volgens Agoria¹⁰⁸ moet *“binnen de AI Industrie Raad een sterk en coherent industrieel plan uitgebouwd worden.*

Elk overheidsniveau kan zijn eigen strategie definiëren maar om schaafeffecten en impact te creëren moet de (maak)industrie als federaal speerpunt beschouwd worden. Dit houdt niet tegen dat elke regio zijn eigen accenten kan definiëren waarbij de bereikte resultaten rond de (maak)industrie tevens voor andere sectoren kunnen gebruikt worden. Kruisbestuiving tussen de industrie die door onze drie regio's als speerpunt beschouwd wordt en andere sectoren die meer relevant zijn voor één bepaalde regio zal meer tastbare resultaten teweegbrengen dan de middelen evenredig te verspreiden tussen alle sectoren.

Zo zou Vlaanderen transport en logistiek als regionaal speerpunt kunnen aanpakken terwijl Brussel de gezondheidszorg en Wallonië de uitdagingen rond energie als regionaal speerpunt zouden kunnen kiezen. Het spreekt voor zich dat alle resultaten worden uitgewisseld (disseminatie).

Het is alleszins de taak van het coördinatie centrum om de AI strategie van de verschillende beleidsniveaus met elkaar te laten afstemmen om impact op middellange termijn te garanderen alsook om hefboomeffecten binnen de Europese strategie te activeren. Om de maatschappelijke uitdagingen die inherent zijn aan AI aan te pakken zal het AI coördinatie centrum zowel een juridische en ethische raad als een nationaal centrum voor talent en arbeidsorganisatie moeten oprichten. Beide raden zullen alle relevante actoren van onze maatschappij samenbrengen om visies en actieprogramma's voor te stellen met als doelstelling een duurzame en inclusieve aanpak van AI binnen onze maatschappij te bevorderen.

AI Juridische en Ethische Raad:

De Ethische Raad heeft als doelstelling het debat aan te gaan rond verschillende ethische kwesties en voorstellen vanuit de betrokkene. De raad zal zelf een aantal voorstellen kunnen formuleren. De ethische raad zal eveneens de juridische vragen rond AI voor zich nemen en het politieke beleid zowel op federaal als regionaal vlak ondersteunen. Het opzetten van een juridisch “sandbox” zal door deze raad moeten bestudeerd worden.

AI Talent en Arbeidsraad:

De Raad zal zich buigen over de beroepen van de toekomst en mens-machine interactie binnen de verschillende sectoren. De raad zal eveneens de nodige AI expertise in kaart brengen zoals de nood aan “Data Scientists”, “Data Engineers” (bachelors) en “AI Business Analisten” en de regio’s ondersteunen in hun AI (levenslang) onderwijsaanbod.

Het AI coördinatiecentrum zal als vierde pijler een platform tot stand brengen dat het Belgisch AI ecosysteem bevordert. Hierbij denken we aan innovatieve business modellen stimuleren, AI scale-ups ondersteunen, cross-sectoriele AI innovatie hubs faciliteren, het linken van gewestelijke diffusie-initiatieven over de gewestgrenzen heen, samenwerking op Europees niveau tussen AI innovatie hubs,”

Dergelijke afbakening vereist een strategische visie. Door te weten welke richting Vlaanderen uit wil, worden de AI-noden duidelijk en kunnen concrete KPI’s worden ingesteld.

Taaltoepassingen en apps maken momenteel gebruik van het ‘hoog-Nederlands’, d.w.z. het Nederlands zoals dit in Nederland wordt gesproken. Veel mensen in de ouderenzorg hebben moeite om die taal te begrijpen, en aangezien de applicaties geen Vlaamse versie van het Nederlands hebben, kunnen ze vaak niet optimaal ingezet worden. Gezien de kleine markt ziet het er ook niet naar uit dat grote (buitenlandse) bedrijven zoiets op korte termijn zullen ontwikkelen. Als Vlaanderen in deze technologie investeert om ze te benutten in de gezondheidszorg (en zo een concrete KPI instelt), is deze spraaktechnologie ook meteen voor andere applicaties voorhanden. Vanuit deze specifieke problematiek, die zich in eerste instantie in de gezondheidssector voordoet, is het duidelijk hoe AI een antwoord kan bieden – en daarmee tegelijkertijd een katalysator wordt voor andere toepassingen. Door concrete doelen te stellen, kan men duidelijk target-technologieën identificeren. Zonder strategische visie zou deze cruciale ontwikkeling misschien niet eens onderkend zijn.

Een ander gebied waar coördinatie vereist is, betreft de interdisciplinaire en cross-technologische applicaties van AI, waar de software- en hardwareaspecten elkaar raken. AI zal bijvoorbeeld een belangrijke impact hebben in combinatie met het Internet of Things (IoT). De basisbouwsteen van IoT is een sensor.

Net zoals mensen interactie met de wereld hebben via hun zintuigen, heeft een computer input nodig. Die input wordt vervolgens door AI verwerkt, met als resultaat een uitkomst of actie.

Sensoren leveren de informatie, terwijl AI-algoritmes – met soms heel hoge computationele vereisten – output leveren, die op hun beurt aanleiding geeft tot signalen voor de omgeving (visueel, auditief of motorisch).

De combinatie van AI en IoT is in feite de bouwsteen van slimme steden, slimme huizen en industriële applicaties in de context van Industry 4.0. Enkele voorbeelden hiervan zijn predictive maintenance, smart supply chain management, autonome voertuigen, retail die AR/VR combineert, en hydroponische landbouw. Of bijvoorbeeld de elektrische neus, ontwikkeld aan de KU Leuven die bijvoorbeeld pesticiden of zenuwgas kan detecteren¹⁰⁹.

In vele toepassingen zal informatieverwerking zo dicht mogelijk bij of zelfs in de sensor dienen te gebeuren. Zo moet een zelfrijdende wagen in een fractie van een seconde kunnen reageren zelfs indien de netwerkverbinding met de cloud niet betrouwbaar is. Bovendien is bij verschillende toepassingen in mobiliteit en gezondheidszorg de hoeveelheid gemeten data te groot om deze naar de cloud te kunnen sturen zelfs over de meest performante netwerken en is het om privacy redenen vaak aangewezen dat data lokaal behandeld worden, vooral in de gezondheidssector en in de maakindustrie. Dergelijke gedistribueerde AI-systemen, met gecombineerde verwerking en opslag in de sensor, nabij de sensor en in de cloud, vergen substantiële aanpassingen aan hardware en software.

Conferenties en meetups

Naast onderzoekscentra en researchgroepen is de aanwezigheid van onderzoekers op conferenties een belangrijk aspect voor het promoten van hun onderzoek, voor het leren van elkaar en voor het netwerken. Tijdens onze expertinterviews werd de noodzaak naar voor geschoven om conferentiepublicaties mee op te nemen naar voren geschoven als criterium om fondsen te verwerven (naast paperpublicaties). Maar zelfs zonder dit criterium in het FWO fondsen systeem publiceren vooral doctorandi hun research ter gelegenheid van belangrijke AI-conferenties zoals NIPS, omdat zo iets voor hen een springplank vormt voor een mogelijke carrière bij een van de grote bedrijven¹¹⁰.

Enkele van de belangrijkste internationale AI-conferenties zijn:

- WWW¹¹¹: World Wide Web Conference;
- NIPS¹¹²: Neural Information Processing Systems: multi-track machine learning and computational neuroscience conference;
- ICML¹¹³: International Machine Learning Society Conference;
- ICLR¹¹⁴: International Conference on Learning Representations;
- IJCAI¹¹⁵: International Joint Conference on Artificial Intelligence;
- AAAI¹¹⁶: Association for the Advancement of Artificial Intelligence;
- ECAI¹¹⁷: European Conference on Artificial Intelligence (de belangrijkste AI-conferentie in Europa);
- ECML¹¹⁸: European Conference on Machine Learning;
- AAMAS¹¹⁹: International conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems;

Daarnaast zijn er nog vele andere en lokale conferenties. In de Benelux is de BNAIC¹²⁰ (Benelux Artificial Intelligence Conference) hier een voorbeeld van.

Ook buiten de academische wereld zijn er veel mensen die belangstelling voor AI hebben of met AI experimenteren tijdens hun vrije tijd. Uit deze groep mensen ontstaan 'grass-root' organisaties en initiatieven om af te spreken en vormen informele kennis delende gemeenschappen. Meetup is in deze kringen een heel populair middel. Over heel Vlaanderen worden tientallen meetups georganiseerd¹²¹.

De volgende 'meetup communities' rond AI tellen minstens 1.000 leden:

- Data science meetup¹²²: grootste AI-gerelateerde community in België (3.249 leden); deze organiseert ook de DIs Summit¹²³, een Europese kennis-hub rond big data en data science; gevestigd in Brussel maar ook actief in Vlaanderen.
- Data Science Leuven¹²⁴: bloeiende data science community in Leuven.
- Brussels AI meetup group¹²⁵: Brusselse community rond AI.
- Hackerspaces¹²⁶ zijn door (kleine) groepen georganiseerde fysieke locaties, waar mensen hun interesse om aan technologie te sleutelen delen, en bijeenkomen om aan hun projecten te werken en van elkaar te leren; deze mensen zijn vaak heel bedreven in meerdere technologieën.

Veel van de recente bloei van AI is te danken aan de 'open source'-cultuur van AI: code en aanbevolen praktijken ('best practices') worden verregaand gedeeld. Volgens een expert is het zelfs zo dat die sectoren waar code en data moeilijk of niet worden gedeeld, achterlopen op het gebied van AI.

Onderzoeksfinanciering

In Vlaanderen wordt het meeste academisch onderzoek gefinancierd door de overheid via het FWO (Fonds Wetenschappelijk Onderzoek)¹²⁷. Onderzoeksfinanciering door Europa, zoals het 'Horizon 2020'-programma, is ook heel belangrijk. De onderzoeksfinanciers hanteren een reeks criteria om de subsidiariteit van te financieren projecten te beoordelen.

Binnen het FWO is aan AI geen specifieke prioriteit toegekend en dus worden voor AI dezelfde procedures als voor de andere onderzoekstakken gevolgd. Doordat een AI-commissie ontbreekt, belanden de projecten bijvoorbeeld in de commissies die instaan voor computerwetenschappen of taal of psychologie, naargelang het specifieke onderzoek. In tegenstelling tot bijvoorbeeld het FNRS in Wallonië zijn er binnen het FWO geen permanente postdoc-posities. Deze werden in 1999 vervangen door BOP-ZAP mandaten. Een budgettaire inhaalbeweging in BOF en BOF-ZAP-mandaten kan ook meer continuïteitsgarantie bieden.

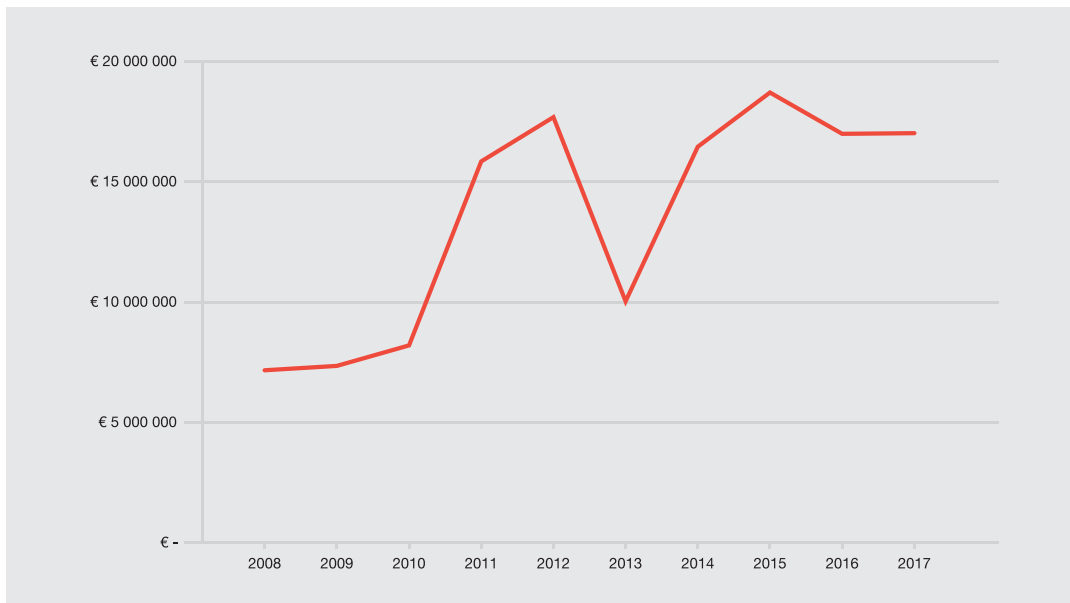
De onderzoeksfondsen van het voormalige IWT (Instituut voor Innovatie door Wetenschap en Technologie) zijn overgedragen naar het FWO.

Tussen 2011 en 2017 financierde het FWO 171 aan 'AI' gekoppelde projectaanvragen (105 beurzen voor doctoraten en postdocs, 66 onderzoeksprojecten), waarbij 33% van het hele ICT-budget aan AI werd besteed. Het FWO gaf elk jaar gemiddeld €6,7 miljoen uit, goed voor een totaal van ongeveer €46,7 miljoen over de hele periode. Ter vergelijking: in 2017 alleen al besteedde het Verenigd Koninkrijk £75 miljoen en gaf Duitsland €40 à 50 miljoen uit¹²⁸ aan fundamenteel onderzoek.

VLAIO¹²⁹ ondersteunt en financiert innovatie door onder meer startup-fondsen en Baekelandmandaten¹³⁰, waarbij een doctoraatsonderzoek deels door het onderwijsinstituut en deels door een bedrijf wordt betaald. Dit is een goede maatregel voor het aanmoedigen van publiek-private samenwerking en de commercialisatie van onderzoeksresultaten. Ook met programma's zoals TETRA steunt VLAIO toepassingsgericht universitair onderzoek.



De onderstaande grafiek geeft een overzicht van de fondsen die VLAIO aan AI-projecten besteed heeft sinds 2008 ter illustratie:



Afbeelding 5:
Evolutie van de jaarlijkse aan AI bestede budgetten van VLAIO

Ter illustratie geeft onderstaande tabel een overzicht van de fondsen en van het aantal projecten aan de VUB per AI-discipline voor de laatst vijf jaar. Het valt duidelijk op dat het accent wordt gelegd op machine/deep learning, AI en robotica, wat ook de drie voornaamste domeinen zijn in termen van wetenschappelijke publicaties (zie Afbeelding 6). Vergelijkbare overzichten bestaan ook voor de andere universiteiten maar werden wegens de tijdslijmit van dit rapport niet verzameld.

Onderwerpen	Fondsen	Aantal projecten
Artificiële intelligentie	€ 6,5 miljoen	63
Autonome voertuigen	€ 560.000	4
Computer vision	€ 1,4 miljoen	18
Machine/deep learning	€ 14 miljoen	88
Natuurlijke taalverwerking	€ 1,4 miljoen	15
AI in robotica	€ 5,3 miljoen	26

Tabel 2:
Fondsen en aantal projecten per AI-subdomein aan de VUB

Huidige situatie in de geselecteerde landen

In april 2018 ondertekenden 25 Europese landen, waaronder België, een verklaring tot samenwerking inzake AI¹³¹, een dag nadat experts van Inria (Frankrijk) en de universiteit van Tübingen (Duitsland) hun aan Europa gericht gemeenschappelijk voorstel publiceerden om een AI-leegte in Europa te vermijden.

Het *European Lab for Learning and Intelligent Systems* (ELLIS) is een consortium van zes Europese instituten in het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Duitsland, Zwitserland, Israël en Nederland, dat top-AI-onderzoekers wil aantrekken om Europa in de voorhoede van de AI-revolutie te positioneren, en om bij te blijven met de evoluties in de Verenigde Staten en China^{132,133}.

Mikkend op enkele honderden experts, bestaat het hoofddoel van het consortium in het garanderen dat het beste AI-onderzoek in Europa plaatsvindt. Zo plant ELLIS een samenwerking tussen Frankrijk en Duitsland en het bouwen van lokale laboratoria met een jaarlijks budget van €30 miljoen.

De missie van ELLIS ten dienste van Europa is tweevoudig:

1. “We willen dat het beste basisonderzoek in Europa wordt uitgevoerd, zodat Europa kan bepalen hoe machine learning en moderne AI de wereld zal veranderen”, en
2. “We willen economische impact hebben en banen creëren in Europa, en geloven dat dit wordt bereikt door vrij en uitstekend fundamenteel onderzoek, onafhankelijk van de belangen van de industrie.”

Een tweede initiatief dat recent gelanceerd is in Europa is CLAIRE¹³⁴ (*Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe*). Deze confederatie is bedoeld om nauwer samen te werken en onderzoeksactiviteiten beter te coördineren. CLAIRE heeft tot doel om een netwerk van kennisinstellingen op te bouwen over heel Europa. Door als centrale hub op te treden met *state-of-the-art* infrastructuur wil het ook de uitwisseling van ideeën en expertise bevorderen¹³⁵.

De visie van CLAIRE is driedelig:

1. Europees onderzoek en innovatie op het gebied van AI tot de beste van de wereld te laten behoren;
2. AI als geheel en heel Europa omvatten;
3. Een sterke focus op het mensgerichte aspect van AI.

Het CLAIRE-initiatief wordt ondersteund door 1.800 voorstanders, waaronder vele AI-experten, academici, uitgevers van wetenschappelijke tijdschriften, leden van nationale AI-organisaties en –instellingen, wetenschappers, enz. Ook veel Vlaamse en Belgische belanghebbenden steunen het CLAIRE-initiatief. Van de Belgische organisaties, biedt de BeNeLux Vereniging voor Kunstmatige Intelligentie (BNVKI)¹³⁶ zijn steun aan CLAIRE. De BNVKI wil AI-onderzoek, -toepassingen en -onderwijs stimuleren. Jaarlijks organiseren ze de Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC) conferentie¹³⁷.

In **Duitsland** is er het DFKI (Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, het Duitse Onderzoekscentrum voor Artificiële Intelligentie), een publiek-private samenwerking zonder winstoogmerk, gefinancierd door lokale en nationale overheidsinstanties en internationale hightechbedrijven. Het DFKI is het grootste AI-onderzoekscentrum in Duitsland, met ongeveer 1.000 onderzoekers. Het heeft een 240-tal projecten opgeleverd en heeft tot meer dan 80 spin-offs geleid. Het Fraunhofer IAIS¹³⁸ maakt deel uit van het Fraunhofer-Gesellschaft¹³⁹, een organisatie die 72 instituten uit heel Duitsland omvat. Het Fraunhofer IAIS heeft 250 AI-wetenschappers en -experts die zich richten op toegepast onderzoek in AI. Cyber Valley¹⁴⁰ is een knooppunt dat zich richt op machine learning, robotica en computer vision. Cyber Valley is een publiek-private samenwerking tussen de Max Planck Society, twee technische universiteiten, de staat Baden-Württemberg en privébedrijven¹⁴¹. Het doel is de komende jaren rond de 100 promovendi op te leiden. Hierdoor kunnen autofabrikanten zoals Audi sneller transformeren dan hun Amerikaanse tegenhangers¹⁴².

In het **Verenigd Koninkrijk** vormt het Alan Turing-instituut¹⁴³ een conglomeraat van 13 universiteiten, dat zich heeft ontpopt tot nationaal instituut voor data science en AI. Volgens Rob McCargow (PwC UK) is 'Digital Catapult'¹⁴⁴ het leidende innovatiecentrum in het Verenigd Koninkrijk, met AI als een van de focuspunten¹⁴⁵. Ook de universiteiten van Oxford en Edinburgh hebben hun initiatieven. The Future of Humanity Institute¹⁴⁶ aan de universiteit van Oxford richt zich op het ontwikkelen van een veilige en heilzame AI, terwijl het AIAI¹⁴⁷ (Artificial Intelligence Applications Institute) aan de universiteit van Edinburgh de toepassing van AI-onderzoek bevordert ten behoeve van particuliere en overheidsklanten.

Frankrijk brengt al zijn onderzoeksinstituten in kaart in zijn 'France is AI'-programma¹⁴⁸. Frankrijks meest prominente instituut is het *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS)¹⁴⁹. Andere gerenommeerde instituten die AI-onderzoek voeren, zijn de universiteit Paris Saclay¹⁵⁰ en het nationaal instituut voor onderzoek in informatica en automatisatie (*Institut national de recherche en informatique et en automatique, Inria*)¹⁵¹. CNRS, Inria en Paris Sciences et Lettres (PSL) Universiteit¹⁵² hebben samen met particuliere bedrijven het PRAIRIE-instituut gelanceerd met als doel wereldleider op het vlak van AI te worden¹⁵³.

Nederland lanceerde in april 2018 zijn Innovation Centre for Artificial Intelligence (ICAI¹⁵⁴), gevestigd in het Amsterdam Science Park. ICAI richt zich op de gezamenlijke ontwikkeling van AI-technologie via industriële laboratoria. Het eerste project telt zeven doctorandi die via een samen met Ahold Delhaize opgezet industriëlab een sociaal verantwoorde 'recommender engine' willen maken, met het oog op transparantie en het beheer van de goederenstroom.

In **Finland** streeft het FCAI (*Finnish Centre for Artificial Intelligence*) naar maatschappelijke impact door oplossingen te genereren die een positief effect hebben op het welzijn van mensen en op de economie.

China bouwt een onderzoekscentrum in Peking om globaal leiderschap in AI-onderzoek te behalen¹⁵⁵. Peking University Law School heeft het Peking University Legal AI Lab and Research Institute opgericht, een juridisch AI-lab¹⁵⁶ dat zich toelegt op het verbeteren van het juridische ecosysteem met behulp van analyse, ontwikkeling en toepassing van AI. Tianjin University richtte het *Institute for Artificial Intelligence and Rule of Law*¹⁵⁷ op. Daarbij gaat de meeste aandacht uit naar het opleiden van toptalent voor een transparant en rechtvaardig rechtsstelsel, alsook naar het tot stand brengen van wetenschappelijke wetgeving.

In de **Verenigde Staten** voorzien veel universiteiten in AI-onderwijs en AI-onderzoek van topklasse. Er kunnen twee grote AI-assen worden onderscheiden¹⁵⁸. San Francisco Bay is de thuisbasis van toponderzoekuniversiteiten met Stanford Artificial Intelligence Laboratory¹⁵⁹, UC Berkeley Center for Human-Compatible AI¹⁶⁰, Berkeley Artificial Intelligence Research¹⁶¹ en de Artificial Intelligence Group in UC San Diego¹⁶². Aan de oostkust, in de regio New York-Boston, is er het MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab (CSAIL)¹⁶³, het Artificial Intelligence Research-initiatief (AIR) van Boston University¹⁶⁴ en Harvard¹⁶⁵.

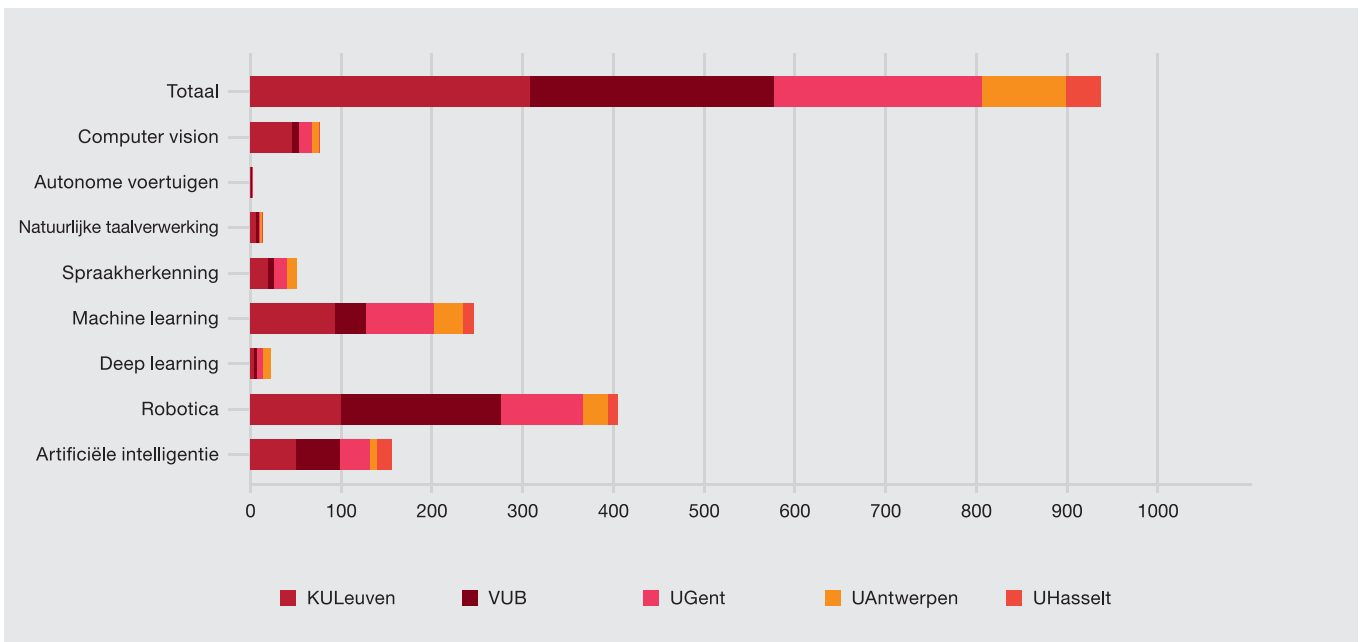
Volgens de '2017 Global AI Talent White Paper' van Tencent¹⁶⁶, zijn er ongeveer 39.000 (13,1%) Chinese AI-onderzoekers, en 78.000 Amerikaanse AI-onderzoekers, op ruwweg 300.000 wereldwijd. Hoewel China de grootste pool van STEM-studenten heeft, telt dat land minder onderzoekers, vooral doordat in de Verenigde Staten het onderwijs meer volgroeid is en het ecosysteem meer commercieel gericht is. De paper stelt dat slechts 25% van de Chinese onderzoekers meer dan 10 jaar ervaring heeft, vergeleken met bijna 50% in de Verenigde Staten¹⁶⁷. Vanwege de enorme investering van China in AI, verwachten we dat het slechts een kwestie van tijd is voor China om de Verenigde Staten in te halen.



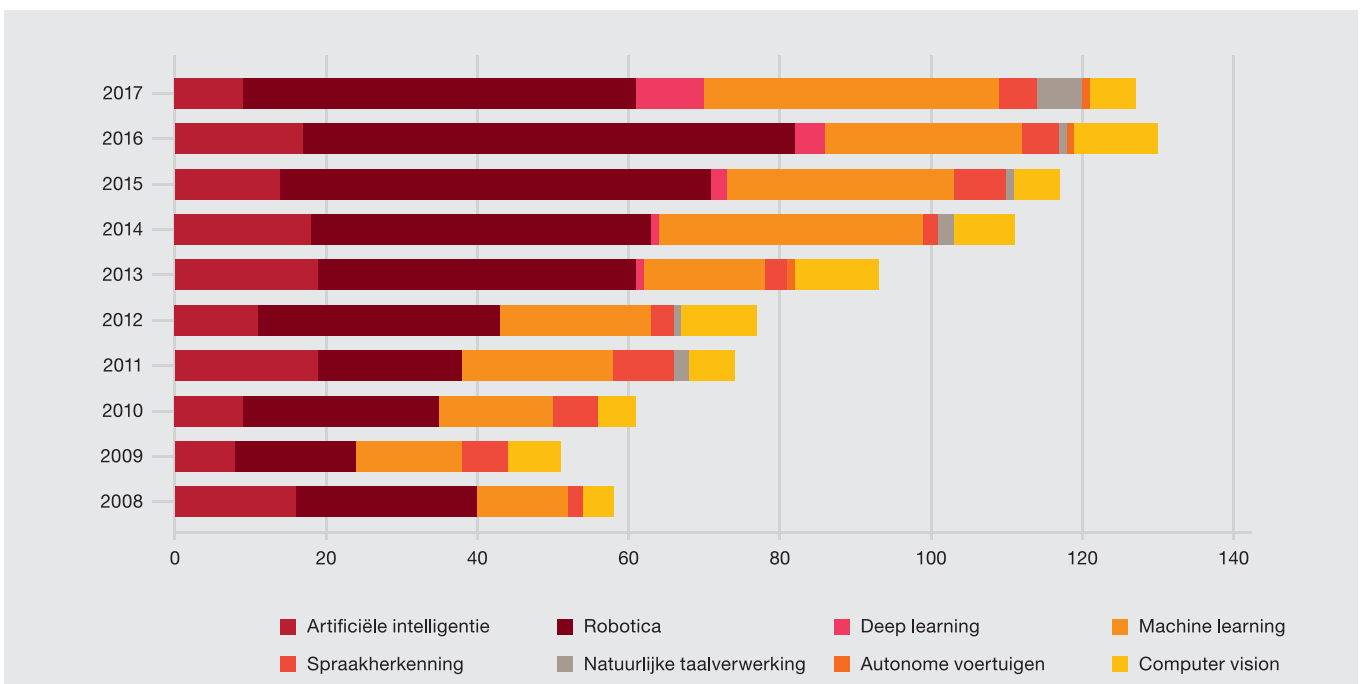
Wetenschappelijke publicaties

Het FRIS-onderzoeksportaal¹⁶⁸ geeft een overzicht van alle AI-gerelateerde publicaties in Vlaanderen vanaf 2008. Dit omvat echter niet de conferentie publicaties. Op basis van de tijdschriftartikels, kunnen de publicaties verder worden onderverdeeld op basis van de volgende thema's: AI, robotica, deep learning, machine learning, spraakherkenning, natuurlijke taalverwerking, autonome voertuigen en computer vision. *Afbeelding 6* en *Afbeelding 7* geven een overzicht van het aantal AI-gerelateerde tijdschriftartikels in Vlaanderen respectievelijk per universiteit en per jaar.

Het valt te beargumenteren om bepaalde zoektermen wel of niet op te nemen, of om AI ruimer te interpreteren. Elke wijziging in zoektermen zal daarom ook telkens andere resultaten geven, waardoor de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende universiteiten zal verschuiven.



Afbeelding 6:
Indicatief overzicht van het aantal AI-gerelateerde tijdschriftartikels in Vlaanderen per universiteit (FRIS-onderzoekspitaal)



Afbeelding 7:
Totaal (indicatief) aantal AI-gerelateerde tijdschriftartikels in Vlaanderen per jaar (FRIS-onderzoekspitaal)

Over de jaren heen zien we dat de meeste publicaties verband houden met robotica, machine learning en AI.

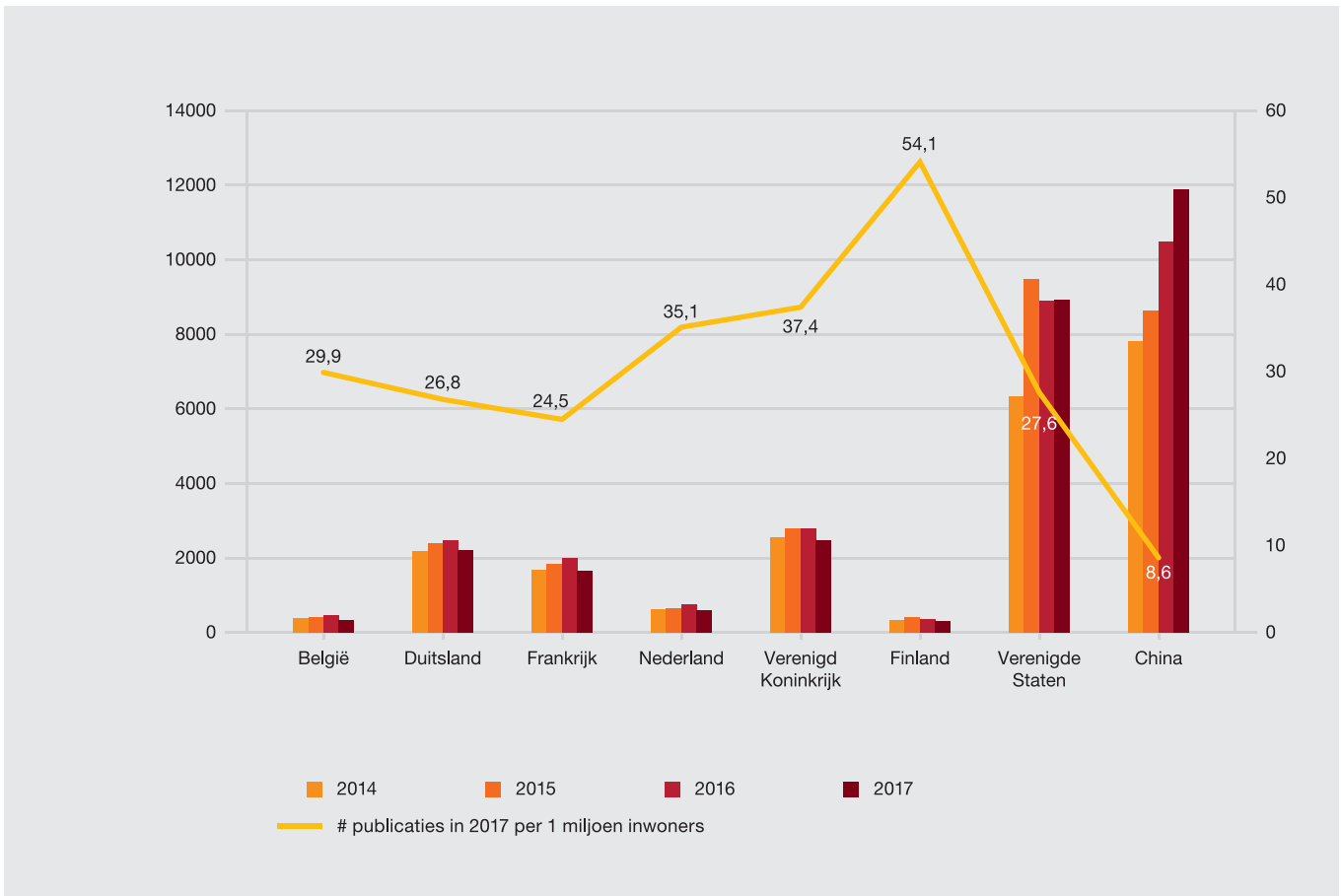
Wereldwijd wordt de expertise van Belgische universiteiten erkend.

We zien een gestage toename in AI-gerelateerde publicaties sinds 2005, wat duidt op een snelle toename aan kennis.

De onderstaande grafiek toont het jaarlijks aantal AI-papers en een relatieve publicatiemaat (vergeleken met het bevolkingsaantal) van SJR¹⁶⁹. Specifieke cijfers zijn er niet voor Vlaanderen, maar als

we de ratio van EWI toepassen voor het aantal wetenschappelijke publicaties in België en Vlaanderen¹⁷⁰, wordt de score voor Vlaanderen 37,0. Alleen Finland en het Verenigd Koninkrijk scoren beter.

Als we kijken naar de historiek binnen landen, dan stellen we in het algemeen een aanzienlijke toename van publicaties vast tot en met 2008; daarna blijft het aantal publicaties toenemen, zij het minder sterk.

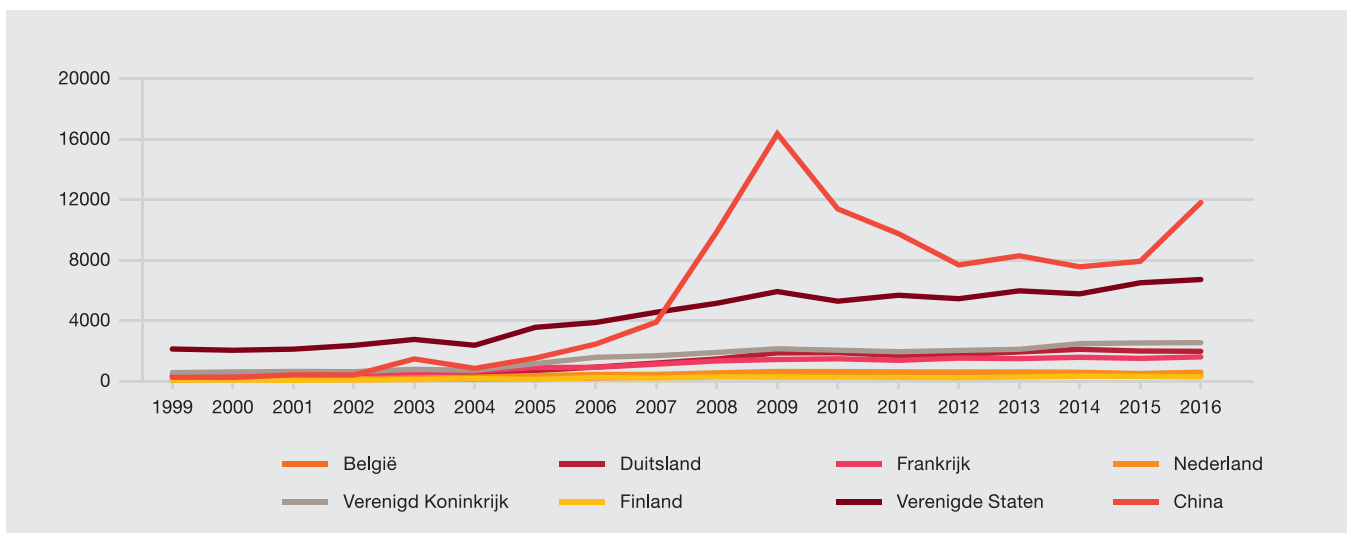


Afbeelding 8:
Wetenschappelijke publicaties in verband met AI per land

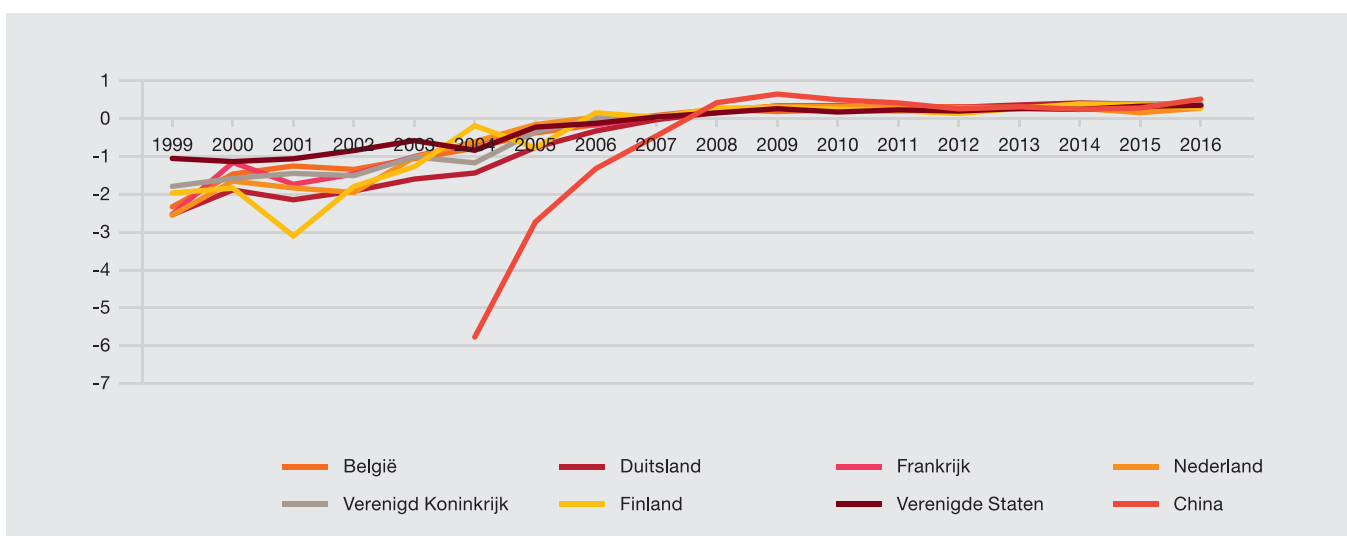
De groei van China in dit opzicht is spectaculair: in 2000 was het land niet eens te bespeuren op de AI-radar. In 2005 stond het al op de tweede plaats, om in 2008 met een ongelooflijk momentum een overtuigende eerste plaats in te nemen. Deze toename van publicaties speelde zich niet alleen af binnen AI maar maakt deel uit van een algemene trend in China, omdat men daar veel meer mensen is beginnen (hoog) opleiden (bachelors, masters en doctorandi).

De grootste toename van doctorandi deed zich voor in 2007, wat resulteerde in een golf van publicaties¹⁷¹. Deze trend wordt geschraagd door een centrale regering die bereid is om zwaar te investeren in wetenschap en technologie.

Om de trendlijnen tussen landen met elkaar te kunnen vergelijken, zijn de cijfers genormaliseerd (Afbeelding 10). Zo blijkt dat China bijgebend is en vanaf 2010 een gelijke trend volgt.



Afbeelding 9: Absoluut aantal AI-publicaties (Scimago Journal)



Afbeelding 10: Genormaliseerde trendlijnen voor AI-publicaties (Scimago Journal)

Octrooien

Veel AI-technologieën zijn van het ‘open source’-type en worden gedeeld door particulieren en bedrijven (bv. Tensorflow, de deep learning-software van Google, of R-software). Dit komt de ontwikkeling van kennis in het gebied van AI ten goede en versnelt bovendien ook de vooruitgang in het vakgebied¹⁷².

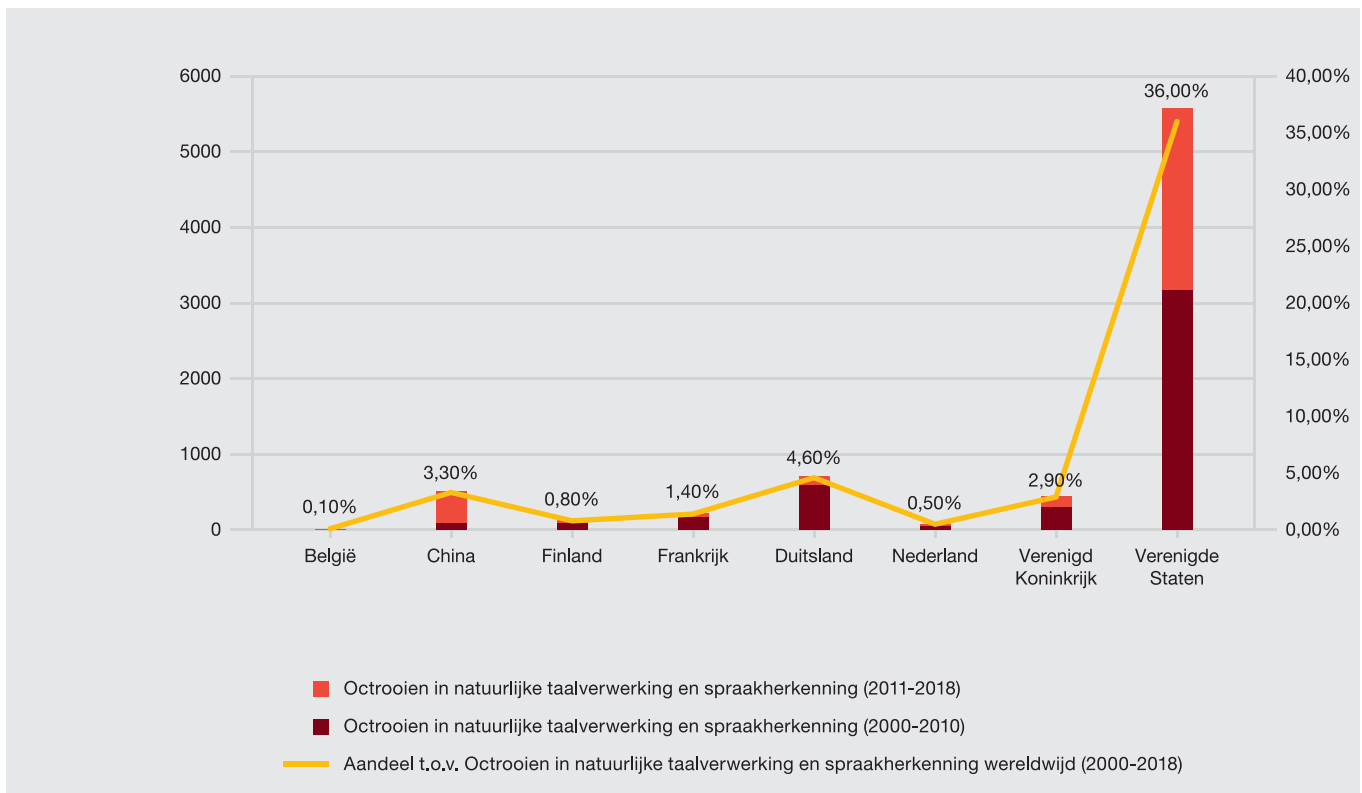
Het is belangrijk te weten dat ‘pure’ softwarepatenten in Europa nauwelijks bestaan. In de Verenigde Staten kan dit echter wel voorkomen. AI betreft in essentie gegevensverwerkende algoritmes. Algoritmes kunnen niet worden geïmplementeerd*. De patenten die er in AI-gerelateerde domeinen toch zijn, zijn meestal een combinatie van hardware en software.

De in dit rapport gehanteerde methode voor het verzamelen van octrooigegevens steunt op de functionaliteit ‘Google Patents search’. We gebruiken AI-gerelateerde zoekwoorden en de 10 meest prominente ‘Cooperative Patent

Classification’-codes (CPC)¹⁷³. Deze codes zijn ruim genoeg om alle potentiële AI-octrooien op te vangen en tegelijkertijd het gros van de niet-AI-technologieën te vermijden. Vervolgens raadplegen we de database van het EPO (European Patent Office)¹⁷⁴ om het aantal AI-octrooiaanvragen van de verschillende landen te analyseren.

Op basis van de geselecteerde CPC-codes (zie bijlage voor de top 10) blijken technologieën voor natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning de meest voorkomende octrooiaanvragen in het AI-domein te zijn. In deze studie worden ze dan ook als ‘use case’ toegelicht. Het op een analoge manier doorzoeken van de CPC-codes maakt het mogelijk de AI-octrooien voor de andere disciplines op te sporen. De onderstaande grafiek geeft het aantal octrooien voor natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning weer, uitgevonden per land. De periode 2000 - 2010 wordt vergeleken met de periode 2011 - 2018.

* ‘Computer-implemented inventions’ (CI) worden door octrooibureaus in verschillende regio’s ter wereld verschillend behandeld. In Europa sluit Artikel 52 van het Europees Octrooiverdrag (‘European Patent Convention’ of ‘EPC’) computerprogramma’s uit van octrooierbaarheid.



Afbeelding 11:
Octrooien voor natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning volgens het EPO

De meerderheid van de octrooien is in de Verenigde Staten aangevraagd. Samen met Duitsland, China en het Verenigd Koninkrijk hebben de Verenigde Staten vrijwel de helft van alle octrooien die op natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning betrekking hebben. Uit het bestuderen van de octrooien van Europese uitvinders blijkt echter duidelijk dat – hoewel de technologieën in de lift zitten – zich de afgelopen 8 jaar geen opvallende stijging ten opzichte van 2000-2010 heeft voorgedaan. Het aantal AI-octrooien in China neemt wel toe en weerspiegelt opnieuw de in dat land toegenomen interesse, ontwikkeling en investeringen¹⁷⁵.

De Wuzhen index¹⁷⁶ stelt in het *'Global Artificial Intelligence Development Report 2017'* dat China momenteel 15.745 AI-octrooien heeft, terwijl de Verenigde Staten er 26.891 hebben. Samen vertegenwoordigen deze twee landen 55% van alle AI-octrooien wereldwijd.

Volgens de EPO-studie *'Patents and the Fourth Industrial Revolution'*¹⁷⁷ van 2017 kan de impact van AI in sectoren worden gemeten aan de hand van het aantal octrooien. Van zeven opkomende technologieën heeft in 2010-2016 AI het op een na hoogste groeipercentage (43%) (na 3D-systemen, goed voor 56%).

Meer dan 40% van alle AI-octrooien heeft betrekking op bedrijfstoepassingen (meestal voor betere gegevensvisualisatie en automatisering van klantenservice en cognitieve taken). Meer dan een kwart van de AI-octrooien is gekoppeld aan productietoepassingen (hoofdzakelijk virtuele fabrieken en real-time besluitvorming). De overige betreffen voornamelijk voertuigen (20%) of infrastructuur (20%), bijvoorbeeld 'real-time' reacties op weersomstandigheden of wijzigingen in het energieverbruik.

Aanbevelingen voor onderzoek

Het organiseren van coördinatie en een nauwe samenwerking met betrekking tot AI in Vlaanderen wordt sterk aanbevolen. Er bestaat een consensus over het feit dat een gefragmenteerd onderzoekslandschap waar onderzoeksorganisaties met elkaar om financiering wedijveren niet bevorderlijk is voor de groei van het AI-onderzoek in Vlaanderen in een internationale context die sowieso al door intense concurrentie gekenmerkt wordt. Het is uiterst belangrijk om alle stakeholders bij het besluitvormingsproces en de organisatie van dergelijke coördinatie te betrekken.

De doelstellingen dienen de volgende elementen te bestrijken:

- medezeggenschap aangaande strategische onderzoeksprioriteiten voor Vlaanderen op basis van de nationale, regionale en Europese agenda's;
- een betere aansluiting tussen onderzoek en de noden van bedrijven;
- stimulering van samenwerking en ondernemersinitiatieven tussen universiteiten, hogescholen en onderzoeksinstituten;
- bevordering van de toegang tot gedeelde middelen, zoals met AI uitgeruste laboratoria of hoogperformante computerhardware;
- mogelijkheid om de visies van de AI-onderzoeksgemeenschap op de politieke agenda te plaatsen;
- hefboomwerking voor het aanwezige talent en de opgebouwde expertise.

Door aanmoediging van samenwerking wordt het netwerk versterkt, wat een positieve impact heeft op het Vlaamse onderzoekslandschap, in termen van kwaliteit zowel als kwantiteit, voor de onderzoeksresultaten, wetenschappelijke publicaties en octrooien – in de veronderstelling dat deze prioritair zijn voor de onderzoekscentra, labo's en ondernemingen. Een goed governance-model zal succesvol zijn als en alleen als alle stakeholders betrokken zijn (bedrijven, academici, onderzoekscentra, laboratoria, enz.).

We bevelen de Vlaamse universiteiten en onderzoekscentra aan zich aan te sluiten bij ELLIS en CLAIRE om zo de verbondenheid met heel Europa te intensiveren.

Het is belangrijk onderzoekers een langetermijnperspectief te bieden met financiering en infrastructuur. Een specifiek AI-comité binnen het FWO kan deze financieringsprocedures versterken. De huidige methodes die AI-onderzoekers gebruiken om hun kennis te verspreiden, zoals publicaties op gereputeerde internationale conferenties, dienen mee opgenomen te worden als criteria voor het toekennen van financiering. Een lijst van impactrijke conferenties kan in samenspraak met de AI-onderzoekers worden overeenkomen. Vaste aanstellingen en leerstoelen kunnen postdoctoraal onderzoekers meer loopbaanzekerheid geven, waardoor Vlaanderen ook langer de voordelen van de kennis en het talent kan genieten.

Onderzoekers en onderzoeksinstituten hebben baat bij ondersteuning om hun prestaties en doorbraken met het grote publiek te kunnen delen, zowel in Vlaanderen als ver daarbuiten.

Het is ook belangrijk om te kijken naar de individuele talenten die doorbraken realiseren. Zoals België traditioneel in wisselende olympische disciplines toptalent voortbrengt, is dit ook het geval in het academisch veld. Het blijft noodzakelijk deze talenten in hun specifieke disciplines te herkennen en te erkennen. Natuurlijk verhoogt een vruchtbare voedingsbodem de kans dat zulke talenten zich kunnen ontwikkelen en naar voren komen (bottom-up approach).

Kijkend naar de nabije toekomst van AI-onderzoek, beschouwen we de volgende gebieden van AI-onderzoek als bijzonder relevant:

1. Natuurlijke taalverwerking en spraakherkenning voor Vlaams Nederlands, waarmee wordt bijgedragen aan het Europese taalnetwerk, dat de Europese Commissie promoot als onderdeel van Horizon 2020.
2. Uitlegbare, begrijpelijke en ethisch correcte AI: Er is een behoefte bij de eindgebruikers om op een of andere manier te begrijpen hoe een algoritme werkt, zodat men een idee heeft of men op de uitkomst kan vertrouwen. Dit heeft meer te maken met een goed nadenken over wat men een algoritme wil aanleren dan met het algoritme zelf. Zo is het wenselijk te vermijden dat AI oneerlijk of onethisch of exclusief is maar ervoor te zorgen dat AI door zelfregulatie meer is afgestemd op politieke correctheid en moraliteit in afwachting van mogelijke regelgeving.
3. Computer vision en beeldtechnologie. De behoefte en mogelijkheden om aan beeldverwerking te doen nemen sterk toe.
4. ‘(Deep) learning’ modellen die minder gegevens vereisen, omdat in sommige gevallen grote hoeveelheden gegevens (nog) niet bestaan of de kwaliteit suboptimaal is, waardoor slechts een klein deel ervan bruikbaar is. Doorbraken op dit gebied (vb. fusie van semantics en learning) zullen de volgende AI-golf ondersteunen. Deze trend vloeit voort uit de huidige beperkte beschikbaarheid van en nood aan enorme hoeveelheden gegevens die nodig zijn om performante neurale netwerken te bouwen.

5. Generatieve modellen: Dit type van algoritmes zal de mogelijkheid hebben om eventueel te extrapoleren en interpoleren op basis van de eigen training-dataset.
6. ‘Reinforcement learning’: Deze algoritmes werken met een belonings-/ bestraffingsparadigma (trial & error) om het leerproces van het algoritme te laten plaatsvinden.
7. Ontwikkeling van AI-gerichte hardware: Hierbij kunnen we gebruik maken van de kennis en kunde van imec op het gebied van nano-elektronica en de ‘super computing’-diensten van VSC¹⁷⁸.
8. De Vlaamse sterktes van kennisgedreven AI te versterken en te pogen deze met de datagedreven AI te combineren.

Onderzoek dient de leidende positie van Vlaanderen uit te bouwen, maar moet ook vraaggedreven worden ingericht en kan hierdoor geen enkel domein uitsluiten.

Naast puur (fundamenteel) AI-onderzoek is het ook raadzaam cross-disciplinair onderzoek waarbij AI wordt gecombineerd met andere opkomende technologieën, zoals cybersecurity, IoT, AR en VR, robotica, enz. aan te moedigen en te ondersteunen op eenzelfde manier (financieel, onderzoeksteun). Evenzo moet multidisciplinair onderzoek met andere wetenschappelijke disciplines verder worden aangemoedigd, van geneeskunde, biologie en techniek tot wetgeving, operationeel onderzoek, politieke wetenschappen en sociologie (niet het minst als het om AI ten goede en de ethiek van AI gaat). Gezien de historische banden die België met de farmaceutische markt heeft, kan Vlaanderen bijvoorbeeld de kansen benutten die AI in de sector kan bieden door voldoende AI-specifieke cursussen op bachelor- of masterniveau aan te bieden. Een gerichte stimuli richting AI in de gezondheidszorg en HealthTech zijn een goede optie.

Publiek-private samenwerking tussen onderzoek, industrie en overheid

Het Smart Flanders Program¹⁷⁹ van de Vlaamse overheid heeft aan imec een projectsubsidie van €1 miljoen toegekend voor het ontwikkelen van IoT-toepassingen in de context van slimme steden. Dit is een voorbeeld van steun voor cross-disciplinaire toepassingen waar AI een rol in speelt. Het programma ondersteunt 13 centrumsteden en Brussel met het oog op de ontwikkeling van slimme steden¹⁸⁰.

City of Things¹⁸¹ is een project dat door Vlaanderen, Antwerpen en imec gelanceerd is. Vlaanderen plant een jaarlijkse investering van €4 miljoen in het project, naast de investering van €600.000, van 2017 tot 2019, door Antwerpen. Dit project heeft tot doel de stad te gebruiken als een levend laboratorium waar onderzoekers, bedrijven, bewoners en lokale autoriteiten kunnen experimenteren met slimme technologieën.

Flanders Make heeft twee soorten samenwerking. De eerste, 'strategisch basisonderzoek', omvat een samenwerking met universiteiten, gefinancierd door een dotatie van de Vlaamse overheid. De tweede omvat de Icon-projecten, met een vorm van publiek-private samenwerking tussen universiteiten en industrieën. Voor grote budgetsubsidies moet eenzelfde bedrag aan investeringsgeld van de bedrijven zelf komen. Vlaanderen (Informatie Vlaanderen) bevestigt met dit AI-programma meer expertise en ervaring te willen opbouwen via zulke publiek-private ecosystemen¹⁸².

Startups.be¹⁸³, de "One stop shop voor Belgische tech ondernemers met een wereldwijde ambitie", is een 'matchmaker' en facilitator tussen startups en overheid.

Het Vlaams Supercomputer Centrum (VSC)¹⁸⁴ wordt hoofdzakelijk door universiteiten (78%) en de vier onderzoekscentra (15%) gebruikt. Een onderdeel van zijn missie is de eigen capaciteiten (berekeningen, opslag en cloud) ook ter beschikking te stellen van bedrijven. De vraag van de industrie groeit langzaam (momenteel 2% van het gebruik). VSC zelf tracht continu het gebruiksgemak van zijn diensten te vereenvoudigen, en organiseert naar de bedrijven toe begin volgend jaar een vak machine learning. VSC kan de nodige rekenkracht voor AI ter beschikking stellen, met als bijkomend voordeel dat zijn servers ook fysiek in Vlaanderen staan. Daarnaast overweegt Vlaanderen ook een participatie in het Europese Supercomputing Initiatief.¹⁸⁵

Huidige situatie in de geselecteerde landen

Duitsland heeft verschillende initiatieven voor publiek-private samenwerking (PPS) gelanceerd, met de nadruk op AI. DFKI en Cyber Valley, vermeld in het deel 'Onderzoek', vormen ook een publiek-private samenwerking (PPS) tussen universiteiten, bedrijven en overheidsinstanties.



In **Nederland** is ICAI¹⁸⁶ de nieuwe PPS tussen de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit Amsterdam, particuliere bedrijven en de overheid. De gemeente Amsterdam heeft 4 miljoen euro geïnvesteerd om zich te concentreren op de gezamenlijke ontwikkeling van AI-technologie via industriële laboratoria.

Het **Britse** overheidsprogramma 'Innovate UK' ondersteunt 'Digital Catapult'¹⁸⁷. Dit is een Brits netwerk van meerdere stakeholders op het vlak van digitale en fysieke faciliteiten en clusters, gericht op het stimuleren van lokale innovatie en het versterken van lokale stakeholders om wereldleiders te worden. CAP-AI, een van hun projecten dat door het *European Regional Development Fund* wordt gefinancierd, levert programma's zoals 'Machine Intelligence Garage'¹⁸⁸, waarmee bedrijven toegang tot de nodige infrastructuur krijgen om oplossingen op het gebied van machine learning en AI te ontwikkelen en bouwen.

Frankrijk kent talrijke PPS-initiatieven. Een samenwerkingsverband tussen de startup Owkin en het openbare onderzoeksinstituut Inserm maakt het mogelijk nieuwe geneesmiddelen te ontwikkelen met behulp van machine learning. PRAIRIE (*PaRis Artificial Intelligence Research Institute*) is een gezamenlijk initiatief van enerzijds de openbare CNRS, Inria en PSL-universiteiten en anderzijds de bedrijfswereld. De deelnemers verrichten fundamenteel AI-onderzoek, ontwikkelen concrete oplossingen en voorzien in opleidingen.

Het FCAI¹⁸⁹ (*Finnish Centre for Artificial Intelligence*)¹⁹⁰ is een **Fins** samenwerkingsverband tussen Aalto, de universiteit van Helsinki, meer dan 15 bedrijven en de publieke sector.

Op Europees niveau is een PPS¹⁹¹ in robotica gestart. Dit project maakt deel uit van het 'Horizon 2020'-programma van de Europese Commissie en brengt academici, industrieën, onderzoeksinstituten en de Europese Commissie bij elkaar om een gemeenschappelijke roadmap voor robotica in Europa te ontwikkelen en de middelen te vinden om die roadmap met publieke steun te kunnen realiseren.

Volgens PwC China bouwt China zijn slimme steden via publiek-private samenwerkingsverbanden. Eind september 2016 waren er volgens het ministerie van Financiën¹⁹² 71 projecten voor slimme stedelijke

industrie gestart met een totale investering van 56,5 miljard yuan, goed voor ongeveer 0,7% van het totale aantal gefinancierde projecten (~ 7 miljard euro). PPS is in China het gangbare model voor het bouwen van slimme steden.

In de **Verenigde Staten** brengt DARPA¹⁹³ (*Defense Advanced Research Projects Agency*) academici, bedrijven en overheden samen om te investeren in baanbrekende technologieën voor de nationale veiligheid. In dit kader lopen er verschillende AI-programma's¹⁶⁵ rond vertalen met behulp van natuurlijke taalverwerking, deep learning, ondersteuning van soldaten om samen te werken met AI-systemen en -machines ('Explainable AI (XAI) programme'), cybersecurity met deep learning, enz. Hun 'Spectrum Collaboration Challenge' (SC2) is een voorbeeld van een wereldwijde machine-learning competitie¹⁹⁵.

Aanbevelingen omtrent publiek-private samenwerking

Publiek-private samenwerkingsverbanden zijn vaak van onschatbare waarde geweest voor het ontwikkelen van technologische doorbraken. België en Vlaanderen hebben het belang ervan begrepen.

Rekening houdend met de bestaande structuren en infrastructuren in Vlaanderen is het raadzaam de huidige bestaande investeringen in publiek-private partnerships te versterken, zoals voor biologie, productie en slimme steden. Het bevorderen van onderzoek gericht op het oplossen van specifieke Vlaamse AI-noden is het tweede luik waar PPS erg kan baten, zoals het voorbeeld om een Vlaams-Nederlandse versie voor spraaktechnologie-toepassingen te ontwikkelen. Op AI gebaseerde oplossingen voor Industry 4.0 komen eveneens de Vlaamse onderzoeks- en productiegemeenschappen ten goede.

Nog meer inspiratie kan worden gehaald uit het Cyber Valley PPS in Duitsland, waar de industrie en academici worden samengebracht voor onderzoek aangaande toegepaste AI, of uit het ICAI-initiatief in Nederland, waar het eerste project zich richt op sociaal verantwoorde algoritmes en transparante AI-technologieën.

Het Britse model van 'Digital Catapult', waarbij de overheid de katalysator is voor een gedecentraliseerde manier van netwerken, is een heel interessant model om van te leren of zelfs om te kopiëren.

Het gebruik van artificiële intelligentie in het bedrijfsleven

Arbeidsmarkt (bestaande banen en vacatures)

De AI-boom wordt ook opgemerkt op de arbeidsmarkt. Een recente studie van Gartner¹⁹⁶ heeft aangetoond dat er tegen 2020 door AI 2,3 miljoen jobs worden gecreëerd terwijl er 1,8 miljoen zullen worden vervangen. Verschillende hoogopgeleide- en managementfuncties kunnen door AI worden opengesteld, terwijl wordt verwacht dat het merendeel van de jobs die verloren gaan zich op de lagere niveaus zal bevinden.

Hierbij is het interessant om, naast de impact van AI op de arbeidsmarkt, te kijken naar het hiermee samenhangende onderwerp van de impact door automatisatie. Uit een studie uitgevoerd door McKinsey, 'Shaping the future of work in Europe's digital front runners in 2017' genaamd¹⁹⁷, blijkt dat deze nieuwe automatisatiegolf met zekerheid jobs zal vervangen, maar dat deze 'eliminatie' zal worden gecompenseerd door het ontstaan van meer nieuwe jobs in alle negen landen die digitale koplopers zijn van Noord-Europa. België, Nederland en Finland zijn geïdentificeerd als digitale koplopers met een uitstekende positie om automatisatie te exploiteren. Er wordt verwacht dat het aantal jobs zal stijgen met 1% in België, 2% in Nederland en 1% in Finland.

Vlaanderen is gekend als kennismaatschappij met hedendaags AI-talent. Dit kan afgeleid worden uit de vraag die het aanbod overstijgt. Volgens experts vertrekken veel AI-professionals uit Vlaanderen richting grote bedrijven en AI-hubs wereldwijd. Tegelijkertijd komen veel nieuwe personen van over de hele wereld in labo's in Vlaanderen werken. Dit sluit aan bij een bredere wereldwijde trend¹⁹⁸.

De meeste Vlaamse bedrijfstukken zijn nog maar net aan het ontdekken wat AI hun te bieden heeft. Ze beginnen het belang en de mogelijkheden van AI te snappen, al zijn de meeste onder hen nog niet toe aan het integreren van AI in hun eigen

bedrijfsprocessen. Bedrijven nemen contact op met Flanders Make of andere bedrijven die AI als dienst aanbieden. Flanders Make maakt de assumptie dat na enkele projecten een integratie in bedrijfsprocessen zal plaatsvinden. Het huidige aanbod wordt voldoende geacht, maar verwacht wordt dat de vraag veel sneller zal groeien dan het aanbod op korte termijn.

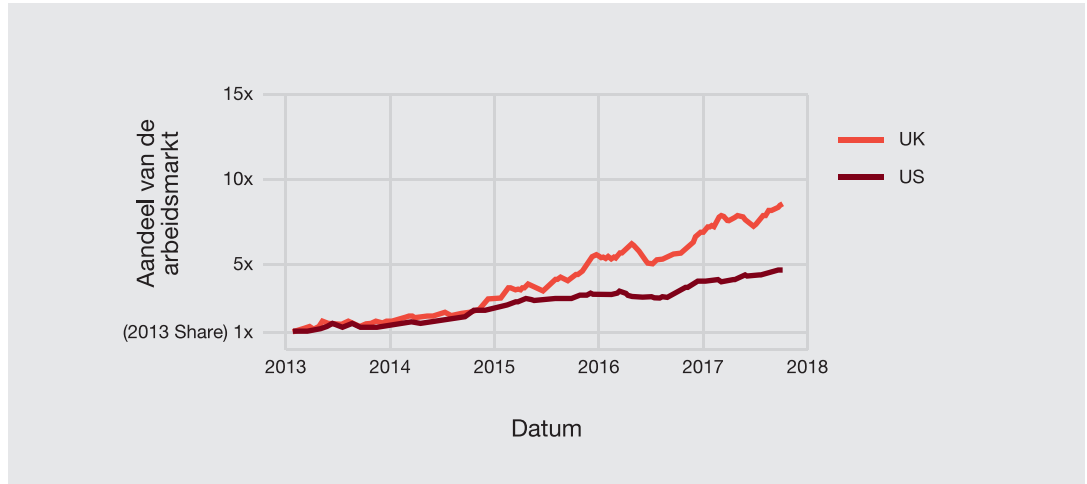
Huidige situatie in de geselecteerde landen

Over de hele wereld vechten bedrijven voor talenten op het gebied van AI¹⁹⁹ waardoor de concurrentie en salarissen naar een hoger niveau worden gedreven. Een studie die in 2018 door Indeed is uitgevoerd, toont aan dat de verhouding van AI-vacatures meer dan verdubbeld is van 2015 (~500 AI-jobaanbiedingen/1 miljoen jobaanbiedingen) tot 2018 (~1.000 AI-jobaanbiedingen/1 miljoen jobaanbiedingen). Op dezelfde manier is ook de ratio van AI job-zoekopdrachten bijna verdubbeld, van ongeveer 200 AI job-zoekopdrachten per miljoen zoekopdrachten in 2015 tot ongeveer 400 in 2018. Proportioneel gezien is 400 AI-gerelateerde zoekopdrachten per miljoen zoekopdrachten vrij weinig vergeleken met de 1.000 AI-gerelateerde jobaanbiedingen per miljoen aanbiedingen. Dit kan worden gezien als een eerste teken van het tekort aan AI-talenten of het gebrek aan interesse in AI bij kandidaten op de arbeidsmarkt.

In het rapport '2018 PwC AI Predictions'²⁰⁰ wordt opgemerkt dat van de jobs die datawetenschappen en analytische vaardigheden vereisen, 67% in andere domeinen dan AI voorkomt, wat de disciplinaire overschrijding van de technologie bevestigt.

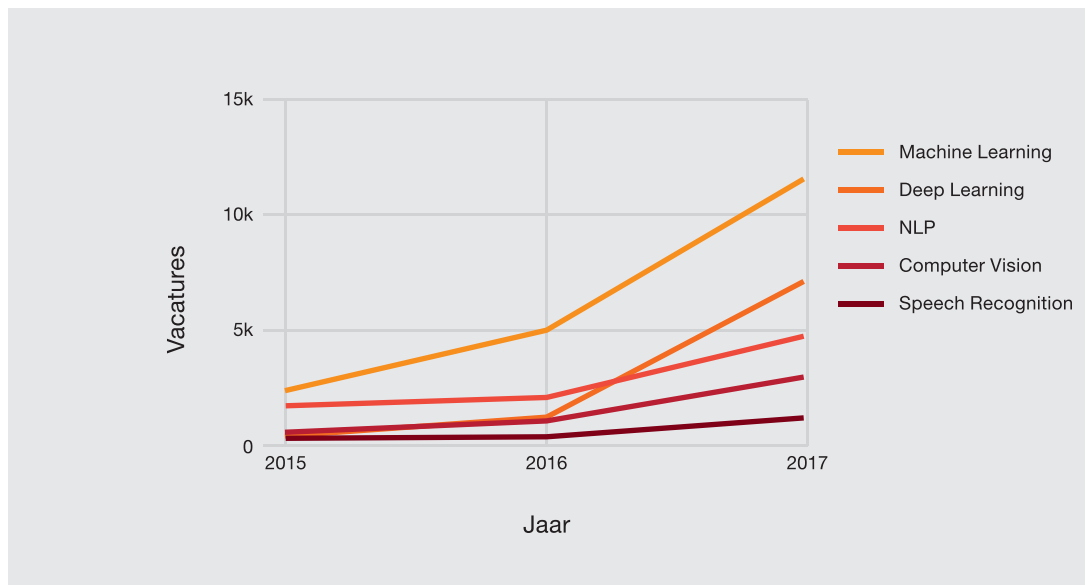
In het Verenigd Koninkrijk is de vraag naar AI gedurende de laatste drie jaar verdrievoudigd. Ondanks een stijging in de AI-job-zoekopdrachten zijn er nog steeds zes keer minder sollicitanten in vergelijking met het aantal vacatures²⁰¹.

Op basis van een onderzoek van de Universiteit van Stanford²⁰² merkte Indeed.com op dat in de Verenigde Staten het gedeelte AI-jobs 4,5 keer was toegenomen sinds 2013, terwijl de impact voor het Verenigd Koninkrijk zelfs nog groter was (8 keer).



Afbeelding 12:
Aandeel van AI op de arbeidsmarkt, University of Stanford

Volgens een analyse van Monster.com (genoemd in hetzelfde rapport) zijn de vaardigheden “machine learning”, “deep learning” en “natural language processing” wereldwijd het meest prominent aanwezig in AI-vacatures op het platform.



Afbeelding 13:
Evolutie van het aantal AI-vacatures, University of Stanford

Het 'Global AI Talent Report 2018'²⁰³ maakte de berekening dat er ongeveer 22.000 AI-experts over de hele wereld zijn. De grootste concentratie van experts in deep learning en machine learning en conferentiepresentatoren is te vinden in Noord-Amerika en Europa.

De studie is gebaseerd op een reeks filters om AI-experten te identificeren:

- die vóór 2015 een doctoraat hebben uitgereikt gekregen;
- met meerdere jaren werkervaring;
- met een vermelding van een van de volgende termen: "deep learning", "artificial neural networks", "machine learning", "computer vision", "natural language processing" of "robotics";
- die een goed begrip hebben van Python, Tensorflow of Theano, om er zeker van te zijn dat ze enige ervaring hebben met het ontwikkelen van toepassingen uit de echte wereld, enz.

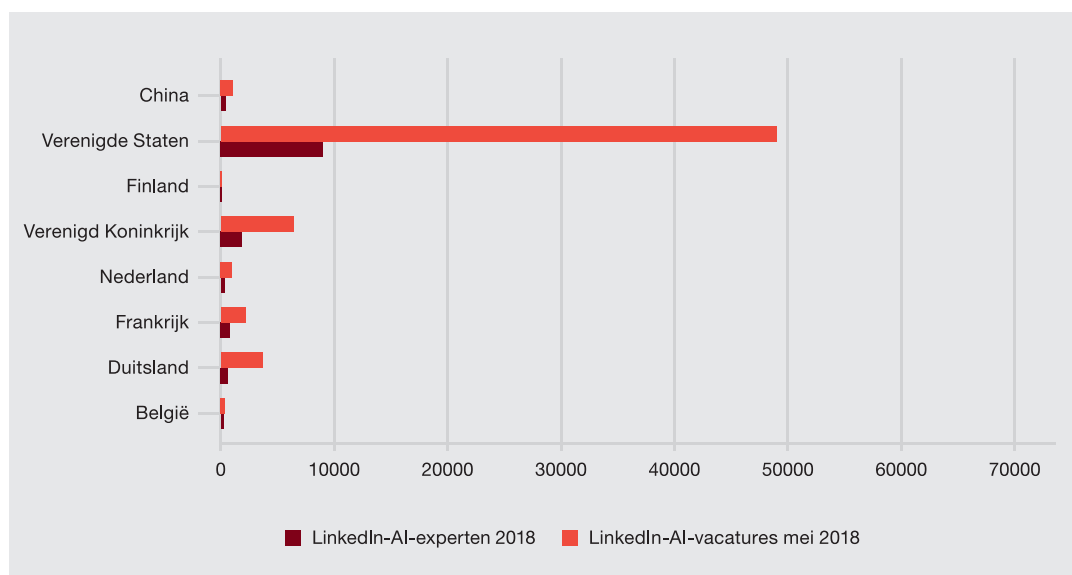
De opstellers van de studie hebben ook een lijst samengesteld met presentatoren van een hoog niveau die papers hebben gepubliceerd voor de grootste AI-conferenties, waarbij ze zich vooral richten op:

- de Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS);
- de International Machine Learning Society Conference (ICML);
- de International Conference on Learning Representations (ICLR).

Op basis van deze studie kunnen we verschillende elementen waarnemen:

- Rekening houdend met de presentatoren met een hoog niveau, staan Finland, de Verenigde Staten en België bovenaan. Volgens de beroepsbevolking per land nemen Finland (16) en de Verenigde Staten (15) het voortouw, terwijl België de derde plaats inneemt (10).
- In termen van de verhouding van LinkedIn AI-expertprofielen in vergelijking met de beroepsbevolking in het land scoort België een derde plaats met een ratio van 50, achter het Verenigd Koninkrijk (60) en Finland (60).
- De genormaliseerde score voor vacatures op LinkedIn geeft een goed overzicht van de huidige behoefte aan AI-experten in vergelijking met de beschikbare beroepsbevolking. De Verenigde Staten (237) en het Verenigd Koninkrijk (206) nemen duidelijk de leiding op de ranglijst, wat een grote onvervulde behoefte aan AI-experten aantoont. België staat op de 5e plaats, voor Frankrijk en Finland.

Uit de grafiek blijkt duidelijk dat België een degelijke concurrentiepositie heeft als het over internationale talenten en experts gaat. In vergelijking met andere landen waar de behoefte aan AI-experten groot is, is België goed gepositioneerd. Dit kan worden verklaard door een laag niveau van AI-ontwikkeling en AI-maturiteit binnen Belgische ondernemingen (en dus minder behoefte aan experts).



* De Chinese cijfers zijn mogelijk niet volledig representatief omdat er een Chinese versie van LinkedIn, 'Lingying' genaamd, bestaat²⁰⁴.

Afbeelding 14:
LinkedIn-indicatoren voor jobaanbiedingen en de vraag naar jobs op het vlak van AI

Voor elk land behalve Finland is het aantal AI-vacatures groter dan het aantal AI-experten. Voor een aantal van deze experts die in dienst zijn, zijn wij van mening dat de kloof tussen de beschikbare AI-experten op de arbeidsmarkt en de vacatures zelfs breder is. Het bepalen van een oorzakelijk verband is een complexe taak. Men zou deze kloof kunnen verklaren door te stellen dat AI sneller door de organisatiemarkt wordt aanvaard dan dat het onderwijs zich aanpast om de nodige AI-programma's aan te bieden.

Als we het aantal vacatures tegenover de beroepsbevolking normaliseren, stellen we vast dat de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk en Nederland de landen zijn waar het proportionele aantal AI-vacatures groot is.

Als het gaat om het creëren van banen, heeft een tech-expert vastgesteld dat Europese AI-scale-ups 9.977 banen hebben gecreëerd in 2016 en 17.800 in 2017, een stijging van bijna 100% in 2 jaar tijd, wat wijst op een groeiende behoefte aan AI-talenten binnen deze bedrijven.²⁰⁵

Aanbeveling voor de arbeidsmarkt

Vlaanderen is goed gepositioneerd ten opzichte van andere landen in termen van relatieve aantallen AI-experten. Vlaanderen zou echter niet stil moeten blijven zitten: AI zit in de overgangsfase van 'early adopters' naar een algemeen breder gebruik, waardoor een groeiende vraag naar AI-talent ontstaat waarvan niet wordt verwacht dat het door het aanbod zal worden geëvenaard. Er is een toegenomen behoefte om meer talent met multidisciplinaire achtergronden op te leiden om aan de stijgende vraag te voldoen. Men mag niet twijfelen over het aanbieden van financiële middelen en opleidingsprogramma's voor de bijscholing en herplaatsing van de beroepsbevolking.

Publieke bedrijven voor werkgelegenheid kunnen hier een bijdrage leveren. De VDAB kan bijvoorbeeld zijn huidige aanbod uitbreiden en zelfs programmeercursussen aanbieden, met meer gespecialiseerde cursussen of opleidingsprogramma's in AI. Universiteiten kunnen voor een breed publiek (aangesloten) zomerscholen en workshops aanbieden.

Veel bedrijven bieden hun werknemers interne opleidingen aan om zich aan te passen aan de veranderende behoeften van de markt. Ze moeten worden aangemoedigd om dit te blijven doen.

De overheid en de organisatiemarkt moeten ook samenwerken, enerzijds aan middelen voor AI-talentbehoud in Vlaanderen, anderzijds aan maatregelen ter ondersteuning van mensen wier baan zal worden vervangen door AI, waardoor een net wordt gespannen voor sociale bescherming. Dit zal AI-talenten helpen om op de arbeidsmarkt te blijven of deze opnieuw te betreden.

Ondernemingen

AI kan een groot aantal nieuwe kansen bieden in verschillende sectoren. Het is belangrijk op te merken dat elk land zijn eigen sterke punten per markt heeft en dat de ingang die AI vindt daarvan afhangt. Op mondiaal niveau zien we een snellere AI-aanvaarding bij bedrijven die op de internationale markt concurreren, onder meer in de sectoren financiële diensten, telecom, farmaceutica, retail, media en entertainment, en technologie. KMO's zijn begonnen met het verkennen van AI-applicaties, maar ze zijn nog maar net hun allereerste stappen aan het zetten.

Volgens PwC's '2017 Global CEO Pulse Survey'²⁰⁶ is de verdeling gelijk tussen CEO's die AI reeds gebruiken (24%), AI evalueren (28%), AI kennen (27%) en AI niet als een prioriteit beschouwen (21%). PwC's '2017 Global Digital IQ Survey'²⁰⁷ liet zien dat meer dan 60% van de geïnterviewde IT- en bedrijfsleiders tegen 2020 in AI wil investeren. Van alle oplossingen die door AI aangestuurd worden en die de grootst mogelijke impact op hun bedrijf hebben, hebben respondenten op de bevraging in het kader van het '2017 Report of the Consumer Intelligence Series, Bot. Me' als volgt geantwoord: een revolutionaire samenwerking²⁰⁸ met respectievelijk geselecteerde virtuele persoonlijke assistenten (31%), geautomatiseerde data-analisten (29%) en geautomatiseerde communicatie zoals e-mails en chatbots (28%) staat in hun top 3, terwijl robottechnologie (19%) en machine learning (16%) achteraan op hun lijstje bengelen.

De “PwC 2017 Sizing the Price study”²⁰⁹ onthult de potentiële impact van AI in verschillende sectoren, met gezondheidszorg, automobielsector en de financiële diensten als top 3. De belangrijkste ‘use cases’ betreffen:

- **Gezondheidszorg:** ondersteuning van diagnose door variaties in patiëntgegevens te detecteren; vroege identificatie van potentiële pandemieën; diagnostische beeldvorming.
- **Automotive:** autonome besturing van carpooling; semiautonome functies zoals rijhulp; bewaking van de functies van de motor en voorspellend, autonoom onderhoud.
- **Financiële diensten** gepersonaliseerde financiële planning; opsporing van fraude en tegengaan van witwaspraktijken met betrekking tot geld; automatisering van (inter)actie met en voor de klant.

De Vlaamse industrie heeft AI-integratie op de Industry 4.0-agenda geplaatst. Industry 4.0 is een initiatief dat aanvankelijk werd gelanceerd door de Duitse overheid en intussen wereldwijd is gegroeid. Het richt zich op de digitalisering van de industriële sector. In een studie uitgevoerd door PwC samen met Flanders Make, ‘*Industry 4.0: hype or reality?*’ genaamd, hebben leiders van toonaangevende industriële bedrijven in Vlaanderen slimme sensoren (83%), big-data-analyse (70%) evenals robotisering en automatisering (70%) geselecteerd als belangrijkste technologieën die waarschijnlijk de productie zullen verbeteren, terwijl 43% van deze leiders gelooft dat AI dat zal doen²¹⁰. Als het gaat om het benutten van het potentieel van gegevens, is hun grootste zorg de vereiste competenties aantrekken; experts die enorme hoeveelheden gegevens kunnen omzetten in waardevolle inzichten, relevante en irrelevante gegevens kunnen onderscheiden, en overweg kunnen met gegevensmanipulatie en geavanceerde algoritmes. Slimme fabrieken zijn een voorbeeld van door AI aangestuurde productie. Sensoren in de fabriek verzamelen gegevens en geven die aan intelligente robots door zodat die ervan kunnen leren om de automatisering van hun taak te verbeteren. Dit maakt bedrijfsautomatisering mogelijk en kan een verschuiving richting gebruik van hooggeschoolde arbeidskrachten in plaats van tal van laaggeschoolde arbeidskrachten teweegbrengen.

Volgens Flanders Make bevinden de meeste bedrijven in Vlaanderen zich in de fase van het opslaan en structuren van hun gegevens. Ze weten dat data het nieuwe goud is, maar ze zijn onzeker over hoe ze het effectief kunnen exploiteren en gebruiken. Volgens een onderzoek²¹¹ van Oracle, dat 700 bedrijven in het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Duitsland, Nederland, Zwitserland, China en de Verenigde Arabische Emiraten ondervroeg, slaagden de fabrikanten er niet in om het volledig beschikbare potentieel van Industry 4.0-technologie te benutten.

Voka (Vlaams netwerk van ondernemingen)²¹² peilde bij 45 industriële bedrijven naar hun 4.0-paraatheid. De Vlaamse bedrijven zijn vrij optimistisch en zien deze evolutie als een kans, 84% verwacht namelijk een positieve impact op aspecten als productiviteit, kwaliteit, risicoanalyse en workflows. Hun huidige investeringen liggen vrij laag en ze geven toe dat die investeringen minder dan 5% van hun huidige O&O-budget innemen, terwijl 18% de norm zou moeten zijn.

De investering in de wereldwijde AI-markt voor toepassingen in de gezondheidszorg zal naar verwachting stijgen van \$663,8 miljoen in 2014 tot \$6,662 miljard in 2021²¹³. Die investeringen omvatten gebieden zoals inzichten- en risicoanalyses, beeldvorming en diagnostiek, bewaking van patiënten op afstand of nog bedrijven met een AI-kern die hun algoritmes naar de markt van de gezondheidszorg brengen. Gezondheidszorg en chirurgische robotica vertegenwoordigen een van de meest veelbelovende nieuwe markten die naar verwachting tegen 2020 zullen groeien tot \$11,4 miljard.

De tweede beste plaats, na de Nederlanders (55%), ging naar de Belgen die met 51% van al hun respondenten bereidheid toonden om in contact te komen met AI en robotica in de gezondheidszorg. In Duitsland (41%) en het Verenigd Koninkrijk (39%) lijkt de markt minder klaar om op AI en robotica te vertrouwen voor zulke behoeften. Volgens de Belgische respondenten zijn de top 3 procedures die ze bereid zouden zijn te ontvangen van een AI/robot: 1) hartslagritmecontrole en aanbevelingen (42%); 2) monitoring van hartaandoeningen en advies (34%) en; 3) aangepast advies voor fitness op basis van voorkeuren en gezondheidsdossiers (34%).

De PwC-studie *'Rethinking retail: Artificial Intelligence and Robotic Process Automation'* (2017) meldde dat 95,8% van de ondervraagde Belgische retailers in België een gebrek aangaf que begrip en bekendheid van AI en de kansen ervan. De paar detailhandelaren die AI gebruikten, gaven aan dat ze de technologie gebruikten voor risicoanalyse, gegevensbeheer en naleving van de belastingwetgeving. Er is een gebrek aan bewustzijn: retail gebruikt eigenlijk heel wat 'verborgen' AI. Er wordt veel analyse toegepast binnen de hele supply chain, van de logistiek van vloeistoffen, dynamische prijszetting en klantenbehoud tot 'customer journey' en het koopgedrag van de klant. Het merendeel van deze AI voltrekt zich achter de schermen, maar die AI maakt het in feite mogelijk om alle complexiteit die in de detailhandel aanwezig is te verminderen.

Volgens de studie *'PwC: Sizing the prize'* is er een groot potentieel aan AI wat betreft persoonlijk ontwerp, het anticiperen op de vraag van klanten en voorraadbeheer.

PwC identificeerde samen met de Retail Academy zes hoofdgevallen waarin AI de meeste waarde kon toevoegen voor de Belgische detailhandel²¹⁴:

1. Geautomatiseerde kassa: ga de winkel in, pak de goederen op en loop de deur uit terwijl de betaling automatisch wordt gedaan;
2. Verkoopprognoses: dit kan leiden tot voorraadoptimalisatie, een significante vermindering van voedselafval en verhoogde winstgevendheid;
3. Optimalisering van het energiegebruik: het mogelijk maken van een drastische vermindering van het energieverbruik;
4. Minimalisering van het klantenverloop (de 'churn rate'): het verkrijgen van een nieuwe klant is vijf keer duurder dan het behouden van een bestaande. Het doel is hier bestaande klanten te behouden door te identificeren welke klanten een groot risico lopen om een dienst te verlaten en welke factoren van invloed zijn op de beslissing van een klant;
5. Aanbeveling tijdens online zoeken: voorspelling van waar de gebruiker naar op zoek is, met als doel iets wat een complexe beslissing zou kunnen worden te beperken tot slechts een paar aanbevelingen;

6. IoT-analyse in de winkel: een gepersonaliseerde ervaring creëren door te weten te komen welke soorten consumenten zich in de winkel bevinden.

Het is een onuitvoerbaar taak om elk bedrijf in Vlaanderen te overlopen en alle slimme applicaties of AI-gerelateerde technologieën op te noemen die in Vlaanderen worden gebruikt of worden ontwikkeld. In veel gevallen is deze informatie niet openbaar beschikbaar om redenen van vertrouwelijkheid. We beperken ons tot enkele voorbeelden van de BEL20 en enkele andere bedrijven.

- ABInbev werkt met AI, voornamelijk in de Verenigde Staten. In 2013 heeft ABInbev Budlabs opgestart in Illinois²¹⁵, een state-of-the-art data-analysecentrum waar het (ook) AI en machine learning onderzoekt om bedrijfsproblemen op hoger niveau te helpen oplossen.
- Dramix eyeD^{®216} van Bekaert is een geautomatiseerd meettoestel dat de homogeniteit en verdeling van staalvezelversterking in betonmixen analyseert.
- Bpost²¹⁷ biedt dataoplossingen aan voor publiciteitmails. Het bedrijf gebruikt datamining en geavanceerde analyses.
- Colruyt test momenteel het concept 'kassaloos betalen'²¹⁸ uit, een systeem dat een flink aantal technologieën integreert en een voorbeeld is van AI.
- Engie Electrabel introduceerde onlangs 'boxx'²¹⁹, zijn slimme energiemonitoringsysteem.
- Galapagos doet in zijn bio-informatica-lab in Mechelen vrij veel data-science-onderzoek²²⁰, met behulp van R en andere ML-talen.
- Solvay werkt voor de eigen digitale transformatie samen met SAS²²¹.
- JLABS²²² in Beerse (J&J) biedt plaats aan 30 life-science-startups gericht op healthtech, waaronder AI-applicaties.
- ML6²²³ is een voorbeeld van een Belgisch AI-servicebedrijf.

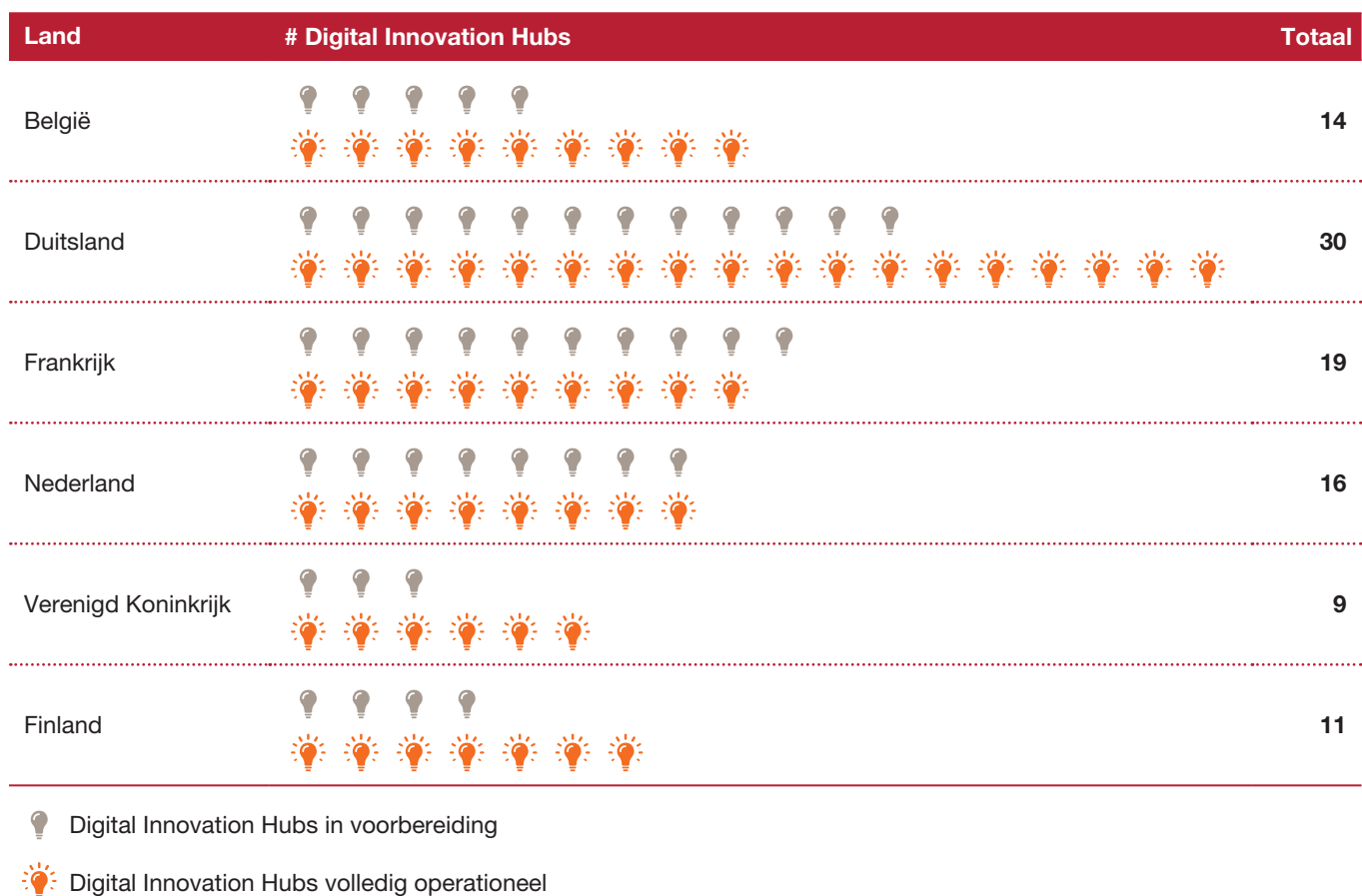
Huidige situatie in de geselecteerde landen

Digital Innovation Hubs van de Europese Commissie

Digital Innovation Hubs²²⁴ hebben tot doel bedrijven te helpen concurrerender te worden door het bieden van technologie-infrastructuur en toegang tot de nieuwste technologieën, kennis en expertise, bovenop financiering en bedrijfssteuning om digitale innovaties te implementeren. Het is echter niet de bedoeling om nieuwe infrastructuren op te zetten, maar wel om bestaande infrastructuren met elkaar te koppelen. De onderstaande tabel toont het aantal digitale innovatiehubs in de verschillende landen, waarbij Duitsland (30) duidelijk voorloopt op Frankrijk (19), Nederland (16) en België (14).

AI-bedrijven, -scale-ups en -startups

Voordat we ingaan op de analyse van de AI-bedrijven wereldwijd, is het belangrijk de belangrijkste verschillen tussen een bedrijf, een scale-up en een startup te benadrukken. Startups zijn meestal bedrijven in een beginfase, met een klein aantal werknemers (meestal minder dan honderd), op zoek naar een schaalbaar bedrijfsmodel en een gevestigde markt. Een startup wordt pas beschouwd als een scale-up wanneer het zijn bedrijfsmodel volledig heeft uitgewerkt en verder wil groeien in termen van markttoegang, inkomsten en personeel om zijn bestaande markt uit te breiden. Een duidelijke definitie van een bedrijf, zoals gebruikt in alle studies die in dit deel worden genoemd, is echter moeilijk vast te stellen. Een 'AI-bedrijf' kan variëren van een startup tot een KMO of zelfs een grote onderneming.



Afbeelding 15:
Het aantal Digital Innovation Hubs in Europa

Omdat de verschillende bronnen waarnaar we verwijzen niet volledig transparant zijn in hun methodologie, is het moeilijk om de verschillende aantallen in deze studies met elkaar te vergelijken om onder andere de volgende redenen:

- De precieze definitie van AI wordt niet unaniem gedeeld door deskundigen;
- Er is geen eenduidigheid in termen van verschillen tussen een startup, een scale-up en een bedrijf. Factoren zoals het aantal werknemers, marktaandeel, financiën, opgehaalde fondsen en dergelijke meer laten ruimte voor zelfinterpretatie;
- Deze studies zijn in grote mate afhankelijk van de beschikbaarheid en kwaliteit van de gegevens die door hun onderzoek en door andere belanghebbenden (die zelf niet volledig transparant zijn over hun methodologie) worden verstrekt;
- Afhankelijk van de geografische omvang van de bronnen kunnen er geografische vertekeningen optreden.

Al deze redenen leiden onvermijdelijk tot discrepanties in de gegevens en maken het moeilijk om verschillende onderzoeken met elkaar te vergelijken. Deze bevindingen zijn echter indicatief en moeten als zodanig worden geïnterpreteerd. Alleen het Europese AI-landschap en de globale AI-startup-landschapsstudies van Asgard, evenals het AI-scale-up-landschap in Europa leverden enig inzicht in de gebruikte methodologie op.

AI-bedrijven

Bij het in kaart brengen van AI-bedrijven in Europa en wereldwijd, hebben wij verschillende studies van gerenommeerde instellingen of bedrijven geïdentificeerd. Vaak is de methodologie die hierbij gebruikt werd niet beschikbaar, wat het moeilijk maakt om een vergelijkende analyse te maken. Zoals eerder beschreven, is de definitie van een AI-bedrijf vatbaar voor interpretatie.

Een algemene observatie die we kunnen afleiden uit alle studies is dat de meeste AI-bedrijven zich in de Verenigde Staten bevinden.

Uit onderzoek van Asgard Capital²²⁵ zijn er wereldwijd ongeveer 5.800 AI-bedrijven, waarvan 38% (2.200) in de Verenigde Staten, 19% (1.100) in Europa en 16% (950) in China.

	Europa	Verenigde Staten	China	Wereldwijd
# AI-bedrijven ('Global Artificial Intelligence Development Report' van Wuzhen Institute) 2016	-	~2.900	~700	-
# AI-bedrijven ('Deciphering China's AI Dream Report' van Future of Humanity Institute) 2017	-	~1.100	~600	~2.500
# AI-bedrijven (Asgard AI Venture Capital – European AI Landscape) 2017	~400	-	-	-
# AI-bedrijven (Westerheide-presentatie) 2018	~1.100	~2.200	~950	5.800

Tabel 3:
Overzicht van het aantal AI-bedrijven volgens verschillende studies

Ook uit andere onderzoeken blijkt dat de meeste AI-bedrijven zich in de Verenigde Staten bevinden:

- In “China’s Rise in Artificial Intelligence 2017”²²⁶, citeert Goldman Sachs het ‘Global Artificial Intelligence Development Report 2016’ van het Wuzhen Institute, waarbij vermeld wordt dat er in de Verenigde Staten ongeveer 2.905 AI-bedrijven zijn, tegenover ongeveer 709 in China en 662 in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Frankrijk samen.
- Uit het onderzoek ‘2017 Research Report on Status Quo and Trend of Artificial Intelligence Venture Investment in China and the United States’ zijn er volgens het Future of Humanity Institute²²⁷, het IT Juzi en het Tencent Institute²²⁸ wereldwijd ongeveer 2.500 AI-bedrijven, waarvan 42% (1.100) in de Verenigde Staten en 23% (600) in China.

De grootste AI-hub bevindt zich in Silicon Valley, met 520 AI-bedrijven, gevolgd door New York (235), Haidian District – Peking (189), Londen (187), Shenzhen (127) en Seoul (103)²²⁹.

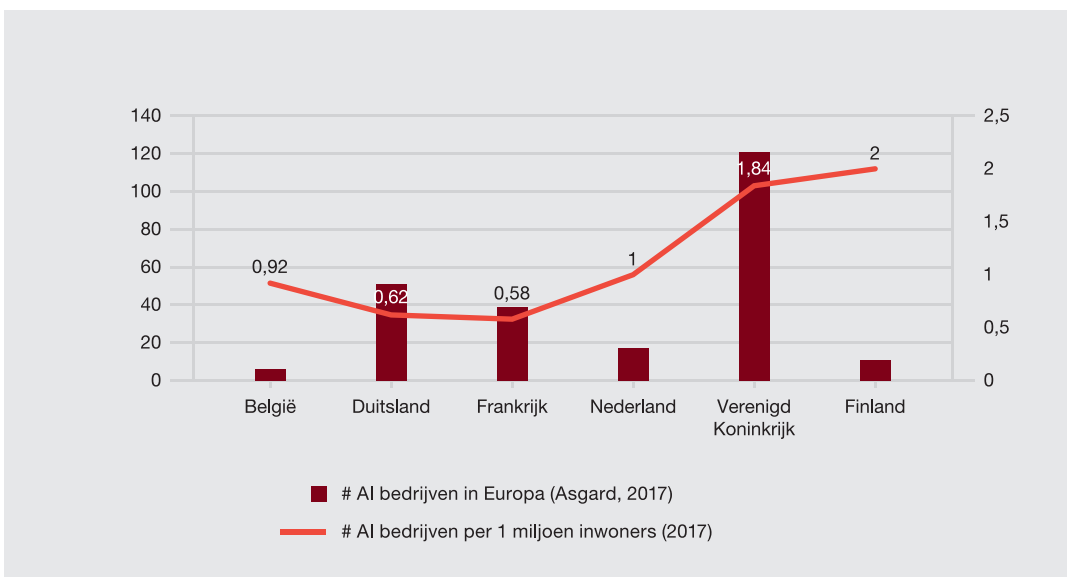
Als we naar het Europese AI-landschap in 2017 kijken, zijn er volgens Asgard²³⁰ 715 AI-bedrijven die zichzelf zo voorstellen, waarvan 409 (60%) daadwerkelijk met AI bezig zijn. De overige bedrijven zijn, onder andere, inactief, gebruiken AI als marketingtool of geven bijvoorbeeld advies omtrent AI en

gebruiken zelf geen machine learning. Wel is het belangrijk te benadrukken dat sommige startups in dit onderzoek ook worden meegeteld als ‘AI-bedrijf’ en dat de definitie dus niet eenduidig is.

Volgens deze studie bevinden de meeste AI-bedrijven zich in het Verenigd Koninkrijk (121), gevolgd door Duitsland (51) en Frankrijk (39). In België zijn er 6 AI-bedrijven:

1. YAZZOOM²³¹: software en O&O-diensten voor analyse van gegevens;
2. Sensifai²³²: herkenning van videobeelden;
3. Plann3r²³³: door AI aangestuurde oplossingen voor het plannen van vergaderingen;
4. Salesflare²³⁴: de slimme sales CRM;
5. Taglayer²³⁵: content op maat op basis van personalisatiesoftware;
6. ScriptBook²³⁶: tekstanalyse van film- en televisiescripts met behulp van machine learning en natuurlijke taalverwerking.

Als we de vergelijking maken voor het aantal AI-bedrijven per 1 miljoen inwoners, heeft Finland het hoogste relatieve aantal AI-bedrijven (2 per 1 miljoen), gevolgd door het Verenigd Koninkrijk (1,84) en Nederland (1). België staat op de vierde plaats met een gemiddelde score van 0,92 AI-bedrijven per 1 miljoen inwoners.



Afbeelding 16:
AI-bedrijven in Europa, 2017

AI-scale-ups

Het Europese landschap van AI scale-ups in 2016²³⁷ en 2018²³⁸ is ingedeeld in de volgende categorieën: AI, data-analyse, autonome voertuigen, API's en chatbots. Er wordt enkel rekening gehouden met scale-ups die minimaal €750.000 hebben opgehaald in één deal.

Op een steekproef van ongeveer 4.200 bedrijven in Europa in 2018 worden er bijna 600 beschouwd als een AI-scale-up. 76% van de Europese AI-scale-ups zijn eerder B2B-gericht. Het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en België leiden in het aandeel van AI-scale-ups.

Vlaanderen omvat het grootste deel van de AI-scale-ups in België, met ongeveer 72% van de Belgische AI-scale-ups in de regio²³⁹. 16% van de scale-ups bevindt zich in Brussel en slechts 12% in Wallonië. Zoals door de deskundigen ter zake wordt gesteld, hebben scale-ups (en geen

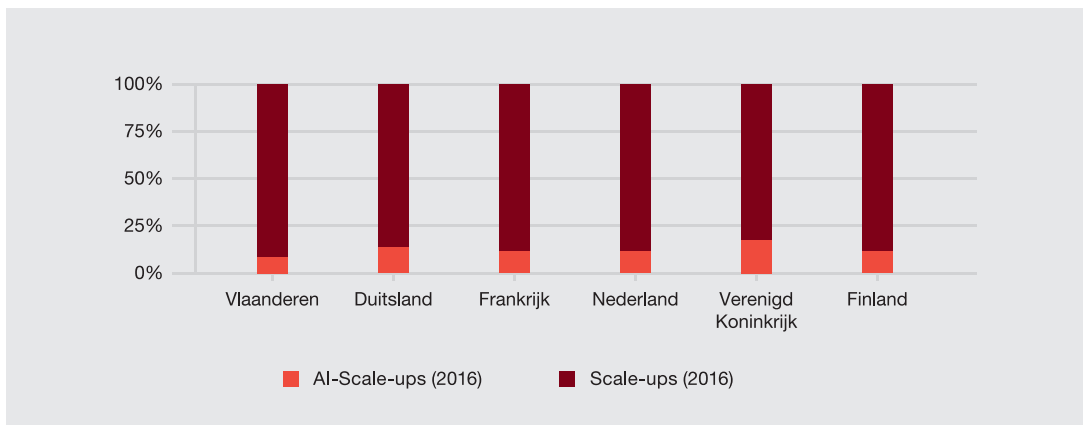
startups) een werkelijke economische impact in Vlaanderen. Ze creëren banen en hebben een internationale impact op de markt.

AI-startups

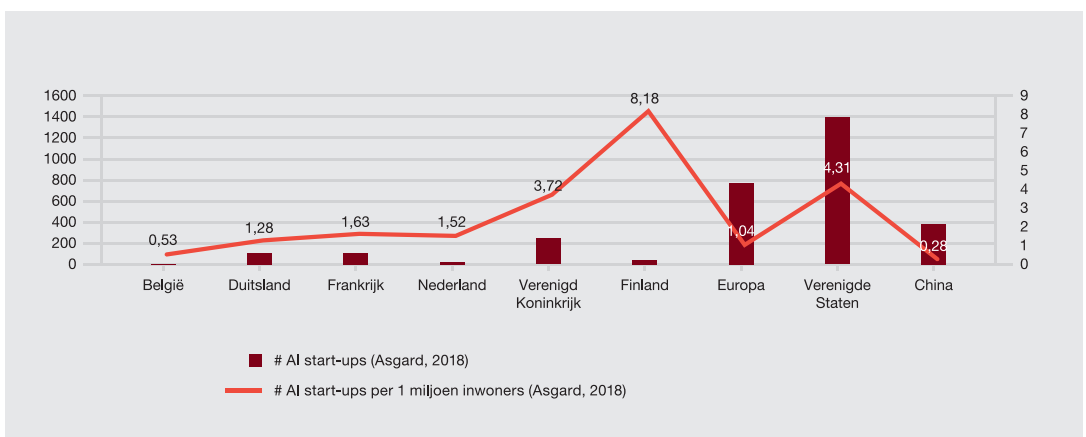
Volgens het globale landschap van AI-startups van Asgard en Roland Berger (2018)²⁴⁰ zijn er wereldwijd ongeveer 3.500 AI-startups die goederen en diensten produceren met behulp van machine learning, deep learning, beeldherkenning, natuurlijke taalverwerking of andere AI-technologieën.

De Verenigde Staten leiden met bijna 1.400 startups, gevolgd door China (383) en Israël (362). In totaal zijn er volgens hetzelfde rapport ongeveer 770 AI-startups in Europa, waarvan 6 in België.

Bij vergelijking volgens bevolkingsomvang behoren Finland, de Verenigde Staten en het



Afbeelding 17:
Het aantal AI-scale-ups in Europa, 2018



Afbeelding 18:
Het aantal AI-startups, 2018

Verenigd Koninkrijk tot de landen met de meeste AI-startups per 1 miljoen inwoners. China, België en Duitsland hebben het kleinste aantal. Van de zes geïdentificeerde startups in België zijn er al drie opgenomen in bovengenoemde analyse van de AI-bedrijven, namelijk YAZZOOM, Sensifai en ScriptBook. De andere drie startups zijn:

1. Codata²⁴¹: zoekmiddelen voor retail;
2. Tangent Works²⁴²: modellen voor voorspellende analyses op een geautomiseerde manier bouwen, met behulp van machine learning;
3. TrendMiner²⁴³: industriële procesanalyses.

Als een incubator en accelerator heeft imec nu al meer dan 10 AI-startups in haar portfolio.

70% van de AI-startups in Europa zijn B2B-bedrijven. De vijf voornaamste industrieën waarin deze startups actief zijn, zijn:

1. Algemeen/sectoroverschrijdend (35%)
2. Communicatie (13%)
3. Sales & marketing (11%)
4. Gezondheidszorg/Biotech (8%)
5. Fintech (7%)

CB Insights heeft onlangs de 100 meest belovende AI-startups wereldwijd in kaart gebracht. Ook hier zien we een gelijkaardige trend, met de Verenigde Staten als koploper met 77 startups, gevolgd door China (8) en Frankrijk (1)²⁴⁴. Onderzoek op het vlak van industrieën en technologieën leverde de volgende inzichten op:

- 11% richt zich op AI in cybersecurity;
- 8% richt zich op AI in de gezondheidszorg;
- 8% richt zich op AI-toepassingen voor ondernemingen die actief zijn in een markt die grotendeels door grote technologiebedrijven, zoals Amazon, gedomineerd wordt;
- 7% richt zich op robotica.

AI-spin-offs

Op basis van onze trefwoorden om AI te definiëren kunnen we verschillende spin-offs aan de Vlaamse universiteiten identificeren.

- Fluent.ai²⁴⁵ is opgericht in 2015 in samenwerking met de KU Leuven, UAntwerpen en Canadese universiteiten en houdt zich bezig met de ontwikkeling van spraakherkenningsoplossingen.

- ML2Grow²⁴⁶ (2017) van UGent heeft tot doel bedrijfsprocessen te verbeteren en zakelijke uitdagingen aan te gaan met behulp van voorspellende tools op basis van AI.
- Froomle²⁴⁷ (2016) van UAntwerpen richt zich op de ontwikkeling van slimme gebruikerservaring op basis van machine-learning-algoritmes.
- TextGain²⁴⁸ (2015) van UAntwerpen biedt voorspellende tekstanalyses aan.
- Porphyrio²⁴⁹ (2013) van de KU Leuven heeft een managementtool ontwikkeld met behulp van zelflerende algoritmes om de productie en het bedrijfsproces voor de pluimvee-industrie te optimaliseren.
- Cartagena²⁵⁰ (2008) van de KU Leuven is gespecialiseerd in software voor DNA-onderzoek.
- UgenTec²⁵¹ (2015) van de KU Leuven biedt software aan voor moleculair diagnostische bedrijven die de analyse en gegevensverwerking van qPCR-testen willen automatiseren.

Ongeveer 9% van alle Europese AI- en data-analyse-scale-ups zijn spin-offs van universiteiten en kennisinstellingen volgens een studie van Omar Mohout (2016)²⁵². De KU Leuven (#3), UAntwerpen (#5) en UGent (#7) behoren tot de 10 meest actieve spin-off-instituten in Europa.

Venture Radar²⁵³ geeft een overzicht van AI-spin-offs over heel de wereld op basis van de 'Social Proof'-score (de erkenning die een bedrijf heeft gekregen van de industrie, bv. wegens positieve berichtgeving of ingezamelde financiële middelen). Uit de top 10 van AI-spin-offs wereldwijd blijkt dat 8 spin-offs afkomstig zijn uit de Verenigde Staten.

Spin-off	Land	Jaar
Coursera	VS	2012
Mark43 (fka Nucleik)	VS	2012
Formlabs	VS	2011
Narrative Science	VS	2010
SkySpecs	VS	2012
FiscalNote	VS	2013
Logentrics	Ierland	2010
Qumram	Zwitserland	2011
Duolingo	VS	2011
Deep Genomic	VS	2015

Tabel 4:

Top 10 van AI-spin-offs volgens VentureRadar

Als we de top 100 van AI-spin-offs analyseren, zien we dat deze ranglijst voornamelijk gedomineerd wordt door de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk, terwijl de andere Europese landen uit onze selectie allemaal een spin-off hebben en België er geen heeft.

Het snel veranderende AI-landschap leidt tot conflicten tussen rapporten. Zo rapporteren IT Juzi en het Tencent Institute²⁵⁶ bijvoorbeeld \$14,8 miljard (50,1%) financiering in de Verenigde Staten, vergeleken met \$9,6 miljard (33,2%) financiering in China, op een totaal van ongeveer \$29,5 miljard in 2017. Deze cijfers worden ook bevestigd door een studie van McKinsey uit 2016²⁵⁷, waarbij Noord-Amerika het meest investeert in AI met € 15-23 miljard, gevolgd door Azië met € 8-12 miljard en Europa met slechts € 3-4 miljard.

China investeert de laatste jaren echter meer en meer in AI, zoals ook de cijfers van aandelenfinanciering in startups aantonen. Met 48% van de totale aandelenfinanciering van AI-startups wereldwijd heeft China de Verenigde Staten (38%) in 2017 ingehaald²⁵⁸.

Wat de financiering van AI-startups in Europa betreft²⁵⁹, heeft het Verenigd Koninkrijk in 2017 € 755 miljoen aan investeringen opgehaald, gevolgd door Duitsland (€ 125,5 miljoen), Frankrijk (€ 113,5 miljoen) en België (€ 37 miljoen).

Volgens het Europese AI-landschap van Omar Mohout en rekening houdend met transacties van minstens € 750.000, heeft het Verenigd Koninkrijk in 2016 met € 581 miljoen de grootste risicokapitaalfinanciering beschikbaar gesteld voor AI-scale-ups. Frankrijk (€ 278 miljoen), Duitsland (€ 187 miljoen) en België (€ 110 miljoen) volgen. Kleinere bedragen worden vastgesteld in Finland (€ 57 miljoen) en Nederland (€ 37 miljoen).

Beleggers in risicokapitaal zijn betrokken bij een kwart van alle Europese AI-transacties en bij 29% van het aangetrokken kapitaal. De top-5-industrieën waar het meeste kapitaal wordt aangetrokken voor AI in Europa zijn:

- AdTech (advertentietechnologie)
- FinTech (financiële technologie)
- Business Intelligence
- HealthTech (gezondheidstechnologie)
- Cybersecurity

AI vertegenwoordigt 17% van alle Europese risicokapitaaltransacties, met data-analyse (9%) en IoT (8%) op de tweede en derde plaats. VR (3%) en robotica (2%) ontvingen aanzienlijk minder risicokapitaalfondsen.

Country	# AI spin-offs in top 100 spin-offs 2018
België	-
Duitsland	1
Frankrijk	1
Nederland	1
Verenigd Koninkrijk	10
Finland	1
Verenigde Staten	10
China	-

Tabel 5:
Het aantal spin-offs in de top 100 per land

Financiering in de privésector

Het instituut Future of Humanity²⁵⁴ aan de universiteit van Oxford citeert een rapport van het Wuzhen Institute²⁵⁵ over de financiering van AI-bedrijven wereldwijd. Volgens dit rapport ontvingen de Chinese AI-bedrijven tussen 2012 en 2016 \$2,6 miljard (6,6% van het totaal) aan financiering, vergeleken met \$17,2 miljard (43,4%) in de Verenigde Staten, op een totaal van ongeveer \$40 miljard.

In 2016 hadden het Verenigd Koninkrijk (3) en Frankrijk (2) de meest actieve AI-beleggers in Europa. Wat de risicokapitaalinvesteerdere in Europa betreft, zijn de meeste beleggers afkomstig uit de Verenigde Staten, Nederland, Duitsland en Frankrijk.

Het AI-indexrapport²⁶⁰ toont aan dat er in de Verenigde Staten sinds 2000 een zesvoudige toename is van de jaarlijkse investeringen in risicokapitaal (ongeveer \$3,5 miljard in 2015).

China werkt eerder volgens PPS-structuren²⁶¹ dan het risicokapitaalmodel te volgen, dat de voorkeur geniet in de Verenigde Staten. Sinovation Ventures²⁶², de belangrijkste technologie-investeringsfirma in China, heeft recentelijk een half miljard dollar²⁶³ opgehaald om wereldwijd in AI-startups te investeren. Chinese bedrijven zoals Baidu, Alibaba en Tencent worden sinds kort beschouwd als wereldwijde AI-leiders, wat de toenemende belangstelling voor AI in China enkel bevestigt²⁶⁴.

Op het gebied van 'business accelerators' en het bieden van de nodige ondersteuning en financiering aan startups, heeft België een van de meest daadkrachtige en aantrekkelijke acceleratorprogramma's wereldwijd.

Binnen imec's functie als incubator, accelerator en vormgeven van nieuwe ventures (iStart en imec.Xpand) zijn er al geruime tijd ondernemingen geselecteerd voor ondersteuning, waarbij AI een belangrijke rol speelt. Voorbeelden hiervan zijn Ontoforce, Salesflare, Lynxcare, Bingli, Sympl, NoisyChannels, UgenTec, Lindacare, Onera en Alox. Hier liggen voor Vlaanderen grote kansen voor het genereren van scale-ups.

De UBI Global University Business Accelerator-ranking van 2017-2018²⁶⁵ presenteert de top-10-versnellingsprogramma's wereldwijd. Deze is echter niet beperkt tot AI, maar nog steeds heel relevant. Het imec.iStart van België staat op de vijfde plaats en zo is België het enige land 'in scope' dat vertegenwoordigd is.

Ook Omar Mohout²⁶⁶ identificeerde de top-tien-versnellingsprogramma's wereldwijd. Opnieuw neemt België met imec.iStart de vijfde plaats in, achter twee van de drie acceleratorprogramma's uit de Verenigde Staten, en twee uit het Verenigd Koninkrijk. Duitsland, Nederland en Frankrijk hebben elk één acceleratorprogramma in de top 10.

Volgens sommige deskundigen is er in Vlaanderen niet veel risicokapitaal aanwezig

en is bovendien het grootste deel ervan niet heel risicovol. Zogenaemde 'business angels' bieden een groter risicokapitaal aan, hoewel het geïnvesteerde bedrag mogelijk kleiner uitvalt.

De grotere beschikbaarheid van financiering in andere regio's van de wereld²⁶⁷ kan er onder andere toe leiden dat jonge ondernemers naar andere landen vertrekken, met name naar de Verenigde Staten.

Aanbevelingen ter ondersteuning van het gebruik van AI in bedrijven in Vlaanderen

Het landschap van de AI-bedrijven wordt vandaag nog overheerst door de Verenigde Staten, maar Europa en China zijn hun achterstand snel aan het inlopen. Kortom, het voorzien van de nodige middelen, het stimuleren van kennisuitwisseling en cross-technologische ontwikkeling, het bieden van begeleiding en het bevorderen van samenwerking zijn essentieel om het landschap van de AI-bedrijven in Vlaanderen en België in stand te houden.

Veel bedrijven zijn in een verkennende fase van AI-aanvaarding. Een door de overheid (mede) ondersteund platform voor netwerken en kennisuitwisseling, waar bedrijven ervaringen en geleerde lessen kunnen uitwisselen, kan de ingang van AI in het Vlaamse industriële landschap versnellen. Daartoe kan de matchmaker-rol van een voorgesteld AI-coördinatiecentrum, zoals reeds besproken in het onderzoeksgedeelte, opnieuw een essentiële meerwaarde zijn voor het creëren en versterken van de verbanden en de samenwerking tussen onderzoek, startups, scale-ups, spin-offs en grotere bedrijven, maar ook tussen talent en vacatures. Van de retailsector leerden we de enorme onwetendheid inzake AI, maar ook het grote potentieel. Retail is niet alleen de grootste industrie in Vlaanderen, retail is ook in de gemeenschappen geworteld. Bovendien heeft retail als einde van de toeleveringsketen het vermogen om een toename van AI op gang te brengen (met een invloed op mobiliteit, landbouw, enz.).

Vlaanderen heeft de middelen om bedrijven meer te ondersteunen dan het nu reeds doet. We hebben de knowhow (laboratoria, onderwijs, onderzoekscentra), de reken capaciteit (via het internet en bedrijven, maar ook via VSC) en de gegevens (binnen de bedrijven). Door een verdere versterking van deze schakels kan de aanvaarding van AI door alle industrieën worden gestimuleerd.

NVIDIA benadrukt het belang van de steun van de gemeenschap, aangezien het diensten levert over de gehele technologie-stack (van hardware tot software die bedrijven de mogelijkheid biedt om specifieke tools te gebruiken). Het is een coöperatief proces van veel vaardigheden en mensen. Bij het overwegen van een AI-coördinatiecentrum is het dus net zo belangrijk bedrijven eenvoudig te kunnen verbinden met het AI-ecosysteem, zodat ze deel kunnen uitmaken van de AI-community.

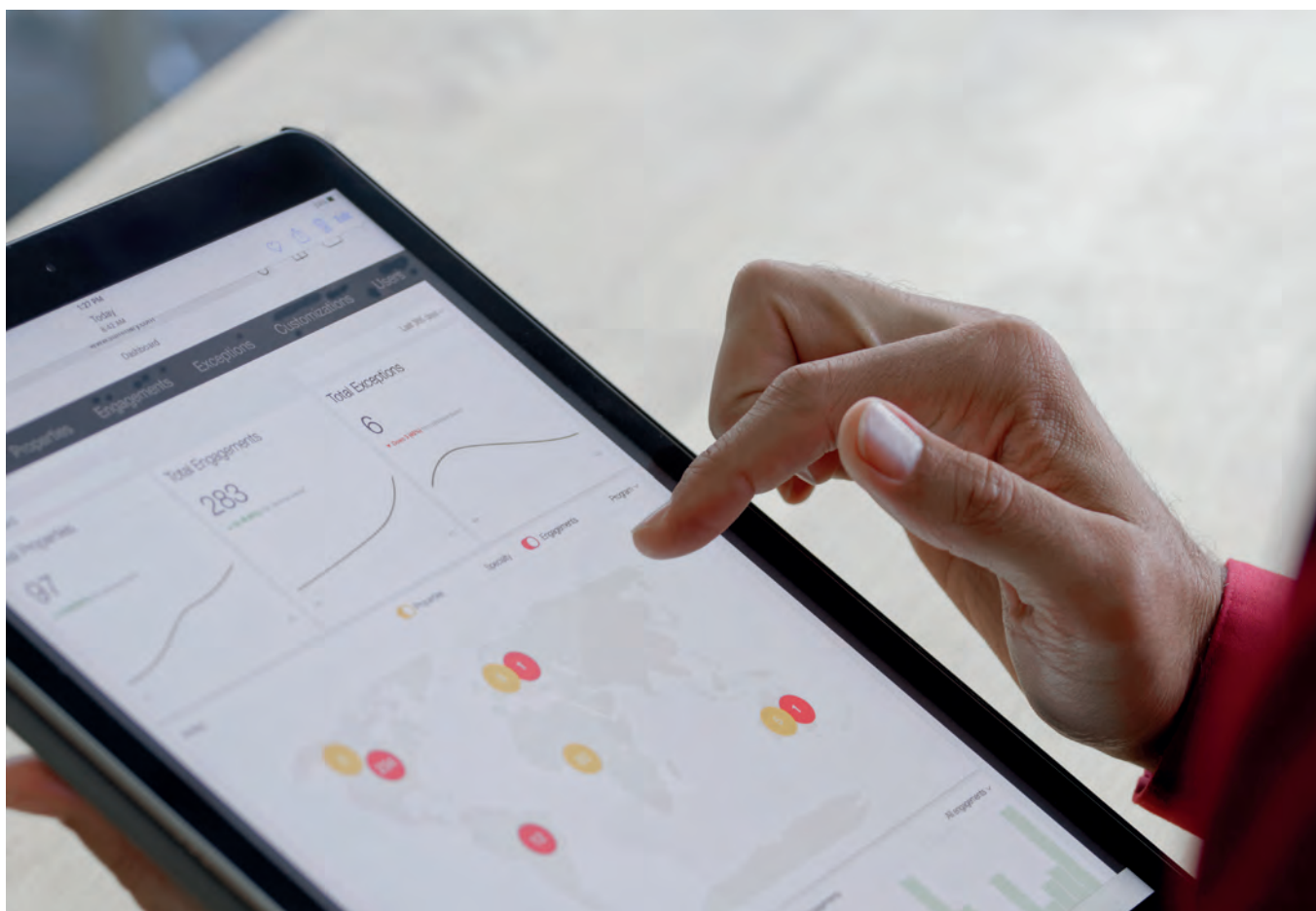
Om bestaande spin-offs te ondersteunen en nieuwe te stimuleren, hebben universiteiten aanzienlijke financiering nodig. Indien universiteiten ervoor kiezen niet direct financieel deel te nemen in spin-offs, kunnen ze in plaats daarvan beleggen in fondsen van derden, aangezien veel spin-offs ook afhankelijk zijn van externe onderzoeksbudgetten.

Gezien de impact van spin-offs, startups en scale-ups op de economie zou het opzetten van een speciaal fonds voor AI dat investeert in startende AI-bedrijven het hele ecosysteem kunnen stimuleren. Een andere manier om AI-

bedrijven in een vroeg stadium te ondersteunen bestaat erin al hun uitgaven voor de eerste twee jaar als O&O te boeken en ze te financieren via onderzoekssubsidies.

Naast financiering vereisen spin-offs, startups en scale-ups ook een goede begeleiding inzake marketing van onderzoeksproducten, commerciële strategieën, IP-bescherming, prijsstelling en inkomstenmodellen. Om succesvolle spin-offs en startups verder te ondersteunen en om te voorkomen dat ze naar het buitenland verhuizen, dient een ondersteunend netwerk opgezet te worden.

Gezien het Vlaamse clusterbeleid²⁶⁸ raden wij aan AI op te nemen in de 'speerpunt'-clusters, die gepaard gaan met samenwerking tussen overheid, onderzoeksinstituten en bedrijven (of zoals VLAIO het noemt: "triple helix"²⁶⁹). Aangezien AI echter alle sectoren doordringt en eerder een innovatiehulpmiddel is dan de innovatie zelf, kan het nog efficiënter zijn als de bestaande clusters kunnen putten uit de bestaande AI-kennis die in Vlaanderen beschikbaar is.



Beleidsinitiatieven

AI op de overheidsagenda

Vlaanderen is al begonnen met het opstellen van een plan voor AI. Dit rapport zal als basis dienen om Vlaanderen te helpen focussen op de juiste investeringsmogelijkheden om uit te groeien tot een belangrijke speler op de wereldmarkt.

Op 1 oktober benoemde Agentschap Informatie Vlaanderen een programmamanager voor artificiële intelligentie. Het agentschap publiceerde zijn plan om te onderzoeken hoe AI kan worden gebruikt om overheidsdiensten²⁷⁰ te verbeteren. Ook organiseerde het een inspiratiesessie²⁷¹ in april 2018, waarop verschillende bedrijven uitgenodigd werden om verschillende AI-technologieën en -projecten te demonstreren.

In 2017 gaf de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten opdracht tot het opstellen van een rapport, waarin de kansen, risico's en uitdagingen van AI werden onderzocht op het vlak van onderzoek, onderwijs en industrie. Het rapport bevat aanbevelingen voor het versnellen van AI-ontwikkelingen in Vlaanderen, zodat Vlaanderen en België gelijke tred houden met de internationale concurrentie.

In een antwoord op een parlementaire vraag over de toepassing van AI binnen de overheid werd een hele lijst van meer dan dertig aanvragen genoemd²⁷². Dit laat duidelijk zien dat de Vlaamse overheid op de hoogte is en al bezig is met het plannen van de toepassing van AI binnen de eigen diensten. Volgens een deskundige en naar onze mening duidt dit de Vlaamse overheid in termen van aanvaardingsgraad aan als koploper, in vergelijking met de industrieën.

Huidige situatie in de geselecteerde landen

Vanuit overheids perspectief is AI de laatste jaren een populair onderwerp geworden vanwege de immense economische, politieke en sociale implicaties.

Sinds de publicatie van het *'National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan'* door de Obama-regering in 2016 proberen veel landen de **Verenigde Staten** in te halen. Het land wordt momenteel wereldwijd beschouwd als de AI-leider²⁷³, met een jaarlijkse omzet van \$30 miljard²⁷⁴. Het plan concentreert zich op zeven hoofdprioriteiten:

- langetermijninvesteringen in AI-onderzoek plannen;
- effectieve methoden ontwikkelen voor de samenwerking tussen mens en AI;
- de ethische, juridische en maatschappelijke implicaties van AI begrijpen en aanpakken;
- de veiligheid en beveiliging van AI-systemen verzekeren;
- gedeelde openbare datasets en omgevingen ontwikkelen voor AI-opleidingen en AI-testen;
- AI-technologieën meten en evalueren door middel van standaarden en benchmarks;
- nationale AI-behoefte van O&O-personeel beter begrijpen.

De regering-Trump volgt dezelfde trend en kondigde haar bereidheid aan om alle gegevens te delen die kunnen helpen om AI-onderzoek in de Verenigde Staten aan te moedigen, hoewel er geen precieze communicatie is omtrent het type van de vrijgegeven gegevens of het profiel van de mensen die er gebruik van mogen maken²⁷⁵. Bovendien kondigde het *'Office of Science and Technology Policy'* van het Witte Huis aan binnenkort een vijfjarenplan te publiceren over het verbeteren van STEM-onderwijs²⁷⁶. Inmiddels lanceren Amerikaanse overheidsinstanties een proof-of-concept en proefprojecten waarbij AI wordt gebruikt om bijvoorbeeld de behoefte aan federale auditors te verminderen en om kanker te detecteren en te behandelen. AI-bedrijven worden op financieel of politiek niveau ondersteund door meer dan 16 overheidsinstanties (waaronder NSA, CIA en DARPA)²⁷⁷, die verantwoordelijk zijn voor economische sectoren die met AI-technologieën verband houden²⁷⁸.

In 2016 bracht China zijn *'Robotics Industry Development Plan (2016-2020)*²⁷⁹ uit, waarbij de productie van 100.000 industriële robots tegen 2020 wordt voorzien. In het ontwikkelingsplan voor AI (2017)²⁸⁰ stelt China tegen 2030 de wereldleider te willen zijn door in de komende jaren ongeveer \$150 miljard te investeren. Als onderdeel van dit plan beoogt Peking een AI-park²⁸¹ op nationaal niveau te creëren, dat plaats biedt aan 400 bedrijven, om nieuwe op AI gebaseerde technologieën te ontwikkelen, waarbij \$2,12 miljard wordt geïnvesteerd.

Tianjin kondigde aan dat het een AI-fonds van \$16 miljard²⁸² zou opzetten om de continue innovatie-inspanningen van het land te ondersteunen.

De Chinese regering heeft Baidu onlangs ook opdracht gegeven om samen met vooraanstaande universiteiten een nationaal "deep-learning laboratory" op te zetten²⁸³. In een gedetailleerd driejarenplan heeft de regering concrete doelen gesteld tegen 2020, zoals de verhoging van de energie-efficiëntie van de maakindustrie met 10% of de massaproductie van chips voor de verwerking van neurale netwerken²⁸⁴. In het ontwikkelingsplan voor AI definieert China de belangrijkste doelen voor 2020, 2025 en 2030:

- Tegen 2020:
 - de volgende generatie AI-technologieën ontwikkelen voor big data, zwermintelligentie, hybride verbeterde intelligentie en autonome inlichtingensystemen;
 - 's werelds leidende AI-talenten samenbrengen;
 - een gemeenschappelijk kader tot stand brengen voor wetten, regelgevingen, ethische normen en beleid inzake AI.
- Tegen 2025:
 - AI de voornaamste drijfveer maken voor de industriële vooruitgang en economische transformatie van China;
 - AI op een grootschalige manier gebruiken, bijvoorbeeld voor productie, geneeskunde en nationale defensie;
 - een leidende speler worden in AI-onderzoek en AI-ontwikkeling;
 - wetten, regelgevingen, ethische normen en beleid inzake IA finaliseren.

- Tegen 2030:
 - 's werelds eerste AI-innovatiecentrum worden;
 - belangrijke doorbraken tot stand brengen in onderzoek en ontwikkeling;
 - het gebruik van AI uitbreiden door middel van sociaal bestuur en nationale defensie;
 - toonaangevende AI-innovatie- en personeelsopleidingen ontwikkelen.

De *National Artificial Intelligence Standardization Group* en de *Expert Advisory Group* zijn goedgekeurd door het *National Standardization Management Committee* om organisaties bij te staan in het ontwikkelingsproces van standaarden voor AI²⁸⁵. Bovendien bouwen Chinese bedrijven al aan geavanceerde technologieën zoals beeld- en spraakverwerking, autonoom rijden²⁸⁶ en gezichtsherkenning²⁸⁷. Bovendien bouwen Chinese bedrijven al aan geavanceerde technologieën zoals beeld- en spraakverwerking, autonoom rijden²⁸⁴ en gezichtsherkenning²⁸⁵. In het rapport 'China-US AI Venture Capital State en Trends Research' uit 2017 wordt vermeld dat de Chinese troeven voor AI voornamelijk bij intelligente robots liggen, terwijl de Verenigde Staten worden gezien als de wereldleider inzake machine learning²⁸⁸.

Op Europees niveau roept de Europese Commissie op tot extra investeringen in onderzoek en innovatie voor een bedrag van €20 miljard tussen 2018 en 2020²⁸⁹. In het kader van het 'Horizon 2020'-programma wil ze de eigen investering optrekken tot €1,5 miljard en extra financiering van €2,5 miljard genereren uit bestaande publiek-private samenwerkingsvormen voor big data en robotica. 25 Europese landen, waaronder alle Europese landen die voor dit rapport van belang zijn, ondertekenden een verklaring om samen te werken aan de ontwikkeling van AI in Europa, met de nadruk op verschillende onderwerpen, zoals gemeenschappelijk onderzoek en ethische kwesties²⁹⁰.

De Commissie zal fundamenteel onderzoek ondersteunen en meer innovaties op de markt trachten te brengen via de pilot van de *European Innovation Council*²⁹¹. Verder zet de Europese Commissie zich in om het gebruik

van AI in heel Europa te ondersteunen, met hulpmiddelen die vooral bedoeld zijn voor kleine en middelgrote ondernemingen, niet-technische bedrijven en overheidsdiensten. Binnenkort lanceert Europa een ‘AI-on-demand-platform’ met advies en gemakkelijke toegang tot de nieuwste algoritmes en expertise. Daarnaast wordt ook een netwerk van AI-gerichte Digital Innovation Hubs voorzien, die testen en experimenten vergemakkelijken, en industriële dataplatforms met hoogwaardige datasets. Het Europees Fonds voor Strategische Investerings (EFSD) zal de ontwikkeling en de invoering van AI ondersteunen, als onderdeel van de bredere inspanningen om de digitalisering te bevorderen.

In april 2018 onthulde het **Verenigd Koninkrijk** een AI-sectordeal²⁹² tussen privé en publieke sectoren met een investering van \$1,4 miljard (£1 miljard) in AI. Deze deal heeft onder meer tot doel het aantal AI-doctoraatstudenten te verhogen met 200, alsook het aantal masterstudenten met 700. Ook de financiering voor informaticaonderwijs dient te worden verhoogd, zodat het aantal docenten in computerwetenschappen kan stijgen tot 12.000²⁹³. Dit plan steunt op vijf grondslagen:

- Ideeën – ‘s werelds meest innovatieve economie;
- Mensen – goede banen en meer inkomsten voor iedereen;
- Infrastructuur – een belangrijke upgrade van de Britse infrastructuur;
- Bedrijfsomgeving – de beste plaats om een bedrijf te starten en te laten groeien;
- Plaatsen – welvarende gemeenschappen in het Verenigd Koninkrijk.

De oprichting van een centrum voor gegevensethiek en -innovatie zorgt voor ethische normen ter ondersteuning van de ontwikkeling van AI²⁹⁴. De *Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce* (RSA) beraadslaagt aan de hand van een debat met burgers over het ethische gebruik van AI, en in het bijzonder het gebruik ervan om beslissingen te helpen nemen²⁹⁵.

Overheidsinstanties experimenteren al met chatbots om routinematige oproepen van gebruikers van lokale overheidsdiensten te ondersteunen. Daarnaast gebruiken ze AI om satellietbeelden te verwerken en analyseren,

bijvoorbeeld bij landschapsveranderingen na natuurrampen²⁹⁶. In het rapport ‘AI in the UK: ready, willing and able?’ van *The House of Lords* wordt aanbevolen dat het Verenigd Koninkrijk zijn voordelen in AI-gerelateerd O&O dient te behouden via bestaande onderzoeksraden en andere mechanismen. Het rapport waarschuwt eveneens voor het risico dat er momenteel een te grote focus heerst op deep learning, waardoor andere AI-disciplines mogelijk worden verwaarloosd. Deze andere disciplines kunnen bijdragen aan de volgende grote technologische vooruitgang en zijn essentieel om ervoor te zorgen dat het land koploper blijft in de ontwikkeling van AI in het algemeen.

In januari 2018 lanceerde **Frankrijk** een AI-strategie, ‘France IA’²⁹⁷, die de topprioriteiten van de overheid vaststelt:

- het verbinden van de verschillende spelers;
- gerichtheid op gegevensprivacy en -bescherming;
- het oprichten van een Frans AI-model inzake privacy en ethiek²⁹⁸.

President Macron kondigde in maart 2018 een plan van €1,5 miljard aan om Frankrijk tegen 2022 tot een van de wereldleiders inzake AI-onderzoek en -ontwikkeling te laten uitgroeien²⁹⁹, naar aanleiding van de aanbevelingen van parlementslid Cédric Villani³⁰⁰, die zich op de volgende punten concentreerde:

- een agressief gegevensbeleid ontwikkelen;
- zich richten op vier strategische sectoren (gezondheid, transport, milieu, maar ook defensie en veiligheid);
- het potentieel van Frans onderzoek stimuleren;
- de impact van AI op arbeid plannen;
- AI milieuvriendelijker maken;
- de zwarte dozen van AI openen (verklaarbare AI);
- ervoor zorgen dat AI inclusiviteit en diversiteit ondersteunt.

In overeenstemming met deze plannen lanceerde Frankrijk in maart 2018 het geavanceerde studieprogramma ‘Man Machine Teaming’ om AI voor gevechtssluchtvaart te ontwikkelen³⁰¹.



Het ministerie van Economische Zaken en Werkgelegenheid van **Finland** heeft in 2017³⁰² zijn AI-visie gepubliceerd, met een sterke implementatie van AI voor ogen om het welzijn van de burgers te verbeteren. Acht kernactiepunten dienen Finland toonaangevend te maken op het gebied van AI-aanvaarding en onderzoek:

- het concurrentievermogen van bedrijven verbeteren door het gebruik van AI;
- gegevens in alle sectoren effectief gebruiken;
- AI op een snellere en eenvoudigere manier aannemen;
- topdeskundigen aantrekken;
- ingrijpende beslissingen en investeringen nemen respectievelijk doen;
- de beste openbare diensten aanbieden;
- in nieuwe modellen voor samenwerking voorzien;
- een voorloper worden in het tijdperk van AI.

Van 2018 tot 2022 zal de Finse overheid €160 miljoen investeren in het 'AI Business'-programma. Dit fonds biedt €200 miljoen (waarvan €100 miljoen van particuliere investeerders) aan beurzen en financiële incentives om KMO's en grote bedrijven te stimuleren om AI te ontwikkelen en te gebruiken. Bovendien wordt €60 miljoen voorzien om digitale platforms te bouwen en te ontwikkelen met een aanzienlijk netwerkeffect³⁰³.

In **Duitsland** presenteerde het ministerie van Economische Zaken en Energie zijn visie op AI voor Industry 4.0 op de G20-conferentie in maart 2017 (*'Digitising Manufacturing in the G20 – Initiatives, Best Practices and Policy Approaches'*³⁰⁴). Verschillende prioriteitsgebieden werden gedefinieerd:

- hybride teams van arbeiders en collaboratieve robots in slimme fabrieken;
- deep learning voor voorspellend onderhoud van genetwerkte productiemachines en om inzichten te verwerven in het gedrag van werknemers;
- intelligente industriële assistentiesystemen voor werknemers;
- semantische technologieën voor wereldwijde interoperabiliteit van machine-naar-machine-communicatie in slimme fabrieken en logistiek;

- vertrouwde hubs voor industriële gegevensuitwisseling en machine learning voor ‘industrial process mining’;
- langdurige autonomie, zelflerend vermogen alsook zelfherstellend vermogen van industriële componenten;
- beveiligingstechnologieën voor intelligente inbraakdetectie en penetratietesten voor slimme fabrieken.

In april 2017 werd de ‘Ethics Commission on Automated and Connected Driving’ gelanceerd door het BMVI (het Federale Ministerie van Transport en Digitale Infrastructuur)³⁰⁵. Meer recentelijk kondigde Bondskanselier Angela Merkel haar plannen aan voor een nationale AI-strategie, maar tot op heden is er weinig informatie over beschikbaar. Volgens Forbes³⁰⁶ zal de totale investering in AI vanwege de overheid waarschijnlijk meer dan £1 miljard bedragen.

Nederland is momenteel nog bezig met het opzetten van een nationale AI-strategie. Het land wil een concurrerende economie ontwikkelen door toegepast technisch onderzoek te financieren³⁰⁷. Als onderdeel van dit plan lanceerde Nederland op 26 april 2018 een eigen *Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI)*³⁰⁸.

Oxford Insights³⁰⁹ stelt een rangorde voor van het maturiteitsniveau van landen om AI in openbare diensten te implementeren. Zowel het Verenigd Koninkrijk (nr. 1) als de Verenigde Staten (nr. 2) tonen leiderschap als het gaat om het benutten van AI in hun openbare dienstverlening. Frankrijk (nr. 5) en Nederland (nr. 6) volgen, terwijl Finland (nr. 10), Duitsland (nr. 13) en België (nr. 18) minder ver gevorderd zijn. China is niet terug te vinden in de top 35.

Aanbevelingen voor beleidsinitiatieven en de overheidsagenda

Verschiedende beleidsinitiatieven zijn al gaande in België, en in Vlaanderen in het bijzonder. Naar de voorbeelden van de Verenigde Staten, China, het Verenigd Koninkrijk, Finland en Frankrijk is er echter nood aan een duidelijk AI-strategieplan.

De afstemming met Europese initiatieven zoals hierboven beschreven, is cruciaal voor het handhaven van een goede samenwerking met de Europese lidstaten en regio’s. In plaats van 28 verschillende nationale strategieën en regionale actieplannen uit te voeren, biedt een nauwe samenwerking meer wederzijdse voordelen op. De memo van april 2018, ‘*A European approach on Artificial Intelligence*’³¹⁰, biedt heel wat inzichten. De aanpak omvat:

- de technologische en industriële capaciteit van de EU alsook de opname van AI door de hele economie versterken;
- de sociaaleconomische veranderingen door AI voorbereiden;
- een passend ethisch en juridisch kader in stand houden.

Volgens een expert zijn er drie belangrijke dimensies van maatschappelijke impact waarmee de overheid bij het opstellen van een AI-strategieplan rekening dient te houden:

- Democratisch: bereik en communicatie naar parlementsleden en burgers;
- Ethisch: waarvoor kunnen we wel en niet AI gebruiken? (Elke technologie kan worden misbruikt.);
- Juridisch/wettelijk: behoefte aan een goede wetgeving voor het gebruik en de implementatie van AI.

Naast het ondersteunen van AI-onderwijs, onderzoek, ontwikkeling en de industrie is AI nog steeds een technologie die voor veel verschillende toepassingen zorgt. De Vlaamse overheid moet niet enkel de implementatie en het gebruik van AI voortzetten om de doelen binnen de eigen bevoegdheden te bevorderen³¹¹, maar ook actief de hoeveelheid data-analyse en AI binnen en door de overheid aanmoedigen. Het goede voorbeeld geven is een goede strategie. De applicaties, softwareoplossingen en best practices op het vlak van AI die door interne innovatie, binnen de Vlaamse overheid, zijn verworven, kunnen worden gedeeld als ‘open source’, waardoor onderzoek en industrie hun AI-implementatiekosten kunnen ‘hergebruiken’ en verminderen.

De overheid moet ook de implementatie van FAIR-beginselen voor gegevensbeheer bevorderen voor alle gegevens die voor AI-doeleinden worden aangemaakt om het hergebruik ervan in organisaties en disciplines te vergemakkelijken.

Besluit

Hoewel artificiële intelligentie een ‘buzzwoord’ is, omvat het inderdaad een reeks technologieën die de digitale revoluties zal bevorderen en ons hele leven zal blijven doordringen.

Veel, zo niet alle, geïndustrialiseerde landen zijn zich hiervan bewust en investeren massaal in artificiële intelligentie. Achterblijven lijkt geen optie te zijn. Vanuit een globaal perspectief, en om competitief te blijven, is het belangrijk dat de AI-strategie van Vlaanderen ook ingebed is in Europa.

We hebben de capaciteit om wereldleider te zijn in sommige AI-disciplines. In andere disciplines, is het voldoende om over de knowhow te beschikken om de technologie te gebruiken en te implementeren. Bovendien zal er voor sommige specifieke aspecten behoefte zijn aan een aangepaste ontwikkeling die is afgestemd op onze lokale behoeften. De disciplines waarin we wereldleider kunnen zijn, zijn de disciplines waar we al sterk staan (zie tabel 1 en de bespreking van de verschillende onderzoekslaboratoria en instituten in Vlaanderen). Ook zijn we afhankelijk van doorbraken van bepaalde individuele of kleine groepen (deze serendipiteit is mogelijk in een open onderzoeksomgeving met goede opleidingen, zoals doctoraatstudenten in een van onze laboratoria).

Wetenschappelijk onderzoek, toegepast onderzoek en bedrijfsimplementatie dienen tegelijkertijd te worden gestimuleerd. Het opzetten van een AI-ecosysteem kan dit ondersteunen door een samenwerkingsverband te bieden tussen ondernemingen, overheid en onderwijs, en de nodige coördinatie en governance te voorzien.

Veel bedrijven verzamelen en structureren gegevens. Elk bedrijf kan profiteren van de voordelen van data-analyses, hoe klein ook. Op basis van de behoeften van een bedrijf (voortkomend uit specifieke bedrijfskennis) kan een data scientist vrij snel het laaghangend fruit identificeren aan de hand van algoritmes, waarvan deep learning slechts de meest recente ontwikkeling is. Moeilijkere problemen die specifiek onderzoek vereisen (of de toepassing van specifieke hulpmiddelen zoals bepaalde geïntegreerde sensoren) zijn duurder en zijn meer gebaat met samenwerking. Dit is waar ‘use cases’ momenteel ontbreken.

Door AI te implementeren binnen al haar bevoegdheden en het stevig te verankeren in het governance model, kan de Vlaamse overheid als voorbeeld dienen voor de industrie. De overheid dient FAIR-datamanagement te promoten en de facilitator zijn voor hergebruik van datamodellen en -gegevens over organisaties en disciplines heen.

Het hoger onderwijs kan inzichten bieden in de onderliggende theorieën van AI en in het opbouwen van AI-hardware en AI-software, alsook in de vertaling van zakelijke problemen in termen van AI, zodat AI de juiste oplossingen kan aanreiken (voorspellingen, adviezen of acties).

Het AI-ecosysteem kan deze opgeleide mensen verbinden met de bestaande laboratoria, industrieën en onderzoeksfaciliteiten in Vlaanderen. Door bestaande banden te versterken en nieuwe te creëren, kunnen de juiste vaardigheden worden ingezet.

Is Vlaanderen klaar om zijn AI-ecosysteem op te zetten?

Bijlage: Methode

Onze aanpak

Om de in de inleiding vermelde doelstellingen te verwezenlijken, hebben we de volgende activiteiten uitgevoerd:

- **Definitie van indicatoren:** Om een duidelijk beeld te krijgen van de te verzamelen gegevens, hebben we per onderzoeksdomein een duidelijke reeks van indicatoren gedefinieerd.
 - *Evoluties in de gehele kennisketen*
 - **Opleiding:** Het opleidingsaanbod (bachelor, master of professionele programma's) met betrekking tot AI.
 - **Onderzoek:** Onderzoekinstellingen die zich volledig toeleggen op gezamenlijk onderzoek op een strategisch gebied over een specifiek onderwerp en de directe en indirecte overheidsfinanciering en fiscale steun voor O&O.
 - **Patenten:** De bescherming van uitvindingen binnen alle technologieën voor een specifiek land en een specifiek tijdsbestek.
 - **Wetenschappelijke publicaties:** Artikelen waarin de resultaten worden gepresenteerd van onderzoek dat binnen een academisch veld naar literatuur is verricht.
 - **Publiek-private samenwerking (PPS) tussen onderzoek en het bedrijfsleven:** Samenwerkingsregeling tussen twee of meer publieke en private actoren, doorgaans van lange duur.
 - *Het gebruik van AI binnen bedrijven*
 - **Arbeidsmarkt:** Jobs en jobaanbiedingen die verband houden met AI.
 - **Bedrijven:** Het industrielandchap op B2B- en B2C-niveau, inclusief startups en scale-ups.
 - **Startups:** Nieuw opgerichte bedrijven die de ontwikkeling van schaalbare bedrijfsmodellen onderzoeken door te bepalen hoe goed een product en de markt bij elkaar passen en door te experimenteren met klantsegmentatie.
 - **Scale-ups:** Bedrijven met bewezen bedrijfsmodellen en producten die binnen de markt zijn gevalideerd.
 - **Spin-offs van universiteiten:** Universitaire spin-offs hebben tot doel technologische kennis die binnen een universitaire setting is ontstaan te benutten om producten of diensten te ontwikkelen.
 - *Beleidsinitiatieven:* De aanwezigheid van AI op de overheidsagenda
- **Bureauonderzoek en gesprekken met deskundigen ter zake:** De gegevens voor de bovengenoemde indicatoren zijn verzameld door middel van bureauonderzoek, waaronder PwC-studies, en gesprekken met deskundigen ter zake (academici, industriëlen en PwC-experts over de hele wereld). Op de volgende pagina volgt een overzicht van de gevoerde gesprekken op het gebied van AI.
- **Analyse van de bevindingen en formulering van aanbevelingen:** Op basis van de analyse van onze bevindingen voor de verschillende landen en onze ervaring hebben wij best practices geïdentificeerd en aanbevelingen geformuleerd voor Vlaanderen.

Domein	Organisatie	Contactpersoon	Functie	Datum
Algemeen	Agoria	Ferdinand Casier	Business Group Leader Industries	9/05/2018
Algemeen	Sirris / UAntwerpen Management School	Omar Mohout	Technologie ondernemer / Professor	14/05/2018
Algemeen	imec	Jo De Boeck	CTO	18/05/2018
Algemeen	Flanders Make	Ger van den Kerkhof Sonia Vanderlinden	Marketing manager Program lead human	24/05/2018
Algemeen	Gondola	Pierre-Alexandre Billiet	CEO	12/06/2018
AI	UGent - imec	Tony Belpaeme	Professor	08/05/2018
AI	VUB AI Lab	Tom Lenaerts	Research Professor	08/05/2018
AI	PwC China	Yilun Luo	PwC Tech Leader China	09/05/2018
AI	PwC Finland	Jesse Sandqvist	Digital Consultant	09/05/2018
AI	Datacamp	Martijn Theuwissen	Co-founder	14/05/2018
AI	KU Leuven	Frank Van Eynde	Professor CCL	15/05/2018
AI	PwC Duitsland	Paul-Louis Pröve	AI consultant	16/05/2018
AI	PwC Verenigde Staten	Anad Rao	PwC Global AI Lead Innovation Lead, Data & Analytics	16/05/2018
AI	VUB AI Lab	Luc Steels	Research Professor	18/05/2018
AI	PwC Duitsland	Thorsten Schmidt	PwC AI Lead GermanyDuitsland	22/05/2018
AI	PwC UK	Rob McCargow	PwC Programme Leader AI	22/05/2018
AI	TextGain	Guy De Pauw	CEO	22/05/2018
AI	VUB	Lennert Vierendeels	Business developer BruBotics	23/05/2018
AI	Vlaamse overheid	Marijke Verhavert	Programma Manager	29/05/2018
AI	KU Leuven / ESAT	Bart De Moor	Professor	30/05/2018
AI	UGent	Dirk Van Den Poel	Professor	30/05/2018
AI	NVIDIA	Alison Lowndes	DevRel AI	08/06/2018
AI	VSC	Stefan Becuwe	Associatie Universiteit & Hogescholen Antwerpen	11/06/2018
AI	VUB AI Lab	Ann Nowé	Research Professor	11/06/2018

Octrooien: 10 CPC-codes

1. **G10L15/00**: “Speech recognition”
6. **G06F17/20**: “Digital computing or data processing equipment or methods, specially adapted for specific functions – Handling natural language data (speech analysis or synthesis G10L)”
7. **G06F3/16**: “Input arrangements for transferring data to be processed into a form capable of being handled by the computer; Output arrangements for transferring data from processing unit to output unit, e.g. interface arrangements (typewriters B41J; conversion of physical variables F15B5/00, G01; image acquisition G06T1/00, G06F9/00; coding, decoding or code conversion in general H03M; transmission of digital information H04L; in regulating or control systems G05B) – Sound input; Sound output (speech processing G10L)”
8. **H04M2201/40**: “Electronic components, circuits, software, systems or apparatus used in telephone systems – using speech recognition (speech recognition per se G10L15/00)”
9. **H04M3/493**: “Automatic or semi-automatic exchanges (constructional details of telephone exchanges H04Q1/02) – “Systems providing special services or facilities to subscribers – Arrangements for providing information services, e.g. recorded voice services, time announcements – Interactive information services, e.g. directory enquiries; Arrangements therefor, e.g. interactive voice response [IVR] systems or voice portals – Speech interaction details (speech recognition per se G10L15/00)”
10. **G05D1/00**: “Substation equipment, e.g. for use by subscribers; Analogous equipment at exchanges (prepayment telephone coin boxes H04M17/00; current supply arrangements H04M19/00; telephone sets particularly adapted for data transmission H04M11/066; network interface devices H04Q1/028) – Devices for signalling identity of wanted subscriber (constructional features H04M1/23)”
11. **H04M1/271**: “Devices for signalling identity of wanted subscriber (constructional features H04M1/23) – Devices whereby a plurality of signals may be stored simultaneously (devices disposed in the exchange H04M3/424, H04M3/44) – controlled by voice recognition”
12. **G05D2201/02**: “SYSTEMS FOR CONTROLLING OR REGULATING NON-ELECTRIC VARIABLES (for continuous casting of metals B22D11/16; valves per se F16K; sensing non-electric variables, see the relevant subclasses of G01; for regulating electric or magnetic variables G05F) – Application – Control of position of land vehicles”
13. **G05D1/0246**: “Control of position, course or altitude of land, water, air, or space vehicles, e.g. automatic pilot (steering applicable only to other than landborne vehicles, e.g. three-dimensional steering applicable to both aircraft and submarines B60K; construction or disposition of steering means on land vehicles B62, on waterborne vessels B63; manual or automatic control of aircraft, e.g. using automatic pilot or radiated signal B64C; radio navigation systems or analogous systems using other waves G01S) – Control of position or course in two dimensions – specially adapted to land vehicles – using optical position detecting means (position-fixing by using electromagnetic waves other than radio waves, e.g. optical position detecting means G01S5/16) – using a video camera in combination with image processing means (image data processing in general G06T; video signal coding and transmission H04N)”
14. **Y10S706/00**: “Data processing: artificial intelligence”

Bijlage: Bronnen

¹ Europese Commissie, (25/04/2018), *MEDEDELING VAN DE COMMISSIE AAN HET EUROPEES PARLEMENT, DE EUROPESE RAAD, DE RAAD, HET EUROPEES ECONOMISCH EN SOCIAAL COMITÉ EN HET COMITÉ VAN DE REGIO'S Kunstmatige intelligentie voor Europa COM/2018/237 final* - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:52018DC0237>

² PwC (2017), *Sizing the Prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* - <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>

³ Technology's Stories (12/03/2018), *Broken Promises & Empty Threats: The Evolution Of AI In The USA, 1956-1996* - <http://www.technologystories.org/ai-evolution/>

⁴ Times Higher Education (2018), *World University Rankings 2018 by subject: computer science* - https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2018/subject-ranking/computer-science#!/page/1/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats

⁵ KU Leuven (2017), *Master of Artificial Intelligence (Leuven)* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_50268936.htm#activetab=diploma_omschrijving

⁶ KU Leuven (2017), *Master of Mathematical Engineering (Leuven)* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_52357094.htm#activetab=diploma_omschrijving

⁷ KU Leuven (2017), *Master in de statistiek (Leuven)* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/2017/opleidingen/n/CQ_50268897.htm#activetab=diploma_omschrijving

⁸ KU Leuven (2017), *Master in de ingenieurswetenschappen: computerwetenschappen* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/n/SC_51230411.htm

⁹ KU Leuven (2017), *Master of Biomedical Engineering* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_51360389.htm

¹⁰ KU Leuven (2017), *Master of Bioinformatics* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_50269018.htm

¹¹ KU Leuven (2017), *Master in de toegepaste informatica* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/n/CQ_50268901.htm

¹² KU Leuven (2017), *Master Elektrotechniek* - <https://www.esat.kuleuven.be/onderwijs/master/elektrotechniek>

¹³ KU Leuven (2017), *Master of Information Management* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/SC_51017076.htm

¹⁴ UAntwerpen (2018), *Master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT (industriële ingenieur)* - <https://www.uantwerpen.be/nl/onderwijs/opleidingsaanbod/master-elektronica-ict/studieprogramma/>

¹⁵ Universiteit Antwerpen (2018), *Master in de informatica: Data Science* - <https://www.uantwerpen.be/nl/onderwijs/opleidingsaanbod/master-informatica-data-science/studieprogramma/>

- ¹⁶ Universiteit Antwerpen (2018), *Computationale Psycholinguïstiek – Studieprogramma* - <https://www.uantwerpen.be/nl/onderwijs/opleidingsaanbod/taalkunde-letterkunde-studeren/master-taalkunde-letterkunde/studieprogramma/computationele-psycholinguïstiek/>
- ¹⁷ Universiteit Gent (2017), *Master of Science in Marketing Analysis* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-marketing-analysis-en>
- ¹⁸ Universiteit Gent (2017), *Master of Science in Statistical Data Analysis* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-statistical-data-analysis/programma>
- ¹⁹ UGent (2018), *Master of Science in Electrical Engineering (Communication and Information Technology)* - <https://studiekiezer.ugent.be/en/afstudeerrichting/EMELECCI>
- ²⁰ Universiteit Gent (2018), *Master of Science in de ingenieurwetenschappen: computerwetenschappen* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-de-ingenieurwetenschappen-computerwetenschappen>
- ²¹ Universiteit Gent (2018), *Master of Science in de ingenieurwetenschappen: elektrotechniek* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-de-ingenieurwetenschappen-elektrotechniek>
- ²² Universiteit Gent (2018), *Master of Science in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-de-industriële-wetenschappen-elektronica-ict-ict>
- ²³ Universiteit Gent (2018), *Master of Science in de industriële wetenschappen: informatica* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-de-industriële-wetenschappen-informatica>
- ²⁴ Universiteit Gent (2018), *Master of Science in Computer Science Engineering* - <https://studiegids.ugent.be/2018/EN/FACULTY/E/MABA/EMCOSC/EMCOSC.html>
- ²⁵ Universiteit Gent (2018), *Master of Science in de informatica* - <https://studiekiezer.ugent.be/master-of-science-in-de-informatica>
- ²⁶ UHasselt (2018), *Masteropleiding in Informatica* - <https://www.uhasselt.be/masteropleiding-in-de-informatica>
- ²⁷ UHasselt (2017), *Master of Statistics* - <https://www.uhasselt.be/Master-of-Statistics>
- ²⁸ Vrije Universiteit Brussel (2017), *Ingenieurwetenschappen: Toegepaste Computerwetenschappen* - <http://www.vub.ac.be/opleiding/ingenieurwetenschappen-toegepaste-computerwetenschappen/>
- ²⁹ Vrije Universiteit Brussel (2018), *Master in de ingenieurwetenschappen: computerwetenschappen profiel artificiële intelligentie* - <https://caliweb.cumulus.vub.ac.be/caliweb/?page=plan&id=00259&anchor=0000000606&target=pr&year=1819&language=nl&output=html>
- ³⁰ Postgraduaat Internet Of Things (2018) - <http://www.postgraduaatinternetofthings.be/>
- ³¹ Agentschap Innoveren en Ondernemen (2018), *Baekeland-mandaten* - <https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/baekeland-mandaten>
- ³² Vrije Universiteit Brussel (2018), *Industriële Wetenschappen: Elektronica-ICT* - <http://www.vub.ac.be/opleiding/industriële-wetenschappen-elektronica-ict#over-de-opleiding>
- ³³ Universiteit Antwerpen (2018), *Master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT (industriële ingenieur)* - <https://www.uantwerpen.be/en/education/education-and-training/ma-electronics-ict-engineering/programme-info/>
- ³⁴ UHasselt (2018), *Masteropleiding Industriële Wetenschappen* - <https://www.uhasselt.be/Masteropleiding-industriële-wetenschappen>
- ³⁵ Universiteit Gent (2017), *Master of Science in Electrical Engineering (Electronic Circuits and Systems)* - <https://studiekiezer.ugent.be/nl/afstudeerrichting/EMELECEC>

- ³⁶ KU Leuven (2017), *Master of Nanoscience, Nanotechnology and Nanoengineering (Leuven)* - https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/e/CQ_50269006.htm#activetab=diploma omschrijving
- ³⁷ PXL (04/05/2018), PXL wil starten met nieuwe bacheloropleiding Artificiële Intelligentie - <https://www.pxl.be/Pub/Home/In-De-Media/2018/PXL-wil-starten-met-nieuwe-bacheloropleiding-Artificiele-Intelligentie.html?filter=>
- ³⁸ Howest (2018), *Howest lanceert nieuwe opleidingen rond artificiële intelligentie* - <https://www.howest.be/nl/nieuws/howest-lanceert-nieuwe-opleidingen-rond-artificiele-intelligentie>
- ³⁹ Eduvision (2018), *Opleiding Kunstmatige Intelligentie* - <https://www.eduvision.be/course/kunstmatige-intelligentie>
- ⁴⁰ Imec.academy (2018), <https://www.imec-int.com/en/academy>
- ⁴¹ Interview met deskundigen
- ⁴² VRT NWS (24/05/2018), *Vlaamse wiskundeleraren: “De nieuwe eindtermen voor wiskunde zijn revolutionair”* - <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/05/24/vlaamse-wiskundeleraren---met-de-nieuwe-eindtermen-gaat-het-nive/>
- ⁴³ EIT Digital (2018), *About us* - <https://www.eitdigital.eu/about-us/>
- ⁴⁴ EIT Digital (2018), *Autonomous Systems (AUS)* - <https://masterschool.eitdigital.eu/programmes/aus/>
- ⁴⁵ EIT Digital (2018), *Human Computer Interaction and Design (HCID)* - <https://masterschool.eitdigital.eu/programmes/hcid/>
- ⁴⁶ EIT Digital (2018), *Visual Computing and Communication (VCC)* - <https://masterschool.eitdigital.eu/programmes/vcc/>
- ⁴⁷ EIT Digital (2018), *Data Science (DSC)* - <https://masterschool.eitdigital.eu/programmes/dsc/>
- ⁴⁸ LCT (2014), *Project Overview - Language & Communication Technologies* - https://lct-master.org/contents_2014/overview.php
- ⁴⁹ VIBOT (2018), *Joint MSc in Vision and Robotics* - <https://www.vibot.org/joint-msc-in-vision--robotics.html>
- ⁵⁰ IPCV (2018), *Short presentation of the Programme* - <http://www.ipcv.eu/about/shortpresentationoftheprogramme>
- ⁵¹ Universiteit Utrecht (2018), *Departement Filosofie en Religiewetenschap* - <https://www.uu.nl/organisatie/departement-filosofie-en-religiewetenschap/onderwijs>
- ⁵² Tilburg University (2018), *Experts & Expertise: prof. dr. M.M. (Max) Louwerse* - https://www.tilburguniversity.edu/nl/webwijs/show/m.m.louwerse_nl/
- ⁵³ Tampere University of Technology (2018), *Robotics and Artificial Intelligence* - <http://www.tut.fi/en/admissions/masters-studies-in-english/robotics-and-artificial-intelligence/index.htm>
- ⁵⁴ University of Helsinki (2018), *Master's Programme in Agricultural Sciences, Master of Science (Agriculture and Forestry), 2 years* - <https://www.helsinki.fi/en/masters-programme-in-agricultural-sciences-master-of-science-agriculture-and-forestry-2-years/1.2.246.562.17.64763009723>
- ⁵⁵ University of Helsinki (2018), *Master's Programme in Life Science Informatics, Master of Science, 2 years* - <https://www.helsinki.fi/en/masters-programme-in-life-science-informatics-master-of-science-2-years/1.2.246.562.17.768101157910>
- ⁵⁶ EIT Digital (2018), *Autonomous Systems (AUS)* - <https://masterschool.eitdigital.eu/programmes/aus/>

- ⁵⁷ Bauhaus-Universität Weimar (2018), *Studies* - <https://www.uni-weimar.de/en/media/studies/>
- ⁵⁸ LCT (2014), *Project Overview - Language & Communication Technologies* - https://lct-master.org/contents_2014/overview.php
- ⁵⁹ SRH Hochschule Berlin (2018), *Engineering and International Business (M.Eng.) Focus on Renewable Energy, Water and Waste Management* - <https://www.srh-hochschule-berlin.de/en/study-programmes/master/meng-engineering-and-international-business-focus-on-renewable-energy-water-and-waste-management/>
- ⁶⁰ École Polytechnique (2018), *Artificial Intelligence & Advanced Visual Computing Master | Graduate degrees – Masters* - <https://portail.polytechnique.edu/graduatedegree/master/artificial-intelligence-advanced-visual-computing>
- ⁶¹ Eurecom (2018), *EIT Digital Master in Autonomous Systems* - <http://www.eurecom.fr/en/teaching/eit-digital-master-autonomous-systems>
- ⁶² Eurecom (2018), *Post Master's Degree in Connected Vehicles (C-ITS)* - <http://www.eurecom.fr/en/teaching/post-master-degree/intelligent-transport-systems>
- ⁶³ Université de Bordeaux (2018), *Image Processing and Computer Vision (IPCV)* - <https://www.u-bordeaux.com/Education/International-study-offer/Masters/Image-Processing-and-Computer-Vision-IPCV>
- ⁶⁴ Machine Learning and Data Mining (2018), *International Master Program* - <https://mldm.univ-st-etienne.fr/>
- ⁶⁵ ENS Paris-Saclay (2017), *Département Mathématiques – Master MVA* - <http://math.ens-paris-saclay.fr/version-francaise/formations/master-mva/contenus-/master-mva-cours-2016-2017-161721.kjsp?RH=1409824973905>
- ⁶⁶ PwC (2017), *Want to study Technology?* - <https://www.pwc.co.uk/careers/school-jobs/jobs/flying-start-degrees/technology.html>
- ⁶⁷ US News (2018), *Best Artificial Intelligence Programs & Top Computer Science Schools* - <https://www.usnews.com/best-graduate-schools/top-science-schools/artificial-intelligence-rankings#close-modal>
- ⁶⁸ Carnegie Mellon University (2018), *School of Computer Science – Master's Programs* - <https://www.cs.cmu.edu/masters-programs>
- ⁶⁹ MIT Professional Education (2018), *Professional Certificate Program in Machine Learning and Artificial Intelligence* - <http://professional.mit.edu/programs/short-programs/professional-certificate-program-machine-learning-AI>
- ⁷⁰ Stanford Center for Professional Development (2018), *Artificial Intelligence Graduate Certificate* - <https://scpd.stanford.edu/public/category/courseCategoryCertificateProfile.do?certificateId=1226717&method=load>
- ⁷¹ Stanford (2018), *AI4ALL* - <http://ai4all.stanford.edu/>
- ⁷² Berkeley EECS (2018), *Artificial Intelligence (AI)* - https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Areas/AI/?_ga=2.135011896.833904825.1527869068-234539822.1527869068
- ⁷³ Paul G. Allen School of Computer Science & Engineering (2018), *Courses in Computer Science and Engineering* - <https://www.cs.washington.edu/research/ai/courses>
- ⁷⁴ Harvard John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences (2018), *Artificial Intelligence (Computational Linguistics, Machine Learning, Multi-agent Systems, Robotics)* - <https://www.seas.harvard.edu/taxonomies/research/artificial-intelligence-computational-linguistics-machine-learning-multi-agent>
- ⁷⁵ China Daily (06/11/2017), *Xi'an university pioneers an AI school* - http://www.chinadaily.com.cn/china/2017-11/06/content_34198265.htm

- ⁷⁶ South China Morning Post (03/05/2018), *China looks to school kids to win the global AI race* - <http://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2144396/china-looks-school-kids-win-global-ai-race>
- ⁷⁷ Microsoft News Centre Europe (09/03/2018), *Preparing for the world of tomorrow: Microsoft France opens innovative new AI School* - <https://news.microsoft.com/europe/2018/03/09/preparing-for-the-world-of-tomorrow-microsoft-france-opens-innovative-new-ai-school/>
- ⁷⁸ WIRED (04/05/2018), *Ex-Google Executive Opens a School for AI, With China's Help* - <https://www.wired.com/story/ex-google-executive-opens-a-school-for-ai-with-chinas-help/>
- ⁷⁹ SyncedReview Medium (26/04/2018), *Baidu to Train 100,000 AI Talents in Three Years* - <https://medium.com/syncedreview/baidu-to-train-100-000-ai-talents-in-three-years-850ab9c1cc01>
- ⁸⁰ DataCamp (2018), *Learn R, Python and Data Science Online* - <https://www.datacamp.com/>
- ⁸¹ R (2018), *The R Project for Statistical Computing* - <https://www.r-project.org/>
- ⁸² Kaggle (2017), *The State of Data Science & Machine Learning* - <https://www.kaggle.com/surveys/2017>
- ⁸³ <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-malmo/>
- ⁸⁴ Stanford University (2018), *CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition* - <http://cs231n.stanford.edu/>
- ⁸⁵ AcademicEarth.Org (2018), *Free Online Courses from Top Colleges* - <https://academicearth.org/>
- ⁸⁶ Udacity (2018), *The School of Artificial Intelligence* - <https://eu.udacity.com/school-of-ai>
- ⁸⁷ Coursera (2018), *Online Courses & Credentials by Top Educators* - <https://www.coursera.org/>
- ⁸⁸ https://www.futurelearn.com/?utm_source=RakutenMarketing&utm_medium=Affiliate&utm_campaign=3343141:WA+Agency&utm_content=3:1&utm_term=UKNetwork&ranMID=42801&ranEAID=VW0I2QEkbtc&ranSiteID=VW0I2QEkbtc-tpbJEt6d3yDMzJIU9Ix6w
- ⁸⁹ Dearlearning.ai (2018), <https://www.deeplearning.ai/>
- ⁹⁰ Kaggle (2018), *Your Home for Data Science* - <https://www.kaggle.com/>
- ⁹¹ De Tijd (29/03/2018), *Betekenen AI en IoT het einde van uw baan?* - <https://www.tijd.be/publireportage/connected-2025/betekenen-ai-en-iot-het-einde-van-uw-baan/9997089.html>
- ⁹² Digital Minds, BE Central (2018), *Artificial Intelligence Landscape in Belgium - An academic perspective* - http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=50806
- ⁹³ VUB Artificial Intelligence Lab (2018), *General Info* - <https://ai.vub.ac.be/>
- ⁹⁴ SMIT (2018), *Studies in Media, Innovation and Technology* - <http://smit.vub.ac.be/>
- ⁹⁵ BruBotics (2018), *Brussels Human Robotics Research Center* - <https://www.brubotics.eu/about-brubotics/about>
- ⁹⁶ KU Leuven (2018), *Centrum voor Computerlinguïstiek* - <https://www.arts.kuleuven.be/ling/ccl>
- ⁹⁷ KU Leuven (2018), *DTAI – Research Group* - <https://dtai.cs.kuleuven.be/>
- ⁹⁸ AIDA- Space (2018), <https://aida-space.blogspot.be/>
- ⁹⁹ KU Leuven (2018), *Embedded and Artificially Intelligent Vision Engineering (EAVISE)* - <http://www.eavise.be/>
- ¹⁰⁰ KU Leuven (2018), *Stadius Center For Dynamical Systems, Signal Processing and Data Analytics* - <https://www.esat.kuleuven.be/stadius/>
- ¹⁰¹ KU Leuven (2018), *PSI - Processing Speech and Images* - <https://www.esat.kuleuven.be/psi>

- ¹⁰² KU Leuven (2018), *CODES* - <https://set.kuleuven.be/codes>
- ¹⁰³ KU Leuven (2018), *LIIR – Language Intelligence & Information Retrieval Lab* - <https://liir.cs.kuleuven.be/>
- ¹⁰⁴ Universiteit Antwerpen (2018), *CLiPS – Computational Linguistics & Psycholinguistics* - <https://www.clips.uantwerpen.be>
- ¹⁰⁵ Universiteit Antwerpen (2018), *ADReM - Advanced Database Research & Modelling* - <https://www.uantwerpen.be/nl/onderzoeksgroep/adrem/>
- ¹⁰⁶ Universiteit Gent (2018), *IDLAB - Internet Technology and Data Science Lab* - <https://www.ugent.be/ea/idlab/en>
- ¹⁰⁷ Agoria (2018)
- ¹⁰⁸ Agoria (2018), Memorandum 2019
- ¹⁰⁹ KU Leuven (2016), *Electronic nose detects pesticides and nerve gas* - <https://nieuws.kuleuven.be/en/content/2016/electronic-nose-detects-pesticides-and-nerve-gas>
- ¹¹⁰ Interview met deskundigen
- ¹¹¹ The Web Conference in Lyon, <https://www2018.thewebconf.org/>
- ¹¹² The Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS), <https://nips.cc/>
- ¹¹³ The International Conference on Machine Learning, <https://icml.cc/>
- ¹¹⁴ The International Conference on Learning Representations, <https://iclr.cc/>
- ¹¹⁵ The International Joint Conference on Artificial Intelligence, <https://www.ijcai-18.org/>
- ¹¹⁶ The AAAI Conference on Artificial Intelligence, <http://www.aaai.org/Conferences/AAAI/aaai.php>
- ¹¹⁷ The European Association for Artificial Intelligence, *The ECAI Conference* - https://www.eurail.org/activities/ECAI_conferences
- ¹¹⁸ ECML (2018), *European Conference on Machine Learning* - <http://www.ecmlpkdd2018.org/>
- ¹¹⁹ AAMAS (2018), *International conference Autonomous Agents and Multiagent Systems* - <http://celweb.vuse.vanderbilt.edu/aamas18/>
- ¹²⁰ http://ii.tudelft.nl/bnvki/?page_id=91
- ¹²¹ Meetup, *Artificial Intelligence in Belgium*, <https://www.meetup.com/find/?allMeetups=false&keywords=Artificial+Intelligence&radius=100&userFreeform=Brussels%2C+Belgium&mcId=c1001379&mcName=Brussels%2C+BE&sort=default>
- ¹²² DataScience Meetup, <https://www.meetup.com/Data-Science-Community-Meetup/>
- ¹²³ The Data Science Community (2018), *The European Knowledge Hub for Big Data and Data Science*, <https://datasciencebe.com/>
- ¹²⁴ Data Science Leuven Meetup, <https://www.meetup.com/Data-Science-Leuven/>
- ¹²⁵ Artificial Intelligence Brussels Meetup, <https://www.meetup.com/Artificial-Intelligence-Brussels/>
- ¹²⁶ Hackerspaces, <http://hackerspaces.org/>
- ¹²⁷ Fonds Wetenschappelijk Onderzoek, <http://www.fwo.be/nl/>
- ¹²⁸ Europese Commissie, Digital Single Market (2018), *The European Artificial Intelligence landscape (Belgium 1)*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-artificial-intelligence-landscape>

- ¹²⁹ Agentschap Innoveren en Ondernemen, <https://www.vlaio.be/nl>
- ¹³⁰ Agentschap Innoveren en Ondernemen (2018), *Subsidies & financiering – Baekeland-mandaten* - <https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/baekeland-mandaten>
- ¹³¹ Europese Commissie, Digital Single Market (10/04/2018), *EU Member States sign up to cooperate on Artificial Intelligence* - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence>
- ¹³² FD (23/04/2018), *Europees techfront tegen China en Amerika*, <https://fd.nl/economie-politiek/1251448/europees-techfront-tegen-china-en-amerika#>
- ¹³³ The Guardian (23/04/2018), *Scientists plan huge European AI Hub to compete with us* - <https://www.theguardian.com/science/2018/apr/23/scientists-plan-huge-european-ai-hub-to-compete-with-us>
- ¹³⁴ <https://claire-ai.org/>
- ¹³⁵ Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE) (06/2018), *A European Vision for AI* - <https://claire-ai.org/wp-content/uploads/2018/06/CLAIRE-Vision-Document.pdf>
- ¹³⁶ BNVKI (2018), *BeNeLux Vereniging voor Kunstmatige Intelligentie* - <https://ii.tudelft.nl/bnvki/>
- ¹³⁷ BNAIC (2018), *BNAIC/BENELEARN 2018* - <https://bnaic2018.nl/>
- ¹³⁸ Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS, <https://www.iais.fraunhofer.de/en.html>
- ¹³⁹ Fraunhofer (2018), *Fraunhofer Institutes and Research Establishments* - <https://www.fraunhofer.de/en/institutes.html>
- ¹⁴⁰ Cyber Valley, <https://cyber-valley.de/en>
- ¹⁴¹ Financial Times (23/11/2017), *Germany's Cyber Valley aims to become leading AI hub* - <https://www.ft.com/content/1d0b2770-7226-11e7-93ff-99f383b09ff9>
- ¹⁴² SyncedReview Medium (19/12/2017), *2017 in Review: 10 Leading AI Hubs* - <https://medium.com/syncedreview/2017-in-review-10-leading-ai-hubs-e6f4d8a247ee>
- ¹⁴³ The Alan Turing Institute, <https://www.turing.ac.uk/about-us/>
- ¹⁴⁴ Catapult Digital, <https://www.digicatapult.org.uk/>
- ¹⁴⁵ Professor Dam Wendy Hall and Jérôme Pesenti, *Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK* - https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652097/Growing_the_artificial_intelligence_industry_in_the_UK.pdf
- ¹⁴⁶ Future of Humanity Institute, <https://www.fhi.ox.ac.uk/>
- ¹⁴⁷ Artificial Intelligence Applications Institute (AIAI), <http://www.aiai.ed.ac.uk/>
- ¹⁴⁸ France is AI, <https://franceisai.com/research>
- ¹⁴⁹ Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), <http://www.cnrs.fr/>
- ¹⁵⁰ Université Paris-Saclay, *Artificial intelligence at Université Paris-Saclay* - <https://www.universite-paris-saclay.fr/en/news/artificial-intelligence-at-universite-paris-saclay>
- ¹⁵¹ Inria, <https://www.inria.fr/en/institute/inria-in-brief>
- ¹⁵² Université PSL (Paris Sciences & Lettres), <https://www.psl.eu/en/university/about-us>
- ¹⁵³ PRAIRIE Institute (29/03/2018), *Inria takes part in PRAIRIE Institute launch* - <https://www.inria.fr/en/news/news-from-inria/launch-of-the-prairie-institute>

- ¹⁵⁴ Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI) (26/04/2018), *Innovation Center for Artificial Intelligence officially launched* - <http://www.uva.nl/en/content/news/press-releases/2018/04/innovation-center-for-artificial-intelligence-officially-launched.html>
- ¹⁵⁵ Digital Journal (04/01/2018), *China to build \$2 billion AI research centre in Beijing* - <http://www.digitaljournal.com/tech-and-science/technology/china-to-build-2-billion-ai-research-centre-in-beijing/article/511336>
- ¹⁵⁶ Cision PR Newswire (29/12/2017), *Gridsum and Peking University Law School Establish Legal AI Lab and Research Institute* - <https://www.prnewswire.com/news-releases/gridsum-and-peking-university-law-school-establish-legal-ai-lab-and-research-institute-300576005.html>
- ¹⁵⁷ Tianjin University (07/04/2018), *TJU Establishes Institute for Artificial Intelligence and Rule of Law and Convenes International Conference on “New Generation of AI and Legal Regulation”* - http://www.tju.edu.cn/english/news/201804/t20180426_305987.htm
- ¹⁵⁸ SyncedReview Medium (19/12/2017), *2017 in Review: 10 Leading AI Hubs* - <https://medium.com/syncedreview/2017-in-review-10-leading-ai-hubs-e6f4d8a247ee>
- ¹⁵⁹ Stanford Artificial Intelligence Laboratory, <http://ai.stanford.edu/>
- ¹⁶⁰ Centre for Human-Compatible AI, <http://humancompatible.ai/>
- ¹⁶¹ Berkely Artificial Intelligence Research, <http://bair.berkeley.edu/>
- ¹⁶² The Artificial Intelligence Group at UCSD, <http://ai.ucsd.edu/>
- ¹⁶³ MIT Computer Science & Artificial Intelligence Laboratory, <https://www.csail.mit.edu/about>
- ¹⁶⁴ Rafik B. Hariri Institute for Computing and Computational Science & Engineering – AI Research Initiative, <https://www.bu.edu/hic/air/>
- ¹⁶⁵ Harvard John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences, Research Interests, <https://www.seas.harvard.edu/faculty-research/research>
- ¹⁶⁶ Tencent Research Institute, 2017 Global Artificial Intelligence Talent White Paper - http://www.tisi.org/Public/Uploads/file/20171201/20171201151555_24517.pdf
- ¹⁶⁷ McKinsey&Company (12/2016), *The Rise of the Machines: How Chinese Executives Think about Developments in Artificial Intelligence* - <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/China/The%20Rise%20of%20the%20Machines%20How%20Chinese%20Executives%20Think%20about%20Developments%20in%20Artificial%20Intelligence/The%20rise%20of%20the%20machines%20How%20Chinese%20executives%20think%20about%20developments%20in%20Artificial%20Intelligence.ashx>
- ¹⁶⁸ FRIS (Flanders Research Information Space) Onderzoeksportaal, <https://researchportal.be/>
- ¹⁶⁹ Scimago Journal & Country Rank (SJR) (2018), *Scimago Journal and country rank* - <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702&area=1700&year=2017>
- ¹⁷⁰ Flanders Investment & Trade (2018), *Flanders is among the top 5 knowledge regions in Europe* - <https://www.flandersinvestmentandtrade.com/invest/en/investing-in-flanders/flanders-among-top-5-knowledge-regions-in-europe>
- ¹⁷¹ Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) (2014), *China’s rise as a major contributor to science and technology* - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4084436/>
- ¹⁷² Interview met deskundigen
- ¹⁷³ Espacenet Patent search (06/2018), https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!/CPC=Y10S
- ¹⁷⁴ Espacenet Patent search, <https://worldwide.espacenet.com/>

- ¹⁷⁵ CBInsights (2018), *Top AI Trends To Watch In 2018* - https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_State-of-Artificial-Intelligence-2018.pdf?utm_campaign=state-of-ai_2018-02
- ¹⁷⁶ SyncedReview Medium (13/12/2017), *Editor's Pick: Tencent's 2017 Internet Whitepaper* - <https://medium.com/syncedreview/synced-recommends-tencents-2017-internet-whitepaper-1d25e9fffa2b>
- ¹⁷⁷ European Patent Office (12/2017), *Patents and the Fourth Industrial Revolution, The inventions behind digital transformation* - [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/17FDB5538E87B4B9C12581EF0045762F/\\$File/fourth_industrial_revolution_2017_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/17FDB5538E87B4B9C12581EF0045762F/$File/fourth_industrial_revolution_2017_en.pdf)
- ¹⁷⁸ Vlaams Supercomputer Centrum, <https://www.vscentrum.be/>
- ¹⁷⁹ Imec (16/12/2016), *Vlaams minister Homans maakt 1 miljoen euro vrij voor 'smart cities'* - <https://www.imec-int.com/en/articles/vlaams-minister-homans-maakt-1-miljoen-euro-vrij-voor-smart-cities>
- ¹⁸⁰ Smart Flanders (2018), *Een ondersteuningsprogramma van de Vlaamse Overheid voor real-time Open Data bij lokale overheden* - <https://smart.flanders.be/>
- ¹⁸¹ Imec (2018), *Imec collaborates with City of Antwerp and Flanders to establish Smart City Living Lab* - <https://www.imec-int.com/en/articles/imec-collaborates-with-city-of-antwerp-and-flanders-to-establish-smart-city-living-lab>
- ¹⁸² Informatie Vlaanderen (2018), *Artificiële intelligentie* - <https://overheid.vlaanderen.be/artificiele-intelligentie>
- ¹⁸³ <https://start-ups.be/about>
- ¹⁸⁴ <https://www.vscentrum.be/nl/systemen-en-toegang/vsc-in-vlaanderen>
- ¹⁸⁵ <http://primeurmagazine.com/flash/AE-PR-03-18-11.html>
- ¹⁸⁶ Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI) (26/04/2018), *Innovation Center for Artificial Intelligence officially launched* - <http://www.uva.nl/en/content/news/press-releases/2018/04/innovation-center-for-artificial-intelligence-officially-launched.html>
- ¹⁸⁷ Digital Catapult (2018), *Artificial Intelligence - Accelerating industry adoption of Artificial Intelligence and growing the UK's machine learning ecosystem* - <https://www.digicatapult.org.uk/technologies/artificial-intelligence>
- ¹⁸⁸ Digital Catapult (2018), *Machines for Machine Intelligence Providing the tools and expertise to turn potential into reality, Machine Intelligence Garage* - <https://www.digicatapult.org.uk/projects/machine-intelligence-garage>
- ¹⁸⁹ <https://fcai.squarespace.com/what-we-do/>
- ¹⁹⁰ FCAI (2018), *Finnish Center for Artificial Intelligence* - http://cs.aalto.fi/en/midcom-serveattachmentguid-1e7e02d4b6c56d2e02d11e78111f7e1306abe69be69/ai_day_kaski_en.pdf
- ¹⁹¹ Europese Commissie, Digital Single Market (laatste update: 09/05/2017), *Robotics Public-Private Partnership in Horizon 2020* - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/robotics-public-private-partnership-horizon-2020>
- ¹⁹² Voice of Things (17/08/2017), *Smart City PPP Model Investment Scale and Opportunity Analysis* - http://iot.china.com.cn/content/2017-08/17/content_39083901.htm
- ¹⁹³ Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), <https://www.darpa.mil/about-us/about-darpa>
- ¹⁹⁴ DARPA, *Our Research* - <https://www.darpa.mil/our-research?tFilter=73&oFilter=&sort=undefined>
- ¹⁹⁵ <https://spectrumcollaborationchallenge.com/>

- ¹⁹⁶ Gartner (13/12/2017), *Gartner Says By 2020, Artificial Intelligence Will Create More Jobs Than It Eliminates* - <https://www.gartner.com/newsroom/id/3837763>
- ¹⁹⁷ McKinsey&Company (10/2017), *Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe's digital front-runners* - <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/europe/shaping%20the%20future%20of%20work%20in%20europes%20nine%20digital%20front%20runner%20countries/shaping-the-future-of-work-in-europes-digital-front-runners.ashx>
- ¹⁹⁸ The New York Times (19/04/2018), *A.I. Researchers Are Making More Than \$1 Million, Even at a Nonprofit* - <https://www.nytimes.com/2018/04/19/technology/artificial-intelligence-salaries-openai.html>
- ¹⁹⁹ The Economist (15/06/2017), *China may match or beat America in AI* - <https://www.economist.com/business/2017/07/15/china-may-match-or-beat-america-in-ai>
- ²⁰⁰ PwC (2018), *2018 AI Predictions 8 insights to shape business strategy* - <https://www.pwc.com/us/en/advisory-services/assets/ai-predictions-2018-report.pdf>
- ²⁰¹ Computer Business Review (CBR) (16/03/2018), *Demand for AI skills triple in the UK* - <https://www.cbronline.com/news/demand-ai-skills-triple-uk>
- ²⁰² Stanford University, SRI International, MIT en OpenAI (11/2017), *artificial intelligence index – 2017 Annual Report* - <http://cdn.aiindex.org/2017-report.pdf>
- ²⁰³ Jean-François Gagné (2018), *Global AI Talent Report 2018* - <http://www.jfgagne.ai/talent/>
- ²⁰⁴ China Insider (25/02/2014), *LinkedIn launches a Chinese-language version on the mainland* - <http://www.scmp.com/news/china-insider/article/1435128/linkedin-launches-chinese-language-version-mainland>
- ²⁰⁵ Europese Commissie, Digital Single Market (2018), *The European Artificial Intelligence landscape (The European AI Landscape (Mohout))*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-artificial-intelligence-landscape>
- ²⁰⁶ PwC (2017), *Artificial intelligence is coming. Is your business ready?* - https://www.pwc.ch/en/publications/2017/pwc_artificial_intelligence_is_coming_2017_en.pdf
- ²⁰⁷ PwC (2017), *2017 Global Digital IQ® Survey: 10th anniversary edition - A decade of digital Keeping pace with transformation* - <https://www.pwc.com/us/en/advisory-services/digital-iq/assets/pwc-digital-iq-report.pdf>
- ²⁰⁸ PwC (2017), *Bot.Me: A revolutionary partnership - How AI is pushing man and machine closer together* - <https://www.pwc.com/us/en/industry/entertainment-media/publications/consumer-intelligence-series/assets/pwc-botme-booklet.pdf>
- ²⁰⁹ PwC (2017), *Sizing the prize - What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* - <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
- ²¹⁰ PwC en Flanders Make (2017), *Industry 4.0: hype or reality? The current state of play in Flemish manufacturing* - <https://www.pwc.be/en/documents/20170322-industry-4.0-hype-or-reality.pdf>
- ²¹¹ ITProPortal (03/06/2018), *Manufacturers not using Industry 4.0 opportunities to the fullest* - <https://www.itproportal.com/news/manufacturers-not-using-industry-40-opportunities-to-the-fullest/>
- ²¹² Vlaams network van ondernemingen (Voka) (18/04/2018), *Hoe klaar is onze industrie voor Artificiële Intelligentie?* - <https://www.voka.be/nieuws/hoe-klaar-onze-industrie-voor-artificiele-intelligentie>
- ²¹³ PwC (06/2017), *What doctor? Why AI and robotics will define New Health* - <https://www.gita.org.in/Attachments/Reports/AI%20and%20robotics%20will%20define%20New%20Health.pdf>

- ²¹⁴ PwC (2017), *Rethinking retail - Artificial intelligence (AI) and robotic process automation (RPA)* - <https://www.pwc.be/en/news-publications/publications/2017/rethinking-retail-ai-rpa.html>
- ²¹⁵ Research Park (30/08/2013), *Anheuser-Busch Inbev unveils 'Bud Lab' at the University of Illinois Research Park* - <http://researchpark.illinois.edu/abinbevopensatresearchpark>
- ²¹⁶ Bekaert, <https://www.bekaert.com/en/products/construction/concrete-reinforcement/dramix-eyed-measuring-device-for-on-site-quality-control>
- ²¹⁷ Bpost, *Data solutions* - <http://www.bpost.be/site/nl/professionele-oplossingen/reclamezendingen/partnerships-en-database>
- ²¹⁸ De Standaard (05/06/2018), *Supermarkten gaan voor kassaloos betalen* - http://www.standaard.be/cnt/dmf20180604_03545613
- ²¹⁹ ENGIE Electrabel, <https://www.engie-electrabel.be/nl/boxx>
- ²²⁰ Galapagos, <http://careers.glp.com/o/scientist-bioinformatics-mechelen>
- ²²¹ Solvay (19/03/2018), *Solvay enhances digital transformation at its largest plants with Data Analytics platform* - https://www.solvay.com/en/media/press_releases/20180319-industrial-analytic-data.html
- ²²² JLABS, <https://jlabs.jninnovation.com/>
- ²²³ ML6, <https://ml6.eu/>
- ²²⁴ Europese Commissie (laatste update: 24/11/2017), *Smart Specialisation Platform - Digital Innovation Hubs* - <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs>
- ²²⁵ Europese Commissie, Digital Single Market (2018), *The European Artificial Intelligence landscape (The European AI Landscape (Westerheide)) - Database of 7,500 AI companies worldwide* - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-artificial-intelligence-landscape>
- ²²⁶ Goldman Sachs (31/08/2017), *China's Rise in Artificial Intelligence* - <http://www2.caict.ac.cn/zscp/qqzkgz/ljyd/201709/P020170921309379565253.pdf>
- ²²⁷ Future of Humanity Institute (03/2018), *Deciphering China's AI Dream* - https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream-1.pdf
- ²²⁸ IT Juzi and Tencent Institute (30/08/2017), *2017 China-US AI Venture Capital State and Trends Research Report* - Full report in Chinese can be found here: <http://voice.itjuzi.com/?p=16960>
- ²²⁹ Europese Commissie, Digital Single Market (2018), *The European Artificial Intelligence landscape (The European AI Landscape (Westerheide)) - Database of 7,500 AI companies worldwide* - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-artificial-intelligence-landscape>
- ²³⁰ Asgard (31/07/2017), *The European Artificial Intelligence Landscape | More than 400 AI companies built in Europe* - <https://asgard.vc/the-european-artificial-intelligence-landscape-more-than-400-ai-companies-made-in-europe/>
- ²³¹ Yazzoom, <http://www.yazzoom.com/>
- ²³² Sensifai, <http://www.sensifai.com/>
- ²³³ Plann3r, <https://plann3r.com/>
- ²³⁴ Salesflare, <http://www.salesflare.com>
- ²³⁵ Taglayer, <https://www.taglayer.com>
- ²³⁶ ScriptBook, <https://www.scriptbook.io>
- ²³⁷ Omar Mohout, Sirris (2016), *2016 European Artificial Intelligence Scaleups Report* - <https://www.slideshare.net/omohout/europe-ai-scaleups-report-2016>

- ²³⁸ Europese Commissie, *Digital Single Market* (2018), *The European Artificial Intelligence landscape (The European AI Landscape (Mohout))* - <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-artificial-intelligence-landscape>
- ²³⁹ Omar Mohout, Sirris (2018)
- ²⁴⁰ Asgard en Roland Berger (2018), *Artificial Intelligence – A strategy for European startups* - <https://asgard.vc/wp-content/uploads/2018/05/Artificial-Intelligence-Strategy-for-Europe-2018.pdf>
- ²⁴¹ Codata, <https://www.codata.eu/>
- ²⁴² Tangent Works, <http://www.tangent.works>
- ²⁴³ TrendMiner, <http://www.trendminer.com>
- ²⁴⁴ Fortune (08/01/2018), *These 100 Companies Are Leading the Way in A.I.* - <http://fortune.com/2018/01/08/artificial-intelligence-ai-companies-invest-startups/>
- ²⁴⁵ Fluent.ai, <https://www.fluent.ai/>
- ²⁴⁶ ML2Grow, <https://www.ml2grow.com/>
- ²⁴⁷ Froomle, <http://www.froomle.com>
- ²⁴⁸ Textgain, <https://www.textgain.com/>
- ²⁴⁹ Porphyrio, <https://www.porphyrio.com/en/home/>
- ²⁵⁰ Cartagena, <https://lrd.kuleuven.be/en/spinoff/cases/cartagenia>
- ²⁵¹ UgenTec, <https://www.ugentec.com/index>
- ²⁵² Omar Mohout, Sirris (2016), *2016 European Artificial Intelligence Scaleups Report* - <https://www.slideshare.net/omohout/europe-ai-scaleups-report-2016>
- ²⁵³ VentureRadar, https://www.ventureradar.com/following?utm_source=homepage
- ²⁵⁴ Future of Humanity Institute (03/2018), *Deciphering China's AI Dream* - https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream-1.pdf
- ²⁵⁵ Center for China & Globalization (CCG) (04/12/2017), *CCG Published the Report on AI Talent (2017)* - <http://en.ccg.org.cn/ccg-published-the-report-on-ai-talent-2017/>
- ²⁵⁶ IT Juzi and Tencent Institute (30/08/2017), *2017 China-US AI Venture Capital State and Trends Research Report* - Full report in Chinese can be found here: <http://voice.itjuzi.com/?p=16960>
- ²⁵⁷ McKinsey Global Institute (10/2017), *10 imperatives for Europe in the age of AI and automation* - <https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/ten-imperatives-for-europe-in-the-age-of-ai-and-automation>
- ²⁵⁸ CBInsights (2018), *Top AI Trends To Watch In 2018* - https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_State-of-Artificial-Intelligence-2018.pdf
- ²⁵⁹ Gazprom Media ETV, *Towards Data Science (21/03/2017), European AI Startups Landscape - Research on EU AI startups funding* - <https://towardsdatascience.com/european-ai-start-ups-landscape-52c299617e09>
- ²⁶⁰ Stanford University, SRI International, MIT en OpenAI (11/2017), *artificial intelligence index – 2017 Annual Report* - <http://cdn.aiindex.org/2017-report.pdf>
- ²⁶¹ Accenture, World Economic Forum (26/06/2017), *How China became an AI leader* - <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/how-china-became-ai-leader/>
- ²⁶² Sinovation Ventures, <http://www.sinovationventures.com/index.php/home/aboutus/index.html>

- ²⁶³ Bloomberg News (25/04/2018), *China Fund Raises \$500 Million to Snap Up Cheaper AI Startups* - <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-25/china-fund-raises-500-million-to-snap-up-cheaper-ai-startups>
- ²⁶⁴ South China Morning Post (SCMP) (21/11/2017), *China recruits Baidu, Alibaba and Tencent to AI 'national team'* - <http://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2120913/china-recruits-baidu-alibaba-and-tencent-ai-national-team>
- ²⁶⁵ UBI Global (23/02/2018), *Ranking: Top Business Accelerator – Linked to University – 2017/2018* - <http://ubi-global.com/ranking-top-business-incubator-managed-university-2017-2018-3-2/>
- ²⁶⁶ 2018 - Sirris, Omar Mohout
- ²⁶⁷ TechCrunch (07/06/2017), *Venture investing in the US and Europe are totally different industries* - <https://techcrunch.com/2017/06/07/venture-investing-in-the-us-and-europe-are-totally-different-industries/>
- ²⁶⁸ Agentschap Innoveren & Ondernemen, *Het Vlaamse clusterbeleid* - <https://www.vlaio.be/nl/clusterorganisaties/het-clusterbeleid/het-vlaamse-clusterbeleid>
- ²⁶⁹ Agentschap Innoveren & Ondernemen, *Speerpuntclusters* - <https://www.vlaio.be/nl/clusterorganisaties/het-clusterbeleid/speerpuntclusters>
- ²⁷⁰ Informatie Vlaanderen (2018), *Artificiële intelligentie* - <https://overheid.vlaanderen.be/artificiele-intelligentie>
- ²⁷¹ Informatie Vlaanderen (18/04/2018), *Inspiratiedag over Artificiële Intelligentie bij de Vlaamse overheid* - <https://overheid.vlaanderen.be/opleiding/inspiratiedag-over-artifici%C3%ABle-intelligentie-bij-de-vlaamse-overheid>
- ²⁷² Vlaams Parlement (01/12/2017), *Schriftelijke Vraag* - <http://docs.vlaamsparlement.be/pfile?id=1356741>
- ²⁷³ White House (10/2016), *The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan* - https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf
- ²⁷⁴ VRT NWS (16/04/2018), *Waarom Vlaanderen op de kar moet springen van artificiële intelligentie: "Dankzij AI kunnen we welvaart creëren"* - <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/04/12/vlaanderen-investeert-in-artificiele-intelligentie/>
- ²⁷⁵ MIT Technology Review (05/06/2018), *The White House promises to release government data to fuel the AI boom* - <https://www.technologyreview.com/s/611331/the-white-house-promises-to-release-government-data-to-fuel-the-ai-boom/>
- ²⁷⁶ The Verge (10/05/2018), *The White House has set up a task force to help further the country's AI development* - <https://www.theverge.com/2018/5/10/17340434/white-house-trump-administration-ai-task-force-automation-robotics-investment>
- ²⁷⁷ Asgard en Roland Berger (14/05/2018), *The Global Artificial Intelligence Landscape – By Asgard and Roland Berger | 2018* - <https://asgard.vc/global-ai/>
- ²⁷⁸ Asgard en Roland Berger (2018), *Artificial Intelligence – A strategy for European startups* - <https://asgard.vc/wp-content/uploads/2018/05/Artificial-Intelligence-Strategy-for-Europe-2018.pdf>
- ²⁷⁹ Future of Humanity Institute (03/2018), *Deciphering China's AI Dream* - https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream-1.pdf
- ²⁸⁰ China State Council (08/07/2017), *New Generation Artificial Intelligence Development Plan* - http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm
- ²⁸¹ Reuters (03/01/2018), *Beijing to build \$2 billion AI research park: Xinhua* - <https://uk.reuters.com/article/us-china-artificial-intelligence/beijing-to-build-2-billion-ai-research-park-xinhua-idUKKBN1ES0B8>

- ²⁸² Gigabit Magazine (17/05/2018), *Tianjin, China to launch a new \$16bn AI fund* - <https://www.gigabitmagazine.com/ai/tianjin-china-launch-new-16bn-ai-fund>
- ²⁸³ PwC (2018), *2018 AI predictions – 8 insights to shape business strategy* - <https://www.pwc.lu/en/digital-services/docs/pwc-ai-predictions-2018-report.pdf>
- ²⁸⁴ Europese Commissie, European Political Strategy Centre (27/03/2018), *The Age of Artificial Intelligence - Towards a European Strategy for Human-Centric Machines* - https://ec.europa.eu/epsc/sites/epsc/files/epsc_strategicnote_ai.pdf
- ²⁸⁵ New America (28/02/2018), *From Riding a Wave to Full Steam Ahead* - <https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/digichina/blog/riding-wave-full-steam-ahead/>
- ²⁸⁶ MIT Technology Review (10/10/2017), *China's AI Awakening* - <https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening/>
- ²⁸⁷ NPR (03/04/2018), *Facial Recognition In China Is Big Business As Local Governments Boost Surveillance* - <https://www.npr.org/sections/parallels/2018/04/03/598012923/facial-recognition-in-china-is-big-business-as-local-governments-boost-surveilla>
- ²⁸⁸ TechNode (22/10/2017), *China vs US: Who is winning the big AI battle?* - <https://technode.com/2017/10/22/china-vs-us-ai/>
- ²⁸⁹ Europese Commissie (25/04/2018), *Artificial intelligence: Commission outlines a European approach to boost investment and set ethical guidelines* - http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3362_en.htm
- ²⁹⁰ Het Financieel Dagblad (25/04/2018), *Europese Commissie: €20 mrd nodig voor kunstmatige intelligentie* - <https://fd.nl/economie-politiek/1251638/europese-commissie-20-mrd-nodig-voor-kunstmatige-intelligentie#>
- ²⁹¹ Europese Commissie (25/04/2018), *A European approach on Artificial Intelligence* - http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3363_en.htm
- ²⁹² UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy en UK Department for Digital, Culture, Media & Sport (26/04/2018), *AI Sector Deal* - <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal>
- ²⁹³ Asgard en Roland Berger (2018), *Artificial Intelligence – A strategy for European startups* - <https://asgard.vc/wp-content/uploads/2018/05/Artificial-Intelligence-Strategy-for-Europe-2018.pdf>
- ²⁹⁴ UK Department for Digital, Culture, Media & Sport (25/01/2018), *Search for leader of Centre for Data Ethics and Innovation launched* - <https://www.gov.uk/government/news/search-for-leader-of-centre-for-data-ethics-and-innovation-launched>
- ²⁹⁵ PwC (2018), *2018 AI predictions – 8 insights to shape business strategy* - <https://www.pwc.lu/en/digital-services/docs/pwc-ai-predictions-2018-report.pdf>
- ²⁹⁶ HM Government – Written evidence (AIC0229) (02/11/2017), *Government response to wider call for evidence from the House of Lords Committee on AI* - <http://data.parliament.uk/writtenevidence/committeeevidence.svc/evidencedocument/artificial-intelligence-committee/artificial-intelligence/written/73250.html>
- ²⁹⁷ France IA, <https://www.economie.gouv.fr/France-IA-intelligence-artificielle>
- ²⁹⁸ Europese Commissie, Digital Transformation Monitor (01/2018), *USA-China-EU plans for AI: where do we stand?* - https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_AI%20USA-China-EU%20plans%20for%20AI%20v5.pdf
- ²⁹⁹ POLITICO (29/03/2018), *Macron: France to invest nearly €1.5B for AI until 2022* - <https://www.politico.eu/article/macron-france-to-invest-nearly-e1-5-billion-for-ai-until-2022/>
- ³⁰⁰ AI for Humanity (2018), <https://www.aiforhumanity.fr/en/#s2>

- ³⁰¹ Dassault Aviation (16/03/2018), *Launch of the Man Machine Teaming advanced study programme* - <https://www.dassault-aviation.com/en/group/press/press-kits/launch-man-machine-teaming-advanced-study-programme/>
- ³⁰² Finnish Ministry of Economic Affairs and Employment (18/12/2017), *Finland's Age of Artificial Intelligence* - http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160391/TEMrap_47_2017_verkkojulkaisu.pdf
- ³⁰³ Team Finland (05/02/2018), *Making Finland the best place to benefit from AI and platform economy* - http://team.finland.fi/en/artikkeli/-/asset_publisher/business-finland-kaynnistaa-laajan-ohjelman-tekoalyn-ja-alustatalouden-hyodyntamiseen-liiketoiminnassa
- ³⁰⁴ German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (16-17/03/2017), *Digitising Manufacturing in the G20 – Initiatives, Best Practice and Policy Approaches* - <https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/g20-doku.pdf?blob=publicationFile&v=3>
- ³⁰⁵ German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (06/2017), *Ethics Commission – Automated and Connected Driving* - <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Documents/G/ethic-commission-report.pdf?blob=publicationFile>
- ³⁰⁶ Forbes (26/04/2018), *Britain, France And Germany Fight It Out To Be Europe's AI Leader* - <https://www.forbes.com/sites/samshead/2018/04/26/britain-france-and-germany-fight-it-out-to-be-europes-ai-leader/#1c801e44232f>
- ³⁰⁷ Considerati (29/03/2018), *AI Policy for the Netherlands* - <https://www.considerati.com/publications/blog/ai-policy-netherlands/>
- ³⁰⁸ Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI) (26/04/2018), *Innovation Center for Artificial Intelligence officially launched* - <http://www.uva.nl/en/content/news/press-releases/2018/04/innovation-center-for-artificial-intelligence-officially-launched.html>
- ³⁰⁹ Oxford Insights' (2017), *Government AI Readiness Index* - <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index/>
- ³¹⁰ Europese Commissie (25/04/2018), *A European approach on Artificial Intelligence* - [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-18-3363_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3363_en.htm)
- ³¹¹ Vlaamse Overheid (2018), *Vlaamse bevoegdheden* - <https://www.vlaanderen.be/nl/vlaamse-overheid/organisatie-van-de-vlaamse-overheid/vlaamse-bevoegdheden>

Deze inhoud is enkel voor algemene informatiedoeleinden en mag niet gebruikt worden ter vervanging van overleg met professionele adviseurs. Dit rapport is uitsluitend opgesteld voor algemene richtlijnen en vormt geen professioneel advies op maat van een specifieke situatie. U dient niet te handelen naar de informatie die hierin is opgenomen zonder specifiek professioneel advies te vragen. Er wordt geen verklaring of garantie (expliciet of impliciet) gegeven over de juistheid of volledigheid van de informatie in deze publicatie, en, voor zover wettelijk toegestaan, aanvaarden PwC, haar leden, werknemers, onderaannemers en agenten geen enkele verantwoordelijkheid of plicht voor de gevolgen van u of iemand anders die handelt, of nalaat te handelen, op basis van de informatie in deze publicatie of voor een beslissing die daarop is gebaseerd.

'PwC' verwijst naar een of meer Belgische firma's die deel uitmaken van het PwC-netwerk en kan soms verwijzen naar het PwC-netwerk. Elke firma die deel uitmaakt van het PwC-netwerk is een afzonderlijke juridische entiteit. Zie www.pwc.com/structure voor meer gedetailleerde informatie hierover.