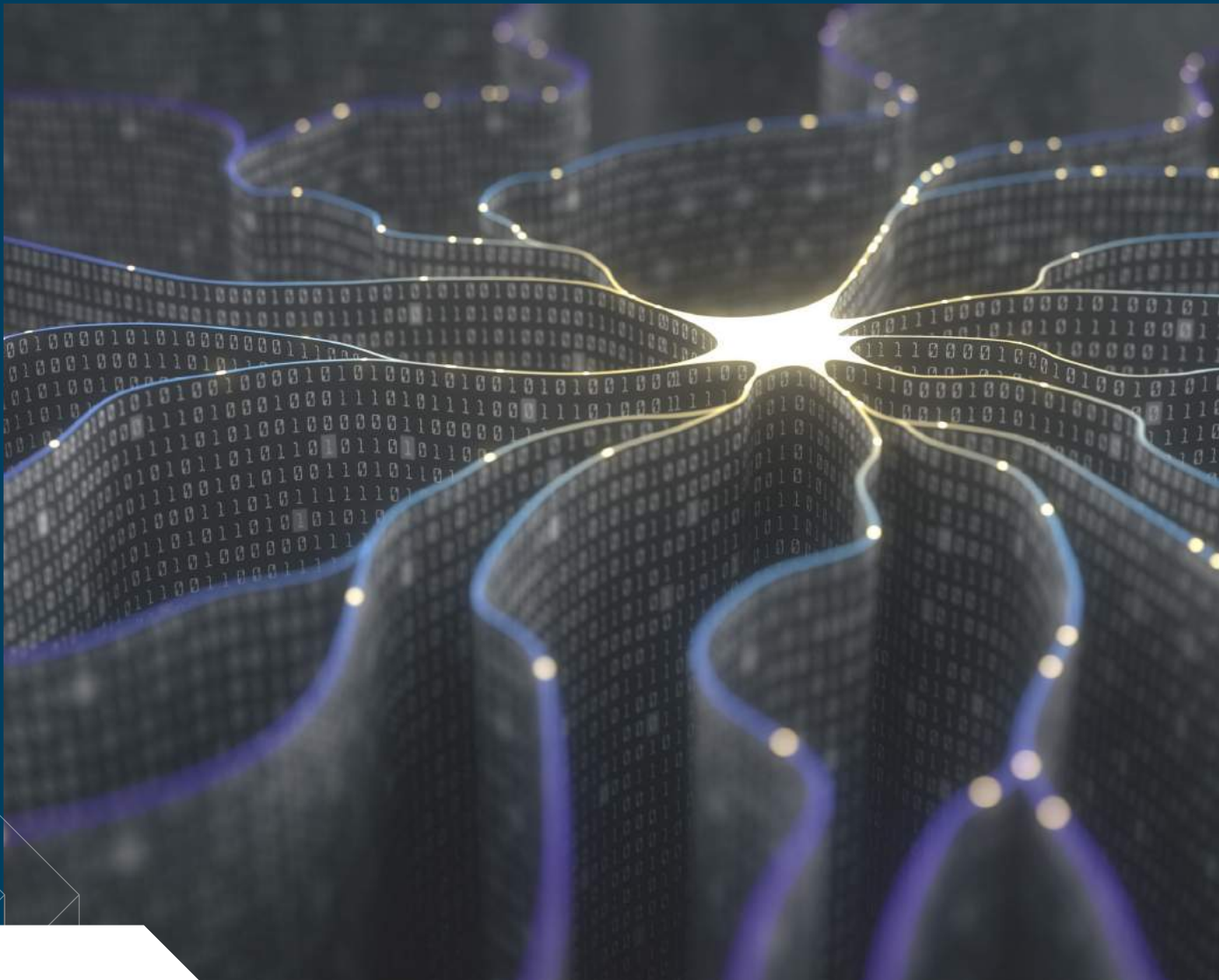


ARTIFICIËLE INTELLIGENTIE IN MOBILITEIT EN TRANSPORT

POSITION PAPER MAART 2020



SAMENVATTING

De Nederlandse economie drijft voor een belangrijk deel op de sector Mobiliteit en Transport. De noodzaak om de Nederlandse concurrentiepositie te verstevigen en om te voorzien in oplossingen voor sociaal-maatschappelijke vraagstukken zoals werkgelegenheid, verkeersveiligheid, duurzaamheid, congestie, comfort en luchtkwaliteit stimuleert de innovatie in mobiliteitsontwikkelingen. De situatie in Nederland onderscheidt zich op een aantal aspecten van landen om ons heen: bijvoorbeeld een ongekend hoog aandeel fietsers in steden, hoge bevolkingsdichtheid, drukbezette wegen, een uitgebreid OV- netwerk en de afhandeling en regie van grote internationale goederenstromen waar Nederland fungeert als “The Gateway to Europe”. Dit vereist een unieke en integrale aanpak. De complexiteit van genoemde ontwikkelingen, de hoeveelheid beschikbare data en de rekenkracht van computers nemen in een hoog tempo toe. Conventionele werkwijzen schieten inmiddels vaak tekort, maar Artificiële Intelligentie (AI) biedt de mogelijkheid om hiermee wel om te gaan en oplossingen te bieden. Dit document is geschreven als een AI-agenda voor Nederland op gebied van Mobiliteit en Transport. Dit is een verdere uitwerking van de one pager die reeds eerder is ingediend bij de AI Coalitie.

Wat bedoelen we precies met AI? AI bestaat uit adaptieve systemen die intelligent gedrag vertonen dat doorgaans voorbehouden is aan de mens. Dat wil zeggen: systemen die hun toestand en omgeving kunnen waarnemen en reconstrueren (*sensing*), kunnen analyseren en voorspellen (*thinking*) en met een zekere vorm van autonomie (zelfstandig) beslissingen kunnen nemen, adviezen kunnen geven of daadwerkelijk actie ondernemen (*acting*). Een elementair aspect voor AI is leren uit data. Voor de complexe mobiliteit- en transportsystemen is gebruik maken van grote hoeveelheden beschikbare data voor AI toepassingen ook cruciaal. Dit maakt het mogelijk om de best mogelijke beslissingen te identificeren en te implementeren op systeemniveau.

Vanuit een AI perspectief is mobiliteit en transport op te delen in twee niveaus:

- 1. Personen en objecten:** Waaronder verkeersdeelnemers, voertuigen, lading, ladingdragers, sorteerbanden en infrastructuur;
- 2. Systemen en processen:** Waaronder bevoorradingsketens, verkeerscentrales, verkeer, beleid en regelgeving.

Alleen vanuit een integrale ecosysteem-aanpak, zowel vanuit “sensing, thinking, acting” als vanuit de twee niveaus is het mogelijk om AI effectief in te zetten om de mobiliteitstransitie te realiseren. Technologisch kan er gezamenlijk opgetrokken worden in de ontwikkeling van de benodigde

technieken. Domein specifieke kennis is nodig om AI succesvol te implementeren. Hierbij is het van belang om rekening te houden met de interactie-effecten tussen de twee niveaus (personen en objecten & systemen en processen).

In potentie kan AI bijdragen aan de ontwikkeling van een geïntegreerd mobiliteits- en transportsysteem dat met nieuwe technologie zowel onze economische positie versterkt als onze sociaal-maatschappelijke context verbetert. Veelbelovende toepassingsgebieden voor een veiliger, duurzamer en efficiënter systeem zijn onder andere zelfrijdende voertuigen, slim elektrisch laden, predictief onderhoud, zelflerende energie en emissie management, coöperatieve mobiliteit, deelmobiliteit en zelforganiserende logistiek. Belangrijke eerste stap is om samen met organisaties in de sector een visie met concrete doelstellingen te formuleren en deelgebieden te identificeren en prioriteren waar we AI-gedreven innovatie als eerste gaan versnellen.

Het verder ontwikkelen en toepasbaar maken van bestaande technologie en het aantonen van de economische en maatschappelijke waarde kan versneld worden in concrete use cases. AI ontwikkelingen gaan niet alleen over het toepassen, want bepaalde generieke aspecten van AI dienen zo vroeg mogelijk in de ontwikkelingen meegenomen te worden op (inter-)nationaal niveau, ongeacht het domein. Hierbij valt te denken aan aspecten als onder andere “responsible

AI”, “explainable AI”, “controllable AI”, “socially-Aware AI” en datasoevereiniteit. Daarnaast spelen ook robuustheid, privacy, cybersecurity, ethiek en de FAIR aspecten (“findable”, “accessible”, “interoperable”, “reusable”) een rol.

Willen we met AI in Nederland een toekomstbestendig transport- en mobiliteitssysteem vormgeven, dan is het zaak om hier als sector *gezamenlijk* in op te trekken door middel van publiek-private samenwerking. AI kan op deze wijze uitstekend bijdragen aan het integreren

van de op dit moment vaak geïsoleerde activiteiten van personenvervoer, logistiek en verkeersmanagement. Door samenwerking in de keten én een juiste toepassing van AI inclusief de domein overschrijdende aspecten, kan AI een sleutelrol spelen in het doorbreken van de silo’s en fragmentatie rondom personenvervoer en -services, logistiek, en verkeersmanagement. Dit is een kans voor Nederland om zich nu toekomstbestendig te ontwikkelen van meerdere Smart Cities tot één Smart Nation.



Christian van Ommeren - TNO

Frank Willems - TNO | TU Eindhoven

Jan-Pieter Paardekooper - TNO | Radboud Universiteit

Taufik Bakri - TNO

Rutger Beekelaar - TNO

In opdracht van TKI DINALOG

Titel Position Paper Artificiële Intelligentie in Mobiliteit en Transport

Deze publicatie is gefinancierd door TKI Dinalog

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of TNO.

In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of contracting parties are subject to either the General Terms and Conditions for commissions to TNO, or the relevant agreement concluded between the contracting parties.

Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

© 2020 TNO

SAMENVATTING	2
1. INTRODUCTIE	5
1.1 Aanleidingen tot innovatie	5
1.2 Rol en definitie van artificiële intelligentie	5
1.3 Overzicht van het position paper	7
2. SENSING, THINKING EN ACTING AI	9
2.1 Sensing	9
2.2 Thinking	10
2.3 Acting	10
3. INNOVATIE VANAF VOERTUIGNIVEAU	12
3.1 Slimme voertuigen	12
3.1.1 Sensing: Gedragsherkenning	12
3.1.2 Thinking: Veilig gedrag	12
3.1.3 Acting: Op basis van ethiek en verkeersregels	13
3.2 Duurzame voertuigen	13
3.2.1 Sensing: Emissie management	13
3.2.2 Thinking: Energie- en onderhoud scenario's	13
3.2.3 Acting: Slim laden en zelflerend energie-en emissie management	13
4. INTELLIGENTIE IN LOGISTIEKE KETENS	15
4.1 Sensing: Het zichtbaar maken van objecten en processen	15
4.2 Thinking: Voorbereidend werk door analyse	16
4.3 Acting: Toepassen van intelligente besluitvorming	16
5. BELEID OP BASIS VAN AI	18
5.1 Sensing: Meten van gedrag, energieverbruik, emissies en doorstroming	18
5.2 Thinking: Scenario's voor beleid en verkeer	18
5.3 Acting: Beleid maken	19
6. CONCLUSIES	20
Reviewers	22
Appendix	23

1

INTRODUCTIE

Artificiële intelligentie (AI) is geïdentificeerd als één van de speerpunten in Nederlandse kennisontwikkeling voor de komende jaren.^{1,2,3}

Dit document dient als input voor de nationale onderzoeksagenda op het gebied van AI en omschrijft een aantal belangrijke kennis- en toepassingsgebieden voor AI in mobiliteit en transport. Het doel van dit document is uitleggen wat we verstaan onder AI, waarom het relevant is voor mobiliteit en transport en benoemen van de mogelijkheden voor onderzoek naar implementatie van AI in de sector en van een aantal mogelijke eerste processtappen.

1.1 AANLEIDINGEN TOT INNOVATIE

Er zijn drie aanleidingen die zorgen voor innovatie in mobiliteit en transport:

1. Economische belangen (en de Nederlandse concurrentiepositie);
2. Sociaal-maatschappelijke belangen;
3. Nieuwe technologische ontwikkelingen.

Mobiliteit en transport leveren een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse economie. Het is zaak om competitief te blijven ten opzichte van het buitenland, de functie van Nederland als logistiek knooppunt te waarborgen en het niveau van mobiliteitsdiensten te verhogen om ook de koppositie in "Smart Mobility" te borgen. Een zorgwekkende ontwikkeling is de introductie van buitenlandse, marktgedreven platformen met potentieel veel impact op werkgelegenheid en de prijzen voor producten en diensten, waarbij de beschikbare data uit Nederland verdwijnt. Deze data vertegenwoordigt een ongekend groot kapitaal, en kan juist bredere maatschappelijk gewenste toepassingen mogelijk maken; ook gericht op een keten als de logistieke sector.

De situatie rondom mobiliteit en transport is in Nederland uniek te noemen. Ons land kenmerkt zich door hoge verkeersdruk, drukbevolkte steden en veel (inter)nationale transport- en logistiekbewegingen. Het toenemende aantal verkeersbewegingen van personen en goederen is economisch van belang, maar zorgt voor een grote uitdaging als het gaat om verkeersveiligheid, CO2 emissie, luchtkwaliteit en doorstroming. Nieuwe regelgeving en publieke druk zorgen voor een verandering naar meer toekomstbestendige mobiliteit en transport. Toekomstbestendig

betekent in deze: duurzaam, bereikbaar, betaalbaar, leefbaar, inclusief, veilig met positieve effecten op werkgelegenheid en de economie. Dit zijn allemaal belangrijke sociaal-maatschappelijke factoren die innovatie drijven.

Tenslotte zien we de introductie van nieuwe technologie als een op zichzelf staande ontwikkeling. Naast vergaande digitalisering en automatisering maken onder andere Internet of Things (IoT), 5G, blockchain en artificiële intelligentie hun entree en vormen vanuit technologische ontwikkelingen aanleiding tot innovatie.

Innovatie is een middel. Het einddoel is een transport- en mobiliteitssysteem dat mensen en goederen veilig, duurzaam, efficiënt, en betrouwbaar vervoert en dat zorgt voor een gezond verdienmodel en economisch klimaat. In dit systeem interacteren mensen, voertuigen en hun omgeving voortdurend en zijn er slimme oplossingen nodig om deze interactie te faciliteren. Disruptieve toepassingen van nieuwe technologie zoals geavanceerde rijhulpsystemen, zelfrijdende voertuigen, nieuwe energiedragers, smart grids, predictief onderhoud, coöperatieve mobiliteit, deelmobiliteit en zelforganiserende logistiek spelen hierbij een rol. Deze toepassingen worden mede mogelijk gemaakt door artificiële intelligentie.

1.2 ROL EN DEFINITIE VAN ARTIFICIËLE INTELLIGENTIE

Het Strategisch Actieplan voor Artificiële Intelligentie⁴ van de overheid verwijst naar de omschrijving van de Europese commissie: "AI verwijst naar systemen die intelligent gedrag vertonen door hun omgeving

1. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019). Strategisch Actieplan voor Artificiële Intelligentie. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2019/10/08/strategisch-actieplan-voor-artificiele-intelligentie> 2. NWO (2019). Artificial Intelligence Research Agenda for the Netherlands. Beschikbaar via: <https://www.nwo.nl/binaries/content/documents/nwo/algemeen/documentation/application/nwo/beleid/open-science/ai-research-agenda-for-the-netherlands-airea-nl/AI+Research+Agenda+for+the+Netherlands+%28AIREA-NL%29> 3. NL AI Coalitie (2019). Actieagenda Nederlandse AI Coalitie: Algoritmen die werken voor iedereen. Beschikbaar via: https://www.vno-ncw.nl/sites/default/files/actieagenda_nl_ai-coalitie_okt_2019.pdf

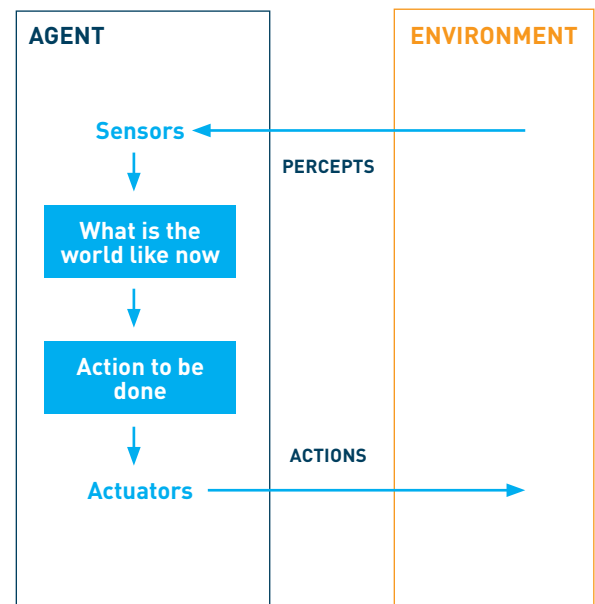
te analyseren en – met een zekere mate van zelfstandigheid – actie te ondernemen om specifieke doelen te bereiken.”

Bovenstaande omschrijving vertoont veel overeenkomst met de definitie van een “intelligent agent” door Stuart Russel⁵ weergegeven in Figuur 1.

Zowel mensen als AI-systemen kunnen intelligent gedrag vertonen door binnenkomende data te vertalen naar een begrip van de buitenwereld. Op basis van dat begrip worden er mogelijke acties geïdentificeerd en kunnen de consequenties van deze acties voorspeld en tegen elkaar afgewogen worden. Uiteindelijk resulteert dit in een actie (door mens of systeem) die de omgeving verandert.

Voor de volledigheid van dit position paper benoemen we dat AI verscheidene generieke aspecten omvat, die ongeacht het toepassingsgebied van groot belang zijn. Hierbij valt te denken aan onder andere de volgende zaken:

1. **Responsible AI:** Het verantwoord omgaan met het geautomatiseerd verwerken van grote hoeveelheden data, in overeenstemming met menselijke normen en waarden, juridische afspraken en ethiek, inclusief het omgaan met vooroordelen in data;
2. **Explainable AI:** De noodzaak om als mens te kunnen begrijpen waarom het AI-systeem tot een bepaalde beslissing is gekomen. Dit betekent niet dat ieder mens dit tot in detail moet kunnen begrijpen, maar dat AI-systemen uitleg verschaffen naar gelang het niveau en de behoefte van de betreffende doelgroep. Uitlegbaarheid is niet alleen technisch (vanwege de complexiteit en de hoeveelheid variabelen), maar ook sociaal een uitdaging. Een bestuurder, beleidsmaker, verkeersleider, logistieke planner of een softwareontwikkelaar hebben ieder behoefte aan een ander soort uitleg;
3. **Controllable AI:** AI-systemen moeten dusdanig worden ontworpen, dat de mens altijd de uiteindelijke controle behoudt, ongeacht de mate van autonomie van het systeem;
4. **Socially-Aware AI:** De manier waarop de interactie tussen systemen en de mens plaatsvindt, moet op een voor de mens acceptabele manier ge-



Figuur 1. Een agent interacteert met zijn omgeving door middel van sensoren en actuatoren

schieden. Dit geldt voor cognitieve zaken als een Human Machine Interface waardoor de mens kán en wíl samenwerken met een machine. Dit geldt ook op sociaal gebied; dit gaat bijvoorbeeld over sociale inclusie (het niet uitsluiten van bepaalde groepen mensen) en gelijkwaardigheid⁶;

5. **Datasoevereiniteit:** Het controleren èn bepalen wie er wanneer toegang heeft en geeft tot welke gegevens, welke rol de overheid hierin heeft en het voorkomen dat dit aspect bepaald wordt door de bekende “tech reuzen” en “the winner takes it all” in de hand speelt.

Tot slot vormen de FAIR-principes een belangrijk onderdeel van AI. Dit gaat over de vindbaarheid van (F-findable), de toegang tot (A-accessible), de interpretatie van (I-interpretation) en het (her)gebruik van (R-reusable) data. Natuurlijk kunnen sensoren zoals camera’s data verzamelen, maar deze data moeten vervolgens omgezet worden in herbruikbare data: data moeten betekenis krijgen, bijvoorbeeld het herkennen van een fietser.

Technische aspecten als robuustheid (de bestandheid tegen verstoringen) zullen ook een rol spelen, maar de impact van AI gaat verder. Als we AI ten dienste willen laten staan van de mens, zullen we ook zorgvuldig moeten kijken naar ethische aspecten.

4. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat [2019]. Strategisch Actieplan voor Artificiële Intelligentie. Beschikbaar via: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2019/10/08/strategisch-actieplan-voor-artificiele-intelligentie> 5. Russel, S. & Norvig, P. [2010]. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition. 6. SIGAI [2018]. Dutch Artificial Intelligence Manifesto. Beschikbaar via: <http://ii.tudelft.nl/bnvti/wp-content/uploads/2018/09/Dutch-AI-Manifesto.pdf>

ten (zoals privacy en impact), juridische aspecten en cyber security. We zullen ook rekening moeten houden met gevolgen (bijvoorbeeld een toename van energieverbruik voor rekenkracht) en met het scheppen van voorwaarden zoals het opleiden van de juiste experts met wiskundige capaciteiten, andere experts voor software engineering, maar ook experts die vanuit de toepassing en multidisciplinair systeemdenken innovaties stimuleren en creatieve experts die nodig zijn voor het herkennen van kansen in nieuwe businessmodellen en daarmee met nieuwe concepten durven te komen.

Vanuit meerdere partners (zie achteraan dit document) is ons het belang van bovengenoemde zaken op het hart gedrukt. We herkennen ons volledig hierin en constateren tegelijkertijd dat deze zaken sector-overschrijdend zijn en derhalve hier niet verder zullen worden uitgewerkt. Ze zijn echter zeer relevant, ook voor de sector Mobiliteit en Transport.

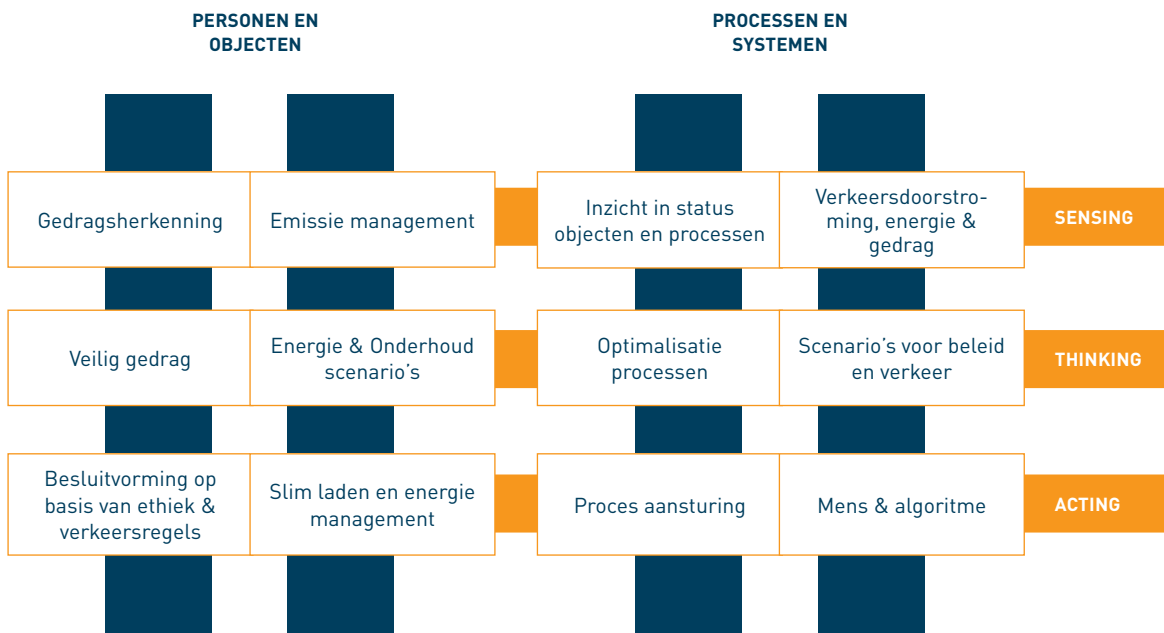
1.3 OVERZICHT VAN HET POSITION PAPER

In dit position paper benoemen we de belangrijkste onderwerpen waarvan wij denken dat ze in de komende drie tot vijf jaar zeer relevant gaan worden (voor Nederland). Onderzoekslijnen naar de toepassing van AI in deze gebieden zijn essentieel om de geschetste toekomst van mobiliteit en transport te beheersen en realiseren. Op technologisch vlak onderscheiden we drie componenten:

- 1. Sensing:** Het waarnemen van de wereld door het winnen en fuseren van data en het construeren van een wereldmodel;
- 2. Thinking:** Het analyseren en interpreteren van de waargenomen wereld, de interpretatie van de eigen toestand (van de AI) en het voorspellen van toekomstige toestanden;
- 3. Acting:** De identificatie van mogelijke acties, het voorspellen van uitkomsten van deze acties, het voorschrijven van en adviseren bij beslissingen, het nemen van beslissingen en het daadwerkelijke acteren (autonoom handelend, autonoom handelend onder directe supervisie van een mens of als advies aan de mens waarbij de mens handelt).

In dit position paper onderscheiden we twee niveaus voor transport en mobiliteit:

- 1. Personen en objecten:** Hieronder vallen verkeersdeelnemers, voertuigen (o.a. auto's, vrachtwagens, bussen, treinen, schepen, vliegtuigen, kranen, drones, micromodaliteiten), lading (o.a. containers, pakketjes, voedsel) en infrastructuur (o.a. verkeerslichten, spoor, (vaar)wegen, sluisen);
- 2. Processen en systemen:** Dit zijn de processen die mobiliteit en transport mogelijk maken waaronder beleid, regelgeving, planning, uitvoering

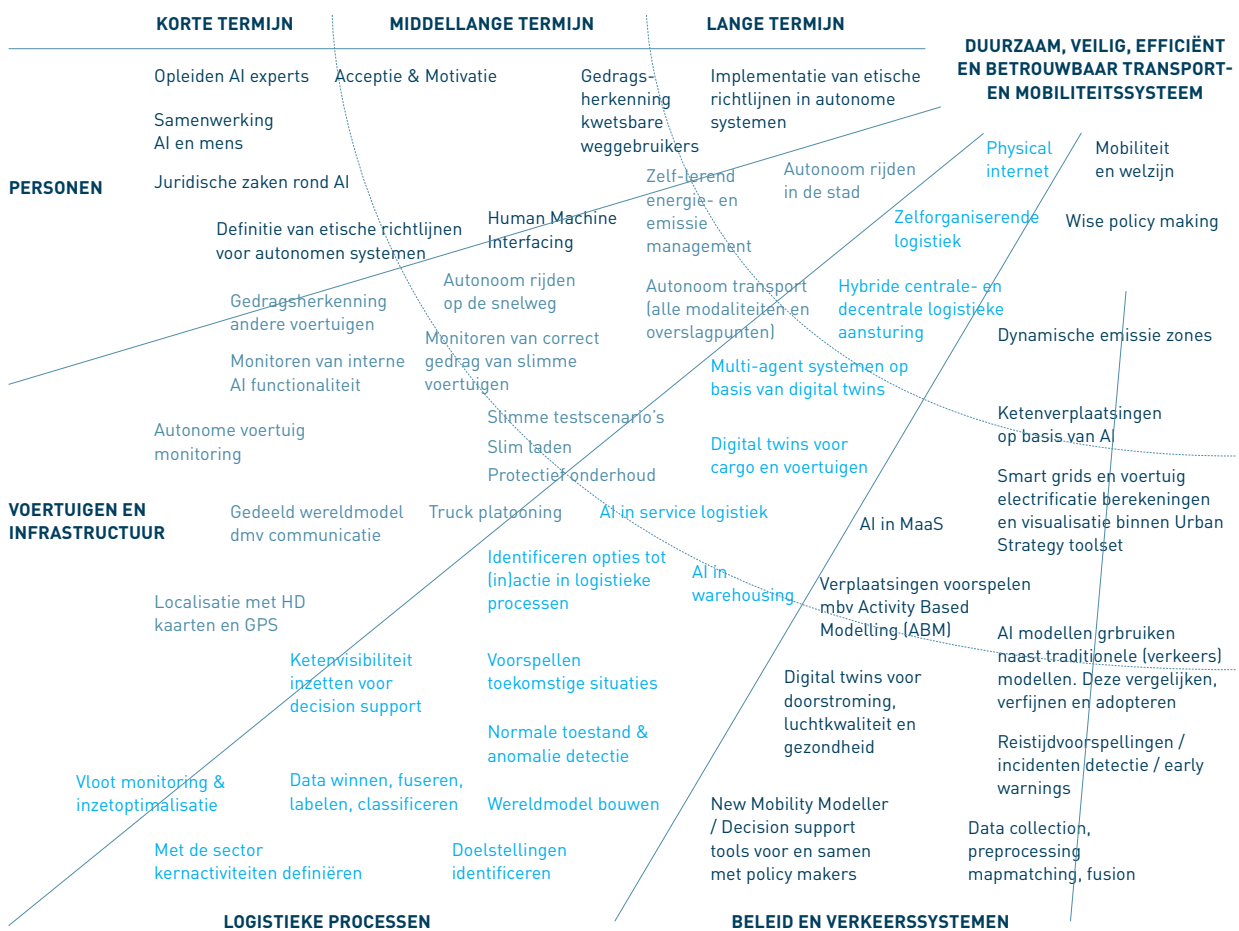


Figuur 2. Voorbeelden van kennis- en toepassingsdomeinen van AI in mobiliteit en transport.

en management van infrastructuur, logistiek en personenvervoer. Systemen zijn het collectief van processen, personen en objecten in de vorm van de resulterende verplaatsingen.

Wanneer we die twee niveaus over de drie AI componenten *sensing*, *thinking* en *acting* heen leggen krijgen we meer inzicht in concrete onderzoeksgebieden, zoals een aantal voorbeelden weergegeven op de kruispunten in Figuur 2. Dit zijn de onderzoekslijnen die in het vervolg van dit paper als voorbeelden worden gehanteerd. Uiteraard zijn deze niet volledig en dienen slechts ter illustratie.

Naast deze voorbeelden is er meer onderzoek nodig om te komen tot een verbeterd en door AI ondersteund transport- en mobiliteitssysteem. Een aantal van deze onderzoeksmogelijkheden wordt getoond in de transformatiekaart in Figuur 3. De drie componenten (*sensing*, *thinking*, *acting*) zijn cyclisch en vormen een integraal onderdeel van vrijwel elke stap in onderstaande transformatiekaart.



Figuur 3. Transformatiekaart naar een duurzaam, veilig, efficiënt en betrouwbaar transport- en mobiliteitssysteem

SENSING, THINKING EN ACTING AI

Zoals benoemd onderscheiden we drie componenten van AI systemen: *sensing*, *thinking*, en *acting*. Binnen deze drie componenten duiden we aantal uitdagingen op technologisch vlak. Het is niet altijd de juiste eerste stap om te beginnen bij sensing – het opbouwen van een wereldmodel. Benoemen wat het einddoel is onder act, terugredeneren naar welk voorbereidend werk er nodig is onder think en welke input sense daarvoor moet aanleveren is soms een logischere volgorde. Uiteindelijk is het potentieel en de grote toegevoegde waarde van AI het maken van hoogwaardigere beslissingen en acties (door AI of door een mens ondersteund door AI).



Figuur 4. De relatie tussen sense, think en act

2.1 SENSING

Door een slimme combinatie van data en modellen is het mogelijk om de toestand van de persoon, het object, het proces of het systeem (real-time) in kaart te brengen. In dit hoofdstuk worden kansrijke kennis- en toepassingsgebieden van AI in mobiliteit en transport benoemd op gebied van data acquisitie, fusie en classificatie. We benoemen hieronder een aantal uitdagingen rond deze gebieden.

Zowel personen en objecten als processen en systemen hebben te maken met data die direct zelf gemeent worden (vanuit eigen sensoren, zoals emissies of radar) en/of met data afgeleid vanuit andere bronnen buiten eigen sensoren (zoals centraal gemeten weersomstandigheden en waterstanden of bepaalde regelgeving).

Er is een drietal belangrijke uitdagingen op het gebied van *sensing*:

1. Communicatie
2. Data delen
3. Pre-processen, classificeren en labelen van data

Allereerst communicatie: Een object bevindt zich in een systeem en interacteert dus met andere entiteiten. Wanneer een zelfrijdend voertuig kan communiceren met andere weggebruikers en infrastructuur wordt het mogelijk om een volledig wereldmodel van de huidige toestand op te bouwen. Voor bijvoor-

beeld zelfrijdende treinen is communicatie met de infrastructuur zelfs essentieel om een veilige snelheid te bepalen.

Ten tweede, het delen van data: Op systeemniveau bestaat bijvoorbeeld ons verkeer uit de onderliggende infrastructuur, gebruikers, voertuigen en verkeersregels. Om in de fase hierna (thinking) een goed beeld te vormen van de huidige situatie en het verloop van bijvoorbeeld een incident te kunnen voorspellen is het nodig om over data te beschikken (door middel van sensing) van de locatie van individuele personen, objecten en data gegevens van bijvoorbeeld het KNMI. De uitdagingen zijn verder omschreven in de rapportage over data delen van de Nederlandse AI Coalitie.⁷

Ten derde betekent de beschikbaarheid van data niet per definitie dat deze data direct bruikbaar is voor AI. Er zal eerst pre-processing moeten plaatsvinden, waaronder opschonen, filteren, fuseren en valideren. Het labelen van data is een vereiste voor het herkennen van bijvoorbeeld personen in het verkeer. Het classificeren van goed gedrag voor het schrijven van de juiste doelfunctie is essentieel als het gaat om bijvoorbeeld de automatische afhandeling van de ka-deplanning op een containerterminal (onder acting). Aan de oplossing voor dit probleem kan AI zelf deels bijdragen door het genereren van testscenario's.

Voorbeelden van innovatieprojecten op gebied waarbij *sensing* (naast *thinking* en *acting*) een belangrijke component vormt zijn onder andere Quality Controlled Logistics in IoT enabled Perishable Supply Chains⁸, CATALYST⁹, Enable-S3¹⁰ en de MaaS pilots¹¹. In de praktijk investeert een organisatie als Ahold in het creëren van “situational awareness”. Door relevante data over de vraag (orders), de capaciteit van transport en de situatie op de weg samen te voegen (*sensing*) kan er door middel van analyse (*thinking*), voorspellingen (*thinking*) en verbeterde besluitvorming (*acting*) gewerkt worden aan een zo optimaal mogelijke balans tussen vraag en aanbod.

2.2 THINKING

Met de beschikbaarheid van grote hoeveelheden “AI ready” data wordt het mogelijk om de huidige toestand van de AI zelf, het object of het systeem steeds beter te bepalen. Op basis van deze informatie kan met AI afwijkend gedrag gediagnostiseerd worden en kunnen toekomstige scenario's voorspeld worden.

Onder *thinking* verstaan we drie activiteiten:

1. Het analyseren en interpreteren van de waargenomen wereld
2. De interpretatie van de eigen toestand (van het AI systeem)
3. Het voorspellen van toekomstige toestanden.

De uitdaging met het interpreteren van de waargenomen wereld is dat we vaak met een hoge complexiteit te maken hebben. Wanneer het een minder complexe situatie betreft, gebruik je over het algemeen geen AI. Waar we mensen vervangen of ondersteunen op het gebied van autonoom rijden, logistiek plannen of het maken van mobiliteitsbeleid willen we meer factoren meenemen dan we als mens kunnen verwerken. Om dit beter te kunnen doen, is onderzoek nodig hoe algoritmes voor onder andere patroonherkenning hun resultaten uitlegbaar kunnen presenteren.

Voor de interpretatie van de eigen toestand zijn testen op de robuustheid van AI van belang. Wanneer systemen vaker autonoom ingezet zullen worden –

zoals een zelfrijdende auto of een reisadvies – kunnen we te maken krijgen met beslissingen op basis van onvolledige data (bijvoorbeeld een geparkeerde vrachtwagen die het zicht belemmert, nieuwe nog niet bekende reisopties of plotseling optredende verstoringen) en beslissingen in een nieuwe context (het herkennen van een nieuw type ligfiets). Onderzoek naar het beoordelen van robuustheid (het kunnen omgaan met verstoringen, ruis, nieuwe data en nieuwe situaties) en “fall back” opties door praktijkexperimenten is van belang om AI veilig in te zetten.

Een manier om met AI toekomstige situaties te kunnen voorspellen, is het gebruik van grote hoeveelheden beschikbare data. Bijvoorbeeld, door middel van radarbeelden van het KNMI, informatie over wegwerkzaamheden, huidige verkeersbewegingen en historische data voorspellen we rond de spits 20 kilometer file op de Afsluitdijk. De uitdaging hier zijn onzekerheden. Onzekerheden spelen een rol in het voorspellen van het weer, maar ook in logistieke planningen, in het gedrag van verkeersdeelnemers en ook in de waarden gerapporteerd vanuit sensoren. Extrapolatie op basis van historische data is daarom niet altijd afdoende. Hoe we omgaan met onzekerheden en welke toekomstige scenario's er wel of niet worden meegenomen in welke situatie vereist verder onderzoek.

MARCONI¹², DataRel¹³, en Data2Move¹⁴ zijn voorbeelden van een innovatieprojecten waar door analyse (*thinking*) wereldmodellen worden opgezet in ondersteuning van de besluitvorming (*acting*). In de praktijk experimenteren RWS en ProRail met corridor management en richten bedrijven als TomTom zich onder andere op de detectie van onveilige situaties op de weg. In ELUCI-DATA wordt op basis van real-world data, de toestand van batterijen in elektrische bussen gemonitord met als doel om de levensduur beter te voorspellen.

2.3 ACTING

Op basis van deze informatie verkregen uit *sensing* en *thinking*, kunnen we met *acting* de benodigde acties (of het geen actie nemen) identificeren om het

8. Quality Controlled Logistics in IoT enabled Perishable Supply Chains: <https://www.dinalog.nl/project/quality-controlled-logistics-in-iot-enabled-perishable-supply-chains/> 9. CATALYST: <https://dutchmobilityinnovations.com/spaces/1182/catalyst-living-lab/CATALYST> 10. Enable-S3: <https://www.enable-s3.eu> 11. MaaS pilots: <https://www.connekt.nl/wp-content/uploads/2015/10/MobilityasaService-regionalepilots-def.pdf> 12. MARCONI: <https://www.dinalog.nl/project/maritime-remote-control-tower-for-service-logistics-innovation> 13. DataRel: <https://www.dinalog.nl/project/datarel-big-data-for-resilient-logistics> 14. Data2Move: <https://data2move.nl>

gewenste doel te bereiken, een beslissing nemen en daadwerkelijk acteren. Belangrijke uitdagingen hier zijn robuustheid, uitlegbaarheid en controleerbaarheid (controle houden over), ofwel kunnen omgaan met onbekende situaties, het kunnen uitleggen waarom een bepaalde beslissing (en actie) is genomen, en het kunnen ingrijpen, bijsturen in ongewenste situaties. Als extra uitdaging speelt hier ook de interactie tussen mens en algoritme.

Onder *acting* zien we duidelijk de interactie tussen mens en AI. Dit betekent dat een AI-systeem op de hoogte moet zijn van bijvoorbeeld ethiek, formele en ongeschreven (verkeers)regels en wettelijke kaders. Alhoewel er initiatieven bestaan die ethiek “crowd-sourcen” is er op dit moment nog veel discussie rondom ethiek en AI, dynamische waarden, normen, utiliteitsfuncties en doelfuncties. Waar onderzoek naar nodig is, is het bepalen wat de acceptabele randvoorwaarden zijn waarbinnen een AI-systeem beslissingen mag nemen.

Ook is onderzoek nodig naar “human-machine teaming” en de impact van AI op de uitvoering van het werk. Dit valt nauw samen met het controle kunnen houden over AI. In de logistiek zal de rol van de planner wellicht met de komst van AI veranderen van opdrachtgever naar monitor. Wanneer AI autonoom logistieke processen gaat aansturen is het een voorwaarde dat de beslissingen van het AI-systeem uitlegbaar zijn aan de planner en dat de planner zo nodig kan bijsturen in geval er zich een ongewenste situatie voordoet. Dit vereist zowel technologisch onderzoek (hoe legt het AI-systeem uit wat er gebeurt, hoe stuurt de planner bij, hoe leert AI van die interventie), als sociaal-maatschappelijk onderzoek (wat betekent dit voor de mens achter de planner, voor de consument, voor de menselijke interactie)?

Ook op het gebied van acting lopen er onderzoeksprojecten waar wordt gekeken naar de overdracht van beslissingsbevoegdheid naar AI. Voorbeelden zijn PRYSTINE¹⁵, Swarmport¹⁶, ICCOS¹⁷, SolPort¹⁸ en Autonomous Algorithms¹⁹. In de praktijk wordt er door bijvoorbeeld voertuigfabrikanten gewerkt aan gedeeltelijke autonomie. Op gebied van Europese beleidsondersteuning is ook gewerkt aan Random Cycle Generator voor genereren van test scenario's uit grote sets van gebruikersdata voor validatie van energieverbruik en emissie uitstoot van voertuigen in de praktijk²⁰.

In alle voorbeelden van sensing, thinking, acting is het van belang om onderzoek te doen naar het soort algoritmes dat nodig is om deze analyses en voorspellingen te kunnen uitvoeren. In de praktijk dient er getest te worden om te bepalen hoe accuraat deze analyses en voorspellingen zijn en hoe ze verbeterd kunnen worden. Daarnaast is het van belang dat de gebruikte algoritmes aan zichzelf en aan de mensen in wiens opdracht ze werken kunnen uitleggen hoe vaardig ze zijn en waarom ze tot een bepaalde conclusie komen. De interactie tussen mens en algoritme is cruciaal voor een succesvolle toepassing.

15. PRYSTINE: <https://www.prystine.eu> 16. SwarmPort: <https://www.dinalog.nl/project/swarmport> 17. ICCOS: <https://www.dinalog.nl/project/industry-4-0-driven-supply-chain-coordination-for-small-medium-sized-enterprises-iccos/> 18. SOLPort: <https://www.dinalog.nl/project/self-organizing-logistics-in-the-port-sol-port> 19. Autonomous Algorithms: <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/mobiliteit-logistiek/roadmaps/smart-and-safe-traffic-and-transport/smart-mobility-and-logistics/eerste-stappen-richting-zelforganiserende-logistiek/praktijkexperiment-autonomous-algorithms> 20. Random Cycle Generator, <https://www.tno.nl/en/focus-areas/traffic-transport/roadmaps/sustainable-traffic-and-transport/sustainable-mobility-and-logistics/improving-air-quality-by-monitoring-real-world-emissions/random-cycle-generator/>

INNOVATIE VANAF VOERTUIGNIVEAU

Zoals geschetst in Figuur 2, is het niveau “Personen en objecten” één van de twee niveau’s van Transport en Mobiliteit. Omwille van de leesbaarheid kiezen we hier ervoor dit niveau te illustreren aan de hand van voertuigen (hiermee bedoelen we ook schepen, openbaar vervoer etc.). We kijken achtereenvolgens naar voorbeelden in de volgorde *sensing*, *thinking*, *acting*, allereerste voor slimme en gedeeltelijk autonome voertuigen en vervolgens voor duurzamer vervoer.

Let wel, de genoemde voorbeelden zijn illustratief en vangen in gezamenlijkheid niet de volledigheid van het onderwerp Mobiliteit en Transport af.

3.1 SLIMME VOERTUIGEN

3.1.1 Sensing: Gedragsherkenning

Slimme voertuigen nemen in toenemende mate taken over van de bestuurder. Dit vereist een goed begrip van de huidige situatie in het verkeer, maar ook van de mens in het voertuig. Hiervoor gebruikt het voertuig een serie interne sensoren en hoge definitie kaarten, maar communiceert mogelijk ook met andere weggebruikers, infrastructuur of een “back-office”.

Als voorbeeld. Een van de grote uitdagingen van slimme of wellicht zelfs (deels) autonome voertuigen is het classificeren van input data over kwetsbare weggebruikers als voetgangers en fietsers. Deze weggebruikers kunnen, in tegenstelling tot andere geautomatiseerde systemen in het verkeer, niet direct hun intenties communiceren. In plaats daarvan vindt non-verbale communicatie plaats: lichaams-houding, kijkrichting, ingezette koers, gedrag, plaats op de weg en armgebaren maken een automobilist attent op de intenties van een voetganger of fietser. De grote uitdaging voor AI is om deze informatie uit de sensoren van het voertuig te extraheren.

Ter illustratie: Met name de aanwezigheid van grote aantallen fietsers maakt het Nederlandse verkeer een unieke uitdaging voor slimme of autonome voertuigen. Om in de stad te kunnen functioneren, zal een slim voertuig het gedrag van deze weggebruikers moeten leren en dat kan alleen door te beschikken over geclassificeerde data. Dit is een belangrijk onderzoeksgebied dat de introductie van slimme en autonome voertuigen in Nederland kan faciliteren. Ook moet het systeem input verzamelen van de persoon in het voertuig om in kunnen schatten wat het nog van de mens in het voertuig kan verwachten in verschillende situaties (thinking).

3.1.2 Thinking: Veilig gedrag

Een slim voertuig moet op basis van waarnemingen van de omgeving, het wereldmodel, beslissingen nemen (acting). Om de juiste (veilige) beslissingen te kunnen nemen moet het voertuig redeneren op basis van het wereldmodel. Bijvoorbeeld, wat zijn de meest waarschijnlijke toekomstige staten van de wereld. Met andere woorden, wat gaan andere weggebruikers doen in de komende seconden? Gaat de auto achter me mij inhalen? Gaat de voetganger oversteken?

Wil de fietser voor me afslaan op de kruising? Let de persoon in het voertuig wel of niet op? Omdat het onmogelijk is om de toekomstige staten met 100% zekerheid te voorspellen, moet het slimme voertuig om kunnen gaan met onzekerheden in de voorspelling.

Hiernaast is het ook belangrijk dat het slimme voertuig zich bewust is van zijn huidige innerlijke toestand. Werkt alles naar behoren? Zijn de beelden van de camera betrouwbaar? Reageert het voertuig zoals verwacht op aansturing door de software? Dit soort “health management” is essentieel voor veilige automatische systemen op de weg.

Als laatste dient het slimme voertuig zich af te vragen of het wel competent is in de huidige situatie. Is het deze situatie eerder tegengekomen tijdens de training van AI-algoritmes of is dit iets geheel nieuws? Bevindt het zich wel in een situatie waarvoor het ontworpen was? Een systeem dat ontworpen is voor gebruik op de snelweg zal in de stad onveilig gedrag vertonen.

3.1.3 Acting: Op basis van ethiek en verkeersregels

Een slim voertuig dat een realistisch wereldbeeld heeft en weet dat het veilig gedrag kan vertonen, moet op basis van de huidige toestand van de wereld en de voorspelde toekomstige staten beslissingen nemen. Er zijn verschillende manieren waarop een slim voertuig geleerd kan worden de juiste beslissingen te nemen, bijvoorbeeld door het imiteren van menselijk gedrag met behulp van veel data, of door heel lang te oefenen in een simulator. Deze leerprocessen zijn erg rekenintensief. De grote uitdaging is om een voertuig te leren in elke mogelijke situatie een juiste, veilige beslissing te laten nemen. Dit zou ook kunnen betekenen dat een voertuig de controle weer terug gaat geven aan de mens, indien gemeten en voorspeld wordt dat deze hiertoe in staat is.

Voor een goede inpassing van slimme voertuigen in onze samenleving is het daarnaast essentieel dat deze de verkeersregels en de ethische maatschappelijke waarden die daaraan ten grondslag liggen begrijpen. Om op een acceptabele manier door het verkeer te bewegen moet het slimme voertuig de hiërarchie in de verkeersregels kennen, en weten wanneer in uitzonderlijke situaties bepaalde verkeersregels overtreden mogen worden om bijvoorbeeld een ongeval te voorkomen. Voor uitlegbaarheid van de beslissingen is het belangrijk dat deze expliciet aan het AI-systeem meegegeven worden.

Naast expliciete verkeersregels zijn er ook ongeschreven regels die per regio kunnen verschillen, of juist data van mensen die je niet in je trainingset op wilt nemen, omdat het gevaarlijk gedrag omvat. Door de grote hoeveelheid rekenkracht en data die nodig zijn om een AI-systeem dit aan te leren, is het waarschijnlijk onmogelijk al deze verschillen in het leerproces mee te nemen en een AI-systeem te trainen voor elke regio, waarin deze ingezet zou kunnen worden. Het is een grote uitdaging om juist deze, voor mensen intuïtieve, regels aan een AI-systeem duidelijk te maken, maar van essentieel belang voor de veilige inbedding van autonome systemen in het verkeer.

3.2 DUURZAME VOERTUIGEN

3.2.1 Sensing: Emissie management

Verduurzaming van voertuigen en mobiliteit wordt in grote mate gedreven door wetgeving. Om op systeemniveau een beeld te kunnen vormen van de effectiviteit van voertuigen in ons mobiliteitssysteem is het belangrijk om te kunnen aggregeren vanaf voertuigniveau. Daarnaast speelt handhaving van luchtkwaliteit een belangrijke rol, zeker voor de beoogde

nul-emissie zones in steden: voor elk voertuig moet duidelijk zijn of de opgelegde limieten voor uitstoot van stikstofoxiden (NOx) en deeltjes daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Dit geeft een tweetal uitdagingen. Allereerst is het nodig om op voertuigniveau data te kunnen acquireren over de toestand van het voertuig, inclusief mogelijke verminderde prestatie door veroudering (bijv. van batterij of katalysator), en ten tweede over het rijgedrag van de gebruiker. Er is onderzoek nodig naar de juiste sensoren en communicatietechnologie.

3.2.2 Thinking: Energie- en onderhoud scenario's

Het opgebouwde wereld model over het gedrag van de gebruiker, en de energiebehoefte en het emissieprofiel van het voertuig vormt de basis voor het voorspellen van inzet- en gebruik-scenario's op voertuigniveau.

Op voertuigniveau biedt dit mogelijkheden om gebruikers bewust te maken van hun energieconsumptie en uitstoot (acting). Bovendien kan met predictief onderhoud de zogeheten "total cost of ownership" (TCO) gereduceerd worden. Het wereld model stelt fabrikanten in staat om te anticiperen op veroudering van componenten, inclusief batterijen, katalysatoren en brandstofinjectoren. AI helpt zo de inzetbaarheid van voertuigen beter te plannen en te vergroten.

Op fabrikantniveau helpen AI-ontworpen tests-scenario's om de ontwikkeltijd en dus de kosten van voertuigen drastisch te verlagen door slimme voertuigkalibratie.

3.2.3 Acting: Slim laden en zelflerend energie- en emissie management

Slim gebruik van laadinfrastructuur draagt bij om reistijd en operationele kosten (TCO) te minimaliseren. AI-gebaseerde inschattingen van de huidige en aankomende vraag naar energie helpen bij het efficiënt verdelen van voertuigen over de beschikbare capaciteit van het netwerk (decision-making), mits de mobiliteitssector samenwerkt met de energie-sector. Daarnaast helpt AI ook om batterijveroudering te monitoren en deze kennis in strategieën voor laad- en voertuig-energiemanagement te integreren. Slimme laadstrategieën dragen ook bij aan het maximaliseren van de levensduur van batterijen.

Gebruikmakend van data over de beoogde route en actuele en voorspelde voertuigprestatie en verkeersituatie, biedt AI de mogelijkheid om energieverbruik, emissies en operationele kosten (TCO) van het

voertuig continue te monitoren en om de voertuigprestatie online te optimaliseren door zelflerende regelingen²¹. Deze zelflerende systemen maken ook tevens een gigantische efficiëntieverbetering in de voertuigontwikkeling voor fabrikanten mogelijk. Ook slimme testscenario's op basis van "big real-world data" dragen bij aan reductie van ontwikkeltijd en -kosten. Echter voor deze zelflerende systemen zijn er grote uitdagingen op gebied van uitlegbaarheid aan wetgever en handhaver, met name op gebied van emissies ("explainable AI") en op gebied van mens factor (incl. beïnvloeding gedrag).



21. Willems, F. Gompel, P. van, Seykens, X. & Wilkins, S. [2018]. Robust real-world emissions by integrated ADF and powertrain control development. Beschikbaar via: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91569-2_2

INTELLIGENTIE IN LOGISTIEKE KETENS

Zoals geschetst in figuur 2, is het volgende niveau van Mobiliteit en Transport: “Processen en systemen”. Ook in dit hoofdstuk kiezen we omwille van de leesbaarheid ervoor dit niveau te illustreren aan de hand van voorbeelden in logistieke ketens.

Logistieke ketens kenmerken zich door de vele onderlinge afhankelijkheden en samenwerkingen tussen organisaties. Dat biedt kansen voor de optimalisatie van processen en de synchronisatie van ketens. Tegelijkertijd betekent dit dat we te maken hebben met een complexe situatie en dat de uitkomsten van beslissingen die gemaakt worden op strategisch, tactisch (planning) en operationeel (uitvoering) niveau wellicht niet overeenkomen met de verwachtingen. AI kan een rol spelen in het verbeteren van logistieke besluitvorming, zowel ondersteunend als voor het nemen van besluiten. In die laatste vorm biedt AI kansen voor nieuwe business modellen, service differentiatie en reorganisatie van een logistiek proces.

4.1 SENSING: HET ZICHTBAAR MAKEN VAN OBJECTEN EN PROCESSEN

Om besluitvorming te verbeteren heeft een logistiek AI-systeem een wereldmodel nodig dat data over de huidige toestand – van het logistieke proces – bevat. Dat model bevat alle informatie die nodig is om het logistieke proces waarin het AI-systeem zich bevindt te begrijpen. Dat kunnen macrofactoren zijn zoals de economie wanneer het gaat om het maken van een strategische beslissing (acting) over de grootte van een vloot voertuigen. Dat kunnen ook factoren zijn als het weer, de verkeersstoestand, de waterstanden en spoorplanning wanneer het gaat om de tactische planning van transport naar het achterland. Of microfactoren zoals de temperatuur in een reefer container wanneer het gaat om detecteren en ingrijpen wanneer aan bederf onderhevige waren onvoldoende gekoeld worden (acting).

Voor dergelijke wereldmodellen is van belang om eerst het doel te definiëren en vervolgens te identificeren welke data daarvoor benodigd zijn. Wanneer het gaat om strategische of tactische beslissingen, is er snel data nodig van andere (logistieke) spelers. In de praktijk is concurrentiegevoeligheid vaak de oorzaak van beperkt data delen. Voor dit probleem wordt technologie ontwikkeld: data kunnen ontsloten worden via platformen als IDS en authenticatiemechanismen als iSHARE.

Daarnaast is van belang dat verschillende entiteiten (slimme objecten, IT-processen, organisaties) interoperabel met elkaar communiceren. Standaarden als GS1, maar ook nieuwe initiatieven zoals bijvoorbeeld

de toepassing van IoT, blockchain, of digital (cargo) twins als informatiedragers kunnen hier een bijdrage leveren. Een belangrijke functie van een logistiek AI is namelijk coördinatie. Een digitale entiteit kan data uitwisselen en afstemmen met veel meer partijen dan een mens. Dit is belangrijk bij *sensing* voor het winnen van data, maar ook voor *thinking* en *acting*. Die digitale coördinatie stelt ons in staat om te kunnen omgaan met de dynamiek van de continue veranderende situatie in een logistiek proces.

Naast technologie is het belangrijk om kennis op te bouwen over hoe we data valideren, labelen, logistieke situaties classificeren en complexe onderlinge relaties identificeren. Alhoewel er onderzoek is naar het toepassen van AI op *ongestructureerde* data, kan *gestructureerde* data in combinatie met de in modellen opgeslagen domeinkennis makkelijker ontwikkeld en sneller ingezet worden. Inzet van AI op bijvoorbeeld de herkenning van defecte onderdelen op basis van videomateriaal heeft behoefte aan gelabelde data. De inzet van AI op het afhandelen van een port call, het managen van een sorteerproces, of het detecteren van mogelijke corrupte lading door de douane heeft behoefte aan classificatie. Wat is een goede port call? Wanneer gaat het “mis” in een distributiecentrum? Wanneer is een container “fout”?

Dankzij de Nederlandse expertise over het inrichten van logistieke processen fungeert ons land als een wereldwijd logistiek knooppunt. Door nu onderzoek te doen naar technologie voor data delen en het classificeren van die data creëren we “AI ready” data voor *thinking* en *acting*.

4.2 THINKING: VOORBEREIDEND WERK DOOR ANALYSE

Met "AI ready" data kunnen we AI gaan inzetten om de beschikbare data te analyseren en toekomstige situaties te voorspellen. Dit is voorbereidend werk op de uiteindelijke besluitvorming onder *acting*.

Om dit te kunnen doen heeft een AI-systeem twee uitdagingen:

1. Het wereldmodel analyseren gegeven de aan het AI-systeem gestelde vraag
2. Eigen vaardigheid beoordelen: Weet ik genoeg om de taak uit te voeren?

We benoemen voorbeelden op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Allereerst kan een strategische beslissing over de inrichting van een distributienetwerk verbeterd worden met behulp van AI. De locaties van overslagpunten kunnen worden bepaald op basis van analyse op basis van onder andere macro-economische gegevens, historische data over de ontwikkeling van volumes in het netwerk en verkeersdrukke op de mogelijke aanvoerroutes en bijvoorbeeld geplande aanpassingen aan de infrastructuur.

Op tactisch niveau kan een AI-systeem dat verantwoordelijk is voor bijvoorbeeld de kadeplanning op een containerterminal optimaal bepalen hoeveel ploegen er nodig zijn gezien de huidige situatie op de terminal, de geplande aankomsttijden en volumes van binnenkomende schepen en wellicht de prioriteit van bepaalde containers gegeven de servicecontracten met logistieke partijen die het vervoer naar het achterland organiseren.

Op operationeel niveau kan een AI-systeem verantwoordelijk zijn voor het detecteren van verstoringen op bijvoorbeeld het wegennetwerk op basis van het rijgedrag van chauffeurs. Andere voertuigen (en de vervoerde lading) kunnen dan automatisch gherouteerd worden om de impact tot een minimum te beperken (*acting*).

4.3 ACTING: TOEPASSEN VAN INTELLIGENTE BESLUITVORMING

Een succesvolle implementatie van AI betekent dat logistieke organisaties een efficiëntie- en verduurzamingsslag kunnen maken doordat meer variabelen kunnen worden meegenomen in besluitvormingsprocessen. Onderdeel van *acting* is ook het identificeren van *mogelijke* acties. Het uiteindelijk nemen van de beslissing kan door de mens of het AI-systeem zelf gedaan worden.

We staan voor drie grote uitdagingen:

1. Hoe zorgen we dat onze doelen en de doelen van het AI-systeem overeenkomen?
2. Hoe grijpen we in en sturen we bij in geval van ongewenste situaties?
3. Hoe zorgen we voor een goede interactie tussen mens en AI?

Wanneer we kijken naar mogelijke toepassingen van acterend AI ligt het nog niet direct voor de hand om een AI-systeem autonomie te verschaffen op strategisch niveau. Het is echter niet ondenkbaar dat een AI-systeem op de langere termijn bijvoorbeeld een sorteercentrum beheert en zelfstandig investeert in extra afhandelrobots gezien de ontwikkeling van het volume en de beschikbare ruimte in het distributiecentrum.

Op tactisch niveau wordt het interessant om AI toe te passen om planningsvraagstukken. Op de kortere termijn is het verstandig om toepassingen te ontwikkelen voor interne processen. Op de langere termijn biedt de eerder benoemde coördinerende functie in combinatie met het vermogen om grote hoeveelheden data en complexe relaties te analyseren vergaande mogelijkheden voor samenwerking tussen ketenpartijen en optimalisatie en synchronisatie van ketenprocessen.

Daarnaast is het te verwachten dat besluitvorming zich ook deels zal verplaatsen van tactisch naar operationeel niveau. Wanneer fysieke objecten in de vorm van "digital twins" worden uitgerust met AI kan een slimme container bijvoorbeeld zelf gaan beslissen over zijn routing door het netwerk. Dit verandert mogelijk ook de hiërarchie binnen een logistieke organisatie. Praktijkexperimenten zijn nodig om kennis op te doen over de optimale combinatie tussen centrale en decentrale besluitvorming gegeven de situatie. Daarnaast biedt het mogelijkheden voor service differentiatie en compleet nieuwe businessmodellen.

Wanneer een AI-systeem zelf gaat aansturen, kan AI ook zijn eigen aansturing optimaliseren door middel van zelflerende algoritmes met een doelfunctie. Er is onderzoek nodig naar hoe we menselijke doeleinden formaliseren in een doelfunctie van een AI. Menselijke doelen zijn namelijk complex en bevatten meer dan efficiëntie en economisch gewin. Overheidsbeleid op duurzaamheid zoals "modal shift", maar ook het erkennen van werknemersgeluk en klantloyaliteit spelen hierin een rol.

Het is onvermijdelijk dat er dingen misgaan wanneer AI-systemen logistieke processen aansturen. Monitoren en bijsturen moet dus mogelijk zijn. Allereerst is het belangrijk dat er simulatieomgevingen ontwikkeld worden waar een wijde reeks aan scenario's doorgerekend en getest kan worden. Een graadmeter is de robuustheid van een AI-systeem: kan het AI-systeem omgaan met een onbekende situatie? Daarnaast is het essentieel om onderzoek te doen naar hoe we een AI-systeem monitoren, hoe we als mens kunnen ingrijpen, en hoe we een AI-systeem kunnen leren om deze situatie in de toekomst te voorkomen.



BELEID OP BASIS VAN AI

In het vorige hoofdstuk hebben we ons gericht op voorbeelden van processen in logistieke ketens. Dit hoofdstuk richten we ons op het verkeerssysteem als tweede voorbeeld binnen het niveau “Processen en systemen”.

5.1 SENSING: METEN VAN GEDRAG, ENERGIEVERBRUIK, EMISSIES EN DOORSTROMING

Om ons verkeerssysteem duurzamer en efficiënter te maken moeten we op zoek naar methodieken, waarmee de enorme hoeveelheden beschikbare data omgezet kunnen worden in effectief traffic management en duurzaam beleid.

De hoeveelheid data over verkeersdeelnemers en ons wegennetwerk groeit en zal verder toenemen met de verdere introductie van bijvoorbeeld slimme voertuigen, intelligente kruispunten (iVRi), connectiviteit, e-commerce en nul-emissie zones. Het beschikbaar komen van ‘real-time big data’ betekent ook dat een verkeersleider sneller en steeds ingewikkeldere (multi-criteria) beslissingen moet nemen en dat een beleidsmaker te maken heeft met complexe interacties tussen regelgeving, mensen, slimme voertuigen, mobiliteits- en transportbedrijven en met verschillende maatschappelijke uitkomsten (iets dat goed is voor bedrijvigheid is wellicht minder gunstig voor duurzaamheid).

Het elektrificeren van het wagenpark, implementatie van nul-emissie zones in en rond steden, en toename van de drukte op het netwerk zijn hierbij cruciale ontwikkelingen. Het belang voor Nederland is groot. Vanwege onze hoge bevolkingsdichtheid is het bewaken van de luchtkwaliteit en doorstroming essentieel.

AI kan een belangrijke bijdrage leveren door het zichtbaar maken van data op het gebied van:

- **Verkeersdoorstroming en veiligheid:** Gegeven de input data kan er een wereldmodel gevormd worden van de huidige stand van zaken rond mobiliteit en transport in de verschillende modaliteiten. Het collectief gedrag van personen en voertuigen is hierbij van belang. Inzicht krijgen in de gevolgen van incidenten op het netwerk en de effecten op verkeersveiligheid zijn eveneens van belang (thinking);
- **Luchtkwaliteit:** In toenemende mate komen er grote hoeveelheden real-time emissiedata beschikbaar, zowel van voertuigen als van monitoringsystemen boven of langs de weg. Hiermee ontstaat de dringende behoefte om deze data geschikt te maken voor snelle interpretatie (thinking) en beslissingen (acting);

- **Energie:** Een betrouwbaar, robuust elektriciteitsgrid is een zaak van nationaal belang en een goede zichtbaarheid. AI-gebaseerde inschattingen van vraag en aanbod voor laadinfrastructuur (thinking) zorgen voor een efficiënte en uitgebalanceerde inzet van onze energie (acting) (zie ook de paragraaf hierboven op voertuigniveau).

Een zo volledig mogelijk uitlegbaar wereldbeeld van de situatie in ons mobiliteitssysteem is essentieel als basis voor de besluitvorming (acting). Juist in Nederland is dit van belang omdat verminderde verkeersdoorstroming, luchtkwaliteit en energiemangement een grote impact hebben in een dichtbevolkt land.

5.2 THINKING: SCENARIO'S VOOR BELEID EN VERKEER

Met een wereldmodel van ons verkeerssysteem wordt het zaak om te interpreteren wat de huidige en de toekomstige toestand is van het systeem. De beschikbare data moeten benut en vertaald worden naar goede en kwantitatief onderbouwde beslissingen (acting) die gedragen worden en uitlegbaar zijn.

Leidend hierin is de ontwikkeling van mogelijke scenario's (toekomstige staten) van de energiebehoefte, emissies en verkeersdoorstroming. Op basis van deze scenario's kan AI helpen in:

- Het maken van beter beleid (acting) om voertuigemissies te reduceren, het analyseren van het effect van bijvoorbeeld “modal shift” beleid en het geven van meer inzicht in de interactie tussen personen-, goederenvervoer en de onderliggende infrastructuur;
- Het ondersteunen van besluitvorming (acting) van verkeersleiders ten behoeve van de verkeersdoorstroming waardoor verstoringen sneller verholpen kunnen worden. In deze overwegingen wordt gelijktijdig ook de impact op lokale luchtkwaliteit geïntegreerd (incl. dynamische emissie zones). Tevens kan AI helpen bij het inzicht geven in menselijke (voor)oordelen bij besluitvorming;
- Het verschaffen van inzicht in aankomende vraag naar energie om het laden van voertuigen efficiënt te verdelen over de beschikbare capaciteit van het netwerk (acting).

Ook nieuwe ontwikkelingen als MaaS (Mobility as a Service) en TaaS (Transport as a Service) zijn sterk afhankelijk van de toepassing van AI voor het herkennen en voorspellen van gebruikersbehoeften. Een eerste toepassing zou plaats kunnen vinden in enkele van de nationale MaaS pilots.

Wanneer het gaat om beleid (acting), vormen door AI gegenereerde scenario's van vraag-aanbod patronen een belangrijke basis voor het sturen op modaliteitskeuzes, vlootmanagement, deelmobiliteit en energie. De grote uitdagingen zijn het correct voorspellen van energie-, transport- en mobiliteitsbehoefte en de capaciteit van de onderliggende infrastructuur. Hierbij dient rekening te worden gehouden met verschillende typen gebruikers, zoals individuele consumenten, OV-aanbieders, aanbieders van deelmobiliteit en stadslogistiek, en andere op hetzelfde netwerk aangesloten gebruikers. Ook dient rekening te worden gehouden met het kunnen acteren op mogelijke verstoringen. Op het gebied van digitalisering kunnen steden geholpen worden door de bouw van een "digital twin". Hierin kan men experimenteren met de potentie en het effect van toekomstige beleidsmaatregelen op het gebied van mobiliteit en de ontwikkeling van de verschillende/ nieuwe modaliteiten. Er wordt gebruik gemaakt van beschikbare data in combinatie met AI algoritmen om patronen en trends automatisch te herkennen en impact op doorstroming, luchtkwaliteit en gezondheid te kwantificeren.

Het Ministerie van I&W investeert op dit moment in de MaaS leeromgeving. Een platform waarin MaaS data wordt verzameld om in de toekomst gebruikmakend van onder meer AI algoritmen de impact van disruptieve technologieën in te kunnen schatten en daarop te anticiperen en te handelen (acting).

Op het gebied van "activity-based-modeling" wordt een agent-based aanpak gebruikt om menserverplaatsingen te simuleren op basis van een aantal persoonlijke kenmerken van de "agent". Voor MaaS is het dan met name interessant te kijken hoe AI helpt om verplaatsingen van mensen tot in detail te kunnen modelleren, zoals inzicht geven in wat mensen beweegt een bepaalde verplaatsing te maken en waarom ze specifieke modaliteitskeuzes maken. Kan de populatie worden verdeeld in groepen die gemeenschappelijke vervoerskeuzes maken? Wat zijn de 'verborgen' criteria die hierin een rol spelen? Deze interessante en onbeantwoorde vragen zouden met behulp van AI een flink stuk verhelderd kunnen worden, waardoor gevolgen van MaaS tastbaarder worden.

5.3 ACTING: BELEID MAKEN

Wanneer het gaat om verkeersmanagement en beleid is AI altijd onderschikt aan de mens. Onder *thinking* is het wereldmodel van ons transport- en mobiliteitssysteem geanalyseerd en zijn mogelijke toekomstige scenario's gegenereerd.

De effecten van deze scenario's kunnen voorspeld worden met AI, maar ook de effecten van mogelijk beleid kunnen worden doorgerekend, bijvoorbeeld door middel van een door AI ondersteunde "digital twin" van een fysieke stad, haven, spoornetwerk of zelfs het gehele Nederlandse mobiliteitssysteem.

Wanneer we op systeemniveau acteren kan dat gaan om beleid of om management. Wanneer we spreken over management hebben we het onder andere over de handhaving van zero-emissie zones en verkeersmanagement in verkeerscentrales. De tijdsduur voor het maken van beslissingen is ordes kleiner dan bij beleid.

Vanzelfsprekend is het in beide gevallen belangrijk, dat een AI-systeem kan uitleggen waarom het een bepaald scenario of een bepaalde actie adviseert. Het is van belang om onderzoek te doen naar hoe algoritmes hun besluitvorming kunnen uitleggen. De beslissingen van onder andere ontwikkelaars, beleidsmedewerkers, logistieke planners en bestuurders van voertuigen worden beïnvloed door AI, maar al deze partijen hebben andere doeleinden, een ander kennisniveau en een andere behoefte aan uitleg. De overheid zal echter via regulering moeten blijven sturen, net zoals nu. Met AI wordt dit voor de overheid een stukje ingewikkelder waardoor intensievere samenwerking tussen overheid en experts op gebied van mobiliteit, veiligheid, welzijn en AI belangrijker wordt.

Daarnaast is op gebied van samenwerking tussen mens en algoritme behoefte aan verder onderzoek. Kan het algoritme aangeven waar het niet capabel is? Hoe draagt de mens domeinkennis over aan het algoritme? Hoe veranderen onze banen? Voelen medewerkers zich ondersteund of ondermijnd?

AI in combinatie met slimme visualisaties van effecten kan de beleidsmaker helpen de korte termijn en lange termijn gevolgen van beleid voor de verschillende stakeholders te visualiseren en bij te stellen ten behoeve van draagvlak.

CONCLUSIE

Mobiliteit en transport zijn van groot belang voor Nederland. Belangrijke aanleidingen tot innovatie in deze sector zijn de Nederlandse concurrentiepositie, technologische ontwikkelingen en sociaal-maatschappelijke belangen zoals werkgelegenheid, duurzaamheid, verkeersveiligheid, luchtkwaliteit, leefbaarheid en bereikbaarheid. Ons land kenmerkt zich door grote verkeersdrukte, drukbevolkte steden en veel transport- en logistiekbewegingen, mede naar onze buurlanden toe. Op dit moment lopen we tegen een aantal grenzen aan zoals het actuele stikstofbeleid, toenemende filedruk, voldoen aan Sustainable Development Goals (UN) en misschien zelfs wel ad-hoc urgenties zoals het Corona-virus dat grote invloed heeft op transport en mobiliteitsbewegingen en de economie in Nederland. De complexiteit van genoemde ontwikkelingen, de hoeveelheid beschikbare data en de rekenkracht van computers nemen in een hoog tempo toe. Conventionele werkwijzen schieten inmiddels vaak tekort, en AI biedt de mogelijkheid om hiermee wel om te gaan en oplossingen te bieden.

Om dit te realiseren is breed, integraal onderzoek naar AI-methodieken in *sensing*, *thinking*, en *acting* nodig om kennis op te doen die vervolgens ingezet kan worden in specifieke toepassingsgebieden. De volgende (domeinoverschrijdende) aspecten dienen hierin meegenomen te worden: Responsible AI, Explainable AI, Controllable AI, Socially-Aware AI, datasoevereiniteit, en de zogenaamde FAIR principes. Ook spelen robuustheid, ethiek, privacy, cyber security, en interactie tussen mens en algoritme een belangrijke rol. We zullen naar gevolgen (als bijvoorbeeld energieverbruik) moeten kijken en naar voorwaarden (zoals de juist opgeleide expertises) die nodig zijn. Alleen op die manier kunnen we een ecosysteem creëren waarin waarden en normen en niet het winstogmerk van grote technologiebedrijven de basis vormen.

De transformatiekaart (afgebeeld in Figuur 3) geeft ons een aantal mogelijke innovatie onderwerpen. Allereerst is het belangrijk om samen met organisaties in de sector te definiëren wat de doelstellingen zijn en waar we innovatie met AI als eerste gaan versnellen. Op basis van die keuzes kan er data beschikbaar gemaakt en geprepareerd worden voor het juiste wereldmodel. Dit kan vervolgens ingezet worden om de gestelde, (middel) lange termijn doelen via *thinking* en *acting* te realiseren.

MOGELIJKE EERSTE STAPPEN ZIJN:

- Het uitwerken van een concretere visie van wat we verstaan onder een duurzaam, veilig, efficiënt en betrouwbaar transport- en mobiliteitssysteem; en hoe dit meetbaar is
- Het uitwerken van de “value case” van AI voor personen, voertuigen, infrastructuur, logistieke processen, beleid en verkeerssystemen;
- Het identificeren van onderzoek, producten en services die bijdragen aan de “value case” en zorgen voor progressie naar het verbeterde transport- en mobiliteitssysteem en nieuw verdienmodel voor Nederland.
- Met marktpartijen en kennisinstellingen verkennen wat de meest interessante toepassingen van AI in mobiliteit en transport zouden kunnen zijn voor zowel korte termijn als lange termijn (AI voor personen, voertuigen, infrastructuur, logistieke processen, beleid en verkeerssystemen)
- Het voor deze toepassingen uitwerken wat hiervoor nodig is aan onderzoek en praktijkexperimenten, hoe het bijdraagt aan een verbeterd transport- en mobiliteitssysteem en wat het in potentie oplevert.

TWEDE STAPPEN VOOR HET REALISEREN VAN EEN VEILIGER SYSTEEM KUNNEN ZIJN

- Onderzoek naar hoe slimme transportmiddelen het gedrag van weggebruikers als fietsers en infrastructuur als fietspaden kunnen herkennen;
- Onderzoek naar hoe AI-systemen zelfstandig hun vaardigheid kunnen inschatten wat betreft het ma-

ken van een beslissing. Dit geldt voor autonome voertuigen, maar ook voor de autonome aansturing van bijvoorbeeld een logistiek proces;

- Onderzoek naar de samenwerking tussen mens en AI. Dit bevat vele aspecten, maar wanneer het gaat om veiligheid is *explainability* en *controllability* van cruciaal belang. Dit kan geconcretiseerd worden in de interactie in autonome voertuigen en in de ondersteuning van besluitvorming in de logistiek, verkeersmanagement en het maken van beleid.

TWEDE STAPPEN VOOR HET REALISEREN VAN EEN DUURZAMER SYSTEEM:

- Het opbouwen van AI-gebaseerde profielen over inzet, rijgedrag, verbruik en uitstoot van voertuigen geeft beleidsmakers, gebruikers en fabrikanten mogelijkheden voor verduurzaming en ontwikkeling van nieuwe testscenario's om robuust gedrag beter af te zekeren voor brede range aan praktijksituaties;
- Preventief onderhoud en detectie van afwijkingen helpt om inzet van voertuigen en rijgedrag te verbeteren, operationele kosten te reduceren en energieverbruik en uitstoot te minimaliseren;
- AI kan ook acteren op het gebied van slim laden mits de mobiliteitssector intensief samenwerkt in AI-ontwikkelingen met de energiesector;
- Zelflerend energie- en emissie management opent mogelijkheden tot verdere verduurzaming en tot gigantische reductie van ontwikkeltijden en kosten voor fabrikanten;
- Door meer zichtbaarheid in de goederenstroming kunnen er duurzamere keuzes gemaakt worden en kan beleid op "modal shift" verbeterd worden.

TWEDE STAPPEN VOOR HET REALISEREN VAN EEN EFFICIËNTER SYSTEEM

- Preventief onderhoud en detectie van afwijkingen in cruciale infrastructuur (wegen, bruggen, sluisen, tunnels) kan helpen om onderhoud te spreiden en plotselinge noodreparaties voorkomen.
- Door besluitvorming van logistieke planners te ondersteunen door AI kunnen we planningen optimaliseren en ketenprocessen synchroniseren. Hiervoor dienen er methodes ontwikkeld en getest te worden voor Altoepassingen waarbij verkeers- of logistieke planners met decision support ondersteund worden bij relatief eenvoudige activiteiten (zoals planning van een modaliteit).

- Een volgende stap is het ontwikkelen en testen van methodes voor AI-toepassingen met decision making waarbij beslissingsbevoegdheid wordt overgedragen aan het AI voor zowel eenvoudige activiteiten als meer complexe activiteiten (zoals planning over meerdere modaliteiten en activiteiten in de gehele supply chain). Uiteindelijk kan beslissingsbevoegdheid overgedragen worden aan AI in bijvoorbeeld de vorm van "digital twins" en kunnen we ketenprocessen autonoom laten aansturen.
- Het is belangrijk om de impact van AI inzichtelijk maken. Dit omvat zowel de waarde voor alle betrokken partijen aantonen als de invloed op hun processen, rollen en belangen.
- Wat betreft efficiëntie levert AI ons ook mogelijkheden op voor servicedifferentiatie en nieuwe businessmodellen. Er dient onderzocht te worden wat de mogelijkheden en wat de potentiële voordelen zijn
- Onderzoek naar robuustheid is van cruciaal belang wanneer we beslissingsbevoegdheid overdragen naar AI. Hoe gaan we om met onbekende situaties op de weg, in het verkeer en in de logistiek?

Uiteindelijk moet dit leiden tot grootschalig testen in de praktijk.

In potentie kan AI bijdragen aan de ontwikkeling van een geïntegreerd mobiliteits- en transportsysteem dat met nieuwe technologie zowel onze economische positie versterkt als de staat van sociaal-maatschappelijke onderwerpen verbetert.

Willen we met AI in Nederland een toekomstbestendig transport- en mobiliteitssysteem vormgeven, dan is het zaak om hier nu als sector gezamenlijk in op te trekken. AI kan zo de stap van Smart Cities naar Nederland als Smart Nation mogelijk maken.

REVIEWERS

Albert Veenstra - TKI Dinalog
Liesbeth Brügemann - TKI Dinalog
Margriet van Schijndel - TU Eindhoven
Carlo van de Weijer - TU Eindhoven
Marieke Martens - TNO | TU Eindhoven
Merle Blok - TNO

Onderstaande organisaties zijn benaderd voor feedback om een zo breed mogelijk veld binnen mobiliteit en transport af te dekken. De volgende personen hebben input geleverd op basis van de eerste (concept) versie van dit document:

Simon Spoor - Air France KLM Cargo
René Krukkert - Albert Heijn
Roy Lenders - Boosting Alpha
Sergey Patsko - Cag Gemini
Hans Moonen - CGI | Universiteit Twente
Mark van der Drift - Cornelissen Groep
Jack Martens - DAF
Sebastian Visser - DENSO AUTOMOTIVE
 Deutschland GmbH

Paul Ham - ECT
Clara Otero Perez - NXP
Bart van Riessen - POORT8
Dennis Dortland - Portbase
Bernd van Dijk - PrimeVision
Javier Ibanez-Guzman - Renault
Dirk Koppenol - SmartPort
Jaco van Meijeren - TNO
Jorn Gijsbers - TNO
Natascha Agricola - TNO
Nicolien Hendrickx - TNO
Wout Hofman - TNO
Maurice Kwakkernaat - TNO
Stephan Raaijmakers - TNO | Universiteit Leiden
Roland van Venrooy - TomTom
Yaohua Tan - TU Delft
Lori Tavasszy - TU Delft
Martijn Mes - Universiteit Twente
Michel van Dijk - Van Berkel Logistics



APPENDIX

De tekst hieronder is de integrale tekst van de “one pager” over AI in Mobiliteit en Transport die 18 februari 2020 ingediend is bij de Nederlandse AI Coalitie als input voor het investeringsplan van de coalitie:

AI speelt een toenemende rol bij de internationale mobiliteitsontwikkelingen. Alleen vanuit de ecosysteem-aanpak is het mogelijk om maatschappelijke zaken zoals congestie, emissies en verkeersveiligheid aan te pakken. De maatschappelijke schade van files is jaarlijks zo'n € 3 miljard, die van verkeersongevallen zo'n 15 miljard (2% BNP); los van gezondheidsschade en kosten door emissies. De kosten van mobiliteit, voor Nederlandse burgers en bedrijven, liggen jaarlijks rond € 136 miljard.

AI kan sterk bijdragen aan een mobiliteitstransitie, naar verbeterde bereikbaarheid, verduurzaming, en terugdringen van ongevallen. Met AI is er een stevig middel voor de borging van de economische perspectieven van de Nederlandse mobiliteitssector, waarvan de inbedding in het internationale werkveld nu te consolideren en versterken is.

Toepassingsgebieden in mobiliteit zijn onder andere:

- **Verkeer- en vervoersmanagement;** het ontwikkelen en uitvoeren van effectief verkeer- en vervoersmanagement op basis van big data analyses en AI die in staat stelt tot het inschatten en het voorspellen van de status van het mobiliteitssysteem. Inschatting van effecten voor het gehele mobiliteitssysteem, anticiperen op verstoringen, onderhoud (van wegen, bruggen en sluisen), op gebruikers (verladers, weggebruikers, consumenten) en mogelijke besparingen op de infrastructuur kunnen met AI beter versterkt worden.
- **Logistiek;** het toepassen van AI is een essentieel component in de ontwikkeling naar een naadloos, verbonden, adaptief, synchroonaal logistiek netwerk en de ontwikkeling van sector-brede hubs. AI voor logistieke netwerken is essentieel voor de planning en aansturing van ketens. Door het toepassen van AI kan het potentieel van datagebruik benut worden, waardoor efficiëntie, veiligheid, robuustheid, betrouwbaarheid, planbaarheid en flexibiliteit vooruitgaan. Dat geldt voor zowel individuele vervoerders als voor vervoersketens en terminals (zoals havens). Vanuit bestaande warehouse automatisering wordt gewerkt naar lading en vervoersmiddelen die ook buiten het distributiecentrum een vorm van autonomie krij-

gen. Grootschalige testen de verdere toekomstige waarde van AI en data delen als sleuteltechnologieën voor het bereiken van een geïntegreerd transportsysteem aantonen.

- **Deelmobiliteit en Mobiliteitsservices, inclusief MaaS (Mobility as a Service, en TaaS, Transport as a Service);** de kwaliteit en impact van dergelijke ontwikkeling hangen sterk af van toepassing van AI voor herkennen en voorspellen van gebruikersbehoeften, en het koppelen van nieuwe diensten en verdienmodellen. Een eerste toepassing zou plaats kunnen vinden in enkele van de nationale MaaS pilots. Ook van belang hierbij is de beïnvloeding van modaliteitskeuzes, en vlootmanagement in deelmobiliteit waarbij AI essentieel is in voorspelling van vraag-aanbod patronen, zodat een hoog serviceniveau geboden wordt.
- **Slim laden en aandrijflijnen;** waarbij AI inschattingen van de huidige en aankomende vraag voor energie en voor laden efficiënt kan helpen verdelen over de beschikbare (laad)capaciteit, waarbij rekening wordt gehouden met verschillende typen gebruikers, zoals individuele consumenten, OV aanbieders en andere aanbieders van deelmobiliteit en stadslogistiek. Verder is AI van groot belang voor het monitoren van de voertuigaandrijving en het anticiperen op veroudering van componenten inclusief de batterij, slimme kalibratie, en op basis van AI ontworpen test scenario's kan er beter beleid gemaakt worden op voertuigemissies.
- **Voertuigtechnologie voor veiligheidssystemen,** driver support, coöperatief, connected en geautomatiseerd rijden; hierbij ligt voor Nederlandse actoren focus op rijden in complexe situaties, met nadruk op geavanceerde vaardigheden zoals patroonherkenning, big data analyse -inclusief de data-mining circle - en self-learning. Hierbij hoort ook de combinatie van informatie over de status van het voertuig, de inzittenden en de directe omgeving en andere actoren, om tot real-time beslissingen te komen.

Daarnaast kan AI een sleutelrol spelen in het doorbreken van de silo's en fragmentatie rondom personenvervoer en -services, logistiek, en verkeersmanagement. De AI die hiervoor nodig is, moet altijd uitlegbaar zijn; het moet voor de mens duidelijk zijn op welke basis de beslissingen genomen zijn.

TKI DINALOG
Graaf Engelbertlaan 75
4837 DS Breda

info@dinalog.nl
www.dinalog.nl
+31 (0)76 531 53 00



TKI Dinalog is een
uitvoeringsorganisatie van
de Topsector Logistiek