



Dedicated to innovation in aerospace

Artificial Intelligence (AI) voor Defensie

EEN AFGEWOGEN EN VERANTWOORDELIJKE INZET
BLIJFT MENSENWERK

ter
ondersteuning
van de
operatie

bij
opleiding
en
training

in
de bedrijfs-
voering

© Defensie.nl

Een broodje speciaal

Technologische ontwikkeling is altijd van groot belang geweest voor de krijgsmacht. De invloed ervan komt tot uiting in wapen-, sensor- en platformsystemen, in de uitrusting van militairen, in alle vormen van militair optreden en binnen de bedrijfsvoering en informatievoorziening van Defensie. Daarbij neemt ook de rol van *Artificial Intelligence* steeds meer toe.

Binnen alle actuele technologische ontwikkelingen, is *Artificial Intelligence* (AI) voor Defensie een belangrijk gebied om actief in kennis en kunde te investeren. Zeker in combinatie met parallelle terreinen als *big data* en *data science* kan AI voor een belangrijke disruptie zorgen met effect op alle capaciteiten van de krijgsmacht.

De impact van AI wordt snel duidelijk door te kijken naar mogelijke toepassingen. Zo biedt AI ondersteuning in het analyseren van informatie en in de besluitvorming, waarbij mogelijke risico's en afwijkingen sneller door de mens geïdentificeerd kunnen worden. AI biedt de mogelijkheid om de autonomie van sensor- en wapensystemen te vergroten en multi-platform operaties effectief uit te voeren. En ook in het optimaliseren van de samenwerking tussen mens en machine speelt AI een grote rol.

Naast deze operationele mogelijkheden, kan AI de bedrijfsvoering van Defensie op veel terreinen verbeteren. Van effectievere opleidings- en trainingsmethodes tot optimalisatie van logistiek en onderhoud.

Terwijl de mogelijkheden van AI soms grenzeloos lijken, zijn ook uitdagingen verbonden aan de inzet ervan. Allereerst speelt ethiek een steeds grotere rol bij de afweging of en in welke mate AI wordt ingezet, in het bijzonder in de operationele context. Ook de veiligheid van AI-systemen is een belangrijke randvoorwaarde voor het operationeel gebruik. Zowel operationeel als in de bedrijfsvoering is het van belang dat de uitkomsten van AI-processen voor mensen begrijpelijk zijn en de samenwerking tussen mens en machine bevorderen. De inzet van AI moet in balans zijn met deze factoren.

NLR verliest daarbij de realiteit niet uit het oog. De theorie over de inzet van AI is mooi maar het gebruik en de praktische inzet van AI kennen nog vele uitdagingen. Desalniettemin biedt AI vele kansen. Deze brochure laat zien op welke terreinen Defensie profijt kan hebben van AI, zowel tijdens de operatie als bij de ondersteuning van de organisatie.

INHOUDSOPGAVE

Over Artificial Intelligence (AI)

04

AI ter ondersteuning van de operatie

**BEMANDE, ONBEMANDE EN
AUTONOME SYSTEMEN**

INFORMATIEGESTUURD OPTREDEN

DECISION SUPPORT SYSTEMEN

06



AI bij opleiding en training

GEPERSONALISEERDE TRAINING

SIMULATIE ALS TRAININGSMEDIUM

12



AI in de bedrijfsvoering

MAINTENANCE, REPAIR & OVERHAUL

VEILIGHEID

15



Naar de toekomst:

19

Een gebalanceerde inzet van AI

Over Artificial Intelligence (AI)

Er is geen eenduidige definitie van AI. Wij gebruiken hier de omschrijving van AI die door de NAVO wordt gehanteerd: *Capability of a non-biological system to achieve any complex goal by using processes comparable to human cognitive processes such as perception, deduction, recognition, memorization and learning.*

Wat we wel kunnen stellen, is dat AI een sleuteltechnologie is die onze wereld transformeert. In veel sectoren. Op AI-gebaseerde beeldherkenningstoepassingen ondersteunen bijvoorbeeld artsen bij het stellen van diagnoses van bepaalde soorten kanker. AI wordt ook in toenemende mate ingezet in de logistieke sector en speelt een grote rol bij het ontwikkelen van zelfrijdende voertuigen. Daarnaast merken we in ons dagelijks leven het

gemak van AI. Denk bijvoorbeeld aan intelligente zoekmachines die zeer snel de juiste informatie geven, vertaalalgoritmes, navigatiesystemen, of de algoritmes die ons - al dan niet gewenst - aanbevelingen doen als we online zijn.

AI is ook voor Defensie een van de belangrijkste technologische ontwikkelingen waar de organisatie mee te maken heeft.



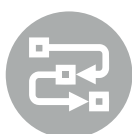
OPERATIE

AI vormt een belangrijke technologische ontwikkeling die in de toekomst bij Defensie-operaties tot ingrijpende veranderingen gaat leiden: naar betere informatievoorziening, meer autonomie in de uitvoering van taken, tot aan betere samenwerking tussen platformen. AI speelt daarmee een hoofdrol in toekomstige militaire operaties.



OPLEIDING & TRAINING

Het optimaliseren van opleidingen en trainingen lijkt op het eerste gezicht vooral mensenwerk. Toch wordt het steeds duidelijker dat AI juist op dit terrein uitermate geschikt is om trainingen efficiënter en effectiever te maken. Bijvoorbeeld door het volgen van de prestaties van leerlingen en het aanbieden van gepersonaliseerde leertrajecten, of door het realiseren van informatierijke en natuurgetrouwe simulaties als effectieve leeromgevingen.



BEDRIJFSVOERING

Op het gebied van bedrijfsvoering kan AI veel toegevoegde waarde bieden. Zo kan AI gebruikt worden om besluitvorming binnen de Defensieorganisatie te versnellen, grote datasets beter en sneller te analyseren en de verkregen informatie te gebruiken om bijvoorbeeld het onderhoud van systemen te optimaliseren. AI maakt de modernisering van de bedrijfsvoering bij defensie op vele terreinen mogelijk.

Terminologie

Binnen het vakgebied van Artificial Intelligence (AI), zien we een aantal termen regelmatig terugkomen. Vandaar een korte toelichting:

Big data is een term die betrekking heeft op data die zich kenmerken door een grote hoeveelheid, dynamiek en diversiteit. Er wordt daarom ook vaak over de drie V's gesproken; *Volume*, *Velocity* en *Variety*. Twee minder bekende, maar net zo relevante V's zijn *Veracity* (de kwaliteit of betrouwbaarheid van de data) en *Value*, ofwel de waarde van data (data op zich hebben geen nut tenzij ze worden omgezet in iets waardevols).

Data science betreft het analyseren en interpreteren van grote hoeveelheden data die vaak complex en ongestructureerd zijn. De kunst van goede *data science* is het transformeren van data in waardevolle informatie. Naast het conventionele gebruik van data en toepassen van statistiek, omvat dit vakgebied ook het verzamelen, opschonen en integreren van data.

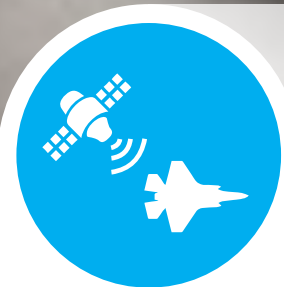
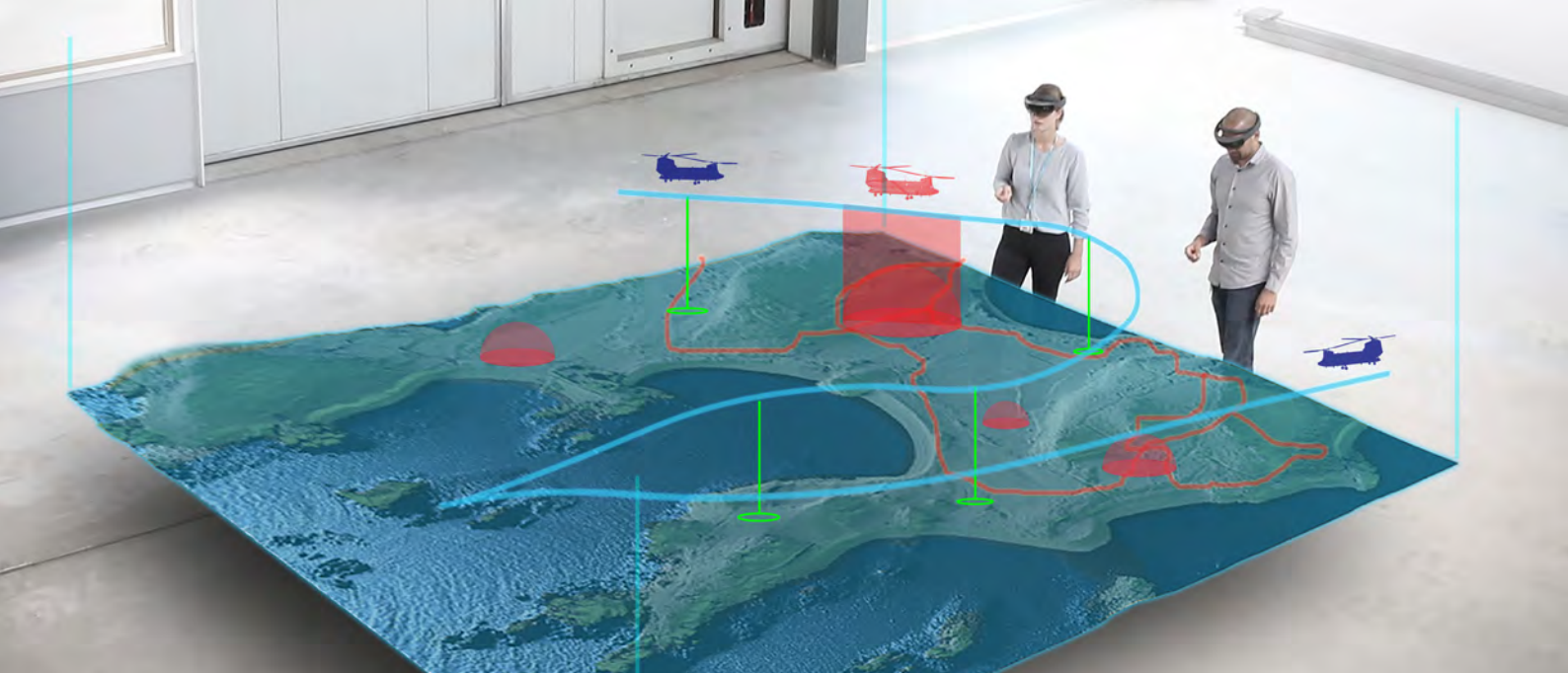
Machine Learning (ML) is een discipline die zich bezighoudt met het onderzoeken van computer-

algoritmen die zichzelf automatisch – al dan niet onder menselijke supervisie – verbeteren door ervaring en gebruik van gegevens. Met de technieken van ML kunnen uit grote databestanden verbanden in de data worden geïdentificeerd. Daarnaast kan ML op basis van historische data en patronen nieuwe data labelen en trends voorspellen.

Deep Learning (DL) is een klasse van ANN (*Artificial Neural Networks*) waarbij algoritmen gebruik maken van kunstmatige neurale netwerken.

Symbolic AI is een subdomein binnen AI waarbij algoritmen gebruik maken van menselijk leesbare concepten om bijvoorbeeld planningsproblemen en kennisvraagstukken op te lossen. Dit veld wordt soms bestempeld als ouderwets maar is essentieel voor toekomstig 'hybride AI', waarbij menselijke kennis met neurale netwerken wordt gecombineerd.





AI ter ondersteuning van de operatie

Een optimale militaire operatie vereist kwalitatief hoogwaardige middelen, faciliteiten, onderzoek en diensten. Maar dat is makkelijker gezegd dan gedaan.

Met de opkomst van onbemande platformen, informatiegestuurd optreden en intelligente systemen voor beslissingsondersteuning is het wenselijk om de taakverdeling tussen mens en machine slimmer op elkaar af te stemmen.

Dit vraagt om mens-machine teaming-concepten waarbij een duidelijke scheiding van verantwoordelijkheden tussen mens en machine moet worden afgestemd.

BEMANDE, ONBEMANDE EN AUTONOME SYSTEMEN

Artificial Intelligence (AI) maakt het mogelijk dat wapensystemen op uiteenlopende platformen (deels) autonoom worden ingezet. Zo test de Amerikaanse marine de *Sea Hunter*, een onbemand schip dat zoekt naar vijandelijke doelwitten op zee. China ontwikkelt met de JARI, een varende *killer robot*, het antwoord op de *Sea Hunter* en Rusland denkt in de nabije toekomst menselijke soldaten te kunnen vervangen door een zwerm van robotsoldaten.

Defensie zet met AI in op autonome systemen die op land, in de lucht en op zee in moeilijke omstandigheden kunnen functioneren.

Die autonome systemen kunnen taken minder *dull, dirty and dangerous* maken. Tegelijkertijd heeft de inzet van AI voor autonome wapensystemen een belangrijke ethische kant en is het ook een gevoelig en politiek beladen onderwerp. Veel aandacht gaat uit naar ethische vraagstukken en met de focus op menselijke controle. Waar in toenemende mate autonome functies ingezet gaan worden, is er ook de veranderende relatie tussen mens en technologie. Het is daarbij belangrijk om voldoende waarborgen te creëren, zodat er altijd sprake is van een vorm van betekenisvolle menselijke controle (*meaningful human control*).

Het onderzoek binnen NLR bestrijkt een breed scala aan onderwerpen van bijvoorbeeld individuele AI-algoritmen ten behoeve van *smart sensing* en navigatie van drones tot aan nieuwe concepten voor mens-machine samenwerking voor toekomstige (semi-)onbemande platformen.

Drones en slimme sensoren

- Intelligente sensoren die zich kunnen aanpassen op basis van waarnemingen in de omgeving, al naar gelang de meegegeven doelstelling (bijvoorbeeld zogenoemde *cognitive radar*). Door datastromen van verschillende sensoren in real-time te combineren (zoals zichtbaar licht en infrarood) kunnen objecten met grotere nauwkeurigheid worden gedetecteerd, geclassificeerd en gevolgd.
- Navigatietechnieken voor drones voor omgevingen die nog niet in kaart zijn gebracht. Zo kan een drone zijn weg vinden op locaties zonder navigatiesignalen, bijvoorbeeld in een binnenruimte, en tijdens het vliegen real-time zijn omgeving in kaart brengen en informatie verzamelen.

Samenwerking tussen mens en machine

Uit diverse onderzoeken en experimenten van NLR in de afgelopen jaren blijkt dat een effectieve uitvoering van gedeelde taken vraagt om geavanceerde mens-machine-interfaces en daarop aansluitende (cockpit)technologieën. Als tijdens een operatie beslissingen snel moeten worden genomen, kan een intelligent systeem inspringen om triviale taken over te nemen waardoor de operator of vlieger zich volledig kan focussen op de meer urgente acties. Vraagstukken waaraan wordt gewerkt zijn bijvoorbeeld:

- Toekomstig ontwerp van operator-werkposities gericht op mens-machine-samenwerking.
- Methoden voor adaptieve automatisering en taakallocatie tussen mens en machine.
- Het meten en beoordelen van de kwaliteit van samenwerking tussen mens en machine.
- Nieuwe mens-machine-interfaces die in staat zijn om inzicht te geven in de werking van intelligente systemen (*explainable cognitive interfaces*).



INFORMATIEGESTUURD OPTREDEN

Door opkomende veranderingen in militaire doctrines, zoals het multi-domein optreden, is het noodzakelijk efficiënter en effectiever militair vermogen in te zetten. Om dit te bewerkstelligen is genetwerkt optreden een voorwaarde. Hierbij opereren sensor-, wapen- en *command and control* (C2)-systemen tezamen als een *System of Systems*.

In dit operationele netwerk worden grote hoeveelheden data geproduceerd en verwerkt om het aanpassingsvermogen en reactievermogen van de organisatie en militaire effectenbrengers te vergroten. Dit netwerk zou men kunnen beschouwen als het zenuwstelsel van de militaire operatie. Hierbij is het tevens van belang dat dit zenuwstelsel weerbaar is voor *cyber*-activiteiten.

Een belangrijke voorwaarde voor het succes van AI-toepassingen binnen dit netwerk is een efficiënte ontsluiting van verschillende databronnen.

De platformen van de luchtmacht, landmacht en marine genereren eigen data die zorgvuldig worden afgeschermd. Dat is veilig, maar beperkt ook het komen tot inzichten die een actieve samenwerking tussen de platformen mogelijk zou kunnen maken.

NLR voert verscheidene onderzoeken uit om data van meerdere domeinen op een veilige manier centraal beschikbaar en toegankelijk te maken zodat deze benut kunnen worden binnen AI-toepassingen.

CEREBRO

Het NLR-programma 'Informatie Gestuurd Optreden' (IGO) bestudeert hoe een superieur begrip van de complexe (informatie)omgeving en daarin acterende partijen wordt verkregen. Welke snelle en juiste besluitvorming en acties gaan leiden tot het behalen van de gewenste (militaire) effecten?

Voor toegepast onderzoek naar IGO-vraagstukken beschikt NLR over een *Battlelab*-omgeving onder de naam CEREBRO (*el cerebro* is Spaans voor hersenen). Hierbinnen worden nieuwe *air*- en *spacepower*-concepten en -systemen in een gecontroleerde omgeving onderzocht, ontwikkeld, getest en gedemonstreerd.



Enkele voorbeelden van onderzoek dat binnen het NLR wordt uitgevoerd:

Intelligence

- Het programma '*Sensing in a Network Environment*' heeft tot doel kennis op te bouwen op het gebied van het *Intelligence Requirements Management and Collection Management* (IRM&CM) processen. Doel is methoden te onderzoeken die de huidige *Tactics, Techniques* en *Procedures* kunnen optimaliseren en methoden te beproeven die een verbetering geven van de verdeling van werk en informatie en wat dit voor consequenties heeft voor de organisatie.
- Het programma 'Automatiseren van het inlichtingenproces' richt zich op geautomatiseerde ondersteuning van het inlichtingenproces met een focus op *airborne* en *spaceborne* sensoren. In het bijzonder wordt gekeken naar AI-methoden om, met behulp van object detectie, relevante situaties te herkennen zodat een analist ondersteund kan worden in het nemen van beslissingen.

Cyber

- Het programma '*Cyber reasoning*-systeem voor lucht- en ruimtevaartsystemen' heeft als doelstelling het verkrijgen van inzicht in een *cyber reasoning*-systeem voor lucht- en ruimtevaartoperaties. Een dergelijk systeem analyseert continu met behulp van slimme algoritmen het cyberrisico in lucht- en ruimtevaartsystemen en optimaliseert het *cyber resilience*-proces.
- Het programma '*Cyber & Electro Magnetic Activities*' (CEMA) heeft als doel om de kennis en middelen te ontwikkelen die Defensie in staat stelt haar CEMA-capaciteiten verder te ontwikkelen en toe te passen. Van belang zijnde aspecten zijn onder andere het verbeteren van de bescherming van eigen systemen tegen CEMA-aanvallen, het opbouwen van een *recognized CEMA picture* en het verkrijgen en behouden van een hoogwaardige informatiepositie.



Onderzoek verbetert de bruikbaarheid van visuele informatie

Visuele gegevens vormen de kern van veel intelligente systemen. Bij de informatieverwerking van sensorsystemen kunnen AI-technieken gebruikt worden om visuele gegevens te analyseren en objecten en gebeurtenissen te detecteren. *Machine Learning*-technieken helpen de grote hoeveelheid informatie die in afbeeldingen is opgeslagen, te verminderen en te structureren.

Recente ontwikkelingen op het gebied van *Deep Learning* (DL) en convolutionele neurale netwerken (CNN's) hebben gezorgd voor een doorbraak in de mogelijkheden van *military intelligence* op basis van visuele informatie. Toch is er nog veel ruimte voor verbetering. Een zwakte van DL is bijvoorbeeld de hoeveelheid data die nodig is, maar vaak niet beschikbaar is. NLR heeft methoden ontwikkeld om de prestaties te verbeteren met behulp van geaugmenteerde synthetische datasets en doet onderzoek om de prestaties van real-life data voortdurend verder te verbeteren.

De essentie van bruikbare informatie is dat er snel op kan worden gereageerd. NLR doet onderzoek naar bruikbare informatie die wordt toegepast op systemen voor *Intelligence Surveillance and Reconnaissance* (ISR). De tools die zijn ontwikkeld om dit besluitvormingsproces te ondersteunen, zijn gebaseerd op *case-based reasoning*, dat wil zeggen, eerdere ervaringen worden opgeslagen en gebruikt om oplossingen te vinden voor nieuwe situaties.

Ook voor debrief-processen kan automatische beeldherkenning op basis van *Machine Learning*-technieken toegepast worden, in combinatie met secundaire databronnen. NLR onderzoekt de toepasbaarheid van beschikbare AI-technieken voor efficiëntere debrief en vergaart zodoende kennis over de technieken, de randvoorwaarden en beperkingen.



DECISION SUPPORT SYSTEMEN

Systemen voor beslissingsondersteuning of *decision support systemen* (DSS) richten zich op het helpen van militaire besluitvormers om nuttige informatie uit een breed scala aan gegevens en informatiebronnen te destilleren, mogelijke problemen daarbij te identificeren en vervolgens adequate beslissingen te adviseren die deze problemen oplossen.

Hoewel het oplossingsvermogen van moderne AI-systemen steeds groter wordt, neemt de complexiteit van dit soort systemen ook toe. De exacte werking van een modern AI-systeem is soms niet meer te begrijpen waardoor het voor een gebruiker moeilijk

wordt een oplossing te verifiëren. Daarom wordt vaak gezocht naar alternatieve methoden die eenvoudiger te begrijpen zijn en waarvan de werking transparant is (XAI, ofwel *eXplainable AI*). Hiernaast wordt gewerkt aan robuuste en betrouwbare algoritmen die zorg dragen voor een verbeterde veiligheid.

NLR ondersteunt Defensie in de ontwikkeling van nieuwe DSS-concepten. De inzet van AI-technologieën wordt onderzocht om besluitvormers te ondersteunen in het verkrijgen en verwerken van informatie en het afwegen van besluiten.

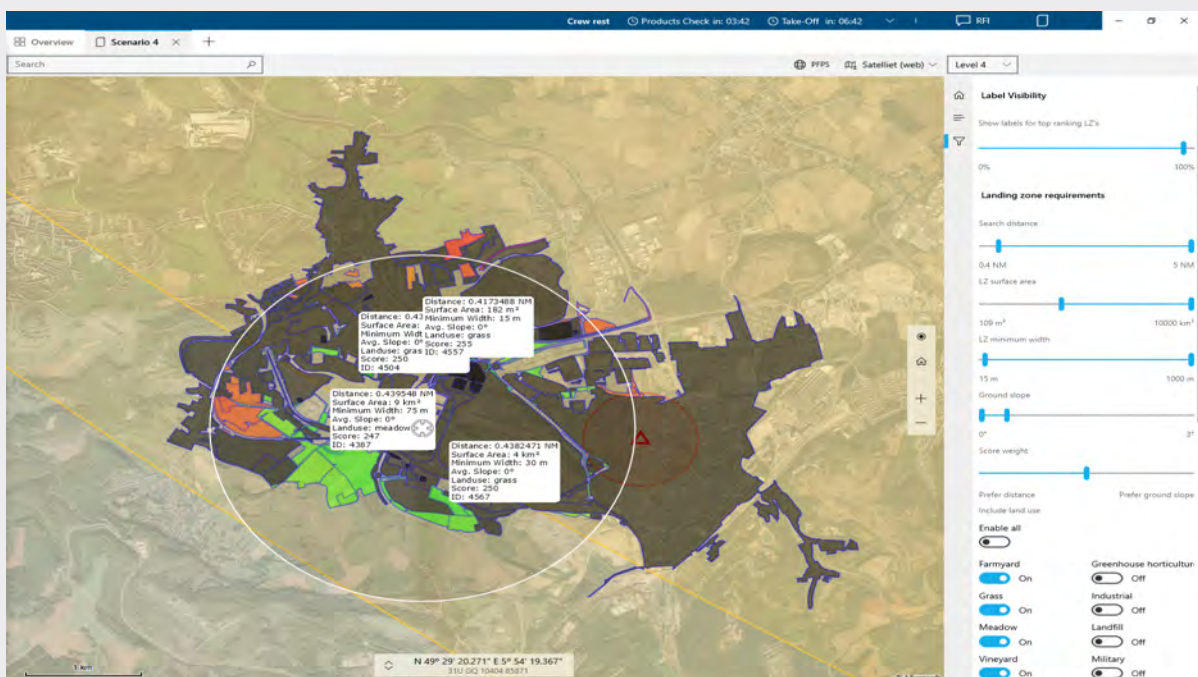
Missieplanning ondersteuning

Militaire missies vereisen een zorgvuldige voorbereiding en planning, en worden gevolgd door debriefts om het succes van een missie te beoordelen. NLR heeft diverse algoritmen en tools ontwikkeld ten behoeve van mission planning en debrief. Twee specifieke voorbeelden in het kader van missieplanningsondersteuning zijn:

- Een 3D-routeplanningsalgoritme voor 5e-generatie jachtvliegtuigen die door een gebied met grondverdedigingssystemen moeten navigeren. Het algoritme berekent een ideale route en enkele alternatieven die voldoen aan de eisen die de planner stelt (bijvoorbeeld detecteerbaarheid of het in acht nemen van het effectieve bereik van raketten).

De functionaliteit kan worden toegevoegd aan verschillende operationele missieplanningssystemen zoals PFPs en JMPS.

- Een algoritme die een planner van helikoptermissies ondersteunt bij het selecteren van geschikte *landing zones* voor transporthelikopters. Hierbij worden factoren meegenomen zoals de afstand tot het conflictgebied en kenmerken van het terrein (bijv. ruimte, beschutting en hellingsgraad). Experimenten zijn uitgevoerd waarbij gekeken is naar effectieve gebruikersinterfaces die gebruik maken van verschillende niveaus van uitlegbaarheid om de planner optimaal te ondersteunen.





AI bij opleiding en training

AI en *data science* bieden vele toepassingen in het kader van training en de instandhouding van de gereedheid van militairen: van prestatieanalyses van cursisten, het faciliteren van gepersonaliseerde leertrajecten, tot natuurgetrouwe simulaties als trainingsomgevingen. Deze verbeterde methodes leiden uiteindelijk tot effectievere inzet van personeel in diverse situaties.

GEPERSONALISEERDE TRAINING

Een gepersonaliseerde of *performance based*-training is een methodiek waarbij trainingen worden aangepast op basis van de individuele voortgang van de cursist. Technologische voortuitgang maakt het mogelijk om steeds meer data te verzamelen over individuele cursisten, en door gebruik van slimme algoritmen beter inzicht te krijgen in de ontwikkeling van hun competenties en vaardigheden. Deze inzichten kunnen vervolgens gebruikt worden om trainingen of trainingsschema's te sturen om zo het leerproces efficiënter en effectiever te maken.

Dit vraagt om het inrichten van een zogenaamd leerecosysteem. Dit is een omgeving waarbinnen mensen (cursisten en trainers), leermateriaal, trainingsmethoden en technologieën samenkomen om de opleidings- en trainingsdoelen van een organisatie te ondersteunen. Met behulp van AI kunnen processen hierbinnen geoptimaliseerd worden. Bijvoorbeeld voor het inplannen van trainingen, het vinden van de juiste combinatie van trainingsmiddelen of het genereren van bijpassende trainingsscenario's aan de hand van voorspellende modellen. Defensiemedewerkers kunnen op deze manier sneller en gericht leren.

NLR zet deze technologieën in voor nieuwe trainingsconcepten voor het trainen van bijvoorbeeld militaire luchtverkeersleiders, gevechtsleiders, piloten en onderhoudspersoneel.

Meten aan de mens

Modellen worden ontwikkeld die inzicht geven in de fysiologische en mentale toestand van een cursist (of operator). Door het gebruik van bijvoorbeeld sensoren zoals eye-tracking, hartslagvariabiliteit of EEG kan inzicht verkregen worden over factoren zoals situation awareness, werklast of vermoeidheid.

Learning analytics

Modellen worden ontwikkeld die inzicht geven in het leerproces van cursisten voor taak-specifieke competenties. Als voorbeeld: AI-modellen worden onderzocht voor het voorspellen van het verloop van het prestatieniveau (*skill decay*) om zo trainings-schema's te optimaliseren.

Leerecosystemen

Leerecosystemen worden ingericht op het gebied van bijvoorbeeld vliegtuigonderhoud en militaire missietraining. Leeractiviteiten en resultaten van individuele cursisten worden bijgehouden en geanalyseerd. Data science-technieken worden gebruikt om inzicht te geven in de ontwikkeling van competenties. Hiermee kunnen vervolgens persoonlijke aanbevelingen gedaan worden voor gepersonaliseerde vervolgactiviteiten.



SIMULATIE ALS TRAININGSMEDIUM

NLR ontwikkelt simulatie- en trainingstools die door Defensie worden ingezet voor de ondersteuning van tactische trainingen voor militaire gevechtsleiders en piloten. De inzet van AI biedt deze tools de mogelijkheid om steeds beter realistische en adaptieve gedragingen te simuleren van bijvoorbeeld virtuele vijandelijke eenheden. Trainingen zijn hierdoor effectiever en zijn minder afhankelijk van ondersteunend personeel (menselijke rollenspelers).

SCOTT (Smart Controller Training Tool)

Deze tool maakt gebruik van AI-technologie voor het introduceren van onvoorspelbare elementen in het trainingsprogramma. De tool maakt het mogelijk de complexiteit en omvang van oefeningen op te schalen doordat mensen niet meer alles zelf hoeven te besturen. SCOTT wordt door de Koninklijke Luchtmacht ingezet bij het realiseren van een 5^e-generatie Luchtmacht bij AOCS Nieuw-Milligen.

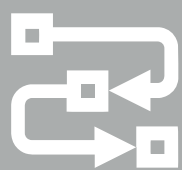
Smart bandits

Bij tactische gevechten is het cruciaal dat jachtvliegers hun tactische plannen kunnen wijzigen en hun gedrag kunnen aanpassen aan de situatie. De waarde van militaire missiesimulaties neemt daarom aanzienlijk toe als vliegers tactische gevechten tegen vijandelijke jachtvliegtuigen kunnen oefenen. Er valt echter nog veel te winnen bij het simuleren van de tegenstander, die in tegenwoordige trainingssimulaties vaak nog rudimentair tactisch gedrag vertoont. *Smart Bandits* is een AI-module die intelligente gedragsmodellen biedt voor virtuele tegenstanders in tactische luchtgevechtssimulatie (*air-to-air combat*).





© Netherlands Ministry of Defence



AI in de bedrijfsvoering

Uit de Defensievisie 2035: 'In 2035 is Defensie een slimme technologische hoogwaardige organisatie' en 'Onze mensen hebben de modernste middelen nodig, zodat ze op het hoogste niveau zo veilig mogelijk hun werk kunnen doen'. AI biedt bij uitstek mogelijkheden om, bijvoorbeeld, logistieke systemen te verbeteren, kwaliteit te beheersen, veiligheid te waarborgen en ook het onderhoud van alle mogelijke systemen te optimaliseren.

MAINTENANCE, REPAIR & OVERHAUL

PREDICTIVE MAINTENANCE

Het kunnen voorspellen van onvoorzien onderhoud levert informatie op waarmee onderhoudsplanning en logistiek verbeterd kunnen worden. Dit kan beschikbaarheid verhogen en kosten verlagen.

Onnodig onderhoud wordt beperkt, en voorraad en levering van reserve onderdelen worden geoptimaliseerd. *Predictive maintenance* kan ook het onderhoudsproces aan complexe technische systemen verbeteren.

SLIM PLANNEN

De meeste onderhoudstaken vereisen voor de uitvoering een volgorde van taken, gekwalificeerde technici en machines; afhankelijk van het type inspectie. De planning van onderhoudstaken voor een lange horizon, als voor een korte dag planning, wordt al snel een complex combinatorisch probleem.

Combinatie van AI en klassieke planningsalgoritmen opent deuren voor het oplossen van complexe onderhoudsplanung vraagstukken. Bijvoorbeeld het slim samenvoegen van taken in efficiënte pakketten.

AUTOMATISERING VAN BEELDANALYSE

Ook bij het onderhoud zelf speelt AI een steeds grotere rol. Zo voeren steeds meer onderhoudsbedrijven inspecties uit met robots of speciale camera's. NLR heeft competenties op het vlak van multi-sensor inspectietechnieken, waarbij *Deep Learning* een centrale rol speelt bij het automatiseren van de beeldanalyse.

» VOORBEELD:

Enkele voorbeelden van onderzoek dat binnen het NLR wordt uitgevoerd:

(Predictive) maintenance

- *Brown-out landing prediction*: Hiervoor is een AI-model ontwikkeld dat op basis van logdata kan herkennen wanneer een helikopter een *brown-out* heeft ondergaan.
- *Automated Robot for Blade Inspection*: Binnen dit project wordt gekeken naar het automatisch herkennen van beschadigingen op rotorbladen.

Slim plannen

- *Smart maintenance*: Op basis van logdata die gegenereerd wordt op vliegende- en onderhoudssystemen, wordt AI ontwikkeld die kan voorspellen wanneer er onderhoud nodig is. Dit komt in een systeem die *just-in-time*-logistiek en reparaties kan plannen.

Digital twin

- *Real-time Digital Twin in Manufacturing & Repair*: In dit project is een digitale kopie van een *resin transfer mould* gebouwd die helpt met het creëren van inzichten in producten die gebouwd worden. AI helpt hier met het genereren van benodigde voorspellingen en inzichten.

Manufacturing

- Product-monitoring bij (civiele) fabricageprocessen: Om inzicht te bieden in een door 3D-printer gemaakt product wordt een verscheidenheid aan AI-modellen gecreëerd die helpen bij het evalueren van de bouwkwiteit.



© Defensie.nl

VEILIGHEID

RISICO-IDENTIFICATIE EN ANALYSE

Dankzij veel verschillende opdrachtgevers in het civiele domein (denk aan luchtverkeersleiding, operators, toezichthouders) heeft NLR in de loop der jaren uitgebreid ervaring opgedaan met risico-identificatie en -analyse op basis van uiteenlopende soorten van data.

Zo kan NLR met behulp van *Artificial Intelligence* (AI) en *Data Science* (DS) risico's sneller en beter identificeren, inzichtelijk maken, en vervolgens analyseren. Dit levert managers informatie voor *risk-informed decision making*, op basis waarvan zij zelf eventuele beheersmaatregelen invoeren. Die maatregelen kunnen we vervolgens ook weer beoordelen op effectiviteit met behulp van AI en DS.

» VOORBEELD:

Voorbeelden van toepassingen van AI en DS die door NLR ontwikkeld zijn:

- Automatische classificatie van meldingen van veiligheidsincidenten;
- Automatische detectie van afwijkende vluchtpatronen of -condities in vlucht- en radardata;
- Monitoring van grondradargegevens voor de detectie van veiligheidsgebeurtenissen en trendanalyse, zoals afwijkingen van standaardprocedures;
- Vliegpaddatamining voor bijvoorbeeld detectie van instabiele naderingen en analyses van landingsprestaties;
- Dataverzameling en integratie van (wereldwijde) veiligheids- en operationele data;
- Machine Learning-toepassing om oorzakelijke relaties tussen factoren te analyseren vanuit een grote verzameling van ongevallen-/incidentmeldingen.

VEILIGHEID VAN AI-SYSTEMEN

De toenemende complexiteit en de snelle groei van AI-gebaseerde en hoog geautomatiseerde systemen in militaire operaties en organisaties legt een grote verantwoordelijkheid bij de veiligheid en betrouwbaarheid van de betreffende systemen.

Een complex vraagstuk betreft het kunnen bepalen welk niveau van veiligheid en betrouwbaarheid vereist en haalbaar is voor systemen die gebruik maken van AI en *Machine Learning*, alsmede hoe dit aangetoond dient te worden voorafgaand aan het operationele gebruik. Die criteria, veiligheid en betrouwbaarheid, zijn in ieder geval cruciaal voor het kunnen inzetten van bijvoorbeeld autonome systemen, systemen ter ondersteuning van militaire besluitvorming of systemen ter ondersteuning van *predictive maintenance*.

Operationele kennis en het gericht opbouwen en inzetten van expertise zijn cruciaal voor een gedegen ontwikkeling van toepassingen met een acceptabel niveau van veiligheid en betrouwbaarheid.

Met de kennis van het militaire domein werkt NLR aan veilige AI-systemen voor militaire luchtvaarttoepassingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de jarenlange ervaring op het gebied van veiligheid en certificatie bij automatisering in het civiele luchtvaartdomein.





Naar de toekomst: **Een gebalanceerde inzet van AI**

De toekomst van AI lijkt bijna grenzeloos, maar wordt vooral bepaald door de wijze waarop Defensie in staat is om goede oplossingen te vinden die gebalanceerd zijn met afwegingen op het gebied van menselijke controle, veiligheid, begrijpelijkheid en andere relevante thema's.

Nederland moet voor zijn burgers een veilig land blijven om te wonen, te werken en te leven. Het tegengaan van dreigingen staat daarom als kerntaak centraal bij de beveiliging en verdediging van het eigen grondgebied en dat van bondgenoten. Vanuit het NLR-strategisch thema 'Veilige samenleving' worden samen met de ministeries van Defensie en Justitie en Veiligheid oplossingen bedacht die de samenleving veiliger maken. Deze kunnen helpen bij het effectief uitvoeren van taken, en kunnen de inzetgereedheid van de manschappen en de weerbaarheid tegen nieuwe dreigingen in het luchtruim en de ruimte verhogen.

NLR heeft de ervaring, kennis en expertise, in zowel de operatie als de bedrijfsvoering, die noodzakelijk is om op de terreinen zoals in dit document gepresenteerd telkens tot een afgewogen en verantwoordelijke inzet van AI-gebaseerde systemen te kunnen komen, vanaf de behoeftestelling en specificatie, tot ontwerp, ontwikkeling en evaluatie.

NLR Amsterdam
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
p) +31 88 511 3113
e) info@nlr.nl **i**) www.nlr.org

NLR Marknesse
Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse
p) +31 88 511 4444
e) info@nlr.nl **i**) www.nlr.org