

Operationele Analyse

Science at the frontline

De rol van een militair operationeel analist is het effectief communiceren van zijn of haar wetenschappelijk onderbouwde inzichten, adviezen en evaluaties voor de optimale inzet van militaire systemen en technologie. Operationele Analyse (OA) heeft haar nut bewezen bij verschillende operaties in de Tweede Wereldoorlog en daarna. OA heeft zich ontwikkeld tot een multidisciplinair wetenschapsgebied waarbij menselijk gedrag, onzekerheid en complexiteit in de modellen en methoden worden meegenomen. De vraag is of toepassing van nieuwe OA-technieken ook meerwaarde heeft voor actuele en toekomstige militaire uitdagingen. En wat is nu precies het kenmerkende van militaire OA?

A.I. Barros en H. Monsuur*

*'Relatively too much scientific effort has been expended hitherto in the production of new devices and too little in the proper use of what we have got.'*¹

Deze zin uit het memorandum *Scientists at the Operational Level*, gericht aan de Britse Admiraliteit, markeert het begin van Operationele Analyse in de Tweede Wereldoorlog. Operationele Analyse (OA) of *Operations Research* (OR) gaat over optimale inzet. Deze werd vroeger voornamelijk gezien vanuit de optiek van optimale (logistieke) inzet van militair materieel en manschappen. Tegenwoordig is juist ook de samenhang met beschikbare informatie en netwerkstructuren waarin eenheden samenwerken nadrukkelijk onderdeel van de analyse. OA heeft zich daarmee ontwikkeld tot een multidisciplinair vakgebied, waarbij menselijk gedrag, onzekerheid en complexiteit

in de modellen, methoden en doctrines worden meegenomen.

In dit artikel zullen we illustreren dat de methodische en kwantitatieve benadering van plannen, uitvoeren en evalueren van militaire missies en oefeningen een positieve bijdrage heeft geleverd aan het succes van verschillende operaties in WO II en daarna. De laatste jaren is er een toenemende dynamiek, complexiteit en onvoorspelbaarheid van militaire operaties, die het nemen van juiste en tijdige beslissingen op kritieke momenten belangrijker dan ooit maakt. We willen in deze bijdrage juist ook in die situaties een lans breken voor de OA-benadering, waarbij we ons gesterkt weten door de aanbeveling 'use more OR' van generaal-majoor M. Flynn van de *U.S. Army*.² We willen aannemelijk maken dat specifieke analytische OA-methoden het proces van het verzamelen en benutten van informatie optimaliseren en zodoende complexe besluitvormingsprocessen verbeteren. Daarnaast zijn OA-methoden bij uitstek geschikt voor het uitvoeren van kwantitatieve analyses van de (effectieve en efficiënte) inzet van de krijgsmacht.

We geven allereerst een kort historisch overzicht van de oorsprong van OA. Daarna gaan we

* Dr. A.I. Barros is Senior Research Scientist Military Operations bij TNO en Senior Research Fellow bij de NLDA. Dr. H. Monsuur is Universitair Hoofddocent Wiskunde en Operations Research bij de NLDA.

1 P.M.S Blackett, 'Scientists at the Operational Level' in: *Advancement of Science* 5 (1948) 30-38.

2 D.A. Samuelson, 'Changing the War with Analytics' in: *OR/MS Today* (2010) 30-35.

in op de belangrijkste verschillen tussen OA in een militaire en een civiele context: is het wel gerechtvaardigd te spreken van typisch militaire OA? Vervolgens beschrijven we een aantal recente Nederlandse militaire OA-toepassingen. Ten slotte gaan we in op de ondersteuning die OA kan geven bij nieuwe militaire uitdagingen.

De oorsprong van OA in een militaire context

Hoewel de term OA voor het eerst in 1938 werd geïntroduceerd, waren de basisideeën van OA al eerder ontwikkeld in een militaire omgeving.³ Zo paste de Brit Frederick W. Lanchester al in 1914 wiskundige analyse toe op oorlogvoering. Hij ontwikkelde een reeks differentiaalvergelijkingen om de machtsverhoudingen tussen tegengestelde militaire eenheden te modelleren. Uit de analyse van dit model volgde de zogenoemde *square law*. Deze wetmatigheid houdt in dat de omvang van een gevechtseenheid een kwadratisch effect heeft op de *combat effectiveness*. Ofwel: de concentratie van troepen loont. Tegen het einde van de Eerste Wereldoorlog hield Lord Tiverton, een Britse luchtmacht-officier, zich bezig met strategische bombardementen. Zijn onderzoek leverde waardevolle adviezen op over de efficiënte inzet van vliegtuigen. Eén van die adviezen was dat alle beschikbare vliegtuigen zich op een gegeven dag moesten richten op één doel. Zijn suggestie werd later gebruikt tijdens de Tweede Wereldoorlog (de zogeheten *Allied 1,000-plane bombing raids*).⁴

Voor de Tweede Wereldoorlog kreeg een kleine groep Britse wetenschappers de taak om het operationele gebruik van het *Early Warning Radar System* van de *Royal Air Force* te analyseren en te verbeteren. Het succes van deze groep was zeer bepalend voor de vorming van andere multidisciplinaire teams van wetenschappers (wiskundigen, statistici, natuurkundigen, chemici, psychologen, historici) om militaire problemen van strategische, operationele en logistieke aard te analyseren. Dankzij de verschillende invalshoeken en de multidisciplinaire wetenschappelijke benadering was het mogelijk operaties effectiever en efficiënter te

FOTO AVDD, H. KEERIS



Bij de ISAF-missie in Kabul in 2003 zette de krijgsmacht voor het eerst (Nederlandse) operationele analisten in

laten verlopen zoals de volgende voorbeelden laten zien.

Zo leidde het onderzoek van Patrick Blacketts OA-team tot een daadwerkelijk reductie van het aantal gezonken schepen als gevolg van aanvallen door Duitse onderzeeërs. Uit de analyse van de verliezen bleek bijvoorbeeld dat het gemiddelde aantal gezonken schepen per konvooi onafhankelijk was van de omvang van het konvooi. Als direct gevolg van deze analyse werd in 1943 het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende konvooivaarten vergroot, zodat konvooien groter werden en van meer escorte-vaartuigen konden worden voorzien.⁵ Ook de Verenigde Staten pasten OA op verschillende niveaus binnen de krijgsmacht toe. Het onderzoek van Bernard Koopman uit 1942 op het gebied van zoekstrategieën heeft de marine geholpen bij het tijdig lokaliseren van vijandelijke onderzeeboten en schepen of eigen neergehaalde vliegtuigen op de oceaan.⁶ De fundamenten van dit onderzoek en de toepassingen

3 S.I. Gass and A.A. Assad, *An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History* (Boston, Kluwer Academic Publishers, 1995).

4 J.S. McCloskey, 'The beginnings of Operations Research: 1934-1941' in *Operations Research*, 35 (1987) 143-152.

5 P.M.S. Blackett, *Operational Research. Studies of War, Part II* (New York, Hill and Wong, 1962).

6 B.O. Koopman, *Search and Screening: General Principles with Historical Applications* (New York, Pergamon Press, 1980).

daarvan zijn nog steeds relevant en zijn verder uitgewerkt in het Amerikaanse *National Search and Rescue* handboek.⁷ Verder wilde de Amerikaanse luchtmacht onderzoeken hoe OA-technieken de ondersteuning van de militaire budgettering en planning kon verbeteren. Hiervoor startte in 1947 onder leiding van George Dantzig het onderzoeksprogramma SCOOOP (*Scientific Computing of Optimum Programs*). Een belangrijk resultaat was Dantzigs constatering dat veel onderlinge relaties tussen de activiteiten van een organisatie te modelleren zijn als lineaire ongelijkheden (oftewel een algemeen lineair programmeringsmodel). Bovendien ontwikkelde hij de bijhorende oplossingsmethode. Deze simplexmethode geldt als één van de belangrijkste uitvindingen van de twintigste eeuw. Eén van de eerste toepassingen van de simplexmethode was tijdens de Blokkade van Berlijn (juni 1948-mei 1949).⁸ Als gevolg van de afsluiting door de Sovjet-Unie van de weg-, spoor- en binnenvaartverbindingen tussen de westelijke bezettingszones van Duitsland en West-Berlijn, kon West-Berlijn alleen nog via de lucht bevoorrad worden. De VS en later Groot-Brittannië begonnen toen een luchtbrug. Het plannen van zo'n operatie was geen gemakkelijke taak, maar dankzij Dantzig werd het probleem van de *Berlin Airlift* gemodelleerd en opgelost.

Deze voorbeelden illustreren dat defensie baat had bij de methodische, multidisciplinaire en analytische OA-benadering. Telkens kon een optimale inzet van beschikbare middelen worden gerealiseerd. Wel rijst de vraag waarom OA succesvol was in de VS en Groot-Brittannië, maar niet in Japan of Duitsland. Een oorzaak zou kunnen zijn dat de Amerikanen en de Britten de OA-aanpak met zijn geavanceerde wiskundige technieken stevast combineerden met tactische en strategische inzichten van de militaire commandanten. Deze open en nauwe samenwerking tussen wetenschappers en

militairen stond haaks op de strakke hiërarchische inrichting van de militaire organisaties in Duitsland en Japan, die zodoende minder open stonden voor externe wetenschappelijke inbreng.⁹

Ook in Nederland heeft OA haar weg gevonden naar het militaire domein. In 1953 verscheen in de *Militaire Spectator* het artikel 'Operational Research en de moderne oorlogvoering'.¹⁰ Hierin schrijft tweede-luitenant (R) C.J. van Zwet: 'De vraag schijnt gewettigd of Nederland, zowel voor zijn krijgsmacht als voor de civiele sector niet meer aandacht aan de toepassing van Operational Research dient te besteden dan tot op heden'. In datzelfde jaar vormde TNO een afdeling die zich richtte op militaire OA. Studies van toen richtten zich voornamelijk op het bepalen van gevechtskrachtverhoudingen, het uitvoeren van vuurkracht- en kwetsbaarheidsanalyses, het evalueren van de geschiktheid van nieuw materieel voor militaire doelstellingen en operaties, het plannen van

FOTO AVDID, H. WESTENDORP



7 *National Search and Rescue Manual: Vol. I* (Washington D.C., Joint Publication 3-50, 1991).

8 http://www2.informs.org/History/dantzig/in_interview_irv2.htm.

9 M.W. Kirby, 'Operations Research trajectories: the Anglo-American Experience from the 1940s to the 1990s' in: *Operations Research* 48 (2000) (5) 661-670.

10 C.J. van Zwet, 'Operational Research en de moderne oorlogvoering' in: *Militaire Spectator* 122 (1953) (10) 543-548.

specifieke militaire missies en natuurlijk ook logistieke vraagstukken. De officiersopleidingen KIM en KMA verzorgden het onderwijs op het gebied van OA. Vanaf eind jaren '70 waren er colleges over bijvoorbeeld zoekstrategieën, optimale salvo's en konvoogroottes, speltheorie en logistiek. Voor afstudeerprojecten en verdere studie werkten KIM en KMA samen met technische universiteiten en met TNO.

OA in de civiele wereld

Omdat OA zich bewezen had in het militaire domein, pasten wetenschappers het na de Tweede Wereldoorlog ook binnen het bedrijfsleven toe. Het leidde tot de ontwikkeling van het interdisciplinaire vakgebied Operations Research, ook wel besliskunde of *management science* genoemd, gericht op de toepassing van wiskundige technieken en modellen om processen binnen organisaties te verbeteren of

OA-methoden kunnen een hulpmiddel zijn bij het vaststellen van optimale salvo's



te optimaliseren. De woorden operations en research suggereren dat OR zich richt op operaties en het bijhorende onderzoek, namelijk hoe operaties gepland, uitgevoerd, geanalyseerd en geëvalueerd moeten worden. Het brede blikveld van operations laat zien dat toepassingen van OR op zeer uiteenlopende gebieden kunnen liggen: de non-profitsector, het bedrijfsleven en de krijgsmacht. Om bijvoorbeeld een school of ziekenhuis draaiende te krijgen en te houden, is het belangrijk om de juiste roosters te ontwikkelen. Ook wordt OR ingezet bij reserveringsystemen van vliegmaatschappijen of hotels (*revenue management*). De achterliggende gedachte is om het juiste product te verkopen aan de juiste klant/gast op het juiste moment. Op basis van historische en actuele gegevens wordt een voorspelling van de vraag gedaan, die gebruikt wordt voor het optimaal toewijzen van stoelen/kamers, zodanig dat bedrijven hun capaciteit maximaal benutten. Een andere succesvolle toepassing van OR-technieken is het optimaliseren van het dienstverleningnetwerk van het bedrijf UPS. Telkens moet de meest efficiënte route worden berekend zodat pakketjes tijdig geleverd worden, gegeven de beschikbaarheid van vliegtuigen. Volgens UPS hebben de ontwikkelde technieken nieuwe operationele inzichten opgeleverd die een besparing van tientallen miljoenen dollars betekenen.¹¹ Een laatste voorbeeld van een Nederlandse civiele OA-toepassing is het ontwikkelen van efficiënte *retail*-concepten waarin retailers hun bestellingen zelf ophalen bij hun leveranciers in plaats van dat de leveranciers de bestellingen komen afleveren bij de distributiecentra, het zogeheten *Factory Gate Pricing (FGP)*. Dit nieuwe concept is in 2005 voor verschillende retailketens ontwikkeld.¹²

OA is geen garantie voor succes

Invzet van OA-technieken levert niet altijd het gewenste effect op. Ontbreekt bij de OA-analist het vermogen om de gevonden optimale oplossing van een probleem om te zetten in prakti-

11 A.P. Armacost, C. Barnhart, K.A. Ware and A.M. Wilson, 'UPS optimizes its network' in: *Interfaces* 34 (2004) 15-25.

12 H. Le Blanc, F. Cruijssen, H. Fleuren and M. de Koster, 'Factory gate pricing. An analysis of the Dutch Retail Distribution' in: *European Journal of Operational Research* 174 (2006) (3) 1950-1967.

sche adviezen, dan zal er zeker geen positief effect meetbaar zijn.¹³ Hieruit blijkt bovendien dat de manier waarop het probleem wordt gemodelleerd en aan de klant wordt uitgelegd van groot belang is. Vooral op militair gebied geldt dat dit vermogen alleen te bereiken is door een langdurige en nauwe samenwerking met Defensie. Dit behoedt de OA-analist voor bijvoorbeeld foutieve toepassingen van statis-

meebrengt. Bovendien gaat het bij zulke operaties om de inzet van militaire systemen en technologie en bijbehorende tactieken en doctrines, die wezenlijk verschillen van civiele systemen en technologieën. Militaire systemen zijn ontworpen om geweld te kunnen uitoefenen, dan wel dit te kunnen pareren. Ook zijn ze vaak multifunctioneel, terwijl industriële systemen vaak specialistisch zijn en dus gemakkelijker in te zetten en te onderhouden. Daarnaast is ook de omgeving waar militaire systemen ingezet worden veranderlijker en minder voorspelbaar. Bovendien is er ook nog een intelligente tegenstander actief, die probeert de ander zo veel mogelijk (materiële) schade toe te brengen. Vanzelfsprekend hebben ook bedrijven last van concurrenten, maar dit type ‘vijanden’ richt zich op het beter zijn dan alle anderen door te excelleren in de uitvoering van het proces, het goedkoper fabriceren van producten of het eerder introduceren van nieuwe en/of betere producten in de markt. Bedrijven richten zich echter niet op het verstoren of zelfs vernietigen van het bedrijfsproces van de concurrent. Ten slotte spelen in veel militaire operaties niet economische aspecten de hoofdrol, maar veel moeilijker grijpbare factoren zoals aantallen slachtoffers – niet alleen aan eigen zijde – en het moeilijk te kwantificeren veiligheidsgevoel. Ook is het begrip baten vaak moeilijker te definiëren dan in een productieomgeving.

Deze verschillen maken aannemelijk dat er een typisch militaire OA bestaat. Net zoals bij andere wetenschapsgebieden is er immers wisselwerking van onderzoek en (militaire) toepassingen die tot innovaties op het vakgebied leidt en vervolgens nieuwe en vaak betere mogelijkheden van OA-ondersteuning mogelijk maakt. Door militair operationele inzichten en data als input en randvoorwaarde te benutten is het mogelijk het operationele probleem beter te structureren en te begrijpen en de OA-technieken daarop toe te snijden. Daarna kan de implementatie van een voorgestelde oplossing volgen. Dit impliceert dat de OA-specialist moet beschikken over enige consultancy-vaardigheden, zeker als deze op uitzending is. Aspecten van het bovenstaande zijn verweven in de door ons gehanteerde definitie van (militaire) OA:

OA-technieken zijn toe te snijden op specifieke militair-operationele problemen

tische technieken zoals de vijandelijke *body counts* in Vietnam. Het eenzijdig gebruik hiervan als input voor de bepaling van de operationele strategie bleek achteraf onjuist en leidde tevens tot ongewenst gedrag rond de rapportage van de body counts.¹⁴ Het verkeerd toepassen van OA-technieken kan zijn oorzaak hebben in een gebrek aan OA-kennis of door de vooringenomen opstelling van de OA-analisten opzichte van het probleem. Een ander probleem dat het succes van OA in de weg zou kunnen staan is de trend binnen de academische wereld om vooral aandacht te schenken aan het ontwikkelen en verfijnen van methoden en technieken zonder rekening te houden met hun toepasbaarheid in de praktijk. Een risico daarbij is dat de beide werelden – de militaire en de academische – uit elkaar groeien, waardoor uit het oog verloren wordt dat OA-methoden oplossingen voor reële operationele problemen dienen te bieden.¹⁵

Het specifieke van militaire OA

Militaire operaties zijn anders dan operaties in het bedrijfsleven. Zo is er relatief meer aandacht voor effectiviteit dan voor efficiëntie, vooral als de operatie grote risico's met zich

13 S. Hildebrandt, 'Implementation-the bottleneck of Operations Research: the state of art' in: *European Journal of Operational Research* 6 (1980) 4-12.

14 C.R. Shrader, *History of Operations Research in the United States Army, Vol II: 1961-1973* (Washington D.C., Center of Military History, US Army, 2009).

15 J.R. Meredith, 'Reconsidering the Philosophical Basis for OR/MS' in: *Operations Research*, 49 (2001) 325-333.

Operationele Analyse is

- het methodisch bepalen van de optimale inzet van militaire systemen en technologie;
- het effectief communiceren van op deze wijze verworven inzichten aangaande planning, inzet en post operation fase bij militaire missies.

Natuurlijk kan de krijgsmacht soms technieken uit het bedrijfsleven benutten. Een goed voorbeeld hiervan is het fysieke distributieconcept van de landmacht, waarin elementen uit de ketenlogistiek zijn toegepast.¹⁶ Een ander voorbeeld is het toepassen van bepaalde criminologiemethodieken zoals *geo profiling* (analyse-middel bij de opsporing van daders van seriedelicten) in het militaire inlichtingen-domein, onder meer voor het opsporen van mensen die bembommen fabriceren en plaatsen.¹⁷ Zoals de naam suggereert combineert *geo profiling* wiskundige technieken, criminologische theorieën en geografische data om de locaties en kenmerken van de misdaden te analyseren. Omgekeerd geldt ook dat het bedrijfsleven specifieke militaire OA-ontwikkelingen overneemt, zoals complexe planningsprocessen waarin onzekerheid een grote rol speelt.

In de volgende sectie beschrijven we een aantal recente Nederlandse OA-toepassingen. We zullen ons hierbij vooral richten op toepassingen waarbij de interactie met het militaire veld duidelijk van invloed was op de ontwikkeling van een typisch militaire OA-methodiek.

Recente Nederlandse militaire toepassingen OA

OA ondersteunt het plannen van de inzet van materieel en personeel voordat een operatie begint, tijdens de daadwerkelijke uitvoering, of bij de evaluatie ervan, zoals de volgende voorbeelden laten zien.

OA-ondersteuning bij uitzendingen

Recente uitzendingen hebben hun effect op de ondersteuning die operationele analisten bij missies leveren. Een groeiend aantal operationele analisten wordt toegevoegd aan staven van

de uitgestuurde en ingezette eenheden. Zij oogsten veel waardering, bijvoorbeeld van de *Chief of Staff SFOR*: ‘*The measures of effectiveness programme has been an important tool in providing the commander and his staff with a quantitative assessment of the changing situation in Bosnia and Herzegovina... This ability to analyse, predict and assess, is an essential aspect of the mission, which relies very largely on the skills of the operational research analysts together with the military experience of the other members of the assessment cell.*’¹⁸

FOTO AVDD, G. VAN ES



Roterende militairen wachten na aankomst in Uruzgan op een Chinook voor verder transport

Bij de ISAF-missie in Kabul in 2003 zette de Nederlandse krijgsmacht voor het eerst (Nederlandse) operationele analisten in. De succesvolle bijdrage aan die missie leidde tot het structureel inbedden van een groep OA-specialisten in de staf van het 1 D/NL Legerkorps.¹⁹ Deze groep bestond uit reservisten die werkzaam waren bij TNO, later aangevuld met bijvoorbeeld burgermedewerkers van Defensie en andere organisaties. Toen Nederland besloot een rol te gaan spelen in de Afghaanse provincie Uruzgan werd er een beroep gedaan op deze

16 S. van Merriënboer en J.G.M. Rademaker, ‘Efficiëntie door klantgeoriënteerde ketenlogistiek’ in: *Militaire Spectator* 169 (2000) (9) 490-498.

17 A. Herman, ‘IED-Analyst’ in: *Thema Promotor* 122 (2008) 16.

18 N.J. Lambert, ‘Measuring the success of the NATO operation in Bosnia and Herzegovina in 1995-2000’ in: *European Journal of Operational Research* 140 (2002) (2) 459-481.

19 F.J. Toevank en R.G.W. Gouweleeuw, ‘Operationeel Analisten bij ISAF III’ in: *Militaire Spectator* 173 (2004) (10) 473-480.

groep OA-specialisten. De analisten droegen bij aan de plannings- en belissingsondersteuning tijdens een missie. Zo hebben de auteurs Smeenk, Gouweleeuw en Van de Have laten zien hoe OA de ontwikkeling van een effect-gebaseerde aanpak tijdens Task Force Uruzgan I heeft ondersteund.²⁰ Ook kan OA-ondersteuning inzichtelijk maken wat het verwachte effect van een bepaalde *course of action* kan zijn.²¹ Hierbij zijn met succes, in interactie met het militaire werkveld, technieken ontwikkeld die het mogelijk maken om moeilijk tastbare factoren, zoals het veiligheidsgevoel, integraal mee te nemen in een probleemanalyse. Door de inzet van OA-wetenschappers met een Nederlandse militaire eenheid maakte Nederland kennis met OA zoals die ruim zestig jaar geleden begon, namelijk als *science at the frontline*.

OA-ondersteuning in Nederland

Bij militaire operaties is het van groot belang over de juiste planningsprocedures en bijbehorende *tools* te beschikken. Een voorbeeld is het plannen van helikoptervluchten om materieel en personeel te verplaatsen in een vreemde en vijandelijke omgeving. Zo zette het Defensie Helikopter Commando het specifiek militaire planningsmodel FELPATH in bij grootschalige *multi-type air assaults* of de bescherming van *landing zones* door gevechtshelikopters. OA ondersteunt tevens complexe militaire besluitvorming, zoals de aanschaf van militair materieel. Daarbij vergelijken specialisten systemen – (gepantserde) gevechtsvoertuigen, fregatten of gevechtsvliegtuigen – met als criteria effectiviteit, levensduur, kosten en de

instandhouding. Zij onderkennen alternatieve keuzemogelijkheden, beoordelen die en vergelijken ze onderling met behulp van *Multi Criteria Analyse* om tot een geaggregeerd eindoordeel te komen. Zo was één van de beoordelingsaspecten bij de tweede kandidatenevaluatie Vervanging F-16 (2008) bijvoorbeeld de prestatie van het vliegtuig tijdens een bepaalde missie.²² Hiervoor werd een *live-chain* and *kill-chain* analyse uitgevoerd: om een missie met succes af te ronden moet het gevechtsvliegtuig een keten van opeenvolgende stappen (*kill-chain* /*live-chain*) met succes kunnen doorlopen. Een ander belangrijk onderdeel van een dergelijk aanschaftraject is het bepalen van de *Life Cycle Costs (LCC)*. Dit zijn alle kosten als gevolg van de aanschaf en gebruik van complexe en kapitaalintensieve goederen. LCC-analyse is een verplicht onderdeel van het Defensie Materieel Proces en leidt tot een beter keuzeprocess, risicobeperking en kostenbesparing.²³ Resultaten van dergelijk OA-onderzoek zijn meegenomen in het politieke besluitvormingsproces. Daarnaast zijn OA-(simulatie)modellen in gebruik om operationeel optreden en operationele effectiviteit van complexe militaire systemen te analyseren en te evalueren. Zo kan het simulatiemodel JROADS de effectiviteit van de luchtverdediging van een fregat bepalen. Dergelijke simulatiemodellen worden vaak succesvol gecombineerd met grote militaire oefeningen, zoals *Joint Project Optic Windmill*. Het gebruik van OA-simulatiemodellen bespaart kosten en maakt het mogelijk situaties te trainen die in de praktijk niet geoefend kunnen worden omdat ze te gevaarlijk zijn of omdat systemen nog niet beschikbaar zijn.²⁴ Een ander voorbeeld is de computersimulatie van de logistieke keten van het Patriot-systeem.²⁵ Dit maakte inzichtelijk dat het centraal beleggen van de oorspronkelijk in de keten vooruitgeschoven voorraden meer ‘rust’ in de logistieke keten bracht. Het resultaat was een goede balans tussen inspraak en emoties van de gebruikers enerzijds en rationele zakelijkheid anderzijds. Voor het plannen van drugsbestrijdingoperaties, de handhaving van handels- of wapenembargo’s en mijnenbestrijding worden ook OA-methoden zoals het simulatiemodel SURPASS ingezet.²⁶

20 B.J.E. Smeenk, R.G.W. Gouweleeuw en Lkol H.C. van der Have, ‘Effect gebaseerde aanpak in Uruzgan: Van het schaakbord naar een bord spaghetti’ in: *Militaire Spectator* 176 (2007) (12) 550-559.

21 S. Heesmans, ‘Operationeel Analisten combineren wetenschap en praktijk binnen de Nederlandse krijgsmacht’ in: *Carré* 31 (2008) (7/8) 28-30.

22 *F-16 Replacement Comparative Analysis of Candidates, Part 6: Summary of Results* (The Hague, 2008 TNO-DV A316, NLR CR-2008-750).

23 *Aanwijzing DGM inzake Levensduurkosten bij materieelprojecten* (Den Haag, 11 december 1998).

24 J. Smit, ‘Wapenen tegen dreiging uit de derde dimensie’ in: *De Vliegende Hollander* 9 (2008) 15-17.

25 Kapt. B van Herwijnen, ‘De logistieke keten van het Patriot Missile Systeem gesimuleerd’, Logistiek Centrum Woensdrecht (2008), college aan NLDA.

26 M.J.H.B. Grob, ‘Routing of Platforms in a Maritime Surface Surveillance Operation’ in: *European Journal of Operational Research* 170 (2006) (2) 613-628.



Afstudeeronderzoeken van OA gaan recent ook over optimale bescherming tegen piraterij

Militaire uitdagingen en gevolgen voor OA

De eisen aan de inzet van de krijgsmacht zijn veranderd sinds de focus van klassieke gevechtsoperaties is verschoven naar vredesondersteunende en asymmetrische operaties. Voor het behalen van een militaire overwinning in deze nieuwe operaties is het bewerkstelligen van stabiliteit, veiligheid en een goed functionerende samenleving vereist.²⁷ Maar ook door globalisering, technologische ontwikkelingen en de daarmee samenhangende toegenomen hoeveelheid beschikbare informatie verandert de context van militaire operaties. Door de toenemende dynamiek, complexiteit en omvang van de problemen moeten beslissingen in steeds grotere onzekerheid genomen worden. Zo hebben militairen te maken met optreden in coalitieverband, zijn in het operatiegebied meerdere actoren met hun eigen belangen actief, zijn succesfactoren moeilijk te kwantificeren en is het onduidelijk hoe de acties van de actoren elkaar beïnvloeden. Ten slotte spelen de media een steeds grotere en nadrukkelijker rol door mobiele telefoons, *smartphones*, *social*

media als *Twitter* en *Facebook* en internet. Door deze communicatiemiddelen zijn de gevolgen van militair optreden sneller dan ooit duidelijk, met alle gevolgen van dien.

Deze veranderingen in omgevingsdynamiek, de complexiteit en de toenemende onzekerheid bij militair optreden illustreren de noodzaak van de voortgaande ontwikkeling van nieuwe en innovatieve OA-methoden. In samenspraak met de militair verantwoordelijken kunnen methoden en modellen continu verbeterd, aangepast, uitgebreid en in de praktijk getest worden. Ze kunnen dan inzicht bieden hoe een optimale inzet van militaire systemen en technologie te bereiken is. Daarnaast geven de veranderingen ook impulsen voor het onderwijs op het gebied van OA en samenwerkingsverbanden.

Militaire OA-opleiding en samenwerkingsverbanden

In een recent interview benadrukte de Amerikaanse admiraal Michael Mullen, voorzitter van

27 A.J.Barros, 'Dutch Insights in Irregular Warfare' in: *Proceedings NATO-SAS 071* (Ottobrunn, 2009).

de *Joint Chiefs of Staff*, het belang van OA en bijbehorende opleidingen voor de militaire wereld: ‘...Mullen decided to go for the OR degree anyway, a decision he says continues to pay dividends to this day as he tackles myriad complex problems as the top uniformed advisor to the president.’²⁸



FOTO: U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, C. MCNEELEY

Michael Mullen (rechts) wijst op het nut van zijn MSc in Operations Research, behaald aan de Naval Post Graduate School

De Nederlandse Defensie Academie (NLDA) biedt binnen de afstudeerrichting OA colleges op het gebied van optimalisatie, modelleren en simuleren, zoekstrategieën, speltheoretische en beslistkundige modellering, data analyse en stochastische processen. Voorbeelden van recente afstudeeronderzoeken zijn optimale bescherming tegen piraterij, *force protection* met behulp van speltheorie en planningsprocedures voor onderhoud aan Cougar helikopters.²⁹ Doel van de opleiding is officieren te voorzien van gereedschap voor het kunnen bepalen van optimale inzet en bijbehorende logistiek van militaire systemen en technologie, daarbij rekening houdend met onzekerheid en een vaak onvoorspelbare tegenstander. Daarnaast wil de opleiding officieren vormen tot succesvolle *smart buyers*. Na deze opleiding bestaat de mogelijkheid een Masteropleiding OA te volgen aan bijvoorbeeld de Amerikaanse

Naval Postgraduate School of aan de Britse *Defence Academy*.

Onderzoek is belangrijk voor de kwaliteit en militaire actualiteit van het onderwijs op het gebied van OA en de te leveren OA-ondersteuning bij defensievraagstukken. In het licht van het toenemende OA-takenpakket voor de NLDA werkt de academie op het gebied van onderzoek samen met TNO. Vanuit TNO is een Senior Research Fellow bij de OA-groep van de NLDA gedetacheerd. Naast TNO en NLDA zijn er nog meer locaties in Nederland waar militaire OA-afdelingen zijn, met elk hun eigen werkterrein: bij het Nederlands Instituut voor Lucht- en Ruimtevaart (NLR), bij het NATO *Consultation, Command and Control Agency* (NC3A) en bij het NATO *Regional Headquarters North* in Brunssum. De laatste twee zijn onderdeel van de NAVO-organisatie. Als gevolg van verscheidene internationale samenwerkingscontacten beschikt de Defensie sinds de jaren '90 over actuele en relevante kennis op het gebied van OA.

Gevolgen voor OA-technieken

Ten slotte schetsen we een aantal combinaties van actuele militaire operaties en bijbehorende OA-innovaties. Bij elk van deze voorbeelden is er duidelijke interactie met het militaire werkveld, zodat de term militaire OA hier terecht is. Vanuit het oogpunt van de militair is niet elk aspect van actueel of toekomstig militair optreden helemaal nieuw. Toch nemen we ook die voorbeelden op, simpelweg omdat soms voorheen geen OA-technieken voorhanden waren die bij de problematiek aansloten.

- Genetwerkt optreden

Het effectief gebruik maken van netwerken en hun infrastructuur, al dan niet in coalitieverband, is een belangrijke militaire uitdaging. Het concept *Network Enabled Capabilities* (NEC) beschouwt het militair vermogen (militaire systemen en technologieën, waaronder ook de commandovoeringscapaciteiten) als een samenhangend informatie- en infrastructuurnetwerk. Om de kentallen en parameters van de *benefits* van NEC te kunnen kwantificeren, wordt *agent-based modelling* toegepast. Op die manier

²⁸ P. Horne and B. List, 'Armed with O.R.' in: *OR/MS Today* 37 (2010) (4), August 2010.

²⁹ T. Stuivenberg, 'Het onderhoud aan de Cougar-helikopter gekwantificeerd' in: *Militaire Spectator* 180 (2011) (3) 120-129.

kunnen verschillende typen actoren worden geïntroduceerd met elk hun eigen mogelijkheden, gedrag, doelstellingen en positie in een militair (C2) netwerk. Met geavanceerde netwerktheorieën en data-analyses kunnen vervolgens NEC-doctrines worden geëvalueerd en kan een hoger *maturity level* worden bereikt.³⁰ Tegelijkertijd is dan het vaststellen van valkuilen mogelijk, zodat gebruikers adequaat worden getraind om goede communicatie- en beslisregels te hanteren.³¹ Ook is met agent-based modellering de omgeving gedetailleerder te modelleren.³²

- Complexiteit en onzekerheid

Door de toegenomen dynamiek, complexiteit en onzekerheid bij veelsoortige militaire operaties is er behoefte aan beslissingsondersteunende planning tools, die onzekerheid met betrekking tot data kunnen hanteren. Een zogenoemde robuuste oplossing van een probleem is dan een goede, gegarandeerde oplossing voor allerlei afwijkingen in de data.³³ Een eerste casus op dit gebied richtte zich op het robuust plannen van *missile defence*.³⁴ Een tweede toepassing is het bepalen van de optimale inzet van *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV's) in een dynamische omgeving, waarbij beschikbaar komende informatie flexibel (*agile*) en optimaal in de planning moet worden verwerkt.

- Grote hoeveelheden data

Het militaire commando kan bij huidige militaire operaties beschikken over een enorme hoeveelheid data, ook afkomstig uit allerlei sociale media-bronnen. Om deze data om te zetten in *situational awareness* voor gebruik bij NEC,³⁵ terrorismebestrijding of antipiraterij zijn specifieke OA-tools ontwikkeld. Een voorbeeld hiervan is een methodiek om het inlichtingproces te ondersteunen bij het verzamelen en verwerken van informatie. Hiermee kan onzekerheid beter en explicieter gemodelleerd worden en kunnen de waarschijnlijkheden van hypothesen worden gekwantificeerd.³⁶

- Asymmetrische tegenstander op thuisfront

Ondanks de bekendheid met asymmetrisch optreden staat ook Defensie telkens weer voor nieuwe uitdagingen. Dit is bijvoorbeeld het

FOTO AVDD, R. FRIGGE



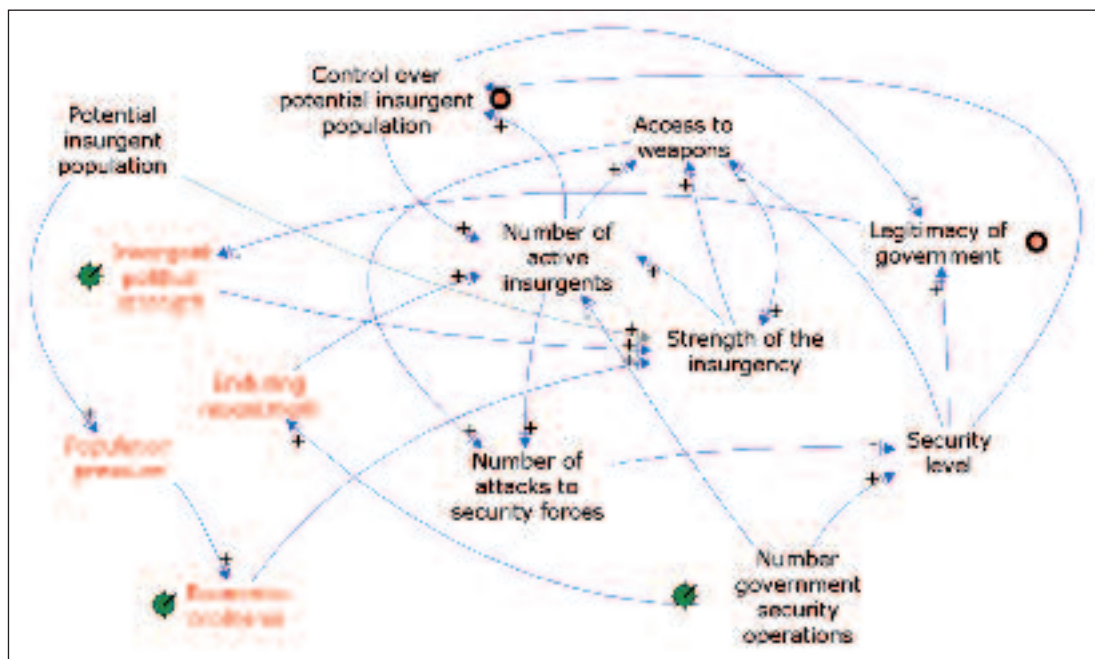
Operationele Analyse kan de inzet van UAV's in een complexe omgeving optimaliseren

geval als het conflict zich afspeelt op het thuisgebied, zoals de verdediging en beveiliging van Nederlandse zeehavens, waarbij duikpelotons van de marine betrokken zijn. Hierbij vervalt het klassieke voordeel van de 'thuispelende' partij. De oorzaak hiervan is dat een asymmetrische indringer (terrorist, crimineel) over het algemeen via openbare bronnen over allerlei relevante informatie over beschermingsmaatregelen kan beschikken. Speltheorie, netwerktheorieën, multi-modale sensortechnieken en computersimulaties van detectie- en zoek-

- 30 H. Monsuur, T. Grant and R.H.P. Janssen, 'Network topology of military Command and Control systems: where axioms and action meet', in: *Computer Science Research and Technology* 3 (Hauppauge, Nova Science Publishers, 2011) 1-27.
- 31 C.G. van Burken, 'Valkuilen van genetwerkt optreden. Een techniek-filosofische analyse', in: *Militaire Spectator* 180 (2011) (2) 77-86.
- 32 A. van Lieburg, N. Le Grand and M.C. Schut, 'The application of complex systems concepts in a military context' in: *Proceedings of the European Conference on Complex Systems* (Warwick, 2009).
- 33 A.I. Barros and H. Monsuur, 'New trends in Military Planning: Agility and Robustness' in: *Proceedings first Conference of the International Society of Military Sciences* (Amsterdam, 2009).
- 34 A. Bloemen, L. Evers, A.I. Barros, H. Monsuur and A. Wagelmans, 'A robust approach to the missile defence location problem' in: *International Journal of Intelligent Defence Support Systems* 4 (2011) (2) 128-147.
- 35 H. Monsuur, 'Assessing situation awareness in networks of cooperating entities: a mathematical approach' in: *Military Operations Research*, 12 (2007) (3) 5-15.
- 36 S.P. Gosliga en B. Wisse, *Kwantitatieve Hypothesevorming: Hypothesis Management Framework* (Den Haag, TNO-DV 2010 A101, 2010).

strategieën naar stilstaande of bewegende doelen kunnen worden geïntegreerd tot effectieve beslissingsondersteunde tools voor de verdediging. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de structuur van terroristische of criminele netwerken, om die effectiever te kunnen identificeren en bestrijden.³⁷

MARVEL, die effecten van interventies in een dynamische omgeving inzichtelijk maakt.³⁸ Bij het modelleren van dergelijke moeilijk te kwantificeren effecten, zoals het veiligheidsgevoel, of bij een tekort aan ‘harde’ data wordt daarnaast vaak gebruikt gemaakt van expertmeningen. Hiervoor is onder leiding van Neder-



Een voorbeeld van een MARVEL model

- Asymmetrische tegenstander en menselijke factoren
Bij asymmetrische operaties, zoals handhaving van handels- of wapenembargo's, visserijcontrole en drugsbestrijding, dienen omgevings- en menselijke factoren en netwerken (dat kunnen sociale netwerken zijn of *command and control*) nadrukkelijk in de analyses te worden meegenomen. Omdat OA-methodieken deze factoren voorheen niet meewogen, heeft het modelleren van 'zachte' factoren in de OA-gemeenschap veel aandacht gekregen. Een concreet voorbeeld hiervan is de methode

landse OA-analisten een NAVO-werkgroep opgericht met als doel het opstellen van een *code of best practices* op dit gebied.

- Integrale probleembenadering
Door de toegenomen complexiteit en onderlinge afhankelijkheden zijn deelproblemen niet meer gescheiden van elkaar te benaderen. Zonder een samenhangende benadering zal de implementatie van een voorgestelde oplossing zinloos zijn, of op zijn best suboptimale effecten geven. Dit vereist onder meer het integreren van logistieke- en instandhoudingscomponenten in OA-modellen en simulaties. Zo is voor de optimale inzet van UAV's met OA-technieken geanalyseerd in hoeverre een 24/7 coverage van een *area of interest*, uitgaande van het totaal aantal systemen, te garanderen valt.³⁹ Ook is in het kader van

37 R.H.A Lindelauf, 'Sociale en complexe netwerktheorie in counter-terrorism en counter-insurgency' in: *Militaire Spectator* 178 (2009) (2) 92-101.

38 S. Heesmans, 'Effect assessment in a military operational environment' in: *Proceedings NATO-SAS 071* (OttoBrunn, 2009).

39 I. van de Voorde en T.M. van Birgelen, MALE UAV RAMLog (Den Haag, TNO-DV 2006 A175, 2006).



OA-technieken zijn gebruikt om in kaart te brengen hoeveel onderhoudspersoneel nodig is om met een uitgezonden detachement JSF's missies uit te voeren

Vervanging F-16 in kaart gebracht hoeveel onderhoudspersoneel nodig is om met een uitgezonden detachement JSF's missies uit te voeren. Tevens wordt het reserveonderdelenbeleid geanalyseerd, rekening houdend met onder meer kosten, ambities, levertijden en onzekerheden rond het verbruik (de betrouwbaarheid van de reserveonderdelen en de gebruiksomstandigheden) en eventuele modificaties.⁴⁰

Uit de geschiedenis van de militaire OA blijkt dat de meerwaarde van wetenschapsbeoefening *at the frontier of knowledge* telkens ligt in het combineren van ideeën uit verschillende aandachtsgebieden en in de interactie met het militaire werkveld. Operationele analisten proberen op deze manier de Nederlandse defensie te ondersteunen door resultaten van wetenschappelijk onderzoek naar het militaire front te brengen. ■

Slotopmerkingen

Kenmerkend voor de huidige operationele omgeving zijn onzekere factoren, gebeurtenissen die elkaar zeer snel opvolgen en de beschikbaarheid van een enorme hoeveelheid informatie, die op veel verschillende manieren verkregen is. In die situatie wordt het nemen van juiste en tijdige militaire beslissingen belangrijker dan ooit. De grote uitdaging voor OA is commandanten daarbij te ondersteunen.

40 K. de Smidt-Destombes, N.P. van Elst, A.I. Barros, H. Mulder and J. Hontelez, 'A spare parts model with cold-standby redundancy on system level' in: *Computers of Operations Research*, 38 (2011) (7) 985-991.