

JOHAN SCHUBERT



**Ai**

Johan Schubert

# Artificiell Intelligens för Militärt Beslutsstöd

Titel	Artificiell Intelligens för Militärt Beslutsstöd
Title	Artificial Intelligence for Military Decision Support
Rapportnr/Report no	FOI-R--4552--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2017
Sidor/Pages	48 p
Kund/Customer	FOI
Forskningsområde	1. Beslutsstödssystem och informationsfusion
FoT-område	
Projektnr/Project no	I6210802
Godkänd av/Approved by	Torgny Carlsson
Ansvarig avdelning	Försvars- och säkerhetssystem
Exportkontroll	

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

## Sammanfattning

I den här rapporten ger vi en översikt över metoder och tillämpningar med artificiell intelligens för militärt beslutsstöd. Fokus ligger på de taktiska och operativa nivåerna. Tillämpningar finns inom analys av stora mängder spaningsdata, underrättelsesdata m.m., samt inom stöd till planering och genomförande av operationer på taktisk och operativ nivå. Analysen baserar sig på öppna publikationer i den vetenskapliga litteraturen inom området artificiell intelligens för militärt beslutsstöd och tillhörande delområden som maskininlärning och djupinlärning.

Analysen är grupperad i tre delområden: (i) *deskriptivt beslutsstöd*, (ii) *prediktivt beslutsstöd*, och (iii) *preskriptivt beslutsstöd*. Dessa tre områden svarar på frågor av typen: (i) *vad är läget*, (ii) *vad kommer att hända*, och (iii) *vilka handlingsalternativ har jag och hur ska jag agera?*

Studien bygger på Horizon Scanning-sökningar som inkluderar minst en av de vetenskapliga termerna *artificial intelligence*, *machine learning* eller *deep learning* i kombination med minst en av de militära termerna *military*, *defense* och *command and control*. Sökningarna har gjorts med hjälp av FOIs datorverktyg HSTOOL.

En slutsats från studien är att artificiell intelligens idag kommer starkt på alla fronter. Artificiell intelligens omfattar många olika metodiker; automatiskt resonering för att dra slutsatser och ge rekommendationer, approximativt resonering för att hantera osäker information, och maskininlärning för att låta datorn lära sig själv från exempel eller från feed-back från datoriserade spel eller simuleringssystem. Allra hetast inom artificiell intelligens är maskininlärning, och speciellt djupinlärning.

Att endast använda maskininlärning kommer dock inte att vara tillräckligt som metod för militärt beslutsstöd. Det är nödvändigt att ta resultaten från maskininlärning och inkludera dem i de beslutsstödssystem som interagerar med information från automatiskt och approximativt resonering och informationsfusion. De sammanlagda resultaten sammanställs och presenteras för beslutsfattarna.

Det vi bör förvänta oss under nästa decennium är ett mycket stort antal framgångsrika tillämpningar av AI inom många olika avgränsade tillämpningsområden i såväl den civila som militära världen.

För den militära sektorn gäller att nyttan med artificiell intelligens är att leverera ett avgörande stöd när tiden är alltför knapp, eller när antalet valmöjligheter är alltför stort för att människor ska kunna analysera alla handlingsalternativ.

Nyckelord: Artificiell intelligens, maskininlärning, neurala nätverk, djupinlärning, nästa generations AI, XAI, militärt beslutsstöd, militär ledning.

## Summary

In this report we provide an overview of methods and applications with artificial intelligence for military decision support. The focus is on the tactical and operational levels. Applications are available in analyzing large amounts of surveillance data, intelligence data, etc., and support for planning and execution of operations at tactical and operational levels. The analysis is based on open publications in the scientific literature in the field of artificial intelligence for military decision support and associated areas of machine learning and deep learning.

The analysis is grouped into three subdivisions: (i) *Descriptive decision support*, (ii) *Predictive decision support*, and (iii) *Prescriptive decision support*. These three areas answer questions of the type: (i) *What is the situation*, (ii) *What will happen*, and (iii) *What action options do I have and how do I act?*

The study is based on Horizon Scanning that include at least one of the scientific terms *artificial intelligence*, *machine learning* or *deep learning* combined with at least one of the military terms of *military*, *defense* and *command and control*. The searches have been done using FOI's computer tool HSTOOL.

A conclusion from the study is that artificial intelligence today is strong on all fronts. Artificial intelligence includes many different methodologies; automated reasoning to draw conclusions and provide recommendations, approximate reasoning dealing with uncertain information, and machine learning to let computers learn from examples or from feed-back from computerized games or simulation systems. The hottest area within artificial intelligence is machine learning, and especially deep learning.

Using machine learning, however, will not be sufficient as a means of military decision support. It is necessary to take the results of machine learning and include them in the decision support systems that interact with information from automated and approximate reasoning and information fusion. The aggregate results are compiled and presented to the decision makers.

What we should expect in the next decade is a very large number of successful applications of AI in many different defined areas of application in both the civilian and military sectors.

For the military sector, the benefit of artificial intelligence is to deliver decisive support when time is too short or when the number of choices is too big for people to analyze all alternative actions.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Networks, Deep Learning, eXplainable AI, XAI, Military Decision Support, Military Command and Control.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Typen av beslutsstöd .....	7
1.2	Trender .....	8
<b>2</b>	<b>Deskriptivt beslutsstöd</b>	<b>11</b>
2.1	Klassificering .....	11
2.2	Lägesbild .....	11
2.3	Vilseledning .....	13
2.4	Underrättelseanalys .....	14
<b>3</b>	<b>Prediktivt beslutsstöd</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Preskriptivt beslutsstöd</b>	<b>17</b>
4.1	Beslutsstöd vid planering av operationer .....	18
4.2	Beslutsstöd för värdering av planer .....	19
4.3	Beslutsstöd vid genomförande av operationer .....	19
4.4	Beteende, träning och värdering .....	20
4.5	Förklaring av beslutsstöd (XAI) .....	21
<b>5</b>	<b>Artificiell intelligens vid FOI</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Referenser</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>Appendix: Sammanfattningar av citerande artiklar</b>	<b>30</b>

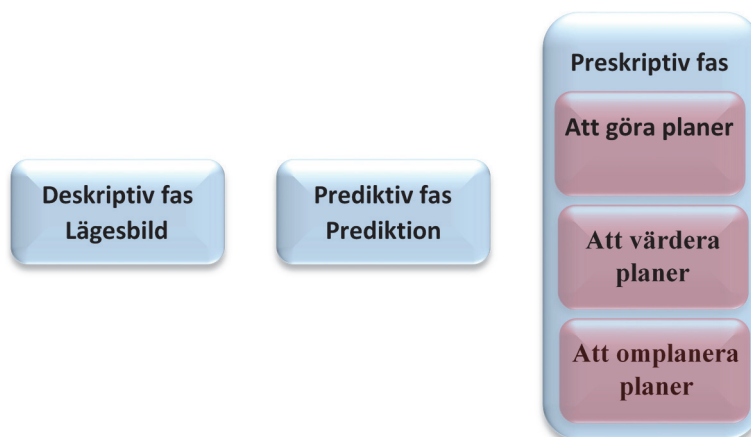


# 1 Inledning

I denna studie presenterar vi en översikt över metoder och möjliga tillämpningar med *artificiell intelligens*<sup>1</sup> (AI) [1] för militärt beslutsstöd<sup>2</sup>. Fokus ligger på de taktiska och operativa nivåerna. Tillämpningar omfattar analys av stora mängder spaningsdata, underrättelsesdata m.m., och stöd till planering och genomförande av operationer på taktisk och operativ nivå vid ledning av bataljon och brigad, samt hantering av möjlig vilseledning. Analysen baserar sig på öppna publikationer i den vetenskapliga litteraturen inom området artificiell intelligens och tillhörande delområden maskininlärning (eng. *machine learning*) och djupinlärning (eng. *deep learning*) för militära beslutsstödstillämpningar inom ledningssystemområdet.

## 1.1 Typer av beslutsstöd

Problemställningar och åtföljande beslutsstödsmetodik är i rapporten grupperade i tre delområden utifrån typ av beslutsstöd: (i) *deskriptivt beslutsstöd*, (ii) *prediktivt beslutsstöd*, och (iii) *preskriptivt beslutsstöd*. Dessa tre områden svarar på frågor av typen: (i) vad är läget och vad är det som händer, (ii) vad kommer att hända med lägesbilden i den nära framtiden och hur utvecklas hotet, och (iii) vilka handlingsalternativ har jag för att möta motståndaren och hur ska jag agera och hantera mina resurser för att uppnå mina mål och minimera alla risker, figur 1? De tre områdena följer på varandra i en logisk beräkningsordning (i)–(ii)–(iii), men pågår alla tre kontinuerligt och parallellt. I termer av OODA-loopen<sup>3</sup> så motsvarar det faserna observera, besluta och agera.



Figur 1. Olika faser av informationsbearbetning i ett ledningssystem.

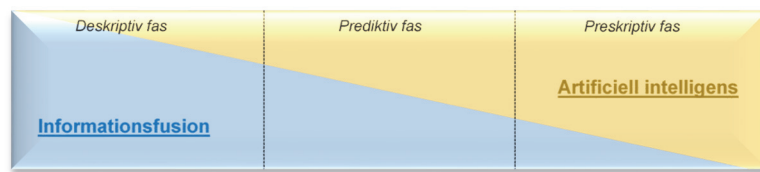
Alla tre faser använder metoder från både informationsfusion och AI. Därtill används ibland simuleringsmetodik. Fokus för AI-metoder ligger i den avslutande preskriptiva fasen, men omfattar även metoder inom de två tidigare faserna, figur 2. Då sammanvävda med metoder från informationsfusion.

<sup>1</sup> AI är den intelligens som uppvisas av maskiner till skillnad från den intelligens som finns hos människor. Inom datavetenskap används AI som begrepp för den forskning som studerar *intelligenta agenter* som kan resonera om och lära sig från sin omgivning. I dagligt tal används termen AI när en maskin härmar kognitiva funktioner som människor förknippar med lärande och problemlösning.

<sup>2</sup> Med beslutsstöd avses användningen av datorsystem som analyserar och sammanställer information från flera källor för att presentera ett underlag som leder till mer effektivt beslutsfattande.

<sup>3</sup> OODA-loopen refererar till beslutcykeln av att observera, orientera, besluta och agera (eng. *observe, orient, decide, act*).





Figur 2. Fokus för beslutsstöd med AI ligger i den preskriptiva fasen; *det egentliga beslutsstödet*.

Den AI vi studerar i denna rapport är den som idag och i framtiden kan bidra till att lösa problem inom olika områden, här fokuserat på stöd till militärt beslutsfattande på taktisk och operativ nivå för alla arenor. Den forskning som beskrivs är den som under de senaste fem åren har uppmärksammats mest i den citerande litteraturen oavsett när originalpublikationen publicerades. De metoder och tillämpningar som beskrivs är ofta realiserbara idag eller inom de närmsta åren. Några metoder har ett längre perspektiv.

Studien bygger på Horizon Scanning-sökningar som inkluderar minst en av de vetenskapliga termerna *artificial intelligence*, *machine learning* eller *deep learning* i kombination med minst en av de militära termerna *military*, *defense* och *command and control*. Sökningarna är gjorda i databasen Web of Science<sup>4</sup> (WOS) hos Thomson Reuters med hjälp av FOIs datorverktyg HSTOOL som rankar artiklar efter citeringar under fem år, ett år och utifrån citeringstrend över de senaste fem åren m.m.. Analysen är kompletterad med artiklar som valts ut baserad på aktuell nedladdningsstatistik (inom WOS) över artiklar som är så nya att de ännu inte har hunnit få sina första citeringar, samt därtill några resultat från den internationella konferensen *Neural Information Processing Systems*<sup>5</sup> (NIPS 2016) och viss övrig litteratur. En avgränsning i denna översikt är att området AI för cyberförsvaret inte behandlas. Området är dock betydelsefullt, med många tillämpningar av maskininläring.

## 1.2 Trender

En slutsats från studien är att AI idag kommer starkt på alla fronter. Två exempel på olika militära nivåer är AI i beslutsstödssystem för central informationsbehandling i ett högkvarter, resp. AI i autonoma system som är distribuerade över slagfältet och kan fatta egna beslut.

AI omfattar många olika metodiker, t.ex. automatiskt resonerande för att dra slutsatser och ge rekommendationer i beslutsstödssystem, approximativt resonerande för att hantera osäker information vid underrättelseanalys, och maskininläring där datorn lär sig själv, antingen från stora mängder exempel, eller med hjälp av feed-back från datoriserade spel eller simuleringssystem. Det delområde av AI som varit allra hetast de senaste tre åren är maskininläring, och då speciellt den typ av maskininläring som kallas djupinläring.

Djupinläring finns i fyra olika varianter:

- Djupinläring som lär sig utifrån exempel (eng. *supervised learning*) och har haft ett revolutionerande genombrott 2014–2016. Exempel finns inom (i) bildigenkänning (t.ex. att känna igen ansikten, att köra bil, tolka sensordata, och för att köra autonoma fordon), (ii) inom språkförståelse (automatisk översätta texter, läsa, förstå och sammanfatta rapporter), (iii) inom inläring av strategier från exempel (t.ex. brädspelen Go, inläring av taktik och strategier för strid).
- Djupinläring som används i situationer med alltför lite träningsdata kan istället tränas mot en alternativ datamängd eller mot utdata från ett simuleringssystem. Därefter kan det överflyttas till det egentliga problemet för att där genom

<sup>4</sup> <https://www.webofknowledge.com/> (december 2017).

<sup>5</sup> Konferensen NIPS är världens största neuronätskonferens där 40% av de vetenskapliga presentationerna var inom delområdet *djupinläring*, se <https://nips.cc/> (december 2017).

slutträning. Metodiken kallas för *transfer learning* och har ett pågående genombrott just nu. För militära tillämpningar på hög nivå (taktisk, operativ nivå) kommer detta bli mycket viktigt. Exempel på sådana tillämpningar är utvecklande av ny taktik, beslutsstöd för konfiguration av styrkor baserat på typ av insats etc. Se [2] för en beskrivning av DARPA<sup>6</sup> arbete med transfer learning.

- Djupinlärning som lär sig utan exempel (eng. *unsupervised learning*) blir så småningom ännu viktigare än de två ovan. Det förväntas få ett genombrott inom cirka fem år. Tillämpningar finns idag (i) inom mönsterigenkänning, (ii) inom avvikelседetektering och normalbild, (iii) och inom automatisk klustring och hantering av underrättelserapporter.
- Djupinlärning med sekventiell återkoppling under inlärningen (eng. *reinforcement learning*) förväntas få ett genombrott om cirka tio år. Exempel är att lära sig strategier utan exempel på alla nivåer tillsammans med feed-back från simulatorsystem eller datorspel.

Att endast använda maskininlärning, oavsett hur revolutionerande och framgångsrik den är, kommer dock inte vara tillräcklig som metod för militärt beslutsstöd. Det är helt nödvändigt att ta resultaten från maskininlärning (vilka ofta är på en sub-symbolisk nivå under den nivå där människor tänker) upp till den symboliska nivån och inkludera dem i de beslutsstödssystem som interagerar med information från automatisk och approximativt resonerande och informationsfusion. De sammanlagda resultaten sammanställs för att presenteras och visualiseras för beslutsfattarna.

Den AI som kallas artificiell generell intelligens (eng. *artificial general intelligence*) och syftar till att i framtiden kunna bygga system som överträffar människans hjärna i komplexitet och hastighet med en *generell förmåga* till resonemang på en mänsklig eller övermänsklig nivå berörs inte i rapporten. Trots de enorma framgångarna inom AI de senaste åren så är det långt kvar till en generell artificiell intelligens motsvarande människans intelligens. Storleken på de största neuronät som används inom djupinlärning idag motsvarar ungefär storleken på en grodas hjärna, och väntas inte nå samma storlek som en människas hjärna förrän omkring år 2050. En generell artificiell intelligens ligger således minst några årtionden fram i tiden, möjligen mycket mer än så [3]. Det vi bör förvänta oss under nästa decennium är istället ett mycket stort antal avgränsade (icke generella) men spektakulärt framgångsrika tillämpningar av AI inom många olika avgränsade tillämpningsområden i både den civila och militära världen.

För den militära sektorn gäller att nyttan med AI-system är att de kan leverera ett avgörande systemstöd när tiden är alltför knapp, eller när antalet valmöjligheter är alltför stort för att människor ska kunna analysera alternativa handlingsalternativ. Att bedriva krigföring under 2000-talet utan stöd från AI kan komma att vara lika förödande som att kriga utan flygvapen under 1900-talet.

Den strategiska betydelsen av att använda AI på taktisk och operativ nivå kan således knappast överdrivas. Ayoub och Payne [4] skriver att *“a domain specific AI could radically shift military power towards the side that develops it to maturity. Domain-specific AI will be transformative of conflict, and like previous transformations in military capability it has the potential to be profoundly disruptive of the strategic balance. (...) [T]actical and operational systems hold most promise, and that these will have a strategic impact.”* På taktisk nivå lär kraftiga nya genomslag för AI ske först inom luftarenan (t.ex. automatisering), den maritima arenan (t.ex. ny taktik) och inom informationsarenan (t.ex. cyberförsvar). På operativ nivå kan vi förväntas se AI i kombination med simulering inom alla arenorna (t.ex. inom operativ planering för markarenan). Strategisk nivå lär dock vara en i huvudsak mänsklig aktivitet under lång tid, som dock kan stöttas av beslutsstöd baserat på AI och simulering.

---

<sup>6</sup> Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), USA.

I USA har det nyligen gjorts en studie om AI på uppdrag av amerikanska *Intelligence Advanced Research Projects Activity* (IARPA) (se Allen och Chan [5]). Studien noterar den starka tekniska utvecklingen inom AI (speciellt inom den civila sektorn) under de senaste fem åren. Den lämnar följande elva rekommendationer till amerikanska försvarsdepartementet:

- *”DoD<sup>[7]</sup> should conduct AI-focused war games to identify potential disruptive military innovations,*
- *”DoD should fund diverse, long-term-focused strategic analyses on AI technology and its implications,*
- *”DoD should prioritize AI R&D spending on areas that can provide sustainable advantages and mitigate key risks,*
- *”The U.S. defense and intel communities should invest in “counter-AI” capabilities for both offense and defense,*
- *”DARPA, IARPA, the Office of Naval Research, and the National Science Foundation should be given increased funding for AI-related basic research,*
- *”DoD should release a Request for Information (RFI) on Dual-Use AI Capabilities,*
- *”In-Q-Tel<sup>[8]</sup> should be given additional resources to promote collaboration between the national security community and the commercial AI industry,*
- *”The National Security Council, the Defense Department, and the State Department should study what AI applications, if any, the United States should seek to restrict with treaties,*
- *”DoD and the Intelligence Community should establish dedicated AI-safety organizations,*
- *”DARPA should fund research on fail-safe and safety-for-performance technology for AI-systems,*
- *”NIST<sup>[9]</sup> and the NSA<sup>[10]</sup> should explore options for countering AI-enabled forgery.”*



Även Kina satsar kraftigt på forskning om AI. Kinas mål är att nå upp till västerländsk forskningsnivå inom tre år, göra stora forskningsgenombrott till 2025 och låta kinesisk AI bli *“the envy of the world”* år 2030 [6]. Kina lanserade i juli 2017 en utvecklingsplan för en ny generation av AI [7]. I den första fasen till år 2020 satsas 150 miljarder yuán<sup>11</sup>, i andra fasen till 2025 är omfattningen 400 miljarder yuán och i tredje fasen till 2030 är omfattningen 1000 miljarder yuán. Planen omfattar såväl grundforskning som civil och militär tillämpad forskning med huvudfokus på den civila delen. Den militära forskningen avses att nära integreras med den civila. Man avser att starta nya forskningsinstitut, universitet, och militära enheter etc. Den militära forskningsfokusen avses omfatta AI i ledningssystem, AI för beslutsstöd, AI som stöd till militärt beslutsfattande, och AI i försvarsmateriel<sup>12</sup>.

Också i Sverige görs en betydelsefull forskningsinsats på AI. Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse meddelade i november 2017 att de anslår en miljard kronor till forskning om AI över tio år<sup>13</sup>.

<sup>7</sup> Amerikanska försvarsdepartementet (eng. *United States Department of Defense* (DOD)).

<sup>8</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/In-Q-Tel> (december 2017).

<sup>9</sup> National Institute of Standards and Technology (NIST), USA.

<sup>10</sup> National Security Agency (NSA), USA.

<sup>11</sup> Valutakurs: CNY 1 = SEK 1,26 (1 december 2017).

<sup>12</sup> Analysen av [7] baserar sig på en text som är maskinöversatt från kinesiska till engelska.

<sup>13</sup> <https://kaw.wallenberg.org/press/kaw-jubileumsdonation-ai-och-kvantteknologi> (december 2017).

## 2 Deskriptivt beslutsstöd

I den deskriptiva fasen tar man med hjälp av metoder från informationsfusion och AI fram en aktuell lägesbild. Där ingår att klassificera inkommande information, identifiera aktuell situation, konstruera en lägesbild som uppdateras dynamisk, samt kontrollera om det egna systemet utsätts för vilseledning. Den deskriptiva fasen är således viktig i sig, men har därtill också ett vidare syfte i att dess resultat utgör tillgänglig indata till det beslutsstöd som beskrivs i de två efterföljande faserna (kapitel 3 och 4). Nedan ges några exempel över forskningsresultat inom klassificering, lägesbild och vilseledning.

### 2.1 Klassificering

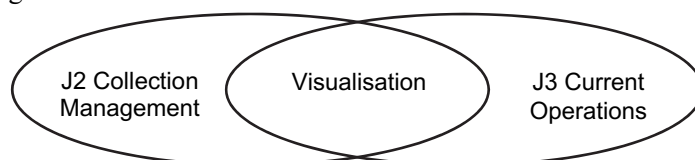
Mycket av forskningen inom deskriptivt beslutsstöd rör låga militära nivåer som identifiering av fordon i bilder. Ett exempel är Chen *et al.* [8] som utvecklar en metod med transfer learning och djupinlärning för träning av modeller för identifiering av militära fordon när tillgången på träningsdata är låg. Kruithof *et al.* [9] undersöker hur mycket indata man behöver för att djupinlärning utan transfer learning ska få bättre klassificeringsprestanda än då transfer learning används. De genomför en rad tester för att finna gränsen för när transfer learning blir nödvändigt.

Pan *et al.* [10] utvecklar en metod som använder transfer learning och djupinlärning för att identifiera flygplan i bilder när antalet exempelbilder är alltför lågt för att direkt träning med exempel ska fungera tillfredsställande. De använder ett *Cascade Convolutional Neural Network* (CCNN) och tränar först på en stor alternativ datamängd innan träning påbörjas med de egentliga exempelbilderna. En CCNN består av en sekvens av flera *Convolutional Neural Networks*<sup>14,15</sup> (CNN) som succesivt klassificerar delar av bilder. Varje CNN klassificerar det den kan, och de delar som inte klassificerades väl delas upp i mindre grupper och lämnas vidare till nästa CNN, osv. I en jämförelse med övervakat djupinlärning från de exempelbilder som fanns gav CCNN-metodiken 64% färre felaktiga klassificeringar.

Ett annat bidrag som också använder CNN är El Housseini *et al.* [12] som identifierar militära fordon i bilder från syntetisk aperturradar<sup>16</sup> (SAR). Efter träning med endast 2049 bilder av tio olika ryska fordonstyper identifierar metoden korrekt fordonstyp i 93% av fallen.

### 2.2 Lägesbild

I ett beslutsstödssystem är visualisering av lägesbilden ett effektivt sätt att kommunicera den informationsbehandling som sker i systemet med AI och informationsfusion. Visualiseringen i beslutsstödssystemet underlättar dessutom samordning och synkronisering av aktiviteter hos *Joint Forces Command* (JFC) och *Component Commands*. Denna process är en gemensam J2/J3-process och underlättar tidskänsliga beslutsprocesser som drivs av ett snabbt föränderlig slagfält, och kan optimera användningen av begränsade tillgångar för inhämtning, figur 3.



Figur 3. Visualisering.

<sup>14</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network) (december 2017).

<sup>15</sup> Det stora genomslaget för CNN startar med en publikation vid konferensen NIPS 2012 av Krizhevsky *et al.*, se [11].

<sup>16</sup> [https://sv.wikipedia.org/wiki/Syntetisk\\_aperturradar](https://sv.wikipedia.org/wiki/Syntetisk_aperturradar) (december 2017).

I planering och genomförande är lägesbilden ett värdefullt verktyg för att styra inhämtning och snabbt svara mot förändrade krav på insamling. Baserat på den aktuella militära situationen så hjälper lägesbilden befälhavaren att identifiera möjligheter till operationer mot motståndarens tidskänsliga mål, och motivera dynamisk omallokering av insamlingsplattformar eller vapenplattformar. Presentation av underliggande analys med AI och informationsfusion bidrar till att klargöra vad läget är i tvetydiga operativa situationer genom att optimera spaning och övervakning av möjliga mål och hot.

Ett svenskt exempel på kombinationen av AI och informationsfusion är den informationsfusionsdemonstrator (IFD03) som FOI utvecklade 2003 [13][14] inom ramen för ett projekt från Forsvarsmakten. FOI var, såvitt vi vet, först i världen med att presentera metoder för att automatiskt konstruera en dynamisk lägesbild över fordon, plutoner och kompanier från inkommande underrättelserapporter i samband med markstrid. Fem år senare presenterade USA ett liknande demonstrationssystem [15].

I IFD03 klustras underrättelserapporter baserat på vilket fordon de refererar till med s.k. *Potts spin*-neuronnät för unsupervised learning (Potts spin är ett 1-lagers fullt återkopplat neuronnät av Hopfield-typ<sup>17</sup> som styrs av en simulated annealing-process<sup>18</sup>.) När klustring av alla underrättelserapporter är genomförd så klassificeras varje klusters innehåll med hjälp av *fuzzy logic*-mallar. Det identifierar fordonstyp och förbandstyper. Denna process med klustring och efterföljande klassificering genomförs i sekvens på varje militär nivå (först från rapporter till fordon, sedan från fordon till plutoner på nästa nivå, därefter från plutoner till kompanier osv.). En målföljning av fordon med s.k. *partikelfiltrering* inkluderades för att presentera uppdaterade dynamiska lägesbilder även när inflödet av underrättelserapporter är lågt, och möjligheten till målföljning på högre nivå (än fordonsnivå) direkt av abstrakta förbandssymboler beskrevs i en konceptstudie. Alla resultat visualiserades i en dynamisk lägesbild. Metodiken i IFD03 är relativt färdig och har testats i labbmiljö.

I en amerikansk studie beskriver Tecuci *et al.* [16] ett system som används vid *US Army War College* (USAWC) för att lära intelligenta agenter att utföra *Center of Gravity* (COG) analys. Center of Gravity är en militär term ursprungligen utvecklad av von Clausewitz [17]. Enligt amerikansk terminologi definieras COG som "*The source of power that provides moral or physical strength, freedom of action, or will to act. Also called COG.*" Metodiken som används i systemet kallas för lärjunge-metoden (eng. *disciple*) används för att låta ämnesexperter utveckla en agent för analys av COG i militära konflikter.

Tillvägagångssättet bygger på en intelligent agent som kan utbildas av en ämnesexpert för att lösa problem. Systemet innefattar en generell problemlösningsmotor som kan användas för flera olika applikationer. Det innehåller också en inlärningsmotor med en multistrategi för att bygga upp en kunskapsbas genom samverkan mellan människa och maskin (eng. *mixed-initiative*). Systemet integrerar forskning inom AI med militär forskning om COG-analys och används i utbildningen vid USAWC. Forskningsmål för AI-delen är att utveckla en teknik som gör det möjligt för ämnesexperter som inte har någon erfarenhet från datavetenskap att utveckla intelligenta agenter som införlivar expertens egen problemlösningsförmåga. Målet med COG-forskningen är att formalisera processen för identifiering av COG för motståndaren och COG för egna styrkor på strategisk och operativ nivå, samt att möjliggöra en teknikutveckling som låter en intelligent agent lösa problemet. Systemet används i utbildningen av högre militära officerare.

För att djupinläring ska kunna bidra till att skapa situationsförståelse ställs flera krav. Chakraborty *et al.* [18] konstaterar att maskininläring måste kunna hantera heterogena data, tidsseriedata, och kunna kopplas till ett efterföljande probabilistiskt resonerande. De presenterar en översiktlig arkitektur för databehandlingen i ett beslutsstödssystem som kombinerar informationsfusion med maskininläring. Arbetet är utfört för amerikanska armén.

<sup>17</sup> <https://sv.wikipedia.org/wiki/Hopfieldnät> (december 2017).

<sup>18</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Simulated\\_annealing](https://en.wikipedia.org/wiki/Simulated_annealing) (december 2017).

## 2.3 Vilseledning

Ett av de mest uppmärksammade forskningsområdena vid den årliga konferensen *Neural Information Processing Systems* (NIPS) i Barcelona i december 2016 var utvecklingen inom en maskininlärningsteknik som kallas *generativa adversariella nätverk* (GAN). Vid NIPS 2017 i Long Beach (USA) ökade antalet publikationer om GAN dessutom kraftigt jämfört med 2016. GAN-metodikerna som är uppfunnen av Goodfellow *et al.* [19] är ett system som består av två neurala nätverk, ett nätverk som genererar ny (falsk) data efter inlärning från en mängd träningsexempel, och ett annat nätverk som försöker skilja mellan verkliga och falska data. Genom att samarbeta kan dessa nätverk producera mycket realistiska syntetiska data.

GAN är intressant eftersom det är en maskininlärningsteknik som delvis inkluderar oövervakad inlärning utan förklassificerade exempel (eng. *semi-supervised learning*). Inlärning utan exempel är den metodik som bedöms ha störst potential inom maskininlärning på sikt, men också den metodik som är svårast och kräver mest forskning. GAN implementeras som ett system med två neurala nätverk som konkurrerar med varandra i ett nollsummespel. Ett exempel på vad man kan åstadkomma med GAN är att generera fiktiva fotografier och videor som ser helt autentiska ut för människor.

I GAN låter man det ena nätverket (kallat *generatorn*) generera information (t.ex. fiktiva bilder, fiktiva videor, fiktiva 3D-objekt genererade från äkta 2D-bilder etc.) av en typ som är av intresse för det andra nätverket (dvs. utifrån en intressant sannolikhetsfördelning), medan det andra nätverket (kallat *diskriminatorn*) utvärderar dem för att försöka avgöra om den genererade informationen kommer från den sanna fördelningen eller har skapats av generatorn. Generatorns mål är att öka felklassificeringen för det diskriminerande nätverket (diskriminatorn) genom att producera ny falsk information som verkar ha kommit från den sanna fördelningen.

Det normala är att diskriminatorn använder en känd datamängd som vi vet är äkta för den initiala inlärningen. Diskriminatorn lär sig utifrån denna säkra datamängd tills den uppnår en viss noggrannhet. Generatorn får börja med en slumpvis utvald datamängd och skickar instanser från denna mängd till diskriminatorn för dess värdering. Båda nätverken använder maskininlärning för att förbättra sin prestanda. Generatorn använder maskininlärning för att bli skickligare på att skicka falsk information, och diskriminatorn använder maskininlärning för att bli bättre på att avslöja falsk information. Båda använder s.k. *backpropagation* av fel som inlärningsmetod.

Alla system med modeller framtagna med maskininlärning är sårbara för falska exempel som syftar till att vilseleda modellen till att göra felaktiga klassificeringar. Det gör det viktigt för systemen att kunna motstå adversariella indata. Det har länge varit känt att en vilseledare som har tillgång till modellen som ska vilseledas har varit framgångsrik (eng. *white-box attacks*). Detta är dock ett mindre troligt scenario i verkligheten då motståndaren vanligen kan antas ha svårt att få tillgång till våra egna modeller. Vad som dock framkommit under det senaste året är att system som designats för att vilseleda och som initialt tränats mot en känd modell för att sedan flyttas (eng. *transfer learning*) till att attackera en okänd modell (eng. *black-box attacks*) har visat sig vara framgångsrika, och kräver motmedel. Denna typ av vilseledning är svår att skydda sig emot.

Det finns två klasser av metoder för att försvara en djupinlärdd modell mot falska exempel. En metod är att göra modellen mer robust med förbättrad träningsdata eller att nyttja förfinade inlärningsstrategier. Adversarial träning tillhör denna första klass. Ett exempel är Tramèr *et al.* [20] som studerar hur man kan inkludera falska exempel i träningsdata av de egna modellerna för att öka robustheten mot attacker. De föreslår en ensemble av adversariella träningar som innehåller indata störda av ett svagt brus vid inlärning av den egna modellen. Metodiken visade sig avsevärt öka robustheten mot adversariella exempel från en vilseledare som tränats på en annan oberoende modell. Författarna anser att metodiken är en lovande inriktning för skydd mot black-box attacker. Ett alternativ till adversarial träning är *defensive distillation*. Det ursprungliga målet med distillation var att

reducera beräkningskomplexiteten i djupinlärning genom att överföra inlärd resultat från ett stort nätverk till ett mindre. Papernot *et al.* [21] visar att man även kan använda distillation som motmedel mot vilseledning.

Den andra klassen är en mekanism för att upptäcka vilseledande data. Det kan dock vara svårt att upptäcka vilseledande information. En felaktig klassificering av adversariella indata beror vanligen på små avsiktliga men för människan omärkbara störningar. Shen *et al.* [22] föreslår en algoritm för att eliminera den adversariella störningen i vilseledande information (t.ex. i bilder) som försvar mot falska indata. Goodfellow *et al.* [19] har visat att GAN kan generera bilder som liknar träningsuppsättningen men med ett slumpmässigt brus. I [22] föreslår författarna en metodik där GAN används för att filtrera all indata genom att skapa versioner rena från adversarial indata där eventuell falskgenererad störning förstörs i bruset i de nya rena versionerna.

Även om tillämpningar med GAN har börjat med bilder så behöver det inte sluta där. I militära tillämpningar kommer GAN att kunna användas inom vilseledning, med generatoren som en vilseledare och diskriminatoren som ett motmedel mot vilseledning. Vid FOI har vi nyligen arbetat med att generera egen vilseledande information och analysera information om motståndaren vid vilseledning med hjälp av informationsteoretisk mått [23][24]. Antagligen kan idéerna med GAN och informationsteori kombineras för att både upptäcka och skapa vilseledning. Sådan metodik antas vara viktig vid underrättelseanalys.

## 2.4 Underrättelseanalys

*Information extraction* är ett viktigt forskningsområde vid analys av ostrukturerad text i underrättelserapporter. Målet är att automatiskt finna objekt, relationer och händelser omnämnda i texten för att förstå vad som händer. Small och Medsker [25] ger en översikt över metoder inom området. Bland dessa kan nämnas statistiska maskininlärningsmetoder (*unsupervised learning*), *support vector machines* (SVM) för automatisk generering av meta-data m.m.

Ett exempel är Guo *et al.* [26] som utvecklar en *Entity Extraction*-metodik för analys av text i underrättelserapporter. Metodiken som kombinerar analys med naturligt språk och informationsfusion utgör en komponent i ett större realtidsunderrättelsesystem utvecklat av amerikanska *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA). Systemet stöder underrättelseanalytiker vid manöverkrigföring där analytiker fokuserar på organisationen av fiendens förband. Med hjälp av metodiken analyseras textrapporter och en lista av observerade enheter, deras relationer och de händelser där dessa enheter medverkar konstrueras. Metodiken skapar en förbättrad förståelse av aktuellt läge.

En närliggande men civil tillämpning presenteras av Razavi *et al.* [27] som visar hur man kan kombinera maskininlärning med textuell analys av rapporter som beskriver riskläget vid shipping, t.ex. avseende piratattacker etc. Metodiken bygger på tränade klassificerare som känner igen sekvenser av händelser, och som är avsedda att ingå som komponenter i beslutsstödssystem för sjöövervakning.

### 3 Prediktivt beslutsstöd

Utgående från en lägesbild behöver beslutsfattaren bilda sig en uppfattning om hur läget kommer att förändras i en nära framtid, samt vilka konsekvenser som kommer att uppstå därav. Det inkluderar vad motståndaren kan antas vilja genomföra (målet med operationen från motståndarens perspektiv), vilka möjligheter motståndaren har, vilket hot motståndarens vapen utgör gentemot våra förband (dess räckvidder etc.). Allt som är relevant för en bedömning av det framtida läget inklusive alla de konsekvenser som följer utav det nya läget ingår i analysen.

En sådan prediktiv analys görs bäst med ett *multi-hypotes-resonerande* där man håller flera möjliga händelseutvecklingar aktuella i ett beslutsstödssystem. Här kan man analysera motståndarens olika möjligheter och ge varje möjlig händelseutveckling en statistisk bedömning. Eftersom det är en dator som hanterar de alternativa hypoteserna behöver man inte endast begränsa sig till de *mest farliga*, *mest gynnsamma* och *mest sannolika* händelseutvecklingarna. Datorn kan internt hålla reda på hundratals olika möjligheter för att välja ut ett mindre antal hypoteser att presentera i beslutsstödssystemet. Allteftersom situationen utvecklas kan man genomföra två olika uppdateringar. För det första, så bör man kontinuerligt uppdatera dessa sannolikheter över alternativa händelseutvecklingar när ny information anländer, samtidigt som man också uppdaterar den egna lägesbilden. Nya hypoteser kan tillkomma och vissa gamla hypoteser kan elimineras. För det andra, så kan man förfinas de kvarvarande hypoteserna med hänsyn till den nya informationen, dels göra dem mer detaljerade när vi får bättre information och dels utsträcka dem framåt i tiden.

Anledningen till att vi måste ha en uppfattning om den framtida situationen är att det är den situationen vi ska möta, och det är inför detta möte som AI-metoderna ska leverera det preskriptiva beslutsstödet. Att göra detta förberedande arbete kallar vi den prediktiva fasen. Sådan prediktion kan ske genom identifikation av partiella kända mönster och med hjälp av regler om hur saker är beskaffade, och med kunskap om motståndarens möjliga mål. (Exempel: Om vi ser en fordonstyp som endast finns i en viss typ av pluton så kan vi anta att det med en viss sannolikhet finns en sådan pluton i omgivningen, eftersom vår modell säger att det ofta är så. Kanske kan vi även sluta oss till vad syftet är.) De AI-metoder som kan användas för detta är *fuzzy logic*-mallar, kunskapsbaserade system m.m. Efter identifikation av hot, så är prediktion av hotets utveckling över tiden viktigt.

Xia, Iyengar och Brener [28] utvecklade ett domänberoende system för hantering av dynamiska hot och använder systemet för automatiserad färdplanering av militära fordon i ett markstridsscenario i en ostrukturerad miljö genom att konstruera en s.k. *dynamisk kostnadsyta*. Den totala *kostnaden* för ett eget fordon att åka en viss vägsträcka är en kombination av en statisk kostnad och den dynamiska kostnaden som uppstår av att utsättas för ett hot. Systemet genomför ett temporalt statistisk resonemang för att beräkna hotets dynamiska rörelseutveckling. Det uppskattar vilket hot som uppstår i en nära framtid från motståndarens enheter i förhållande till de egna enheternas optimala ruttplanering. Metodiken utvecklades för amerikanska arméns system *Predictive Intelligence Military Tactical Analysis System* (PIMTAS).

Duquet *et al.* [29] utvecklade en blackboard-teknik för att samordna olika analyser genomförda med AI-metoder och informationsfusion, som t.ex. identitetsförfining för att mer exakt än tidigare kunna identifiera objekttyper i en maritim tillämpning och därmed dra noggranna slutsatser om hotets karaktär, analys av hotets dynamiska utveckling, samt rankning av alla aktuella hot utifrån hotets nivå. Med denna blackboard-teknik samarbetar olika analysmetoder mot ett gemensamt mål för att skapa bästa möjliga lägesbild och analysera hur väl de egna uppdragsmålen kan uppnås givet hotets utveckling. Utöver det prediktiva beslutsstödet som här beskrivs så kompletteras metodiken även med en preskriptiv analys om bästa hantering av egna resurser. Den samlade metodiken i blackboard-systemet är avsedd att utgöra ett beslutsstöd för den kanadensiska flottan.



Prediktiv analys kan användas inom de flesta områdena. Som ett alternativt exempel utvecklar Kang *et al.* [30] inom ramen för telekrig en metodik som kombinerar tre metoder: maskininlärning med neuronnät, naïve Bayesian klassificering och induktion av beslutsträd för hotanalys. Metodiken som är avsedd för telekrig i samband med flygstrid bygger reaktiva regler för det egna beteendet om hur vi ska agera emot det telekrighot vi möter. Dessa regler analyserar hotet och utvärderar den förväntade nyttan av alternativa motåtgärder. Reglerna tas fram *offline* genom maskininlärning i samband med simulering av flygkrig och telekrig. Metodiken är utvecklad av *Agency for Defense Development* (ADD) i Sydkorea.

Det är värt att notera att alla tre metoderna använder statistiska metoder (t.ex. Dempster-Shafer-teori för [28][29] resp. Bayesiansk-teori för [30]) i kombination med olika klassiska och nya AI-metoder. Syftet är att lära systemet sannolikhetsfördelningar över troliga utfall.

## 4 Preskriptivt beslutsstöd

Det ”egentliga beslutsstödet” sker genom att föreslå och utvärdera handlingar för de egna styrkorna. Detta är den preskriptiva fasen. Vi kan här identifiera tre deluppgifter: (i) att ge beslutsstöd till att göra planer, (ii) att utvärdera planer som redan är gjorda, och (iii) att under genomförandet av planer, ge beslutsstöd till dynamisk omplanering av planer, samt att förlänga och förfina planer allteftersom händelseutvecklingen går framåt.

Det viktigaste bidraget till att få ett gott preskriptivt beslutsstöd är att konstruera en adekvat kunskapsrepresentation för den aktuella problemställningen. Kunskapsrepresentationen är den ram som AI-metoder kommer att verka inom. Att konstruera kunskapsrepresentationen (modellen) är ett intellektuellt problem. Givet att detta har genomförts på ett bra sätt så är resten av beslutsstödet en fråga om matematik inom representationens ram och att sammanställa en bra presentation med interaktion för beslutsfattaren. Om vi för tillfället antar att den operation som ska planeras, utvärderas, genomföras och dynamiskt omplaneras kan fullständigt beskrivas i form att ett antal parametrar med flera möjliga värden, och att en värdering av sådana planer sker med flera *measures of effectiveness* (MOE) så är problemet att finna en plan (eller kanske en grupp av planer) som ger goda MOE. Dock är att antalet planer vanligen mycket stort (ofta i intervallet  $10^{100}$  till  $10^{300}$ ) och därtill är överföringsfunktionen från planens parametrar till MOE kraftigt olinjär. Även om överföringsfunktionen i teorin skulle kunna formuleras så är det i praktiken nödvändigt att simulera enskilda planinstanser för att utvärdera dem. (Vi noterar att en enskild simulering av en militär plan kan ta allt från någon tiondels sekund till flera minuter. Parallelsimulering under några timmar på en stark PC eller ett datorkluster räcker dock till.) Sådan planutvärderingar kan läras djupinlärning. Det är möjligt att utvärdera hundratusentals till flera miljoner planinstanser och lär upp neuronnetet. Väl upplärt så kan nätverket generalisera nya planer som inte tidigare observerats. Detta går mycket fort (millisekunder) vilket ger möjlighet att studera en större del (jämfört med att endast använda simulering) av den enorma indatarymden.

Med ett sådant upplärt nätverk blir det en enkel sak att genomföra utvärderingen av planer (uppgift ii ovan). Uppgifterna i och iii är dock svårare och ligger nära forskningsfronten. Vid inlärning av ett neuronnet presenterar man en stor sekvens exempel (dvs. planer beskrivna av parametrarna) på indatasidan av neuronnetet tillsammans med de MOE som simuleringssystemet ger på utdatasidan. Dessa MOE från simuleringssystemet jämförs med det svar som neuronnetet ger på utdatasidan, varefter skillnaden mellan de två propageras bakåt genom neuronnetet för att inkrementellt uppdatera vikterna vid varje exempel, så att nätverket så småningom ger samma svar som simuleringen.

Vid DARPA har man nyligen genomfört ett forskningsprojekt med titeln *Real-time Adversarial Intelligence and Decision-making* (RAID), vilket använder en kombination av prediktiv analys med AI och simulering för att analysera motståndarens handlingar [31][32]. RAID utvecklar teknik för att hjälpa en taktisk befälhavare att uppskatta läge, styrka och avsikt hos fiendliga styrkor och att förutsäga deras troliga taktiska förflyttningar då man strävar efter att effektivt bekämpa motståndarens handlingar (eng. *adversarial reasoning*). Detta omfattar igenkänning av motståndarens avsikt, prediktion av motståndarens strategi, upptäckt av vilseledning, planering av egen vilseledning, generering av egen strategi etc. Dessa problem uppträder vid militär planering av operationer, genomförande av operationer, underrättelseanalys etc. För att uppnå detta kombinerar RAID AI för planering med kognitiv modellering, spelteori, styrteori, och maskininlärning. I ett experiment vid Fort Leavenworth (amerikanska armén) så hjälpte RAID en grupp unga officerare att slå en grupp av erfarna officerare i att uppskatta läge, styrka och avsikt hos fiendliga styrkor i en simulerad stadsmiljö.

Ett annat intressant arbete drivs av amerikanska arméns *Communications-Electronics Research, Development Center* (CERDEC) som utvecklar ett ramverk kallat *Automated*

*Planning Framework*<sup>19</sup> (APF) vilket använder AI för att hjälpa till med planering, övervakning och prediktion [33]. Detta ramverk gör det möjligt för befälhavare och personal att snabba upp den militära beslutsprocessen, som innefattar COA-utveckling, analys av manövrar, och analys av logistikbehov av bränsle, ammunition etc. I senare versioner kommer systemet även stödja underrättelseanalys. Genom att systemet automatisera många av de uppgifter och funktioner i den militära beslutsprocessen så minskar APF arbetsbördan för befälhavaren och personalen så att de kan fokusera på operationens utveckling.

## 4.1 Beslutsstöd vid planering av operationer

För planering av operationer är AI i kombination med simulering en fruktbar kombination. Jacobi *et al.* [34] beskriver ett simuleringssystem för *system-on-system* krigföring. Syftet är att konstruera en multi-agent arkitektur med intelligenta agenter som fungerar som ett planerings- och träningsverktyg. De som har att planera militära operationer kan utföra *what if*-tester med systemet för att mäta förväntad effekt av olika planer. Simuleringarna innehåller både direkta effekter och kaskadeffekter inom två system på respektive sida, samt effekter mellan motståndarens och det egna systemet. Målet är att så realistiskt som möjligt simulera de olika effekter som militära operationer kommer att ha, vilket inkluderar både effekter på slagfältet och effekter på andra faktorer som moral, logistik, flyktingar m.m., i det påverkade samhället i stort. Forskningen utfördes på uppdrag av amerikanska flygvapnet och NASA<sup>20</sup>. Ett liknande system konstruerades vid FOI för några år sedan inom ramen för ett projekt från Forsvarsmakten för att värdera planer vid internationella operation innan genomförandet. Systemet modellerade intelligenta aktörer och mätte effekten i ett vidare samhälle vid alternativa operationer [35].

Det är också viktigt att militär kunskap som erhålls vid träning och övning kan hanteras som ett hjälpmedel i de beslutsstödssystem som används för planering vid genomförande. Den kunskapen behövs dels vid planering, speciellt vid generering av de målsättningar som ska uppnås och för en effektiv resursallokering, och dels vid genomförandet av operationer för övervakning av en operations utveckling och för att föreslå omplaneringsaktiviteter vid behov. I Liao [36] nämner författaren också behovet av att hantera nyuppkommen kunskap på ett snabbt och enkelt sätt i operativa planeringssystem, speciellt för omplaneringsbehovet. Liao föreslår en arkitektur för ett kunskapsbaserat system byggt på en fallbaserat resonerande-metodik (eng. *case-based reasoning*) som inkluderar militär kunskap och erfarenhet i den beslutsprocess som modelleras i ett beslutsstödssystem. På så sätt kan erfarenheter som uppnås succesivt, inkluderas i redan operativa system och användas i efterföljande operationer. Metodiken är framtagen vid *National Defense Management College* i Taiwan.

Terränganalys är ett viktigt underlag vid *Intelligence Preparation of the Battlefield*<sup>21</sup> (IPB) [37] inför operationsplanering i beslutsstödssystem och som stöd för datorgenerering av styrkor (eng. *computer-generated forces*). Richbourg och Olson [38] beskriver ett arbete vid *U.S. Military Academy* (West Point). Flera olika datorverktyg har utvecklats som bygger på användning av spatialt resonerande, planering för autonoma agenter, sökstrategier m.m. Författarna drar slutsatsen att en hybridkombination av många olika metoder tillsammans levererar ett gott beslutsstöd.

<sup>19</sup> [https://www.army.mil/article/193398/commanders\\_plan\\_autonomy\\_facilitates](https://www.army.mil/article/193398/commanders_plan_autonomy_facilitates) (december 2017).

<sup>20</sup> National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA.

<sup>21</sup> Definition: "*Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB) is the systematic process of analyzing the mission variables of enemy, terrain, weather, and civil considerations in an area of interest to determine their effect on operations.*"

## 4.2 Beslutsstöd för värdering av planer

Handlingsplaner kan analyseras med kvalitativa eller kvantitativa metoder under planeringsprocessen och inför genomförandet. Bentahar *et al.* [39] studerar ett kvalitativt tillvägagångssätt för att analysera COA. Författarna föreslår en konceptuell ram (eng. *framework*) som framhäver likheter och skillnader mellan argumentationsmodeller och presenterar en studie som visar hur man använder denna ram för att välja och förfinas en argumentationsmodell för att representera argument vid kritik av militära COA. En sådan ram är användbar i beslutsstödssystem som kan argumentera för och emot militära planer. När flera COA föreslås av olika planeringsgrupper används den konceptuella ramen för att registrera domänexperternas kritik av dessa COA. För att skapa strukturerad kritik och för att systematiskt bedöma vissa aspekter av COA, tillhandahålls en mall till experterna. Metoden bidrar till att ge en strukturerad analys av alternativa COA under planeringsfasen. Arbetet är utfört av DRDC<sup>22</sup> i samarbete med kanadensiska universitet.

Som ett alternativ till kvalitativ analys står kvantitativa metoder. I en översiktsartikel av Abbas *et al.* [40] beskriver författarna kombinationen av AI och multi-agent-system<sup>23</sup> för *Red Teaming*. Red Teaming har en lång tradition i militär planering och beslutsfattande. Ett blått team representerar den egna sidans avsikt, mål och intressen, medan fiender representeras av ett rött team. Genom att låta ett Red Team efterlikna fiendens motiv, avsikter, beteenden och förväntade handlingar, kan den egna sidan testa och utvärdera sina egna handlingsalternativ, identifiera möjligheter till att utnyttja svagheter hos fienden, samt att lära sig att förstå dynamiken i hur blå och röd interagerar. Red Teaming är ett sätt att förstå alla enheter som har potential att påverka ett system och dess beslutsfattande. I huvudsak är en fiende en enhet som har mål som konkurrerar med oss och som vidtar åtgärder som hindrar oss. Författarna beskriver hur AI och multi-agent-system kan integreras för att stödja beslutsfattande och planering. Det gör det möjligt för beslutsfattare att utforska möjliga händelseutvecklingar som kan påverka målsättningarna, att upptäcka och utvärdera egna sårbarheter, att lära sig förstå fiendens beteende etc. De beskriver en datormiljö där konkurrens kan modelleras och strategier för att vinna kan identifieras. Arbetet utfördes vid *Australien Defence Force Academy* och DSTO<sup>24</sup>.

Värt att nämna är också det arbete som nyligen genomförts inom arbetsgruppen *Developing Actionable Data Farming Decision Support for NATO* (MSG-124) som med *data farming*-metodik (dvs. massivt parallell simulering, dataanalys och visualisering) analyserar utdata från simuleringssystem med hundratusentals alternativa simuleringar av operativa planer för markstrid. Detta är ett extremt kvalitativ tillvägagångssätt som kombinerar simulering med *big data analytics*<sup>25</sup>. Arbetsgruppen har utvecklat en prototyp på TRL-nivå sex till ett beslutsstödssystem som kallas *Data Farming Tool for Operation Planning* (DFTOP) [41][42] och stödjer fas 3b i NATOs COPD<sup>26</sup> för att utveckla, analysera, jämföra och förfinas egna handlingsplaner (eng. *Course of Action* (COA)). Prototypen är testad med gott resultat vid CWIX<sup>27</sup> 2016 och CWIX 2017.

## 4.3 Beslutsstöd vid genomförande av operationer

Vid genomförande av operationer är det viktigt att snabbt erhålla information från slagfältet som fusioneras och analyseras med AI-metoder. Stone *et al.* [43] har utvecklat ett system kallat *Intelligent Simulation of the Battlefield* (ISB) som integrerar AI och simulering för att stödja befälhavaren vid genomförande av en operation. ISB integrerar två delsystem för träning och simulering med ett tredje delsystem för stöd till genomförande kallat *Command*

<sup>22</sup> Defence Research and Development Canada (DRDC).

<sup>23</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system) (december 2017).

<sup>24</sup> Defence Science and Technology Organisation (DSTO), Australien.

<sup>25</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://en.wikipedia.org/wiki/Big_data) (december 2017).

<sup>26</sup> Comprehensive Operations Planning Directive (COPD version 2.0), NATO, 2013.

<sup>27</sup> Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination, eXercise (CWIX).

*Support System (ComSS)*. ComSS är utformat för att förse befälhavaren med information från slagfältet. Befälhavaren behöver information för att snabbt fatta kritiska beslut i stressiga situationer. Mängden information som behandlas och levereras till befälhavaren är ofta så hög att risken är påtaglig för informationsöverbelastning. Problemet uppstår om informationen inte presenterades på ett logiskt, kortfattat och meningsfullt sätt som förstås av befälhavaren. ComSS fusionerar informationen och hjälper befälhavaren att tolka det fusionerade resultatet genom att använda ett omfattande kunskaps- och regelbaserat system som stöder befälhavarens beslutsprocess, och därmed förbättrar effektiviteten i beslutsfattandet. Arbetet är utfört vid *U.S. Military Academy* (West Point) i samarbete med ett universitet.

Högnivåsimulering är en viktig metodik inom ramen för ett beslutsstödssystem där simulering kan samverka med AI-metoder. Moffat och Witty [44] har utvecklat en Bayesiansk modell av beslutsfattande och militär ledning som hjälper till att ge insikt i den militära beslutsprocessen. I denna modell kan en militär operation ses som en sekvens av efterföljande konfrontationer. Modellen bygger på spelteori med *Confrontation Analysis*<sup>28</sup>. Uppfattningarna hos de olika sidorna i konfrontationen baseras på deras uppfattning om den nuvarande situationen och vilka handlingsalternativ de har till sitt förfogande för att förbättra sin situation. En analys med modellen används för att utveckla hypoteser om militära processer och vilken lämplig struktur hos det militära högkvarteret som följer som konsekvens. Modellen kan också användas i simuleringsmodeller på hög militär nivå där användning av modellen undviker behovet av att ha stora uppsättningar med beslutsregler. Modellen är således mycket kompatibel med agent-baserad simulering<sup>29</sup> av militär ledning och kan användas vid högnivåsimulering för att utvärdera operationer inom ramen för ett beslutsstödssystem. Modellen är utvecklad vid DSTL<sup>30</sup> i Storbritannien.

Ett delproblem som ingår i genomförandet av operationer är resurshantering. Ett exempel är Gmytrasiewicz *et al.* [45] som presenterar ett Bayesianskt ramverk för att uppdatera en egen intelligent agents uppfattning om andra agenter baserat på observationer av dessa agenter beteende. Metodiken har testats för automatisk målfördelning för luftvärn.

## 4.4 Beteende, träning och värdering

Att lära sig beteende genom maskininlärning är ett attraktivt alternativ till att bygga beteendeträd eller uppsättningar med regler. Johnson och Gonzalez [46] bygger upp beteendet hos ett lag med intelligenta agenter genom observation av andra lag. Metodiken kan användas vid simuleringsövningar. Braathen och Sendstad [47] använde fuzzy logic tillsammans med agent-metodik för att simulera ett högkvarter beslutsfattande om resurser vid flygkrig. Kamrani *et al.* [48] använder intelligenta agenter för inlärning av taktiskt beteende för två militära enheter under förflytning.

AI kan tillsammans med simulering användas för träning och övning av personal. Gordon *et al.* [49] kombinerar flera AI-tekniker som naturligt språk, intelligenta agenter med mixed-initiative m.m., tillsammans med simulering i ett system för att spela markstridsoperationer där utfallet beror på deltagarnas beslut. Systemet använder sig av prediktiva modeller för att beräkna effekterna av deltagarnas beslut. Det används av amerikanska armén för träning av yngre officerare. Bowman *et al.* [50] beskriver Disciple, ett beslutsstödssystem som använder mixed-initiative med vilket ämnesexperter kan bygga upp kunskapsbaser. Systemet har flera möjliga tillämpningar, t.ex. hjälper det ämnesexperter att dokumentera framtagna beslutsprocesser, förser intelligenta agenter med kunskap om beteende, styra hela inlärningsprocessen för agenterna och utvecklingen av kunskapsbasen, samt kan användas som en assistent till befälhavaren för att analysera COA innan genomförande.

<sup>28</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Confrontation\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Confrontation_analysis) (december 2017).

<sup>29</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based_model) (december 2017).

<sup>30</sup> Defence Science and Technology Laboratory (DSTL), Storbritannien.

Paterson *et al.* [51] beskriver DARPA:s *Command Post of the Future* (CPOF). CPOF är ett ledningssystem i drift sedan första Irakkriget<sup>31</sup>. I ett efterföljande projekt *Multi-echelon Adaptive Command Environment* (MACE) studerar man CPOF och testar olika AI-tekniker, inklusive maskininlärning, för beslutsstöd rörande problemlösning, situationsmedvetenhet, planering, samarbetsstrategier och informationsdelning. Systemvärdering är en annan intressant tillämpning som kan hanteras med AI-metoder. Masud *et al.* [52] beskriver en kunskapsbaserad approach för systemvärdering. Författarna har utvecklat ett kunskapsbaserat system som används för att rekommendera lämpliga beräkningsmodeller för överlevnadsanalys (eng. *survivability analysis*) av flygburna vapensystem. Med hjälp av systemet kan användare konstruera en komplett modellhierarki för den aktuella analysen.

## 4.5 Förklaring av beslutsstöd (XAI)

Att ett beslutsstödssystem har förmåga att förklara sina rekommendationer är avgörande för att beslutsfattare ska ha möjlighet att förstå och lita på beslutsstödssystemet. DARPA driver ett program för *Explainable Artificial Intelligence*<sup>32</sup> (XAI) med focus på att klassificera händelser utifrån heterogena data, och att skapa beslutspolicyer för autonoma farkoster. Forskningsområdet syftar till att skapa maskininlärningsmetodik med förklarbara modeller där maskininläringssystemen måste kunna förklara sina rekommendationer, samt beskriva styrkan och begränsningar i det egna resonandet.

Forskningsområdet är egentligen inte nytt utan har funnit i flera decennier men accentueras ytterligare i och med den ökande användningen av maskininlärning (som opererar på en sub-symbolisk nivå<sup>33</sup>). För de militära beslutsstödssystem som redan resonerar på en högre symbolisk nivå är förklaringsfunktioner baserade på känslighetsanalys en etablerad metod som kan användas för att förklara varför en viss föreslagen militär plan antas vara framgångsrik (Schubert och Hörling [53]). Tre amerikanska forskare, van Lent *et al.* [54] beskriver en AI-arkitektur för att förklara taktiskt beteende (med XAI) hos en AI-agent i ett simuleringssystem för markstrid. Metodiken används av amerikanska armén för träning av infanteriofficerare vid Fort Benning.

För att överbrygga avståndet mellan den lägre sub-symboliska nivån och den högre symboliska nivån där människor resonerar om beslutsfattande kan man använda neural-symboliska beräkningar<sup>34</sup>. Dessa syftar till att bygga djupa beräkningsmodeller och system genom att integrera neurala och symboliska resonemang. Med neural-symbolisk beräkningsmetodik tas ett integrerat perspektiv (både från ett metodologisk- och beräkningsperspektiv) genom att sammanfoga effektiv kunskapsrepresentation, symboliskt resonemang och inlärning. De senaste framstegen inom djupa neurala nätverk har lett till nya former av kunskapsrepresentation. Dessa representationer är dock inte användbara för resonande på symbolisk nivå. Med neural-symbolisk integration (förmågan att representera, lära och resonera) ges nya former av kunskapsrepresentation, som kan vara kombinationer av symbolisk representation med probabilistiska och numeriska representationer. Med sådan ny representation ges möjlighet att överföra sub-symboliska resultat (från neuronät) som svårtligen kan förstås direkt av människor, till en högre symbolisk nivå där resonande på mänsklig nivå sker och där ett beslutsstödssystem kan förklara sitt resultat som kommer från den sub-symboliska nivån på ett för människor begripligt sätt.

<sup>31</sup> CPOF introducerades operativt i Operation Iraqi Freedom i januari 2004.

<sup>32</sup> <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence> (december 2017).

<sup>33</sup> <http://www.thereferentialprocess.org/theory/symbolic-subsymbolic> (december 2017).

<sup>34</sup> <http://www.neural-symbolic.org> (december 2017).

## 5 Artificiell Intelligens vid FOI

Forskning inom artificiell intelligens och maskininläring har bedrivits vid FOI (och dess föregångare FOA<sup>35</sup>) sedan åtminstone början av 1980-talet. Tillämpningar har funnits inom alla arenor, t.ex. inom pilotstöd, beslutsstöd vid markstrid och beslutsstöd på fartyg, underrättelseanalys, automatisk generering av lägesbilder, försvarsplanering m.m.

I detta kapitel ger vi en översikt över publikationer skrivna av forskare vid FOI som är tillgängliga i den öppna forskningslitteraturen. Översikten utger sig inte för att vara en komplett analys utan baserar sig istället på interna sökning av publikationer skrivna av författare verksamma vid FOI med samma söktermer som redovisas i kapitel 1.1 vid sökningen i databasen WOS. Några publikationer skrivna av forskare vid FOI är redan citerade i kapitel 1–4 och inkluderas därför inte här.

Nyligen skrev en av våra forskare en teknisk prognos över AI-området med fokus på internationella trender under de senaste åren [55]. Några områden som berördes var bildbehandling, övervakning, autonoma farkoster, cyberförsvar och kommunikation. Inom området bildbehandling finns forskning inom igenkänning av fordon och människor m.m. [56–62]. Forskning om intelligent spaning [63] och metoder för robust målföljning [64] är andra forskningsområden. Ett område med omfattande verksamhet är metoder för underrättelseanalys [65–79], speciellt neuronätsmetoder för klustring av underrättelserapporter. Nyligen har ett antal forskningsartiklar på låg TRL-nivå publicerats inom vilseledningsområdet [80–84]. Det är ett område som både är av akademisk och militär art. Ett relativt nytt område inom beslutsstöds metodik är *computational creativity* [85–89]. Syftet är att modellera, simulera och replikera den kreativa processen hos människor för att uppnå kreativitet i datorprogram eller för att stödja den kreativa processen hos människor.

Ett forskningsområde där det råder samverkan mellan AI-metoder och informationsfusion är automatisk generering av dynamiska lägesbilder och automatisk förbandsaggregering [90–95]. Här har FOI konstruerat metoder till Informationsfusionsdemonstratorn (IFD03) som använder neuronät, fuzzy logic och statistiska metoder för att konstruera en lägesbild utifrån ett flöde av inkommande spaningsrapporter. Under de senaste halvdecenniet har FOI forskat om AI-metodik för taktisk och operativ planering och försvarsplanering [96–104]. Det är ett område där AI och simulering samverkar tätt.

Ett annat område är forskning om unsupervised och supervised maskininläring för analys inom sociala medier [105]. Målet är att upptäcka falska Twitter-konton etc.

Vid simulering är användning av intelligenta agenter en viktig metodik. Agenternas beteendemodell kan läras upp med *reinforcement learning* [106–109], vilket är en maskininlärningsmetod som bygger på sekventiell återkoppling från ett spel eller ett simuleringssystem. Hantering av upplopp är ett problemområde som också kan hanteras med maskininläring. FOI har studerat användningen av genetiska algoritmer för att lära strategier för effektiv hantering av upploppsituationer [110–111].

Systemprediktion för analys av systemtillstånd [112] är ett forskningsområde av generisk karaktär. Systemen som analyseras kan vara såväl teknisk som samhällreliga. För tekniska informationssystem är cybersäkerhet av högsta vikt både civilt och militärt [113], därför är det vid utveckling av IT-system viktigt att göra en analys av alla avgörande faktorer både avseende cybersäkerhet och andra viktiga faktorer [114].

---

<sup>35</sup> Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) bildades 1 januari 2001 genom en sammanslagning av Försvarets forskningsanstalt (FOA) och Flygtekniska försöksanstalten (FFA).

## 6 Slutsatser

En slutsats från studien är att artificiell intelligens idag kommer starkt på alla fronter. Artificiell intelligens omfattar många olika metoder; automatiskt resonerande för att dra slutsatser och ge rekommendationer, approximativt resonerande för att hantera osäker information, och maskininlärning för att låta datorn lära sig själv från exempel eller från feed-back från datoriserade spel eller simuleringssystem. Allra hetast inom artificiell intelligens är maskininlärning, och speciellt djupinlärning.

Maskininlärning kommer dock inte vara tillräcklig för militärt beslutsstöd. Det är nödvändigt att ta resultaten från maskininlärning och inkludera resultaten i de beslutsstödssystem som interagerar med och sammanställer information från automatisk och approximativt resonerande, och från informationsfusion för att presenteras för beslutsfattarna. Först med detta helhetsperspektiv kan vi få ett effektivt beslutsstöd som talar med människor på människors nivå.

Det vi bör förvänta oss under nästa decennium är ett mycket stort antal framgångsrika tillämpningar inom många olika avgränsade tillämpningsområden i både den civila och militära världen. Någon generell AI ligger dock antagligen minst flera decennier bort.

För den militära sektorn gäller att nyttan med artificiell intelligens är att leverera ett avgörande stöd när tiden är alltför knapp, eller när antalet valmöjligheter är alltför stort för att människor ska kunna analysera alla handlingsalternativ. Ett sådant beslutsstöd kan vara helt avgörande för utgången.

Den sida som snabbare och bättre än motståndaren får in all operativt relevant information från slagfältet med ett militärt *Internet of Things* (IoT), skyddar hela sitt ledningssystem med ett cyberförsvar, och effektivt behandlar all information med AI (och informationsfusion och simulering) både centralt i ett högkvarter och distribuerat över slagfältet med hjälp av autonoma system där så är lämpligt, kan komma innanför motståndarens OODA-loop och har då en möjlighet att utmanövrera och vinna mot en jämbördig eller starkare motståndare.



## 7 Referenser

- [1] Russell, S., Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Hoboken, NJ: Prentice Hall, ISBN 9780136042594.
- [2] Oblinger, D. (2011). Toward a computational model of transfer. *AI Magazine* **32**(2):126–128. doi:10.1609/aimag.v32i2.2337
- [3] Bostrom, N. (2017). *Superintelligens: Vägar, Faror, Strategier*. Stockholm: Fri Tanke Förlag, ISBN 9789187513084.
- [4] Ayoub, K., Payne, K. (2015). Strategy in the age of artificial intelligence. *Journal of Strategic Studies* **39**(5–6):793–819. doi:10.1080/01402390.2015.1088838
- [5] Allen, G., Chan, T. (2017). *Artificial intelligence and national security*. Cambridge, MA: Harvard Kennedy School [Online]. Available: <https://www.belfercenter.org/publication/artificial-intelligence-and-national-security> (december 2017).
- [6] Knight, W. (2017). China's AI awakening. *MIT Technology Review* **120**(6):67–72.
- [7] A new generation of artificial intelligence development plan. The State Council [2017] No. 35. Beijing: Chinese Government Network, 8 July 2017.
- [8] Chen, Y., Yang, C., Yang, S. (2016). A method for special vehicle recognition based on deep-transfer model. In *Proceedings of the 2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control*, 21–23 July 2016. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 167–170. doi:10.1109/IMCCC.2016.35
- [9] Kruihof, M.C., Henri Bouma, H., Fischer, N.M., Schutte, K. (2016). Object recognition using deep convolutional neural networks with complete transfer and partial frozen layers. In *Proceedings SPIE, Vol. 9995, Optics and Photonics for Counterterrorism, Crime Fighting, and Defence XII*, 26–29 September 2016. Bellingham, WA: SPIE, paper 99950K. doi:10.1117/12.2241177
- [10] Pan, B., Tai, J., Zheng, Q., Zhao, S. (2017). Cascade convolutional neural network based on transfer-learning for aircraft detection on high-resolution remote sensing images. *Journal of Sensors* **2017**, article 1796728. doi:10.1155/2017/1796728
- [11] Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems 25*, pp. 1097–1105. Red Hook, NY: Curran Associates, Inc.
- [12] El Housseini, A., Toumi, A., Khenchaf, A. (2017). Deep learning for target recognition from SAR images. In *Proceedings of the Seventh Seminar on Detection Systems: Architectures and Technologies*, 20–22 February 2017. Piscataway, NJ: IEEE. doi:10.1109/DAT.2017.7889171
- [13] Ahlberg, S., Hörling, P., Jöred, K., Mårtenson, C., Neider, G., Schubert, J., Sidenbladh, H., Svenson, P., Svensson, P., Undén, K., Walter, J. (2004). The IFD03 information fusion demonstrator – requirements, methodology, design, and experiences. FOI-R--1413--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [14] Ahlberg, S., Hörling, P., Johansson, K., Jöred, K., Kjellström, H., Mårtenson, C., Neider, G., Schubert, J., Svenson, P., Svensson, P., Walter, J. (2007). An information fusion demonstrator for tactical intelligence processing in network-based defense. *Information Fusion* **8**(1):84–107. doi:10.1016/j.inffus.2005.11.002
- [15] Sycara, K., Grinton, R., Yu, B., Giampapa, J., Owens, S., Lewis, M., Grindle, C. (2009). An integrated approach to high-level information fusion. *Information Fusion* **10**(1):25–50. doi:10.1016/j.inffus.2007.04.001
- [16] Tecuci, G., Boicu, M., Marcu, D., Stanescu, B., Boicu, C., Comello, J., Lopez, A., Donlon, J. Cleckner, W. (2002). Development and deployment of a disciple agent for center of gravity analysis. In *Proceedings of the Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence*, 28 July–1 August 2002. Palo Alto, CA: AAAI Press, pp. 853–861.
- [17] von Clausewitz, C. (1991). *Om Kriget*. Stockholm: Alberts Bonniers Förlag, ISBN 9789134511637.
- [18] Chakraborty, S., Preece, A., Alzantot, M., Xing, T., Braines, D., Srivastava, M. (2017). Deep learning for situational understanding. In *Proceedings of the 20th International Conference on Information Fusion*, 10–13 July 2017. Piscataway, NJ: IEEE. doi:10.23919/ICIF.2017.8009785
- [19] Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems 27*, pp. 2672–2680. Red Hook, NY: Curran Associates, Inc.
- [20] Tramèr, F., Kurakin, A., Papernot, N., Boneh, D., McDaniel, P. (2017). Ensemble adversarial training: attacks and defenses. *arXiv preprint arXiv:1705.07204*.

- [21] Papernot, N., McDaniel, P., Wu, X., Jha, S., Swami, A. (2016). Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks. In *Proceedings of the 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy*. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 582–597. doi: 10.1109/SP.2016.41
- [22] Shen, S., Jin, G., Zhang, Y. (2017). APE-GAN: Adversarial perturbation elimination with GAN. *arXiv preprint arXiv:1707.05474v3*
- [23] Schubert, J., Clausen Mork, J., Johansson, R., Sommestad, T., Svensson, M., Thorell, H. (2016). Vilseledning av lägesbild. FOI-D--0717--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [24] Schubert, J. (2017). Counter-deception in information fusion. *International Journal of Approximate Reasoning* **91**:152–159. doi:10.1016/j.ijar.2017.09.003
- [25] Small, S.G., Medsker, L. (2014). Review of information extraction technologies and applications. *Neural Computing and Applications* **25**(3–4):533–548. doi:10.1007/s00521-013-1516-6
- [26] Guo, J.K., van Brackle, D., LoFaso, N., Hofmann, M.O. (2015). Extracting meaningful entities from human-generated tactical reports. *Procedia Computer Science* **61**:72–79. doi: 10.1016/j.procs.2015.09.153
- [27] Razavi, A.H., Inkpen, D., Falcon R., Abielmona, R. (2014). Textual risk mining for maritime situational awareness. In *Proceedings of the 2014 IEEE International Inter-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support*, 3–6 March 2014. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 167–173. doi:10.1109/CogSIMA.2014.6816558
- [28] Xia, Y., Iyengar, S.S., Brener, N.E. (1997). An event driven integration reasoning scheme for handling dynamic threats in an unstructured environment. *Artificial Intelligence* **95**(1):169–186. doi: 10.1016/S0004-3702(97)00035-0
- [29] Duquet, J.R., Bergeron, P., Blodgett, D.E., Couture, J., Macieszczak, M., Mayrand, M., Chalmers, B.A., Paradis, S. (1998). Functional and real-time requirements of a multisensor data fusion (MSDF) situation and threat assessment (STA) resource management (RM) system. In *Proceeding of SPIE 3376, Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications II*, 20 March 1998. Bellingham, WA: SPIE, pp. 198–209. doi:10.1117/12.303680
- [30] Kang, S., Park, H., Noh, S., Park, S.R., Kim, K., Lyu, S., Kim, S. (2009). Autonomously deciding countermeasures against threats in electronic warfare settings. In *Proceedings of the 2009 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, 16–19 March 2009. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 177–184. doi:10.1109/CISIS.2009.131
- [31] Kott, A., Michael, O. (2005). Tools for real-time anticipation of enemy actions in tactical ground operations. In *Proceedings of the Tenth International Command and Control Research and Technology Symposium*. 13–16 June 2010. Washington, DC: Department of Defense CCRP, paper 170.
- [32] Kott, A., Michael, O. (2015). Toward a research agenda in adversarial reasoning: computational approaches to anticipating the opponent's intent and actions. *arXiv preprint arXiv:1512.07943*
- [33] Jontz, S. (2017). Rethinking cognition. *Signal* **2017**(September):28–30.
- [34] Jacobi, D., Anderson, D., von Borries, V., Elmaghraby, A., Kantardzic, M., Raga, R. (2003). Building intelligence in third-generation training and battle simulations. In *Proceedings Vol. 5091, Enabling Technologies for Simulation Science VII*, 4 September 2003. Bellingham, WA: SPIE, pp. 154–163. doi:10.1117/12.500901
- [35] Schubert, J., Moradi, F., Asadi, H., Luotsinen, L., Sjöberg, E., Hörling, P., Linderhed, A., Oskarsson, D. (2015). Simulation-based decision support for evaluating operational plans. *Operations Research Perspectives* **2**:36–56. doi:10.1016/j.orp.2015.02.002
- [36] Liao, S.-H. (2000). Case-based decision support system: architecture for simulating military command and control. *European Journal of Operational Research* **123**(3):558–567. doi:10.1016/S0377-2217(99)00109-5
- [37] Intelligence preparation of the battlefield / battlespace (2015). Army Techniques Publication, No. 2-01.3. Washington, DC: Department of the Army, ISBN 978151168795.
- [38] Richbourg, R., Olson, W.K. (1996). A hybrid expert system that combines technologies to address the problem of military terrain analysis. *Expert Systems with Applications* **11**(2):207–225. doi: 10.1016/0957-4174(96)00033-4
- [39] Bentahar, J., Moulin, B., Bélanger, M. (2010). A taxonomy of argumentation models used for knowledge representation. *Artificial Intelligence Review* **33**(3):211–259. doi:10.1007/s10462-010-9154-1
- [40] Abbass, H., Bender, A., Gaidow, S., Whitbread, P. (2011). Computational red teaming: past, present and future. *IEEE Computational Intelligence Magazine* **2011**(February):30–42. doi: 10.1109/MCI.2010.939578

- [41] Schubert, J., Seichter, S., Zimmermann, A., Huber, D., Kallfass, D., Svendsen, G.K. (2017). Data farming decision support for operation planning. In *Proceedings of the Eleventh Operations Research and Analysis Conference*, 2–3 October 2017. Neuilly-sur-Seine, France: NATO Research and Technology Organisation.
- [42] Developing actionable data farming decision support for NATO, STO Technical Report STO-TR-MSG-124. Neuilly-sur-Seine, France: NATO Research and Technology Organisation, forthcoming.
- [43] Stone, G., Ressler, E., Lavelle, E. (1996). Intelligent simulation of the battlefield (ISB). *Expert Systems with Applications* **11**(2):227–236. doi:10.1016/0957-4174(96)00035-8
- [44] Moffat, J., Witty, S. (2002). Bayesian decision making and military command and control. *Journal of the Operational Research Society* **53**(7):709–718. doi:10.1057/palgrave.jors.2601347
- [45] Gmytrasiewicz, P.J., Noh, S., Kellogg, T. (1998). Bayesian update of recursive agent models. *User Modeling and User-Adapted Interaction* **8**(1–2):49–69. doi:10.1023/A:1008269427670
- [46] Johnson, C.L., Gonzalez, A.J. (2014). Learning collaborative team behavior from observation. *Expert Systems with Applications* **41**(5):2316–2328. doi:10.1016/j.eswa.2013.09.029
- [47] Braathen, S., Sendstad, O.J. (2004). A hybrid fuzzy logic/constraint satisfaction problem approach to automatic decision making in simulation game models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B* **34**(4):1786–1797. doi:10.1109/TSMCB.2004.828591
- [48] Kamrani, F., Luotsinen, L.J., Løvlid, R.A. (2016). Learning objective agent behavior using a data-driven modeling approach. In *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 9–12 October 2016. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 2175–2181. doi:10.1109/SMC.2016.7844561
- [49] Gordon, A., van Lent, M., van Velsen, M., Carpenter, P., Jhala, A. (2004). Branching Storylines in Virtual Reality Environments for Leadership Development. In *Proceedings of the 16th conference on Innovative applications of artificial intelligence*, 25–29 July 2004. Menlo Park, CA: AAAI Press, pp. 844–851.
- [50] Bowman, M., Tecuci, G., Ceruti, M.G. (2001). Application of Disciple to decision making in complex and constrained environments. In *Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 7–10 October 2001. Piscataway, NJ: IEEE. doi:10.1109/ICSMC.2001.971956
- [51] Paterson, R., Sandberg, B., Selfridge, P. (2005). MACE: driving the next generation C2 system from collaboration data. In *Proceedings SPIE Vol. 5820, Defense Transformation and Network-Centric Systems*, 26 May 2005. Bellingham, WA: SPIE, pp. 179–186. doi:10.1117/12.604006
- [52] Masud, A.S.M, Metcalf, P., Hommertzhaim, D. (1995). A knowledge-based model management system for aircraft survivability analysis. *European Journal of Operational Research* **84**(1):47–59. doi:10.1016/0377-2217(94)00317-6
- [53] Schubert, J., Hörling, P. (2012). Explaining the impact of actions. In *Proceedings of the 15th International Conference on Information Fusion*, 9–12 July 2012. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 354–360.
- [54] van Lent, M., Fisher, W., Mancuso, M. (2004). An explainable artificial intelligence system for small-unit tactical behavior. In *Proceedings of the 16th conference on Innovative applications of artificial intelligence*, 25–29 July 2004. Menlo Park, CA: AAAI Press, pp. 900–907.
- [55] Gisslén, L. (2014). Artificiell intelligens – teknisk prognos. FOI-R--3919--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [56] Andersson, P.O., Ahlinder, L. Gustafsson, D., Högbom, M., Jonsson, P., Kullander, F., Landström, L., Svensson, T. (2017). Nya användningsområden för hyperspektral bildanalys – fokus mot kemiska och biologiska tillämpningar inom försvars- och säkerhetsområdet. FOI-R--4376--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [57] Gustafsson, D., Habberstad, H., Hemström, F., Karlholm, J., Nordlöf, J., Stenborg, K.-G. (2017). Bildbehandling för stridsfordon – slutrapport. FOI-R--4354--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [58] Gustafsson, D., Petersson, H., Enstedt, M. (2016). Deep learning: concepts and selected applications. FOI-D--0701--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [59] Jändel, M. (2009). Thalamic bursts mediate pattern recognition. In *Proceedings of the Fourth International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering*, 29 April–2 May 2009. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 562–565.
- [60] Jändel, M. (2010). Pattern recognition as an internalized motor programme. In *Proceedings of the International Conference on Neural Networks*, 28–30 September 2010, pp. 828–836.
- [61] Petersson, H., Gustafsson, D., Bergström, D. (2016). Hyperspectral image analysis using deep learning – a review. In *Proceedings of the 2016 Sixth International Conference on Image Processing Theory Tools and Applications*, 12–15 December 2016. Piscataway, NJ: IEEE. doi:10.1109/IPTA.2016.7820963

- [62] Sidenbladh, H. (2004). Detecting human motion with support vector machines. In *Proceedings of the 17th IAPR International Conference on Pattern Recognition*, 23–26 August 2004, pp. 188–191.
- [63] Näsström, F., Bilock, E., Bissmarck, F., Deleskog, V., Forsgren, R., Habberstad, H., Hemström, F., Hendeby, G., Karlholm, J., Nordlöf, J., Nygård, J., Rydell, J., Jonas Allvar, J. (2016). Intelligent spanning 2012–2015: slutrapport. FOI-R--4148--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [64] Schubert, J. (2002). Robust report level cluster-to-track fusion. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Fusion*, 8–11 July 2002. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 913–918.
- [65] Bengtsson, M., Schubert, J. (2001). Fusion of incomplete and fragmented data – white paper. FOI-R--0047--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [66] Bengtsson, M., Schubert, J. (2001). Dempster-Shafer clustering using Potts spin mean field theory. *Soft Computing* **5**(3):215–228.
- [67] Johansson, R., Mårtensson, C. (2010). Information acquisition strategies for Bayesian network-based decision support. In *Proceedings of the 13th International Conference on Information Fusion*, 26–29 July 2010. Piscataway, NJ: IEEE, paper We1.4.5.
- [68] Schubert, J. (2002). Clustering belief functions based on attracting and conflicting metalevel evidence. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems*, 1–5 July 2002, pp. 571–578.
- [69] Schubert, J. (2003). Clustering belief functions based on attracting and conflicting metalevel evidence. In *Intelligent Systems for Information Processing: From Representation to Applications*, B. Bouchon-Meunier, L. Foulloy, R. R. Yager (Eds.). Amsterdam: Elsevier Science, pp. 349–360.
- [70] Schubert, J. (2004). Clustering belief functions based on attracting and conflicting metalevel evidence using Potts spin mean field theory. *Information Fusion* **5**(4):309–318.
- [71] Schubert, J. (2006). Managing decomposed belief functions. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems*, 2–7 July 2006. Paris: Éditions E.D.K., pp. 1428–1435.
- [72] Schubert, J. (2008). Clustering decomposed belief functions using generalized weights of conflict. *International Journal of Approximate Reasoning* **48**(2):466–480.
- [73] Schubert, J. (2008). Conflict management in Dempster-Shafer theory by sequential discounting using the degree of falsity. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, L. Magdalena, M. Ojeda-Aciego, J. L. Verdegay (Eds.), 22–27 June 2008, pp. 298–305.
- [74] Schubert, J. (2008). Managing decomposed belief functions. In *Uncertainty and Intelligent Information Systems*, B. Bouchon-Meunier, C. Marsala, M. Rifqi, R. R. Yager (Eds.). Singapore: World Scientific Publishing Company, pp. 91–103.
- [75] Schubert, J. (2010). Constructing and reasoning about alternative frames of discernment. In *Proceedings of the Workshop on the Theory of Belief Functions*, 1–2 April 2010. Brest: Belief Functions and Applications Society, paper 24.
- [76] Schubert, J. (2010). Constructing multiple frames of discernment for multiple subproblems. In *Proceedings of the 13th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, E. Hüllermeier, R. Kruse, F. Hoffmann (Eds.), 28 June–2 July 2010. Berlin: Springer-Verlag (CCIS 80), pp. 189–198.
- [77] Schubert, J. (2012). Constructing and evaluating alternative frames of discernment. *International Journal of Approximate Reasoning* **53**(2):176–189.
- [78] Schubert, J., Cantwell, J. (2006). Computationally efficient multiple hypothesis association of intelligence reports. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Fusion*, 10–13 July 2006. Piscataway, NJ: IEEE, paper 276.
- [79] Schubert, J., Sidenbladh, H. (2005). Sequential clustering with particle filters – Estimating the number of clusters from data. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion*, 25–29 July 2005. Piscataway, NJ: IEEE, paper A4-3.
- [80] Schubert, J. (2011). Conflict management in Dempster-Shafer theory using the degree of falsity. *International Journal of Approximate Reasoning* **52**(3):449–460.
- [81] Schubert, J. (2012). The internal conflict of a belief function. In *Belief Functions: Theory and Applications*, T. Denoeux, M.-H. Masson (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Belief Functions*, 9–11 May 2012. Berlin: Springer (AISC 164), pp. 169–177.
- [82] Schubert, J. (2016). Entropy-based counter-deception in information fusion. In *Belief Functions: Theory and Applications*, J. Vejnarová, V. Kratochvíl (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Belief Functions*, 21–23 September 2016. Cham: Springer (LNAI 9861), pp. 174–181.

- [83] Schubert, J. (2017). Counter-deception in information fusion. *International Journal of Approximate Reasoning* **91**:152–159.
- [84] Schubert, J., Clausen Mork, J., Johansson, R., Sommestad, T., Svensson, M., Thorell, H. (2016). Vilseledning av lägesbild. FOI-D--0717--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [85] Gustavi, T., Jändel, M. (2013). Computational creativity: novel technologies for creative decision making. An introduction and literature review. FOI-R--3664--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [86] Jändel, M. (2010). A neural support vector machine. *Neural Networks* **23**(5):607–613.
- [87] Jändel, M. (2013). Computational creativity in naturalistic decision-making. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Creativity*, M. L. Maher, T. Veale, R. Saunders, O. Bown (Eds.), 12–14 June 2013, pp. 118–122.
- [88] Jändel, M. (2013). Computational creativity for counterdeception in information fusion. In *Proceedings of the 16th International Conference on Information Fusion*, 9–12 July 2013. Piscataway, NJ: IEEE, paper 044.
- [89] Jändel, M. (2014). Biologically relevant neural network architectures for support vector machines. *Neural Networks* **49**:39–50.
- [90] Blasch, E., Costa, P. C. G., Laskey, K. B., Stampouli, D., Ng, G. W., Schubert, J., Nagi, R., Valin, P. (2012). Issues of uncertainty analysis in high-level information fusion. In *Proceedings of the 15th International Conference on Information Fusion*, 9–12 July 2012. Piscataway, NJ: IEEE, panel 3.
- [91] Cantwell, J., Schubert, J., Walter, J. (2001). Conflict-based force aggregation. In *Proceedings of the Sixth International Command and Control Research and Technology Symposium*, 19–21 June 2001. Washington, DC: Department of Defence CCRP, paper 031.
- [92] Jändel, M., Svenson, P., Wadströmer, N. (2012). Online learnability of statistical relational learning in anomaly detection. In *Proceedings of the 15th International Conference on Information Fusion*, 9–12 July 2012. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 1150–1157.
- [93] Schubert, J. (2001). Reliable force aggregation using a refined evidence specification from Dempster-Shafer clustering. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Information Fusion*, 7–10 August 2001. Sunnyvale, CA: International Society of Information Fusion, pp. TuB3/15–22.
- [94] Schubert, J. (2003). Evidential force aggregation. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Information Fusion*, 8–11 July 2003. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 1223–1229.
- [95] Schubert, J., Mårtensson, C., Sidenbladh, H., Svenson, P., Walter, J. (2004). Methods and system design of the IFD03 information fusion demonstrator. In *Proceedings of the Ninth International Command and Control Research and Technology Symposium*, 14–16 September 2004. Washington, DC: Department of Defence CCRP, paper 061.
- [96] Nygårds, J., Skoglar, P., Karlholm, J., Ulvklo, M., Björström, R. (2005). Towards concurrent sensor & path planning – a survey of planning methods applicable to UAV surveillance. FOI-R--1711--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [97] Schubert, J., Hörling, P. (2014). Preference-based Monte Carlo weight assignment for multiple-criteria decision making in defense planning. In *Proceedings of the 17th International Conference on Information Fusion*, 7–10 July 2014. Piscataway, NJ: IEEE, paper 189.
- [98] Schubert, J., Linderhed, A. (2011). Learning boundaries on military operational plans from simulation data. In *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 9–12 October 2011. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 1325–1332.
- [99] Schubert, J., Linderhed, A. (2013). Decision support from learning multiple boundaries on military operational plans from simulation data. In *Proceedings of the 16th International Conference on Information Fusion*, 9–12 July 2013. Piscataway, NJ: IEEE, paper 205.
- [100] Tolt, G., Hedström, J., Bruvoll, S., Asprusten, M. (2017). Multi-Aspect Path Planning for Enhanced Ground Combat Simulation. In *Proceedings of the 2017 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications*, 27 November–1 December 2017. Piscataway, NJ: IEEE, paper 1154.
- [101] Younas, I., Ayani, R., Schubert, J. (2011). Using genetic algorithms for investigating specific regions of the solution space. In *Proceedings of the 2011 African Conference on Software Engineering and Applied Computing*, 19–21 September 2011. Piscataway, NJ: IEEE, paper 34.
- [102] Younas, I., Ayani, R., Schubert, J., Asadi, H. (2013). Using genetic algorithms in effects-based planning. In *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 13–16 October 2013. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 438–443.
- [103] Younas, I., Kamrani, F., Moradi, F., Ayani, R., Schubert, J., Håkansson, A. (2013). Solving battalion rescheduling problem using multi-objective genetic algorithms. In *Proceedings of the 13th International Conference on Systems Simulation*, G. Tan, G. K. Yeo, S. J. Turner, Y. M. Teo (Eds.), 6–8 November 2013. Berlin: Springer-Verlag (CCIS 402), pp. 93–104.

- [104] Ögren, P. (2007). Att förstå artificiell intelligens genom uppdragstaktik och optimeringslära. FOI-R--2262--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [105] Johansson, F., Kaati, L., Shrestha, A. (2015). Timeprints for identifying social media users with multiple aliases. *Security Informatics* 4:7. doi:10.1186/s13388-015-0022-z
- [106] Hammar, P., Johansson, R., Thorén, P. (2015). Adaptiva automatiska beteenden. FOI-D--0638--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [107] Luotsinen, L.J., Kamrani, F., Hammar, P., Jändel, M., Løvlid, R.A. (2016). Evolved creative intelligence for computer generated forces. In *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 9–12 October 2016. Piscataway, NJ: IEEE. pp. 3063–3070. doi:10.1109/SMC.2016.7844707
- [108] Luotsinen, L.J., Løvlid, R.A. (2015). Data-driven behavior modeling for computer generated forces. In *Proceedings of the NATO Modelling and Simulation Group Symp. M&S Support to Operational Tasks Including War Gaming, Logistics, Cyber Defence*, 15–16 October 2015. Neuilly-sur-Seine: NATO Research and Technology Organisation, paper 2.
- [109] Toghiani-Rizi, B., Kamrani F., Luotsinen, L. J., Gisslén, L. (2017). Evaluating deep reinforcement learning for computer generated forces in ground combat simulation. In *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 5–8 October 2017. Piscataway, NJ: IEEE. pp. 3433–3438. doi:10.1109/SMC.2017.8123161
- [110] Schubert, J., Ferrara, L., Hörling, P., Walter, J. (2008). A decision support system for crowd control. In *Proceedings of the 13th International Command and Control Research Technology Symposium*, 17–19 June 2008. Washington, DC: Department of Defense CCRP, paper 005.
- [111] Schubert, J., Suzic, R. (2007). Decision support for crowd control: using genetic algorithms with simulation to learn control strategies. In *Proceedings of the Third IEEE Workshop on Situation Management*, 29 October 2007. Piscataway, NJ: IEEE, paper SIMA-3.4.
- [112] Schubert, J., Svenson, P., Mårtenson, C. (2009). System prediction combining state estimation with an evidential influence diagram. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Information Fusion*, 6–9 July 2009. Piscataway, NJ: IEEE, pp. 428–435.
- [113] Axell, E., Jändel, M., Lindahl, D., Linder, S., Rodhe, I., Westerdahl, L. (2014). Robust kommunikation, cybersäkerhet och artificiell intelligens för säkerhet i RPAS. FOI-R--3825--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- [114] Gingnell, L., Franke, U., Lagerström, R., Ericsson, E., Lilliesköld, J. (2014). Quantifying success factors for IT projects – an expert-based Bayesian model. *Information Systems Management* 31(1):21–36.

## 8 Appendix: Sammanfattningar av citerande artiklar

Detta appendix innehåller sammanfattningar av de artiklar som citeras i kapitel 1–4. Artiklarna kan enkelt hittas genom sökning med bifogad *digital object identifier* (doi) via <https://doi.org> (december 2017) eller med bifogad url<sup>36</sup>-länk för de fall när doi saknas.

För de rapporter och artiklar som är skrivna av FOI-forskare och citeras i kapitel 5 hänvisar vi till <https://www.foi.se/rapporter.html> (december 2017) avseende FOI-rapporter, samt till <https://doi.org> (december 2017) när doi-nummer finns angivet i referensen (se kapitel 7), och i övrigt till sökning med titel via <https://scholar.google.se/> (december 2017).

Referens	1
Författare	Russell, S., Norvig, P.
Ursprungsland	USA
Titel	Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.)
Källa	Prentice Hall, ISBN 9780136042594

Referens	2
Författare	Oblinger, D.
Ursprungsland	USA
Titel	Toward a computational model of transfer
Källa	AI Magazine 32(2):126–128
doi	<a href="https://doi.org/10.1609/aimag.v32i2.2337">10.1609/aimag.v32i2.2337</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>This article focuses on a broad framing of the DARPA Transfer Learning Program research and an assessment of its progress, limitations, and challenges, from an admittedly personal but DARPA-influenced perspective. I will focus on a broad framing of TL that that will allow us to talk about this body of work as a whole, and use this to look towards work yet to be done in this area. I will consider both indicated application areas for transfer learning, as well as indicated future research challenges. With each of these I will also venture assessment of the “ripeness” of each of these subareas for follow on work-of course this assessment will be a very personal estimation based on the effort and progress made during the TL program.</i>

Referens	3
Författare	Bostrom, N.
Ursprungsland	Storbritannien
Titel	Superintelligens: Vägar, Faror, Strategier
Källa	Fri Tanke Förlag, ISBN 9789187513084

Referens	4
Författare	Ayoub, K., Payne, K.
Ursprungsland	Storbritannien
Titel	Strategy in the age of artificial intelligence
Källa	Journal of Strategic Studies 39(5–6):793–819
doi	<a href="https://doi.org/10.1080/01402390.2015.1088838">10.1080/01402390.2015.1088838</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>We argue that Artificial Intelligence (AI) will, in the very near future, have a profound impact on the conduct of strategy and will be disruptive of existing power balances. To do so, we review the psychological foundations of strategy and explore the ways in which AI will impact human decision-making. We then review current and evolving capabilities in ‘narrow’, modular AI that is optimised to perform in a particular environment, and explore its military potential. Lastly, we look ahead to the more distant prospect of a general AI.</i>

<sup>36</sup> Uniform resource locator (url).

Referens	5
Författare	Allen, G., Chan, T.
Ursprungsland	USA
Titel	Artificial intelligence and national security
Källa	Harvard Kennedy School, Cambridge, MA.
url	<a href="https://www.belfercenter.org/publication/artificial-intelligence-and-national-security">https://www.belfercenter.org/publication/artificial-intelligence-and-national-security</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>Partially autonomous and intelligent systems have been used in military technology since at least the Second World War, but advances in machine learning and Artificial Intelligence (AI) represent a turning point in the use of automation in warfare. Though the United States military and intelligence communities are planning for expanded use of AI across their portfolios, many of the most transformative applications of AI have not yet been addressed. In this piece, we propose three goals for developing future policy on AI and national security: preserving U.S. technological leadership, supporting peaceful and commercial use, and mitigating catastrophic risk. By looking at four prior cases of transformative military technology—nuclear, aerospace, cyber, and biotech—we develop lessons learned and recommendations for national security policy toward AI.</i>

Referens	6
Författare	Knight, W.
Ursprungsland	USA
Titel	China's AI awakening
Källa	MIT Technology Review 120(6):67–72
url	<a href="https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening/">https://www.technologyreview.com/s/609038/chinas-ai-awakening/</a> (december 2017)

Referens <sup>37</sup>	7
Ursprungsland	Kina
Titel	A new generation of artificial intelligence development plan
Källa	The State Council [2017] No. 35
url	<a href="http://www.gov.cn">http://www.gov.cn</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>The rapid development of artificial intelligence will profoundly change the human social life, change the world. To seize the major strategic opportunities for the development of artificial intelligence, to build China's artificial intelligence development of the first-mover advantage, speed up the construction of innovative countries and the world's science and technology, in accordance with the requirements of the CPC Central Committee and State Council, the development of this plan.</i>

Referens	8
Författare	Chen, Y., Yang, C., Yang, S.
Ursprungsland	Kina
Titel	A method for special vehicle recognition based on deep-transfer model
Källa	Proceedings of the 2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control, pp. 167–170
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/IMCCC.2016.35">10.1109/IMCCC.2016.35</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>As an application of image recognition, special vehicle recognition is very important in military field. This paper proposes a deep-transfer model (DTM) to overcome the problems in existing recognition methods. The DTM combines deep-learning and transfer-learning to solve the difficulty in training deep model with insufficient samples, improving the performance of the recognition algorithm. At last, the special vehicle dataset is built to evaluate the proposed DTM method. The results demonstrate that the DTM method outperforms the existing method in special vehicle recognition application.</i>

<sup>37</sup> Denna referens är maskinöversatt från kinesiska till engelska.



Referens	9
Författare	Kruithof, M.C., Henri Bouma, H., Fischer, N.M., Schutte, K.
Ursprungsland	Nederländerna
Titel	Object recognition using deep convolutional neural networks with complete transfer and partial frozen layers
Källa	Proceedings SPIE Vol. 9995, Optics and Photonics for Counterterrorism, Crime Fighting, and Defence XII, paper 99950J
doi	<a href="https://doi.org/10.1117/12.2241177">10.1117/12.2241177</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Object recognition is important to understand the content of video and allow flexible querying in a large number of cameras, especially for security applications. Recent benchmarks show that deep convolutional neural networks are excellent approaches for object recognition. This paper describes an approach of domain transfer, where features learned from a large annotated dataset are transferred to a target domain where less annotated examples are available as is typical for the security and defense domain. Many of these networks trained on natural images appear to learn features similar to Gabor filters and color blobs in the first layer. These first-layer features appear to be generic for many datasets and tasks while the last layer is specific. In this paper, we study the effect of copying all layers and fine-tuning a variable number. We performed an experiment with a Caffe-based network on 1000 ImageNet classes that are randomly divided in two equal subgroups for the transfer from one to the other. We copy all layers and vary the number of layers that is fine-tuned and the size of the target dataset. We performed additional experiments with the Keras platform on CIFAR-10 dataset to validate general applicability. We show with both platforms and both datasets that the accuracy on the target dataset improves when more target data is used. When the target dataset is large, it is beneficial to freeze only a few layers. For a large target dataset, the network without transfer learning performs better than the transfer network, especially if many layers are frozen. When the target dataset is small, it is beneficial to transfer (and freeze) many layers. For a small target dataset, the transfer network boosts generalization and it performs much better than the network without transfer learning. Learning time can be reduced by freezing many layers in a network.</i>

Referens	10
Författare	Pan, B., Tai, J., Zheng, Q., Zhao, S.
Ursprungsland	Kina
Titel	Cascade convolutional neural network based on transfer-learning for aircraft detection on high-resolution remote sensing images
Källa	Journal of Sensors 2017, article 1796728
doi	<a href="https://doi.org/10.1155/2017/1796728">10.1155/2017/1796728</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Aircraft detection from high-resolution remote sensing images is important for civil and military applications. Recently, detection methods based on deep learning have rapidly advanced. However, they require numerous samples to train the detection model and cannot be directly used to efficiently handle large-area remote sensing images. A weakly supervised learning method (WSLM) can detect a target with few samples. However, it cannot extract an adequate number of features, and the detection accuracy requires improvement. We propose a cascade convolutional neural network (CCNN) framework based on transfer-learning and geometric feature constraints (GFC) for aircraft detection. It achieves high accuracy and efficient detection with relatively few samples. A high-accuracy detection model is first obtained using transfer-learning to fine-tune pretrained models with few samples. Then, a GFC region proposal filtering method improves detection efficiency. The CCNN framework completes the aircraft detection for large-area remote sensing images. The framework first-level network is an image classifier, which filters the entire image, excluding most areas with no aircraft. The second-level network is an object detector, which rapidly detects aircraft from the first-level network output. Compared with WSLM, detection accuracy increased by 3.66%, false detection decreased by 64%, and missed detection decreased by 23.1%.</i>

Referens	11
Författare	Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E.
Ursprungsland	Kanada
Titel	ImageNet classification with deep convolutional neural networks
Källa	Advances in Neural Information Processing Systems 25, pp. 1097–1105
url	<a href="http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf">http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>We trained a large, deep convolutional neural network to classify the 1.2 million high-resolution images in the ImageNet ILSVRC-2010 contest into the 1000 different classes. On the test data, we achieved top-1 and top-5 error rates of 37.5% and 17.0% which is considerably better than the previous state-of-the-art. The neural network, which has 60 million parameters and 650,000 neurons, consists of five convolutional layers, some of which are followed by max-pooling layers, and three fully-connected layers with a final 1000-way softmax. To make training faster, we used non-saturating neurons and a very efficient GPU implementation of the convolution operation. To reduce overfitting in the fully-connected layers we employed a recently-developed regularization method called "dropout" that proved to be very effective. We also entered a variant of this model in the ILSVRC-2012 competition and achieved a winning top-5 test error rate of 15.3%, compared to 26.2% achieved by the second-best entry.</i>

Referens	12
Författare	El Housseini, A., Toumi, A., Khenchaf, A.
Ursprungsland	Frankrike
Titel	Deep learning for target recognition from SAR images
Källa	Proceedings of the Seventh Seminar on Detection Systems: Architectures and Technologies
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/DAT.2017.7889171">10.1109/DAT.2017.7889171</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper deals with the problematic of automatic target recognition (ATR) using Synthetic Aperture Radar (SAR) images. In this work, the Deep Learning (DL) architecture is proposed and applied in order to recognize military vehicles from SAR images. We propose mainly in this work the deep learning algorithms based on convolutional neural network architecture. In the second step and in order to optimize the convolution of DL steps, we propose to use a convolutional auto-encoder which may be better suited to image processing. Its use provides several areas of the best results in the presence of noise on shifted and truncated images. To validate our approach, some experimentation results are given and compared. The obtained results show that the proposed approach of DL achieves a height recognition accuracy of 93%.</i>

Referens	13
Författare	Ahlberg, S., Hörling, P., Jöred, K., Mårtenson, C., Neider, G., Schubert, J., Sidenbladh, H., Svenson, P., Svensson, P., Undén, K., Walter, J.
Ursprungsland	Sverige
Titel	The IFD03 information fusion demonstrator – requirements, methodology, design, and experiences
Källa	FOI-R--1413--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut
url	<a href="https://www.foi.se/reportsummary?reportNo=FOI-R--1413--SE">https://www.foi.se/reportsummary?reportNo=FOI-R--1413--SE</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>The Swedish Defence Research Agency (FOI) has developed a concept demonstrator called the Information Fusion Demonstrator 2003 (IFD03) for demonstrating information fusion methodology for a future Network Based Defense (NBF) C4ISR system. The focus of the demonstrator is on real-time tactical intelligence processing at the division level in a ground warfare scenario. The demonstrator integrates force aggregation, particle filtering, and sensor allocation methods to create, dynamically update, and maintain components of a tactical situation picture. This represents an important step towards the goal of creating in real time a dynamic, high fidelity representation of a moving battalion-sized organization, based on sensor data as well as a priori intelligence and terrain information. The motives behind this project, the fusion methods developed for the system, its scenario model simulator architecture, as well as key aspects of its development process, are describes. The main services of the demonstrator are discussed, and essential experience from the use and</i>

	<i>development of the system is shared. Further development of the techniques used in IFD03 may eventually permit concurrent tracking of solid objects and group objects, as well as more powerful sensor resource management methods. Also, studies are being carried out which are likely to lead to capability to automatically recognize certain kinds of tactical plans and intentions.</i>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	14
Författare	Ahlberg, S., Hörling, P., Johansson, K., Jöred, K., Kjellström, H., Mårtenson, C., Neider, G., Schubert, J., Svenson, P., Svensson, P., Walter, J.
Ursprungsland	Sverige
Titel	An information fusion demonstrator for tactical intelligence processing in network-based defense
Källa	Information Fusion 8(1):84–107
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.inffus.2005.11.002">10.1016/j.inffus.2005.11.002</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>The Swedish Defence Research Agency (FOI) has developed a concept demonstrator called the Information Fusion Demonstrator 2003 (IFD03) for demonstrating information fusion methodology suitable for a future Network Based Defense (NBD) C4ISR system. The focus of the demonstrator is on real-time tactical intelligence processing at the division level in a ground warfare scenario. The demonstrator integrates novel force aggregation, particle filtering, and sensor allocation methods to create, dynamically update, and maintain components of a tactical situation picture. This is achieved by fusing physically modelled and numerically simulated sensor reports from several different sensor types with realistic a priori information sampled from both a high-resolution terrain model and an enemy organizational and behavioral model. This represents a key step toward the goal of creating in real time a dynamic, high fidelity representation of a moving battalion-sized organization, based on sensor data as well as a priori intelligence and terrain information, employing fusion, tracking, aggregation, and resource allocation methods all built on well-founded theories of uncertainty. The motives behind this project, the fusion methods developed for the system, as well as its scenario model and simulator architecture are described. The main services of the demonstrator are discussed and early experience from using the system is shared.</i>

Referens	15
Författare	Sycara, K., Grinton, R., Yu, B., Giampapa, J., Owens, S., Lewis, M., Grindle, C.
Ursprungsland	USA
Titel	An integrated approach to high-level information fusion
Källa	Information Fusion 10(1):25–50
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.inffus.2007.04.001">10.1016/j.inffus.2007.04.001</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>In today's fast paced military operational environment, vast amounts of information must be sorted out and fused not only to allow commanders to make situation assessments, but also to support the generation of hypotheses about enemy force disposition and enemy intent. Current information fusion technology has the following two limitations. First, current approaches do not consider the battlefield context as a first class entity. In contrast, we consider situational context in terms of terrain analysis and inference. Second, there are no integrated and implemented models of the high-level fusion process. This paper describes the HiLIFE (High-Level Information Fusion Environment) computational framework for seamless integration of high levels of fusion (levels 2, 3 and 4). The crucial components of HiLIFE that we present in this paper are: (1) multi-sensor fusion algorithms and their performance results that operate in heterogeneous sensor networks to determine not only single targets but also force aggregates, (2) computational approaches for terrain-based analysis and inference that automatically combine low-level terrain features (such as forested areas, rivers, etc.) and additional information, such as weather, and transforms them into high-level militarily relevant abstractions, such as NO-GO, SLOW-GO areas, avenues of approach, and engagement areas, (3) a model for inferring adversary intent by mapping sensor readings of opponent forces to possible opponent goals and actions, and (4) sensor management for positioning intelligence collection assets for further data acquisition. The HiLIFE framework closes the loop on information fusion by specifying how the different components can computationally work together in a coherent system. Furthermore, the framework is inspired by a</i>

	<i>military process, the Intelligence Preparation of the Battlefield that grounds the framework in practice. HiLIFE is integrated with a distributed military simulation system, OTBSAF, and the RETSINA multi-agent infrastructure to provide agile and sophisticated reasoning. In addition, the paper presents validation results of the automated terrain analysis that were obtained through experiments using military intelligence Subject Matter Experts (SMEs).</i>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	16
Författare	Tecuci, G., Boicu, M., Marcu, D., Stanescu, B., Boicu, C., Comello, J., Lopez, A., Donlon, J. Cleckner, W.
Ursprungsland	USA
Titel	Development and deployment of a disciple agent for center of gravity analysis
Källa	Proceedings of the Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence, pp. 853—861
url	<a href="https://aaai.org/Papers/AAAI/2002/AAAI02-127.pdf">https://aaai.org/Papers/AAAI/2002/AAAI02-127.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper presents new significant advances in the disciple approach for building knowledge-based systems by subject matter experts. It describes the innovative application of this approach to the development of an agent for the analysis of strategic centers of gravity in military conflicts. This application has been deployed in several courses at the US Army War College, and its use has been evaluated. The presented results are those of a multi-faceted research and development effort that synergistically integrates research in artificial intelligence, center of gravity analysis, and practical deployment of an agent into education.</i>

Referens	17
Författare	von Clausewitz
Ursprungsland	Tyskland
Titel	Om Kriget
Källa	Alberts Bonniers Förlag, ISBN 9789134511637

Referens	18
Författare	Chakraborty, S., Preece, A., Alzantot, M., Xing, T., Braines, D., Srivastava, M.
Ursprungsland	USA
Titel	Deep learning for situational understanding
Källa	Proceedings of the 20th International Conference on Information Fusion
doi	<a href="https://doi.org/10.23919/ICIF.2017.8009785">10.23919/ICIF.2017.8009785</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Situational understanding (SU) requires a combination of insight - the ability to accurately perceive an existing situation - and foresight - the ability to anticipate how an existing situation may develop in the future. SU involves information fusion as well as model representation and inference. Commonly, heterogenous data sources must be exploited in the fusion process: often including both hard and soft data products. In a coalition context, data and processing resources will also be distributed and subjected to restrictions on information sharing. It will often be necessary for a human to be in the loop in SU processes, to provide key input and guidance, and to interpret outputs in a way that necessitates a degree of transparency in the processing: systems cannot be "black boxes". In this paper, we characterize the Coalition Situational Understanding (CSU) problem in terms of fusion, temporal, distributed, and human requirements. There is currently significant interest in deep learning (DL) approaches for processing both hard and soft data. We analyze the state-of-the-art in DL in relation to these requirements for CSU, and identify areas where there is currently considerable promise, and key gaps.</i>

Referens	19
Författare	Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., Bengio, Y.
Ursprungsland	Kanada
Titel	Generative adversarial nets
Källa	Advances in Neural Information Processing Systems 27, pp. 2672–2680
url	<a href="http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets">http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets</a> (december 2017)

Sammanfattning (abstract)	<i>We propose a new framework for estimating generative models via adversarial nets, in which we simultaneously train two models: a generative model G that captures the data distribution, and a discriminative model D that estimates the probability that a sample came from the training data rather than G. The training procedure for G is to maximize the probability of D making a mistake. This framework corresponds to a minimax two-player game. In the space of arbitrary functions G and D, a unique solution exists, with G recovering the training data distribution and D equal to 1/2 everywhere. In the case where G and D are defined by multilayer perceptrons, the entire system can be trained with backpropagation. There is no need for any Markov chains or unrolled approximate inference networks during either training or generation of samples. Experiments demonstrate the potential of the framework through qualitative and quantitative evaluation of the generated samples.</i>
---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	20
Författare	Tramèr, F., Kurakin, A., Papernot, N., Boneh, D., McDaniel, P.
Ursprungsland	USA
Titel	Ensemble adversarial training: attacks and defenses
Källa	arXiv preprint arXiv:1705.07204
url	<a href="https://arxiv.org/abs/1705.07204">https://arxiv.org/abs/1705.07204</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>Machine learning models are vulnerable to adversarial examples, inputs maliciously perturbed to mislead the model. These inputs transfer between models, thus enabling black-box attacks against deployed models. Adversarial training increases robustness to attacks by injecting adversarial examples into training data. Surprisingly, we find that although adversarially trained models exhibit strong robustness to some white-box attacks (i.e., with knowledge of the model parameters), they remain highly vulnerable to transferred adversarial examples crafted on other models. We show that the reason for this vulnerability is the model's decision surface exhibiting sharp curvature in the vicinity of the data points, thus hindering attacks based on first-order approximations of the model's loss, but permitting black-box attacks that use adversarial examples transferred from another model. We harness this observation in two ways: First, we propose a simple yet powerful novel attack that first applies a small random perturbation to an input, before finding the optimal perturbation under a first-order approximation. Our attack outperforms prior "single-step" attacks on models trained with or without adversarial training. Second, we propose Ensemble Adversarial Training, an extension of adversarial training that additionally augments training data with perturbed inputs transferred from a number of fixed pre-trained models. On MNIST and ImageNet, ensemble adversarial training vastly improves robustness to black-box attacks.</i>

Referens	21
Författare	Papernot, N., McDaniel, P., Wu, X., Jha, S., Swami, A.
Ursprungsland	USA
Titel	Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks
Källa	Proceedings of the 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/SP.2016.41">10.1109/SP.2016.41</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Deep learning algorithms have been shown to perform extremely well on many classical machine learning problems. However, recent studies have shown that deep learning, like other machine learning techniques, is vulnerable to adversarial samples: inputs crafted to force a deep neural network (DNN) to provide adversary-selected outputs. Such attacks can seriously undermine the security of the system supported by the DNN, sometimes with devastating consequences. For example, autonomous vehicles can be crashed, illicit or illegal content can bypass content filters, or biometric authentication systems can be manipulated to allow improper access. In this work, we introduce a defensive mechanism called defensive distillation to reduce the effectiveness of adversarial samples on DNNs. We analytically investigate the generalizability and robustness properties granted by the use of defensive distillation when training DNNs. We also empirically study the effectiveness of our defense mechanisms on two DNNs placed in adversarial settings. The study shows that defensive distillation can reduce effectiveness of sample creation from 95% to less than 0.5% on a studied</i>

	<i>DNN. Such dramatic gains can be explained by the fact that distillation leads gradients used in adversarial sample creation to be reduced by a factor of 1030. We also find that distillation increases the average minimum number of features that need to be modified to create adversarial samples by about 800% on one of the DNNs we tested.</i>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	22
Författare	Shen, S., Jin, G., Zhang, Y.
Ursprungsland	Kina
Titel	APE-GAN: adversarial perturbation elimination with GAN
Källa	arXiv preprint arXiv:1707.05474v3
url	<a href="https://arxiv.org/abs/1707.05474v3">https://arxiv.org/abs/1707.05474v3</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>Although neural networks could achieve state-of-the-art performance while recognizing images, they often suffer a tremendous defeat from adversarial examples--inputs generated by utilizing imperceptible but intentional perturbation to clean samples from the datasets. How to defense against adversarial examples is an important problem which is well worth researching. So far, very few methods have provided a significant defense to adversarial examples. In this paper, a novel idea is proposed and an effective framework based Generative Adversarial Nets named APE-GAN is implemented to defense against the adversarial examples. The experimental results on three benchmark datasets including MNIST, CIFAR10 and ImageNet indicate that APE-GAN is effective to resist adversarial examples generated from five attacks.</i>

Referens	23
Författare	Schubert, J., Clausen Mork, J., Johansson, R., Sommestad, T., Svensson, M., Thorell, H.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Vilseledning av lägesbild
Källa	FOI-D--0717--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut
url	<a href="https://www.foi.se/download/18.3bca00611589ae7987897/1480090650648/FOI-D--0717--SE.pdf">https://www.foi.se/download/18.3bca00611589ae7987897/1480090650648/FOI-D--0717--SE.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>Den som har inblick i och genom vilseledning kan påverka motståndarens lägesuppfattning ges övertaget i militära operationer: egna operationer gynnas, och skyddas mot liknande metoder från motståndaren. Vilseledning kan delas in i två kategorier, antingen för att framhäva en viss verksamhet eller för att dölja en annan. I vårt arbete har vi valt att fokusera på det tidigare, dvs. att uppvisa skenbar aktivitet för att därmed påverka motståndarens beslut i en för oss gynnsam riktning. Detta dokument utgör slutrapporten för det avdelningsöverskridande kompetensutvecklingsprojektet. Vilseledning av lägesbild som har pågått under åren 2014 och 2015. Projektet omfattar tre avdelningar (IAS, STS, FA) och fyra systemperspektiv: ett operativt perspektiv, ett informationsperspektiv, ett telekrigsperspektiv, och ett cyberperspektiv. Spännvidden i kompetenser ger möjlighet till överblick och tvärvetenskapliga angreppssätt som spänner över stora delar av vilseledningsinsatser. Med hjälp av detta tvärvetenskapliga projekt har vi skapat ny kunskap inom FOI som lyfter forskningen om informationskrigföring till en högre nivå än tidigare genom att koppla ihop den med informationsfusion. Centralt i arbetet har varit integrationen av de olika perspektivens metoder. De olika perspektiven har utvecklat en lösning för sin respektive domän samt ett sätt att integrera perspektiven till ett enhetligt system för vilseledning. Ett marklägesscenario beskrivs och används för att demonstrera det föreslagna vilseledningssystemet.</i>

Referens	24
Författare	Schubert, J.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Counter-deception in information fusion
Källa	International Journal of Approximate Reasoning 91:152–159
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.ijar.2017.09.003">10.1016/j.ijar.2017.09.003</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>In this article, we develop an entropy-based degree of falsity and combine it with a previously developed conflict-based degree of falsity in order to grade all belief functions. The new entropy-based degree of falsity is based on observing changes</i>

	<i>in entropy that are not consistent with combining only truthful information. With this measure, we can identify deliberately deceptive information and exclude it from the information fusion process. An experiment is performed comparing conflict and entropy measures and their combination. The effectiveness of the combination of the two measures is suggested.</i>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	25
Författare	Small, S.G., Medsker, L.
Ursprungsland	USA
Titel	Review of information extraction technologies and applications
Källa	Neural Computing and Applications 25(3-4):533-548
doi	<a href="https://doi.org/10.1007/s00521-013-1516-6">10.1007/s00521-013-1516-6</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Information extraction (IE) is an important and growing field, in part because of the development of ubiquitous social media networking millions of people and producing huge collections of textual information. Mined information is being used in a wide array of application areas from targeted marketing of products to intelligence gathering for military and security needs. IE has its roots in artificial intelligence fields including machine learning, logic and search algorithms, computational linguistics, and pattern recognition. This review summarizes the history of IE, surveys the various uses of IE, identifies current technological accomplishments and challenges, and explores the role that neural and adaptive computing might play in future research. A goal for this review is also to encourage practitioners of neural and adaptive computing to look for interesting applications in the important emerging area of IE.</i>

Referens	26
Författare	Guo, J.K., van Brackle, D., LoFaso, N., Hofmann, M.O.
Ursprungsland	USA
Titel	Extracting meaningful entities from human-generated tactical reports
Källa	Procedia Computer Science 61:72-79
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.153">10.1016/j.procs.2015.09.153</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Military intelligence analysts use automated tools to exploit physics-based sensor data to construct a spatio-temporal picture of adversary entities, networks, and behaviors on the battlefield. Traditionally, tools did not exploit human generated, textual reports, leaving analysts to manually map dots on the map into meaningful entities using background knowledge about adversary equipment, organization, and activity. Current off-the-shelf text extraction techniques underperform on tactical reports due to unique characteristics of the text. Tactical reports typically feature short sentences with simple grammar, but also tend to include jargon and abbreviations, do not follow grammatical rules, and are likely to have spelling errors. Likewise, named entity recognizers have low recall, because few of the names in reports appear in standard dictionaries. We have developed an entity extraction capability tailored to these challenges, and to the specific needs of analysts, as part of a comprehensive exploitation and fusion system. With fewer cues from syntax, our approach uses semantic constraints to disambiguate syntactic patterns, implemented by a hybrid system that post-processes the output from a standard Natural Language Processing (NLP) engine with our custom semantic pattern analysis. Additional functionality extracts military time and location formats – essential elements that enable downstream fusion of extracted entities with sensor information resulting in a compact and meaningful representation of the battlefield situation.</i>

Referens	27
Författare	Razavi, A.H., Inkpen, D., Falcon R., Abielmona, R.
Ursprungsland	Kanada
Titel	Textual risk mining for maritime situational awareness
Källa	Proceedings of the 2014 IEEE International Inter-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support, pp. 167-173
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/CogSIMA.2014.6816558">10.1109/CogSIMA.2014.6816558</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>In this paper, we propose an auxiliary Machine Learning (ML) and Natural Language Processing (NLP) integrated system for maritime situational awareness (MSA) operations. We bring into account a new and influential asset - human</i>

	<p><i>intuition and perception - to the existing semi-automated decision support systems that mostly rely on numerical data collected by electronic sensors or cameras located either directly on the vessels or in the maritime command-and-control centers. For our project, we gathered weekly textual reports spanning twelve months from the United States Worldwide Threats to Shipping Reports repository that belongs to the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), We considered the maritime incident reports written by human operators as a valuable and accessible unstructured textual input source in which a span of text is called "risk" if it expresses one of the following kinds of vessel incidents: fired, robbed, boarded, hijacked, attacked, chased, approached, kidnapped, boarding attempted, suspiciously approached or clashed with. Our approach benefits from probability distributions of some useful features annotated based on a list of lexicons that contain expressions denoting vessel types, risks types, risk associates, maritime geographical locations, dates and times. These distributions are captured and used to anchor the span of "risks" as they are described in the textual reports. After some preprocessing steps that include tokenization, named entity extraction and part-of-speech tagging, the textual risk mining system applies a variety of sequence classification algorithms, e.g., Conditional Random Fields, Conditional Markov Models and Hidden Markov Models in order to compare the risk classification performance. Empirical results show that our NLP/ML-based system can extract variable-length risk spans from the textual reports with about 90% correctness.</i></p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	28
Författare	Xia, Y., Iyengar, S.S., Brener, N.E.
Ursprungsland	USA
Titel	An event driven integration reasoning scheme for handling dynamic threats in an unstructured environment
Källa	Artificial Intelligence 95(1):169–186
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/S0004-3702(97)00035-0">10.1016/S0004-3702(97)00035-0</a>
Sammanfattning (abstract)	<p><i>This paper presents an attempt to devise and develop a domain-independent reasoning system (DIRS) scheme for handling dynamic threats, and uses the scheme for automated route planning of military vehicles in an unstructured environment. Automated route planning is a very important branch in applications of artificial intelligence. In a dynamic unstructured environment, instead of simply using static cost from a mobility model, a dynamic cost surface is constructed in which the total cost is a linear combination of the static cost and the dynamic cost. The principal contributions of this paper are as follows: (i) A reasoning model called "DIRS" is proposed to quantitatively embed dynamic information, coordinate use of static and dynamic information, and handle real time events that happen outside the system. (ii) A temporal relation is applied in the route planning process for handling dynamic threats. (iii) Dempster-Shafer evidential theory is used to evaluate propagation of a dynamic threat. (iv) A detailed experimental analysis on automated route planning of military vehicles was conducted to study the performance of the DIRS model.</i></p>

Referens	29
Författare	Duquet, J.R., Bergeron, P., Blodgett, D.E., Couture, J., Macieszczak, M., Mayrand, M., Chalmers, B.A., Paradis, S.
Ursprungsland	Kanada
Titel	Functional and real-time requirements of a multisensor data fusion (MSDF) situation and threat assessment (STA) resource management (RM) system
Källa	Proceedings of SPIE 3376, Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications II, pp. 198–209
doi	<a href="https://doi.org/10.1117/12.303680">10.1117/12.303680</a>
Sammanfattning (abstract)	<p><i>The Research and Development group at Lockheed Martin Canada, in collaboration with the Defence Research Establishment Valcartier, has undertaken a research project in order to capture and analyze the real-time and functional requirements of a next generation Command and Control System (CCS) for the Canadian Patrol Frigates, integrating Multi-Sensor Data Fusion (MSDF), Situation and Threat Assessment (STA) and Resource Management (RM). One important aspect of the project is to define how the use of Artificial Intelligence may optimize the performance of an integrated, real-time MSDF/STA/RM system.</i></p>



	<p>A closed-loop simulation environment is being developed to facilitate the evaluation of MSDF/STA/RM concepts, algorithms and architectures. This environment comprises (1) a scenario generator, (2) complex sensor, hardkill and softkill weapon models, (3) a real-time monitoring tool, (4) a distributed Knowledge-Base System (KBS) shell. The latter is being completely redesigned and implemented in-house since no commercial KBS shell could adequately satisfy all the project requirements. The closed-loop capability of the simulation environment, together with its 'simulated real-time' capability, allows the interaction between the MSDF/STA/RM system and the environment targets during the execution of a scenario. This capability is essential to measure the performance of many STA and RM functionalities. Some benchmark scenarios have been selected to demonstrate quantitatively the capabilities of the selected MSDF/STA/RM algorithms. The paper describes the simulation environment and discusses the MSDF/STA/RM functionalities currently implemented and their performance as an automatic CCS.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	30
Författare	Kang, S., Park, H., Noh, S., Park, S.R., Kim, K., Lyu, S., Kim, S.
Ursprungsland	Sydkorea
Titel	Autonomously deciding countermeasures against threats in electronic warfare settings
Källa	Proceedings of the 2009 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp. 177–184
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/CISIS.2009.131">10.1109/CISIS.2009.131</a>
Sammanfattning (abstract)	<p>This paper investigates the autonomous decision-making process of threat detection, classification, and the selection of alternative countermeasures against threats in electronic warfare settings. We introduce a threat model, which represents a specific threat pattern, and a methodology that compiles the threat into a set of rules using machine learning algorithms. This methodology based upon the inductive threat model could be used to classify real-time threats. Further, we calculate the expected utilities of countermeasures which are applicable given a situation, and provide an intelligent command and control agent with the best countermeasure to threats. We present empirical results that demonstrate the agent's capabilities of classifying threats and choosing countermeasures to them in simulated electronic warfare settings.</p>

Referens	31
Författare	Kott, A., Michael, O.
Ursprungsland	USA
Titel	Tools for real-time anticipation of enemy actions in tactical ground operations
Källa	Proceedings of the Tenth International Command and Control Research and Technology Symposium, paper 170
url	<a href="http://www.dodccrp.org/events/10th_ICCRTS/CD/papers/170.pdf">http://www.dodccrp.org/events/10th_ICCRTS/CD/papers/170.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<p>DARPA has recently undertaken a research project titled Real-time Adversarial Intelligence and Decision-making (RAID), which provides in-execution predictive analysis of probable enemy actions. A particular focus of the program is tactical urban operations against irregular combatants – an especially challenging and operationally relevant domain. The RAID program leverages novel approximate game-theoretic and deception-sensitive algorithms to provide real-time enemy estimates to a tactical commander. In doing so, the RAID program is addressing two critical technical challenges: (a) adversarial reasoning: the ability to continuously identify and update predictions of likely enemy actions; (b) deception reasoning: the ability to continuously detect likely deceptions in the available battlefield information. Realistic experimentation and evaluation is driving the development process using human-in-the-loop, wargames to compare humans and the RAID system. This paper provides a discussion of the techniques and technologies chosen to perform the adversarial and deception reasoning. It also provides details about the experiments and experimentation environment that are used to demonstrate and prove the research goals.</p>

Referens	32
Författare	Kott, A., Michael, O.
Ursprungsland	USA
Titel	Toward a research agenda in adversarial reasoning: computational approaches to anticipating the opponent's intent and actions
Källa	arXiv preprint arXiv:1512.07943
url	<a href="https://arxiv.org/abs/1512.07943v1">https://arxiv.org/abs/1512.07943v1</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper defines adversarial reasoning as computational approaches to inferring and anticipating an enemy's perceptions, intents and actions. It argues that adversarial reasoning transcends the boundaries of game theory and must also leverage such disciplines as cognitive modeling, control theory, AI planning and others. To illustrate the challenges of applying adversarial reasoning to real-world problems, the paper explores the lessons learned in the CADET — a battle planning system that focuses on brigade-level ground operations and involves adversarial reasoning. From this example of current capabilities, the paper proceeds to describe RAID — a DARPA program that aims to build capabilities in adversarial reasoning, and how such capabilities would address practical requirements in Defense and other application areas.</i>

Referens	33
Författare	Jontz, S.
Ursprungsland	USA
Titel	Rethinking cognition
Källa	Signal (September):28–30
url	<a href="https://www.afcea.org/content/rethinking-cognition">https://www.afcea.org/content/rethinking-cognition</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>AI and machine learning are shaping the U.S. military's decision-making processes.</i>

Referens	34
Författare	Jacobi, D., Anderson, D., von Borries, V., Elmaghraby, A., Kantardzic, M., Raga, R.
Ursprungsland	USA
Titel	Building intelligence in third-generation training and battle simulations
Källa	Proceedings Vol. 5091, Enabling Technologies for Simulation Science VII, pp. 154–163
doi	<a href="https://doi.org/10.1117/12.500901">10.1117/12.500901</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Current war games and simulations are primarily attrition based, and are centered on the concept of force on force. They constitute what can be defined as "second generation" war games. So-called "first generation" war games were focused on strategy with the primary concept of mind on mind. We envision "third generation" war games and battle simulations as concentrating on effects with the primary concept being system on system. Thus the third generation systems will incorporate each successive generation and take into account strategy, attrition and effects. This paper will describe the principal advantages and features that need to be implemented to create a true "third generation" battle simulation and the architectural issues faced when designing and building such a system. Areas of primary concern are doctrine, command and control, allied and coalition warfare, and cascading effects. Effectively addressing the interactive effects of these issues is of critical importance. In order to provide an adaptable and modular system that will accept future modifications and additions with relative ease, we are researching the use of a distributed Multi-Agent System (MAS) that incorporates various artificial intelligence methods. The agent architecture can mirror the military command structure from both vertical and horizontal perspectives while providing the ability to make modifications to doctrine, command structures, inter-command communications, as well as model the results of various effects upon one another, and upon the components of the simulation. This is commonly referred to as "cascading effects," in which A affects B, B affects C and so on. Agents can be used to simulate units or parts of units that interact to form the whole. Even individuals can eventually be simulated to take into account the affect to key individuals such as commanders, heroes, and aces. Each agent will have a learning component built in to provide "individual intelligence" based on experience.</i>

Referens	35
Författare	Schubert, J., Moradi, F., Asadi, H., Luotsinen, L., Sjöberg, E., Hörling, P., Linderhed, A., Oskarsson, D.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Simulation-based decision support for evaluating operational plans
Källa	Operations Research Perspectives 2:36–56
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.orp.2015.02.002">10.1016/j.orp.2015.02.002</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>In this article, we describe simulation-based decision support techniques for evaluation of operational plans within effects-based planning. Using a decision support tool, developers of operational plans are able to evaluate thousands of alternative plans against possible courses of events and decide which of these plans are capable of achieving a desired end state. The objective of this study is to examine the potential of a decision support system that helps operational analysts understand the consequences of numerous alternative plans through simulation and evaluation. Operational plans are described in the effects-based approach to operations concept as a set of actions and effects. For each action, we examine several different alternative ways to perform the action. We use a representation where a plan consists of several actions that should be performed. Each action may be performed in one of several different alternative ways. Together these action alternatives make up all possible plan instances, which are represented as a tree of action alternatives that may be searched for the most effective sequence of alternative actions. As a test case, we use an expeditionary operation with a plan of 43 actions and several alternatives for these actions, as well as a scenario of 40 group actors. Decision support for planners is provided by several methods that analyze the impact of a plan on the 40 actors, e.g., by visualizing time series of plan performance. Detailed decision support for finding the most influential actions of a plan is presented by using sensitivity analysis and regression tree analysis. Finally, a decision maker may use the tool to determine the boundaries of an operation that it must not move beyond without risk of drastic failure. The significant contribution of this study is the presentation of an integrated approach for evaluation of operational plans.</i>

Referens	36
Författare	Liao, S.-H.
Ursprungsland	Taiwan
Titel	Case-based decision support system: architecture for simulating military command and control
Källa	European Journal of Operational Research 123(3):558–567
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00109-5">10.1016/S0377-2217(99)00109-5</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>For a military commander, a system that can offer decision support in the process of command and control, a tool that can provide the space in which to exercise his command and control ability have always been ultimate goals. This is not only because of the complexity of the problem domain but also because of the difficulty in obtaining help from past knowledge and extend past knowledge for solving new problem. This paper intends to present an architecture which incorporates case-based reasoning (CBR) and decision support system (DSS) as a tool for military officers to simulate and to train the military Standard Operation Procedure (SOP) in the decision-making process of command and control. The experiment and evaluation of the case-based decision support system (CBDSS) are also presented.</i>

Referens	37
Ursprungsland	USA
Titel	Intelligence preparation of the battlefield / battlespace
Källa	Army Techniques Publication, No. 2-01.3. Department of the Army, ISBN 978151168795

Referens	38
Författare	Richbourg, R., Olson, W.K.
Ursprungsland	USA
Titel	A hybrid expert system that combines technologies to address the problem of military terrain analysis

Källa	Expert Systems with Applications 11(2):207–225
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/0957-4174(96)00033-4">10.1016/0957-4174(96)00033-4</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Terrain analysis in support of planned military training or combat operations is a task which requires considerable training, skill and experience. Military planners must synthesize knowledge of both their own and their expected adversary's tactics, weapons systems and probable courses of action with descriptions of the physical battlefield area to identify key terrain, those features in the environment which have the greatest potential to influence the outcome of military operations. Terrain analysis is the cornerstone activity during the "intelligence preparation of the battlefield", an analytic process designed to reduce uncertainty, identify likely enemy courses of action, and help select the most favorable friendly course of action. Automated tools to assist in this process are now being constructed to support a variety of Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) programs. The tools rely on the combination of several concepts and techniques that have been developed within the artificial intelligence field. These include knowledge representation schemes, spatial reasoning techniques, autonomous agent planning methods, rule-based paradigms, and heuristic search strategies. While no single technique in isolation can fully solve the broad problems of military operations planning, their combination provides a synergy that results in a useful end product.</i>

Referens	39
Författare	Bentahar, J., Moulin, B., Bélanger, M.
Ursprungsland	Kanada
Titel	A taxonomy of argumentation models used for knowledge representation
Källa	Artificial Intelligence Review 33(3):211–259
doi	<a href="https://doi.org/10.1007/s10462-010-9154-1">10.1007/s10462-010-9154-1</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Understanding argumentation and its role in human reasoning has been a continuous subject of investigation for scholars from the ancient Greek philosophers to current researchers in philosophy, logic and artificial intelligence. In recent years, argumentation models have been used in different areas such as knowledge representation, explanation, proof elaboration, commonsense reasoning, logic programming, legal reasoning, decision making, and negotiation. However, these models address quite specific needs and there is need for a conceptual framework that would organize and compare existing argumentation-based models and methods. Such a framework would be very useful especially for researchers and practitioners who want to select appropriate argumentation models or techniques to be incorporated in new software systems with argumentation capabilities. In this paper, we propose such a conceptual framework, based on taxonomy of the most important argumentation models, approaches and systems found in the literature. This framework highlights the similarities and differences between these argumentation models. As an illustration of the practical use of this framework, we present a case study which shows how we used this framework to select and enrich an argumentation model in a knowledge acquisition project which aimed at representing argumentative knowledge contained in texts critiquing military courses of action.</i>

Referens	40
Författare	Abbass, H., Bender, A., Gaidow, S., Whitbread, P.
Ursprungsland	Australien
Titel	Computational red teaming: past, present and future
Källa	IEEE Computational Intelligence Magazine 2011(February):30–42
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/MCI.2010.939578">10.1109/MCI.2010.939578</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>The combination of Computational Intelligence (CI) techniques with Multi-Agent Systems (MAS) offers a great deal of opportunities for practitioners and Artificial Intelligence (AI) researchers alike. CI techniques provide the means to search massive spaces quickly; find possible, better or optimum solutions in these spaces; construct algorithms, functions and strategies to control an autonomous entity; find patterns and relationships within data, information, knowledge or experience; assess risk and identify strategies for risk treatment; and connect the dots to synthesize an overall situational awareness picture that decision makers can utilize. MAS provide the structured, modular, distributed and efficient software environment to simulate systems; the architecture to represent systems</i>

	<i>and entities naturally; the environment to allow entities to observe, communicate with, negotiate with, orient with respect to, and act upon other entities; the modular representation that allows entities to store and manipulate observations, forming beliefs, desires, goals, plans, and intentions; and the framework to model behavior. By bringing CI and MAS together, we have a powerful computational environment that has the theoretical potential to do many things that one can expect when attempting to structure, understand, and solve a problem.</i>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	41
Författare	Schubert, J., Seichter, S., Zimmermann, A., Huber, D., Kallfass, D., Svendsen, G.K.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Data farming decision support for operation planning
Källa	Proceedings of the Eleventh Operations Research and Analysis Conference
Sammanfattning (abstract)	<i>Data farming is a modelling, simulation and data-analysis methodology that provides the possibility of examining vast solution spaces. In this paper, we describe how to provide support to decision makers in operation planning using data farming in an actionable support mode. We develop a Data Farming Tool for Operation Planning (DFTOP) to streamline this support to reduce the effort needed to prepare analyses and to facilitate the collaboration between decision makers and analysts. With DFTOP, the possibilities of quantitative simulation-based analysis are made readily available to decision makers and planners at the operational level. DFTOP supports evaluation of operation plans by data farming a broad set of Courses of Action (COA). The support is aligned with the planning process of the NATO Comprehensive Operations Planning Directive (COPD), providing support for the planning group. Based on initial validation efforts and user acceptance tests, it has been concluded that DFTOP meets the needs of the military planner and successfully brings data farming into the actionable decision-support domain. This tool aids in making decisions based on considerably broader decision grounds in selecting the best COA to achieve the goal with well-managed risk, adding operational value by increasing the quality of the decisions. The overall conclusion and recommendation to military leaders is that data farming is feasible for NATO and nations and should be used as a methodology for actionable decision support in operation planning.</i>

Referens	42
Titel	Developing actionable data farming decision support for NATO
Källa	STO Technical Report STO-TR-MSG-124. NATO Research and Technology Organisation, forthcoming

Referens	43
Författare	Stone, G., Ressler, E., Lavelle, E.
Ursprungsland	USA
Titel	Intelligent simulation of the battlefield (ISB)
Källa	Expert Systems with Applications 11(2):227–236
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/0957-4174(96)00035-8">10.1016/0957-4174(96)00035-8</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper discusses the development of a meta-expert system, the Intelligent Simulation of the Battlefield (ISB), for assisting military commanders with managing battlefield information and decision making. The three main components of the ISB are the Standard Army Training System-Training Exercise Development System (SATS-TREDS), the Janus combat simulation model and the Command Support System (ComSS). Integrating simulation with artificial intelligence, the three main components of the ISB merge to enhance the command and control process. ISB creates an environment to measure the effectiveness of battle commanders to focus and operate in a simulated, yet realistic, dynamic, information-driven, knowledge-assisted environment. The front-end training preparation component of the ISB structures the exercise based on mission requirements and tasks. Once the training scenario is specified through SATSTREDS, the ISB utilizes a command interface designed to build information templates for displaying information based on a commander's profile and the particular mission. The ISB system's network is configured to</i>

	<i>accommodate the flow of information generated by the Janus simulation program. With assistance by ISRA intelligent agents and associates, the information is then pushed to the ComSS decision support system. Due to the enormous flow of information, only certain, preselected data are queried and reported during the battle. Through the SATS-TREDS program, the remainder of the information is stored for later preference and review for feedback on future training needs. The ISB system promises to be a beneficial tool for classroom, training and operational environments as it conforms to the demanding requirements of realistic, dynamic and flexible simulation users.</i>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	44
Författare	Moffat, J., Witty, S.
Ursprungsland	Storbritannien
Titel	Bayesian decision making and military command and control
Källa	Journal of the Operational Research Society 53(7):709–718
doi	<a href="https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601347">10.1057/palgrave.jors.2601347</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>We discuss firstly the problem of military decision, in the context of the more general development of ideas in the representation of decision making. Within this context, we have considered a mathematical model—Bayesian Decision—of decision making and military command. Previous work has been extended, and applied to this problem. A distribution of belief in outcome, given that a decision is made, and a Loss function—a measure of the effect of this outcome relative to a goal—are formed. The Bayes' Decision is the decision which globally minimises the resultant bimodal (or worse) Expected Loss function. The set of all minimising decisions corresponds to the surface of an elementary Catastrophe. This allows smooth parameter changes to lead to a discontinuous change in the Bayes' decision. In future work this approach will be used to help develop a number of hypotheses concerning command processes and military headquarters structure. It will also be used to help capture such command and control processes in simulation modelling of future defence capability and force structure.</i>

Referens	45
Författare	Gmytrasiewicz, P.J., Noh, S., Kellogg, T.
Ursprungsland	USA
Titel	Bayesian update of recursive agent models
Källa	User Modeling and User-Adapted Interaction 8(1–2):49–69
doi	<a href="https://doi.org/10.1023/A:1008269427670">10.1023/A:1008269427670</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>We present a framework for Bayesian updating of beliefs about models of agent(s) based on their observed behavior. We work within the formalism of the Recursive Modeling Method (RMM) that maintains and processes models an agent may use to interact with other agent(s), the models the agent may think the other agent has of the original agent, the models the other agent may think the agent has, and so on. The beliefs about which model is the correct one are incrementally updated based on the observed behavior of the modeled agent and, as the result, the probability of the model that best predicted the observed behavior is increased. Analogously, the models on deeper levels of modeling can be updated; the models that the agent thinks another agent uses to model the original agent are revised based on how the other agent is expected to observe the original agent's behavior, and so on. We have implemented and tested our method in two domains, and the results show a marked improvement in the quality of interactions with the belief update in both domains.</i>

Referens	46
Författare	Johnson, C.L., Gonzalez, A.J.
Ursprungsland	USA
Titel	Learning collaborative team behavior from observation
Källa	Expert Systems with Applications 41(5):2316–2328
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.09.029">10.1016/j.eswa.2013.09.029</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper describes an approach to creating a simulated team of agents through observation of another team performing a collaborative task. Simulated human teamwork can be used for a number of purposes, such as automated teammates for training purposes and realistic opponents in games as well as in military</i>

	<p><i>training simulation. Current simulated teamwork representations require that the team member behaviors be manually programmed into the agents, often requiring much time and effort. None of the currently documented techniques for multi-agent learning employ observational learning and a context-aware framework to automatically build agents that replicate the collaborative behaviors observed. Machine learning techniques for learning from observation and learning by demonstration have proven successful at observing the behavior of humans or other software agents and creating a behavior function for a single agent. This technique described here known as COLTS combines current research in teamwork simulation and learning from observation to effectively train a multi-agent system capable of displaying effective team behavior in limited domains. The paper describes the background and the related work by others as well as a detailed description of the learning method. A prototype built to evaluate the developed approach as well as the extensive experimentation conducted is also described. The results indicate success in the selected experiments.</i></p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Referens	47
Författare	Braathen, S., Sendstad, O.J.
Ursprungsland	Norge
Titel	A hybrid fuzzy logic/constraint satisfaction problem approach to automatic decision making in simulation game models
Källa	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B 34(4):1786–1797
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/TSMCB.2004.828591">10.1109/TSMCB.2004.828591</a>
Sammanfattning (abstract)	<p><i>Possible techniques for representing automatic decision-making behavior approximating human experts in complex simulation model experiments are of interest. Here, fuzzy logic (FL) and constraint satisfaction problem (CSP) methods are applied in a hybrid design of automatic decision making in simulation game models. The decision processes of a military headquarters are used as a model for the FL/CSP decision agents choice of variables and rulebases. The hybrid decision agent design is applied in two different types of simulation games to test the general applicability of the design. The first application is a two-sided zero-sum sequential resource allocation game with imperfect information interpreted as an air campaign game. The second example is a network flow stochastic board game designed to capture important aspects of land manoeuvre operations. The proposed design is shown to perform well also in this complex game with a very large (billionsize) action set. Training of the automatic FL/CSP decision agents against selected performance measures is also shown and results are presented together with directions for future research.</i></p>

Referens	48
Författare	Kamrani, F., Luotsinen, L.J., Løvlid, R.A.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Learning objective agent behavior using a data-driven modeling approach
Källa	Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2175–2181.
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844561">10.1109/SMC.2016.7844561</a>
Sammanfattning (abstract)	<p><i>This paper presents a data-driven approach towards the modeling of agent behaviors in a full-fledged, commercial off-the-shelf simulation milieu for tactical military training. The modeling approach employs machine learning to identify behavioral rules and patterns in data. Potential advantages of this approach are that it may improve modeling efficiency and, perhaps more importantly, increase the realism of the training simulator. In this work, we present an architecture outlining the main components of the data-driven behavior modeling approach. Using a prototype that implements the approach, we conduct and present results from an experiment targeting the learning of cooperative military movement tactics. It is shown that the prototype is capable of identifying the rules of the tactics. Moreover, it is shown that the agents are able to generalize such that the learned behavior can be applied in a new setting different from the one observed in the training data.</i></p>

Referens	49
Författare	Gordon, A., van Lent, M., van Velsen, M., Carpenter, P., Jhala, A.
Ursprungsland	USA
Titel	Branching Storylines in Virtual Reality Environments for Leadership Development
Källa	Proceedings of the 16th conference on Innovative applications of artificial intelligence, pp. 844–851.
url	<a href="https://ocs.aaai.org/Papers/IAAI/2004/IAAI04-011.pdf">https://ocs.aaai.org/Papers/IAAI/2004/IAAI04-011.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>Simulation-based training is increasingly being used within the military to practice and develop the skills of successful soldiers. For the skills associated with successful military leadership, our inability to model human behavior to the necessary degree of fidelity in constructive simulations requires that new interactive designs be developed. The ICT Leaders project supports leadership development through the use of branching storylines realized within a virtual reality environment. Trainees assume a role in a fictional scenario, where the decisions that they make in this environment ultimately affect the success of a mission. All trainee decisions are made in the context of natural language conversations with virtual characters. The ICT Leaders project advances a new form of interactive training by incorporating a suite of Artificial Intelligence technologies, including control architectures, agents of mixed autonomy, and natural language processing algorithms.</i>

Referens	50
Författare	Bowman, M., Tecuci, G., Ceruti, M.G.
Ursprungsland	USA
Titel	Application of Disciple to decision making in complex and constrained environments
Källa	Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics
doi	<a href="https://doi.org/10.1109/ICSMC.2001.971956">10.1109/ICSMC.2001.971956</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>This paper describes Disciple, an Artificial Intelligence based decision aid which subject-matter experts can train and use when making decisions under stressful, complex, and constrained conditions. The tool was developed and used under the Defense Advanced Research Projects Agency's High Performance Knowledge Base and Rapid Knowledge Formation programs. Some domains in which the tool would be applicable are described, with particular emphasis on military battle planning. The paper concludes with a discussion of future trends in decision-support application tools.</i>

Referens	51
Författare	Paterson, R., Sandberg, B., Selfridge, P.
Ursprungsland	USA
Titel	MACE: driving the next generation C2 system from collaboration data
Källa	Proceedings SPIE Vol. 5820, Defense Transformation and Network-Centric Systems, pp. 179–186
doi	<a href="https://doi.org/10.1117/12.604006">10.1117/12.604006</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>Command Post of the Future (CPOF) is distributed, collaborative Command and Control (C2) system developed as part of a research and development program by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). It was introduced in Operation Iraqi Freedom in January, 2004 and has been in continual use since that time. Anecdotal evidence indicates that CPOF, in the field, has facilitated new ways of sharing information and collaborating. MACE is a follow-on project (not a DARPA program) that intends to (a) verify and quantify the kinds of information sharing and ad-hoc collaboration in CPOF; (b) investigate the potential role of machine learning and other "cognitive" technologies in further facilitating collaboration, problem-solving, situational awareness, strategic and tactical planning, and other aspects of command and war-fighting; and (c) develop a research plan to develop the next generation C2 system that learns to support the decision-makers and facilitates ad-hoc collaboration and information sharing.</i>



Referens	52
Författare	Masud, A.S.M, Metcalf, P., Hommertzheim, D.
Ursprungsland	USA
Titel	A knowledge-based model management system for aircraft survivability analysis
Källa	European Journal of Operational Research 84(1):47–59
doi	<a href="https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00317-6">10.1016/0377-2217(94)00317-6</a>
Sammanfattning (abstract)	<i>For the survivability analysis of a weapon system, an analyst has to consider and choose from a large number of available models the set of models that best fits the study requirements. This paper presents a knowledge-based approach for this Model Management System (MMS) problem. A hierarchical structure of the models is used in the MMS, where a lower level model's output must match the input requirements of a higher level model. The search procedure for the appropriate model set is driven by the user defined weapon analysis requirements. This type of search procedure ensures that the final output of the selected models would provide the required information to the user and the set of selected models would be properly matched. A prototype of the knowledge system has been developed using a commercially available PC-based shell.</i>

Referens	53
Författare	Schubert, J., Hörling, P.
Ursprungsland	Sverige
Titel	Explaining the impact of actions
Källa	Proceedings of the 15th International Conference on Information Fusion, pp. 354–360
url	<a href="https://www.foi.se/download/18.3bca00611589ae798783217/1480324858985/FOI-S--4081--SE.pdf">https://www.foi.se/download/18.3bca00611589ae798783217/1480324858985/FOI-S--4081--SE.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>In this application oriented paper we develop information fusion explanation functions for simulation-based decision support for evaluation of military plans in expeditionary operations. The explanation function is based on a sensitivity analysis on the impact of different actions upon the success of the plan where we systematically vary the alternatives of each action of the plan, one action at a time, keeping all the other actions unchanged in a series of simulations. This sensitivity analysis shows the relative level of importance of making the correct selection of alternative for each action. Using the explanation function, a decision maker can find the most important actions of a plan and focus his attention on actions where successful decision making is crucial to the success of the entire plan.</i>

Referens	54
Författare	van Lent, M., Fisher, W., Mancuso, M.
Ursprungsland	USA
Titel	An explainable artificial intelligence system for small-unit tactical behavior
Källa	Proceedings of the 16th conference on Innovative applications of artificial intelligence, pp. 900–907
url	<a href="https://www.aaii.org/Papers/IAAI/2004/IAAI04-019.pdf">https://www.aaii.org/Papers/IAAI/2004/IAAI04-019.pdf</a> (december 2017)
Sammanfattning (abstract)	<i>As the artificial intelligence (AI) systems in military simulations and computer games become more complex, their actions become increasingly difficult for users to understand. Expert systems for medical diagnosis have addressed this challenge though the addition of explanation generation systems that explain a system's internal processes. This paper describes the AI architecture and associated explanation capability used by Full Spectrum Command, a training system developed for the U.S. Army by commercial game developers and academic researchers.</i>

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00  
Fax: 08-55 50 31 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)