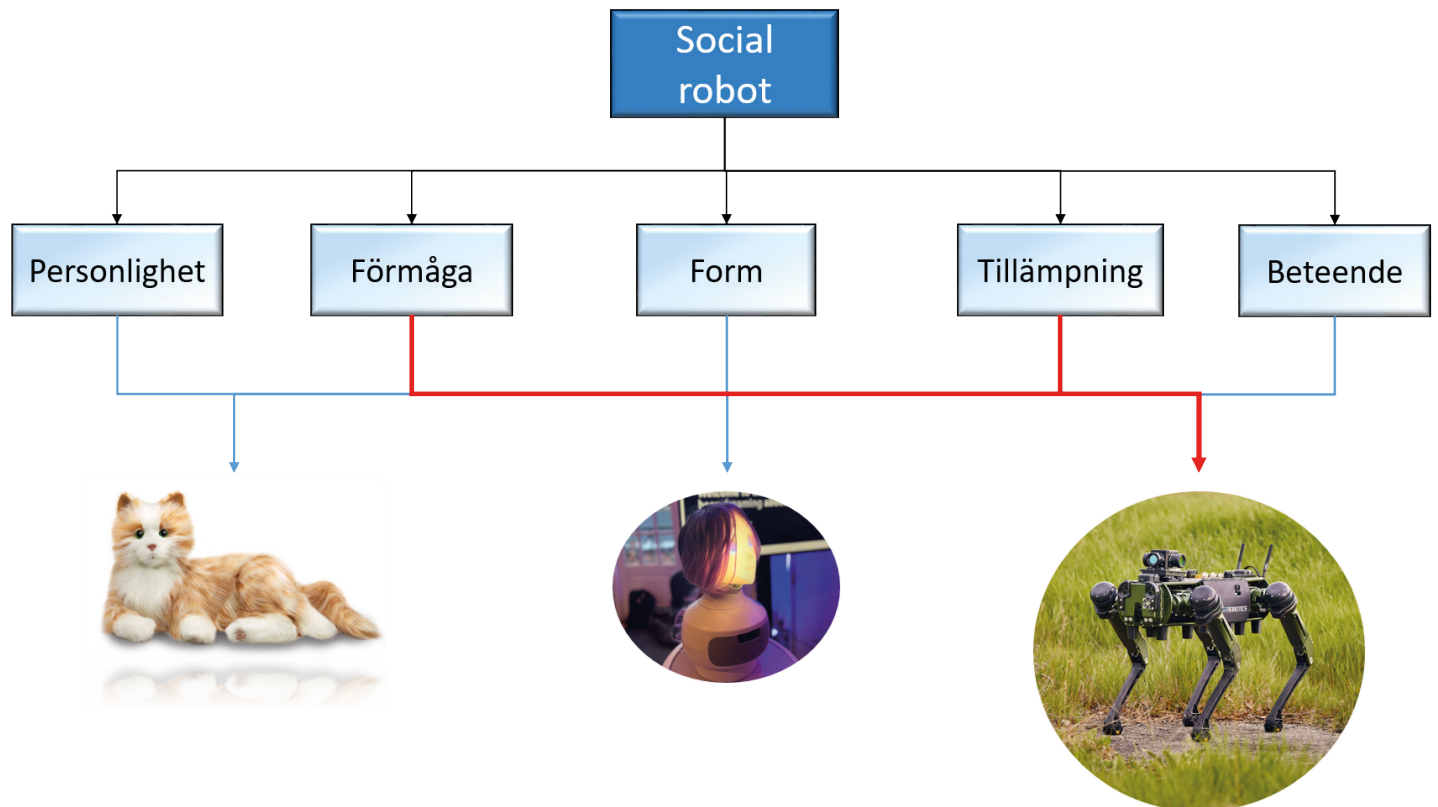


EVA DALBERG, CECILIA DURING, ZACKARIAS ALENLJUNG,
ULRIKA WICKENBERG BOLIN, MARTIN HAGSTRÖM,
NIKLAS HALLBERG, BJÖRN J E JOHANSSON, GÖRAN
KINDVALL, ANNA LINDBERG, ROGIER WOLTJER



Eva Dalberg, Cecilia During, Zackarias Alenljung,
Ulrika Wickenberg Bolin, Martin Hagström, Niklas
Hallberg, Björn J E Johansson, Göran Kindvall,
Anna Lindberg, Rogier Woltjer

Social robotik

En avskanning av forskningsfronten

Titel	Social robotik – En avskanning av forskningsfronten
Title	Social robotics – a Horizon Scanning
Rapportnr	FOI-R--5487--SE
Månad	November
Utgivningsår	2023
Antal sidor	71
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare	Försvarsmakten
Forskningsområde	Operationsanalys och strategisk planering
FoT-område	Program för forskningsskanning och teknisk prognos
Projektnr	E12325
Godkänd av/Approved by	Malek Finn Khan
Ansvarig avdelning	Försvarsanalys

Bild/Cover: Ageless Innovation/Zackarias Alenljung/Ghost Robotics (återgivna med tillstånd).
Kollaget är gjort av FOI.

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

Det bedrivs omfattande forskning och utveckling inom området social robotik. En social robot är en robot utformad för att interagera med människor på en social nivå. Sociala robotar har förmågan att kommunicera genom kontextuella ledtrådar, uppvisa ett inlärningsbeteende och härma vissa emotionella tillstånd. Praktiska tillämpningar återfinns inom flera delar av samhället. Inom den militära domänen är dock robotar med explicit social förmåga mindre vanliga.

Denna rapport beskriver en avskanningsstudie av området social robotik. Syftet är att ge underlag till inriktning av Försvarmaktens forskning och teknikutveckling (FoT). Studiens mål är att beskriva området och översiktligt analysera huruvida vissa områden av den civila forskningen kan nyttjas för att förstärka existerande eller skapa nya militära förmågor. Vidare har ambitionen varit att identifiera sådana forskningsfrågor som är specifika för den militära kontexten vilka den civila forskningen inte omhändertar.

Det finns redan idag god förståelse för den civila forskningen och utvecklingen inom vissa delar av pågående FoT. Det behöver säkerställas att denna förståelse vidmakthålls och utvecklas vidare, inte minst i form av samverkan med andra aktörer. Vidare bör det övervägas om det behövs nya inriktningar inom FoT för att bättre förstå de möjligheter som social robotik kan bidra med i en militär kontext, givet de särskilda förutsättningar och begränsningar som råder inom försvarssektorn.

Nyckelord: Social robotik, robotik, human robot interaction, human machine interaction, human-autonomy teaming, teaming, autonomi, robotar och autonoma system, antropo-morfism

Abstract

There is extensive ongoing research and development in the field of social robotics. A social robot is a robot designed to interact with humans on a social level. Social robots have the ability to communicate through contextual cues, display learning behaviour and mimic certain emotional states. There are practical applications in several parts of society. In the military domain, however, social robots are less common.

This report presents a horizon scanning study of social robotics. Its purpose is to serve as a basis for direction of the Swedish Armed Forces' research and technology development (R&D). The aim of the study is to describe the area and to analyse at a general level whether selected areas of civilian research can be used to strengthen existing or create new military capabilities. Furthermore, the ambition has been to identify research questions that are specific to the military context that civilian research does not address.

There is already an understanding of scientific research and development in some parts of the Swedish Armed Forces R&D portfolio. It needs to be ensured that this understanding is maintained and further developed, not least in the form of collaboration with other actors. Furthermore, consideration should be given to whether new approaches to R&D are needed to better understand the opportunities that social robotics can provide in a military context, given the specific conditions and limitations of the defence sector.

Keywords: Social robotics, robotics, human robot interaction, human machine interaction, human-autonomy teaming, robotic & autonomous systems, teaming, autonomy, anthropomorphism

Innehåll

Exekutiv sammanfattning	6
En kartläggning av social robotik	6
Forskningsfronten - särskilt intressanta områden.....	7
Diskussion om social robotik i en militär kontext	8
Slutsatser och rekommendationer	9
1 Inledning	11
1.1 Målsättning.....	11
1.2 Projektet Avskanning av forskningsfronten	11
1.3 Angränsande forskningsområden.....	12
1.4 Bakgrund till avskanningsstudien	13
1.5 Metod	14
1.6 Läsanvisning	18
2 Social robotik	19
2.1 Vad är en social robot?.....	19
2.2 En ontologi för social robotik	20
2.3 Perspektiv på social robotik.....	21
3 Forskningsfronten	29
3.1 Systemdesign	29
3.2 Human-autonomy teaming	32
3.3 Antropomorfism	33
3.4 Social robotik i militära tillämpningar	35
4 Diskussion om social robotik i en militär kontext	43
4.1 Sociala robotars beteenden och utseenden.....	43
4.2 Människans perspektiv – teaming och tillit.....	44
4.3 Ett systemperspektiv på sociala robotars funktionalitet	45
4.4 Effektivt införande av sociala robotar i komplex militär miljö.....	46
4.5 Helt nya förmågor och icke-konventionella användningar	47
4.6 Särskilda risker inom den militära domänen	48
4.7 Kommentar på användning av metoden	49
5 Slutsatser och rekommendationer	51
Referenser	53
Bilaga A – En ontologi för social robotik	59
Bilaga B - Inledande litteratursökningar inklusive AI-genererad klustring ...	67

Exekutiv sammanfattning

I dagens samhälle förekommer robotar¹ och andra former av autonoma system alltmer frekvent inom en rad sektorer och för ett flertal tillämpningar. Forskningen inom social robotik drivs i hög grad av civila intressen och såväl omfattningen som bredden är stor. Inom den militära domänen sker parallellt en stark utveckling inom autonoma och obemannade system. Begreppet social robotik är dock tämligen osynligt i den militära kontexten. Kopplingen till ett flertal andra forskningsområden och den snabba utveckling inom den civila domänen gör området intressant för översiktsstudier, som beskriver kunskapsläget inom området och diskuterar dess potentiella relevans för den militära domänen.

Rapporten beskriver en avskanning av forskningsfronten inom området social robotik. Syftet är att bidra till Försvarens inriktning av forskning och teknikutveckling (FoT), genom att översiktligt beskriva området social robotik och hur detta område kan bidra till utvecklingen av militära förmågor. Rapporten ska kunna användas som underlag vid inriktning av Försvarens FoT och för forskning inom Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).

Målet med studien är att (1) ge en beskrivning av området social robotik, (2) presentera en översiktlig analys avseende vilka delar av området som kan nyttjas för att stärka existerande, eller skapa helt nya, militära förmågor samt att (3) identifiera forskningsområden som är specifika för den militära kontexten och som inte omhändertas i den civila forskningen. I detta ingår att kartlägga civil utveckling som kan anpassas för militära ändamål. Studien har genomförts inom projektet Avskanning av forskningsfronten som ingår i Försvarens FoT-program.

Studien initierades under hösten 2022 med att definiera och planera studien. En arbetsgrupp formerades med deltagare från projektet Avskanning av forskningsfronten, som i början av 2023 förstärktes med utvalda experter från olika delar av FOI med relevant kompetens inom området för social robotik. Därefter startades själva skanningen och informationsinsamlingen. Arbetsgruppen har haft digitala möten och träffats för två workshoppar. Vid de senare diskuterades och analyserades materialet. Ett FOI-internt seminarium i den senare analyserande fasen gav möjlighet att få kollegial återkoppling från forskare som inte deltagit i studien. Medförfattarna till denna rapport utgjorde arbetsgruppen.

En kartläggning av social robotik

Det finns ingen entydig och allmänt accepterad definition av vad en social robot är. Vissa betraktar alla robotar som interagerar med människor som sociala robotar, medan andra har större krav på inkludering inom området social robotik, exempelvis på hur avancerad kommunikationen och interaktionen med människan måste vara. En syn på sociala robotar är att de är smarta maskiner som bidrar till effektivt lösande av uppgifter, där interaktionen med omgivningen underlättas genom det sociala beteendet. Ett annat synsätt är att en social robot är en autonom agent som kan kommunicera och interagera med människor socialt.

Ett sätt att beskriva området är via en ontologi, vilket syftar till att ge överblick och fördjupad kunskap om områdets karaktär och innehåll. En ontologi togs fram som ett hjälpmedel till avskanningen, baserad på det material som samlades in av arbetsgruppen samt de diskussioner som fördes vid arbetsmöten och workshoppar. Ontologin beskriver på ett systematiskt sätt egenskaper och förmågor som en social robot kan föras med för att kunna användas i olika tillämpningar. Ontologin som togs fram under studien återfinns som en bilaga till rapporten.

¹ I denna rapport avser vi med ”robot” en programmerbar maskin som kan utföra någon form av självständigt arbete.

Arbetsgruppen samlade in en stor mängd information via olika typer av kanaler. Detta material sammanställdes i översiktliga bilder över forskningsområdet social robotik. Initialt genomfördes också sökningar i vetenskapliga databaser, ett material som klustrades med hjälp av ett AI-baserat verktyg.

Materialet innehöll också information som ger en kontext till själva forskningen inom området. Dessa kontextuella perspektiv bidrar till vidgad förståelse för de drivkrafter som finns för utveckling inom området. Materialet åskådliggörs i översiktskartor och referenser finns samlade i tabeller.

Forskningsfronten - särskilt intressanta områden

Systemdesign

Social robotik är ett interdisciplinärt forskningsområde som förutsätter kunskap och kompetens från ett flertal kunskapsdiscipliner såsom robotik, artificiell intelligens, psykologi, neurovetenskap och antropologi. Utvecklingen av sociala robotar ställer krav på ett noggrant övervägande av ett flertal faktorer, särskilt med tanke på den ofta komplexa miljö i vilken de verkar. Konventionella designelement, inklusive riktad uppmärksamhet, känslouttryck och adaptiv inlärning, utgör grundläggande komponenter som är relevanta oavsett kontext. Sociala robotar kan anta olika former och uppfylla olika funktioner, och det är avgörande att de effektivt kan hantera naturliga mänskliga interaktioner samt förstå och svara på intuitiva mänskliga behov och preferenser. Följaktligen är det av yttersta vikt att, i utvecklingen av sociala robotar, noggrant beakta faktorer som den omgivande miljön, social kontext, målgruppen och användningsområdet.

Human-autonomy teaming

Human-autonomy teaming är ett forskningsområde som studerar samverkan mellan människa och autonoma system. Samverkan mellan människa och sociala robotar skapar förutsättning för nya och förbättrade förmågor, genom att exempelvis kombinera mänsklig intuition och beslutsfattande med de tekniska systemens beräknings- och analysförmåga. En av utmaningarna är att kunna nyttja sociala robotar som medlemmar i team istället för att enbart betrakta dessa som verktyg. Sociala robotars problemlösnings- och interaktiva förmåga skiljer sig från människors, vilket utgör en utmaning för att skapa väl fungerade team. På samma sätt som för rent mänskliga team förutsätts att det finns en gemensam bild av uppgiften och målet. Dessutom behövs en förståelse för sina och andra i teamets uppgifter. Om de tekniska teammedlemmarnas beteende inte motsvarar de mänskliga medlemmarnas förväntningar kan förtroendet för de sociala robotarnas förmåga försämrats. För att effektivt kunna komplettera och dra nytta av varandras förmågor är det viktigt att människor förstår de sociala robotarnas möjligheter och begränsningar.

Antropomorfism

Att beskriva såväl djurs som maskiners uppträdande eller funktioner i termer av mänskligt beteende, det som kallas att antropomorfisera, är inte något nytt fenomen, men blir centralt när människor och robotar börjar interagera. Fenomenet kan, trots dess naturlighet och praktiska fördelar, även ha negativa effekter. Tankar kan ledas fel vilket kan skapa felaktiga uppfattningar om systemens verkliga egenskaper eftersom en beskrivning som är baserad på mänskliga egenskaper inte är giltig i alla avseenden och lätt kan extrapoleras utanför dess tekniska räckvidd. Det finns en risk att människor fattar känslomässiga beslut, vilket kan ha särskilt förödande konsekvenser i militära tillämpningar. Som ett exempel kan ett team sätta den egna gruppens robots säkerhet framför säkerheten hos människor i andra grupper. Hur människor relaterar till robotar kan påverka beteendet även mot andra människor. Sociala robotar kan också användas för planerad eller omedveten påverkan av operatörer och beslutsfattare, vilket är möjligt genom att förstärka eller förminska attribut som påverkar antropomorfismen hos beslutsfattare och operatörer.

Social robotik för militära tillämpningar – några exempel

Begreppet social robotik används sällan eller aldrig explicit i militär forskning eller vid beskrivning av robotik i ett militärt sammanhang. Däremot finns exempel på militär forskning, inte minst inom robotik och autonoma system, som både berör och omhändertar frågeställningar som ingår i området social robotik. I rapporten ges exempel på förmågor i vilka social interaktion mellan människa och robot är en möjlighet (se Avsnitt 3.4). Ett antal exempel på sådana militära robotar ges också. Utgående från beskrivningar som återfinns i det insamlade materialet är bedömningen att det finns kategorier av sociala robotar som kan användas för militära uppgifter. En sådan kategori är sociala robotar inom exempelvis vård, utbildning och omhändertagande, där liknande militära tillämpningar finns. En annan kategori är robotar, såväl civila som militära, som löser uppgifter på ett mindre riskfullt sätt i svåra miljöer, där interaktion med människor krävs. Vi kan vidare konstatera att det i flera fall där militära robotar används som ett medel för att förhöja effekten av militär förmåga (eng. *Force Multiplier*), sker interaktion mellan robot och människor, varför robotens uppträdande och beteende gentemot människor blir en faktor. Slutligen ser vi exempel på möjligheter till helt nytt uppträdande, i form av ny eller förändrad förmåga och taktik genom att nyttja social robotik i militära tillämpningar, såsom ormrobotar som kan navigera autonomt i trånga utrymmen.

Diskussion om social robotik i en militär kontext

För att förstå vad social robotik i en militär kontext kan innebära är det nödvändigt att parallellt förstå den tekniska utvecklingen och dess möjligheter samtidigt som etiska och legala aspekter beaktas. Utan insikt i den tekniska forskningen och utvecklingen kommer vi inte att förstå när och hur vi ska använda aspekter av social robotik för försvarstillämpningar. Om det saknas ett etiskt och legalt perspektiv kommer vi dock varken förstå var gränserna för tillämpningarna går, eller kunna bidra till diskussionen om vilka krav på mänsklig kontroll eller möjlighet till ingripande som behöver säkerställas.

Eftersom den militära domänen karakteriseras av utövande av kontroll, aggression och våldsutövning får den sociala interaktionen mellan människor och robotar en annan betydelse än i andra sammanhang. I sådana tillämpningar blir robotens beteende och utseende särskilt viktiga. Utseendet kan exempelvis användas för att förvirra eller vilseleda. Det kan även användas för att ge en känsla av tillit och trygghet.

För att borga för varaktigt god samverkan mellan människa och robot är det i många tillämpningar centralt att människan känner tillit till roboten och förtroende för dess beteende. Förtroendet kan även gälla tilltron till att roboten kan lösa sina uppgifter på ett bra sätt och att den anpassar sitt beteende efter situation och mottagare.

Samtidigt som övergripande helhetslösningar behövs för införandet av sociala robotar, är också detaljer av vikt. De kan vara utformade såväl för att utföra en specifik uppgift i en särskild miljö, som för att lösa en bred portfölj av olika uppgifter i komplexa miljöer. Miljön spänner från vardaglig fredstida användning till väpnad strid i krig. I avgörandet när det är motiverat att införa en social komponent i militära robotar återfinns också frågor som rör lagar, regler och etiska överväganden. Detta vid sidan av praktiska frågor såsom hur de ska integreras i organisationen och vilken infrastruktur de kräver.

Utifrån såväl ett förmåge- som forskningsperspektiv är det också viktigt att inte låsa sig vid redan existerande tillämpningar, utan att även titta utanför boxen av redan befintliga tillämpningar där sociala aspekter är centrala. Genom att aktivt söka efter nya perspektiv kan mindre konventionella lösningar på kända behov uppträda eller helt nya förmågor tillföras. Detta innebär att se bortom de traditionella rollerna för robotar och autonoma system.

Slutsatser och rekommendationer

Det finns överlapp mellan forskning inom social robotik och med pågående verksamheter inom Försvarmaktens forsknings- och teknikutvecklingsprogram, särskilt vad gäller FoT-området Ledning och MSI och temaområdet Autonomi. Den civila forskningen och utvecklingen bör fortsatt följas och samverka med civila forskningsaktörer övervägas. De områden vi särskilt pekat ut som relevanta för Försvarmakten i sammanhanget är:

- Systemdesign
- Human-autonomy teaming
- Antropomorfism

Vidare är det intressant att fortsatt undersöka:

- Användning av sociala robotar i en militär kontext som liknar den som sker civilt, till exempel inom vård, utbildning och omhändertagande
- Användning av såväl civila som militära robotar för att lösa uppgifter på ett mindre riskfullt sätt i svåra miljöer
- Användning av militära robotar för att stärka befintlig förmåga eller nå bättre förmåga (eng. *Force Multiplier*), ett område där den sociala interaktionen idag är implicit
- Möjligheten att använda sociala robotar för helt nytt uppträdande

För att ha ett bra beslutsunderlag om framtida användningar av social robotik i en militär kontext finns därtill ett antal frågeställningar där ny forskning krävs. Det gäller:

- Sociala robotars beteende och utseende
- Människans perspektiv vad gäller teaming och tillit i relation till sociala robotar
- Ett systemperspektiv på sociala robotars funktionalitet
- Effektivt införande av sociala robotar i den komplexa militära miljön
- Helt nya förmågor och icke-konventionella användningar
- Särskilda risker med sociala robotar inom den militära domänen

Slutligen finns skäl att särskilt se över vilka nya sårbarheter ett införande av sociala robotar i en militär kontext kan medföra.

Förutom att söka samverka med den civila forskningen och utvecklingen kan det finnas skäl att samverka mellan försvarsmyndigheterna vad gäller nationella förutsättningar, organisation, doktrin och anskaffning. Det kan även finnas anledningar att samverka internationellt beträffande militära tillämpningar, interoperabilitet, teknologiutveckling och generella mänskliga aspekter med betydelse för den militära domänen.

De åtgärder vi föreslår i denna rapport bedömer vi vara nödvändiga för att:

- Förstå teknikens möjligheter för att kunna nyttja dem och därmed skapa egna fördelar
- Proaktivt hantera risker med en uppdaterad motståndare, exempelvis genom att utveckla egna motmedel
- Hantera risker förknippade med att tillämpa teknik vi inte fullständigt behärskar
- Inte hamna efter i utvecklingen gentemot internationella partners och eventuella framtida allierade

1 Inledning

Robotar² och autonoma system blir allt vanligare i vårt samhälle och allt fler kommer att komma i kontakt med dessa såväl i arbetslivet som privat. Inom forskning och utveckling avseende social robotik görs ständigt nya framsteg och det finns idag praktiska tillämpningar för sociala robotar inom exempelvis vård och omsorg. Den parallella utvecklingen inom artificiell intelligens (AI) bidrar dessutom till att öka möjligheterna till mer avancerad interaktion mellan människor och robotar. Däremot är robotar med sociala egenskaper relativt ovanliga inom den militära domänen. Det finns vidare ingen allmänt accepterad definition av vad som utgör en social robot. Ämnets vaga avgränsning, kopplingen till ett flertal andra forskningsområden och den snabba utveckling inom den civila domänen gör området intressant för översiktsstudier, som beskriver kunskapsläget inom området.

Denna rapport beskriver genomförandet av och resultat från en avskannande studie av området social robotik. Syftet med studien är att bidra till Försvarets inriktning av forskning och teknikutveckling (FoT) genom att bidra med kunskap om området social robotik och hur detta område kan bidra till utvecklingen av militära förmågor. Denna kunskap ska kunna nyttjas för att fatta beslut om förstärkning av befintliga inriktningar inom Försvarets FoT. Dessutom ges rekommendationer för ny forskning inom Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), vilket specifikt pekar på vad som är särskilt relevant för framtida militära tillämpningar inom social robotik.

1.1 Målsättning

Målsättningen med studien är att (1) ge en beskrivning av området social robotik, (2) presentera en översiktlig analys avseende vilka delar av området som kan nyttjas för att stärka existerande, eller skapa helt nya, militära förmågor samt att (3) identifiera forskningsområden som är specifika för den militära kontexten och som inte omhändertas i den civila forskningen. I detta ingår att kartlägga civil utveckling som kan anpassas för militära ändamål. Studien har genomförts inom projektet Avskanning av forskningsfronten som ingår i Försvarets FoT-program.

1.2 Projektet Avskanning av forskningsfronten

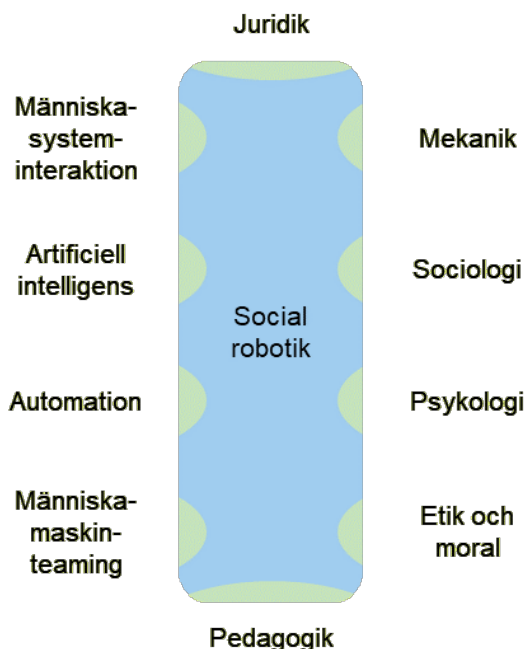
Programmet för Forskningsskanning och teknisk prognos är en del av Försvarets samlingsbeställning av FoT. Programmet innefattar beställningar till Försvarets materielverk (FMV), Förvarshögskolan (FHS) och FOI. FOI:s huvudsakliga uppdrag i detta program är att brett fånga upp forskning med potentiell relevans för Försvarets förmåga i ett långsiktigt perspektiv. FOI:s uppdrag genomförs huvudsakligen inom projektet Avskanning av forskningsfronten 2023 (Försvarets beställning AT.9221605 Avskanning FOI 23). Projektet omfattar genomförande av avskanningar, metod- och verktygsutveckling, samt internationell och nationell samverkan. Det senare innefattar stöd till övriga myndigheter inom programmet med teknisk och naturvetenskaplig expertis inom deras arbete med teknisk prognos (FMV) och värdering av den potentiella framtida nyttan av olika teknologier (FHS). Verksamheten inriktas årligen³.

² I denna rapport avser vi med ”robot” en programmerbar maskin som kan utföra någon form av självständigt arbete.

³ För en överblick av projektets verksamhet se rapportering över 2022 års verksamhet, Dalberg, E., During, C., Karlsson, L.H., Kindvall, G., Lindberg, A., Schubert, J., Wickenberg Bolin, U., (2022). Avskanning av forskningsfronten 2022, FOI Memo 8044.

1.3 Angränsande forskningsområden

Det finns ett antal forskningsområden som angränsar till och delvis överlappar med social robotik. Några av dessa beskrivs nedan och illustreras översiktligt i Figur 1.



Figur 1: Social robotik och några delvis överlappande forskningsområden.

Inom området *Människa-system-interaktion (MSI)* studeras hur teknik behöver anpassas efter människors förutsättningar, hur människor kan stärkas för att bättre kunna nyttja teknik samt hur interaktionen mellan människor och teknik ska utformas. I det senare ingår utformning av gränssnitt mellan människor och maskiner som baseras på exempelvis tangenter, styrdon, skärm, röst och gester. Det finns ett flertal områden som kan ses ingå i MSI, såsom *ergonomi*, *cybernetik*, *människa-maskininteraktion* och *människa-datorinteraktion*. Inom social robotik handlar detta om att skapa en väl fungerande interaktion mellan människor och robotar så att dessa kan samexistera.

Inom området *Artificiell intelligens (AI)* studeras hur intelligens kan skapas på konstgjord väg. Det vill säga algoritmer och modeller för hur datorer programmeras så att de kan lära och påvisa någon form av intelligenta egenskaper och beteenden. För social robotik ger framsteg inom AI förutsättningar och möjligheter att skapa och återskapa komplexa beteenden, vilka inte kan åstadkommas med en regelbaserad programutveckling. Dessa beteenden innefattar analytiska förmågor, allt från verbal och ickeverbal kommunikation till att få robotar att röra sig på motsvarande sätt som människor respektive djur.

Inom området *Automation* studeras hur maskiner kan genomföra uppgifter utan direkt mänsklig styrning. Detta omfattar allt från att öppna och stänga dörrar till att utföra komplexa uppgifter. För området social robotik handlar det om att skapa robotar som kan agera självständigt baserat på händelser i omgivningen.

Inom området *Människa-maskin teaming* studeras hur människor och maskiner kan genomföra och lösa uppgifter tillsammans genom att bidra i olika moment av genomförandet. Inom området social robotik inbegriper detta att säkerställa att sociala robotar kan ingå i team. Dessa team kan komma att lösa uppgifter bättre än helt mänskligt baserade team och till och med klara av uppgifter som enbart mänskligt baserade team inte kan lösa alls.

Inom området *Mekanik* studeras objekts beteenden när de utsätts för krafter och förflyttningar. Inom området social robotik innefattar detta att skapa en förmåga för robotar

att röra sig och fysiskt kunna agera med sin omgivning, vilket inkluderar att efterlikna människors och djurs mekanik.

Inom området *Sociologi* studeras bland annat sociala relationer, sociala strukturer och socialt samspel. För området social robotik handlar detta om att skapa robotar som kan ingå i sociala relationer, strukturer och samspel.

Inom området *Psykologi* studeras bland annat medvetandet och mänskliga beteenden. I detta ingår perception, kognition, uppmärksamhet och personlighet. För området social robotik innefattar detta att återskapa mänskligt beteende hos robotar och att få robotar att tolka människors känslor, handlingar och intentioner för att kunna erbjuda välfungerande interaktion och samverkan mellan människor och robotar.

Inom området *Etik och moral* studeras normer om vad som är rätt och fel när det gäller mänskliga handlingar samt ageranden som medför att dessa normer följs respektive bryts. Inom området social robotik handlar det om att studera hur nuvarande synsätt avseende etik och moral måste anpassas för att passa sociala robotar. Det handlar även om att skapa robotar som efterlever fastställda normer samt utveckling av människors normer gentemot robotar.

Inom området *Juridik* studeras tolkning och tillämpning av lagtexter, förordningar, avtal och vägledande beslut. Inom området social robotik handlar detta om att studera hur utformningen av lagar, avtal och regler och dess tolkningar kan behöva utvecklas för att hantera användningen av sociala robotar. Det innefattar även studier avseende hur sociala robotar behöver utformas för att följa dessa lagar, avtal och regler.

Inom området *Pedagogik* studeras processer för att påverka beteenden genom fostran, utbildning, träning, lärande och undervisning. Inom området social robotik handlar detta om att studera tillvägagångssätt för hur sociala robotar ska erbjuda ett önskat beteende, vilket kan utvecklas över tid.

1.4 Bakgrund till avskanningsstudien

Ursprunget till idén att genomföra en avskanning av forskningsfronten inom social robotik kom sig av ett arbete inom projektet Strategisk omvärldsbevakning vilket är en del av FOI:s anslag från Forsvarsdepartementet för egeninitierad forskning. I det arbetet bidrog några utvalda forskningsområdesföreträdare och forskningskoordinatorer vid FOI med idéer och uppdrag till förnyelse av FOI:s pågående forskning⁴. I förslaget konstaterades bl.a. områdets tvärvetenskapliga karaktär och att området börjat bli allt mer aktuellt vid flera svenska lärosäten. Vidare bedömdes social robotik vara närliggande, men ändå särskiljande, från det inom försvarsområdet mycket snabbt växande autonomiområdet.

Denna idé togs därefter med i den urvalsprocess för att välja ut nya avskanningsämnen som projektet Avskanning av forskningsfronten genomförde under våren 2022⁵. I den processen värderades ett större antal förslag på ämnen baserat på hur relevanta dessa bedömdes vara för försvars- och säkerhetsområdet, om området sågs som nydanade eller ej samt hur angeläget det vore att genomföra en avskanning av ämnet här och nu (snarare än någon gång i framtiden). I denna process, där social robotik värderades särskilt högt vad gällde relevans och nyhetsvärde, tillsammans med ett medelhögt värde avseende angelägenhetsgraden, valdes social robotik ut tillsammans med ämnet hydroorganogeler⁶.

Planering av avskanningen initierades under hösten 2022. Det konkreta arbetet startades i början av 2023.

⁴ Arbetet finns dokumenterat i Samuelsson, S., Dalberg, E., Kindvall, G., Lindberg, A., Schubert, J., (2021). Idéer om källor till förnyelse av FOI:s forskning, FOI-D--1089--SE.

⁵ Dalberg, E., During, C., Kindvall, G., Lindberg, A. (2022). Urval av avskanningsämnen 2022 – beskrivning av metod och resultat, FOI Memo 7868.

⁶ Det arbetet finns rapporterat i Andersson, P.O., Dalberg, E., During, C., Hemström, P., Karlsson, L.H. & Lopes, C. (2022). Hydroorganogeler – En avskanning av forskningsfronten. FOI-R--5341--SE.

1.5 Metod

Genomförandet av avskanningen inom social robotik har följt den generella avskanningsprocess i fyra steg som projektet Avskanning av forskningsfronten definierat (Lindberg et al., 2021):

Steg 1) Definitionsfas

Steg 2) Explorativ skanningsfas

Steg 3) Analysfas

Steg 4) Kommunikativ fas

Nedan beskrivs vilka aktiviteter som genomförts i avskanningsstudien i ovan nämnda respektive steg. Figur 2 visar schematiskt de viktigaste delarna. Vi återkommer till figuren i metodbeskrivningarna nedan för respektive steg och samtliga ingående bilder återfinns i sin helhet i rapporten. Avsikten med figuren är att ge en överblick över olika delar av studien, inte att de olika delarna ska vara läsbara i denna version.

Den övre raden visar den informationssökning som genomförts (huvudsakligen i tre separata faser, illustrerat i de tre blå boxarna). Raden under visar till vänster två figurer som illustrerar två delresultat som användes inledningsvis i arbetet. Figuren längst till vänster (återfinns i Bilaga B) är resultatet av den allra första fasen av informationssökningen, vilket tillsammans med resultatet från den andra fasen av densamma utgör grunden för intilliggande figur med gröna och blå fält, som är en initial översigtskarta av området social robotik (figuren återfinns i avsnitt 1.5.2). Den översigtskartan användes i sin tur som underlag för att prioritera ett mindre antal områden för viss fördjupning (den övre blå pilen på rad två), områden vilka illustreras med bilderna till höger på andra raden (dessa bilder återfinns alla i Kapitel 3). Översigtskartan användes även som grund för en diskussion om social robotik i en militär kontext (den undre blå pilen).

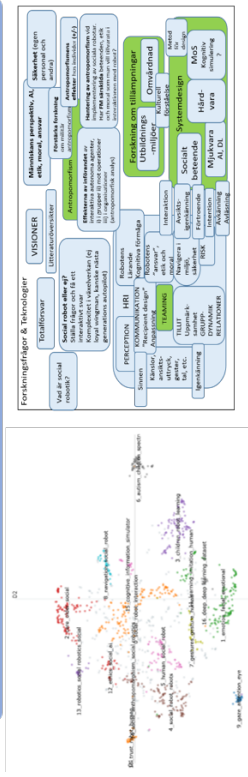
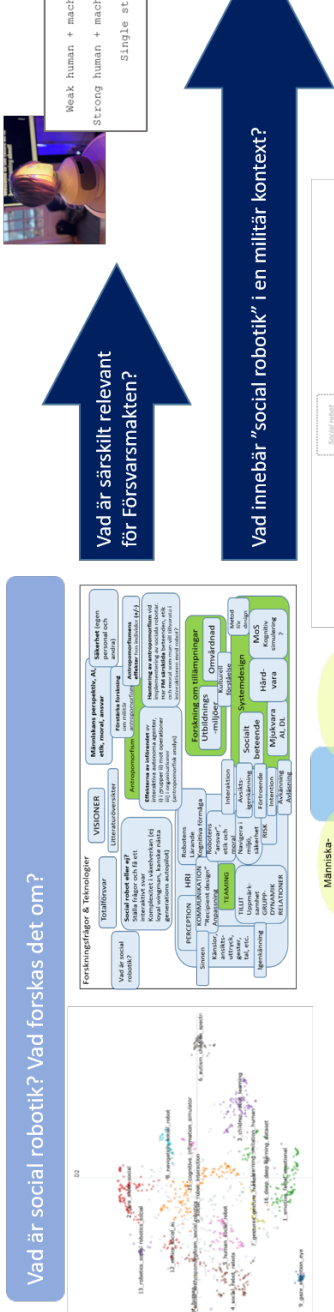
De två blå pilarna pekar mot de viktigaste rekommendationerna som vi ger allra sist i denna rapport. På raden under (tredje raden) återges två i efterhand utvecklade bilder av forskningsområdet social robotik, dels den översiktliga figuren till vänster som illustrerar överlapp med angränsande forskningsområden (se avsnitt 1.3), dels en ontologi för social robotik illustrerad av figuren till höger (ontologin återges i sin helhet i Bilaga A och beskrivs kortfattat i avsnitt 2.2).

Slutligen återges längst ner ett antal figurer främst använda för att stödja avskanningsstudiens interna arbete med en kontext till området (se avsnitt 2.3). Figurerna på de nedre raderna är i huvudsak återgivna i rapporten eftersom de varit viktiga underlag för arbetet, men även för att de kan användas som underlag för framtida fördjupningar inom social robotik om sådana initieras.

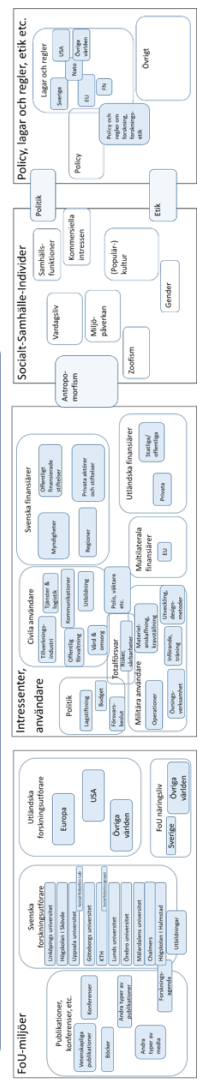
Litteratursökning
Web-of-Science,
Semantic Scholar

Individuell informationssökning
(10x2 timmar)

Kompletterande informationssökning



Kontext – vem forskar om social robotik, vem har intresse av forskningen, hur påverkas samhället, etc.?



Figur 2: Översikt av arbetet med avskanningsstudien för orientering om hur olika delar förhåller sig till varandra. Hur arbetet bedrivits i de olika stegen av avskanningen beskrivs i metodbeskrivningarna i avsnitt 1.5.1 - 1.5.4 nedan.

1.5.1 Steg 1 Definitionsfas

Definitionsfasen omfattade inriktning och planering. I denna fas formulerade en mindre grupp inom projektet initiala idéer kring syfte och målsättning med avskanningen och resurser planerades. Inledande sökningar av vetenskaplig litteratur genomfördes för att skapa en initial bild av forskningsområdet, se överst till vänster i Figur 2. För att skapa en initial bild av forskningsområdet genomfördes sökningar efter vetenskapliga publikationer vilka därefter klustrades med hjälp av en AI-baserad metod i syfte att öka vår förståelse för inom vilka områden tillämpningar av social robotik finns. Denna initiala sökning inom området, som utgör ett ingångsvärde till avskanningsstudien, finns beskriven i Bilaga B.

Parallellt genomfördes sonderingar med några utvalda experter inom FOI, i syfte att identifiera individer som skulle kunna bidra till arbetet. En arbetsgrupp formerades bestående av fem personer särskilt inkallade för just denna avskanning (experter) samt fem personer som deltar i Avskanningsprojektets arbete mer långsiktigt. Dessa tio personer utgjorde arbetsgruppen under studien, och samtliga är medförfattare till denna rapport.

Deltagarna har varierande bakgrund och erfarenhet inom social robotik och närliggande områden såsom exempelvis robotik, autonomi, AI och beteendevetenskap samt tidigare erfarenhet från avskanningsarbete. Alla har någon expertis som har varit värdefull för arbetet. Det är dock viktigt att ha i åtanke att social robotik är utvalt som avskanningsämne bl.a. på grund av att FOI inte har någon mer omfattande pågående verksamhet inom området. Därmed får ordet ”expert” i denna rapport en något annorlunda betydelse än i många andra fall där experter inom FOI åberopas. Två personer i arbetsgruppen har hållit samman processen och har lagt ned en stor andel av den totala arbetstiden inom ramen för den här studien. Några av de övriga har även de lagt relativt mycket tid på arbetet, medan andra haft, och beretts, betydligt mindre möjlighet att delta.

1.5.2 Steg 2 Explorativ fas

I den explorativa skanningsfasen uppmanades samtliga medverkande i arbetsgruppen inledningsvis att under en begränsad tidsrymd⁷ söka efter information inom området i fritt valda kanaler. Denna informationssökning återfinns som fas 2 av informationssökningen överst i Figur 2 ovan. Den information som samlades in i denna fas omfattade dels vetenskapliga publikationer och andra skriftliga dokument, dels annan typ av information, såsom bloggar, podcasts och filmer. Det fanns ett särskilt intresse att kartlägga svenska forskningsmiljöer varför dessa är, relativt sett, överrepresenterade i materialet. För att kartlägga kontexten för forskning inom social robotik noterades även annan information, såsom finansiärer samt eventuella samarbeten med slutanvändare. Intressanta träffar samlades i enskilda excelark med syftet att säkerställa spårbarhet. I praktiken betyder det att ”särskilt intressanta” träffar dokumenterades.

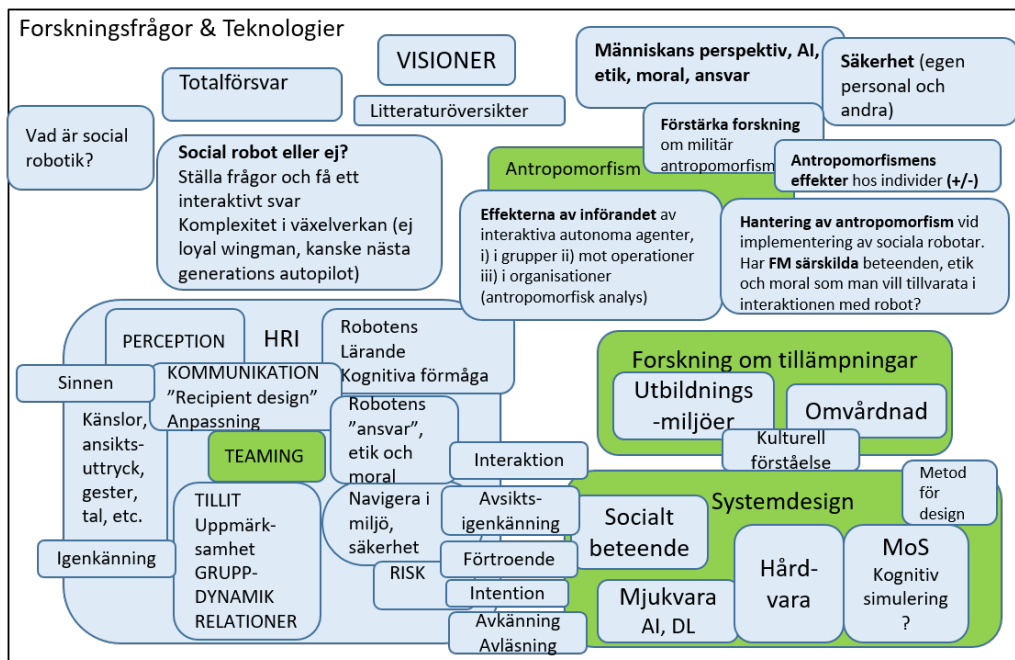
Deltagarna presenterade de resultat de bedömde vara mest intressanta från insamlingen för varandra under en första heldagsworkshop. Träffarna placerades efter hand in på tematiska översiktskartor på väggarna i rummet och diskuterades.

Materialet analyserades efter workshopen av de metodansvariga i arbetsgruppen. Träffarna placerades in på en karta med referenser till grundmaterialet. Även information från den inledande sökningen av vetenskaplig litteratur, se Bilaga B, lades till detta material. Innehållet och rubrikernas placering i förhållande till varandra reviderades vid möten med hela arbetsgruppen och efter hand av metodansvariga inom gruppen. Materialet kompletterades löpande och den explorativa skannande fasen övergick därmed successivt i en mer analyserande fas. I Figur 3 åskådliggörs översiktskartan för forskning och teknikutveckling.

⁷ Uppmaningen var att (minst) använda 2 timmar till det arbetet.

Översiktsskator över andra perspektiv togs också fram, kompletterade med tabeller med referenser, se avsnitt 2.3.

Syftet var att ge viss förståelse för drivkrafterna för forskningen och utvecklingen generellt. Genom att dokumentera referenser i tabeller ges dessutom förutsättningar att fånga upp ytterligare spår att utforska.



Figur 3: Översiktlig kartläggning av forskningsfrågor och teknologier som återfinns i det material som samlats in under informationsinsamlingen av såväl vetenskaplig litteratur som andra källor. För områden som bedömts vara av särskilt intresse för Försvarmakten, här grönmarkerade, har viss fördjupning gjorts, se Kapitel 3.

Resultatet från den explorativa fasen i form av de slutliga versionerna av övriga tematiska översiktsskator presenteras i kapitel 2.

1.5.3 Steg 3 Analysfas

Vid en andra heldagsworkshop gjordes ytterligare kompletteringar av det samlade materialet, bl.a. med de viktigaste insikterna om områdena som deltagarna erhållit under arbetets gång. Under denna workshop presenterades även ett första utkast av en ontologi över området social robotik. Denna ontologi har sedan vidareutvecklats och presenteras översiktligt i kapitel 2 och i sin helhet i Bilaga A. Syftet med ontologin har varit att skapa en förståelse för området social robotik som stöd för den fortsatta diskussionen i denna rapport och inte att ge en uttömmande definition av området. En komplett ontologi för området skulle kräva att samtliga ingående begrepp och dess relationer redogörs för. Ontologin innebär inte heller något ställningstagande kring vad som är att betrakta som en social robot respektive vad som inte är det.

Utgående från det sammanställda materialet diskuterades bl.a. vilka aspekter som kan vara mest relevanta för vår uppdragsgivare Försvarmakten och vad i den civila forskningen och utvecklingen som är av särskilt intresse. En prioritering gjordes på individuell nivå varefter utfallet sammanställdes och diskuterades på gruppnivå. Därefter genomförde vi ytterligare informationssökning på de områden vi gemensamt bedömde vara av särskilt intresse, vilket utgör den tredje fasen av informationssökningen (se Figur 2). Resultat från denna fördjupning presenteras i kapitel 3.

Diskussionerna ledde till ett antal insikter rörande vad som särskiljer social robotik i en militär kontext. Dessa insikter bygger inte nödvändigtvis på referenser i det insamlade materialet, utan är snarare en följd av diskussioner inom arbetsgruppen, presenteras i kapitel 4.

1.5.4 Steg 4 Kommunikativ fas

Efter den analyserande fasen koncentrerades arbetet på rapportering och kommunikation för att sprida resultaten. Ett FOI-internt seminarium med fokus på de utvalda områdena genomfördes, vilket fokuserade arbetet och gav möjlighet till återkoppling från ett bredare spektrum av expertis inom FOI. Dessutom genomfördes ett externt seminarium i syfte att presentera våra rekommendationer för att säkerställa fortsatt bevakning av området och möjlighet till ny forskning inom särskilt utpekade områden.

1.6 Läsanvisning

Kapitel 1 presenterar mål och syfte med denna avskannande studie. Det vetenskapliga området social robotik introduceras och studiens metodik sammanfattas.

Kapitel 2 beskriver några olika definitioner av vad en social robot är. Kapitlet beskriver den ontologi för social robotik som tagits fram som en del av arbetet med avskanningen. Därtill ges ett antal kontextuella perspektiv på området. Kapitlet utgör det samlade resultatet av själva avskanningen i dess inledande, explorativa fas (steg 2).

Kapitel 3 beskriver forskningsfronten för fyra utvalda områden inom social robotik: systemdesign, human-autonomy teaming, antropomorfism och militära tillämpningar av social robotik. Dessa områden bedömdes vara särskilt relevanta för Försvarmakten, varför de var föremål för en något fördjupad avskanning eller informationssökning. Kapitlet redovisar därmed delresultat från den analyserande fasen i steg 3 av avskanningen.

Kapitel 4 diskuterar resultat från avskanningen kopplat till social robotik i en militär kontext. Avsikten är att fånga de viktigaste insikterna om vad som särskiljer tillämpningen av social robotik för militära ändamål gentemot civila tillämpningar samt att identifiera områden som skulle behöva studeras djupare. Resonemangen är sprungna ur en korskoppling mellan den vetenskapliga litteraturen och annan information som samlats in under avskanningen och sedan tidigare existerande forskningskompetens och erfarenhet av den militära domänen som finns inom arbetsgruppen. I kapitlet presenteras därmed resterande resultat från den analyserande fasen (steg 3) av avskanningen.

Slutligen presenteras våra slutsatser och rekommendationer i kapitel 5.

2 Social robotik

Detta kapitel beskriver vad som omfattas av området social robotik. Detta genom att beskriva olika definitioner av vad en social robot är, beskriva en ontologi för social robotik samt ge ett antal perspektiv på området. Materialet utgör det samlade resultatet av själva avskanningen i dess inledande, explorativa fas.

2.1 Vad är en social robot?

Det finns flera sätt att beskriva vad en social robot är. En mer innefattande beskrivning är att alla former av robotar som interagerar med en människa kan beskrivas som sociala robotar (Sheridan, 2020). Men ett mer konservativt perspektiv beskriver en social robot som en fysisk, förkroppsligad, autonom agent⁸ som kan kommunicera och interagera med människor på en social nivå (Darling, 2016). Skillnaden mellan en social och en vanlig robot är att den sociala roboten redan från början är skapad för att vara social (Sheridan, 2020). Sociala robotar kan kommunicera genom kontextuella ledtrådar, uppvisa ett inlärningsbeteende och även härma vissa emotionella tillstånd. I många fall har den sociala roboten få eller flera mänskliga karaktärsdrag, som till exempel ögon och huvud (Figur 4). Genom att huvudet riktas och ögonkontakt etableras kan en social robot få effektfulla interaktioner. På detta vis kan roboten följa sociala beteendemönster som vi människor är vana vid. Detta förstärker den emotionella relationen till den autonoma agenten vilket möjliggör mer sömlösa interaktioner.



Figur 4: Ett exempel på en social robot som getts ett fysiskt uttryck. Bilden visar roboten Furhat⁹, som kan enkelt förses med olika "huvuden". Foto: Zackarias Alenljung.

En robot kan även upplevas som social fast den egentligen inte är primärt utformad för att vara det. Människan är benägen att projicera mänskliga egenskaper på andra entiteter, som exempelvis djur, ett beteende som även kan appliceras på sociala robotar. Att mänskliga egenskaper tillskrivs autonoma agenter i denna form har dokumenterats både civilt och militärt. I fall som robotdammsugare som befinner sig i ett hem har det noterats att folk tillskriver dessa robotar namn och känslor såsom att roboten är glad eller att den är tjurig (Sung et al., 2007). I det militära sammanhanget har det noterats att människor som arbetar tillsammans med en robot under en längre period under stressiga förhållanden kan knyta starka band till roboten (Cappuccio et al., 2022). Det har även observerats (Cappuccio et al., 2022) fall där personer har utsatt sig själva för risk istället för att låta roboten gå förlorad. Den sociala kontexten kan därmed spela en viktig roll i vad som kan räknas in som en social robot.

⁸ En autonom agent kan beskrivas som ett system som känner av den miljö den befinner sig i och agerar i denna miljö på ett proaktivt sätt för att uppfylla ett syfte eller agenda (Franklin & Graesser, 1996).

⁹ Furhat är en social robot framtagen av företaget Furhat Robotics.

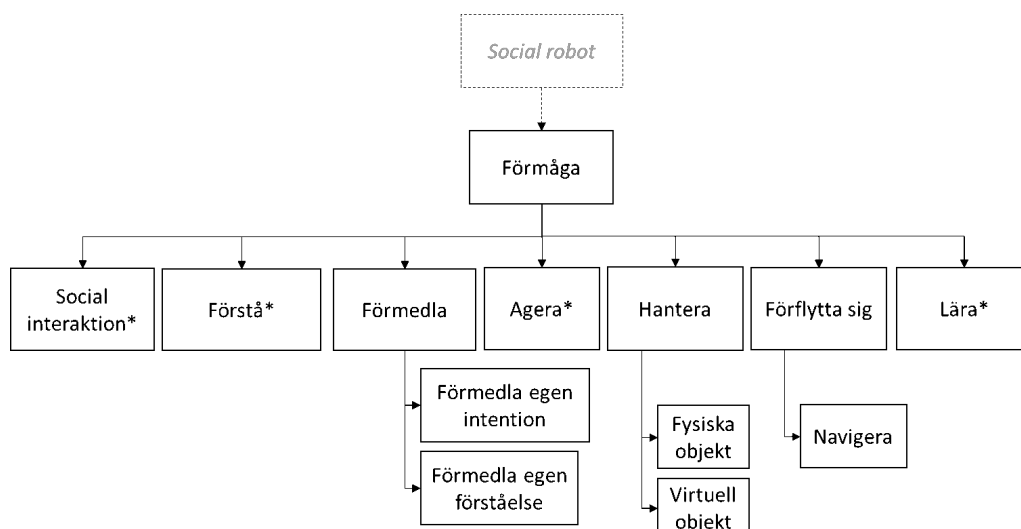
Robotar som kan uppvisa intentioner kan också betraktas som sociala agenter (Vernon et al., 2016). På samma sätt som vi kan läsa av det sociala samspelet i trafiken och tolka andra bilisters intentioner genom vår inlevelseförmåga (eng. *theory of mind*) kan vi läsa av en robots intentioner om den kan ge kontextuella ledtrådar för sina handlingar. Autonoma fordon skulle kunna beskrivas som sociala om de kan fungera i en social kontext där samspelet mellan fordon-fordon och fordon-fotgängare kan kommunicera intentioner genom signaler eller handlingar som påvisar en uppfattning av situationen (Wang et al., 2021). Ett exempel på en sådan situation är en fotgängare som går över ett övergångsställe. Det autonoma fordonet kan då sakta bromsa in för att låta fotgängaren förstå att denne har blivit uppmärksam och därmed kan kliva över vägen tryggt och säkert.

2.2 En ontologi för social robotik

För att hantera avsaknaden av en entydig definition av vad en social robot är och som ett stöd för arbetet med kunskapsöversikten skapades en enklare ontologi. En ontologi samlar och beskriver den kunskap som finns om en företeelse och bidrar till möjligheten att diskutera denna (Uschold & Gruninger, 1996). Det har tidigare tagits fram ontologier för andra företeelser som ses som svåröverskådliga som ett sätt att enas om centrala begrepps innebörd, såsom området systemutveckling (Yang et al., 2020; Hallberg et al., 2014). Den ontologi för sociala robotar som utformats i denna studie består i sin nuvarande form av ett antal modeller. Den är främst framtagen som ett stöd för arbetet som genomförts inom ramen för studien. I detta avsnitt ges några exempel från ontologin. I Bilaga A återfinns samtliga modeller som ingår i ontologin.

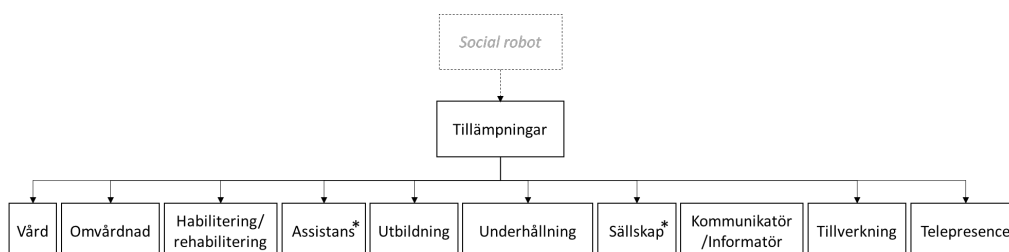
Det som skiljer sociala robotar från andra robotar är deras förmåga till *social interaktion* (Figur 5). Den *sociala interaktionen* innefattar såväl verbal som icke-verbal interaktion. *Verbal interaktion* innebär kommunikation som baseras på ord, i tal såväl som skrift. Ett väl genomtänkt val av ord och uttryck bidrar till en ökad förståelse mellan dem som kommunicerar. Den *icke-verbala interaktionen* innefattar kroppsställning, kropps rörelse, avstånd mellan de som kommunicerar (eng. *proxemics/proximity*), kroppskontakt som kan vara människo- respektive robotinitierad samt vokalisering (att avge ljud som inte är verbala). De har förmåga att *förstå*¹⁰ människors agerande, intentioner och känslor samt betydelsen av föremålen, kulturen, situationen och miljön i vilken de befinner sig. Sociala robotar har förmåga att *förmedla* sin egen förståelse och intention till omgivningen. De har förmåga att *agera* i all dagliga, ogästvänliga, farliga och otillgängliga miljöer. De har förmåga att *hantera* fysiska respektive virtuella objekt och har förmåga att *förflytta sig* och navigera i omgivningen. De har förmågan att *lära*, vilket innefattar att lära genom imitation, återkoppling, vägledning och erfarenheter. Lärandet innefattar även att hantera regler inom vilkas ramar den sociala roboten agerar och ett lärande som förändrar dessa regler. Inom pedagogiken benämns detta för enkel- respektive dubbelloopslärande.

¹⁰ Denna förståelse ska ses som förmågan att kunna ta till sig och tolka signaler från omgivningen, och inte i en djupare filosofisk bemärkelse av ordet ”förstå”, på det sätt som vi människor förstår vår omgivning.



Figur 5: Sociala robotars förmågor innefattar social interaktion, och att förstå, förmedla, agera, hantera, förflytta sig och lära. *Innebär att det finns en modell som ger en detaljering i Bilaga A.

Sociala robotar kan nyttjas för en rad olika tillämpningar (Figur 6). De kan genomföra vård, omvårdnad, habilitering och rehabilitering. Sociala robotar kan assistera genom att lyfta, hålla, förflytta och hitta objekt och personer. De kan hjälpa till med hushållssysslor, handla, informera och guida, samt andra rutinsysslor. De kan assistera i form av expertstöd. De kan nyttjas för utbildning, underhållning och som sällskap, exempelvis i form av samtalspartner, medföljare vid promenader eller enbart genom sin närvaro. Sociala robotar kan agera kommunikatör och informatör samt nyttjas för tillverkning. De kan också nyttjas för *telepresence*, vilket innebär att skapa en känsla av närvaro fast individer befinner sig på olika platser.



Figur 6: Sociala robotar kan användas i en lång rad tillämpningar. *Innebär att det finns en modell som ger en detaljering i Bilaga A.

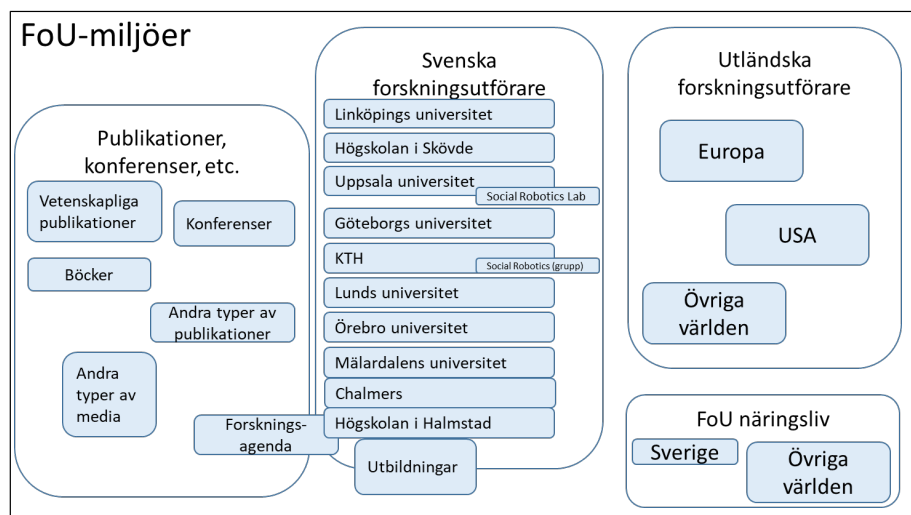
Sociala robotar kan vara virtuella eller ha en fysisk form. De *fysiska formerna* kan delas in i människoliknande, djurliknande och maskinliknande. De kan ha en *personlighet* som designas efter behov i en skala från introvert till extrovert, vilket passar olika tillämpningar olika väl. För robotar som ska guida vid museer kan en extrovert personlighet vara lämplig, medan för robotar som assisterar i hemmet kan en introvert personlighet var mer uppskattad.

2.3 Perspektiv på social robotik

Det insamlade materialet ger möjlighet att betrakta social robotik i en större kontext. För att strukturera materialet har fyra tematiska perspektiv valts ut. Dessa perspektiv är (i) forskningsmiljöer, (ii) intressenter och användare av forskningen, (iii) samhället samt (iv) policy, etik, lagar och regler. För varje perspektiv har informationen visualiserats i en översiktsskarta och en tabell med referenser sammanställts. Översiktsskartorna innehåller viktiga begrepp för området social robotik, grupperade under ett antal rubriker.

2.3.1 Forskningsmiljöer

Då social robotik är ett omfattande forskningsområde finns forskare från ett brett spektrum av vetenskapliga discipliner aktiva inom området. Forskning och utveckling sker även inom näringslivet, ofta i samverkan med användare och akademiska forskare. Figur 7 ger en översikt över forskningsmiljöerna. Tabell 1 ger ytterligare detaljer och länkar samt referenser.



Figur 7: Översikt över forsknings- och utvecklingsmiljöer med verksamhet inom social robotik.

Vår sammanställning påvisar att det existerar forskargrupper vid ett flertal svenska lärosäten. Som exempel kan nämnas Social Robotics Lab vid Uppsala universitet samt Socialrobotics-gruppen vid KTH. Vi har även funnit exempel på dedikerad utbildning inom social robotik vid Uppsala universitet. Redan 2015 togs en strategisk forskningsagenda fram under ledning av KTH med deltagande av ett stort antal svenska aktörer med hjälp av finansiering av Vinnova, Energimyndigheten och Formas.

Den akademiska forskningen är global. I det material som denna skanning sammanställt förekommer publikationer med författare från hela världen, med betoning på Europa och USA, inklusive militära institut och laboratorier, men också från länder i Sydamerika, Mellanöstern, flera asiatiska länder samt Australien och Nya Zeeland. Forskning och utveckling sker även inom företag och i samverkan med intressenter (se även Figur 8).

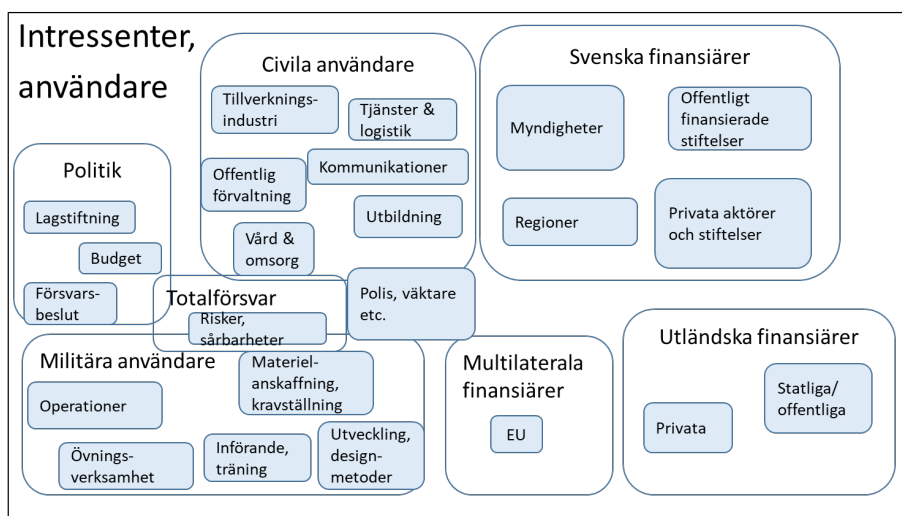
Vetenskaplig publicering sker i tidskrifter med hemvist i olika forskningsdiscipliner, med en dedikerad vetenskaplig tidskrift inom området (International Journal of Social Robotics). Flera konferenser tar upp aspekter av området. Ett antal monografier inom området har påträffats i våra sökningar. Vi har även funnit podcasts som tar upp området. Sammantaget påvisar vår sammanställning att området är väl etablerat.

Tabell 1: Utvalda referenser och länkar som återfunnits i kartläggningen med koppling till forskningsmiljöer inom social robotik

Kategori		Referens/länk
Svenska forskningsutförare	Institutionen för informationsteknologi, Social Robotics Lab, Uppsala universitet	https://usr-lab.github.io/ (senast besökt 2023-06-26) Andreasson et al. (2018), Alenljung et al. (2017)
	Institutionerna för datavetenskap, samt för intelligenta system, Social-robotics group, KTH	https://www.kth.se/is/rpl/research/social-robotics-1.680746 (senast besökt 2023-06-26).
	Institutionen för datavetenskap, Linköpings universitet	Alenljung et al. (2017)
	Institutionen för informationsteknologi, Högskolan i Skövde	Lindblom & Alenljung (2020), Andreasson et al. (2018), Alenljung et al. (2017), Vernon et al. (2016).
	Institutionen för tillämpad IT, Göteborgs universitet	Andreasson et al. (2018)
	Filosofiska institutionen/ kognitionsvetenskap, Lund universitet	https://www.lu.se/home/ (senast besökt 2023-10-15)
	Institutionen för naturvetenskap och teknik, Örebro universitet	Akalin & Loutfi (2021)
	Akademien för innovation, design och teknik, Mälardalens universitet	https://www.mdu.se/akademien-for-innovation-design-och-teknik (senast besökt 2023-10-15)
	Chalmers	Mattson et al. (2020).
	Högskolan i Halmstad	Cooney et al. (2023), Duarte et al. (2022)
Utbildning	Social robotik, 7.5 hp, Uppsala universitet	https://www.uu.se/en/study/course?query=1MD300 (senast besökt 2023-07-26)
Strategisk forskningsagenda	Social Robotics – A strategic innovation agenda	https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/agendor/social-robotik/ (senast besökt 2023-07-26)
Utländska forskningsutförare	TNO, Nederländerna	de Visser et al. (2020), Royakkers & van Est (2015)
	Tyskland	Cooney et al. (2023)
	United States Army Research Laboratory, USA	Schaefer et al. (2019)
	United States Air Force Academy, USA	de Visser et al. (2020)
	Australien	Cappuccio et al. (2022), Cappuccio et al. (2021), Henschel et al.(2021)
	Japan	Cooney et al. (2023)
	Kina	Li et al. (2022)
	Förenade Arabemiraten	Cappuccio et al. (2022)
Vetenskaplig tidskrift	International Journal of Social Robotics	https://www.springer.com/journal/12369 (senast besökt 2023-08-02).
Vetenskaplig konferens	Human Robot Interaction	https://humanrobotinteraction.org/ (senast besökt 2023-08-08)
	International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)	https://www.ro-man2023.org/main (senast besökt 2023-08-08)
Böcker	Monografier	Korn (2019); Muhle (2023)
	Populärvetenskap	Darling (2021)
Andra media	Podcast	Lex Friedman Podcast #329, 15 oktober 2022, Kate Darling: Social Robots, Ethics, Privacy and the Future of MIT.

2.3.2 Vilka har ett intresse av forskningen och utvecklingen?

Det finns flera intressenter för forskningen i form av finansiärer och användare, se Figur 8 (detaljer och referenser som finns i Tabell 2). Finansiärerna till forskningen återfinns inom såväl det privata som det offentliga. Vad gäller svenska finansiärer förekommer i vårt material främst finansiärer med intresse för tillämpad forskning, såsom för den ovan nämnda strategiska forskningsagendan. Även Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling (KK-stiftelsen) har finansierat projekt och forskningsmiljöer inom området. Dessutom förekommer regionala initiativ, exempelvis har Västra Götalandsregionen finansierat forskning som handlar om beröring. Flera EU-finansierade initiativ har identifierats, såsom inom ramprogrammen, European Research Council (ERC) och den regionala utvecklingsfonden. Bland utländska forskningsfinansiärer noterar vi särskilt några med koppling till militära tillämpningar, exempelvis i Nederländerna och i USA.



Figur 8: Översikt över intressenter och användare av forskning och utveckling inom social robotik.

Civila användare av sociala robotar finns inom flera områden. Ett av de synligaste exemplen är inom vård och omsorg. Vi har även funnit exempel inom logistik och transporter, offentlig förvaltning samt utbildning och bibliotek. Det förekommer också mer framåtriktade visionära förslag, t.ex. hur robotar skulle kunna agera personskydd.

Det finns exempel i litteraturen på hur sociala robotar använts i militära operationer. Den sociala aspekten är dock ofta implicit, såsom hur robotar betraktas av soldaterna när de blir en del av mindre militära team, exempelvis med minröjningsuppgifter. Det sker även strategiska satsningar. Den breda utvecklingen inom den militära användningen av autonomi har koppling till social robotik, som inbegriper samspelet mellan människa och autonoma system.

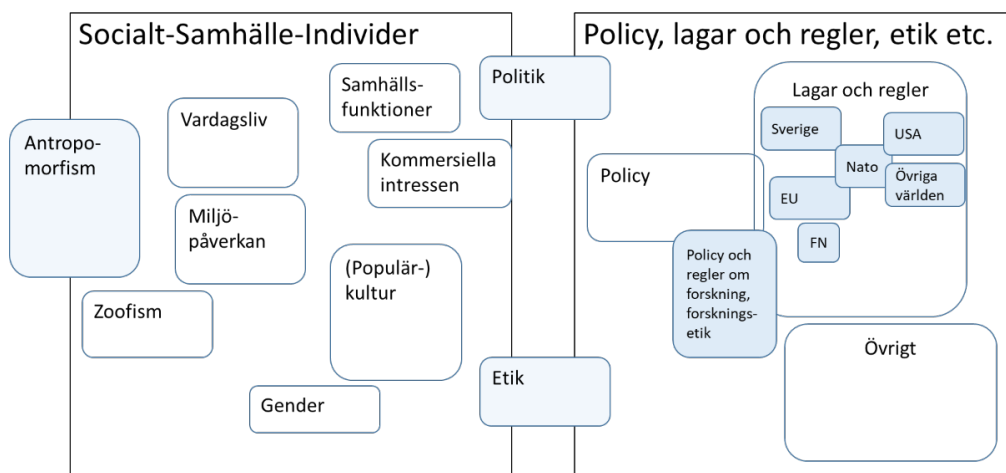
Ett antal samhällliga aspekter har noterats vid diskussioner under studien vilka bedöms påverka införandet av social robotik, men som saknas i det material som samlats in. Det gäller Materielanskaffning och kravställning, Övningsverksamhet samt Införande och träning (inom rutan Militära användare), liksom hela rutan Politik. Ingen aktiv informations-sökning har gjorts för att belysa dessa områden. Aspekterna har noterats i översiktskartan, men saknar alltså referenser.

Tabell 2: Utvalda referenser och länkar av relevans för kartläggningen vad gäller intressenter och användare av forskning och utveckling inom social robotik.

Kategori		Referens/länk
Svenska finansiärer	Vinnova	https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/agendor/social-robotik/ (senast besökt 2023-07-26)
	Energimyndigheten	Medfinansiär av den strategiska forskningsagendan https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/agendor/social-robotik/ (senast besökt 2023-07-26)
	Formas	Medfinansiär av den strategiska forskningsagendan https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/agendor/social-robotik/ (senast besökt 2023-07-26)
	KK-stiftelsen	Se t.ex. Alenljung et al. (2017), Lindblom & Alenljung (2020) samt Vernon et al. (2016).
Utländska finansiärer	Annan offentlig finansiering	T.ex. Västra Götalandsregionen, se Andreasson et al. (2018).
	Nederländerna	Dutch Ministry of Defence's exploratory research program har t.ex. finansierat forskning i deVisser et al. (2020), samt Kox et al. (2022).
Multilaterala finansiärer	USA	T.ex. Air Force Office of Scientific Research samt US Office of Naval Research som finansierat forskning publicerad i Cappuccio et al. (2022) respektive Admoni & Scassellati (2017).
	EU, projekt inom ramprogrammen	T.ex. projekten SOCRATES, Social Cognitive Robotics in The European Society, https://cordis.europa.eu/project/id/721619 , SYMBIOTIC, Symbiotic Human-Robot Collaborative Assembly: Technologies, Innovations and Competitiveness, https://cordis.europa.eu/project/id/637107 , och InStance, Intentional stance for social attunement, https://cordis.europa.eu/project/id/715058 (samtliga senast besökt 2023-08-03).
	EU, ERC-stöd till enskilda forskare	T.ex. Marie Skłodowska-Curie actions, https://marie-sklodowska-curie-actions.ec.europa.eu/ (senast besökt 2023-08-03), där forskningen presenterad i Akalin & Loutfi (2021) är ett exempel.
	EU, regionala fonder	Se t.ex. projektet ACTIVAS – Supporting Habitat for an Active, Safe and Healthy Life, https://onecare.pt/en/activas-project-sheet/ (senast besökt 2023-08-03).
Civila användare	Vård och omsorg	T.ex. inom hemtjänst och sjukvård i Norge, https://ife.no/sosial-robotfunksjonalitet-for-helsevesenet/ (senast besökt 2023-08-03). Se även (Huang et al., 2023) samt översikten i Broadbent (2017).
	Logistik och transporter	För transporter, se t.ex. de självkörande bussarna i Linköping, https://ridethefuture.se/ (senast besökt 2023-08-03). För samverkan mellan robotar och människor inom tjänster och logistik finns exempel bl.a. från Amazon, se Allgor et al. (2023).
	Offentlig förvaltning	Ett exempel på ett mer samlat grepp från det offentliga finns från Tyskland och initiativet RuhrBots, https://ruhrbots.de/forschung/ (senast besökt 2023-08-03).
	Utbildning och bibliotek	Bl.a. biblioteksroboten Bibbi som finns på flera bibliotek, se t.ex. Samuelson (2022).
Militära tillämpningar	Polisväsende och säkerhet	Se Cooney et al. (2023), Duarte et al. (2022).
	Operationer	Se t.ex. Cappuccio et al. (2021), Cappuccio et al. (2022) och Royackers & van Est (2015).
	Utveckling av framtid förmågor	För ett samarbete mellan amerikanska försvarsdepartementet och brittiska RUSI, se https://www.scspace.ai/2022/11/scsp-and-rusi-launch-a-new-project-on-human-machine-collaboration-and-teaming-in-military-operations (senast besökt 2023-08-03). Se även ett tidigt exempel i Schaefer et al. (2019).

2.3.3 Hur påverkas samhället av utvecklingen inom området?

Arbetsgruppen har kortfattat diskuterat vilka effekter utvecklingen inom social robotik kan få på samhället i stort, samt hur användningen av sociala robotar i olika sammanhang kan driva på utvecklingen, se den vänstra översikt bilden i Figur 9 (för referenser, se Tabell 3 nedan). Olika intressen är ofta sammanflätade (hjälpmedel för vardagslivet drivs på av kommersiella intressen). Några har redan nämnts ovan. I alla sammanhang där människor och robotar möts blir samspelet viktigt, liksom det centrala begreppet antropomorfism, dvs. tillskrivning av mänskliga egenskaper till den sociala roboten. Närliggande antropomorfismen är zoofismen, där robotarna tillskrivs djurliknande egenskaper. Ett förhållningssätt som framförts i litteraturen är nämligen att betrakta sociala robotar som ett husdjur. Arbetsgruppen diskuterade också om påverkan på djur kan uppstå om många robotar rör sig i miljöer där djuren vistas.



Figur 9: Översikt över några samhällsaspekter på det sociala robotikområdet samt parallellt överbyggnaden via politik och etik till frågor som rör lagar och regler (se vidare i avsnitt 2.3.4).

Som för andra självgående system blir ansvarsfrågor viktiga när sociala robotar rör sig bland människor i samhället. Sociala robotar behöver kunna känna av när de befinner sig i miljöer eller sammanhang som de inte är designade för och hantera sådana situationer. Det har även uppmärksamats att samspelet mellan människa och social robot kan ha genusaspekter. Arbetsgruppen har även diskuterat huruvida kulturella skillnader i olika typer av samhällen kan ha betydelse för de sociala robotarna, och har noterat några sådana studier. Slutligen återfinns sociala robotar även i populärkulturen, vilket kan påverka människors förväntningar på sociala robotar och hur interaktionen med dem kan ske. Arbetsgruppen har även diskuterat frågor som potentiell miljöpåverkan eller påverkan på djurliv av robotars närvaro i olika typer av miljöer men har inte referenser till några publikationer som berör denna frågeställning.

Tabell 3: Utvalda referenser och länkar med relevans för kartläggningen med aspekter i fokus.

Kategori	Referens/länk
Samhälle	Zoofism Diskuteras bl.a. i podcasten Lex Friedman #329, Kate Darling: Social Robots, Ethics, Privacy and the Future of MIT samt i Darling (2021).
	Genderfrågor Se t.ex. Andreasson et al. (2018) och Siri et al. (2022).
	Kulturella skillnader Lim et al. (2021) diskuterar t.ex. kulturella betydelse för vilka förväntningar som finns på samspelet med robotar. Se även monografierna Korn (2019) och Muhle (2023).
	(Populär)kultur Se t.ex. Kazuo Ishiguros roman Klara och solen. Ett annat exempel är roboten som spelar cello, ett instrument som kan ingå i ensembler, https://www.facebook.com/fredrikgrancomposer/videos/robotic-cello/251995114991531/ (senast besökt 2023-08-08) Se även om social robotik i musikutbildning, Martinez-Roig et al. (2023).
	Ansvar och säkerhet Se t.ex. Winfield et al. (2020), de Visser et al. (2020).

2.3.4 Vilka etiska och legala ramar finns för området?

Vår kartläggning har inte fokuserat på i vilken utsträckning området regleras juridiskt men skanningen har gett några träffar som belyser några rättsliga och etiska aspekter inom området, se högra delen av Figur 9 och Tabell 4. Den litteratur vi funnit diskuterar främst hur sociala robotar bör betraktas och vad de bör användas till (Royackers & van Est, 2015; Seibt et al., 2020) med därtill relaterade risker (Sharkey & Sharkey, 2020). Eftersom sociala robotar kan ses som ett speciellt fall av autonoma system kan de dock omfattas av redan existerande reglering för dessa. Kanske är det när man vänder på perspektivet, och funderar på den sociala robotens eventuella rättigheter, som nya aspekter framträder jämfört med robotar eller autonoma system i allmänhet (Darling, 2012). Är det t.ex. bra att avreagera sig på en robot, som ett slags substitut till att skada andra människor, eller främjar detta ett beteende med andra negativa konsekvenser? Det finns fler policyfrågor som potentiellt berör sociala robotar, men vi har inte funnit några referenser som berör detta i vårt insamlade material.

Tabell 4: Referenser och länkar med koppling till etik, lagar och regler som identifierats under kartläggningen.

Etik, lagar och regler	Användning	Referens/länk
	Risker	Se t.ex. Royackers & van Est (2015) och Seibt et al. (2020).
	Reglering	Se t.ex. det amerikanska direktivet US DoD Directive Autonomy in Weapons Systems, DoD Directive 3000.09, 25 januari 2023, https://media.defense.gov/2023/Jan/25/2003149928/-1/-1/0/DOD-DIRECTIVE-3000.09-AUTONOMY-IN-WEAPON-SYSTEMS.PDF (senast besökt 2023-08-04).
	Robotens rättigheter	Darling (2012).
	Människans beteende	För ett exempel, se "Do Humans Empathize With Robots?": https://www.youtube.com/watch?v=wAVtkh0mL20

3 Forskningsfronten

Detta kapitel beskriver forskningsfronten för fyra utvalda områden inom social robotik. Dessa utvalda områden är systemdesign, human-autonomy teaming, antropomorfism och militära tillämpningar av social robotik. Områdena valdes ut därför att de bedömdes vara särskilt relevanta för Försvarmakten. Beskrivningarna är resultat av fördjupad avskanning och informationsökning inom dessa utvalda områden. Kapitlet redovisar därmed delresultat från den analyserande fasen av avskanningen.

3.1 Systemdesign

Social robotik är ett tvärvetenskapligt forskningsområde som förutsätter kompetens och kunskap från flera kunskapsområden såsom robotik, artificiell intelligens, psykologi, neurovetenskap, human factors, antropologi med mera (Breazeal et al., 2016). Det är en rad faktorer som behöver begrundas för att kunna designa en social robot inom ett användningsområde eftersom miljön oftast är komplex. Sociala robotar kan se olika ut beroende på deras användningsområden. Det finns dock generella funktioner som kan tillämpas överskridande mer eller mindre oberoende av kontext, till exempel riktad uppmärksamhet, uppvisande av emotioner samt visa på ett adaptivt inlärningsbeteende.

3.1.1 Roboten Moxi - ett exempel

Ett exempel på systemdesign utifrån ett specifikt användningsområde är roboten ”Moxi” från Diligent Robotics¹¹. Moxi är en social hjälprobot som används inom sjukvården av sjuksköterskor. Moxi är anpassad för sin miljö, både utseende- och funktionsmässigt. Roboten kan enkelt förmedla sina intentioner med hjälp av kroppsspråk när den ska navigera runt i korridorer bland patienter och personal. Notera även att roboten har ett huvud samt två ögon, något som egentligen inte behövs för att roboten ska kunna fungera och navigera. Robotens sensorer fungerar som dess ”ögon” och kan samla in information om sin omgivning, därav placeras dessa sensorer på de mest lämpade ställena på roboten för att uppfylla sin funktion. Dock fyller huvudet och även ögonen andra funktioner som underlättar kommunikationen med människor. Moxi kan rikta sin uppmärksamhet mot personen som den interagerar med för att visa att den uppfattar instruktioner. Huvudet kan också riktas åt ett specifikt håll när den ska svänga för att på ett naturligt sätt kommunicera sin intention. Moxi kan även förmedla enkla emotioner genom sina ögon som kan bli hjärtformade för att visa på uppskattning. Detta har mottagits positivt bland sjukvårdspersonalen där Moxi, enligt Diligent Robotics, har fått god respons. Det finns bland annat exempel där sjukvårdspersonal visar sin uppskattning till Moxi genom att krama roboten, andra klär upp Moxi under högtider som dess egna ”födelsedag” och de flesta ser Moxi som en del av personalen.

Moxi är ett exempel på hur ett system kan designas för att möta både användarnas behov och det sociala samspelet som krävs när den ska fungera bland användare som inte är vana vid att interagera med denna typ av robotar.

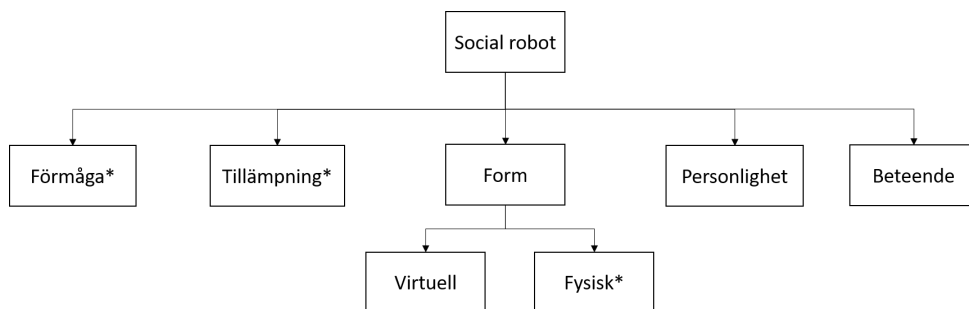
3.1.2 Designprocessen

Kontexten, miljön och användningsområdet är några viktiga aspekter att ta hänsyn till vid utvecklingen av sociala robotar. Designprocessen för en social robot innefattar ett flertal aspekter som måste beaktas för att uppnå en tillfredställande interaktion. Ett försök att standardisera designprocessen av en social robot tillsammans med alla intressenter har genomförts av Axelsson et al. (2021). De har utvecklat ett omfattande ramverk för att utforma sociala robotar, vilket innefattar en designprocess som stödjer involvering och samverkan mellan experter från olika kompetensområden. Ramverket innefattar en uppdelning i tre faser: (1) problemområde, i vilket lösningar och etiska aspekter utreds, (2)

¹¹ <https://www.diligentrobots.com/moxi>

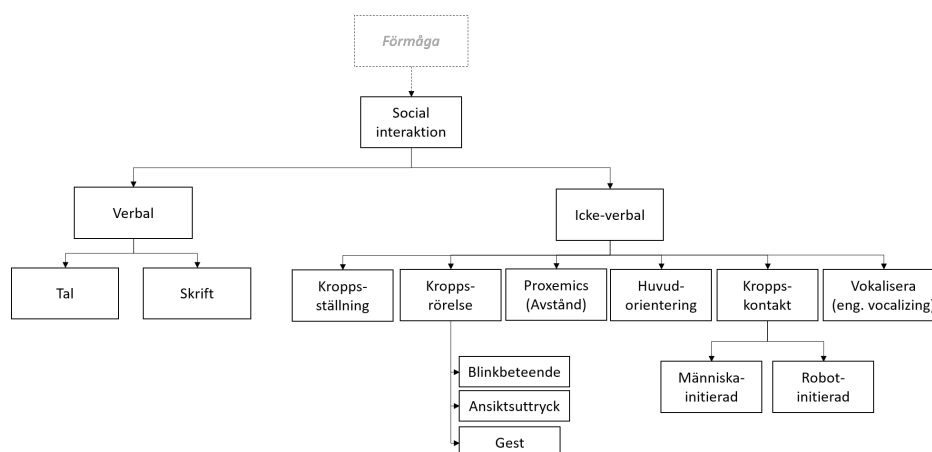
designriktlinjer för vad som avgör robotens design, (3) utrymmet för lösningar, i vilket en grov skiss av roboten ska tas fram. I den tredje fasen utreds miljön som roboten ska befinna sig i, vilken form roboten ska ha, hur användarna kommer att interagera med roboten, och vilken typ av beteende roboten ska ha. Axelsson et al. (2021) betonar vikten av att involvera användarna i utformningen av sociala robotar.

Nedan presenteras delar ur avskanningens framtagna ontologi för sociala robotar och några exempel på olika aspekter som behöver beaktas vid utformning av sociala robotar utifrån olika användningsområden. Figur 10 beskriver aspekter relaterade till den sociala robotens övergripande funktionalitet, som dess personlighet, förmåga eller formen, om den ska vara virtuell eller fysisk. Figur 5 (se avsnitt 2.2) beskriver förmågan hos roboten, vilken är beroende av dess användningsområde och vilka uppgifter roboten ska kunna utföra, inklusive hur roboten ska kommunicera, agera och navigera.



Figur 10: Övergripande modell över aspekter viktiga att beakta vid utformningen av sociala robotar.
* innebär att det finns en detaljering av aspekten i Bilaga 1.

Figur 11 beskriver aspekter som behöver beaktas vid utformningen av den sociala interaktionen. På en plats som roboten Moxi befinner sig kan den sociala interaktionen påverkas av flera behov, som att tillgodose blinda, döva, äldre och yngre personer och deras interaktionsmöjligheter, varför en rad olika typer av interaktiva moduler behövs. En annan tillämpning var i en stridsmiljö där både ljud och även kroppsspråk kan vara svåra att uppfatta och andra lösningar måste utnyttjas i form av skrift eller signaler. I fall som dessa kan det vara önskvärt att det bara är människan som kan initiera interaktionen för att inte utsätta sig själv eller någon annan i gruppen för fara. Samtidigt finns fall då roboten skulle kunna varna för en fara.

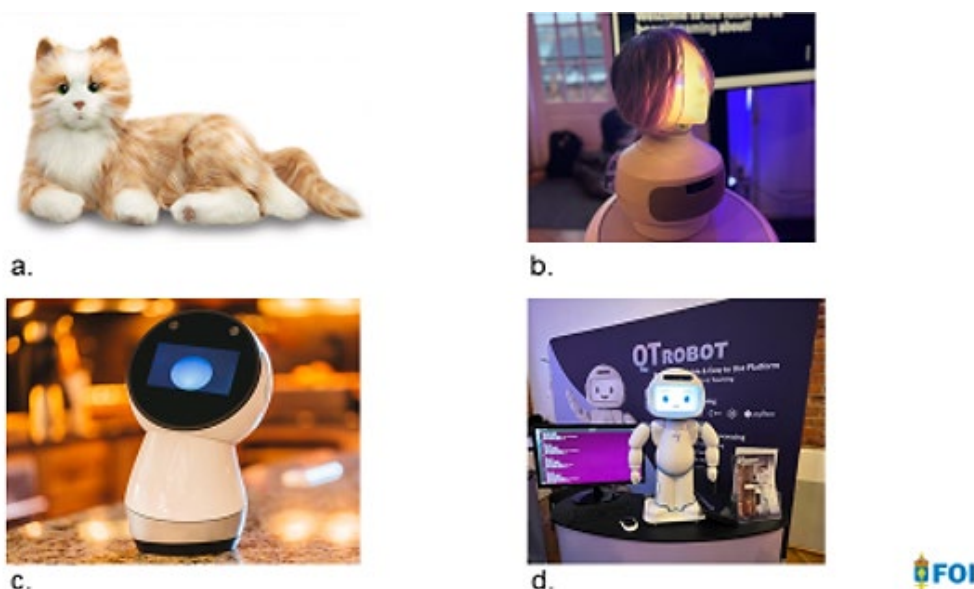


Figur 11: Översikt över en social robots möjligheter till interaktion och hur den kan utformas utefter olika behov.

3.1.3 Utformning

För att demonstrera skillnaden mellan olika sociala robotar illustrerar bilden nedan några exempel på kommersiella sociala robotar med olika användningsområden och målgrupper (Figur 12). Detta för att demonstrera skillnaderna men också likheterna mellan olika sociala robotar. För det första går det att notera att form och utseende på robotarna är olika, men att alla robotar har någon form av huvud och ögon som kan riktas mot en person och uttrycka emotioner. Katten i figur 15a är skapad för att ge stöd till äldre människor som behöver sällskap som inte klarar av att ta hand om ett riktigt djur¹². Katten ska då kunna representera och upplevas som en riktig katt som ger socialt stöd och därmed minska känslan av ensamhet. Furhat (Figur 15b) är enligt skaparna själva tänkt att vara framtidens gränssnitt och ska baseras på det mest naturliga gränssnittet som vi har, ansiktet¹³. Grundidén är att Furhat utnyttjar en rad olika sensorer och multimodala interaktionstyper för att skapa sömlösa interaktioner och för att upplevas som ett naturligt föremål att föra konversationer med. Ansiktet går att byta till både reella och fiktiva ansiktsmodeller. Det går till exempel att pränta in sitt eget ansikte i modulen. Jibo (Figur 15c) är en social robot som ska fungera som en personlig assistent och skulle kunna vara en familjerobot¹⁴. Jibo har runda och flytande rörelser och kan uppmärksamma ljud och ansikten för mer inlevelse i dess interaktioner. QTrobot (Figur 15d) är en humanoid robot som skapats för att utbilda och ge stöd till barn med autism som kan ha svårt att interagera och engagera sig socialt med andra människor¹⁵. QTrobot har därför fokus på att uttrycka emotioner genom kroppsspråk och tydliga ansiktsuttryck som uppmuntrar barn till att lära sig sociala färdigheter.

Sociala robotar kan ha många olika former och funktioner. Behoven och utmaningarna är olika, men för att skapa välfungerande och användbara robotar är det viktigt att sociala robotar klarar av att hantera naturliga interaktioner och är programmerade för att tolka mänsklig intuition. För den komplexa miljön som sociala robotar behöver kunna verka i är det därför viktigt att känna till faktorer som exempelvis miljö, kontext, målgrupp och användningsområde, vid utvecklandet av sociala robotar.



Figur 12: (a) Joy for all – en sällskapskatt för äldre. (b) Furhat – en social robot med bakåtprojicerat ansikte. (c) Jibo – en social familjerobot för hemmet. (d) QTrobot – en uttrycksfull robot ämnat för terapeuter och utbildare. (a) Foto: Ageless Innovation (c) Foto: Jibo (b)(d) Foto: Zackarias Alenljung.

¹² Joy for All - <https://joyforall.com/> (senast besökt 2023-10-16).

¹³ Furhat Robotics - <https://furhatrobotics.com/furhat-robot/> (senast besökt 2023-10-16).

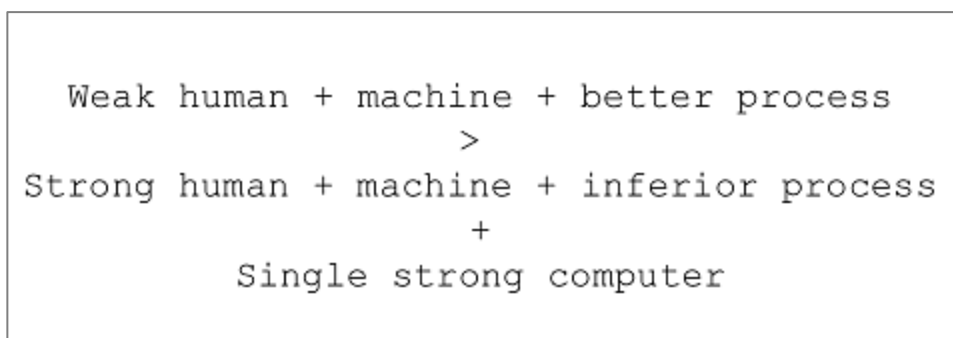
¹⁴ Jibo - <https://robotsguide.com/robots/jibo> (senast besökt 2023-10-16).

¹⁵ QTrobot - <https://luxai.com/robot-for-teaching-children-with-autism-at-home/> (senast besökt 2023-10-16).

3.2 Human-autonomy teaming

Begreppet human-autonomy teaming beskriver en samverkande process mellan människa och intelligenta, autonoma agenter som arbetar oberoende mot ett gemensamt mål (O'Neill et al., 2022). Samverkan med autonoma agenter bidrar med nya förmågor och skapar möjligheter där människan kan genomföra uppgifter mer effektivt med kraftfullare beräkningsförmågor. En person som kan nyttja den artificiella intelligensens egenskaper har möjligheten att förhöja sin egen förmåga och bli överlägsen de av sina jämlingar som inte använder AI. Påståendet att en person som kan nyttja AI-egenskaper till sin fördel visade sig stämma under en "avancerad schackturnering"¹⁶ som hölls 2005 (Kasparov, 2010). Deltagare kunde, tillsammans med andra människor eller datorer, delta i schackturneringen. Flertalet av så kallade "Grandmasters" (Stormästare, den högsta uppnåeliga titeln i schack) deltog på detta event och förväntades tillsammans med superdatorerna att ta hem vinsten. Till allas förvåning var de som vann schackturneringen ett par amatörer som använde tre datorer samtidigt (Kasparov 2010). De som vann var så pass skickliga på att träna och använda sina datorer att de kunde utmanövrera även de mest skickliga schackspelarna som använde superdatorer.

Kombinationen "svag" människa tillsammans med smart användning av en intelligent maskin var överlägsen en superdator. Anmärkningsvärt nog var även en "svag" människa tillsammans med smart användning av en intelligent maskin överlägsen en "stark" människa tillsammans med en intelligent maskin fast med en underlägsen nyttjandeprocess (Figur 13).



Figur 13: Illustration av den fördel som påvisats i forskningen (Kasparov, 2010) för samspel mellan människor och datorer med bättre eller sämre förmåga.

Detta lagspel med smarta maskiner blir alltmer relevant när utvecklingen går framåt, och domäner som den militären agerar inom blir mer komplexa. Då kan det bli avgörande att vara den som på bästa sätt kan utnyttja autonoma, intelligenta systems förmågor (Development, Concepts, and Doctrine Centre, 2018). För att uppnå en effektiv samverkan mellan människor och autonoma system krävs det att vi förstår vilka faktorer som skapar ett effektivt lag.

3.2.1 Vad som gör ett effektivt team

Ett team kan definieras som två eller flera individer som tilldelas specifika roller som arbetar ömsesidigt mot ett gemensamt mål (Salas et al., 1995). Inom militären kan lag definieras som en grupp skickliga individer med utmärkande roller som agerar i en osäker och oförutsägbar uppgiftsmiljö (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022). En medlem i ett lag besitter en intern kunskapsrepresentation om en uppgifts tillstånd. Denna representation kallas för en mental modell vilken kan förklaras som den abstrakta kunskapsstruktur som människan använder för att beskriva, förklara och förutsäga världen omkring sig (Andrews et al., 2023). Inom ett lag finns de gemensamma mentala modellerna

¹⁶ Avancerat schack är en version av schack där spelare spelar tillsammans med en dator för att utforska förloppet av olika drag, där människan fattar alla beslut.

distribuerade mellan medlemmarna. De delade mentala modellerna anses som en framgångsfaktor bland samarbetande grupper då medlemmar har gemensam förståelse för uppgiften och deras roll, där delade mentala modeller gör det lättare att förutse andras handlingar, beteenden och behov (Cooke et al., 2007; Zhang et al., 2020; Andrews et al., 2023). Inom ett samarbetande lag har en nyckelfaktor i form av samarbetsövningar identifierats som ett sätt att öka prestationsförmågan i laget och förbättra den delade mentala modellen (Salas et al., 2008).

3.2.2 Effektiv samverkan med autonoma system

Inom domänen för militära applikationer har human-autonomy teaming fått en större betydelse då det finns en förväntan att dessa system kommer påverka operationer, taktik och stridsteknik i allt större utsträckning (Bengtsson & Woltjer, 2017). Ett exempel på detta är Boeing i Australien som utvecklar en så kallad "Loyal wingman", vilket är en form av stridsdrönare. Stridsdrönaren kallas för Boeing MQ-28¹⁷ och använder sig utav artificiell intelligens för att navigera och genomföra uppdrag. Luftfarkosten är tänkt att fungera i ett team tillsammans med befintliga stridspiloter och ska kunna genomföra uppdrag i form av underrättelseinhämtning, övervakning och spaning, samt taktisk förvarning. Utmaningen med att interagera med autonoma agenter utgörs till stor del av den omställning det innebär att se dessa entiteter som samarbetspartners snarare än, som i dagens läge, enbart som verktyg. Förväntningarna på systemet kommer således att se annorlunda ut ifrån ett användarperspektiv och kraven kommer att ställas om (Philips et al., 2011). En viktig del i ett team som utför en uppgift är att kunna läsa av andra medlemmars intentioner och kommunicera sitt eget läge och mål (Schaefer et al., 2019; Hammarbäck, 2022). Om inte systemet matchar människans förväntningar finns det risk att förtroendet för systemet försämras (Development, Concepts, and Doctrine Centre, 2018).

Olika autonoma system fungerar på olika sätt och annorlunda jämfört med oss människor sett utifrån kognitiva förmågor. För att människan ska kunna utnyttja systemets förmågor är det väsentligt att människan kan erhålla en tydlig mental bild över systemets kapacitet (Korteling et al., 2021), t.ex. vad systemet är bra på och systemets begränsningar. I human-autonomy teaming handlar det om att nyttja och komplettera varandras förmågor (Xu, 2019). Människan är bra på att dra kausala slutsatser av nya situationer medan autonoma system är bra på att bearbeta stora mängder med data på kort tid.

3.3 Antropomorfism

Införandet av robotar med hög grad av automation tillför inte bara nya förmågor i militära strukturer. Robotar som samverkar med människor påverkar också relationer, såväl redan existerande relationer mellan människor som nya relationer till tekniken. Den förändrade dynamiken påverkar den operativa förmågan på ett sätt som inte alltid är lätt att förutse.

Ett vanligt mänskligt sätt att relatera till såväl djur som maskiner är genom att beskriva deras uppträdande eller funktioner i termer av mänskliga egenskaper, ett fenomen som benämns antropomorfism. Antropomorfism är i många avseenden ett praktiskt sätt att beskriva komplexa system. Istället för att med en detaljerad teknisk beskrivning förklara hur ett system beter sig kan man relativt snabbt skapa en intuitiv förståelse genom att beskriva beteendet hos en social robot i termer av mänskliga attribut och egenskaper. Det finns flera forskare som har intresserat sig för fenomenet antropomorfism och dess effekter (Sharkey & Sharkey, 2020; Cappuccio et al., 2021; Coeckelbergh, 2022).

3.3.1 Felaktiga uppfattningar om systemens verkliga egenskaper

Ett antropomorft synsätt medför, trots dess naturlighet och praktiska fördelar, flera negativa konsekvenser. Generaliserade och icke-tekniska beskrivningar kan skapa oklarheter och

¹⁷ Boeing MQ-28. <https://www.boeing.com/defense/MQ-28/index.page#/videos/airpower-teaming-system-first-flight-raft> (senast besökt 2023-08-15).

förvirring om tekniska systems faktiska egenskaper. Beskrivningar utifrån mänskliga egenskaper är inte giltiga i alla avseenden.

Genom att beskriva tekniska system i mänskliga termer kan det uppstå förväntningar eller uppfattningar om systemens egenskaper som inte är verklighetsförankrade. Det gör det därmed lätt att förledas till att tillskriva ett tekniskt system egenskaper som det inte har. En person kan, utifrån sin egen uppfattning om de i beskrivningen använda mänskliga egenskaperna, extrapolera och dra slutsatser om systemet som inte är giltiga (Segerdahl, 2020).

3.3.2 Känsломässiga band till maskiner får människor att ta risker

Tekniska system med en tydligt social gränsyta mot människor påverkar hur människor relaterar till dessa, där känsломässiga band kan bli en konsekvens. Ibland innebär detta också att människor ser ett större inneboende värde i maskinerna än som rent materiella verktyg och instrument för verksamheten de är avsedda att vara.

Ett exempel är när soldater utsätter sig själva för fara, då de kommit att betrakta roboten närmast som ett husdjur eller en kamrat. Ett omtalat fall av detta fenomen är när en grupp minröjningssoldater själva tog onödiga risker istället för att använda sig av sin bombrobot (Armstrong, 2013). Det finns andra studier som pekar på att människor sätter gruppens egen robots säkerhet framför säkerheten hos människor i andra grupper, vilket i förlängningen skulle kunna innebära att soldater försätter grannplutonen i fara istället för att riskera sin egen robot (Fraune, 2020).

3.3.3 Nya relationer kan förändra andra

Ett förmänskligande synsätt på maskiner kan i förlängningen också påverka relationerna människor emellan. Det är ännu ett mindre utforskat område och teoribildningen för att analysera relationer mellan robotar och människor är inte omfattande (Fox & Gambino, 2021; Fraune, 2020). Relationer mellan robotar och människor är snarare ensidiga än ömsesidiga och robotar är utbytbara på ett annat sätt än människor. En fara med att ha robotar med vilka människor skapar relationer är att den bristande ömsesidigheten i en sådan relation sedan kan spilla över till relationer mellan människor, med följder som objektivering, avhumanisering eller trakasserier av andra människor (de Graaf, 2016; Lin et al., 2012; Kahn et al., 2013).

3.3.4 Sociala robotar – ett sätt att påverka

Förutom de observerade, och önskade, effekterna av antropomorfism, kan det även finnas andra risker som möjligheten till planerad eller omedveten påverkan på operatörer och beslutsfattare. Eftersom människor har en tendens att betrakta interaktionen med chatrobotar som mänsklig, tillskrivs chatroboten mänskliga attribut, vilket är ett antropomorfskt fenomen. Det finns flera exempel på sociala chatrobotar vars gränssnitt, avsiktligt eller oavsiktligt, har förändrats och, ur ett socialt perspektiv, fått nya egenskaper. 2016 släppte Microsoft en chatrobot som kunde skapa inlägg på Twitter, numera X. Efter mindre än ett dygn stängdes den av efter att ha förändrat karaktär och postat rasistiska inlägg (Tay, 2023; Vincent, 2016). 2023 hände något liknande när Microsoft skapade ett AI-gränssnitt till deras sökmotor Bing, som efter en tids interaktiv användning blev otrevlig mot användare eller började svara på ett negativt och märkligt sätt (Allyn, 2023; Orf, 2023).

Därför finns det ett behov av att förstå fenomenet antropomorfisering (Darling, 2015; Cappuccio et al., 2022). Det naturligt mänskliga sättet att förhålla sig till omvärlden genom antropomorfism behöver hanteras medvetet och metoder för detta behöver utvecklas. Det handlar både om hur systemen ska utformas i relation till de operatörer som använder dem, och om effekterna av att införa autonoma interaktiva system i en organisationsstruktur. Hur en analys av antropomorfism i autonoma system bör genomföras är en viktig forskningsfråga som kräver ett interdisciplinärt synsätt (Coeckelbergh, 2022). Frågan behöver belysas för olika tillämpningar, och konsekvenser för den operativa förmågan behöver analyseras och bedömas.

3.4 Social robotik i militära tillämpningar

Inledande sökningar på kombinationer av begreppen social robotik, social robot, militär robot och militära uppgifter (på engelska) via Google, Web of Science samt PubMed gav få träffar. Snarare än exempel på militära robotar har vi funnit litteratur där delsystem och teknikområden överlappar med social robotik¹⁸. I enstaka fall har vi funnit att social robotik och antropomorfism diskuteras i en militär kontext (Cappuccio et al., 2022). Vi har inte sökt på de inom försvarsforskning etablerade begreppen människa-maskin-teaming och människa-system-interaktion, eller andra delområden som bidrar till socialitet och därför också kan tänkas ingå i området social robotik.

Utgående från vår analys av de sökningar vi gjort drar vi slutsatsen att begreppet social robotik är sällsynt i militär forskning och i beskrivningar av militära robotar. Däremot identifierades exempel på militär forskning om robotar och militära robotar som både berör och omhändertar det som avses med social robotik (se Avsnitt 2.1). Militär forskning om social robotik ryms, enligt vår bedömning, forskningsmässigt inom det mycket omfattande området robotar och autonoma system (eng. *Robotic & Autonomous Systems*, RAS). I nationella strategier för RAS ges exempel på uppfattningar om området och vart man vill nå på sikt (Commonwealth of Australia, 2022). RAS är ett teknikrace, som speglar en oro för att hamna på efterkälken.¹⁹ RAS anges, i kombination med AI, innebära så omvälvande förändringar att själva fundamentet för krigföring kan förändras. Detta föranleder synsättet på RAS och AI som kritiska teknikområden (Commonwealth of Australia, 2022, s.20). Genom exemplifiering av RAS och militära robotar visar vi indirekt på behov av social robotik, då vi är övertygade om att aspekter av social robotik blir centrala vid utformning av semiautonoma eller fullt autonoma system. Merparten av exemplen vi redovisar nedan i detta avsnitt är obemannade.

Militär verksamhet är lösningsorienterad och militära robotar utformas för att lösa eller bidra till lösande av uppgifter. Sökresultaten på begreppet militär robot, utan hänsyn till om roboten är social eller inte, visar en bredd i både faktisk och tänkt användning av militära robotar (t.ex. Research and Markets, 2022; Cappuccio et al., 2022). Utgående från beskrivna tillämpningar för robotar, militära och civila, ser vi att robotarna på olika sätt används för att stödja lösandet av de uppgifter eller förmågor som listas i Tabell 5.

Tabell 5: Exempel på användning av militära robotar för att stödja lösandet av olika typer av uppgifter.

Robotens uppgift	Beskrivning på engelska	Referenser
Medicinsk och fysisk assistans till militär personal, inklusive rådgivning, konfliktlösning	Provision of medical and psychological assistance to military personnel, including training team building, counselling, and conflict mediation	Cappuccio et al., 2022
Inspektion på avstånd	Remote inspection	Cappuccio et al., 2022
Räddningstjänst	Search and rescue	Research and Markets, 2022; Crawford, 2018.
Uthållig säkerhet	Persistent security	Cappuccio et al., 2022
Gränskontroll, gränsbevakning, bevakning av bas	Border control/policing, security and patrolling operations at the base	Cheong, 2022; Army Technology, 2022
Transport	Transportation	Research and Markets, 2022
Brandbekämpning	Firefighting	Research and Markets, 2022
Ammunitionsröjning	Explosive Ordnance Disposal	Research and Markets, 2022
Minröjning	Mine Clearing	Research and Markets, 2022
Röjning och hantering av bomber, kemiska, biologiska och nukleära risker	Disposal and handling of bombs and chemical, biological and nuclear hazards	Cappuccio et al., 2022

¹⁸ I innehållsförteckningen till Research and Markets (2022) redovisas teknikområden, där flera överlappar med de områden vi diskuterar i vår rapport om social robotik.

¹⁹ <https://www.defense.gov/News/Speeches/Speech/Article/3507156/deputy-secretary-of-defense-kathleen-hicks-keynote-address-the-urgency-to-innovate/> Deputy Secretary of Defense Kathleen Hicks Keynote Address: 'The Urgency to Innovate' (As Delivered). Publicerad 2023-08-28.

Distribuerad kommunikation	Distributed communications	Cappuccio et al., 2022; Army Technology, 2022
Underrättelse, övervakning och spaning	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance	Research and Markets, 2022; Cappuccio et al., 2022
Målidentifiering	Target acquisition	Cappuccio et al., 2022
Infiltration och fysisk närvaro för spionage och sabotage	Infiltration and loitering for spying and sabotage	Cappuccio et al., 2022
[Skyddsformåga] Aktivt fysiskt skydd för militär personal och civila	[Protection] Active shielding of military personnel and civilians	Cappuccio et al., 2022
Strid	Combat	Research and Markets, 2022; Cappuccio et al., 2022

Cappuccio et al. (2022) återger en rad olika uppdrag där en mängd olika robotar testas, med fokus på interoperabilitet i hybridteam²⁰.

Ett antal exempel på militära robotar redovisas i Tabell 6 nedan. I källorna redogörs för ett antal olika robotar, där robotens funktion beskrivs på likartat sätt, men där de olika robotarnas respektive fördelar och risker bedöms mycket olika. Begreppet social robotik är inte ett kriterium för urval av de robotar som redovisas i Tabell 6. Ur källorna framgår inte hur sociala robotarna är och vi låter läsaren bedöma huruvida de anser att roboten behöver sociala färdigheter, såsom att förstå och hantera sig själv i sin miljö där människor ingår, signalera intention (såsom färdväg och militär avsikt), förstå mänsklig intention i specifika situationer samt anpassa sitt beteende efter en människors uppträdande.

Tabell 6: Exempel på olika koncept för militära robotar (Kumar, 2020; Nicol, 2020; Arti, 2022). Informationen i tabellen ger en bild av olika typer av militära robotar där social robotik kan vara mer eller mindre relevant.

MAARS (The Modular Advanced Armed Robotic System)

MAARS är en obemannad, bandgående militär robot. Den är modulärt utformad och kan användas för olika typer av uppgifter. MAARS är kommersiellt tillgänglig och enligt tillverkaren QinetiQs produktblad²¹ är roboten specifikt utformad för Reconnaissance, Surveillance and Target Acquisition (RSTA). Den möjliggör för soldaten att öka säkerhetsavståndet vid framskjuten gruppering såsom att ligga i bakhåll, vid fritagning av gisslan, hantering av upplopp, i områden med försätsminering eller vid röjning av hemmagjorda bomber. Roboten kan även användas om konflikten eskalerar genom att den kan förses med olika typer av utrustning för verkan, över hela skalan från icke-dödliga motmedel till vapen. Kumar (2020), Nicol (2020), Arti (2022) listas tekniska system såsom: laser, tårgas, granatkastare, satellitspårningssystem, upptäckt av fientlig eld, kamera och mörkerkamera.

SAFFiR

SAFFiR (Shipboard Autonomous Firefighting Robot)²², är en humanoid robot med stor rörlighet. Den används för att utvärdera obemannade system avseende uppgifterna skadekontroll och inspektion i komplexa fartygsmiljöer. Roboten har även utformats för att släcka bränder. Den har samma storlek som en människa, men klarar mycket högre temperaturer än människor. Målet är att SAFFiR ska arbeta tillsammans med den mänskliga besättningen ombord på fartyget.

BigDog, Spot

BigDog var en s.k. robotmula. Den kunde bära last i oländig terräng och är därför ett tänkt logistiskt stöd för soldater. Projektet är nu avslutat²³. Idag saluför Boston Dynamics roboten Spot²⁴ som ett stöd för framförallt industriella uppgifter.

DOGO

DOGO är en mindre, fyrbent, taktisk robot till stöd för polis och soldater²⁵. DOGO har en 360 grader visuell bild. Den DOGO uppges vara designad för rekognoscering, kunna agera som vakthund och användas vid terrorbekämpning. Den möjliggör även för soldater i fält att verka på större avstånd till mål.

²⁰ Uppdragen inkluderar: "Counter Submarine IncurSION, Sea Defence, Counter Piracy, Counter Arms Smuggling, Oil Terminal Blockade by Mining, Oil Terminal Infrastructure Attack, Base Attack, Base Defence, Support to Ground Forces, Containing Civil Unrest, Clandestine Insertion from Sea".

²¹ QinetiQs produktdatablad, se <https://www.qinetiq.com/en-us/capabilities/robotics-and-autonomy/maars-weaponized-robot>

²² För en uppdatering om projektet 2021, se <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2160601/shipboard-autonomous-firefighting-robot-saffir/#:~:text=SAFFiR%20is%20a%20two-legged%2C%20or%20bipedal%2C%20humanoid%20robot,area%20in%20the%20Navy%27s%20Science%20and%20Technology%20Strategy> (senast besökt 2023-10-17).

²³ Se <https://bostondynamics.com/legacy/> (senast besökt 2023-10-17).

²⁴ Se <https://bostondynamics.com/products/spot/> (senast besökt 2023-10-17).

²⁵ Se <https://www.grobotics.com/systems/dogo/#machine-0> (senast besökt 2023-10-17).

Den marknadsförs som en liten (ca 11 kg), bandgående och lätt maskin som kan ta sig upp för trappor. Genom att förses med olika funktionalitet kan den användas i ett brett spektrum av uppgifter, från att bidra till lägesbild till att hantera dödliga och icke-dödliga vapen och uppdrag. Den är försedd med mikrofon samt högtalare för att kunna lyssna på ljud i riskzoner men också för att kommunicera med, vad vi tolkar informationen som, förinspelade meddelanden som kan spelas upp på distans. Roboten är manuellt styrd och uppges (Kumar, 2020; Nicol, 2020; Arti, 2022) vara utrustad med en 9 mm pistol och två kameror för sikte.

PETMAN

PETMAN (Protection Ensemble Test Mannequin)²⁶ är en humanoid robot som utformats för att i rörelse och beteende likna en soldat. Roboten, som kan svettas, används för att pröva ny utrustning till soldaten. Framtidsplanerna anges vara autonoma sök- och räddningsoperationer.

Atlas

Atlas²⁷ är avancerad humanoid robot som utvecklas för att utforska den humanoida formen. Atlas demonstrerar en pågående utveckling mot nästa generations robotar och de krav på mobilitet, perception och intelligens som ställs på robotar för att de ska kunna bli vanligt förekommande bland människor (enligt utvecklaren)²⁷. Roboten utvecklas kontinuerligt för ökad komplex grundförmåga i rörelser och hantering av föremål.

Anbot

Anbot uppges (Nicol, 2020) vara en maskinliknande polis-robot utvecklad i Kina, av National Defence University. Den är utformad för patrullering och kan genom sin beväpning avlossa ett elektriskt laddat verktyg för verkan tänkt att användas vid upplopp. Den har en databas och kan på så sätt identifiera personer i den fysiska miljön som i databasen är taggade med kriminellt förflutet. Det är för oss osäkert om den är i bruk eller ett utvecklingsprojekt vid universitet.

För de uppgifter som robotarna i Tabell 6 är avsedda för bedömer vi att de borde vara försedda med sociala förmågor, det vill säga att robotarnas uppgifter, miljö, utformning och funktion bör medföra behov av sociala interaktioner. Vissa robotar bejakar antropomorfism genom humanoid eller biomimetisk utformning, medan andra är maskinlika men ändå utformade för (möjlig) interaktion. Ytterligare andra är enbart avskräckande. Från sammanställningen av information i tabellen framgår att robotarna utformats och testats för specifika uppgifter i väldefinierade miljöer, men att det mål som inledningsvis uppgivits ofta har varit att skapa en mer generell robot (se Tabell 6). Med teknikutvecklingen i allmänhet och med utvecklingen mot ”bättre” robotar uppstår förmodligen andra behov av socialt hänsynstagande. En grundfråga är, hur sociala militära robotar ska vara, och vilket beteende vi önskar att de har?

Nedan har vi sammanfattat resultaten från vår informationssökning i relation till verksamhet snarare än till huruvida roboten är social eller inte. Utgående från beskrivna tillämpningar för robotar, militära och civila, ser vi att robotarna på olika sätt kan användas för militära uppgifter:

- Användning av robotar i en militär kontext som liknar den som sker civilt, med exempel inom vård, utbildning och omhändertagande.
- Användning av såväl civila som militära robotar för att lösa uppgifter på ett mindre riskfullt sätt i svåra miljöer.
- Användning av militära robotar för att stärka befintlig förmåga eller nå bättre förmåga (eng. *Force Multiplier*), ett område där den sociala interaktionen idag är implicit.
- Möjligheten att använda sociala robotar för helt nytt uppträdande.

I följande avsnitt redovisar vi sammanställda resultat från sökningarna. Inledningsvis beskriver vi sociala robotar med potentiell militär tillämpning. Därefter presenterar vi exempel på existerande militära robotar och resonerar om huruvida dessa skulle kunna göras mer sociala (eller förstärka sådana inslag som redan kan finnas idag).

²⁶ Se https://nap.nationalacademies.org/resource/11959/PETMAN_brief_final.pdf

²⁷ Se <https://bostondynamics.com/atlas/>

3.4.1 Civila sociala robotar med överlappande militär tillämpning

I detta avsnitt beskrivs några exempel på civila tillämpningar av social robotik som överlappar, eller ligger mycket nära, de verksamheter som bedrivs inom den militära domänen. Detta är fall där civil forskning och utveckling kan anpassas för militär tillämpning och tillgodogörande av redan gjorda erfarenheter är särskilt viktigt.

Begreppet social robot används flitigt i forskningsartiklar om robotik inom hälso- och sjukvård, utbildning och assistans, dvs. omhändertagande verksamheter (Huang et al., 2023; Cifuentes et al, 2020; Yousseff et al., 2022). Exempel på tillämpningar finns inom fysisk och psykisk rehabilitering (Cifuentes et al, 2020), som stöd till människor med olika diagnoser (Cifuentes et al, 2020; Sheridan, 2020; Pennisi et al., 2016), för transport, logistik och fysiskt stöd i hemmamiljön (Cifuentes et al, 2020), för språkinläring (Yousseff et al., 2022) och för att informera och som guide i vårdmiljö (Cifuentes et al, 2020). De sociala robotarna har studerats avseende utmaningar och tillförda värden för såväl brukare som personal. Exempel på mervärden är tillgänglighet och stöd till brukaren i olika tjänster (fysiska, mentala och sociala mervärden) (Cifuentes et al, 2020). För organisationer kan robotar vara ett medel att hantera personell resursbrist, ett sätt att nå effektivare verksamhet och att ge ökad kvalitet i tillhandahållna tjänster. Sociala robotar kan även bidra till minskad risk för personal, vilket sågs under hanteringen av covid-19 (Huang et al., 2023). Många identiska eller liknande uppgifter förekommer även i militär verksamhet, från fred till krig.

Civila robotar med uppgift att interagera med människor är utseendemässigt designade för att vara tilltalande och kan ofta uppfattas som gulliga. Utseendet/uppträdandet hos roboten, som är en kombination av en rad faktorer, kan tyckas sekundärt men är av central betydelse. Det avgör t.ex. det första intrycket hos användare. Utseendet kan exempelvis vara förtroendeingivande (Henschel et al., 2021) och är en viktig aspekt att beakta i olika typer av operationer och för olika målgrupper (Cappuccio et al., 2022).

3.4.2 Lösa uppgifter med mindre risk i svåra miljöer

Alla civila sociala robotar är inte designade för att vara omhändertagande. Ett viktigt tillämpningsområde är att minska riskerna för personal vid lösandet av uppgifter i svåra miljöer. Detta inkluderar vissa uppgifter i den militära domänen.

Sedan lång tid tillbaka har robotar använts för så kallade smutsiga, trista och farliga (eng. *dirty, dull, dangerous*) uppdrag (Cappuccio et al., 2022). Det kan vara miljöer som människan har svårt att vistas i såsom en brandmiljö med gaser och hög värme eller djuphav för undervattensarbete²⁸. Robotar kan ta sig fram i utrymmen som är oåtkomliga för människor såsom rasmassor. Risker med att inte omhänderta social interaktion och antropomorfism visades i militära exempel redan tidigt 2000-tal avseende EOD-robotar (Cappuccio et al., 2022). I dessa tidiga exempel av robotik fanns den funktionella interaktionen på plats (smutsigt, trist och farligt), men det sociala och antropomorfa var förmodligen inte tillräckligt beaktat vid utformning och införande av eller vid träning med roboten. Risker med att inte omhänderta social interaktion och antropomorfism har även exemplifierats i avsnitt 3.3.2.

Den biomekaniska hundliknande roboten *Ghost Robotics Vision 60*, en så kallad Q-UGV (Quadrupedal Unmanned Ground Vehicle) (Army Technology, 2022), är ett exempel på hur robotar utformats för att minska risken i farliga miljöer för människor. Roboten, som är designad för både försvar och säkerhetstjänster uppges ge förbättrad lägesbild för markbaserade enheter och tros användas till stöd för soldater vid front i lösandet av olika uppgifter. Enligt Army Technology (2022) finns exempel på tester och användning:

- Säkerhetspatrullering vid en amerikansk militär flygbas
- Gränspatrullering vid den amerikanska gränsen mot Mexiko

²⁸ I detta fall är det troligen inte social interaktion med människor som roboten behöver ha förmåga till, men interaktion med de biologiska varelser som lever i denna miljö.

- Future Capability Group (FCG) i Storbritannien, där möjlig användning testas för tillämpningar såsom att leverera uppdragskritiska förnödenheter, kartlägga farliga områden och för vissa stridsuppgifter

Under 2022 prövade/demonstrerade den australiensiska armén att styra roboten med ett så kallat *brain-computer interface*²⁹ (Army Technology, 2022).

Systemet är obemannat och styrs av operatör. Det kan monteras på cirka 15 minuter, väger ca 50 kg, kan bära last på 10 kg och har en räckvidd om 10 km. Den kan, av bilder att döma, förses med extra ”armar” som monteras på systemet. Det uppges ha god rörlighet i svåra miljöer och kan gå, springa, krypa, klättra och simma samt fortsätta ha funktionalitet även om vissa sensorer slås ut eller om roboten ramlar (Army Technology, 2022).



Figur 14: Den biomekaniska hundliknande roboten Ghost Robotics Vision 60 Q-UGV, ett exempel på robot designad för att minska riskerna för egen personal. Foto Ghost Robotics Vision 60 Q-UGV, återgiven med tillverkarens tillstånd.

3.4.3 Förhöjd effekt av militär förmåga

Militär verksamhet är lösningsorienterad och militära robotar utformas för att lösa eller bidra till lösande av uppgifter. En av flera underliggande drivkrafter för införande av robotar är kvantitet. Smarta robotar ger en ökning av mängden ”agenter”, vilket är en utmaning för små länder eller länder med bristfällig tillgång till personal.

Robotar och autonoma system (RAS) förväntas bidra till en mängd mervärden. I stridsmiljö kan exempelvis RAS bidra till en bättre lägesbild och förbättrat beslutsfattande på alla nivåer. Soldatens förmåga kan förbättras genom minskad fysisk och kognitiv belastning och effektiviteten inom logistik, medicin samt underhåll kan öka. Genom teaming med RAS kan stridseffekt ökas och skyddet förbättras genom användning av framskjutna robotar. Därutöver kan RAS underlätta rörlighet, ge bättre manörförmåga och öka räckvidder i allmänhet (Commonwealth of Australia, 2022). Robotar (se exempelvis vissa av robotarna i Tabell 5) designade för att oskadliggöra eller bekämpa en viss typ av mål eller angripare är exempel på offensiv användning som är diskutabel. Vid sökningar på Google återfinns i bildform och i Youtube-kanaler med exempel på konceptrobotar. Det finns humanoidliknande exempel i både avskräckande och vänligare utformning, maskinliknande robotar för bevakning,

²⁹ Gränssnitt som medger direkt kommunikation mellan hjärnan och teknisk utrustning.

plattformidentiska robotar och robotar med biomimetiska former. Det finns även mer tilltalande robotar för sjukvårdskedja och omhändertagande. Ofta anges att robotarna utformats för fysiskt rörlighet i en komplex miljö eller för offensiv verkan.

Avseende offensiv användning uppstår en mängd frågor; om igenkänning av mål, social interaktion med mål och andra individer än tilltänkta mål, uppvisande av intention och förståelse av målets intention, rättsliga aspekter och så vidare.

Det går att diskutera hur sociala dessa robotar normativt bör vara. En bedömning är att behovet av social förmåga beror av hur roboten är tänkt att fungera, i vilken miljö den ska användas, synsätt på nyttjande av robotar och hur de som designar systemet uppfattar behovet. Graden av manuell styrning är central, från fallet obemannad robot med mänsklig kontroll, till helt autonomt uppträdande. Då militärt uppträdande varierar mellan länder kan det antas att eventuella offensiva robotars uppträdande och beteende kan variera.

3.4.4 Nytt uppträdande

Flera av de exempel på robotar som redogörs för ovan kan möjliggöra nytt uppträdande. Med robotmulan kan tung materiel bäras längre sträckor och under lång tid. En medvetet ökad risktagning och ett mer provokativt agerande kan uppnås med robotar som kan offras, där motsvarande uppträdande är alltför riskabelt för människan.

Ett exempel är Loyal Wingman-konceptet, där exklusiva bemannade flygplan såsom F-35 kan leda och verka tillsammans med ”billiga” obemannade/semi-autonoma farkoster. Dessa leds av piloter i F-35:or och kan utföra uppdrag som rekognosering/scouting eller utgöra sköldar att offras vid fientlig bekämpning (Cappuccio et al., 2022). I flertalet exempel utformas robotar till att verka framför soldater i framskjuten gruppering i syfte att lösa farliga uppgifter.

SVT publicerade under våren ett videoklipp där en fjärrstyrd drönare guidar en rysk soldat som kapitulerar.³⁰ Genom kamera, drönarens ”rörelser” och skriftlig instruktion kommunicerar den ukrainske drönarföraren med den ryske desertören. En social robots uppgift har beskrivits som en *caring interaction* (Sheridan, 2020). Att kapitulera, och därmed lita på en motståndares välvilja, är en intrikat social handling. Att förmå en soldat att kapitulera är i allra högsta grad en ”caring interaction”. Nya systems tillämpningsområden grundas i idéer om hur de är tänkta att användas. Exemplet i SVT visar en fjärrstyrd drönare, som är en relativt ny teknik med många militära tillämpningar. Om drönaren varit fullt autonom, hade den på förhand behövt vara programmerad till att förstå situationen ”kapitulerande soldat” för att kunna lösa uppgiften. Till skillnad från många andra uppgifter för drönaren är kapitulation en social handling som beror av motståndarsidans agerande.

Robotar kan utformas för olika typer av uppgifter. Robotens grundläggande fysiska form designas för olika behov. Ovan har getts olika exempel, såsom humanoida robotar, fyrbenta robotar och maskinliknande robotar. Ett ytterligare exempel är ormrobotar (eng. *snake robots* eller *snakebots*) (Li et al, 2022; Crawford, 2018; Liu et al, 2021). Det är en biomimetisk robot med olika storlekar, från mycket små för användning för olika medicinska ändamål inuti människokroppen, till mellanstora för räddningsinsatser i katastrofområden och för militär spaning. Det finns även större för exempelvis djuphavsuppdrag. Dessa ormrobotar kan användas för olika uppgifter i samhället, som för laddning (eltankning) av bilar, i räddningsuppdrag inklusive brandsläckning och i militär verksamhet. De är flexibla, har en bra framkomlighet i för människan svåra miljöer och kan bära olika typer av utrustning. Ytterligare exempel på möjlig användning av ormrobotar är ”tunnel warfare” (Saballa, 2023), och bormning i berg/sand (Irving, 2021). I vissa fall är, enligt vår bedömning, social robotik något att i högsta grad beakta vid utformning av roboten, exempelvis vid användning i sökinsatser i rasmassor. När en robot hittar levande människor begravda i rasmassor torde både robotens utformning (fysiska utseende och uppträdande) samt

³⁰ www.svt.se, Ryska soldaten kapitulerar - leds bort av drönare, publicerad 2023-05-11 kl 11.22. Senast besökt 2023-09-11.

möjlighet till kommunikation vara centrala funktionaliteter. I andra användningsfall, som ovan nämnda miniormar för medicinsk nytta i människokroppen (Li et al, 2022), är social robotik tämligen irrelevant i relation till patienten, även om interaktionen i relation till vårdpersonalen är central.

Sociala robotar är ofta avsiktligt designade för att hantera sociala situationer och utvecklarna intar därför en central roll (Tanqueray & Larsson, 2023). Utvecklarna påverkar medvetet eller omedvetet robotens socialitet genom normativa beslut vid utformning. Det framgår inte från avskanningen hur normer avseende beteende hos framtidens sociala militära robotar beaktas, vems normer roboten ska uttrycka, eller hur och vilken aktörs metoder den sociala roboten ska använda för lösande av uppgifter. I militär verksamhet finns formella och internationellt gällande normer, men även lokala och nationella normer. Kommer sociala robotar utformas för att passa in i gängse lokal norm, eller anpassas verksamheter efter de sociala robotarna? Fler, mer spekulativa exempel på framtida möjligheter för nytt uppträdande och ny förmåga diskuteras i avsnitt 4.5.

4 Diskussion om social robotik i en militär kontext

I detta kapitel diskuteras frågeställningar kopplat till social robotik i en militär kontext som arbetsgruppen funnit saknas såväl i den vetenskapliga litteraturen som i information från andra källor vilken samlats in under avskanningen. Avsikten är att fånga de viktigaste insikterna som erhållits inom arbetsgruppen under arbetets gång gällande vad som särskiljer tillämpningen av social robotik för militära ändamål gentemot civila tillämpningar. Fokus ligger därför på att identifiera områden som skulle behöva studeras djupare för att kunna bedöma om och hur utveckling av ny militär förmåga kan ske genom införel av social robotik. Resonemangen är sprungna ur en korskoppling mellan den vetenskapliga litteraturen och annan information som samlats in under avskanningen och den sedan tidigare existerande forskningskompetens och erfarenhet av den militära domänen som finns inom arbetsgruppen. I kapitlet presenteras därmed resultat från den analyserande fasen av avskanningen.

Två övergripande insikter vad gäller social robotik i en militär kontext är:

1. Social robotik är ett (i huvudsak) civilt område med många relativt mogna tillämpningar, bland annat inom vård och omsorg. För Försvarmakten är det centralt att bygga förståelse om vad som kan vara kännetecknande för social robotik i en militär kontext med ett större djup än vad som varit möjligt i denna översiktliga avskanning. Vilka civila tillämpningar har sina paralleller i den militära kontexten? Vilka speciella tillämpningar, utan direkta civila motsvarigheter, kan vara efterfrågade inom den militära sektorn? Det handlar således om att förstå området ”social robotik i en militär kontext”.
2. Robotik och autonoma system väcker frågor när det gäller allt från folkrättskonventioner till vardaglig etik och moral. Ju mer kvalificerade systemen blir desto viktigare blir det att ta detta i beaktande utifrån såväl det mänskliga som det ”maskinella” perspektivet.

Detta är två väsentliga områden att studera på väg mot införande av tillämpningar av social robotik inom försvarsdomänen. Löser vi inte den första punkten kommer vi inte att förstå när och hur vi ska använda social robotik för försvarstillämpningar, hanterar vi inte den andra punkten kommer vi inte att förstå var gränserna för tillämpningarna går och vilka krav på mänsklig kontroll och möjlighet till ingripande som behöver säkerställas.

4.1 Sociala robotars beteenden och utseenden

De robotar som används i civila tillämpningar, såsom för omvårdnad och rehabilitering, har en i allmänhet positiv eller neutral känslomässig interaktion. Utseendemässigt är robotarna oftast antingen neutralt industriella eller rara och mjuka med barnliknande eller kvinnliga drag. Jämfört med dessa civila sociala robotar och de uppgifter de ska lösa, så utgör vissa militära uppgifter och tillhörande robotar en motpol. Den militära domänen karakteriseras av uppgifter som i stor grad omfattar kontroll, aggression och våldsutövning. Alla dessa uppgifter är sociala men associeras generellt sett med ett negativt beteende. I sådana tillämpningar får begreppet ”social robotik” en annan nyans än det begreppet framförallt associeras med i andra tillämpningar. Både i fallen omsorg och för aggression krävs att roboten kan interagera socialt. Den måste kunna interagera med människan och förstå människans reaktion och hantera denna. Omhändertagande kan kännas avsevärt mer socialt än kontrollerad våldsanvändning. Men kanske är rätt social interaktion ännu mer avgörande i den tidskritiska, komplexa och aggressiva kontexten. Frågan är när, och om, en sådan social robot kan och bör utformas.

Än så länge har robotar som agerar mer eller mindre autonomt svårt att hantera komplexa miljöer. Att vara social kan vara komplicerat. Däremot finns gott om exempel på robotar som självständigt, eller i enkel interaktion med människor, kan lösa en väl definierad uppgift i en specifik miljö. Resonemanget liknar mycket det som förs om AI och superintelligens

eller generell intelligens, vilket inte är så märkligt då robotens ”hjärna” består av beräkningskapacitet och algoritmer. I grunden är en robot en maskin med avancerad datorbearbetning. Utvecklingen av sociala robotar är därmed nära kopplad till AI-utvecklingen generellt.

De begrepp som används för att beskriva interaktion med robotar varierar, från ett tekniskt och funktionsmässigt språk till ett som liknar vardagligt mänskligt språk. Begreppen avspeglar kulturen inom olika forskningsområden, men genom språkbruk ges även en signal om vad man vill uppnå med roboten. Vilka de önskvärda formerna av social interaktion och beteenden är hos robotar som används för militära tillämpningar bör studeras.

Robotens fysiska utformning och dess databearbetning kan designas för att försvåra eller underlätta människans ”tilltro” till roboten som en smart interagerande entitet. Roboten kan utformas så att människan (omedvetet) tolkar och implicit tror sig förstå robotens funktion och intention. Det avspeglas i människans beteende mot roboten, men behöver inte, sett från ett antagonistiskt perspektiv, alls vara fallet. En robot som uppfattas som snäll kan vara elak. Designen kan användas för att väcka känslor i syfte att underlätta interaktionen med roboten, men kan också användas för att manipulera hur den uppfattas.

Sökresultaten omfattar robotar som, visserligen i grunden med humanoid utformning, har tilldelats mycket olika utseenden. Exempelen omfattar allt från humanoider med röda ögon, fyrkantiga lemmar som är terminatorliknande till runda, mangaliknande, mänskliga och spensliga humanoider. Den yttre designen till trots kan funktionen rent hypotetiskt vara identisk. Den mjuka och tilltalande roboten kan utformas för lika dödliga och informationsinhämtande uppgifter som den terminatorliknade roboten kan utformas till att ta hand om äldre och små barn. Rent tankemässigt och ankningsmässigt är kanske inte terminator-nannyn så tilltalande, men den är fullt möjlig. Designen skapar en utsaga om funktioner och detta kan användas för eller emot oss. En utseendemässigt barnliknande robot med militära uppgifter är fullt möjlig. En sådan robot kanske till och med skulle vara (oetiskt) effektiv om fienden inte förstår att den utgör ett hot.

Redan idag finns utmaningar med militär personal som inte uppträder i uniform, utan i annan klädsel, med avsikt att förvirra och fördröja en motståndares agerande. Samma utmaning, eller möjlighet, finns med robotar. En punkt för forskning, diskussion och reglering bör vara robotars utseende och uppträdande i relation till faktiskt och förväntad funktion bland olika grupper (egna förband, andras förband, civilbefolkning) och i olika miljöer (från enkel och kontrollerad till kontextuellt utmanande). Vem hanterar denna forskningsfråga för sociala robotar?

4.2 Människans perspektiv – teaming och tillit

Om en deltagare i en grupp eller ett team inte fungerar tillsammans med de övriga deltagarna medför detta att teamet kommer att underprestera och i värsta fall inte nå sina mål. Det finns ett behov av att studera hur människa och robot ska sättas samman till välfungerade team för att gemensamt lösa uppgifter. Detta innefattar vilka deluppgifter som ska utföras av människor respektive robotar samt hur interaktion och samarbete ska utformas. Såväl situationer där arbetet i teamet flyter på som avsett som när teamet inte fungerar som det ska behöver studeras. Om forskning avseende detta uteblir så kommer det inte att vara möjligt att utforma effektiva, agila och resilienta team, bestående av människor och robotar.

För att människan och roboten varaktigt ska kunna verka tillsammans måste etik och moral beaktas, ur såväl robot-människa-perspektivet som människa-robot-perspektivet. Den mänskliga förmågan att kunna anpassa sitt budskap till andra, det som med en engelsk term kallas recipient design (Tuncer et al., 2022), kommer också in här. Tankar om detta behöver finnas med redan på designstadiet.

Olika människor och robotar besitter varierad grad av kunskap och förmågor. Saknar roboten förmåga att anpassa sitt beteende och budskap efter olika mottagare kan det få stora konsekvenser för bland annat samarbetsförmågan. I en militär kontext kan följderna av sådana brister bli ödesdigra.

Hur kan ett varaktigt förtroende mellan robot och människa skapas och säkerställas? Oavsett hur väl designad en robot är ur en teknisk synvinkel, kommer det inte vara tillräckligt om inte de människor som ska samverka med roboten känner att de kan lita på den. Robotens beteende behöver svara mot detta. Människans syn på ansvar, etik och moral blir viktiga parametrar då vi, åtminstone omedvetet, förväntar oss att roboten i tillräcklig grad svarar upp mot våra mänskliga förhållningssätt och förväntningar. Om man exempelvis till en början uppfattar roboten som pålitlig men det sedan inträffar något som gör att man känner sig osäker eller sviken, kan förtroendet vara förbrukat. Det är också svårt att återbygga tillit till roboten vilket gör det kritiskt att initiala förväntningar på den inte överskrider dess faktiska kapacitet. Därav är det viktigt att roboten kan kommunicera sina begränsningar och möjligheter, samt att människan har en förståelse för robotens funktion och hur den agerar i olika kontexter.

Det spelar roll vem som utformar sociala robotar, vems normer de är satta att följa och vems beteenden de ska förstå. Om detta inte preciseras som en del av kravställningen blir det lämnat till programmerare och utvecklare av roboten att utforma dess ”personlighet”.

I många militära grupper är social interaktion och beteenden kritiska. Personalen måste ha tillit till varandra för att på bästa sätt lösa uppgifter med rätt nivå av risktagning. En central fråga är om det militära forskarsamhället och utvecklarna av militära robotar tillräckligt väl förstår och kan omsätta dessa formella och informella sociala interaktioner för att utforma militära sociala robotar. Är forskningen ens i närheten av att tillräckligt väl förstå soldaternas och gruppernas formella och informella sociala samspel i olika konfliktmiljöer och kontexter för att utveckla sociala robotar? Är det över huvud taget möjligt att bedriva utveckling av de sociala funktionerna om inte detta sker tillsammans med användarna? En militär social robot är inte en människa, den designas. En fråga för fortsatt diskussion är om robotarna bör utformas i samverkan. När en robot skapats finns fördelen att den är en maskin som kan klonas, med identiskt eller modifierat beteende. Det innebär även att militär personal tränas på specifika sociala militära produkter vars beteende man kan lära sig och förhålla sig till.

Utan tillit vill ingen ha robotarna, och det kan leda till en så kallad ”disuse” då användare aktivt väljer att ignorera systemets förmågor, även i de fall människa och robot presterar bättre tillsammans än vad människan gör utan robot.

4.3 Ett systemperspektiv på sociala robotars funktionalitet

Vid införandet av sociala robotar är det angeläget med en övergripande systemdesign. Helhetslösningar blir ett måste, då införandet av sociala robotar påverkar metod och taktik. Sociala robotar utgör högst påtagliga objekt i den fysiska miljön, upptar ledningssystemkapacitet och påverkar även logistik för att ta några exempel. Samtidigt finns många enskilda detaljer som har betydelse. Behoven och lösningarna är militärt specifika och behöver därför beforskas och testas i egen regi.

Överlapp finns med delar som redan omhändertas i befintlig forskning. Autonomiområdet är ett sådant. Under antagandet att autonomiområdet tillväxer, så kommer många autonoma system och robotar införas inom en stor bredd av tillämpningar där det är funktionellt och möjligt. Samtidigt som det kan vara svårare och kostsammare än man i förstör tror, har robotar mervärden, särskilt om de kan utföra uppgifter som idag är omöjliga eller innebär stora risker för liv och hälsa, eller om de innebär en stor effektivisering.

Som framgått spänner existerande och tänkta sociala robotar utformningsmässigt och uppgiftsmässigt över en bred skala. De kan vara utformade såväl för att utföra en specifik uppgift i en viss miljö, som för att lösa en bred portfölj av olika uppgifter i komplexa miljöer. Det är rimligt att anta att flera av de civila robotarna är militärt användbara. När det gäller mer komplicerade militära uppgifter behöver förmodligen civila robotars grundfunktionalitet (plattformen) anpassas avseende exempelvis kommunikation och säkerhetslösningar samt kompletteras med moduler för aktuell uppgift. Dessa militära särkrav, som inte är prioriterade i civil verksamhet, behöver manifesteras i en militär systemdesign för sociala robotar.

Den sociala funktionaliteten kan vara mer eller mindre integrerad som ett grundfundament i roboten eller som en tilläggsfunktion eller specifikt utformad funktion. Tekniskt sett kan åtminstone vissa av de redovisade plattformarna utrustas med moduler. Antalet tillämpningsområden kan då snabbt öka. En modul kan vara allt från en extra arm, till en ytterligare kamera (öga), en social komponent eller ett vapen för verkan. De militärt tillagda modulerna ger den militära tillämpningen. En militär robot kan därtill utformas till att vara mer eller mindre social för att på bästa sätt bidra till lösande av uppdrag.

Den tekniska utveckling som berör social robotik går mycket snabbt. För att inte sociala robotar som tas fram genast ska bli omoderna behöver dessa kunna uppgraderas efterhand. Detta gäller framförallt mjukvarumässigt men också hårdvaran kan behöva förnyas successivt. Om standardiserade moduler nyttjas för att sätta samman robotarna finns stora kostnadsvinster att göra. Därmed behöver de nödvändiga militära särkraven utredas och fastställas för att kunna hållas till ett minimum. Detta medför att det finns behov av kunskap avseende hur en systemdesign för sociala robotar för militär användning ska utformas, som medger vidare utveckling och lägre kostnader. Om forskning inom detta område uteblir finns risken att sociala robotar kommer att vara alltför exklusiva och kostsamma för militära tillämpningar.

4.4 Effektivt införande av sociala robotar i komplex militär miljö

En central frågeställning är i vilka fall det är motiverat att göra robotar, eller olika typer autonoma system, sociala. När tar det sociala bort fokus från rätt sak? Finns det kostnadsdrivande effekter som är specifika för sociala robotar? Vad är det som är dyrt med sociala robotar, sett över deras livstid?

Därtill finns risk för teknisk övertro, som gör att social robotik blir en tillfällig trend eller fluga. Risken för misslyckade införanden har redan berörts, och teknikstress kan uppstå om det blir krångligt att hantera robotarna.

Att införa ny teknik i befintlig verksamhet kan i sig vara en utmaning. Det kan finnas en skepticism mot den aktuella tekniken, och dessutom kan det krävas förändringar av verksamheten såväl som kompetensen hos de mänskliga aktörerna för att vinsterna med införandet ska realiseras. Införandet av sociala robotar kan komma att bli mer utmanande än det varit för andra teknikförändringar, t.ex. informationssystem. Oförutsedda effekter av införandet som inte förutsetts kan uppstå, såsom antropomorfism. Små anpassningar i såväl införandet som robotarnas utformning kan betyda skillnaden mellan succé och katastrof. Om inte forskning inom detta område sker finns risken för mindre lyckade införanden, vilket kan komma att bromsa utvecklingen.

Militär verksamhet är en heterogen blandning av aktiviteter. Vid diskussion om militära sociala robotar bör man ha robotens huvuduppgifter i åtanke. Ska den användas för att lösa uppgifter i freds- eller krigstid? Detta kan påverka hur den inordnas i organisationen. Det spelar också roll om den kommer att samverka med enskilda individer, i mindre men över tid stabila grupper eller i ett större socialt sammanhang. Innefattar det även samverkan med civila grupper, eller interaktion med civilbefolkning? Ska den samverka med andra robotar, autonoma system eller andra tekniska system? Kommer den att befinna sig i miljöer där en

fientlig motståndare rör sig? Ska den enbart hantera en kontrollerad och på förhand karterad miljö, såsom en skyddad stabsbyggnad, eller ska den även kunna verka i en kaotisk yttre fysisk miljö?

En grundläggande fråga är därför vilken militär verksamhet som bäst kan nyttja och är i störst behov av militära sociala robotar. Denna verksamhet behöver också kunna uppfylla regelverk och efterleva etiska ställningstaganden. Förutom frågeställningarna ovan beror den sociala robotens funktionella utformning exempelvis på vilken stridskraft eller funktion den ska tillföras och dess tillgång till kritisk infrastruktur.

4.5 Helt nya förmågor och icke-konventionella användningar

Långsiktigt är det också viktigt att inte låsa sig vid redan existerande tillämpningar, utan även titta utanför boxen av det redan existerande. I detta sammanhang kan det vara värt att reflektera över hur vi kan undvika att upprepa det historiska exemplet att designa tågagnar som ser ut som diligenser, dvs. hur vi istället kan lyckas designa teknik som kan användas lång tid framöver. Ett konkret exempel är de ormliknande robotar som presenterades i avsnitt 3.4.4, vilka gett tillgång till nya förmågor.

Den som lyckas använda teknikens möjligheter på ett okonventionellt sätt har potential att överraska en motståndare och/eller bli mer effektiv. Helt nya tillämpningar för de sociala robotarna kan göra det möjligt att lösa existerande förmågebehov med mindre konventionella idéer eller helt enkelt göra existerande förmågebehov ”gammalmodiga”. Här har forskningen en särskilt viktig roll att fylla. Den kan innefatta att spana på mer okonventionella användningar, även i helt andra branscher än försvar och säkerhet, eller att förutsättningslöst genomföra kreativ brainstorming.

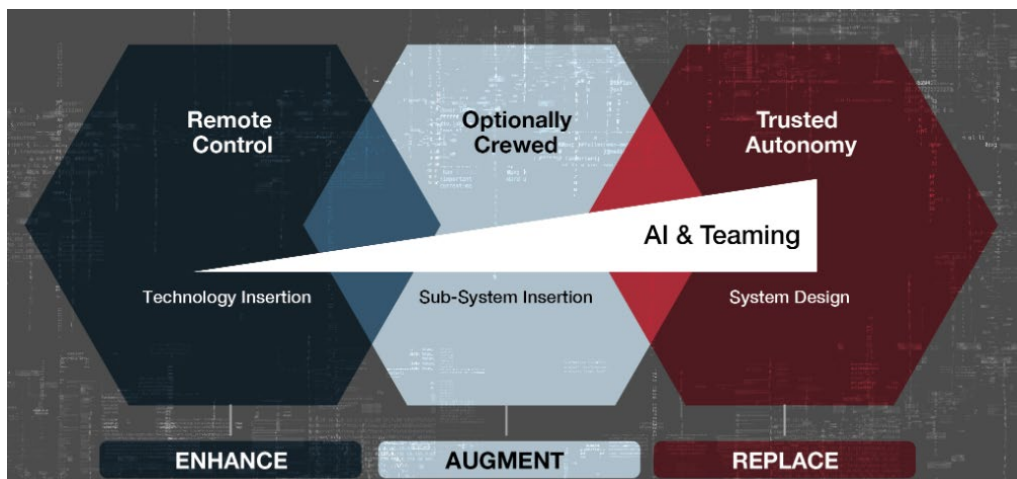
Den snabba utvecklingen inom obemannade och autonoma system samt AI påverkar även utvecklingen inom social robotik. Därav borde sociala aspekter, utöver traditionell HRI (eng. *Human Robot Interaction*), också omfattas av ett ökande intresse.

Att inte vara uppmärksam på utvecklingen inom social robotik kan leda till att viktig förmågeutveckling missas. Utvecklingen i omvärlden bör därför bevakas, och proaktiv forskning bedrivs i syfte att tydliggöra svenska militära förmågebehov för utvecklare och nyckelaktörer inom området.

Avseende nytt uppträdande och smartare sätt att lösa uppgifter hittar vi exempel i litteraturen. Det går att anta att nya uppgifter, designade robotar och metoder kommer att uppträffa i framtiden. Att hitta nya sätt att lösa uppgifter på tillsammans med robotar är bundet till de idéer vi har idag om robotars användning. Dessa idéer påverkar idégenerering och utformning. Faktorer som påverkar är uppfattningar om vad som är socialt i en militär kontext, vems normer och spelregler som robotar utformas att följa, hur militära sociala robotar kan användas på oförutsedda sätt och i relation till civilbefolkning och mycket mer. En militär robot kan utformas till att vara mer eller mindre social för att på bästa sätt bidra till lösande av uppdrag och för att hantera antropomorfa faktorer. Vad som är ny förmåga är i sig en tillämpad forskningsfråga, för Sverige och i samverkan med andra länder.

Ny förmåga eller nytt uppträdande och dess konsekvenser är en strategisk frågeställning, där social robotik är en delmängd. Detta illustreras av Figur 15 nedan och följande citat (från Scharre, 2017, s. 20)

”Autonomous Systems raise challenging operational, strategic, and policy issues, the full scope of which cannot yet be seen. The nations and militaries that see the furthest into a dim and uncertain future to anticipate these challenges and prepare for them now will be best poised to succeed in the warfighting regime to come.”



Figur 15: Bild hämtad från (Commonwealth of Australia, 2022) som illustrerar olika faser i en potentiellt disruptiv systemutveckling.

4.6 Särskilda risker inom den militära domänen

En rad civila exempel på sociala robotar har lyfts fram ur den breda informationsinsamlingen. Dessa robotar existerar i en miljö och kontext som kräver en tillräckligt hög grad av samarbete och social förmåga mellan robot och människa för att interaktionen ska flyta på naturligt utan oförutsedda händelser. En framträdande faktor som påverkar människans attityd och sätt att interagera med en robot orsakas av människans tendens till att antropomorfisera agenter som uppträder autonomt och har ett socialt beteende. Detta fenomen har visat sig medföra risker i en militär kontext där soldater känner en så pass stark empatisk koppling till en robot att de i vissa fall skulle kunna sätta sina liv på spel för att rädda roboten. Det kan även finnas andra risker kopplade till spridning av teknikutvecklingen till organiserad brottslighet, terrorister eller andra antagonisters användning. Det innebär att det skulle behöva initieras forskning och utveckling kring motmedel mot sociala robotar.

Traditionellt har robotar använts för farliga och ohälsosamma uppgifter (smutsiga, trista och farliga). Kan dessa robotar utformas så att de kan informera mänsklig personal inför att de går in i riskområden, att de är livlösa ting och därmed kan offras? Ett annat fall där detta skulle kunna bli aktuellt är i loyal wingman och eventuella kamikaze-uppdrag. Dessa risker och situationer är huvudsakligen specifika för den militära kontexten. De behöver därför studeras för att skapa en stabil kompetensmässig grund för rutiner, regelverk och träning.

Att inte studera dessa områden kan medföra problem för framtida tillämpningar inom militären och det finns risk att halka efter i forskningen. Som redan påpekats kan ett samarbete mellan en människa och AI uppnå mer tillsammans än var för sig. Detta kan vara avgörande om en motståndare nyttjar människans intuition och kompetens tillsammans med AI-systemens kraftiga beräkningsförmåga och vi inte gör det, då kan motståndaren till och med bli överlägsen våra bästa beslutsfattare. Det finns alltså risker att studera kopplade till att hantera rent antagonistisk användning av sociala robotar men också hur en smart motståndare använder de möjligheter som ges.

Risker i samhället i stort kan även påverka den militära domänen. Om exempelvis hälso- och sjukvården blir beroende av sociala robotar för en fungerande verksamhet, vilka nya sårbarheter byggs då in? Såväl rent funktionellt (hur ska sociala robotar laddas om elen slås ut) som antagonistiskt (om någon byggt in skadlig kod eller på annat sätt kan nyttja sociala robotar antagonistiskt).

Sena regleringar kan skapa säkerhetsluckor som blir svåra att fylla igen i efterhand. Sena regleringar kan också försena införandet av teknik som kan hjälpa människor och göra samhället effektivare. Kunskap och kompetens är en god grund för ett gott samhälle, även i det här perspektivet.

4.7 **Kommentar på användning av metoden**

En stor utmaning i arbetet med denna avskanning har varit att effektivt utnyttja de begränsade resurserna. Detta är en svårighet som i mångt och mycket ligger inbyggd i den explorativa verksamhet som en avskanning innebär. För breda och relativt mogna områden som social robotik, som påvisar stor bredd både vad gäller tillämpningar och publicerad vetenskaplig forskning, blir detta särskilt märkbart. Detta då uppdraget även innefattar att hypotesprova och värdera vilka tekniker som är av särskilt vikt för Försvarmakten. För att lösa den uppgiften har i denna avskanningsstudie en bred informationssökning kombinerats med viss fördjupning inom ett mindre antal områden som bedömts vara av särskild relevans för Försvarmakten.

En annan fråga är vilken bias som införs när en begränsad mängd experter används vid insamling, urval, värdering och prioritering (Bonaccorsi et al., 2020).

5 Slutsatser och rekommendationer

Det finns överlapp mellan forskning inom social robotik och med pågående verksamheter inom Försvarmaktens forsknings- och teknikutvecklingsprogram, särskilt vad gäller FoT-området Ledning och MSI och temaområdet Autonomi. Den civila forskningen och utvecklingen bör fortsatt följas och samverka med civila forskningsaktörer övervägas. De områden vi särskilt pekat ut som relevanta för Försvarmakten i sammanhanget är:

- Systemdesign
- Human-autonomy teaming
- Antropomorfism

Vidare är det intressant att fortsatt undersöka:

- Användning av sociala robotar i en militär kontext som liknar den som sker civilt, med exempel inom vård, utbildning och omhändertagande
- Användning av såväl civila som militära robotar för att lösa uppgifter på ett mindre riskfullt sätt i svåra miljöer
- Användning av militära robotar för att stärka befintlig förmåga eller nå bättre förmåga, ett område där den sociala interaktionen idag är implicit
- Möjligheten att använda sociala robotar för helt nytt uppträdande

För att ha ett bra beslutsunderlag om framtida användningar av social robotik i en militär kontext finns därtill ett antal frågeställningar ytterligare forskning krävs. Det gäller:

- Sociala robotars beteende och utseende
- Människans perspektiv vad gäller teaming och tillit i relation till sociala robotar.
- Systemperspektiv på sociala robotars funktionalitet
- Effektivt införande av sociala robotar i den komplexa militära miljön
- Nya förmågor och icke-konventionella användningar
- Särskilda risker med användningen av sociala robotar inom den militära domänen

Slutligen finns det skäl att särskilt se över vilka nya sårbarheter ett införande av sociala robotar i en militär kontext kan medföra.

Förutom att söka samverka med den civila forskningen och utvecklingen kan det finnas skäl att samverka mellan försvarsmyndigheterna vad gäller nationella förutsättningar, organisation, doktrin och anskaffning. Då utvecklingen inom området går snabbt och det finns många utmanade frågeställningar att hantera finns även anledningar att samverka internationellt beträffande militära tillämpningar, interoperabilitet, teknologikutveckling och generella mänskliga aspekter med betydelse för den militära domänen.

De åtgärder vi föreslår i denna rapport bedömer vi vara nödvändiga för att:

- Förstå teknikens möjligheter för att kunna nyttja dem och därmed skapa egna fördelar
- Proaktivt hantera risker med en uppdaterad motståndare, exempelvis genom att utveckla egna motmedel
- Hantera risker förknippade med att tillämpa teknik vi inte fullständigt behärskar
- Inte hamna efter i utvecklingen gentemot internationella partners och eventuella framtida allierade

Referenser

- Admoni, H., & Scassellati, B. (2017). Social Eye Gaze in Human-Robot Interaction: A Review. *Journal of Human-Robot Interaction*, 6 (1), 25-63. <https://doi.org/10.5898/JHRI.6.1.Admoni>
- Akalin, N., & Loutfi, A. (2021). Reinforcement Learning Approaches in Social Robotics, *Sensors*, 21, 1292. <https://doi.org/10.3390/s21041292>
- Alenljung, B., Lindblom, J., Andreasson, R., & Ziemke, T. (2017). User Experience in Social Human-Robot Interaction. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, 8(2), 12-31. <https://doi.org/10.4018/IJACI.2017040102>
- Lindblom, J., & Alenljung, B. (2020). The ANEMONE: Theoretical Foundations for UX Evaluation of Action and Intention Recognition in Human-Robot Interaction. *Sensors*, 20, 4284. <https://doi.org/10.4018/IJACI.2017040102>
- Allgor, R., Cezik, T., & Chen, D. (2023). Algorithm for Robotic Picking in Amazon Fulfillment Centers Enables Humans and Robots to Work Together Effectively. *INFORMS Journal on Applied Analytics*, Article in Advance. <https://doi.org/10.1287/inte.2022.1143>
- Allyn, B. (2023, 2 mars). Microsoft's new AI chatbot has been saying some 'crazy and unhinged things'. *NPR*. <https://www.npr.org/2023/03/02/1159895892/ai-microsoft-bing-chatbot>
- Andreasson, R., Alenljung, B., Billing, E., & Lowe, R. (2018). Affective Touch in Human-Robot Interaction: Conveying Emotion to the Nao Robot. *International Journal of Social Robotics*, 10, 473-491. <https://doi.org/10.1007/s12369-017-0446-3>
- Andrews, R. W., Lilly, J. M., Srivastava, D., & Feigh, K. M. (2023). The role of shared mental models in human-AI teams: a theoretical review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 24(2), 129-175. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2022.2061080>
- Armstrong, D. (2013, 17 september). Emotional attachment to robots could affect outcome on battlefield. *The University of Washington News*, <https://www.washington.edu/news/2013/09/17/emotional-attachment-to-robots-could-affect-outcome-on-battlefield/>
- Army Technology (2022, 20 september). *Ghost Robotics V60 Unmanned Ground Vehicle, USA*. *Army Technology*. <https://www.army-technology.com/projects/ghost-robotics-v60-unmanned-ground-vehicle-usa/#:~:text=The%20Ghost%20Robotics%20Vision%2060%20%28V60%29%20Quadruped%20is,dog%2C%20based%20on%20the%20bio-mechanics%20of%20a%20dog>
- Arti (2022, 18 mars). Top 10 Scary Military Robots in Use! The Terrifying Tales. *Analytics Insight*. <https://www.analyticsinsight.net/top-10-scary-military-robots-in-use-the-terrifying-tales/>
- Axelsson, M., Oliveira, R., Racca, M., & Kyrki, V. (2021). Social robot co-design canvases: A participatory design framework. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, 11(1), 1-39.
- Bengtsson, K., & Woltjer, R. (2017). *Autonomi och obemannade system: Inriktning av forskning inom delområdet Manned-Unmanned Teaming (MUM-T)*. FOI-R--4522--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Broadbent, E. (2017). Interactions With Robots: The Truths We Reveal About Ourselves. *Annual Review of Psychology*, 68, 627-652. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-043958>

- Breazeal, C., Dautenhahn, K., & Kanda, T. (2016). Social Robotics. In B. Siciliano & O. Khatib (Eds.) *Springer Handbook of Robotics. Springer Handbooks*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_72
- Bonaccorsi, A., Apreda, R., & Fantoni, G. (2020). Expert biases in technology foresight. Why they are a problem and how to mitigate them. *Technological Forecasting & Social Change*, *151*, 119855.
- Cappuccio, M.L., Gallioth, J.C., Sandoval, E.B. (2021). Mapping Meaning and Purpose in Human-Robot Teams: Anthropomorphic Agents in Military Operations. *The Philosophical Journal of Conflict and Violence*, *V(1)*. <https://doi.org/10.22618/TP.PJCV.20215.1.139005>
- Cappuccio, M.L., Gallioth, J.C., Sandoval, E.B. (2022). Saving Private Robot: Risks and Advantages of Anthropomorphism in Agent-Soldier Teams. *International Journal of Social Robotics*, *14*, 2135–2148. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00755-z>
- Cheong, I.M. (2022, 4 januari). China deploys 'killer robots,' autonomous weapons platforms along Indian border. *RebelNews*. https://www.rebelnews.com/china_deploys_killer_robots_autonomous_weapons_platforms_along_indian_border
- Cifuentes, C.A., Pinto, M.J., Céspedes, N., & Múnera, M. (2020). Social Robots in Therapy and Care. *Curr Robot Rep*, *1*, 59–74. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00009-2>
- Coeckelbergh, M. (2022). Three Responses to Anthropomorphism in Social Robotics: Towards a Critical, Relational, and Hermeneutic Approach, *International Journal of Social Robotics*, *14*, 2049–2061. <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00770-0>
- Commonwealth of Australia. (2022). *Robotic & Autonomous Systems Strategy v2.0*. Robotic and Autonomous Systems Implementation Coordination Office (RICO), Future Land Warfare Branch, Army Headquarters. <https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/Robotic%20and%20Autonomous%20Systems%20Strategy%20V2.0.pdf>
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., Duran, J. L., & Taylor, A. R. (2007). Team cognition in experienced command-and-control teams. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *13*(3), 146.
- Cooney, M.; Shiomi, M.; Duarte, E.K.; Vinel, A. (2023). A Broad View on Robot Self-Defense: Rapid Scoping Review and Cultural Comparison. *Robotics*, *12*, 43. <https://doi.org/10.3390/robotics12020043>
- Crawford, M. (2018, 23 mars). Snake Robots Crawl to the Rescue, Part 1. *The American Society of Mechanical Engineers*. <https://www.asme.org/topics-resources/content/snake-robots-crawl-rescue-part-1>
- Darling, K. (2012). Extending Legal Protection to Social Robots: The Effects of Anthropomorphism, Empathy, and Violent Behavior Towards Robotic Objects. *We Robot Conference 2012*, University of Miami. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2044797>
- Darling, K. (2015). 'Who's Johnny?' *Anthropomorphic Framing in Human-Robot Interaction, Integration, and Policy*. In P. Lin., G. Bekey, K. Abney & R. Jenkins (Eds.) *Robot ethics 2.0*. Oxford University Press.
- Darling, K. (2016). Extending legal protection to social robots: The effects of anthropomorphism, empathy, and violent behavior towards robotic objects. In *Robot law* (pp. 213-232). Edward Elgar Publishing.
- Darling, K. (2021). *The New Breed. What Our History with Animals Reveals about Our Future with Robots*. Henry Holt & Co. ISBN 9781250296115. Friedman, L. (Host). (2022, October 15). Lex Friedman Podcast (No. 329) [Audio podcast episode]. Kate Darling: Social Robots, Ethics, Privacy and the Future of MIT.

- de Visser, E.J., Peeters, M. M., Jung, M.F., Kohn, S., Shaw, T.H., Pak, R., & Neerinx, M.A. (2020). Towards a Theory of Longitudinal Trust Calibration in Human–Robot Teams. *International Journal of Social Robotics*, *12*, 459–478. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00596-x>
- Development, Concepts, and Doctrine Centre. (2018). *Human-Machine Teaming*. Joint Concept Note 1/18, UK Ministry of Defence.
- Duarte, E.K., Shiomi, M., Vinel, A., & Cooney, M. (2022). Robot Self-defense: Robots Can Use Force on Human Attackers to Defend Victims, *31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN53752.2022.9900814>
- Fox, J., & Gambino, A. (2021). Relationship Development with Humanoid Social Robots: Applying Interpersonal Theories to Human/Robot Interaction. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, *5*, 294-299. <http://doi.org/10.1089/cyber.2020.0181>
- Fraune, M.R. (2020). Our Robots, Our Team: Robot Anthropomorphism Moderates Group Effects in Human–Robot Teams, *Front. Psychol.*, *11*, 1275. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01275>
- Franklin, S., & Graesser, A. (1996). Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. *International workshop on agent theories, architectures, and languages*, 21-35.
- de Graaf, M.M.A. (2016). An Ethical Evaluation of Human–Robot Relationships. *International Journal of Social Robotics*, *8*, 589–598. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0368-5>
- Hallberg, N., Jungert, E., & Pilemalm, S. (2014). Ontology for systems development. *International journal of software engineering and knowledge engineering*, *24*(03), 329-345.
- Hammarbäck, J. (2022). *Modelling intent for Manned-Unmanned Teaming: Exploring human-centric approaches for future combat aircraft systems* (Doctoral dissertation). Linköping University Electronic Press.
- Henschel, A., Laban, G., & Cross, E.S. (2021). What Makes a Robot Social? A Review of Social Robots from Science Fiction to a Home or Hospital Near You. *Curr Robot Rep*, *2*, 9–19. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00035-0>.
- Huang R, Li H, Suomi R, Li C, Peltoniemi T. (2023). Intelligent Physical Robots in Health Care: Systematic Literature Review. *Journal of Medical Internet Research*, *25*, e39786. <https://doi.org/10.2196/39786>.
- Irving, M. (2021). Tunneling snake robot takes cues from nature to keep its head in the sand. *New Atlas*. <https://newatlas.com/robotics/tunneling-snake-robot/>
- Kahn, P. H., Jr, Gary, H. E., & Shen, S. (2013). Children's Social Relationships With Current and Near-Future Robots. *Child Dev Perspect*, *7*, 32-37. <https://doi.org/10.1111/cdep.12011>
- Kasparov, G. (2010). The chess master and the computer. *The New York Review of Books*, *57*(2), 16-19.
- Korn, O. (Ed.). (2019). *Social Robots: Technological, Societal and Ethical Aspects of Human-Robot Interaction*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17107-0>
- Korteling, J. H., van de Boer-Visschedijk, G. C., Blankendaal, R. A., Boonekamp, R. C., & Eikelboom, A. R. (2021). Human-versus artificial intelligence. *Frontiers in artificial intelligence*, *4*, 622364.

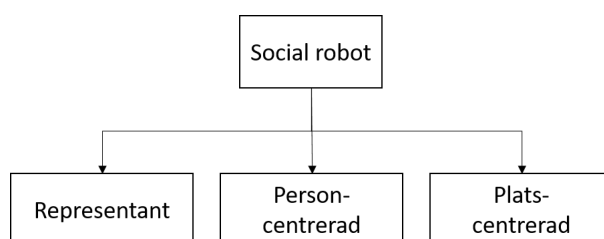
- Kox, E. E., Siegling, L. B., & Kerstholt, J. H. (2022). Trust Development in Military and Civilian Human–Agent Teams: The Effect of Social-Cognitive Recovery Strategies. *International Journal of Social Robotics, 14*, 1323–1338. <https://doi.org/10.1007/s12369-022-00871-4>
- Kumar, V. (2020, 9 oktober). Top Most Advanced Military Robots in the World. *Analytics Insight*. <https://www.analyticsinsight.net/top-advanced-military-robots-world/>
- Li, D., Zhang, B., Xiu Y., Deng, H., Zhang, M., Tong, W., Law, R., Zhu, G., Wu, E.Q., Zhu, L. (2022). Snake robots play an important role in social services and military needs. *The Innovation, 3*(6), 100333. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2022.100333>
- Lim, V., Rooksby, M., & Cross, E.S. (2021). Social Robots on a Global Stage: Establishing a Role for Culture During Human–Robot Interaction, *International Journal of Social Robotics, 13*, 1307–1333. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00710-4>
- Lin. P., Abney, K., & Bekey, G. A. (2012). The Inherent Dangers of Unidirectional Emotional Bonds between Humans and Social Robots. In *Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics*, 205-22, MIT Press.
- Lindberg, A., Grönwall, C., Lång, E., & Dalberg, E. (2021). *A utility focused process for enhancing the use of horizon scanning in defence research* (FOI-R--5149--SE). Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Liu, J., Tong, Y., & Liu, J. (2021). Review of snake robots in constrained environments. *Robotics and Autonomous Systems, 141*, 103785. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103785>
- Martinez-Roig, R., Cazorla, M., & Esteve Faubel, J.M. (2023). Social robotics in music education: A systematic review. *Front. Educ., 8*, 1164506. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1164506>
- Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Lia, D., & Thorvald, P. (2020). Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex assembly. *Computers & Industrial Engineering, 139*, 105360. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.011>
- Muhle, F. (Ed.). (2023). *Soziale Robotik: Eine sozialwissenschaftliche Einführung*. De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110714944>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). *Human-AI Teaming: State-of-the-Art and Research Needs*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26355>
- Nicol, W. (2020, 17 juli). 9 military robots that are totally terrifying ... and oddly adorable. *Digitaltrends*. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/coolest-military-robots/>
- O'Neill, T., McNeese, N., Barron, A., & Schelble, B. (2022). Human–autonomy teaming: A review and analysis of the empirical literature. *Human factors, 64*(5), 904-938. <https://doi.org/10.1177/0018720820960865>
- Orf, D. (2023, 22 februari). Microsoft Has Lobotomized the AI That Went Rogue. *Popular mechanics*. <https://www.popularmechanics.com/technology/robots/a43017405/microsoft-bing-ai-chatbot-problems/>
- Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G. Billeci, L., Ruta, L.,
- Gangemi, S., & Pioggia, G. (2016). Autism and Social Robotics: A Systematic Review. *Autism Research, 9*, 165-183. DOI: 10.1002/aur.1527
- Phillips, E., Ososky, S., Grove, J., & Jentsch, F. (2011). From tools to teammates: Toward the development of appropriate mental models for intelligent robots. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 55, No. 1, pp. 1491-1495). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

- Research and Markets. (2022). *Military Robots and Autonomous Systems - Market and Technology Forecast to 2030*.
<https://www.researchandmarkets.com/reports/4985614/military-robots-and-autonomous-systems-market>
- Royackers, L., & van Est, R. (2015). A Literature Review on New Robotics: Automation from Love to War. *International Journal of Social Robotics*, 7, 549–570.
<https://doi.org/10.1007/s12369-015-0295-x>
- Saballa, J. (2023, 15 mars). JPL Snake-Like Robot Could Be Used for Tunnel Warfare. *TheDefensePost*. https://www.thedefensepost.com/2023/03/15/nasa-robot-tunnel-warfare/?expand_article=1&utm_content=cmp-true
- Salas, E., Bowers, C. A., & Cannon-Bowers, J. A. (1995). Military team research: 10 years of progress. *Military Psychology*, 7(2), 55-75.
https://doi.org/10.1207/s15327876mp0702_2
- Salas, E., DiazGranados, D., Klein, C., Burke, C. S., Stagl, K. C., Goodwin, G. F., & Halpin, S. M. (2008). Does team training improve team performance? A meta-analysis. *Human factors*, 50(6), 903-933. <https://doi.org/10.1518/001872008X375009>
- Samuelson, F. (2022, 24 november). Här ska studenter få hjälp av roboten Bibbi att låna böcker. *Dagens Nyheter*. <https://www.dn.se/ekonomi/har-ar-ai-roboten-bibbi-pa-biblioteket-som-kanske-kan-bli-hennes-framtida-arbetsplats/>
- Schaefer, K. E., Baker, A. L., Brewer, R. W., Patton, D., Canady, J., & Metcalfe, J. S. (2019, May). Assessing multi-agent human-autonomy teams: US Army Robotic Wingman gunnery operations. In *Micro-and Nanotechnology Sensors, Systems, and Applications XI* (Vol. 10982, pp. 353-372). SPIE. doi: 10.1117/12.2519302
- Segerdahl, P. (2020). Anthropomorphism in AI can limit scientific and technological development. *The Ethics Blog , A blog from the Centre for Research Ethics & Bioethics (CRB)*. Uppsala University, <https://ethicsblog.crb.uu.se/2020/04/15/anthropomorphism-in-ai-can-limit-scientific-and-technological-development/>
- Seibt, J., Damholdt, M., & Vestergaard, C. (2020). Integrative social robotics, value-driven design, and transdisciplinarity. *Interaction Studies*, 21(1), 111–144.
<https://doi.org/10.1075/is.18061.sei>
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2020). We need to talk about deception in social robotics! *Ethics and Information Technology*, 23, 309–316. <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09573-9>
- Scharre, P.D. (2017). *The Opportunities and Challenges of Autonomous Systems*. In NATO Allied Command Transformation, Williams, A. & Scharre, P.D. (eds.), *Autonomous Systems, Issues for Defence Policymakers*. https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/05/capdev_02.pdf
- Sheridan, T. B. (2020). A review of recent research in social robotics. *Current opinion in psychology*, 36, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.01.003>
- Siri, G., Abubshait, A., De Tommaso, D., Cardelicchio, P., D'Ausilio, A., & Wykowska, A. (2022). Perceptions of a robot's mental states influence performance in a collaborative task for males and females differently, *31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN53752.2022.9900514>
- Sung, J. Y., Guo, L., Grinter, R. E., & Christensen, H. I. (2007). “My Roomba is Rambo”: intimate home appliances. In *UbiComp 2007: Ubiquitous Computing: 9th International Conference, UbiComp 2007, Innsbruck, Austria, September 16-19, 2007. Proceedings 9* (pp. 145-162). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-74853-3_9

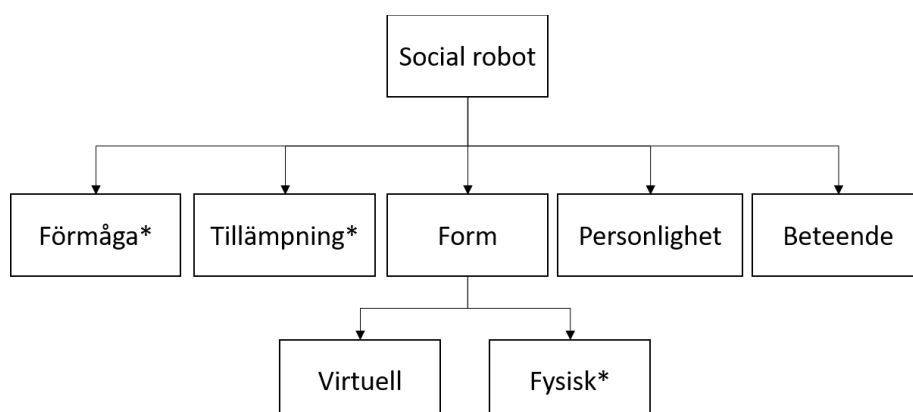
- Tanqueray, L., & Larsson, S. (2023). What Norms Are Social Robots Reflecting? A Socio-Legal Exploration on HRI Developers. In R. Hakli, P. Mäkelä, & J. Seibt (Eds.), *Social Robots in Social Institutions: Proceedings of Robophilosophy 2022* (pp. 305-314). (Frontiers in Artificial Intelligence and Applications; Vol. 366). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/FAIA220630>
- Tay (chatbot). (2023, July 24). In Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tay_\(chatbot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tay_(chatbot))
- Tuncer, S., Licoppe, C., Luff, P., & Heath, C. (2022). Recipient design in human–robot interaction: the emergent assessment of a robot’s competence. *AI & Society*. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01608-7>
- Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, 11(2), 93-136.
- United States Department of Defense Directive Autonomy in Weapons Systems, DoD Directive 3000.09, 25 januari 2023, <https://media.defense.gov/2023/Jan/25/2003149928/-1/-1/0/DOD-DIRECTIVE-3000.09-AUTONOMY-IN-WEAPON-SYSTEMS.PDF>
- Vernon, D., Thill, S., & Ziemke, T. (2016). The role of intention in cognitive robotics. *Toward Robotic Socially Believable Behaving Systems-Volume I: Modeling Emotions*, 15-27.
- Vincent, J. (2016, March 24). Tay, Microsoft's AI chatbot, gets a crash course in racism from Twitter. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/24/tay-microsofts-ai-chatbot-gets-a-crash-course-in-racism-from-twitter?CMP=tw_t_a-technology_b-gdntech
- Wang, Y., Hespanhol, L., & Tomitsch, M. (2021). How Can Autonomous Vehicles Convey Emotions to Pedestrians? A Review of Emotionally Expressive Non-Humanoid Robots. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(12), 84. <https://doi.org/10.3390/mti5120084>
- Winfield, A.F.T., Winkle, K., Webb, H., Lyngs, U., Jirotko, M., & Macrae, C. (2020). Robot Accident Investigation: a case study in Responsible Robotics. <http://arxiv.org/abs/2005.07474>
- Xu, W. (2019). Toward human-centered AI: a perspective from human-computer interaction. *Interactions*, 26(4), 42-46.
- Yang, L., Cormican, K., Yu, M. (2020). Ontology learning for systems engineering body of knowledge. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 1039-1047.
- Youssef, K., Said, S., Alkork, S., & Beyrouthy, T. (2022). A Survey on Recent Advances in Social Robotics. *Robotics*, 11, 75. <https://doi.org/10.3390/robotics11040075>
- Zhang, R., McNeese, N. J., Freeman, G., & Musick, G. (2020). " An ideal human" expectations of AI teammates in human-AI teaming. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 4(CSCW3), 1-25.

Bilaga A – En ontologi för social robotik

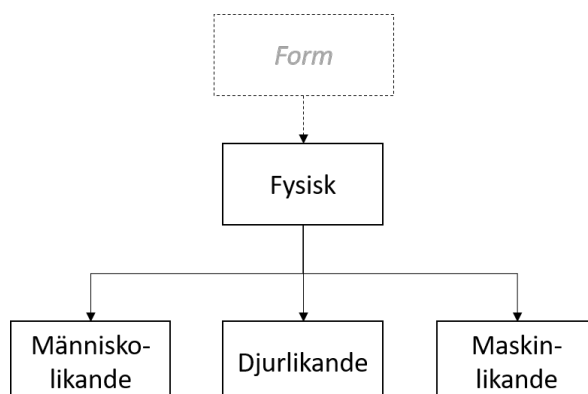
I denna bilaga beskrivs den ontologi för sociala robotar som tagits fram som ett underlag i avskanningen, vilket beskrivs i avsnitt 2.2. Ontologin baseras på den litteratur som samlades in avskanningen samt de diskussioner om ontologin som skedde under studien. Den omfattar i sin nuvarande version 20 modeller, var och en representerad av en figur. Modellerna i Figur A16 till och med Figur A20 innehåller möjliga tillämpningar i den militära domänen. Dessa tillämpningar markeras i aktuella figurer grå rutor avgränsade med en streckad linje. När det gäller de militära tillämpningarna görs ingen värdering om det är lämpligt, möjligt eller ens tillrådligt, utan enbart exempel på vad som är teknisk möjligt.



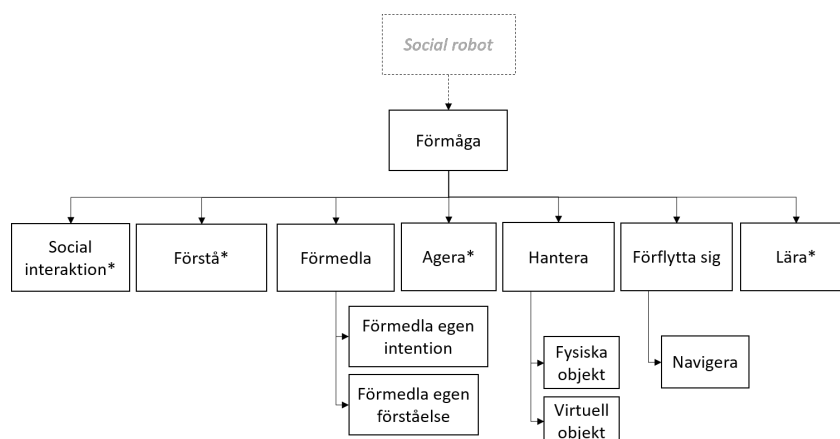
Figur A1: Sociala robotar kan vara en representant för något, personcentrerad eller platscentrerad.



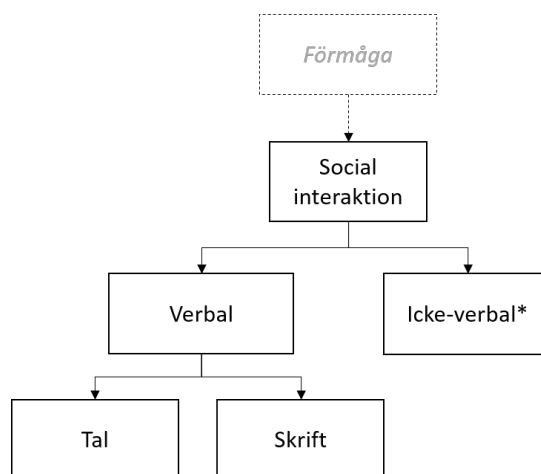
Figur A2: Sociala robotar har förmågor, de nyttjas för olika tillämpningar samt har en form, en personlighet och ett beteende. För de rutor som markerats med * finns en detaljering i Figur A4 (Förmåga), Figur A10 (Tillämpning) och Figur A3 (Fysisk).



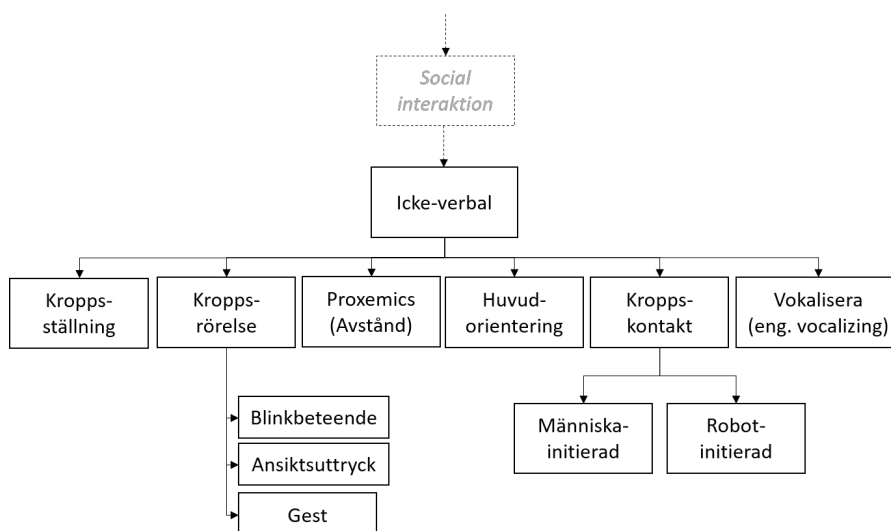
Figur A3: En social robot kan ha en fysisk form av en människa, ett djur eller vara maskinlikande.



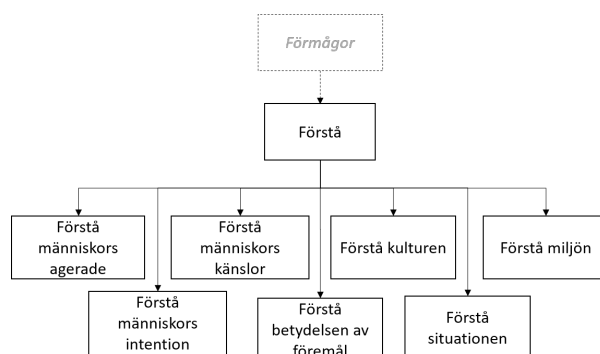
Figur A4: Sociala robotars förmågor innefattar social interaktion samt att kunna förstå, förmedla, agera, hantera, förflytta sig och lära. För de förmågor som markerats med * finns en detaljering i Figur A5 (Social interaktion), Figur A7 (Förstå) och Figur A8 (Agera).



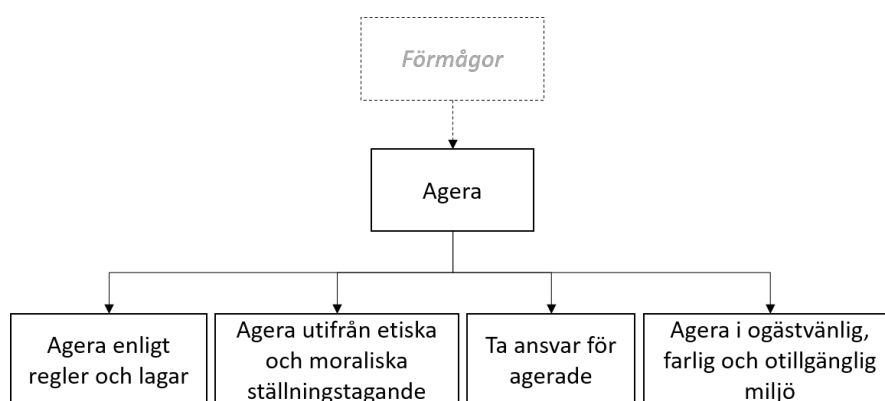
Figur A5: Sociala robotars förmåga till social interaktion kan delas upp i verbal och icke-verbal interaktion. Den verbala interaktionen baseras på tal och skrift. För den icke-verbala interaktionen finns en detaljering i Figur A6 (Icke-verbal).



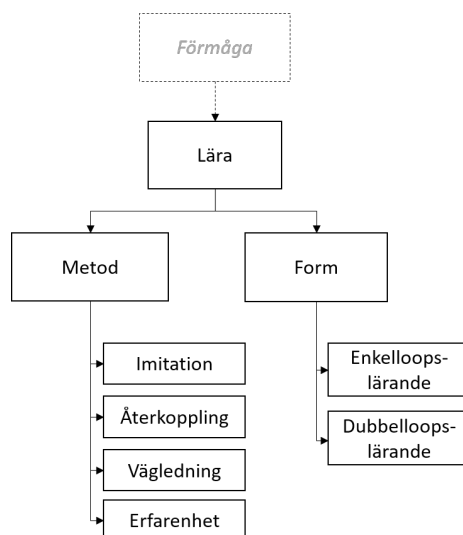
Figur A6: Icke-verbala interaktion baseras på kroppsställning, kropps-rörelse, avstånd till den som interaktionen sker med, huvudorientering, kropps-kontakt - vilken kan initieras av en människa eller av roboten - samt vokalisering.



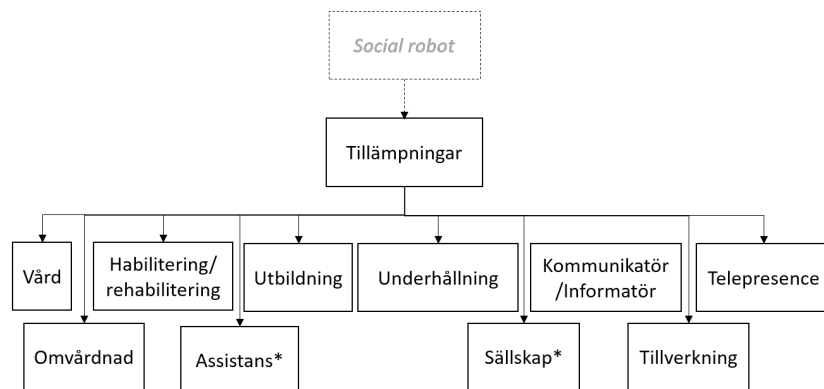
Figur A7: Sociala robotars förmåga att *förstå* innefattar förståelse av människors agerande, intention och känslor samt förståelse för betydelsen av föremål, kultur, situation och den miljö de agera i.



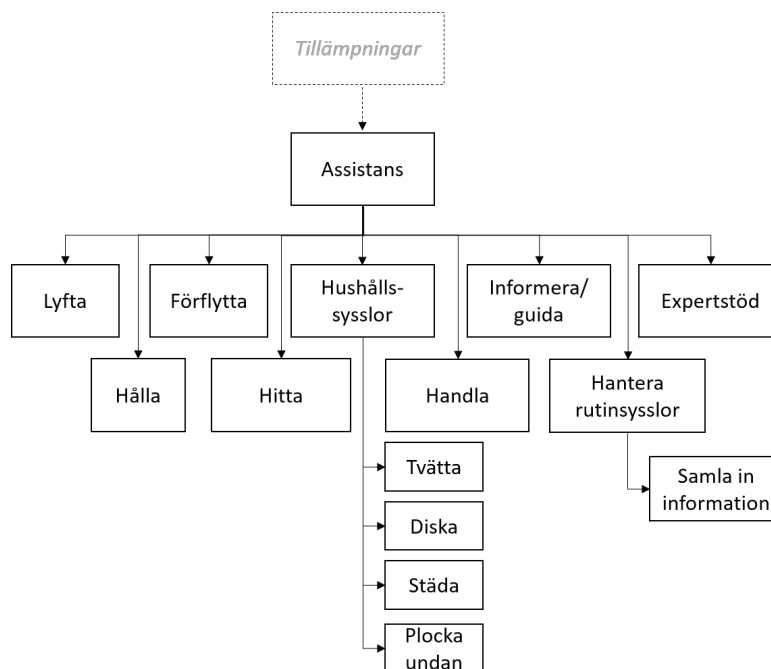
Figur A8: Sociala robotar har förmåga att agera, vilket ska ske enligt regler och lagar, utifrån etiska och moraliska ställningstaganden och med ansvar. De ska kunna agera i ogästvänlig, farlig och otillgänglig miljö.



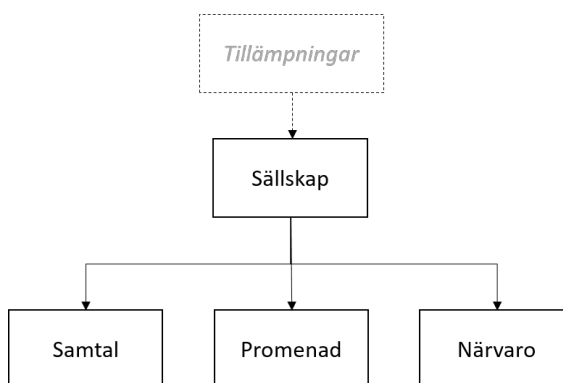
Figur A9: Lära för sociala robotar innefattar metod för lärandet, såsom imitation, återkoppling, vägledning och erfarenhet. Formen på lärandet kan vara sådan som sker inom ramen för de regler som styr robotens beteende (enkelloopslärande) eller ett som förändrar dessa regler (dubbelloopslärande).



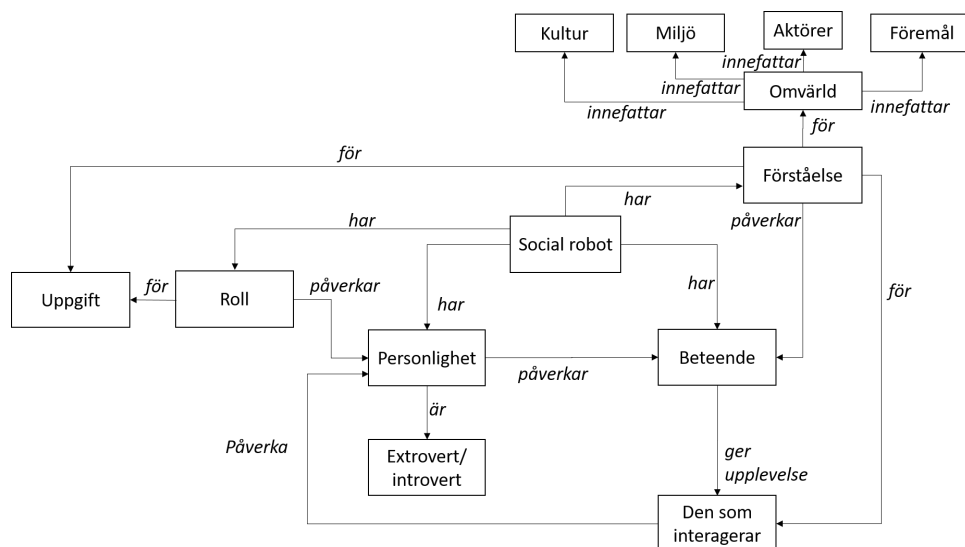
Figur A10: Tillämpningar för sociala robotar innefattar områdena vård, omvårdnad, habilitering/rehabilitering, assistans, utbildning, underhållning, sällskap, kommunikatör/informatör, tillverkning och möjliggörandet av telepresence. För de förmågor som markerats med * finns en detaljering i Figur A11 (Assistans) och Figur A12 (Sällskap).



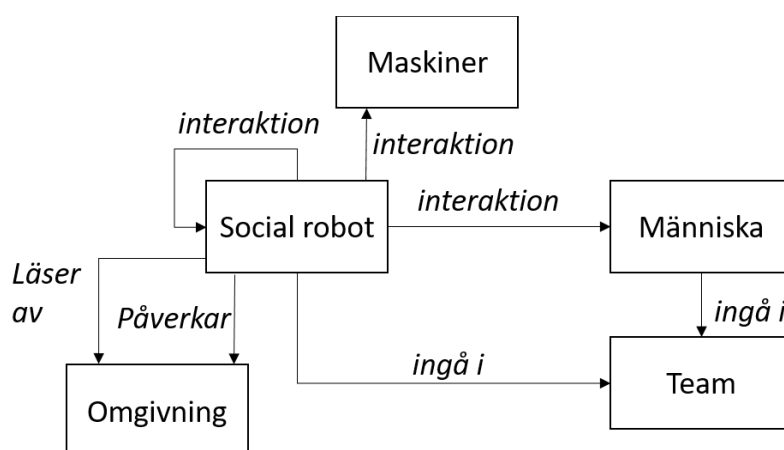
Figur A11: För assistans nyttjas sociala robotar för att lyfta, hålla, förflytta, hitta, hushållssysslor, handla, informera/guida, hantera rutinsysslor samt expertstöd.



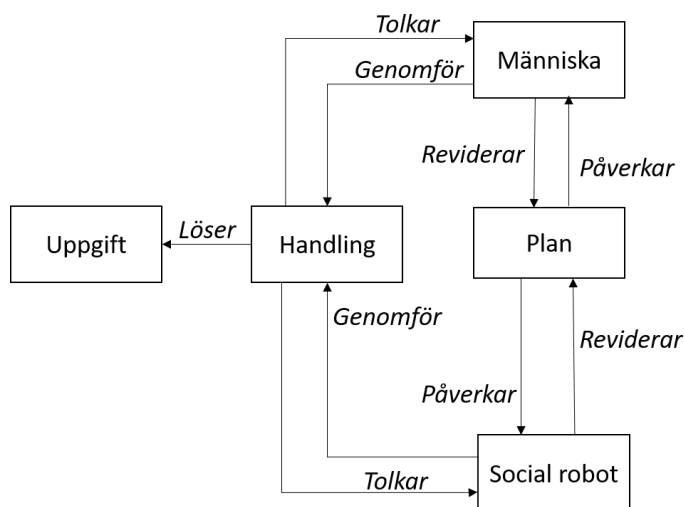
Figur A12: Sociala robotar nyttjas som sällskap för samtal, promenader och att bara vara närvarande.



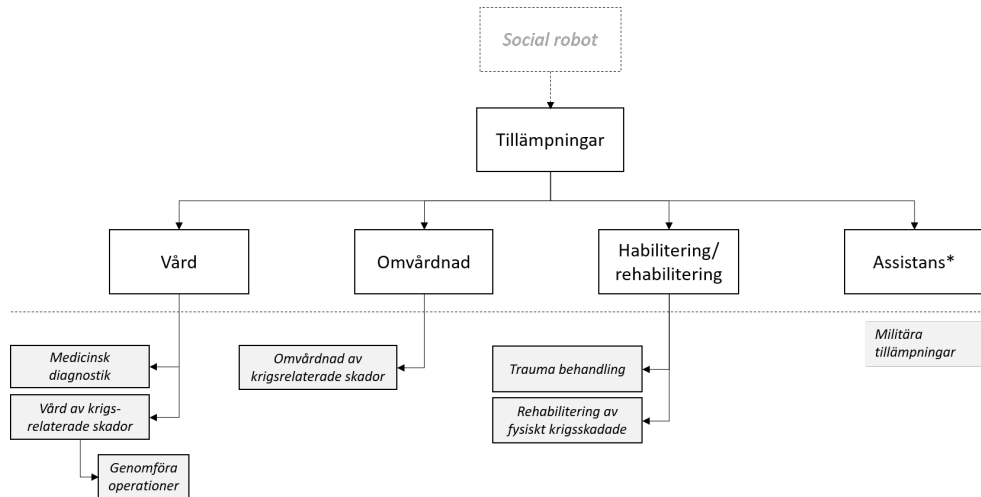
Figur A13: Sociala robotar har en personlighet, ett beteende och en förståelse för sin omvärld. Personligheten och förståelsen för omvärlden påverkar den sociala robotens beteende. Personligheten bör utformas så att den passar den roll och uppgift den sociala roboten utvecklas för.



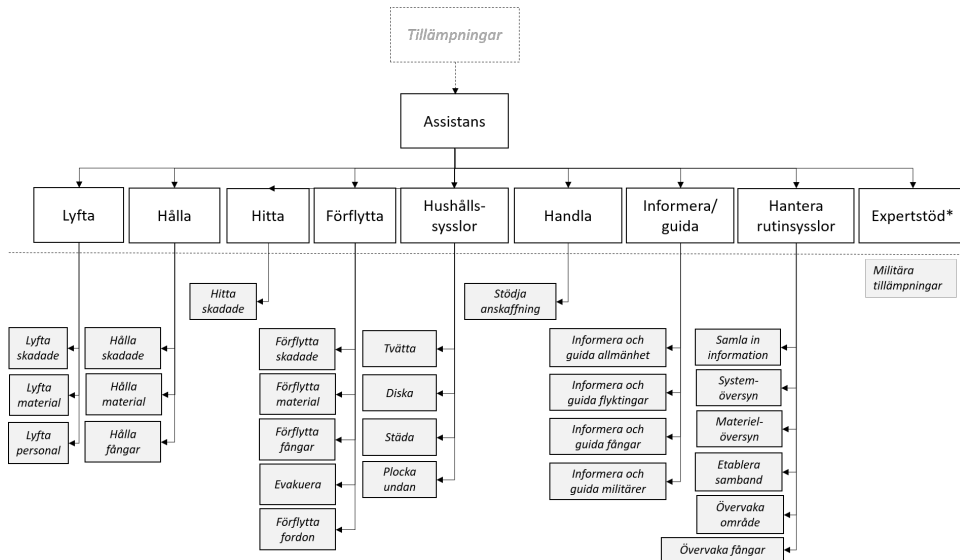
Figur A14: Sociala robotar kan interagera med andra sociala robotar, människor och maskiner. De kan också ingå i team tillsammans med människor.



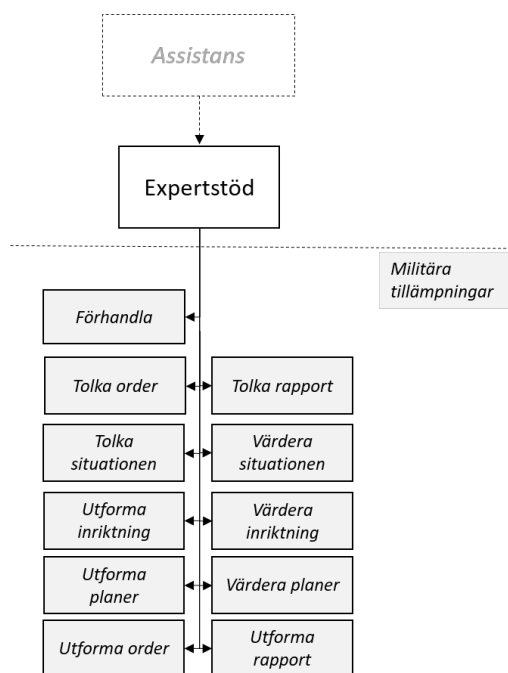
Figur A15: Social robotar har en plan som påverkar deras agerande, men de kan även revidera planen. De genomför handlingar vars syfte är att lösa en uppgift och de tolkar handlingar. Motsvarande gäller för människor avseende planer och handlingar.



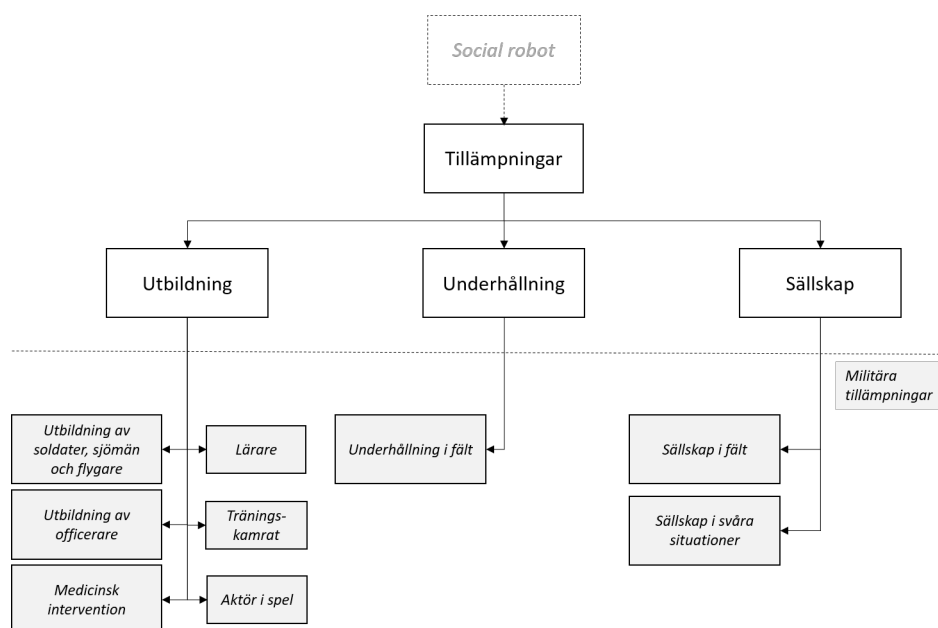
Figur A16: Det finns ett antal möjliga militära tillämpningar kopplat till sociala robotar. När det gäller vård kan de nyttjas för fastställande av medicinsk diagnos, vård av krigsrelaterade skador och genomförandet av operationer. De kan bidra med omvårdnad av krigsrelaterade skador. Inom habilitering och rehabilitering kan de bidra med såväl traumabehandling som rehabilitering av fysiska krigsskador. Den förmåga som markerats med * finns en detaljering i Figur A11 (Assistans).



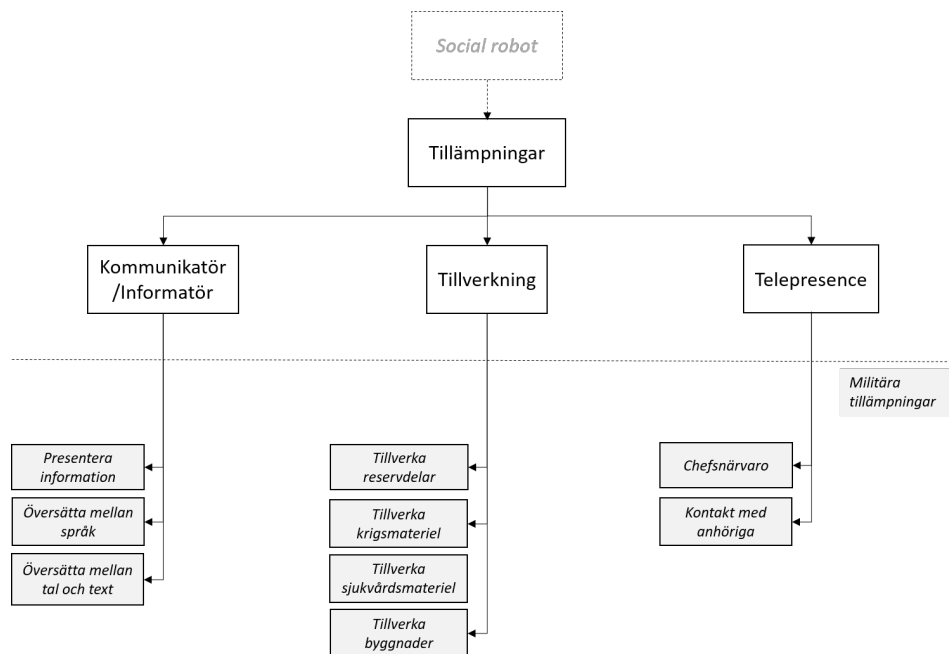
Figur A17: Inom den militära domänen kan sociala robotar assistera på en mängd olika sätt. De kan lyfta, hålla och förflytta material och personer, såväl skadade som fångar. De kan nyttjas för att söka efter skadade. De kan nyttjas för att informera och guida allmänheten, flyktingar, fångar och militärer. Sociala robotar kan också nyttjas för rutinsysslor som övervakning, insamling av information och översyn av system och materiel. Den förmåga som markerats med * finns en detaljering i Figur A18 (Expertstöd).



Figur A18: Sociala robotar kan assistera i form av expertstöd vid förhandlingar och vid ledning. Ledning innefattar tolka och värdera exempelvis order, rapporter och situationer samt utforma exempelvis order och rapporter.



Figur A19: Sociala robotar kan bidra vid utbildning i rollen som lärare, träningspartner och agera en aktör i spel. De kan bidra med underhållning och som sällskap i fält.



Figur A20: Sociala robotar kan i militära situationer agera som kommunikatörer, delta i tillverkningen av materiel och reservdelar, Sociala robotar kan bidra till att öka närvarokänslan på distans i form av telepresence.

Bilaga B - Inledande litteratursökningar inklusive AI-genererad klustring

I ett inledande skede av avskanningen gjordes sökningar av vetenskaplig litteratur. Dels gjordes en sökning i Web of Science³¹, dels i det AI-baserade verktyget Semantic scholar³². Detta gjordes för att samla relevant information och bredda urvalet av vetenskapliga källor samt för att få en omfattande översikt över den tillgängliga litteraturen inom det aktuella ämnesområdet.

Resultaten från sökningen om social robotik i Web of Science resulterade i 1190 artiklar³³. För att organisera och förstå dessa artiklar bättre användes metoden BERTopic³⁴. BERTopic strävar efter att tilldela ämnen till varje artikel i en samling. Dessa ämnen genereras automatiskt genom att analysera texter och identifiera likheter mellan dokument.

Med hjälp av metoden delades 887 av de 1190 artiklarna in i 17 olika ämnen (kluster). Resterande 303 artiklar placerades i ett särskilt kluster (kallat -1) som vanligtvis används för dokument som inte passar in i något av de andra definierade klustren. Det kan vara en samling av dokument som är svåra att klassificera eller som inte har tillräckligt med likheter med de andra dokumenten för att bilda ett tydligt kluster. När man använder BERTopic för att utföra klustringsanalys på en samling dokument, kan man upptäcka att vissa dokument hamnar i klustret "-1" om de är *outliers*³⁵ eller om de har unika egenskaper som inte matchar de andra dokumenten i något befintligt kluster. Förekomsten av klustret "-1" kan därför vara en indikation på att dokumenten i detta särskiljer sig på något sätt och inte passar in i de huvudsakliga tematiska klustren som har identifierats av BERTopic.

I Figur B1 visas klustringen av artiklarna baserat på deras tilldelade ämnen. Bildens kvalitet gör det svårt att se detaljer, men den ger en övergripande bild av hur artiklarna är grupperade. Ibland syns tydliga kluster av artiklar som hör ihop, medan det finns områden där övergångarna mellan klustren är mer flytande och att andra indelningar kunde valts. Detta tydliggörs i Figur B2, som visar en hierarki av klustren, där t.ex. kluster 4 och kluster 5 befinner sig nära varandra och skulle kunna slås ihop om en mindre detaljerad upplösning av området önskas.

³¹ Web of Science är en kommersiell databas för vetenskaplig litteratur som tillhandahålls av Clarivate Analytics. Sökningarna i denna studie är genomförda i Web of Science Core Collection, <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/web-of-science-core-collection/> (senast besökt 2023-09-14).

³² Semantic scholar är ett fritt tillgängligt verktyg för sökning i och sammanfattningar av vetenskaplig litteratur, se <https://www.semanticscholar.org/> (senast besökt 2023-09-14).

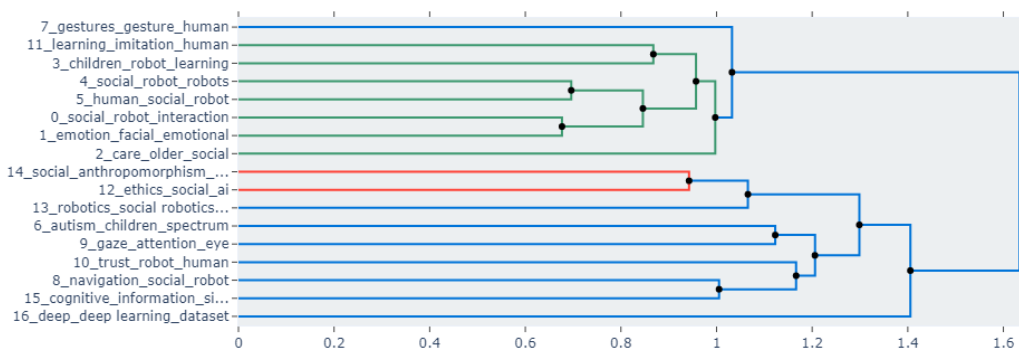
³³ Söktermen var "social near/0 robotics" och gjordes inom "topic". Sökningen genomfördes 2023-01-11 och gav 1190 träffar.

³⁴ BERTopic är en metod för automatisk ämnesmodellering (eng. *topic modelling*) och klustring av textdokument som bygger på transformermodellen BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) och c-TF-IDF, <https://maartengr.github.io/BERTopic/index.html> (senast besökt 2023-09-14).

³⁵ Outlier-kluster är en term som används för att beskriva en grupp av dokument eller artiklar som inte passar tydligt in i de huvudsakliga tematiska klustren som har skapats med hjälp av metoden. Det kan vara en blandning av olika ämnen eller innehåll som inte kan klassificeras i de fördefinierade kategorierna. Outlier-klustret representerar ofta mångfalden eller olikheterna i de dokument som inte passar in i de primära klustren och kan vara föremål för ytterligare analys för att förstå deras egenskaper och samband.

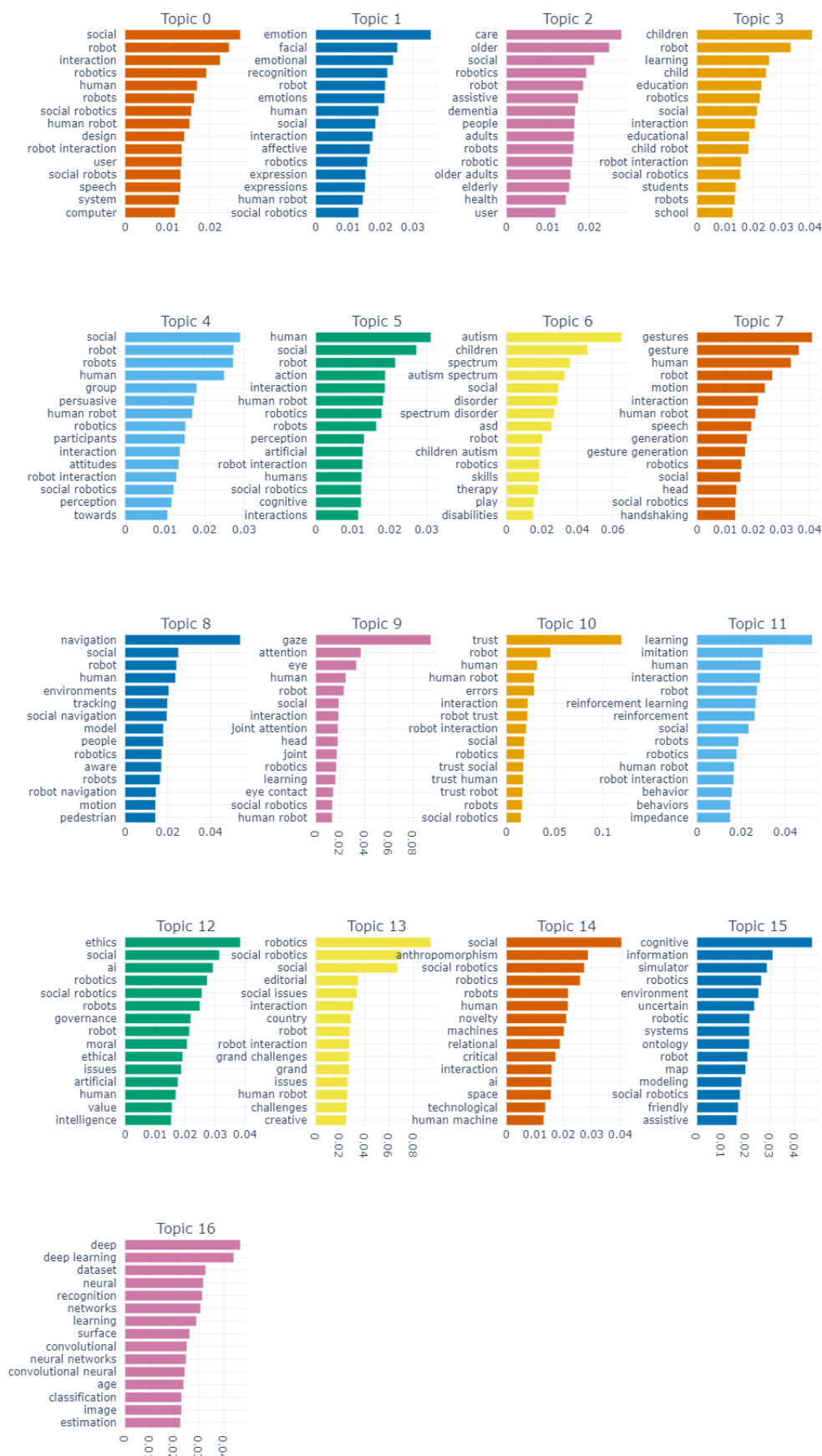


Figur B1: Visualisering av klustringen av de 887 artiklarna (de 303 artiklarna i kluster -1 är utelämnade i figuren). De 17 klustren är numrerade från 0 till 16 och artiklarna är färgkodade enligt deras klustertillhörighet. Ju kortare avstånd mellan två kluster på axlarna, desto större likhet finns det mellan dem när det gäller de ord och begrepp de innehåller.



Figur B2: Visualisering av en hierarkisk struktur av de 17 klustren för de 887 artiklarna (även i denna figur är kluster -1 utelämnat). X-axeln i visualiseringen representerar avståndsmåttet mellan klustren. Avståndsmåttet är ett numeriskt värde som indikerar hur lika eller olika två kluster är i sitt textinnehåll. Ju kortare avstånd mellan två kluster på x-axeln, desto större likhet finns det mellan dem när det gäller de ord och begrepp de innehåller.

BERTopic hjälper till att förstå vad klustren innehåller genom att generera de mest representativa nyckelorden för varje kluster. Detta görs genom att först representera orden i dokumenten som vektorer (med hjälp av transformermodellen BERT) och sedan använda dimensionsreduktionsmetoden t-SNE för att välja de mest betydelsefulla orden. Dessa utvalda nyckelord representerar klustrets tema eller ämne och kan underlätta för användare att snabbt förstå och kategorisera artiklar baserat på deras innehåll. Figur B3 visar de 15 viktigaste nyckelorden i varje kluster och deras relativa frekvens.



Figur B3: Visualisering av de 15 viktigaste nyckelorden i vart och ett av de 17 klustren (motsvarar topics i figuren) och deras relativa frekvens.

Orden "social" och "robotics" (samt i varianter) återkommer i flera av klustren. I Tabell 7 har dessa ord tagits bort. Även orden "human" och "interaction" är vanligt återkommande. Detta indikeras i översta raderna i tabellen. Detta har gjorts för att öka synligheten av det särskiljande mellan klustren. Tabellen ger på detta vis en snabb överblick över de teman som den publicerade forskningen inom området social robotik omfattar.

Tabell 7: De viktigaste nyckelorden förutom "social" och "robotics" (samt varianter), vilka återfinns i samtliga kluster. De 17 klustren återges i den ordning de förekommer i den hierarkiska strukturen i Figur B2. De två översta raderna påvisar förekomsten av orden "human" och "interaction" (eller frånvaron av dessa). Siffran i parentes anger hur många artiklar varje kluster omfattar.

Kluster 7 (32 artiklar)	Kluster 11 (27 artiklar)	Kluster 3 (101 artiklar)	Kluster 4 (86 artiklar)	Kluster 5 (62 artiklar)	Kluster 0 (122 artiklar)	Kluster 1 (104 artiklar)	Kluster 2 (103 artiklar)
Human Interaction Gesture(s)	Human Interaction Learning	Human Interaction Child(ren)	Human Interaction Group	Human Interaction Action	Human Interaction Design	Human Interaction Emotion(s)(a l)	Human Interaction Care
Motion Speech	Imitation Reinforcement	Learning Education(al)	Persuasive Participant s	Perception Artificial	User Speech	Facial Recognition	Older Assistive
Generation Head	Behavior(s) Impedance	Students School	Attitudes Perception	Cognitive	System Computer	Affective Expression(s)	Dementia People
Handshaking			Towards				Adults Elderly Health User

Kluster 14 (21 artiklar)	Kluster 12 (25 artiklar)	Kluster 13 (25 artiklar)	Kluster 6 (61 artiklar)	Kluster 9 (31 artiklar)	Kluster 10 (28 artiklar)	Kluster 8 (31 artiklar)	Kluster 15 (18 artiklar)	Kluster 16 (10 artiklar)
Human Interaction Antropomorphism Novelty	Human Ethic(s)(al)	Interaction Editorial	Autism	Human Interaction Gaze	Human Interaction Trust	Human Navigation	Human Navigation	Deep Learning
Machines Relational	Governance Moral	Country Grand	Spectrum Disorder	Eye (contact) Joint (attention) Head Learning	Errors	Environment s Tracking Model	Environment s Tracking Model	Dataset Neural
Critical AI Space	Issues Value	Challenges Creative	ASD Skills Therapy Play Disabilities			People Aware Motion Pedestrian	People Aware Motion Pedestrian	Recognition Networks Surface Convolution al Age Classification Image Estimation

Resultatet från sökningarna i Web of Science och Semantic scholar användes också för att hitta litteratur för kartläggningen. De tio nyaste översiktsartiklarna (s.k. review-artiklar) från Web of Science samt de tio artiklar som rankades som mest relevanta enligt Web of Science³⁶samlades i en lista. I listan samlades även de tio artiklar som rankades som mest relevanta enligt Web of Science ur ett snävare urval av artiklar med "social robotik" som del av titeln (179 artiklar). Till listan lades även artiklar som enligt Semantic scholar rankades som mest relevanta³⁷ respektive inflytelserika³⁸. Således användes fem kriterier som vart och ett bidrog med de tio högst rankade i respektive ranking, totalt 50 artiklar. Några artiklar återkom dock i mer än en av de fem rankingarna vilket ledde till att listan

³⁶ Web of Science använder en algoritm där data från titel, abstract, keywords samt Web of Science egna s.k. keywords plus används. Titel och keywords har något större tyngd i denna ranking. För detaljer, se https://support.clarivate.com/s/article/Web-of-Science-Sort-options-for-search-results?language=en_US (senast besökt 2023-09-14).

³⁷ Relevansen, relevance, rankas där matchning mellan sökfrågan och databasen görs med hjälp av en AI-algoritm tränad med hjälp av djupinlärning, se <https://blog.allenai.org/building-a-better-search-engine-for-semantic-scholar-ea23a0b661e7> (senast besökt 2023-09-14).

³⁸ Denna ranking bygger på en uppskattning av hur inflytelserik en artikel är via hur den citerats. Rankningen görs av en AI tränad med hjälp av maskininlärning, som uppger bygga på Valenzuela-Escarcega et al. (2015).

omfattade 37 unika publikationer. En översikt gjordes av dessa artiklar och de mest intressanta togs med som underlag i kartläggningen. Åtta av dessa återfinns i referenslistan till denna rapport.

Resultatet från klustringen samt litteratursökningen utgör del av bakgrundsmaterialet till avskanningen.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Förvarsdepartementet. 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