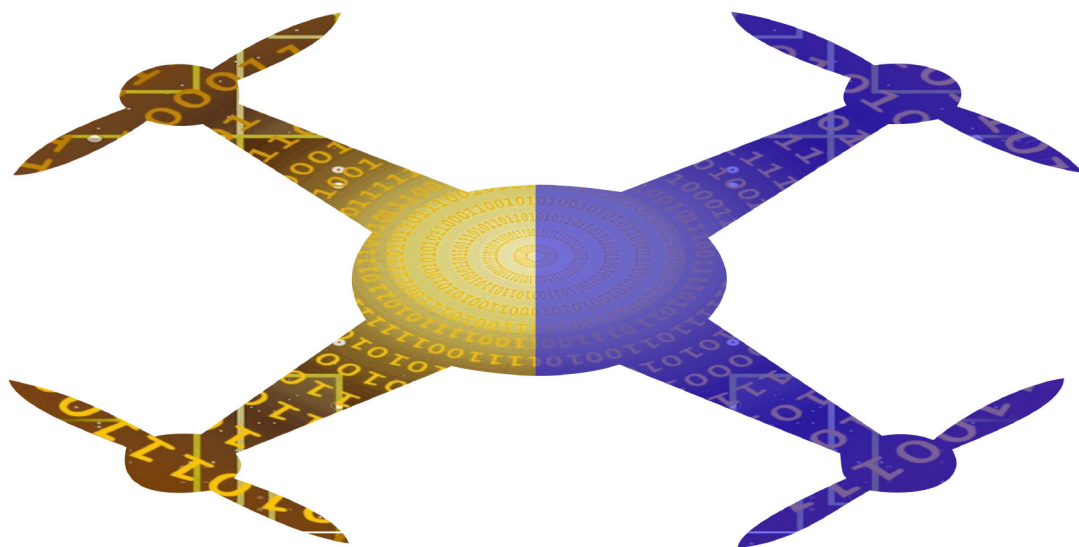


Obemannade luftfartygssystem och artificiell intelligens

Inverkan på svensk operativ
förmåga i räddningstjänst



Ronnie Johansson (redaktör), Farzad Kamrani,
Anna McWilliams, Jonathan Söderberg

Obemannade luftfartygssystem och artificiell intelligens

Inverkan på svensk operativ förmåga i räddningstjänst

Titel	Luftfartygssystem och artificiell intelligens - Inverkan på svensk operativ förmåga i räddningstjänst
Title	Unmanned Aircraft Systems and Artificial Intelligence – Impact on Swedish rescue service capabilities
Rapportnr/Report no	FOI-R--5121--SE
Månad/Month	Mars
Utgivningsår/Year	2021
Antal sidor/Pages	45
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	MSB
Forskningsområde	Krisberedskap och civilt försvar
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	E64191
Godkänd av/Approved by	Lars Høstbeck
Ansvarig avdelning	Forsvarsteknik

Bild/Cover: 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

Räddningstjänsten kan dra nytta av den senaste tekniken för obemannade luftfartygssystem (UAS) för att exempelvis förbättra sin lägesförståelse vid insatser och därmed minska risker för den egna personalen samtidigt som förmågan att lösa uppdrag stärks.

Genom ett antal intervjuer med personal inom kommunal räddningstjänst som arbetar med UAS identifieras vissa förmågebehov. Dessa behov ställs sedan mot de AI-metoder som identifierats i en tidigare studie, och metoderna värderas baserat på deras relevans för förmågebehov samt några ytterligare värderingsfaktorer (bidrag till arbetsmiljö och teknisk mognadsgrad) som presenteras.

Nio förmågebehov identifieras dessutom, bland annat bildbehandling, lufrumssamordning, autonom styrning, IT-säkerhet och nyttolast. Av dessa är det främst bildbehandling som stöds av AI-metoderna. Genom förbättrad bildbehandling kan en insats lägesbild berikas och ett bättre beslutsstöd erhållas.

AI-metoderna, grupperade i åtta olika tillämpningsområden, studeras och jämförs med förmågebehoven. Tillsammans med uppskattningar av deras nytta för övriga värderingsfaktorer görs bedömningen att vissa metoder är mer relevanta än andra. De metoder som i närtid verkar vara mest användbara för UAS-bruk hos räddningstjänsten rör detektion av människor, livstecken, objekt, skador (på infrastruktur) och brand.

Nyckelord: UAS, UAV, obemannat luftfartyg, drönare, AI, räddningstjänst

Summary

The rescue service can benefit from the latest technology for unmanned aircraft systems (UAS) to, for example, improve its situation awareness during operations and thereby reduce risks for its staff while strengthening the ability to solve the mission.

Through a number of interviews with staff in the municipal rescue service who work with UAS, certain capability gaps are identified. These needs are compared to the AI methods identified in a previous study and the methods are evaluated based on their relevance to the capability gaps and some additional evaluation factors (contribution to the work environment and technical maturity, specifically) that are presented.

Nine capability gaps are identified, including image processing, airspace coordination, autonomous control, IT security and payload. Of these, it is mainly image processing that is supported by the AI methods. Through improved image processing, the operational picture can be enriched and better decision support obtained.

The AI methods, grouped into eight different application areas, are studied and compared with the capability needs. Combined with estimates of their usefulness for other valuation factors, the assessment is made that some methods are more relevant than others. The methods that in the near future seem to be most useful for UAS usage in the rescue service concern detection of people, life signs, objects, damage (to infrastructure), and fire.

Keywords: UAS, UAV, drone, AI, rescue service

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Syfte och mål	8
1.2	Begrepp	8
1.3	Metod	9
1.3.1	Intervjumetodik	9
1.3.2	Förmågebehov och AI-metoder	10
1.3.3	Avgränsningar	10
1.4	Läsanvisning	10
2	Artificiell intelligens	11
2.1	Översikt över AI-metoder	12
2.2	Maskininlärning	13
2.2.1	Övervakad inlärning	13
2.2.2	Oövervakad inlärning	14
2.2.3	Förstärkt inlärning	14
2.3	Djupinlärning	15
3	Behovsinventering	16
3.1	Bildbehandling och överlagrad video	16
3.2	Luftrumssamordning	18
3.3	Autonom styrning och anpassning	18
3.4	Detektion av farliga ämnen	19
3.5	Förberedelse av insats	20
3.6	Samnyttjande av resurser	21
3.7	Beslutsstöd	22
3.8	IT-säkerhet och störning	23
3.9	Nyttolast	24
4	AI-stöd för förmågebehov	25
4.1	Tillämpningsområden	25
4.2	Värderingsramverk	26
4.3	Användbarhet av AI-metoder	27
4.3.1	Bildbehandling och överlagrad video	27

4.3.2	Luftrumssamordning	30
4.3.3	Autonom styrning och anpassning	31
4.3.4	Detektion av farliga ämnen	32
4.3.5	Förberedelse av insats.....	33
4.3.6	Samnyttjande av resurser.....	34
4.3.7	Beslutsstöd.....	34
4.3.8	Säkerhet och störning	35
4.3.9	Nyttolast	36
5	Slutsatser och diskussion	37
	Litteraturförteckning	38
	Bilaga – intervjumall.....	41

1 Inledning

Enligt *Nationell Inriktning för Artificiell Intelligens* (Regeringskansliet, 2018) ska ”Sverige vara ledande i att ta tillvara möjligheterna som användning av AI kan ge.” Att uppnå detta mål inbegriper även att ta vara på möjligheterna att samordna försvarsforskning och civil forskning inom autonoma system. I *Underlag obemannade luftfartyg i kommunal räddningstjänst* (MSB, 2018) konstateras det att obemannade luftfartygssystem kan bidra med värdefull information för sådan verksamhet som räddningstjänst. Information kan möjliggöra samordning och bidra till effektivare insatser. Tekniska metoder och verktyg för informationsbearbetning kommer förmodligen i allt högre grad vara beroende av metoder inom artificiell intelligens (AI) såsom maskininlärning och andra algoritmiska lösningar för automatiserad datafusion och analys. Detta är troligt i situationer då information från obemannade luftfartygssystem (eng. Unmanned Aircraft System, UAS) och andra system ska förstärka förut-sättningarna för att skapa en ändamålsenlig lägesbild, såsom beskrivs i rapporten *RPAS inom ramen för förstärkningsresursen för stöd till samverkan och ledning* (Näsström o.a., 2017).

Studien *Artificiell intelligens för obemannade luftfartyg vid samhällsstörning* (Svenmarck o.a., 2020) sammanställer en litteraturoversikt över AI och dess möjligheter och utmaningar med UAS¹ vid samhällsstörningar. Studien rekommenderar² bland annat utredning av svenska operativa förmågebehov vid samhällsstörningar, exempelvis inom räddningstjänst, för att kunna omsätta möjligheterna med AI till en faktisk förmågeökning. I den här rapporten utreds den frågan vidare dels genom intervjuer med personer verksamma inom kommunal räddningstjänst för att undersöka förmågebehov rörande användning av UAS, dels genom att prioritera olika AI-metoder (vilka presenterats i Svenmarcks o.a. rapport) utefter hur de stödjer de identifierade förmågebehoven.

Rapportens primära målgrupp är personer inom räddningstjänsten som antingen direkt jobbar med UAS eller tar ekonomiska eller organisatoriska beslut om sådana.

¹ <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/metod-och-teknikutveckling-for-raddningstjansten/uas/> (besökt 2021-01-15)

² Rekommendation 1: ”Utred potentiell inverkan av AI för obemannade luftfartyg på svensk operativ förmåga.” i (Svenmarck o.a., 2020)

1.1 Syfte och mål

För att öka kunskapen om AI och dess möjligheter att öka operativ förmåga kopplat till verksamhet med obemannade luftfartygssystem vid samhällsstörningar genomförs en studie för att relatera existerande AI-metoder med den kommunala räddningstjänstens behov. Effektmålet är att höja svenska myndigheters beredskap att ta till vara möjligheterna med AI vid samhällsstörningar.

Studien omfattar följande frågeställningar:

- Vilka förmågebehov har räddningstjänsten vid användning av UAS?
- Hur kan existerande AI-metoder stödja dessa förmågor?

1.2 Begrepp

En fjärrstyrd, obemannad flygfarkost eller luftfartyg benämns UAV (eng. Unmanned Aerial Vehicle). Ett populärt smeknamn för UAV är *drönare* (eng. *drone*). I vissa organisationer benämner man de luftfartyg som ingår i den egna flottan för UAV:er och övriga för drönare. UAV:n kan vara fjärrstyrd, agera autonomt (exempelvis för navigation och snabbt kollisionsundvikande), eller delvis autonomt och delvis fjärrstyrt (det vill säga halvautonomt).

Ett UAS omfattar en UAV, en basstation och kommunikationssystem för att förmedla styrsignaler och sensordata.

Räddningstjänsten har till uppgift ”att förebygga olyckor och begränsa skador när de inträffat” och är uppdelad i en *kommunal* och en *statlig* del.³ Den statliga delen omfattar bland annat fjällräddning, ”miljöräddningstjänst till sjöss”, och hantering vid utsläpp av radioaktiva ämnen. Den kommunala delen leds av respektive kommun som har ansvar för all övrig räddningstjänst som inte den statliga delen har hand om, exempelvis brandbekämpning, trafikolyckor, och insatser vid kemikalieolyckor. Räddningstjänsten utgörs av olika organisationer som Polisen, Kustbevakningen, länsstyrelserna och kommunerna.

Räddningstjänstens *operativa förmåga* representerar kortfattat organisationens möjligheter att nå sina mål och kan delas upp i olika faktorer, främst fysiska, konceptuella och moraliska. Fysiska faktorer omfattar exempelvis utrustning, logistik och tekniknivå. Konceptuella faktorer omfattar mänskliga aspekter som kunskapsnivå. Moraliska faktorer omfattar exempelvis motivation och ledarskap (Löfvenborg, 2020, s. 4).

³ <https://www.krisinformation.se/detta-gor-samhället/mer-om-sveriges-krishanteringssystem/samhällets-ansvar/raddningstjanst> (besökt 2021-01-05)

1.3 Metod

Arbetet förlitar sig dels på intervjuer med utvalda personer inom räddningstjänsten med kännedom om arbete med UAS:er (se avsnitt 1.3.1), dels en föregående studie (Svenmarck o.a., 2020) som föreslår åtta tillämpningsområden med tillhörande AI-metoder av potentiellt intresse för räddningstjänsten. Baserat på intervjuerna identifieras räddningstjänstens förmågebehov inom UAV-teknik, vilket sedan jämförs med de tillämpningsområden för AI-teknik som berörts med avseende på några värderingskriterier.

1.3.1 Intervjumetodik

Sju intervjuer har genomförts inom ramen för denna studie under november och december år 2020. Fem av dessa kom från räddningstjänsten och två från andra organisationer som agerar stöd till just räddningstjänsten vid olika insatser. De intervjuade från räddningstjänsten kom alla från olika organisationer, från både stora och små enheter, och från både storstäder och landsbygd. Då användningen av UAS:er inom räddningstjänsten fortfarande är ett relativt nytt område, som fortfarande saknas i många enheter, gjordes urvalet för intervjuer utifrån de som ansågs ha tillräckligt med erfarenhet att delge och där de jobbade direkt med UAS:er.

Intervjuerna kan beskrivas som *kvalitativa* då syftet var att få uppslag om vilka *operativa behov* som de intervjuade ser inom den egna organisationen. Målet var således inte att jämföra hur olika organisationer och aktörer använder UAS:er eller för att säkerställa data för statistisk analys genom en stor mängd intervjuer. Då ett begränsat antal personer intervjuades kan det inte ses som representativt för hela räddningstjänsten utan intervjumaterialet består av kvalificerade åsikter från just de personer som deltog. Däremot har det varit möjligt att dra mer allmänna slutsatser från materialet i de fall där flera av de intervjuade var av en liknande åsikt eller uttryckte liknande behov.

Intervjuerna utfördes i *semistrukturerad* form där samma frågemall användes i alla intervjuerna men de intervjuade uppmanades även att prata om aspekter som inte lyftes i frågemallen (frågemallen bifogas som rapportens bilaga). Dessa frågor hade skickats ut på förhand för att de intervjuade skulle kunna bekanta sig med dem i förväg. Däremot genomfördes intervjuerna med en viss öppenhet för att andra aspekter än de som framgår av frågorna skulle kunna komma fram.

Sex av intervjuerna genomfördes genom videosamtal och en intervju via telefon. Intervjuerna utfördes av två personer från FOI och spelades inte in. Allt material har hanterats i enlighet med GDPR. Intervjuerna genomfördes bara med öppen information utan någon säkerhetsklassad information.

Intervjumaterialet analyserades med fokus på hur olika behov beskrevs, dess vikt gentemot varandra och hur dessa skulle kunna relateras till lämplig AI-teknologi.

1.3.2 Förmågebehov och AI-metoder

De fysiska förmågebehov som identifierats genom intervjuerna med personal inom räddningstjänsten (avsnitt 1.3.1) relateras till de AI-metoder som beskrivits av Svenmarck o.a. (2020) för att avgöra i vilken utsträckning metoderna kan möta behoven. Det visar sig att dessa metoder endast berör ett fåtal av förmågebehoven. För resterande förmågebehov diskuteras översiktligt hur andra AI-metoder skulle kunna bidra.

1.3.3 Avgränsningar

Räddningstjänsten består av en statlig och en kommunal del med separata uppgifter. Fokus ligger på den kommunala delen och de operativa förmågebehoven rörande UAS:er som hör till den delen. Vidare, som nämns i avsnitt 1.3.1, är urvalet av intervjuade begränsat till sju personer och därför inte tillräckligt omfattande för att kunna dra kvantitativa slutsatser. Däremot identifieras några faktiska och angelägna förmågebehov.

1.4 Läsanvisning

I kapitel 2 erbjuds en kort introduktion till forskningsområdet artificiell intelligens. Den som redan är bekant med AI-området kan till en början hoppa över detta kapitel och läsa det om behov skulle uppstå. Särskild vikt läggs på delområdet maskininlärning och den typ av inlärningsmetod som kallas djupinlärning. I kapitel 3 redovisas de förmågebehov som identifieras genom intervjuerna. I kapitel 4 redovisas nyttan av de AI-metoder som identifierats i (Svenmarck o.a., 2020) för förmågebehoven. För de förmågebehov som inte stöds av AI-metoderna diskuteras möjligheten att dra nytta av andra AI-metoder. I kapitel 5 sammanfattas och diskuteras resultaten i kapitel 3 och 4. I bilagan bifogas det frågeformulär som använts under intervjuerna.

2 Artificiell intelligens

Detta kapitel, som i stora delar är baserat på tidigare FOI-studier bland andra (Schubert, 2017), Luotsinen o.a. (2019), Robinson o.a. (2020) och Cohen o.a. (2020), syftar till att ge en kort introduktion till begreppet artificiell intelligens (AI) och förklara översiktligt de AI-koncept som används i rapporten. Läsare som redan är bekanta med AI kan läsa kapitlet översiktligt och återvända till det vid behov.

John McCarthy vid Stanford-universitetet myntade begreppet artificiell intelligens 1956 och definierade det som ”vetenskapen och tekniken att skapa intelligenta maskiner” (McCarthy, 2007). Trots att djupinlärning under det senaste decenniet blivit slarvigt synonymt med AI i populärkulturen, omfattar AI många andra tekniker. I dess breda mening kan man säga att *forskningsområdet AI strävar efter att skapa datorsystem som kan lösa beräkningsproblem genom att antingen efterlikna mänsklig intelligens eller på annat sätt uppvisar egenskaper förknippade med mänsklig intelligens som inlärning och problemlösning*. Några tillämpningsområden för AI är spel (till exempel schack), taligenkänning, språkförståelse, datorseende och expertsystem.⁴

Artificiell allmän intelligens (AGI) är en hypotetisk AI som har en intelligens som är åtminstone lika skarp som mänsklig intelligens (men betydligt snabbare), det vill säga den klarar av att utföra vilken intellektuell uppgift som helst som en människa kan utföra.

Till skillnad från AGI är dagens AI-system begränsade till specifika och väl-definierade uppgifter och även om de kan uppvisa en intelligens som vida överstiger den mänskliga förmågan för att lösa dessa uppgifter kan de inte räknas som AGI. Till exempel är AlphaZero (Silver, o.a., 2018) ett AI-system som lär upp sig själv till övermänsklig spelstyrka på flera olika spel som Go, Schack och Shogi endast genom att spela mot sig själv på några timmar. Men detta program är fortfarande ett *snävt* AI-system (även kallad svag AI) eftersom den inte uppvisar människolik intelligens inom något annat område än just dessa brädspel. All AI som existerar i dag 2021 och används inom olika fält som datorspel, självkörande bilar, bild- och taligenkänning etc. är snäva AI. Detta är viktigt att komma ihåg då AI:ns övermänskliga styrka annars kan leda till att dess begränsningar i att hantera situationer som är utanför ramarna för hur problemet har definierats när AI-systemet har byggets glöms bort.

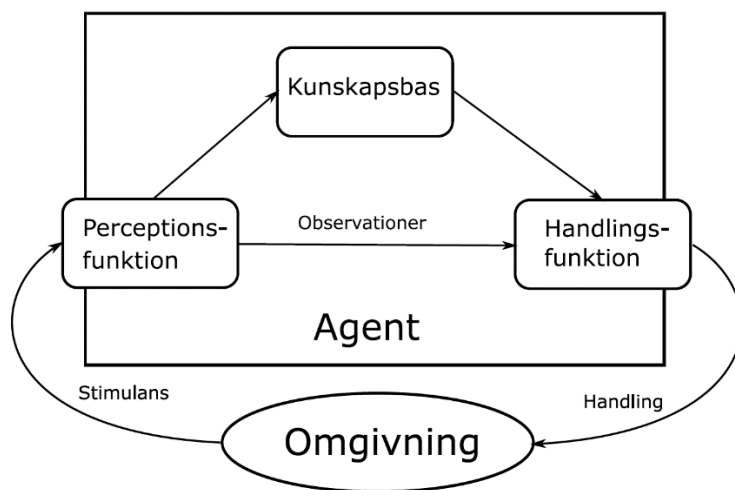
I avsnitt 2.1 beskrivs olika typer av AI-metoder översiktligt. I avsnitt 2.2 beskrivs mer detaljerat den del av AI-området som berör maskininlärning och i avsnitt 2.3

⁴ Expertsystem är program där man manuellt programmerat in mänsklig expertis för att utföra en viss typ av uppgifter.

den typ av maskininlärning som rönt stora framgångar under de senaste tioåren, djupinlärning.

2.1 Översikt över AI-metoder

När AI-metoder beskrivs och kategoriseras är det ofta användbart att utgå från *agent-konceptet*. En agent (se Figur 1) är en entitet (exempelvis en organism, person, eller mjukvara) som kan resonera och agera baserat på erfarenheter och en uppfattning av tillståndet hos sin miljö (Russell & Norvig, 2020).



Figur 1. En enkel agentmodell som beskriver agentens förmåga att känna av sin omgivning (perception) och agera (*handling*) i den baserat på erfarenhet (*kunskapsbas*).

En (mjukvaru-)agent kan utföra olika typer av kognitiva uppgifter som faller inom ramen för AI. Agenten kan exempelvis lära sig av sin omgivning, det vill säga maskininlärning, vilket diskuteras närmare i avsnitt 2.2 och 2.3. Agenten kan också resonera kring de intryck som den får från sin omgivning och planera sina handlingar (Russell & Norvig, 2010, s. 366). *Aktivitetsigenkänning* (eng. *activity recognition*) syftar till att dra slutsatser om vad andra agenter (exempelvis bilister på en väg i ett insatsområde) gör och har för avsikter (Cañamero, 1994). *Fallbaserat resonerande* (eng. *case-based reasoning*, CBR) är en form av resonerande som bygger på att agenten jämför aktuella intryck med en databas av kända fall. Falldatabasen innehåller också förslag på lämpliga beslut för varje situation. Agentens utmaning består i att anpassa besluten i falldatabasen till den aktuella situationen om matchningen med intrycken inte är exakt (Richter & Weber, 2013). Är intrycken behäftade med osäkerhet kan agenten behöva resonera probabilistiskt eller med oskarp logik (Russell & Norvig, 2010, s. 510).

Vissa AI-metoder bygger på att problemlösningen fördelas över ett antal agenter, så kallad *distribuerad AI* (DAI). Intresset för DAI drivs främst av att vissa system (omfattandes exempelvis processorer och ställdon) är distribuerade från början (Weiss, 1999). DAI-metoder används både för gemensam problemlösning och Ett konkret exempel på ett sådant distribuerat system är just en samling UAV:er i ett insatsområde.

Det finns också AI-metoder som inte passar att uttryckas med hjälp av agentmodellen. Biologiskt-inspirerad AI handlar om metoder som inspirerats av autonomi och robusthet som kan studeras i naturen. Neuronnät (som diskuteras som en form av maskininlärningsmetod i avsnitt 2.2) är ett exempel, men det finns många fler. Bland annat används modeller för genetik och evolution (för optimering och automatisk programmering), sociala insekter (exempelvis myrkolonier), immunsystem och cellulära automater (Floreano & Mattiussi, 2008).

Metoder för naturligt språk (NLP) omfattar metoder för att analysera text. Databrytning (eng. data mining) är ett delområde som är nära besläktat med maskinlärning men som har fokus på att beskriva stora datamängder och extrahera kunskap (exempelvis genom klustring) (Hand, Mannila, & Smyth, 2001). Det händer också att olika AI-metoder länkas samman till ett sammansatt AI-system (eng. *hybrid intelligent system*) för att lösa något visst problem. Det sker i sammanhang där olika AI-metoder är särskilt lämpade att lösa olika delproblem (Castillo, Melin, & Pedrycz, 2007).

2.2 Maskininlärning

Maskininlärning är en mycket populär AI-metod där mjukvarans logik skapas av algoritmer i datorer i stället för av mänskliga programmerare. Gemensamt för alla maskininlärningstekniker är att de kräver data i någon form för att inlärning skall kunna ske. Maskininlärning kan grovt indelas i tre huvudmetoder: *övervakad inlärning*, *oövervakad inlärning* och *förstärkt inlärning*.

2.2.1 Övervakad inlärning

Den vanligaste typen av maskininlärning är övervakad inlärning, vilket är en matematisk modell som genom träning (inlärning) anpassar sig till en given datamängd. Det vill säga en samling observationer där varje observation har en etikett. Syftet är att modellen ska kunna klassificera data som inte tidigare har observerats.

Ett exempel på en typisk tillämpning är objektigenkänning i bilder där målet är att avgöra om ett objekt i en bild antingen är en människa eller ett djur. Vid inlärning är målet att iterativt justera modellens parametrar så att den begår så få misstag som möjligt genom att matcha modellens gissning (en människa eller ett

djur) mot det rätta svaret som systemet också har tillgång till. Om gissningen var fel beräknas en avvikelse som används för att finjustera modellens parametrar. Denna process upprepas till dess att inlärningsalgoritmen inte klarar av att ytterligare förbättra modellens träffsäkerhet.

Övervakad inlärning är starkt beroende av träningsdata men många gånger är tillgången till rätt träningsdata begränsad, vilket kan leda till modeller som inte presterar bra. På senare år har flera algoritmer utvecklats som skapar modeller trots bristfällig tillgång till träningsdata. Dessa AI-metoder kallas *inlärning med få exempel* (eng. *few-shot learning*).

2.2.2 Övervakad inlärning

Till skillnad från övervakad inlärning sker oövervakad inlärning med data som inte har någon märkning eller kategorisering. Fördelen med detta angreppssätt är att människans arbetsinsats avlastas ytterligare då datorn får göra mer av jobbet.⁵

Oövervakad inlärning används typiskt för att klustra och komprimera data. Vidare är dessa AI-tekniker vanliga i anomalidetektionstillämpningar då data som representerar normalbilderna existerar i överflöd samtidigt som de registrerade avvikelserna är fåtaliga, till exempel 99% sannolikhet för icke-brand och 1% sannolikhet för brand. Ett sådant AI-system är i princip svårt att skapa med övervakad inlärning eftersom inlärningsalgoritmerna typiskt kräver att data är balanserad över de klasser som skall detekteras.

2.2.3 Förstärkt inlärning

Förstärkt inlärning skiljer sig från både övervakad och oövervakad inlärning i den bemärkelsen att modellen tränas med målet att välja de handlingsalternativ som förväntas resultera i maximal framtida belöning.

Denna inlärningsmetod har visat sig vara ytterst framgångsrik för att skapa intelligenta AI-system som kan agera med övermännisklig kapacitet i många olika spel (t.ex. brädspel, kortspel och datorspel). Flera exempel finns på tillämpningar där AI-system tränade med förstärkt inlärning överträffar de allra bästa mänskliga experterna. Till exempel har tekniken använts för att skapa en artificiell spelare som nådde grandmasternivå i strategispelet StarCraft II (Vinyals, o.a., 2019) och en robot som lyckades slå koreanska toppslag i issporten curling (Won, Müller, & Lee, 2020). Ytterligare en intressant aspekt av förstärkt inlärning är att modeller som skapas med tekniken ibland föreslår överraskande lösningar, t.ex. schackdrag som människor inte överväger.

⁵ Att manuellt klassificera data för att möjliggöra övervakad inlärning är nämligen normalt både tidskrävande och kostsamt.

Inläring sker genom att modellen prövar ett stort antal sekvenser av handlingsalternativ i en simulator. Om en sekvens är framgångsrik så justerar inlärningsalgoritmen modellen så att sekvensens handlingar förstärks (det vill säga dessa handlingar kommer att föreslås av modellen mer ofta). På samma sätt bestraffas sekvenser där handlingar inte resulterar i ett önskat sluttillstånd vilket leder till att dessa handlingar kommer att föreslås mer sällan av modellen. I förstärkt inläring är det alltså simulatoren som producerar den data som inlärningsalgoritmen använder sig av för att kunna träna modellen. Precis som i oövervakad inläring krävs ingen annotering av datamängden utan detta sker per automatik med en så kallad belöningsfunktion designad av människor.

2.3 Djupinläring

Djupinläring är en maskininläringsteknik där modellen uteslutande representeras av djupa neuronnet (Hinton & Salakhutdinov, 2006). Modellen med neuronnet är framtagen i analogi med biologiska neuronnet i den mänskliga hjärnan. Djupinläringens neuronnet har dock inget att göra med biologiska funktioner. Ett djupt neuronnet är i praktiken inget annat än en matematisk funktion som är modulärt uppbyggd i olika så kallade neuronlager. Djupa neuronnet kan användas för såväl övervakad, oövervakad som förstärkt inläring.

Värt att nämna är också att även om konceptet djupinläring inte är något nytt, så har djupinläringialgoritmer börjat fungera först sedan början av 2010-talet som ett resultat av att stora mängder data blivit alltmer tillgängliga och att AI-forskarna listat ut hur inläringialgoritmens beräkningar kan parallelliseras så att de kan beräknas med allt kraftfullare grafikprocessorer.⁶

Djupinläring är det område inom AI som i dag har störst potential att kunna användas för att lösa verkliga problem, det vill säga problem som inte är tillrättalagda i AI-forskarnas laboratorier. Det är dock viktigt att poängtera att djupinläring – trots att den varit framgångsrik med att lära sig olika typer av spel – i dag endast kan användas för att lösa specifika uppgifter (det vill säga svag AI) och att det finns flertalet utmaningar med tekniken som gör att den inte kan eller är lämplig att använda i vissa tillämpningar.

⁶ Av en händelse har det visat sig att just grafikprocessorer har egenskaper som lämpar de för att användas för djupinläring.

3 Behovsinventering

Utifrån intervjuerna med personal inom räddningstjänsten (beskrivet i avsnitt 1.3.1) har ett antal operativa förmågebehov om användningen av UAS:er vid insatser identifierats. Då utvecklingen av AI är ett specialiserat område kan det vara svårt för personer utan teknisk kunskap att uttrycka specifika AI-behov. Därför låg fokus under intervjuerna på vilka behov och utmaningar som de intervjuade upplevde kopplade till användning av drönare mer allmänt även om detta till viss del berodde på den intervjuades bakgrundkunskap. En viktig aspekt av projektet har därför varit att diskutera de behov och utmaningar som räddningstjänsten uttryckt i intervjuerna och genom vår egen expertis inom AI hitta möjliga tekniska lösningar till dessa.

I detta kapitel diskuteras dessa förmågebehov. Följande rubriker erbjuder en översikt över behoven och därefter följer en detaljerad diskussion om varje behov förankrat i resultaten av intervjuerna.

- 3.1. Bildbehandling och överlagrad video
- 3.2. Luftrumssamordning
- 3.3. Autonom styrning och anpassning
- 3.4. Detektion av farliga ämnen
- 3.5. Förberedelse av insats
- 3.6. Samnyttjande av resurser
- 3.7. Beslutsstöd
- 3.8. IT-säkerhet och störning
- 3.9. Nyttolast

3.1 Bildbehandling och överlagrad video

UAV-plattformar är utrustade med kameror (exempelvis optiska och termiska) för att skapa videoströmmar och ta stillbilder. Det är tydligt från intervjuerna att detta utgör en central del av räddningstjänstens arbete med UAS:er och är ovärderlig hjälp för personalens förmåga att skapa en lägesbild över en insats. Det som lyfts fram som utmaningar under intervjuerna består framför allt i att snabbt, i realtid, kunna upptäcka intressanta detaljer i bilder (vilket kräver

expertis) och bygga framkomlighetskartor (både i byggnader och utanför), eller att analysera filmsekvenser i efterhand.⁷

Här är det framför allt två områden som lyfts som problematiska i dagsläget, dels sensorerna på själva UAV:en som påverkas av mörker, väder etc.⁸, dels skärmen som piloten använder för att styra farkosten samt analysera bilden, som även den påverkas av väder, som till exempel starkt solsken.⁹

Genom intervjuerna blir det tydligt att det finns ett behov av att automatisera bildanalysen och därmed snabbare identifiera exempelvis brandhärden eller den försvunna vandraren, och avlasta personalen. Möjligheten med automatisk färgdetektering, för att till exempel lättare kunna identifiera saknade personer utifrån vilka kläder de har på sig, var ett annat förslag.¹⁰

Ett annat exempel på behov är bättre värmekameror för att kunna särskilja vissa objekt:

”Förbättrade värmekameror – de behöver bli bättre på att göra skillnad. Är det en människa eller en varm sten?”¹¹

Utöver detta är det användbart att få olika men ”ordinära” delar av insatsområdet uppmärskade i videoströmmen: markering av egna resurser, vägnamn, luftledning, och kontrollrum för el och vatten). Den här funktionen kallas ibland *förstärkt verklighet* (eng. *augmented reality*).¹²

Vid en intervju lyftes även frågan om det skulle gå att kunna skapa 3D-modeller från de bilder som UAV:erna producerar tillsammans med kartmaterial, till exempel terrängkartor, och annan information. Detta för att snabbare skapa en tydlig bild över hur platsen ser ut.¹³

Även tolkning av bilder lyfts fram som en utmaning: *”IR-kameran levererar en bild men operatören vet inte hur de skulle tolka den. Den har 20-talet olika IR-filter i sig. Olika filter är olika bra utifrån vad du letar efter. Kan bero på temperatur etc. FLIR heter kameran som sitter på – de har bra utbildningspaket men det är också svårt för oss att ta fram ett utbildningsmaterial för bildtolkning.”*

⁷ Intervju 1, fråga 14.

⁸ Intervju 7, fråga 9.

⁹ Intervju 6, fråga 7 och 8.

¹⁰ Intervju 7, fråga 6 och intervju 6, fråga 9.

¹¹ Intervju 1, fråga 14.

¹² Edgybees (<https://edgybees.com/>, besökt 2021-01-06) produkter ger exempel på det.

¹³ Intervju 7, fråga 6.

Annat exempel – ”om man ska fånga bilder på oljefilter på vatten beror på hur man går in med kameravinkeln. Ibland ses den tydligt – ibland inte alls. Inte jättemycket efterarbete har gjorts men vi kikar på det.”¹⁴

3.2 Luftrumssamordning

Flera av de intervjuade har lyft problematik kring ökad trafik i luftrummet. Tillgången till luftrummet begränsas dels av ordinarie restriktioner (kommersiell lufttrafik och försvarsbehov), dels av civil UAS-trafik och UAS-trafik från andra myndigheter. De intervjuade vittnar om att detta är en utmaning redan i dag och förväntas bli ännu svårare i framtiden med en ökad UAV-trafik i luftrummet. Flera intervjuade menar att det är troligt att mer leveranser kommer göras via UAV:er i framtiden. Detta sågs delvis som positivt men samtidigt menar de intervjuade att det ställer större krav på samordning och koordinering av infrastrukturen i luftrummet. Som en av de intervjuade uttrycker det: ”vad flyger, prioriteringar och hur styr man det? Vad är viktigast – att leverera blod eller pizza?”¹⁵

Det finns därför ett behov av en mer automatiserad koordinering och samordning av luftrummet där en tydlig hierarki främjar samhällsviktiga tjänster. Tillgången till luftrummet behöver i dag hanteras på plats och tar tid och resurser. Tillfällig avlysning av luftrummet för civil trafik (exempelvis media och kommersiell) skulle behövas. En av de intervjuade menar att journalister och mediaföretag redan idag använder UAS:er för att producera bilder av bland annat olyckor eller insatser. Detta ses i dagsläget inte som något stort problem då de än så länge inte är så många och de som använder dem generellt backar när de blir ombedda men det finns oro för att detta kan komma att ändras. Automatiserad avlysning av områden kan därför bli ett viktigt verktyg för att avlasta räddningstjänsten från denna uppgift.

En annan aspekt är att viss teknisk utrustning kan störa användningen av drönare som då inte får användas.

3.3 Autonom styrning och anpassning

Flera av de intervjuade lyfter problematiken med personalbrist och att styrningen av UAV:er låser upp personal. Det är framför allt ett problem för mindre enheter där det inte finns så mycket personal och mindre problematiskt i större enheter där det fanns tillräckligt med personal att avvara:

¹⁴ Intervju 3, fråga 7.

¹⁵ Intervju 1, fråga 13.

”Det är lite snålt med folk. Samma personer ska göra det mesta. Frågan är hur många saker man kan göra på en gång. Känsligt att ta personer från linjen.”¹⁶

Samtidigt är det tydligt att de enheter som arbetat in rutiner snabbare får upp UAV:erna i luften och kan på så sätt även frigöra personal i förlängningen:

”Vi hade ett exempel när det kom in larm om 6 skogbränder – Då kunde vi med drönare se att det bara var 3 st. det sparade förbundet mycket då man kan skicka tillbaka 3 styrkor snabbt.”¹⁷

Att hitta rutiner för att snabbt få upp UAV:n ses därför som avgörande:

”Det är ju ganska lätt att ta ur den ur väskan och få upp den i luften, det gör man på under en minut. Men folk måste få in det på att-göra listan. Särskilt när det gäller minut-operativ insats. Då prioriteras det bort.”¹⁸

Här kan ses ett område där AI skulle kunna lösa problematiken med personaltilldelningen ifall UAV:erna kunde bli mer självgående vilket skulle frigöra personal. UAV:n skulle kunna bli mer självgående genom att plattformen själv förstår situationen, uppskattar hot och skyddar sig själv (det vill säga att anpassa sig efter situationen genom att undvika hinder och skadlig eld, avbryta operationen om väderleken inte passar plattformen med mera).

Just möjligheterna till pilotlösa UAS är det även flera av de intervjuade som hoppas på i framtiden:¹⁹

”Pilotlösa vore bra. Idag måste man ju ha en pilot. Att kunna förprogrammera den så kan den ju lösa sig själv och hovra på de punkter man satt.”²⁰

Samtidigt lyfter en av de intervjuade att detta kräver säkra system som går att lita på och att man i dagsläget inte är där än: *”Vi har haft tre incidenter där det var maskinens fel – när den bara dragit iväg. Jag skulle inte vara bekväm med att bara skicka iväg den.”²¹*

3.4 Detektion av farliga ämnen

När det gäller detektion av ämnen såsom gaser eller kemikalier är det framför allt arbetsmiljöfaktorer som lyfts. Här ser de intervjuade fördelarna med att skicka

¹⁶ Intervju 5, fråga 7.

¹⁷ Intervju 2, fråga 6.

¹⁸ Intervju 5, fråga 7.

¹⁹ Intervju 1, fråga 7 och Intervju 4, fråga 9.

²⁰ Intervju 4, fråga 9.

²¹ Intervju 3, fråga 9.

fram en UAV som kan detektera hur situationen ser ut innan personal skickas ut. Idag används manuella lösningar framför allt i form av handinstrument vilket betyder att personalen kan utsättas för farliga ämnen.²²

”Att få en ”sniffer” – som känner av brandgaser eller farliga gaser vore toppen. Att se om det är säkert att skicka fram personal eller inte.”²³

”Vi hade nyligen ett utsläpp med farligt ämne på bangård. I vanligt fall hade man behövt skicka fram en brandman för att inspektera platsen. Nu kunde vi flyga fram. Hade det hänt något hade bara en drönare rykt. Inte en brandman.”²⁴

Även tidsfaktorn lyftes vid intervjuerna. I dagsläget behöver prover skickas till en expert vilket tar tid, så möjligheten till snabba tester redan med sensorer på UAV:en var även det ett behov som uttrycktes.

3.5 Förberedelse av insats

En automatiserad avläsning av situationen på insatsplatsen där en UAV skickas ut automatiskt vid larm för att nå insatsplatsen och göra en första bedömning skulle kunna vara ett alternativ som lyfts av flera intervjuade. Det skulle ge *first responders* en möjlighet att få en ”flygande” start med sitt arbete och insatsledaren en möjlighet att bidra med rätt resurser/kompetens till insatsen, bygga upp en bild av byggnader och ras med mera.²⁵ Den nuvarande lagstiftningen tillåter dock inte detta i dagsläget. Att behovet finns hos de intervjuade är däremot tydligt:

”AI kan bli bra för att se uppstarten på ett jobb – själva planeringsprocessen och uppstarten kan bli kortare.”²⁶

”Förbereda dom som anländer först. Automatiserad avläsning av en situation. Förprogrammera uppdrag som utförs via AI.”²⁷

”Vi behöver låta maskinerna jobba åt oss, inte tvärtom. Att de själva kan ge sig ut för att detektera, flyga, upptäcka eld, hitta människor på balkonger osv.

²² Intervju 1, fråga 14.

²³ Intervju 7, fråga 6.

²⁴ Intervju 3, fråga 6.

²⁵ Eventuellt skulle man till och med kunna ha ”fixed-wing” UAS:er som ständigt sveper över landet för att tidigt upptäcka bränder.

²⁶ Intervju 7, fråga 12.

²⁷ Intervju 1, fråga 14.

Kanske ha vissa förprogrammerade program som man lätt kan instruera den med.”²⁸

3.6 Samnyttjande av resurser

Frågan om flera av räddningstjänstens organisationer kan dela UAS-resurser i en insats lyftes under intervjuerna. Det kan vara så att information som en viss organisation behöver lättast skulle kunna hämtas in med UAV:er som en annan deltagande organisation hanterar (exempelvis skulle brandförsvarets UAS samtidigt kunna spana efter både brandhärd och skadade, eller insamling av forensisk information för Polismyndighetens brottsutredning). Med andra ord, skulle en UAS kunna ta uppdrag från flera organisationer på samma gång?

Flertalet av de intervjuade vittnar om hur de ofta samarbetar med flera olika externa parter som Polisen, Kustbevakningen, Trafikverket såväl som andra enheter inom räddningstjänst och här finns ett påtagligt behov av att samnyttja den data som levereras från UAV:er. Idag är möjligheten till detta begränsad, framför allt på grund av brister i kommunikationsnätverk. Här handlar det både om säkra och pålitliga streamingkanaler men även hur olika system som används kan nyttjas tillsammans:²⁹

”[S]ystemen behöver byggas ihop och in i samma plattform och det kan vara en utmaning. Lite större ett nationellt perspektiv, hur vi ska göra när vi agerar över regiongränserna. Vad har vi för plattform som ska bistå en räddningstjänst någon annan stans, hur kan vi då koppla upp oss på andras system och plattformar. Hur delar vi detta på ett enkelt sätt?”³⁰

En av de intervjuade beskrev piloten som en ”trång sektor” som måste hålla koll på många saker samtidigt. Även här skulle AI som hjälper till med delning av information kunna agera stöd:

”Man skulle också kunna ha en pilot på distans som kör, tex att söka en strandlinje som kan vara stökigt när man ska in under träd och bryggor etc. Då behöver man bara en person som sätter ut den i terrängen (co-pilot) men en annan på distans som faktiskt kör den. Det kan avlasta en pilot i detta fall. Men också att kunna avlasta bildanalysen till någon annan, kanske någon som är någon helt annan stans eller i en mörk bil i närheten så de kan se skärmen bättre osv.”³¹

²⁸ Intervju 1, fråga 14.

²⁹ Intervju 4, fråga 7.

³⁰ Intervju 5, fråga 7.

³¹ Intervju 6, fråga 8.

Flera av de intervjuade efterfrågade även någon slags pool av UAV:er som är mer specialiserade för vissa användningsområden, framför allt ärenden som är mindre vanliga, till exempel att detektera livstecken under rasmassor eller under vatten.³²

När det gäller samarbete mellan olika enheter i användningen av UAS-resurser lyfter en av de intervjuade att detta ofta handlar om organisatoriska svårigheter snarare än tekniken. Det handlar om att hitta sätt att larma varandra och skapa gemensamma checklistor för att på så sätt snabbt kunna använda varandras resurser eller bistå varandra. Här skulle AI kunna delvis vara till hjälp för att lättare larma andra enheter samt skapa gemensamma checklistor, men här krävs det även förståelse för hur organisatoriska aspekter påverkar som ligger utanför själva AI-tekniken.

Just organisatoriska och användarperspektiv av UAV och AI diskuteras i flera av intervjuerna. Här kan man även se olika förståelse och attityd till ny teknik där flera nämnt svårigheten att implementera ny teknik. En intervjuad menar att det måste finnas en förståelse för detta och att det därmed måste få ta tid. Samma person menade också att detta är något som kommer att förändras:

”Det är en process som får ta tid. Man måste se vilken nytta det kan göra för att få in det. Generationsskifte kommer nog göra sitt till där. Yngre är flinkare i fingrar och mer vana vid teknik.”³³

3.7 Beslutsstöd

En återkommande punkt i intervjuerna var UAV:ers möjligheter att skapa en överblick och på så sätt vara ett viktigt stöd i beslutsprocessen för insatser, till exempel för att snabbt hitta tillfartsvägar:³⁴

”Står man på marken har man ett perspektiv men när det gäller t.ex. skogsbränder så ser man ju inget. Får man upp en maskin i luften så får man ju den här översikten. Kan ge beslutsstöd väldigt snabbt. Se t.ex. vilka vägar är bäst.”³⁵

”Går att använda i princip hela tiden. Bereda beslutsunderlag vilket man gör genom att skapa en överblick, styra arbetet och identifiera skadeplatsfaktorer. Identifiera hot och möjligheter i stort. Hjälpa att mäta resultat – används för att

³² Intervju 7, fråga 7 och Intervju 1, fråga 13.

³³ Intervju 5, fråga 7.

³⁴ Intervju 2, fråga 6 och intervju 3, inledande diskussion.

³⁵ Intervju 6, fråga 6.

kontrollera och 'göra rätt'. Vi kan t.ex. visa om vi släcker på rätt plats. På så sätt kan vi matcha det vi ser med åtgärder.”³⁶

För att ytterligare förenkla beslutsprocessen kunde det vara användbart om olika beslutsalternativ rörande insatsen skulle kunna genereras och värderas automatiskt. Behövs exempelvis en UAV för insatsen över huvudet taget och i så fall vilka egenskaper bör de ha? Här skulle AI vara ett hjälpmedel. Flera av de intervjuade har därför även lyft behovet av ökad automatisering i denna process. Kan man automatiskt få ett beslutsunderlag för UAS-insatsen?

I ett par intervjuer väcktes frågan om hur samhällskostnaderna kan bli betydligt större när UAV:er inte används, till exempel i kopplingar till stillastående tåg vid olyckor eller vid obehöriga i spårområdet. Idag handlar detta om en diskussion där olika aspekter ställs emot varandra men här skulle AI kunna ge klarare besked för beslutsfattare. Kan exempelvis samhällskostnad för att lysa av ett område för UAS-användning uppskattas? Även här lyfts arbetsmiljön som en viktig faktor:

”Förut gick vi med ficklampor längs rälsen och nu kan vi se det snabbt. Tidigare stod tåget still i ett par timmar nu kanske 10 min.”³⁷

”Vi har haft några larm om personer på spår och då har vi kunnat tidigt åka till platsen och slippa släpa upp brandmän på spåret för att kunna leta. Söker vi i stället med drönare med värmekameror har vi kunnat avfärda flera av dessa snabbt. Detta har sparat tid men har även gjort det arbetsmiljömässigt bättre.”³⁸

”När det gäller fall där någon blivit påkörd av tåget blir det ett filter också, Att hitta en påkörd genom en skärm och inte direkt. Då kan man hantera det bättre. Och vara förberedd när man sen kommer till platsen.”³⁹

3.8 IT-säkerhet och störning

Säkerheten av tekniken såväl som störningar lyfts av flera under intervjuernas gång. Behov av teknik som visar och varnar för störningar lyfts och detta skulle kunna lösas genom AI-lösningar som ger mer information till piloten. Även lösningar som tillåter att UAV:n automatiskt justerar flygningen utifrån information om väder och annat kunde vara hjälpsamma här:

”Vi stötte på det där med solstormar för ett tag sen- då märkte vi att något konstigt hände. Det magnetiska påverkar ju flygningen och det borde ju kunna

³⁶ Intervju 1, fråga 6.

³⁷ Intervju 3, inledande diskussion.

³⁸ Intervju 2, fråga 6.

³⁹ Intervju 3, fråga 6.

komma upp på skärmen för en pilot. Även vindmätningar osv – nu får vi varningar men vore bra med mer info. Det kan ju skilja mycket från marken där piloten står och uppe i luften där drönaren är.”⁴⁰

”Vi anpassar oss efter tekniken men vi vill ju till den punkt när tekniken anpassar sig för oss! Här tror jag att en egenutveckling kan få detta att växa. Vi har ju så mycket regler att förhålla oss till som stoppar upp idag. Om man tittar på ett rött läge där samhället slutat fungerat – hur jobbar vi om det är störsändare – finns det andra system (reservfrekvenser kanske) som vi kan arbeta med?”⁴¹

En annan aspekt som lyfts gäller även hur video kan strömmas och lagras på ett säkert sätt. Detta ses som särskilt problematiskt ifall bilder och video senare ska kunna användas för forensisk utredning och som bevis.

”Det är ju också en annan känslig del, hur spara osv. Hur vi hanterar lagringsmedia – om det sparas på kort så måste vi tänka på om vi har använt det tidigare, har vi i så fall raderat allt innan eller måste vi ha nya kort hela tiden? Hur funkar länken – är den krypterad.”⁴²

”Vi använder ju RAKEL men där har vi ju ingen bandbredd för internet eller internetuppkoppling. Det är väl på gång att det ska bytas ut men om man kunde använda flera drönare i relä så hade det kunnat vara kanon. För nätet vi har idag det fungerar ju i fredstid men det kan ju komma kris eller krigstid där det slutar fungera.”⁴³

3.9 Nyttolast

Flera av de intervjuade lyfter behovet av teknik för att kunna gripa och transportera saker. I dag har UAV:erna en viss uppsättning sensorer och det kan vara besvärligt att byta ut dessa eller tillföra nya. Det är därför även svårt att bära med mer utrustning ut i fält eller livräddande utrustning som en livboj eller hjärtstartare, men det skulle vara en användbar förmåga:

”All form av uppdaterad information är ju jättespännande men även att kunna leverera utrustning, något livsavgörande. Att få ut en livboj till personer i vattnet som kan nå personer 10 minuter innan man får dit en båt.”⁴⁴

⁴⁰ Intervju 6, fråga 9.

⁴¹ Intervju 7, fråga 7.

⁴² Intervju 7, fråga 6.

⁴³ Intervju 2, fråga 10 h.

⁴⁴ Intervju 4, fråga 14.

4 AI-stöd för förmågebehov

Artificiell intelligens beskrivs kortfattat i kapitel 2. De åtta tillämpningsområden för AI-metoder som behandlades i avsnitt 3.2 i (Svenmarck, o.a., 2020) omfattar robust kommunikation och detektion av olika slag, exempelvis av brand i skog och mark, översvämningar, jordskred, objekt och skador, människor och livstecken. Fullständiga referenser till den aktuella forskningen finns också i Svenmarcks rapport.

Dessa tillämpningsområden och tillhörande AI-metoder beskrivs kortfattat i avsnitt 4.1. Märk att urvalet av forskningsartiklar är begränsat och att det mycket väl kan finnas mer relevant forskning inom tillämpningsområdena som inte omfattas av det här projektet.

I avsnitt 4.2 diskuteras olika sätt att värdera nyttan av AI-metoder för förmågebehoven. I avsnitt 4.3 följer en beskrivning av användbarheten av AI-metoderna för de olika förmågorna. AI-metoderna som beskrivits i (Svenmarck, o.a., 2020) berör främst förmågebehovet ”Bildbehandling och överlagrad video” och diskuteras i avsnitt 4.3.1. Användning av AI-metoder för övriga förmågor diskuteras översiktligt i de efterföljande avsnitten och syftar främst till att illustrera på vilket sätt AI-metoder skulle kunna bidra.

4.1 Tillämpningsområden

För de flesta behandlade tillämpningsområdena i (Svenmarck, o.a., 2020) är det lägesbilden som stöds av de identifierade AI-metoderna. Ett ytterligare tillämpningsområde är robust kommunikation.

De åtta tillämpningsområdena är:

1. Branddetektering i skog och mark
2. Översvämningdetektering
3. Jordskredsdetektering
4. Objekt-detektering och bedömning av skador
5. Människodetektering
6. Detektering av livstecken
7. Akustisk detektering
8. Kommunikationsnätverk

Vad det gäller branddetektering redovisar Svenmarck o.a. (2020) forskning som använder analys av bilder från optiska och termiska kameror för att lokalisera brandhärd, brandens spridning och flammors höjd.

Översvämningdetektionen bidrar genom bildanalys till att klassificera vilka delar av ett insatsområde som har översvämmats. Jordskredsdetekteringen använder optiska data från satelliter och data om tidigare jordskred för att

upptäcka geografiska områden där risk för jordskred föreligger. Därmed skall man proaktivt kunna minska skadorna vid framtida jordskred.

AI-metoder för objekt-detektering kan exempelvis detektera och räkna antal fordon i bilder. Information om insatsplatsens skador kan också uppskattas, exempelvis skadade människor, omkullvälta träd, och bedömningar av skador på infrastruktur som vägar, broar och byggnader.

Andra metoder fokuserar på att uppskatta detaljinformation om människors tillstånd, kroppspositioner, och hur de rör sig. Det kan även inkludera små kroppsrörelser för att avgöra om skadade personer är vid liv.

Optisk data från kameror är kanske den mest informationsrika sensorn för räddningstjänsten, men akustisk data från mikrofoner kan komplettera optiska data. I en studie användes en mikrofon monterad på en UAV för att lokalisera ljudkällor, exempelvis från en visselpipa som används av en skadad eller vilsen person för att påkalla uppmärksamhet och vägleda en SAR⁴⁵-insats.

Det sista tillämpningsområdet är robusta kommunikationsnätverk. Samhällsstörningar kan slå ut det normala kommunikationsnätverket som UAS:er behöver för att kunna överföra styr signaler och sensordata. Lösningen är att bilda ett temporärt kommunikationsnätverk med UAV-plattformarna som basstationer. Förstärkt inlärning används för att optimera placeringen av UAV:erna och styra deras sändareffekt.

4.2 Värderingsramverk

För att värdera nyttan med de identifierade tillämpningsområdena för AI-metoder gentemot räddningstjänstens förmågebehov skulle man kunna värdera dem med avseende på följande faktorer:

- (i) Stödjer teknikerna de identifierade förmågebehovet?
- (ii) Hur bidrar teknikerna till arbetsmiljön?
- (iii) Hur väl utvecklad (mogen) är AI-tekniken?
- (iv) Finns den ”kommersiellt paketerad” för användning med UAS:er
- (v) Finns de organisatoriska förutsättningarna (exempelvis i form av personal, UAS-plattformar, finansiering, lagstöd, övrig infrastruktur)?

För faktorerna (i)-(iii) görs uppskattningar. För (iv) behövs vilka metoder som finns på marknaden undersökas, men eftersom det är forskningsresultat som studerats så är det dock inte troligt att anpassade kommersiella produkter finns i

⁴⁵ Search-and-rescue (det vill säga sök- och räddningsoperation)

dagsläget. För (v) krävs en fördjupad diskussion med de intervjuade vilket inte ryms i det aktuella projektet.

Faktor (i) berör i vilken utsträckning ett visst tillämpningsområde stöder identifierade förmågebehov. Faktor (ii) rör AI-metoders (positiva) påverkan på personalens arbetsmiljö (som exempelvis kan uttryckas i personalens säkerhet, stress, lägesbildens kvalitet och möjligheten att utföra arbetet effektivt). Faktor (iii) rör hur teknologiskt mogna och väl anpassade AI-metoderna är för räddningstjänsten.

4.3 Användbarhet av AI-metoder

Bland de förmågebehov som identifierats i kapitel 3 är det främst det första behovet, bildbehandling och överlagrad video, som stöds av de identifierade AI-metoderna. För detta förmågebehov diskuterar vi nyttan med varje tillämpningsområde och tillhörande AI-metoder.

För övriga förmågebehov använder vi exempel från andra delar av AI-forskningslitteraturen som kan stödja respektive behov. Det femte förmågebehovet, förberedelse av insats, omfattar också bildanalys för lägesbild och stärks på samma sätt.

4.3.1 Bildbehandling och överlagrad video

I intervjuerna har specifikt efterfrågats om behovet av de olika AI-tillämpningarna från (Svenmarck, o.a., 2020) och resultatet sammanfattas i Tabell 1. I kolumnen ”Behov” redovisas hur många av de fem intervjuade från räddningstjänsten som ser ett förmågebehov.

4.3.1.1 Brand

Dessa metoder syftar till att förebygga, upptäcka, och att i realtid stödja brandbekämpning (t.ex. genom koordinering av styrkor, brandutvecklingsprognos). Praktiska experiment har utförts. Det finns i denna tillämpning större krav på plattformen för vissa förhållanden. Vill man ha UAV:er som flyger och övervakar skogar behöver man exempelvis en plattform som är fastvingad och som kan flyga flera timmar.

4.3.1.2 Översvämning

De AI-metoder som primärt beaktas här (Svenmarck, o.a., 2020) verkar inte vara användbara för räddningstjänstens nyttjande av UAS utan är mer som verktyg för att detektera översvämmade områden (t.ex. för att få ersättning från staten, eller för myndigheternas återhämtningsplanering eller för humanitära strategier).

Tekniken handlar om att UAV:er flyger över ett område och tar bilder från hela området för att sedan klassificera bilderna.

Tabell 1. Värdering av tillämpningsområden. Färgkoder: **röd** betyder liten relevans för kriteriet, och **grön** betyder stor relevans, svart står för neutral eller svag.

Tillämpning	(i) Behov	(ii) Arbetsmiljö	(iii) Mogen.	Övrigt
1.Brand	4	Indirekt, mindre risk för personalen.	Hög. Praktiska experiment finns.	Vissa metoder kräver fixed-wing-plattform.
2.Översvämning	2	Obetydlig påverkan.	Praktiska demonstrationer finns.	Verkar inte passa för räddningstjänst UAS.
3.Jordskred	3	Minskad risk för personalen (kommande skred och var man kan gå).	Utrövade metoder men osäkerhet kring val av metoder.	Verkar inte passa för räddningstjänst UAS.
4.Objekt och skador	5	Förbättrad lägesbild. Minskad risk för personalen.	Låg. Tidigt experimentellt skede utom för vissa objekt.	Ett intressant område men ännu för utvecklat för praktisk nytta.
5.Människor	5	Finns dödsoffer på tågspåret? Hitta personal i fara.	Både bildbehandling och anpassning för användning med UAV testat.	
6.Livstecken	4	Stor nytta för att prioritera skadade och därmed minska riskerna för personalen.	Hög.	Bildbehandling kan behöva ske på separat dator.
7.Akustik	2	Liten påverkan.	Hög.	
8.Kommunikation	3	Stor när den ordinarie kommunikationen är svag eller störd.	Låg. Endast undersökt i simulering.	Ställer krav på särskild hård- och mjukvara.

4.3.1.3 Jordskred

Metoderna i (Svenmarck, o.a., 2020) rör användning av olika maskininlärningstekniker för upptäckt av områden som har större risk för jordskred och kommer inte direkt in i räddningstjänstens nyttande av UAS, åtminstone inte i den form som behandlas i projektet. Däremot kan information om områden med risk för jordskred användas i förebyggande syfte och som del av riskbedömningar under pågående insats i riskområde. Arbetet är preliminärt och egentligen inte anpassat för UAS.

4.3.1.4 Objekt och skador

Att identifiera objekt och inte minst infrastrukturskador i insatsområdet är ovärderligt för att skapa en bra lägesbild. Med en bra lägesbild kan risker minskas för den egna personalen och insatsen görs mer effektiv. Olika ansatser till att lösa problemet har studerats. Dessa är seriösa och långtgående, men resultaten är i de flesta fall preliminära och ytterligare arbete återstår (exempelvis behöver man mer relevant data avseende infrastrukturskador).

4.3.1.5 Människor

Metoderna hittar både gående, stillastående, och simmande människor. Egna datamängder har skapats då ”bird’s eye”-bilder med människor är svåra att finna. Man visar även att bildbehandlingen kan ske ombord på UAV:n. Det finns stora möjligheter att förbättra arbetsmiljön; metoderna kan exempelvis förbereda personalen på att hantera skadade eller avlidna.

4.3.1.6 Livstecken

Metoderna hjälper räddningstjänsten att prioritera skadade utan att behöva ta risker för att personligen undersöka dem. Metoderna är ofta baserade på optisk data och vanlig kamera kan användas. Utmaningar är stabilisering av kamerabilden (UAV:n är ju i instabil rörelse) och bildbehandlingen som förmodligen behöver ske på separat dator. Metoderna har implementerats och testats under realistiska förhållanden.

4.3.1.7 Akustik

Metoderna för akustik är mest användbara för SAR-insatser och kompletterar snarare än ersätter optisk sensor. De ger ingen särskild fördel för arbetsmiljön. Genomtänkta implementationer finns som tar hänsyn till olika tekniska faktorer, bland annat oljud från UAV:ers rotorblad.

4.3.1.8 Kommunikation

Stabil kommunikation är en önskvärd förmåga uppger de intervjuade. Nyttan är stor för arbetsmiljön eftersom UAS-förmågorna förhindras vid kommunikationsstörningar och försvårar uppdraget. Forskningen som studerats är dock preliminär och metoden har ännu inte testats under fältmässiga förhållanden. Implementation av metoden ställer både krav på särskild hårdvara och mjukvara för ett flertal UAV:er vilket kan vara besvärligt och kostsamt.

4.3.2 Luftrumssamordning

Även om luftrumssamordningen kanske inte uppfattas som ett stort problem just nu har flera av de intervjuade påpekat att detta troligen kommer att ändras inom en snar framtid. Under december 2020 godkände den amerikanska federala luftfartsmyndighet, Federal Aviation Administration, ett regelverk som innebär att operatörer tillåts flyga drönare även över tätbefolkade områden och i mörker.⁴⁶ Detta kan ha stor betydelse för kommersiell användning av obemannade luftfartyg framöver och leder oss troligen till ett scenario där drönare kommer att användas som transportmedel inom städer för leverans av varor men så småningom även för förflyttning av människor i så kallad passagerardrönare (Figur 2).

⁴⁶ <https://www.faa.gov/uas/>



Figur 2: Första elektriska passagerardrönaren EHang 184, CES 2016 (Flickr / Alex Butterfield, CC BY 2.0).

För att luftrummet ska kunna användas effektivt av räddningstjänsten i en miljö med reguljär kommersiell luftfartygstrafik krävs andra förhållningssätt till luft- rumssamordning. Sådana lösningar som innefattar komplexa tjänster med en hög grad av automatisering, tillåter avancerade operationer i tätort och erbjuder integrerade gränssnitt med bemannade luftfart, lämpar sig bäst att hanteras av AI-algoritmer. Se till exempel (Stroup & Niewoehner, 2019; Stroup, Niewoehner, Apaza, Mielke, & Mäurer, 2019; Athavale, Baldovin, Mo, & Paulitsch, 2020).

4.3.3 Autonom styrning och anpassning

Om UAV-plattformarna i högre grad än idag kan sköta sig själva kan den mänskliga piloten frigöras för andra uppdrag. I så fall behöver UAV:n kunna lösa specificerade uppdrag på egen hand, inklusive att navigera mellan olika positioner, upptäcka fenomen av intresse (exempelvis skadade personer, eller en brandhärd), undvika hinder och skador på plattformen, koordinera sina beslut med andra UAV:er i insatsområdet, och planera om uppdraget om något oförutsett inträffar.

Åtskilliga AI-metoder kan komma till användning för att åstadkomma detta. Alla typer av bildbehandling som nämns i avsnitt 4.3.1 är potentiellt användbara beroende på uppdrag.

Kim o.a. (2020) noterar att UAV-navigering är komplicerat och använder förstärkt inlärning för att koppla styrsignaler (hastighet framåt och rotation) till sensordata om avstånd och riktning till UAV:ns destination. Inlärningens syfte är att lära in ett styrbeteende för UAV:n så att den kan navigera från en startposition

till destinationen, så snabbt som möjligt och samtidigt väja för hinder. Eftersom förstärkt inläring är kostsamt i tid och resurser med fysiska plattformar utförs inläringen i simuleringar.

UAV:n kommer också behöva koordinera sin aktivitet med andra drönare. Cao, o.a. (1997) erbjuder en översikt över olika metoder för agentkoordinering, och föreslår att *distribuerad AI* (DAI, dvs. där en AI-lösning är spridd över ett antal agenter eller datorer) som en möjlig lösning. Inom området DAI finns delområdena *distribuerad problemlösning* (DPS) och *multiagentsystem* (MAS). DPS är lämpligt för samarbetande UAV:er som skall lösa en uppgift tillsammans, genom att bryta ner problemet i deluppgifter för de deltagande agenterna och avgöra om delarna måste lösas i någon viss ordning. MAS-metoder är mer lämpliga när agenterna har individuella mål som eventuellt kan stå i konflikt med varandra och kan innebära förhandlingar mellan agenter om vilken UAV som skall få flyga in först i ett visst område.

4.3.4 Detektion av farliga ämnen

I vissa situationer skulle det vara av stor betydelse för räddningstjänsten att kunna upptäcka fler ämnen än de som kan upptäckas idag, exempelvis olika typer av farliga gaser vid kemiska utsläpp och kemikalieolyckor. Detta kan vara viktigt för personalens säkerhet vid insatser men även hur själva insatserna planeras och genomförs.

AI används redan intensivt för detta ändamål och det finns kommersiella produkter som kan integreras med obemannade luftfartyg för att i realtid sampla in luft och detektera flera typer av gaser (Figur 3). De kan användas för olika syften såsom igenkänning av farliga ämnen, analys av luftkvaliteten, lokalisering av läckagekällan, riskanalys, beslutstöd etc. Det sker snabb tillväxt inom området tack vare miniatyrisering av kemiska sensorer och utvecklingen av lågkostnads-luftfartyg. Systemen börjar användas mer och mer inom forskningsstudier, industriell utsläppsövervakning och efterlevnad av miljöregler och även räddningstjänster. För en bra översikt över olika tekniker och system refereras till (Burgués & Marco, 2020).



Figur 3: Matrice 200 serien med FLIR Muve C360 flergasdetektor (med tillstånd av DJI Stockholm).

Trots framgångar finns det förstås möjligheter för flera förbättringar i sådana system då tekniken blir allt mognare. AI-algoritmer kan användas så att systemen integrerar all tillgänglig information och automatiskt finjusterar inställningarna så att de blir mer användarvänliga och tillgängliga för räddningstjänsten.

4.3.5 Förberedelse av insats

Förberedelse av en insats, där en UAV skickas ut automatiskt vid larm för att göra en första bedömning av händelsen och rapportera till insatsledaren så att rätt resurs/kompetens till insatsen väljs, är förstås en önskvärd och ovärderlig förmåga.⁴⁷

Exakt och snabb tillgång till data som beskriver en större brand, olycka eller katastrof och skadans omfattning är nyckeln till framgångsrik räddningstjänst. Datainsamling med obemannat luftfartygssystem hjälper till att få ett fågel-perspektiv av skadeområdet. En stor utmaning för att få en mer ingående bedömning är dock att kunna bearbeta en stor mängd data för att identifiera och kartlägga intressanta objekt på marken i realtid såsom skadade och oskadade personer, fordon, byggnader etc. Den nuvarande manuella processen är resurskrävande och kräver efterbehandling av flygvideor.

⁴⁷*International Forum to Advance First Responder Innovation (IFAFRI)* vars mål är att identifiera förmågebehov i syfte att underlätta rätt teknik utvecklas för blåljusarbetets säkerhet och effektivitet fastslår att förmågan att få kritisk information på distans om omfattningen och omfånget av en skadeplats är en tio viktigaste förmågorna (<https://www.internationalresponderforum.org/capability-gaps-overview>).

AI-modeller kan tränas till att i realtid förse räddningspersonal med en förbättrad lägesbild genom att detektera en mängd olika objekt, till exempel antal skadade och oskadade byggnader, välta träd och spillror (Pi, Nath, & Behzadan, 2020). En svårighet för att skapa sådana modeller kan vara brist på träningsdata från svenska förhållanden, det vill säga natur, typ av byggnader, väder etc. som kan påverka modellens träffsäkerhet. Det finns flera AI-metoder som inlärning med få exempel (eng. *few-shot learning*) som råder bot på problemet. Tekniken är dock relativt ny och det kan finnas olika begränsningar som måste beaktas (Wang, Yao, Kwok, & Ni, 2020).

En intressant utveckling på lite längre sikt är att utnyttja all tillgänglig information och fusionera obemannade luftfarkostens anskaffade bilder med data från andra källor, till exempel IoT-enheter och även sociala medier för att komplettera lägesbilden. Systemet eCall⁴⁸ i bilar är redan i drift, och att liknande IoT-lösningar för andra tillämpningsområden dyker upp är inte ett avlägset scenario. När antalet datakällor blir flera, mängden av data ökar och data blir multimodal blir användningen av olika AI-metoder den mest lovande lösningen.

4.3.6 Samnyttjande av resurser

I avsnitt 4.3.3 föreslås att UAV:er kan använda sig av DAI-metoder för att koordinera sig. Liknande metoder kan även tänkas här. Ansvaret för hela räddningsinsatsens informationsbehov (exempelvis leta efter skadade) och punktinsatser (exempelvis transportera räddningsutrustning) kan fördelas ut mellan UAV:erna.

Afghah, o.a. (2018) använder en MAS-metod för att välja ut en *koalition* av agenter för att lösa en viss uppgift med minimalt antal resurser. Varela, o.a. (2011) använder en biologiskt inspirerad metod som kallas svärmintelligens för att koordinera en grupp UAV:er (endast med hjälp av lokalt informationsutbyte mellan UAV:er) för att leta reda på en utsläppskälla av koldioxid och andra gaser.

4.3.7 Beslutsstöd

Beslutsstöd är ett omfattande tillämpningsområde som omfattar både ett behov av att förstå och presentera relevant beslutsunderlag och beslutsalternativ. AI-forskningen omfattar området *planering*, det vill säga att ta fram sekvenser av handlingar (det vill säga planer) som leder en agent från ett start- till ett måltillstånd (Russell & Norvig, 2010, kap. 11). Finns flera möjliga planer kan beslutsstödet presentera dessa för en pilot eller insatsledare, eventuellt med

⁴⁸ https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ecall_en

tillhörande värderingar av planerna (med avseende på kostnader, och risker, med mera).

En AI-teknik som kallas *fallbaserat resonerande* (eng. *case-based reasoning*, CBR) skulle kunna vara användbart för att föreslå beslut (Aamodt & Plaza, 1994). I fallbaserat resonerande används en katalog med sparade typfall, vilka omfattar dels en beskrivning av de situationer (exempelvis ett problem av något slag) när fallet är aktuellt samt vilka handlingar som skall utföras för att komma vidare från situation. CBR-systemet innehåller också verktyg för att jämföra typfall med aktuella situationer och anpassa lösningar.

Ett riktigt avancerat beslutsstöd skulle också kunna behärska *activity recognition* (Cañamero, 1994) som handlar om att beslutsstödet försöker förstå användarens avsikter och anpassa beslutsstödet efter det (exempelvis genom att värdera olika beslut på olika sätt).

4.3.8 Säkerhet och störning

Litteraturstudien (Svenmarck, o.a. 2020) ger en kort men innehållsrik beskrivning av sårbarheter inom obemannade luftfartyg och AI-system och tillhandahåller flera referenser över området. Den gör också gällande att samtidigt som AI kan öka räddningstjänstens förmåga att genomföra sitt uppdrag finns det inbyggda sårbarheter i dagens AI-system som kan ge en angripare möjlighet att lura systemet och orsaka skador. Därför måste användningen av AI i UAS som ska användas för samhällsviktig verksamhet, eller räddningstjänst och krishantering, göras utifrån rätt säkerhetskrav så att farkosten inte kan manipuleras av utomstående.

Ett säkert och krypterat system för mobil datakommunikation som kan hantera realtidsöverföring av data och rörliga bilder från en pågående insats eller skadeplats för delning av lägesbilder eller bearbetning av AI-algoritmer är en förutsättning för att rätt säkerhetskrav ska kunna ställas. Detta är i dagsläget inte uppfyllt men uppgradering av Rakel⁴⁹ i de kommande åren är en välkommen insats som kan adressera problemet. Det är viktigt att kravställningen på Rakel är sådan som tillgodoser behoven för obemannade luftfartyg och förutsätter att dessa behov kan ändras och det finns möjlighet för regelbundna uppdateringar.

Det bör också betonas att krypterad datakommunikation inte ger någon garanti för att fullständig säkerhet alltid uppnås. Säkerhet är en färskvara och det krävs alltid kompetent personal som kan hantera maskinen, underhålla systemet, analysera situationen och bygga ny kunskap.

⁴⁹ <https://www.msb.se/sv/verktyg--tjanster/rakel/regeringsuppdrag-om-nasta-generations-rakel/>

4.3.9 Nyttolast

De intervjuade har påpekat att det är svårt att variera UAV:ernas last utan att störa flygförmågan. Koch o.a. (2019) bemöter den utmaningen med en metod baserad på förstärkt inlärning.

Travelling salesman problem (TSP) är ett välkänt problem inom datalogin och handlar om att hitta den optimala rutten via ett antal vägpunkter, ett antal städer i TSP-problemet. Den optimala rutten är ofta den som är kortast eller går snabbast att färdas. En lösning till TSP är också användbart för UAS-system (exempelvis om nyttolasten består av flera paket som skall levereras till olika platser). TSP för drönare har dock ett antal egenskaper som behöver hanteras som räckvidd och batteriförbrukning. Olika försök att tillämpa TSP för UAS:er har börjat dyka upp i litteraturen bland annat (Nguyen, Sano, & Tran, 2020).

5 Slutsatser och diskussion

Den här studien berör frågeställningarna om vilka förmågebehov som räddningstjänsten har vid användning av UAS, och hur AI-metoder kan stödja dessa förmågor. Arbetet förlitar sig dels på intervjuer med utvalda personer inom räddningstjänsten med kännedom om arbete med UAS:er, dels en föregående studie (Svenmarck o.a., 2020) som föreslår åtta tillämpningsområden med tillhörande AI-metoder av potentiellt intresse för räddningstjänsten.

Det primära resultatet av intervjuerna är en lista med nio identifierade förmågebehov.⁵⁰ Förmågebehoven benämns Bildbehandling och överlagrad video, Luftrumssamordning, Autonom styrning och anpassning, Detektion av farliga ämnen, Förberedelse av insats, Samnyttjande av resurser, Beslutsstöd, IT-säkerhet och störning, och Nyttolast. Av dessa förmågebehov är det framför allt de som rör bildbehandling som kan stödjaskas med de AI-metoder som identifierats i det föregående projektet. Flera av AI-metoderna kan dessutom ge information som bidrar till insatsens lägesbild.

Flera av de AI-metoder som diskuteras drar nytta av de senaste framgångarna inom djupinlärning. Nyttan med metoderna för räddningstjänstens UAS varierar från metod till metod. De tillämpningsområden som är till mest nytta för räddningstjänstens UAS, och som också är de som de intervjuade säger sig vara mest intresserade av, bedöms vara detektion av människor, livstecken, objekt, skador på infrastruktur, och brand.

Övriga identifierade förmågebehov omfattar exempelvis mer effektiv resursdelning av UAV-plattformar, insamling av forensisk information, insamling av data inför en insats med hjälp av en autonom UAV som är först på händelseplatsen samt automatisk framtagning av möjliga beslutsalternativ för UAS:et i ett beslutsstöd. För dessa behov föreslås metoder som illustrerar hur AI skulle kunna stödja respektive förmåga.

Studiens resultat kan användas på olika sätt. De framtagna förmågebehoven kan användas för en kvantitativ undersökning där fler personer inom räddningstjänsten tillfrågas om behovens vikt.

Man kan också studera de AI-metoder närmare som enligt avsnitt 4.3.1 förefaller vara särskilt lämpade för användas med UAS. För övriga förmågebehov, 4.3.2-4.3.9, kan föreslagna AI-metoder studeras vidare för att avgöra om respektive förmåga kan stödjaskas.

⁵⁰ För vidare arbete om förmågebehov kan det vara givande att även överväga de förmågebehov som identifierats av International forum to advance first responders innovation (IFAFRI) (<https://www.internationalresponderforum.org/capability-gaps-overview>, besökt 2021-01-22).

Litteraturförteckning

- Aamodt, A., & Plaza, E. (1994). Case-based reasoning; Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*, 7(1), 39-59.
- Afghah, F., Zaeri-Amirani, M., Razi, A., Chakareski, J., & Bentley, E. (2018). A Coalition Formation Approach to Coordinated Task Allocation in Heterogeneous UAV Networks. *Proceedings of the Annual American Control Conference (ACC)*, (ss. 5968-5975). Milwaukee, WI, USA. doi:10.23919/ACC.2018.8431278
- Athavale, J., Baldovin, A., Mo, S., & Paulitsch, M. (2020). Chip-Level Considerations to Enable Dependability. *Proceedings of the AIAA/IEEE 39th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*. San Antonio, TX, USA. doi:10.1109/DASC50938.2020.9256436
- Burgués, J., & Marco, S. (2020). Environmental chemical sensing using small drones: A review. *Science of The Total Environment*, 748. Hämtat från <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141172>
- Cañamero, D. (1994). Modeling plan recognition for decision support. *Proceedings of the 8th European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW '94)*, (ss. 158-177). Hoegaarden, Belgium.
- Cao, Y. U., Fukunaga, A. S., & Kahng, A. B. (1997). Cooperative Mobile Robotics: Antecedents and Directions. *Autonomous Robots*, 4, 7-27.
- Castillo, O., Melin, P., & Pedrycz, W. (Red.). (2007). *Hybrid Intelligent Systems - analysis and design*. Springer.
- Cohen, M., Kamrani, F., Bissmarck, F., & Hammar, P. (2020). *Krigsspel med AlphaZero*. FOI-R--5057--SE.
- Floreano, D., & Mattiussi, C. (2008). *Bio-Inspired Artificial Intelligence*. MIT Press.
- Hand, D., Mannila, H., & Smyth, P. (2001). *Principles of data mining*. MIT Press.
- Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *313(5786)*, 504-507.
- Kim, S., Park, J., Yun, J.-K., & Seo, J. (2020). Motion Planning by Reinforcement Learning for an Unmanned Aerial Vehicle in Virtual Open Space with Static Obstacles. *Proceedings of the 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2020)*. Busan, South Korea. Hämtat från

<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2009/2009.11799.pdf> den 16 februari 2020

- Koch, W., Mancuso, R., West, R., & Bestavros, A. B. (februari 2019). Reinforcement Learning for UAV Attitude Control. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*. doi:10.1145/3301273
- Luotsinen, L., Oskarsson, D., Svenmarck, P., & Wickenberg Bolin, U. (2019). *Explainable Artificial Intelligence: Exploring XAI Techniques in Military Deep Learning Applications*. FOI-R--4849--SE.
- Löfvenborg, D. (2020). *Taktisk tillgänglighet eller operativ flexibilitet: Hur bidrar logistiken till ökad operativ förmåga?* Stockholm: Försvarshögskolan. Hämtat från <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1441932&dsid=-8500>
- McCarthy, J. (2007). *What is artificial intelligence?* Stanford University. Hämtat från <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>
- MSB. (2018). *Obemannade luftfartyg i kommunal räddningstjänst*. MSB1284. Hämtat från <https://rib.msb.se/filer/pdf/28768.pdf>
- Nguyen, M. A., Sano, K., & Tran, V. T. (2020). A Monte Carlo tree search for traveling salesman problem with drone. *Asian Transport Studies*, 6.
- Näsström, F., Hagström, M., Mårtensson, T., Nilsson, P., & Woltjer, R. (2017). *RPAS inom ramen för förstärkningsresursen för stöd till samverkan och ledning*. FOI-R--4439--SE.
- Pi, Y., Nath, N. D., & Behzadan, A. H. (2020). Convolutional neural networks for object detection in aerial imagery for disaster response and recovery. *Advanced Engineering Informatics*.
- Regeringskansliet. (2018). *Nationell inriktning för artificiell intelligens*. N2018.14. Hämtat från https://www.regeringen.se/49a828/contentassets/844d30fb0d594d1b9d96e2f5d57ed14b/2018ai_webb.pdf
- Richter, M. M., & Weber, R. (2013). *Case-Based Reasoning - a textbook*. Springer.
- Robinson, Y., Garcia Lozano, M., Appelgren, J., Benschhof, J., Börjesson, H., Clausen Mork, J., . . . Wadströmer, N. (2020). *AI och framtidens försvarsmedicin*. FOI-R--5045--SE.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence - a modern approach* (3 uppl.). Pearson.
- Schubert, J. (2017). *Artificiell Intelligens för Militärt Beslutsstöd*. FOI-R--4552--SE.

- Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Lai, M., Guez, A., . . . Hassabis, D. (December 2018). A general reinforcement learning algorithm that masters Chess, Shogi, and Go through self-play. *Science*, 362(6419), 1140-1144.
- Stroup, R. L., & Niewoehner, K. R. (2019). Application of Artificial Intelligence in the National Airspace System – A Primer. *Proceedings of the Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*. Herndon, VA, USA. doi:10.1109/ICNSURV.2019.8735182
- Stroup, R. L., Niewoehner, K. R., Apaza, R. D., Mielke, D., & Mäurer, N. (2019). Application of AI in the NAS – the Rationale for AI-Enhanced Airspace Management. *Proceedings of the IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*. San Diego, CA, USA. doi:10.1109/DASC43569.2019.9081768
- Svenmarck, P., Wikström, M., Zouave, E., & Krona, M. . (2020). *Artificiell intelligens för obemannade luftfartyg vid samhällsstörningar*. FOI-R--4938--SE.
- Wang, Y., Yao, Q., Kwok, J. T., & Ni, L. M. (2020). Generalizing from a Few Examples: A Survey on Few-shot Learning. *ACM Computing Surveys*, 53(3).
- Varela, G., Caamaño, P., Orjales, F., Deibe, Á., López-Peña, F., & Duro, R. J. (2011). Swarm Intelligence based Approach for Real Time UAV Team Coordination in Search Operations. *Proceedings of the 2011 Third World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NABIC 2011)*, (ss. 372-377).
- Weiss, G. (Red.). (1999). *Multiagent systems: a modern approach to distributed Artificial Intelligence*. MIT Press.
- Vinyals, O., Babuschkin, I., Czarnecki, W. M., Mathieu, M., Dudzik, A., Chung, J., . . . Silver, D. (2019). Grandmaster level in Starcraft II using multiagent reinforcement learning. *Nature*, 575(7782), 350-354.
- Won, D., Müller, K.-R., & Lee, S.-W. (2020). An adaptive deep reinforcement learning framework enables curling robots with human-like performance in real-world conditions. *Science Robotics*, 5(46).

Bilaga – intervjumall

Frågemall räddningstjänst UAS/AI-teknik

Datum:	
Namn och roll:	
Intervjuad av:	
Anteckningar av:	

Vi är väldigt tacksamma att du har möjlighet att dela med dig av dina erfarenheter om användning av UAS och AI-teknologi. Viktigt att få med ert perspektiv eftersom det är ni som faktiskt använder detta!

Intervjun tar ca 1 timme att genomföra och består av tre delar:

- En bakgrundsbeskrivning utifrån din roll och din erfarenhet;
- En beskrivning av hur ni använder UAS/AI i dagsläget mer allmänt och slutligen
- Mer specifikt utifrån åtta olika situationer (se fråga 9 nedan) (alla dessa kanske inte är relevanta för just dig men vi kikar på det när vi kommer dit).

Se till att kontinuerligt koppla till faktorerna: teknologisk mognadsgrad, tillgänglighet, organisatoriska förutsättningar.

A) Bakgrund:

1. Vad är din roll? (UAS ansvarig, operatör annat)

Svar:

2. Vad är din erfarenhet med UAS?

Svar:

3. Vad har du för utbildning/träning på UAS?

Svar:

4. Hur kom det sig att du fick denna roll (med UAS)?

Svar:

5. Vilken typ av UAS utrustning (namn, modeller, egenskaper etc.) har ni tillgång till? Hur många operatörer finns och vilken bakgrund har de?

Svar:

B) Allmänt:

6. Vad är de mest användbara aspekterna idag för UAS inom räddningstjänsten?

i. Följdfrågor: Kan du utveckla? Har detta ändrats över tid? Hur ser det ut i ditt eget arbetsområde?

Svar:

7. Vad är de största utmaningarna idag för UAS inom räddningstjänsten?

i. Följdfrågor: Vad tror du det beror på? Går detta att ändra på och i så fall hur? Vad krävs för att det skulle kunna fungera bättre? Vad är utmaningarna i ert arbetsområde?

Svar:

8. Möter tekniken era behov idag?
- i. *Följdfrågor: Vad för behov möter den och vilka inte? Har ni någon teknik som ni kan se skulle kunna fungera bättre?*

Svar:

9. Tror du att ert nuvarande arbete bör/kan automatiseras eller optimeras mer? I så fall hur?
- i. *Följdfrågor: För- och nackdelar?*
 - ii. *Finns det något som saknas för att du skulle kunna ta bättre beslut (t.ex. att du samtidigt kan se kartor eller annan information på skärmen (som elledningar eller annat).*

Svar:

C) Specifika situationer:

10. Om vi fokuserar på några aspekter mer specifikt – hur ser behovet hos er ut idag för UAS för arbete med:

(som sagt, alla dessa kanske inte är relevanta för just dig men då får du gärna säga det och varför de inte är relevanta, om du tror att de skulle kunna vara det i framtiden osv.)

- a. Branddetektering i skog och mark
- b. Översvänningsdetektering
- c. Jordskredsdetektering
- d. Objekt-detektering och bedömning av skador
- e. Människodetektering
- f. Detektering av livstecken
- g. Akustisk detektering
- h. Kommunikationsnätverk (här handlar det framför allt om behovet av att kunna sätta upp ett eget nätverk och få robusthet genom det).

i. *Gå igenom a-h med en serie frågor:*

Kan du beskriva hur du skulle lägga upp detta arbete?

Hur tänker du? Vad begränsar dig? Vad är fördelarna?

Vilken teknik använder du? Är det något som saknas? Hur kommunicerar du med andra?

ii. *Specifikt för H: Kommunikationsnätverk (9.h) svarar mot ett behov av att ha kontrollen över kommunikationen vilket kan vara aktuellt i situationer och områden där det finns dålig mobiltäckning eller där radiostörning är ett stort problem (i bergigt landskap kanske) eller där man inte kan acceptera att mobilnätet slås ut. Det skulle vara intressant att veta hur de upprätthåller fjärrstyrningen (förmodligen direkt radiokommunikation).*

Svar:

11. Finns det aspekter som inte finns med på denna lista men som du tycker borde finnas med?

Svar:

12. Samarbetar ni med andra aktörer/organisationer (t.ex. polisen)?
Följdfråga: Vad är din erfarenhet av det?

Svar:

13. Tror du att introduktionen av 5G kommer att förändra ert arbete/möjligheter. Skulle ni ha nytta av en omfattande uppkopplad så kallad ”smart stad”?

Svar:

14. Om du fick tänka helt fritt – vad skulle du önska att en UAS/AI-teknologi kunde göra

Svar:

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



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

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

www.foi.se