



På väg mot extraktion av skadad soldat med autonoma plattformar

Årsrapport inom Autonom sjuktransport 2024

GUSTAV TOLT, JOUNI RANTAKOKKO, MARIANELA GARCIA
LOZANO, JOHAN HENNINGSSON, OSKAR KARLSSON,
GLÄDJE KARL OLSSON, JOAKIM RYDELL

Gustav Tolt, Jouni Rantakokko, Marianela Garcia
Lozano, Johan Henningsson, Oskar Karlsson,
Glädje Karl Olsson, Joakim Rydell

På väg mot extraktion av skadad soldat med autonoma plattformar

Årsrapport inom Autonom sjuktransport 2024

Titel	På väg mot extraktion av skadad soldat med autonoma plattformar – Årsrapport inom Autonom sjuktransport 2024
Title	Towards extraction of wounded soldier with autonomous platforms
Rapportnr/Report no	FOI-R--5690--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2024
Antal sidor/Pages	25
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Försvarsmakten
Forskningsområde	Övrigt
FoT-område	Program för forsknings- och teknologitransfer
Projektnr/Project no	E38048
Godkänd av/Approved by	Emil Hjalmarsson
Ansvarig avdelning	Cyberförsvar och ledningsteknik

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

Rapporten sammanfattar verksamhet och slutsatser i det första året av totalt tre i transferprojektet Autonom sjuktransport. Inom projektet utvecklas ett tekniskt system som ska medge omhändertagande av skadade soldater med hjälp av obemannade, självkörande plattformar.

Under första året har verksamheten i huvudsak bestått av tester av befintliga, välkända algoritmer för att värdera deras tillämpbarhet i ett scenario där en skadad, icke-kooperativ soldat ska extraheras från en skadeplats. Två mindre försök har genomförts och den övergripande slutsatsen från dessa är att existerande algoritmer kan användas för att autonomt lösa flera viktiga delproblem, bl.a. analys av hur den skadade soldatens kropp är orienterad, egenpositionering av obemannade system runtom soldaten och generering av en 3D-modell av scenen runt soldaten.

Arbete har även inletts med insamling av data för utveckling av en modell för att utifrån geografisk information prediktera den autonoma plattformens vibrationsnivåer. I väntan på tillgång till en representativ, mellantung UGV har arbetet hittills handlat om tester av dataformat och en blick på forskningslitteraturen vad gäller hur vibrationsdata lämpligen analyseras och representeras.

Nyckelord: extraktion från skadeplats, försvarsmedicin, autonom CASEVAC, autonoma plattformar

Summary

This report summarizes activities and conclusions from the first year (out of three) in the transfer project Autonomous evacuation. In the project a technical system is being developed, aimed at taking care of injured soldiers using unmanned, autonomous platforms.

The activities the first year have mainly consisted in testing of existing, well-known algorithms to assess their applicability in a scenario where an injured, non-cooperative soldier is to be extracted from a point of injury. Two smaller field trials have been conducted from which the overarching conclusion is that existing algorithms can be used for solving several important sub-problem, e.g. analysis of the wounded soldier's body position, positioning of unmanned systems in the vicinity of the soldier, and generation of a 3D model of the scene at the point of injury.

Work has also been initiated with collection of data to support development of a model for predicting vibration levels from geographical information. In the current absence of a representative, medium-heavy UGV, the work has focused on tests of data formats and looking at the literature as regards to analysis and representation of vibration data.

Keywords: extraction from point of injury, defence medicine, autonomous CASEVAC, autonomous platforms

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
2	Teknikläget för obemannade markfarkoster	7
	2.1 Användningen av UGV:er i Ukraina	7
	2.2 UGV:er för evakuering av skadade	8
3	Utgångspunkter för utvecklingen i Autonom sjuktransport	10
	3.1 Scenario och tekniskt koncept	10
	3.2 Tekniska utmaningar	12
4	Urdragning från skadeplats	13
	4.1 Försök	13
	4.2 Egenpositionering kring liggande person	14
	4.3 Analys av kroppsställning	15
	4.4 Detektion av intressepunkter	17
5	Planera med hänsyn till vibrationer	19
	5.1 Vibrationsnivåer under körning	19
	5.2 Ruttplanering	21
6	Erfarenhetsseminarium EUMAM och påverkan på autonom CASEVAC	22
7	Samverkan	24
8	Referenser	25

1 Inledning

En god förmåga till medicinskt omhändertagande av skadade soldater är viktig för att över tid kunna upprätthålla stridsförmåga och stridsmoral. I en krigssituation finns stor risk för skadeutfall som övergår vad vårdapparaten klarar av att hantera. Förutom kapacitetsproblem visar erfarenheter från Ukraina (se kapitel 6) på enorma utmaningar kopplade till att soldater som skadas på stridsfältet inte kan omhändertas akut av sina kamrater. Detta beror i stor utsträckning på den överhängande risken att undsättande soldater upptäcks av obemannade flygfarkoster och därefter utsätts för indirekt bekämpning så fort de lämnar sin skyddsställning och exponeras för hot från luften. Nutidens krigföring, med obemannade system, allt kortare beslutsloopar och allt effektivare bekämpningssystem leder till en rad stora utmaningar. Inte minst sätter det ökat fokus på värdet av att använda obemannade markfarkoster för extraktion och sjuktransport av skadade soldater.

Denna rapport sammanfattar verksamheten under år ett av tre i projektet Autonom sjuktransport. Projektet genomförs inom ramen för Försvarmaktens Program för forsknings- och teknologitransfer. Rapporten ämnar ge en orientering av problemställningen, projektets mål och angreppssätt, samt beskriva hittills genomförda försök och slutsatser från dessa. Rapporten ger även en sammanfattning av utvecklingsläget ang. obemannade markfarkoster internationellt och beskriver erfarenheter från Ukraina med fokus på markfarkoster för transport av skadade soldater i fält.

Projektet syftar till att stödja utveckling av ökad förmåga till omhändertagande av skadade soldater i fält. Målet med projektet är att genomföra demonstrationer av teknik för autonom evakuering av skadad soldat från skadeplats samt okvalificerad sjuktransport.

2 Teknikläget för obemannade markfarkoster

I tidigare rapporter beskrivs ett antal UGV:er som kan används för CASEVAC (okvalificerad sjuktransport) (se t.ex. [Rantakokko, 2022,2023]). Det finns åtminstone ett tiotal medeltunga multirollsfarkoster som har visats upp med enklare bårar för CASEVAC, exempelvis IDV VIKING, Rheinmetall Mission Master SP, MILREM THeMIS, GDLS SMET, Elbit Legion-X och Hanwha Defense Arion-SMET.

Dagens UGV:er utgör ännu inte ett intressant alternativ för mekaniserad manöverkrigföring på grund av begränsningar i kommunikationssystemen och UGV:ernas hastighet, samt att autonomialgoritmer inte möjliggör för UGV:erna att autonomt ta sig fram i komplex terräng.¹ De flesta länder genomför dock mer eller mindre omfattande operationell experimentering (OPEX) med medeltunga UGV:er i syfte att utvärdera möjliga tillämpningar där de på kort eller lång sikt kan utgöra ett alternativ. Framkomlighet i svår terräng, och framförallt under utmanande vinterförhållanden, utgör kritiska utmaningar som än så länge begränsar nyttan med UGV:er i en svensk försvarsmaktskontext.

Försvarsmakten, FMV och FOI har påbörjat arbetet med att genomföra OPEX för att utvärdera den potentiella nyttan med medeltunga UGV:er i en svensk kontext där ett flertal olika tillämpningar kommer att utvärderas.² En medeltung UGV (THeMIS) har levererats och anskaffning av fler UGV:er är på gång. FOI och FMV deltar även i det arbete som drivs av den europeiska försvarsbyrån (EDA) och dess hub för försvarsinnovation (HEDI), där förberedelser pågår för att genomföra OPEX under sommaren 2025 inom området *Autonomous systems for cross-domain logistics*. Både UAV:er och UGV:er av olika storlekar kommer att utvärderas i olika scenarion där logistikuppdrag och CASEVAC ingår.

2.1 Användningen av UGV:er i Ukraina

UGV:er har använts i en begränsad, men ökande, omfattning i Ukraina sedan 2023. Där använder sig förbanden dels av medeltunga UGV:er som olika nationer har donerat till Ukraina (exempelvis ett begränsat antal THeMIS utrustade för logistik, okvalificerad sjuktransport och minröjning³), dels av inhemskt utvecklade mindre och enklare lågkostnadsfarkoster. De vanligaste användningsområdena för UGV:er i Ukraina har varit att lägga ut minor, minröjning, logistik och CASEVAC.^{4,5}

Brave1 är ett kluster som har skapats av ukrainska myndigheter för att stödja samarbetet mellan försvarsindustrin och den ukrainska militären framförallt i utvecklingen och utvärderingen av obemannade farkoster. Brave1 har utvärderat över 3000 förslag och mer än 250 prototyper har utvecklats och utvärderats tillsammans med industri. Av dessa har över 40 godkänts för användning av den ukrainska militären, varav ett antal är UGV:er. De inhemskt utvecklade UGV:erna utgörs av mindre lågkostnadssystem. På grund av det stora antalet UAV:er vid fronten är risken för upptäckt och bekämpning hög vilket medför att de dyrare medeltunga UGV:erna sannolikt inte används nära fronten i någon större utsträckning. De inhemskt utvecklade UGV:erna har på grund av sin begränsade storlek mer begränsad framkomlighet och kortare räckvidd men då de typiskt har elektrisk framdrivning är de troligen relativt svåra att upptäcka så länge de inte körs i öppen terräng.

¹ insideunmannedsystems.com/war-of-the-robots-the-battle-for-avdiivka/ (besökt 2024-11-17).

² Arbetet genomförs inom ramen för projektet Demonstrator för autonoma mångfunktionella markfarkoster (DAMM).

³ milremrobotics.com/ukrainian-forces-are-taking-full-advantage-of-their-themis-ugvs/ (besökt 2024-11-17).

⁴ www.forbes.com/sites/davidhambling/2024/03/14/ukraine-prepares-to-roll-out-an-army-of-ground-robots/ (besökt 2024-11-17).

⁵ insideunmannedsystems.com/war-of-the-robots-the-battle-for-avdiivka/ (besökt 2024-11-17).

Fler UGV:er utvecklas och provas nu även för direkta stridsuppgifter (såsom Lyut, Moroz och D-21-11), där de är utrustade med framförallt tunga kulsprutor, granatsprutor eller pansarvärnsrobotar. De används även som markgående patrullrobotar där även mindre UGV:er kan förses med 50 till 100 kg sprängmedel och används för att förstöra fortifikationer eller fientliga fordon.⁶ Den operativa effekten med beväpnade UGV:er verkar dock hittills ha varit begränsad men teknik- och metodutvecklingen kopplad till beväpnade UGV:er förväntas fortsätta i allt snabbare takt. Det är framförallt utvecklingen och införandet av autonoma funktioner för detektion, klassificering och följning av mål som förväntas kunna öka effektiviteten för beväpnade UGV:er.

Vissa UGV:er har autonoma funktioner implementerade såsom brytpunktsnavigering med hinderundvikande och följ-mig/följ-fordon. Dessa är dock ännu inte tillräckligt tillförlitliga vid navigering i komplex terräng och förutsätter att en operatör kan ta över kontrollen vid behov. Den absoluta majoriteten av de UGV:er som används i Ukraina är teleopererade, där de styrs på distans baserat på en realtidsvideoström som skickas från UGV:n till operatören. I många fall åtföljs den även av en UAV som ger en bättre överblick och som också kan agera som kommunikationsrelänod för att öka kommunikationsräckvidden.⁷ Det medför att de behövs flera operatörer för att genomföra ett uppdrag med en UGV.⁸ Kommunikationsräckvidden är typiskt kraftigt begränsad för UGV:er då terrängen och vegetationen dämpar signalen. Fientliga telekrigsinsatser gör dessutom att tillgängligheten för kommunikationssystemet kan vara låg, framförallt nära fronten.

Experiment görs även med att utrusta medeltunga UGV:er som THEMIS och den mindre ukrainska UGV:n Ratel med satellitkommunikationssystem (satkom) i form av Starlink som använder sig av tusentals satelliter i LEO-bana (*Low Earth Orbit*).^{9,10} Starlinkmottagare använder ofta fasstyrda antenner, vilket tillsammans med det stora antalet satelliter, sannolikt ger en ökad robusthet jämfört med vad som är fallet för traditionella geostationära satkom-system. Fördröjningen är dessutom lägre för LEO-baserad satkom, typiskt 25 till 60 ms¹¹, men även denna fördröjning ökar utmaningarna med att teleoperera UGV:er i hög hastighet.

2.2 UGV:er för evakuering av skadade

Flera av de inhemskt utvecklade UGV:erna är avsedda för logistik och CASEVAC, såsom Ratel-H, Volya-E, TerMIT, KLN-R-E, Rys PRO och Sirko-S1.^{12,13} Volya-E rapporteras ha använts för att evakuera över 100 skadade och dödade soldater, varav 20 evakuerades under loppet av en veckas strider i Donetsregionen. Det är en elektrisk banddriven UGV som kan bära omkring 150 kg last och förflytta sig med hastigheter upp till 12 km/h.¹⁴ KLN-R-E är en liten banddriven UGV som kan dra en kärra med en bår. Även TerMIT¹⁵ är en relativt liten banddriven UGV men på denna placeras soldaten på en bår direkt på UGV:n. Sirko-S1

⁶ www.kyivpost.com/post/23189 (besökt 2024-11-17).

⁷ www.defensenews.com/unmanned/2024/06/17/robot-craze-in-russia-ukraine-war-shines-light-on-their-drawbacks/ (besökt 2024-11-17).

⁸ Sannolikt behövs tre operatörer: en UGV-förare, en UAV-operatör och en UAV-navigatör (som håller reda på UAV:ns position genom att kontinuerligt jämföra kamerabilden mot en karta).

⁹ milremrobotics.com/milrem-robotics-introduces-starlink-equipped-combat-support-ugv/ (besökt 2024-11-17).

¹⁰ en.defence-ua.com/news/what_characteristics_has_ratel_ukrainian_combat_robot_that_controlled_via_starlink-10872.html (besökt 2024-11-17).

¹¹ www.starlink.com/legal/documents/DOC-1400-28829-70 (besökt 2024-11-17).

¹² www.pravda.com.ua/eng/news/2024/05/23/7457332/ (besökt 2024-11-17).

¹³ mil.in.ua/en/news/ukraine-demonstrates-medical-evacuation-equipment-to-western-partners/ (besökt 2024-11-17).

¹⁴ en.defence-ua.com/news/ukrainian_made_volya_e_drone_evacuates_warriors_from_the_battlefield-10921.html (besökt 2024-11-17).

¹⁵ x.com/sambendett/status/1836011639474106617 (besökt 2024-11-17).

och Rys PRO är fyrhjuliga UGV:er som kan evakuera en soldat, medan Ratel-H¹⁶ är något större en sexhjulig UGV som kan utrustas med två bårar. Nyligen godkändes även FOXTAC för CASEVAC och logistik inom den ukrainska armén. FOXTAC är en liten fyrhjulig hopvikbar UGV som kan bära en skadad soldat med dess utrustning upp till 10 km.¹⁷ Den är när den är hopvikt kompakt och liten vilket medför att den är enkel att transportera.

Idag använder den ukrainska militären många olika fordon för att genomföra CASEVAC, bland annat bepansrade fordon, fyrhjulingar, motorcyklar med bår på släp eller genom att bära den skadade på bår. Vid varje tillfälle väljer sjukvårdaren evakueringsmetod baserat på faktorer såsom antal skadade och typ av skador, scenario och terräng, möjlighet till (och behov) av kamouflage och skyl under transport, samt vilka fordon som finns tillgängliga.¹⁸

UGV:er har använts i begränsad omfattning i Ukraina för att evakuera skadade soldater. Det finns flera utmaningar som behöver lösas för att öka möjligheterna att använda UGV:er för CASEVAC. Dagens UGV:er är huvudsakligen teleopererade och begränsningarna i kommunikationssystemens tillförlitlighet och räckvidd, risk för fientlig störning, samt begränsningar i terrängframkomlighet medför att det finns en risk att de slutar fungera eller kör fast. Detta kan delvis hanteras genom att ha en sjukvårdare eller soldat som förflyttar sig i närheten av UGV och styr den på kortare avstånd, eller kan tillkalla hjälp om den skadade behöver bäras på bår. De typiskt låga hastigheterna gör att det kan vara svårt att förflytta den skadade i tid, beroende på vilken typ av skada denne har. CASEVAC längre bort från fronten kan antagligen genomföras snabbare, på väg istället för i skyl (vilket kan vara nödvändigt för att minska risken för upptäckt och bekämpning).

¹⁶ x.com/sambendett/status/1817536900321681890 (besökt 2024-11-17).

¹⁷ thedefensepost.com/2024/09/10/ukraine-military-robotic-stretchers/ (besökt 2024-11-17).

¹⁸ www.mil.gov.ua/en/news/2024/09/06/approval-has-been-granted-for-the-use-of-self-propelled/ (besökt 2024-11-17).

3 Utgångspunkter för utvecklingen i Autonom sjuktransport

I det här kapitlet beskrivs det tänkta scenariot för slutdemonstrationen 2026 inom projektet, samt utmaningar och tekniska komponenter som är centrala för att realisera ett system som uppnår projekt målet.

3.1 Scenario och tekniskt koncept

För scenariots del antas att det finns ett obemannat markfordon (medeltung UGV) som medföljer ett förband under framryckning. UGVns primära roll är att tjäna som ett logistikfordon som bär utrustning, ammunition och förnödenheter. UGVn är bandgående, vilket ger den tillräckligt god terrängframkomlighet för inte vara bunden till vägnätet och den kan därför medfölja förbandet under normal förflyttning.

Förutom den medeltunga UGVn har förbandet tillgång till ett antal autonoma, mindre, fyrbenta markrobotar – ”robothundar” – som främst används för rekognosceringsuppgifter. En robothund kan t.ex. sändas in i byggnader, runt hörn eller fram till skogskanter för att ge lägesinformation även när soldaterna själva befinner sig i skyddsställning.

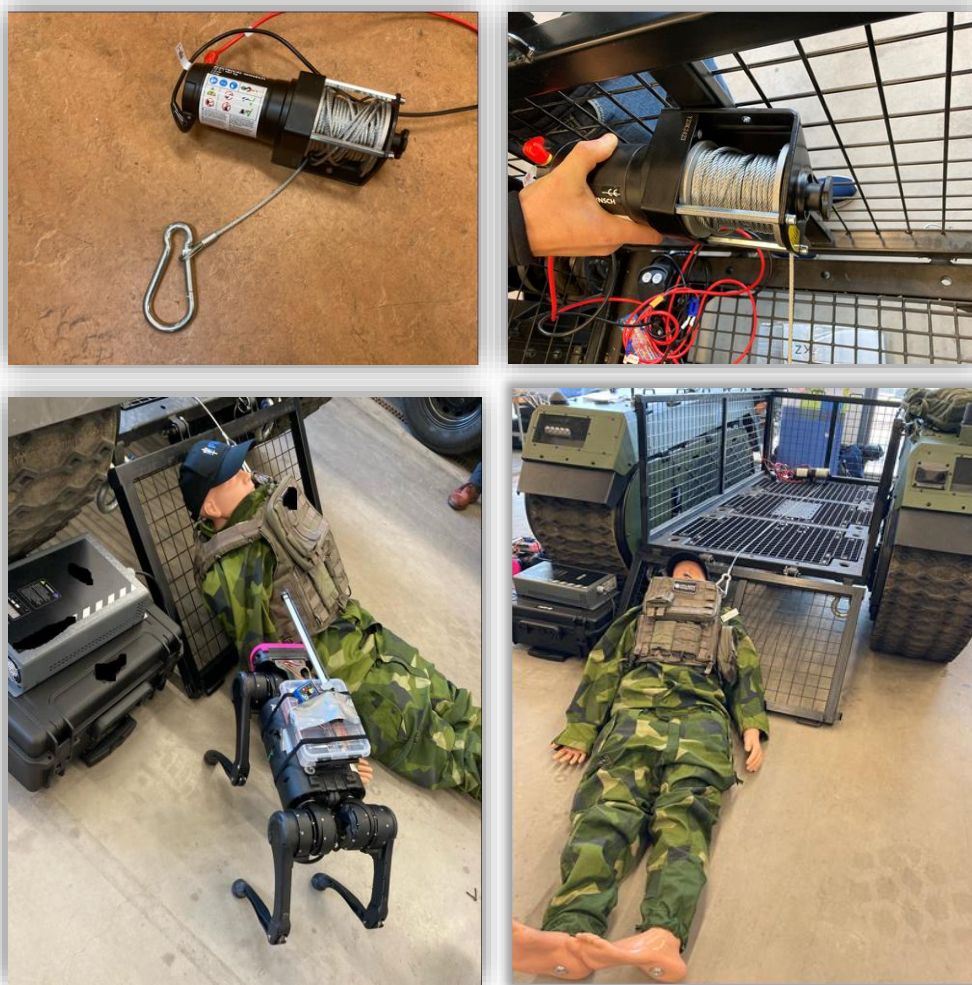
I scenariot (se Figur 2) framrycker en grupp soldater i ett område där fientlig kontakt är sannolik. Gruppen har därför UGVn tätt bakom sig och i dess lastutrymme ligger ett antal robothundar redo att aktiveras och exv. sändas fram för spaning eller lämnas kvar som en automatisk vaktpost. En av hundarna har i förväg preparerats för att kunna assistera vid skadeutfall eller i andra situationer när något kan behöva manipuleras utan att soldaterna behöver exponera sig mer än nödvändigt. På denna plattform har en mekanisk anordning monterats, bestående av en utskjutbar arm. I änden på armen sitter en hake och i haken har en vinsch satts fast. Vinschens andra ände har monterats på UGVn så att denna kan dra upp last.

Plötsligt utsätts gruppen för ett eldöverfall där en av de egna soldaterna skadas svårt och blir liggande på marken. Resten av gruppen tvingas bakåt till en skyddsställning och ihållande eldgivning gör det omöjligt för dem att undsätta sin skadade kamrat. Den skadade soldaten är till synes livlös utan möjlighet att vare sig kommunicera eller röra sig.

Gruppchefen bedömer att det enda sättet att rädda kamraten är att använda de autonoma plattformarna för att extrahera soldaten från skadeplatsen till gruppens skyddsställning. Väl i skydd utför gruppens sjukvårdare sedan grundläggande livräddande åtgärder. Utifrån soldatens tillstånd bedömer gruppen att det inte finns förutsättningar att transportera denna med bemannad sjuktransport och förbereder därför UGVn för obemannad transport av soldaten till bataljonsamlingsplatsen.

Eftersom UGVn inte är särskilt utformad för sjuktransport bedömer gruppen att det finns stor risk för att den skadade soldaten utsätts för oacceptabelt stora fysiska påfrestningar om UGVn kör enligt den körprofil som normalt används vid transport av materiel. Under sjuktransporten måste nu därför hänsyn tas till de vibrationsnivåer som kan uppstå genom färd genom olika typer av terräng.

I samband med avtransporten förses patienten med ett biosensorsystem som mäter vitalparametrar. Via UGVn kommunikationssystem skickas rapporter till mottagande vårdenhet som kan förbereda sig på den annalkande sjuktransporten.



Figur 1. Illustration av tänkt koncept för fysisk manipulation av skadad soldat i samband med extraktion från skadeplats.

0. Utgångspunkt: UGVn har följt med förbandet mha "följ mig"-beteende

Eldstrid utbryter

1. Framkörning

- a) Köra till skadeplatsen (troligen genom att den ges en waypoint)
- b) Detektera en orörlig soldat på marken

2. Urdragnig

- a) Analysera kroppens position
- b) Förankra en draglina (i soldatens utrustningen, ev. dennes eget grepp)
- c) Få upp den skadade på en bär, alt. i UGVns bärkorg
- d) Köra i skydd

3. Åtgärder i skydd:

- a) Den skadade förbereds för transport (troligen med samma UGV)
- b) Biosensorer fästs på den skadade och vitaldata skickas via UGVns komm-system

4. Casualty evacuation – transport till skadesamlingsplats. Systemet...

- a) planerar färdväg så att så att vibrationsnivån hålls nere (global planering)
- b) följer brytpunktsbana
- c) undviker hinder
- d) planerar om vid behov (Lex. om vibrationsnivåer överskrids)



Figur 2. Tänkt scenario för slutdemonstration i Autonom sjuktransport.

3.2 Tekniska utmaningar

För att realisera ett system som svarar upp mot scenariot krävs att flera olika delfunktioner och förmågor utvecklas och kombineras till en fungerande enhet. Projektet fokuserar särskilt på två utmaningar som inte adresserats explicit i tidigare forskning på FOI: teknik för *autonom extraktion från skadeplats och ruttplanering med hänsyn till vibrationsnivåer*.

Projektet kommer i så stor utsträckning som möjligt att utnyttja resultat som tas, eller tagits, fram i forskningsprojekt som löser grundläggande "lågnivå-autonomiproblem" såsom att på ett robust sätt köra till en viss position, följa en brytpunktsbana eller följa efter en person. Sådana funktioner är avgörande för att demonstrationer i det här projektet framgångsrikt ska kunna genomföras, men de kommer inte att utvecklas i det här projektet utan bara integreras i takt med att de utvecklas och testas. Fokus för verksamheten i transferprojektet är därför på funktioner som är unika för den aktuella tillämpningen.

Under projektets första år har huvudfokus varit på extraktionsproblemet, dels eftersom det bedöms särskilt utmanande ur ett tekniskt perspektiv, dels för att det medger att arbete inleds i väntan på att en medeltung UGV ska komma på plats och kunna börja användas. Det är i skrivande stund inte helt fastställt vilken UGV som kommer att användas i den slutliga demonstrationen, men mycket talar för Milrem THeMIS Cargo¹⁹. I det fallet kan vinschen förankras i fordonets bakre gallergrind varmed en person kan dras upp efter att den främre grinden fällts ner (se Figur 1).

I sitt grundutförande är THeMIS inte optimalt utformad för att kunna dra upp en person. För det första är dess lastutrymme gjort av ett metallgaller där en person lätt kan fastna. Genom att klä utrymmets insida med exv. styv plast (likt en släpbår) kan den risken minskas avsevärt. För det andra måste UGV:ns gallergrind i dagsläget fällas ner manuellt, vilket rimmar illa med idén om en fullständigt autonom lösning på omhändertagandeproblemet. Här är arbetshypotesen att tillverka en egen grind som istället opereras automatiskt med hjälp av något slags servo. Vidare är den nuvarande grinden så pass kort så att den i nedfällt läge bildar en brant vinkel relativt marken, vilket syns i Figur 1. Genom att göra den nya grinden längre minskar denna vinkel och det blir lättare att automatiskt få upp en person (och annan last) ombord.

¹⁹ Det tänkta målfordonet är en MILREM THeMIS Cargo som har köpts in i projektet DAMM och som bedöms vara disponibelt för transferprojektet fr.o.m. januari 2025.

4 Urdragning från skadeplats

Under året har arbete inletts med att ta fram centrala tekniska komponenter för utmaningen att flytta en skadad soldat från skadeplatsen, s.k. urdragning. Problemet kan brytas ner i fyra delproblem som var och ett kräver olika autonomi- och automatiseringsfunktioner för att lösas.

1. *Lokalisera* person på marken. Vi tänker oss att den större UGVn är utrustad med sensorer (exv. kameror) med vars hjälp personen på marken detekteras och lokaliseras.
2. *Analysera* kroppsställning för den detekterade personen så att fordonet kan positioneras rätt i förhållande till kroppen. Informationen är viktig för att förstå åt vilket håll kroppen ska flyttas, samt var lämpliga fästpunkter på soldatens utrustning bör finnas.
3. *Fästa* något slags draganordning i uniform eller stridsutrustning med vilken UGVn kan förflytta den skadade.
4. *Dra* soldaten upp på, alternativt efter, UGVn.

För det som ska åstadkommas saknas i många fall dedicerade kommersiella produkter och lösningar vilket gör att det kommer att krävas en hel del ingenjör- och verkstadsarbete för att realisera allt i praktiken. På mjukvarusidan finns emellertid ett antal algoritmer som projektet ämnar utnyttja så långt det är möjligt. Under året har försök genomförts i syfte att förstå hur relevanta algoritmer presterar i projektets kontext och var förbättringar och anpassningar behöver göras för att möta kraven i den här tillämpningen.

4.1 Försök

Figur 3 visar bilder från två försök i november 2024. Under *det första försöket* placerades dockan Randy på marken och mätningar genomfördes med ett antal sensorer provisoriskt fästa på en robothund av modell Unitree A1 (Figur 4). Robothunden styrdes manuellt och fick göra olika manövrar kring den simulerade skadade soldaten såsom att gå framåt mot den, gå i sidled längs kroppen, på olika avstånd, rikta sensorerna mot olika delar av kroppen, etc. Försöket upprepades några gånger med Randy i olika kroppsställning.

Det fanns flera anledningar till varför dockan Randy användes som mätobjekt istället för en människa: (i) möjligheten att inta kroppsställningar som normalt är omöjliga eller mycket obekväma för en människa, (ii) ett helt statiskt scenario utan minsta kroppsrorelse, och (iii) att slippa risker förknippade med obemannat system väldigt nära en försökspersons ansikte.

I *det andra försöket* gjordes mätningar med en termisk kamera och ett handhållet kamerasystem. Inga obemannade enheter användes här, varför mätningar riskfritt kunde göras med människa liggande på marken för att få en verklig termisk signatur. Huvudsyftet med försöket var att samla in termiska data för utvärdering av algoritmer för detektion av en persons ansikte. Sådana tekniker har utvecklats i EU-projektet NIGHTINGALE²⁰ och syftade där till att mäta en persons andningsfrekvens utifrån värmevariationer runt näsa och mun. I försöket användes en UAV som FOI utvecklat i NIGHTINGALE, men här inte i egenskap av flygande plattform utan enbart som sensor då plattformen utrustats med en framåttittande IR-kamera. I syfte att motsvara en termisk IR-kamera frontmonterad på en medeltung UGV så bars under försöket en handhållen UAV på en höjd av ca 1 meter och riktad snett nedåt.

I samband med IR-kameramätningarna gjordes också mätningar med ett kamerabaserat positioneringssystem som utvecklats i EU-projektet INTREPID²¹ (Rydell m.fl., 2024) och som i det projektet var tänkt som positioneringshjälpmedel för räddningspersonal. Systemet

²⁰ Inom EUs forsknings- och innovationsprogram Horizon 2020 , Grant Agreement Nr. 101021957

²¹ Inom EUs forsknings- och innovationsprogram Horizon 2020 , Grant Agreement Nr. 883345

utnyttjar sensorerna i en iPhone 12 Pro. I det här försöket var inte huvudsyftet positionering utan att samla in högupplösta kamerabilder för att se om de kan användas för att framställa en 3D-modell av scenen med hjälp av fotogrammetriteknik.



Figur 3. Bilder från försök i projektet syftandes till att studera prestanda för ett antal existerande algoritmer och dra slutsatser om hur de bör anpassas för att prestera väl i projektets scenario. Till vänster ett med försöksdocka, och till höger ett med en verklig person för att få termisk signatur.

Med hjälp av data från försöken har en första utvärdering gjorts av tre algoritmer: (i) Visuell SLAM²² för skattning av robothundens egen *position* och orientering relativt personen på marken, (ii) analys av personens *kroppsställning*, samt (iii) detektion av *intressepunkter* på soldatens utrustning.



Figur 4. Kerasystem plus batteri provisoriskt fastsatt på en robothund av modell Unitree A1.

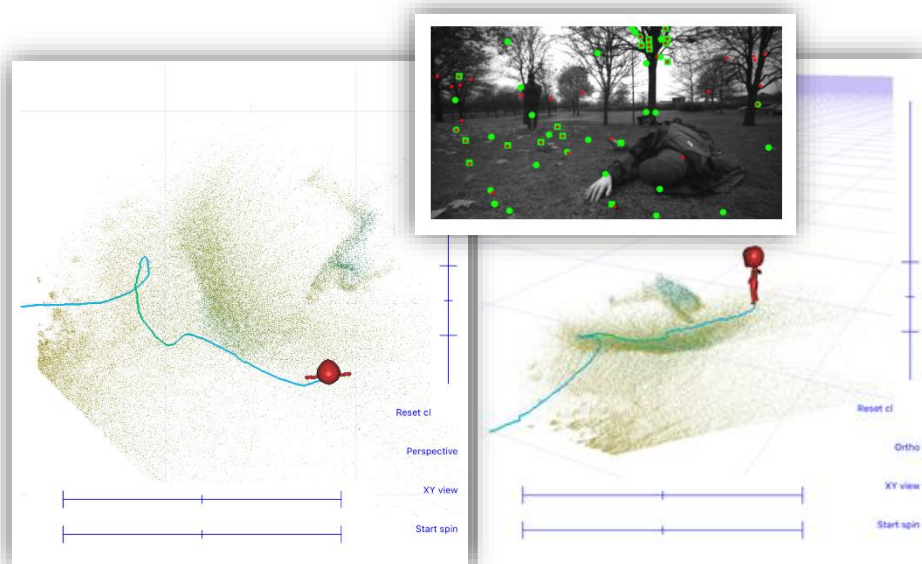
4.2 Egenpositionering kring liggande person

Visuell SLAM är ett samlingsbegrepp för tekniker som utnyttjar bilddata för att skatta ett systems rörelse genom en på förhand okänd miljö. Figur 5 visar ett resultat med positionering av robothunden kring en liggande person med hjälp av ett SLAM-system som är en miniaturiserad variant av systemet som beskrivs i (Rydell m.fl., 2016).

Försöket visar att tekniken fungerar under långa mätperioder men att lösningen ofta plötsligt spårar ur. Slutsatsen är att algoritmerna måste anpassas för att bli mer robusta mot

²² Simultaneous Localization and Mapping

egenskaper i robothundens rörelser och de snabba accelerationer som uppstår när robothunden går på marken. En förmodat effektiv lösning är att använda rörelsedata från robothunden i SLAM-filtrets uppdatering och ev. att ignorera accelerationsdata som inte stämmer överens med den rörelse som predikteras från bilddata.



Figur 5. Exempel från försök med positionering av robothund relativt en person liggande på marken. Den röda figuren visar den aktuella skattade positionen och orienteringen för SLAM-systemet monterad på en robothund. Bilderna nedan visar två olika projektioner av samma situation, där konturerna av en liggande person anas i (den i realtid skapade) 3D-kartan. Den infällda bilden överst visar en bild från systemets ena kamera. I kamerabilderna detekteras karakteristiska landmärken (gröna och röda prickar) som återigen känns mellan mätningar och som därigenom ligger till grund för skattningar av hur systemet rör sig.

4.3 Analys av kroppsställning

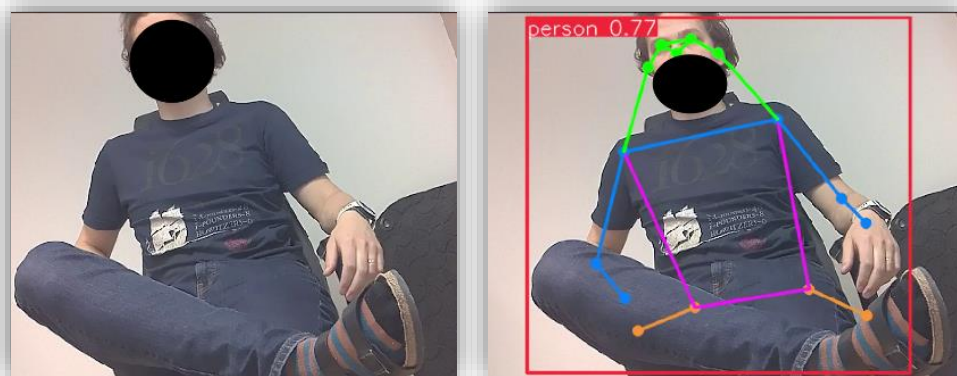
En viktig funktion i det autonoma systemet för att fysiskt omhänderta en skadad soldat på ett bra sätt är att veta hur soldatens kropp är orienterad relativt det autonoma systemet. Detta är dels viktigt för att förstå åt vilket håll soldaten ska flyttas, men också för att på ett robust sätt identifiera ställen på soldatens utrustning som är lämpliga för applicering av en fastsättningsanordning, exv. fästa en krok för att dra i soldatens stridssele. Information om hur kroppen ligger är även avgörande för möjligheten att med sensorer, exv. värmekameror eller avståndsmätande kameror, kunna analysera status och mäta vitalparametrar för soldaten, t.ex. andningsfrekvens (Rantakokko m.fl, 2023) eller puls (Hansen m.fl., 2023). Även om mätning av andning och puls inte i sig utgör fokus för detta projekt, är det en fördel om den tekniska lösning som tas fram är anpassad för att kunna kompletteras sådana funktioner framöver.

I försöket användes YOLOv8²³ – en AI-modell tränad på bilder för exempelvis detektion och klassificering av objekt i bilder. Modellen kan användas för att detektera människor och hur deras kroppsdelar är placerade. YOLOv8 arbetar i två steg – först detekteras rutor i bilden som bedöms innehålla personer och utifrån antagandet att det faktiskt är en person i rutan görs därefter en analys av personens kroppsställning i form av att ett antal nyckelpunkter skattas.

Algoritmen har viss robusthet mot att vissa kroppsdelar är dolda, men ”gissningar” kan också bli fel. Se ett exempel från en inomhusmätning i Figur 6 nedan, där huvudets,

²³ <https://yolov8.com/>

överkroppens och armarnas konfiguration skattats relativt väl, men där skattningen av benens ställning är helt fel. I Figur 6 syns till vänster originalbilden och bilden till höger visar bilden överlagrad med resultat från modellen med hjälp av färgglada streck och rektanglar. Denna typ av information kan användas dels för att hitta människor och för placering av en obemannad farkost runt t.ex. huvud och bröstkorg för säkrare transport från området.



Figur 6. Exempel på skattning av kroppsställning med YOLOv8. Modellen predikterar kroppsställning utifrån enskilda bilder. Positionen för personens högerben har skattats helt felaktigt (orangea punkter), medan algoritmen lyckats betydligt bättre med övriga nyckelpunkter.

Försöket utomhus visade att algoritmen har svårt att korrekt analysera en liggande person betraktad från en position nära marken. Den var betydligt bättre på att detektera personer som står upp. Detta är inte oväntat eftersom algoritmen tränats mest på data för upprätta personer. Sannolikt gör också kamouflagemönstret det svårare. Figur 7 visar ett exempel där algoritmen korrekt identifierat kroppsställningen för två personer även fast dessa inte syns i sin helhet i bilden, men inte klarar att analysera den liggande personen. Man kan dock notera att algoritmen är betydligt mindre säker på sin sak för den liggande personen (konfidensvärde 0,28 jämfört med 0,77 respektive 0,88 för de stående personerna), vilket kan användas för att filtrera bort alltför osäkra utsagor.



Figur 7. Inledande försök med kroppsställningsdetektion i utomhusmiljö. Algoritmen klarar att detektera och analysera de stående personerna i bakkant av bilden trots att endast delar av dem syns. Resultatet för den liggande personen (dockan) är dock som synes helt felaktigt.

En slutsats är att analys av kroppsställning bör göras på något annat sätt. Ett alternativ är att utgå från bilder tagna från ett perspektiv mer uppför, exempelvis från en kamera på den större UGVn och inte med hjälp av robothunden. Ett annat alternativ som kommer att undersökas är huruvida en fotogrammetriskt framställd 3D-modell kan användas för detta ändamål.

I Figur 8 visas två exempel på bilder tagna med en värmekamera. En förhoppning är att algoritmer för detektion av ansikten i värmekamerabilder (och dessutom estimering av andningsfrekvens) som tagits fram av FOI inom EU-projektet NIGHTINGALE fungerar även för denna tillämpning, så att det autonoma fordonet kan avgöra hur det är positionerat relativt personen på marken. Scenariot i NIGHTINGALE är en drönare som flyger på 2-3 meters höjd över marken med kameran riktad snett nedåt, vilket liknar mätsituationen i detta projekt med en IR-kamera monterad längst fram på UGVn.



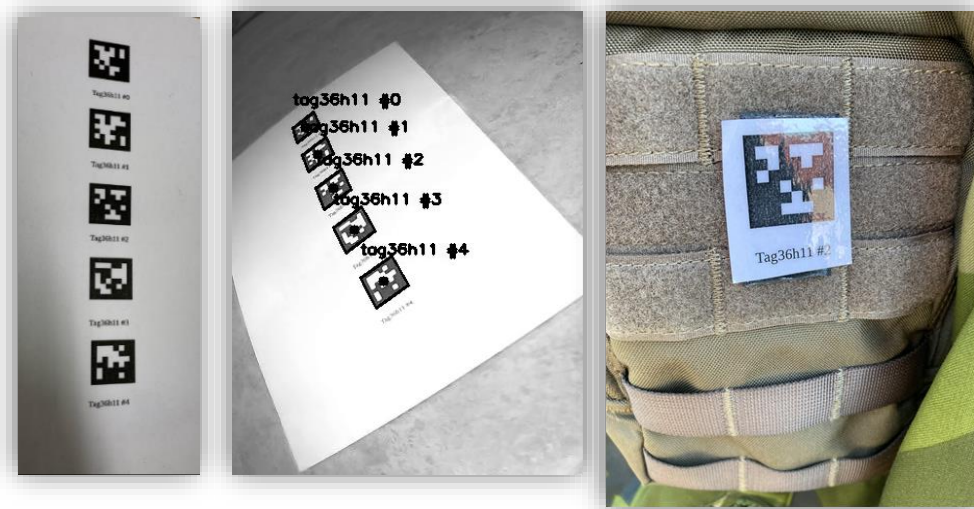
Figur 8. Värmekamerabilder på en person iförd kamouflageuniform.

4.4 Detektion av intressepunkter

För att kunna flytta den skadade soldaten på ett effektivt och säkert sätt är det nödvändigt att identifiera ställen på soldatens utrustning där en draganordning, exv. i form av en lina med krok, kan fästas. Här kan två alternativ identifieras: (i) Analysera bilder på soldaten och dennas utrustning och automatiskt känna igen olika delar utifrån hur de ser ut i bilderna, eller (ii) fästa särskilda markörer på ett antal förutbestämda ställen på soldatens utrustning, känna igen dem och därifrån indirekt dra slutsatser om lämpliga fästpunkter. I projektet utgör alternativ (ii) f.n. huvudspåret för att inte skapa ett beroende av att avancerade bildanalystekniker måste utvecklas för att systemet som helhet ska kunna utvecklas vidare.

Så kallade ”Apriltags” är en typ av ofta använda markörer som påminner om QR-koder och kan lagra en liten mängd information i form av ett svartvitt rutmönster. Genom att placera dem på utvalda positioner på t.ex. en ögla på en skyddsväst kan detta vägleda en obemannad farkost till rätt plats på personen för förankring av en krok från en vinsch. Figur 9 visar fem stycken apriltags. Sådana kan skrivas ut på vanligt skrivarpapper. Till höger i figuren visas hur detektioner erhållna med algoritmen i Python-biblioteket ”Apriltag”²⁴ ser ut när de överlagras på ursprungsbilden.

²⁴ <https://pypi.org/project/apriltag/>



Figur 9. Markörer i form av s.k. Apriltags.

I en kontrollerad kontorsmiljö med statisk kamera och markörer på ett papper liggande på ett golv var det lätt att uppnå goda resultat med lyckade detektioner i nästintill varje bildruta. Svårigheter visade sig dock i utomhusscenarioet där markörerna var väldigt svåra att detektera. Vi bedömer att prestanda kan förbättras avsevärt genom ett antal åtgärder:

1. Höja bildupplösningen – i försöken var upplösningen på de visuella bilderna 1280x720 pixlar
2. Justera kamerainställningar (exv. slutartid) alt. använda en kamera med global slutare (eng. *global shutter*) istället för en med rullande slutare (*rolling shutter*) och därmed minimera distorsion pga plattformens rörelse.
3. Göra större markörer som upptar fler pixlar i bilderna och därmed blir lättare att känna igen.
4. Ej använda laminerat papper för att därigenom minska problem med reflektioner i plasten. Ett alternativ är göra markörer i textil och sy fast dem på uniformen eller stridsselen.

5 Planera med hänsyn till vibrationer

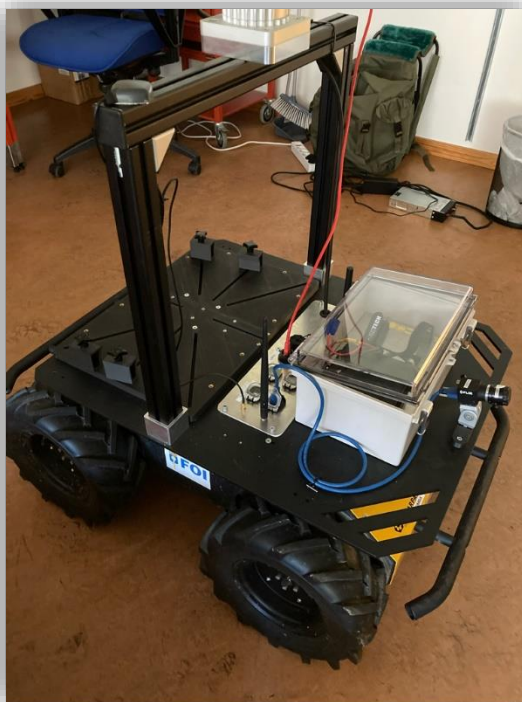
En viktig komponent i det autonoma systemet är att kunna planera sjuktransportfordonets färdväg med hänsyn till vibrationer. Syftet är att kunna anpassa fordonets körprofil efter den skadade soldatens status och undvika att denna utsätts för onödiga, undvikbara fysiska påfrestningar. Detta uppnås genom två steg:

- 1) ta fram en modell som utifrån terrägegenskaper i kartan (exempelvis marktyp) *predikterar vibrationsnivåer* som förväntas uppkomma i olika terrängpartier;
- 2) Tillämpa *ruttplanering* som tar hänsyn till predikterade vibrationsnivåer och föreslår lämplig färdväg genom terräng.

5.1 Vibrationsnivåer under körning

Under året har projektet inte haft direkt tillgång till det fordon (medeltung UGV) som ska användas i den slutliga demonstrationen. Av den anledningen har representativa vibrationsdata ännu inte kunnat samlas in. Icke desto mindre har inledande arbete genomförts med att säkerställa kompatibilitet avseende dataformat och möjligheten att associera uppmätta vibrationsdata med kartinformation, vilket sammanfattas nedan.

Datainsamlingen har hittills skett med en mindre, hjulgående, obemannad plattform av typen Husky från Clearpath Robotics (Figur 10). Vibrationsdata samlas in genom att spela in oförädlade data från fordonets inbyggda IMU (*Inertial Measurement Unit*) samtidigt som fordonet kör i olika terrängtyper, i olika hastighet, och utför olika manövrar (svängar, start, stopp, etc).



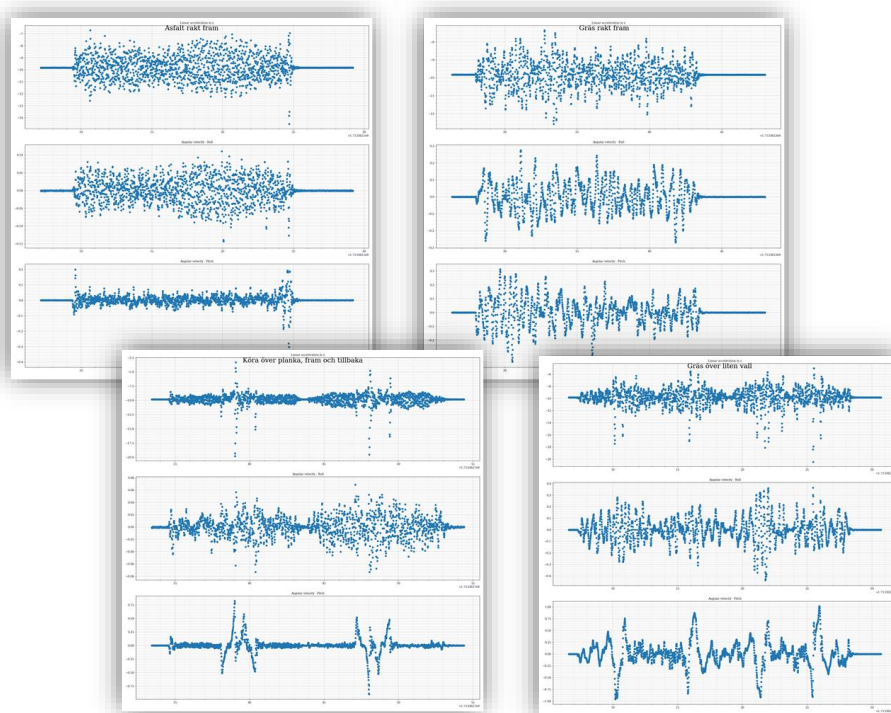
Figur 10. UGV av typen Husky som använts för inledande insamling av vibrationsdata.

Huskyn har utrustats med ett antal ytterligare sensorer, såsom visuell kamera och laserskanner. Under datainsamlingen spelas så mycket data som möjligt in med så hög tidsupplösning som insamlingssystemet medger och förutom vibrationsdata registreras tid, position (från GNSS), kamerabilder och 3D-data från laserskanner. Data lagras på ett

standardiserat och enkelt läsbart format (s.k. ROS bags²⁵), som möjliggör uppspelning av data i realtid som om de kom från en plattform i rörelse. Figur 11 visar några exempel på vibrationsdata från Huskyn från några olika körfall.

Ett nästa steg är att studera hur vibrationsdata ska kvantifieras matematiskt. En kandidat är mått baserade på PSD (*Power Spectral Density*), ett i sammanhanget etablerat mått som bl.a. diskuteras i (Reina m.fl., 2020). I ett efterföljande steg skapas sedan en modell för hur vibrationsnivåer varierar utifrån vilka manövrar UGVn utför och i vilken terräng den kör.

Vad gäller planering av färdväg utifrån vibrationsnivåer fokuserar projektet i första hand på *global* ruttplanering, där val av färdväg för den autonoma plattformen endast görs utifrån i förhand tillgängliga geografiska data. Detta problem beforskades särskilt flitigt i början 2000-talet utifrån ett scenario med obemannade system på Mars, exv. (Brooks och Iagnemma, 2005). Ett framtida system bör också ha möjlighet till *lokal* ruttplanering där den på förhand föreslagna färdvägen anpassas utifrån vad fordonets egna sensorer registrerar i den omedelbara omgivningen. Lokal ruttplanering bygger på att autonoma fordonets har möjlighet till *scenförståelse*. Scenförståelse har börjat studeras i andra autonomiinriktade på projekt på FOI och om resultat därifrån visar sig relevanta och integrerbara kan sådana funktioner komma att inkluderas i demonstrationen inom Autonom sjuktransport.

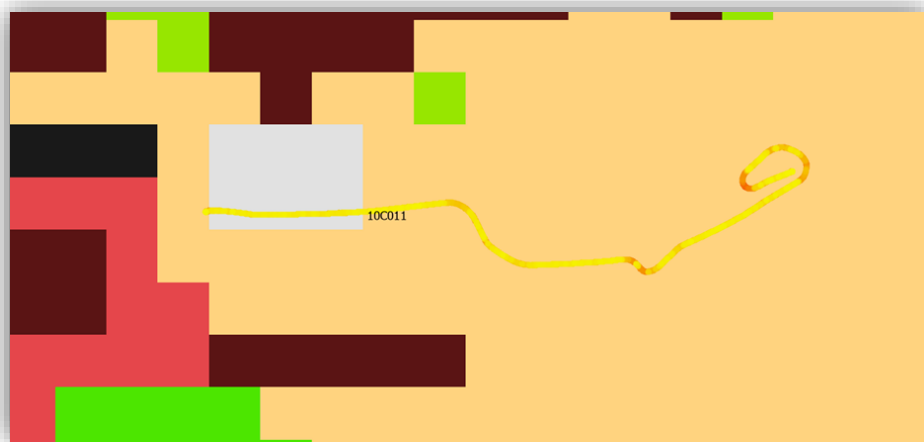


Figur 11. Figuren visar några exempel på uppmätta vibrationer vid körning på olika underlag.

Figur 12 visar ett exempel där data från en körning med Huskyn lästs in i ArcGIS och plottats tillsammans med terrängdata i form av en markslagsklassning (NMD, Nationella marktäckedata från Naturvårdsverket). Markklassningsbilden har en i sammanhanget mycket grov upplösning om 10x10 m² och inga uppenbara skillnader i vibrationsnivåer är därför att vänta. Nästa steg är att inkludera höjddata och ev. även bilddata med högre upplösning och utifrån dessa skapa en modell som möjliggör prediktion av vibrationsnivåer utifrån terrängdata. Trajektorian i figuren är färgsatt utifrån magnituden på Huskyns vinkelhastighet; ju rödare färgen är, desto skarpare har plattformen svängt. Den informationen säger i sig inte alltför mycket om vibrationsnivåer i den aktuella terrängtypen

²⁵ <https://wiki.ros.org/rosbag> (besökt 2024-11-29)

men är viktig för att välja ut representativa data att träna en modell på, så att inte en viss terrängtyp associeras med höga vibrationsnivåer bara för att plattformen råkat göra särskilt många svängar just där.



Figur 12. Ett exempel där försöksfordonets rutt är plottad på (en kraftigt inzoomad del av) en kartbild som visar olika markslagstyper. Trajektorian är färglagd efter vinkelhastighetens magnitud.

5.2 Ruttplanering

Ruttplanering för markfordon handlar om att hitta den färdväg genom terrängen som ger den minsta sammanlagda kostnaden i något avseende. Ofta behöver ruttplaneringen ta hänsyn till flera faktorer. Genom att kombinera kostnadsvärden för olika faktorer och vikta dem relativt varandra kan rutter med olika egenskaper erhållas. De mest grundläggande kostnadsfaktorerna för markfordon har med mobilitet att göra – framkomlighet, maxhastighet, etc. Begreppet mobilitet kan sägas representera farkostens förmåga att ta sig fram i miljön med rimlig hastighet. Till detta kan läggas faktorer som handlar om taktiskt uppträdande såsom risk för upptäckt, risk för bekämpning, etc.

Genom att representera terrängen som en datastruktur bestående av små delar, exv. regelbundna rutor i ett raster eller godtyckliga polygoner i ett s.k. *navigation mesh* (el. *navmesh*), och tillskriva kostnader för var och en av dessa kan en sök- eller optimeringsfunktion hitta den väg genom datastrukturen (och därmed terrängen) som ger den minsta sammanlagda kostnaden. I många tillämpningar ges av praktiska skäl inte utrymme för att hitta den globalt sett bästa vägen (den som ger allra lägst kostnad), t.ex. pga av realtidskrav eller begränsade beräkningsresurser. Man får då acceptera att algoritmen räknar ut en väg som ligger acceptabelt nära minimum. Genom olika knep, som t.ex. införande av olika sorters heuristik i kostnadskriterier eller i sökfunktionen, blir lösningen ofta tillräckligt bra. Vid ruttplanering genom terräng finns ofta stora osäkerheter vad gäller den faktiska kostnaden för alla dessa små terrängdelar och som i praktiken spelar en betydligt större roll för slutresultatet än vilken sökalgoritm som används; det är ofta inte värt att räkna väldigt noggrant på ett osäkert underlag som dessutom ofta har en ganska grov rumslig upplösning.

FOI har arbetat med olika aspekter av ruttplanering i flera projekt inom FoT Ledning och MSI (innan dess M&S), Telekrig och Sensorer och Signaturanpassning. Utgångspunkten i detta Transfer-projekt är att så långt som möjligt utnyttja algoritmer och implementationer från tidigare projekt. Målbilden är att använda ett FOI-utvecklat kodbibliotek GAL (*Geo Analyst Library*) som vidareutvecklats under flera år och bl.a. använts för ruttplanering i simuleringstillämpningar (Tolt m.fl, 2017).

6 Erfarenhetsseminarium EUMAM och påverkan på autonom CASEVAC

Försvarsmakten har sedan början av 2023 deltagit i den försvarsmedicinska utbildningsinsatsen EUMAM Ukraina (eng. *European Union Military Assistance Mission in support of Ukraine*) som syftar till att utbilda ukrainska soldater i hantering av skadade under strid. I juni 2024 hölls ett erfarenhetsseminarium i Göteborg för att utvärdera TCCC-utbildningen (eng. *Tactical Combat Casualty Care*) och den svenska insatsen i denna. Under erfarenhetsseminariet framkom ett antal faktorer som inte har med utbildningsinsatsen i sig att göra men som kan vara av intresse för autonom CASEVAC-verksamheten och även kan påverka hur logistiken kring skadade och autonoma farkoster ute på stridsfältet hanteras.

En av de viktigaste faktorerna är att stridande i Ukraina upplever långa evakueringstider då de är inlåsta i striden. Snabb evakuering är omöjlig; principen *golden hour*²⁶ och 10-1-2-regeln²⁷ är närmast att betrakta som orealistiska. I realiteten dröjer det oftast timmar och dagar (1-2 tim – 5 tim – dagar) innan skadade kan evakueras och föras vidare bakåt i sjukvårdskedjan. Vidare har det även visat sig att soldaterna ofta tvingas använda byggnader, dvs. inte tält eller naturen, som mellanlagringsplatser för skadade. Detta beror på det ständigt närvarande UAV-hotet och den korta tiden från upptäckt till bekämpning.

Ett av sätten att hantera skadade är att utföra CUF-PFC (eng. *Care Under Fire – Prolonged Field Care*), dvs. snabbt utföra grundläggande insatser för skadade kamrater och hantera skadade ute i fält under en längre tid. Stoppende av katastrofala blödningar är den enskilt viktigaste komponenten i fält och att gruppen har med sig tillräckligt mycket sjukvårdsmateriel såsom tourniqueter är en grundförutsättning. Tänkbart är att den autonoma farkosten utrustas med extra sjukvårdsmateriel så att gruppen har det tillgängligt och klarar av ett förlängt omhändertagande i fält. En utvärdering av vilken typ av extra sjukvårdsmateriel som eventuellt krävs och hur dessa kan medföras i UGV:n vore av nytta.

Vad gäller autonoma transporter diskuterades det om ett behov av två olika typer av autonoma farkoster – dels en mindre som kan avlasta i kamrathjälpskedet och ständigt finnas med gruppen, dels en större som kan fungera i en logistikfunktion, t.ex. ammunition och förnödenheter fram och evakuering bakåt.

Om den mindre farkosten ska kunna ersätta kamraterna och kunna släpa en skadad på en släpbår el. dyl. är bedömningen att den pga. markfriktion behöver klara av att dra upp till 200 kg. Ett alternativ är att farkosten utrustas med förmåga att automatiskt lyfta den skadade så att markfriktion undviks. Mindre UGV:er behöver även kunna navigera i bebyggelse och i urbana scenarion kanske det inte alltid en UGV är det mest lämpliga. En fundering är om det skulle vara bättre med exo-skelett så att det räcker med en enda kamrat som hjälper och bär ut skadade från den omedelbara stridszonen till närmsta uppsamlingsplats.

Vad gäller de större farkosterna visade det sig att MASCAL (eng. *Mass Casualty Evacuation*) är mycket vanligt och en att optimering kring antalet skadade som kan evakueras samtidigt behövs. Det är även vanligt att det är väldigt få omhändertagare totalt (2 leg. + 6 sjukvårdare). CCP (eng. *Casualty Collection Point*) används till att samla ihop 6-8 personer och byts sedan snabbt pga. UAV-hotet. Detta kräver en mellanstor eller stor UGV som kan ta flera skadade och personal. Det krävs även att UGV:ernas autonomitet inte bygger på att det finns en förutbestämd rutt dit UGV:n alltid kör.

En annan faktor som framkom är att drogmisbruk bland stridande soldater gör det extra viktigt att styrning och programmering av UGV:erna är tolerant mot handhavandefel.

²⁶ Timmen omedelbart efter en traumaskada, inom vilken medicinsk behandling för att förhindra irreversibla skador och öka chansen till överlevnad är som mest effektiv.

²⁷ Påbörja första hjälpen på skadeplats inom 10 minuter, medicinsk evakuering med legitimerad sjukvårdspersonal inom en timme från skadetillfället och kirurgi inom två timmar från skadetillfället.

Annat som nämndes är att röda kors inte kan användas för att märka fordon eller soldater eftersom överenskommelser om att skydda sjukvårdstransporter och personal inte respekteras. Vidare visar erfarenheterna att soldater har haft många skador i buk och sidor pga. dåliga kroppsskydd. Frågor uppstår om hur det relaterar till svenska förhållanden och om sådana skador skulle påverka valet av vårdutrustning i fält och möjliga transportmetoder.

7 Samverkan

Under året har projektet deltagit i ett antal möten där verksamhet, resultat, behov och framtida möjligheter diskuteras. På ett möte hos Fömed i Göteborg 17/4 diskuterades bl.a. olika möjligheter till internationell samverkan inom exv. NATO, EDA och EDF.

Projektet deltar också i de nätverksmöten som anordnas inom FoT Försvarsrelaterad medicin (Fömed). Även fast projektet tekniskt sett inte tillhör FoT Fömed är det ett bra forum för informationsspridning mellan utförare, inriktare och avnämare av forskning och utveckling inom området. Projektet har deltagit på fysiska möten på FHS (21-22/5) och Chalmers (10/9) och på ett videomöte anordnat av GIH²⁸ (29/11).

Projektet deltog på Arméns sjukvårdsdagar i Skövde 16-17/10. I FOIs monter i utställningshallen presenterades dels allmän information om projektet, dels tillustrerades konceptet med extraktion från skadeplats med hjälp av obemannade plattformar med en scen där en livlös soldat tas om hand av en robothund och en medeltung UGV (Figur 13). Bilden visar en obemannad robothund, testdockan Randy och FMVs nyinköpta UGV-plattform: THeMIS från Milrem Robotics. Tanken är att använda hunden för noggrann placering av en krok från en vinsch i en ögla på en persons utrustning, varpå UGVn kan vinscha in och transportera personen från skadeplatsen.



Figur 13. Illustration av konceptet för autonom extraktion av skadad soldat på Arméns sjukvårdsdagar i Skövde.

²⁸ Gymnastik- och idrottshögskolan, Stockholm

8 Referenser

P. Hansen, M. García Lozano, F. Kamrani och J. Brynielsson, *Real-Time Estimation of Heart Rate in Situations Characterized by Dynamic Illumination using Remote Photoplethysmography*, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), Vancouver, Canada, 2023.

J. Rantakokko, M. García Lozano, G. Tolt, L. Thors och A. Bucht, *Evakuering av skadade med obemannade farkoster – Förstudie*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--5288--SE, januari 2022.

J. Rantakokko, V. Rask, C. Brännlund, G. Tolt, M. Garcia Lozano, K. Asplund Cohen, L. Thors och P. Andersson, *Autonom CASEVAC – Årsrapport 2022*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--5390--SE, januari 2023.

G. Reina, A. Leanza, A. Milella och A. Messina, *Mind the ground: A power spectral density-based estimator for all-terrain rovers*, Measurement, Nr. 151, 2020.

J. Rydell, E. Bilock och H. Larsson, *Navigate into danger*, IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), Savannah, GA, USA, 2016, pp. 57-66, 2016.

J. Rydell, J. Eek, R. Carsk, J. Nygårds, E. Bilock och Gustav Tolt, *Koala and Pingu – Fusion of GNSS and Odometry for Indoor-Outdoor Positioning*, Proceedings of the 2024 International Technical Meeting of The Institute of Navigation, Long Beach, CA, USA, pp. 1033-1047, January 2024.

G. Tolt, J. Hedström, S. Bruvoll och M. Asprusten, *Multi-aspect path planning for enhanced ground combat simulation*, IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), Honolulu, HI, USA, 2017.

