



Autonom sjuktransport 2025

Årsrapport

GUSTAV TOLT, FREDRIK BISSMARCK, PATRIK LOVE HANSEN, GLÄDJE KARL OLSSON, TIM WIIK

Gustav Tolt, Fredrik Bissmarck, Patrik Love
Hansen, Glädje Karl Olsson, Tim Wiik

Autonom sjuktransport 2025

Årsrapport

Titel	Autonom sjuktransport 2025 – Årsrapport
Title	Autonomous CASEVAC 2025 – Annual report
Rapportnr/Report no	FOI-R--5910--SE
Månad/Month	Januari
Utgivningsår/Year	2026
Antal sidor/Pages	24
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

I projektet Autonom sjuktransport utvecklas teknik som syftar till att stödja användningen av autonoma markplattformar för omhändertagande och transport av skadade soldater.

Den här rapporten beskriver utvecklingen i projektet under 2025 där fokus har lagts på tre delar som bedömts särskilt viktiga för att autonoma plattformar ska kunna utgöra effektiva hjälpmedel i samband med omhändertagande av skadade soldater: (i) detektion av personer och kroppsställningsanalys i termiska kamerabilder, (ii) ruttplanering för markfordon med hänsyn till vibrationsnivå, samt (iii) styrning av en robothund som utgör en länk mellan transportfordonet och den skadade soldaten och exempelvis kan leverera en draglina till den skadade. Syftet med analysen av IR-bilder är att det autonoma fordonet ska kunna positionera sig rätt i förhållande till den skadade soldaten och göra urdragnings eller ombordlastning så säker och effektiv som möjligt. Ruttplaneringen syftar till att ge stöd i val av färdväg för markfordonet, så det inte alltid behöver ta den kortaste eller snabbaste vägen utan kan planera en rutt som innebär att påfrestningarna för en skadad soldat ombord hålls ner.

Rapporten sammanfattar även projektets deltagande på Sjukvårdsövning 25 i Västervik i maj 2025 där resultat förevisades och diskuterades tillsammans med representanter från Försvarsmakten.

Nyckelord: Autonomi, sjuktransport, CASEVAC, UGV, ruttplanering, kroppsställningsanalys

Summary

In the Autonomous Medical Transport project, technology is being developed to enable efficient use of autonomous ground platforms for extraction and evacuation of wounded soldiers.

The report describes the progress the project made during 2025, where the focus has been on three areas deemed particularly important for autonomous platforms to become effective tools for extracting and transporting injured soldiers: (i) detection of persons and body pose analysis in thermal (IR) camera images, (ii) route planning for ground vehicles with respect to vibration levels, and (iii) control of a robotic dog that acts as a link between the transport vehicle and the injured soldier, for example, to enable delivery of a tag line to the injured person. The purpose of the IR image analysis is to enable the autonomous vehicle to position itself correctly relative to the injured soldier and make extraction or onboard loading as safe and efficient as possible. The route planning aims to give freedom regarding the choice of the ground vehicle's path, so it does not always have to take the shortest or fastest route, but can plan a route that minimizes the strain on an onboard injured soldier.

The report also summarizes the project's participation at an exercise in Västervik in May 2025 (Sjukvårdsövning 25), where results were presented and discussed together with representatives from the Armed Forces.

Keywords: Autonomy, casualty extraction and evacuation, CASEVAC, UGV, route planning, body pose analysis

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Detektion av kroppsställning.....	8
2.1	Träningsdata.....	8
2.2	Finjustering av modellen.....	9
2.3	Avståndsskattning.....	10
3	Ruttplanering med hänsyn till vibrationsnivå.....	12
3.1	Föreslagen metod.....	12
3.2	Initiala resultat.....	14
3.3	Vidareutveckling	14
4	Sensorsystem för UGV	17
5	Robothund som assistent på skadeplats.....	19
6	Demo på Sjukvårdsövning 25.....	21
7	Vägen framåt.....	23
8	Referenser.....	24

1 Inledning

Den här rapporten redovisar verksamhet, resultat och slutsatser från projektet Autonom sjuktransport 2025. Projektet svarar mot uppdraget AT.9236025 (Autonom sjuktransport FOI 24-26) inom FoT Transfer och utgör leverans inom detta.

Att utveckla autonoma fordonssystem som agerar helt självständigt och löser komplicerade uppgifter i svår terräng är väldigt utmanande. Utöver faktorer relaterade till själva fordonets framkomlighetsförmåga (som inte nödvändigtvis har med autonomi i sig att göra) gör utmaningar kring omvärldsperception, planering och plattformsstyrning att även dagens mest avancerade autonoma fordon fortfarande har svårt att utföra uppdrag i annat än ”snäll terräng”, såsom på vägar och öppna områden. Utvecklingen går dock snabbt framåt och autonoma system får allt bättre grundläggande autonomifunktioner, exempelvis i form av ökad förmåga till scenförståelse, kartering, ruttplanering, hinderundvikande och navigering i GNSS-störda miljöer.

Projektets övergripande tillvägagångssätt är att utnyttja tillgängliga teknikkomponenter så långt det är möjligt, i samverkan med andra projekt, och tillföra egna resultat för att påvisa hur en autonom kedja för urdragnig och evakuering av skadade soldater (CASEVAC, eng. *casualty evacuation*) kan se ut och vari de största utmaningarna ligger. För att med i sammanhanget små medel göra största möjliga nytta fokuserar projektet på fordonsoberoende teknik som löser specifika problem kopplade till CASEVAC, för att därigenom inte göra sig beroende av ett visst autonomt fordon. Syftet är att dels att skapa goda förutsättningar att återanvända resultat i olika sammanhang och på nya plattformsmodeller, dels att fokusera på nyckelmoment specifika för CASEVAC som inte automatiskt löses i framtiden genom att fordon blir bättre på att ta sig fram i svår terräng.

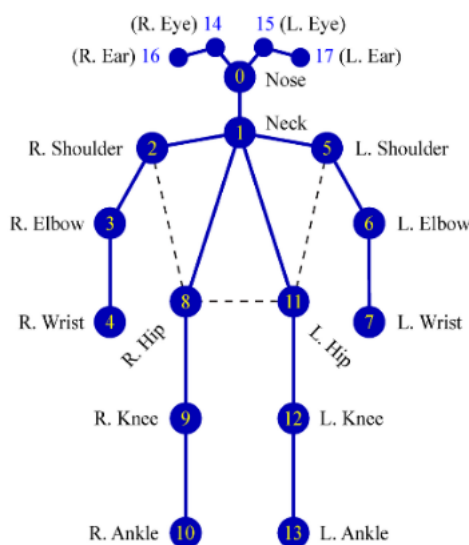
Resterande del av rapporten är organiserad enligt följande: Kapitel 2 beskriver teknik för att detektera en på marken liggande person och analysera dennas kroppsställning, kapitel 3 handlar om teknik för att planera en UGVs färdväg utifrån ett vibrationsnivåperspektiv, kapitel 4 beskriver ett sensorsystem som utvecklats för att tillgodose projektets behov av sensordata och kapitel 5 redovisar pågående arbete med utveckling av en liten, hundliknande robot tänkt som obemannad, lätttrörlig assistent på en skadeplats. Kapitel 6 sammanfattar projektets deltagande i samband med Sjukvårdsövning 25 och i kapitel 7 återfinns diskussion och planer för fortsatt arbete.

2 Detektion av kroppsställning

En nyckel till att lyckas med obemannad urdragnings av en skadad soldat är att ett markfordon (UGV, eng. unmanned ground vehicle) automatiskt kan positionera sig på ett sådant sätt relativt den skadade att denna kan dras från platsen på ett effektivt och säkert sätt. Det är då önskvärt att fordonet står vid soldatens huvudände riktat så att urdragnings kan ske rakt bakåt så att den skadades kroppsställning ska påverkas så lite som möjligt. I vårt tänkta scenario sker detta genom att soldaten dras upp i UGVns bärkorg varpå UGVn kör iväg med den skadade ombord, men samma utgångspunkt relativt den skadade vore önskvärd om det skulle handla om att dra den skadade på en släpbår el. motsv. på marken.

En förutsättning för autonom positionering av en UGV i förhållande till den skadade soldaten är att *personen detekteras* samt att dess *kroppsställning analyseras*. Vidare krävs en *avståndsbedömning* till individen och *vinkeluppskattning* relativt UGVn så att fordonet kan förflytta sig till önskad position i närheten av den skadade. För detta syfte, och med hänsyn till natt- och lågljusscenarier, används en termisk (IR)-kamera.

För detektion och kroppsställningsanalys används modellen YOLO11 (Mahala m.fl., 2025). Om en individ detekteras i bilden anger modellen koordinater för en box över den del av bilden som innehåller den detekterade individen. Samtidigt som detta görs anger modellen koordinaterna för nyckelpunkter enligt ett system föreslaget av Lin m.fl. (2021) och som illustreras i Figur 1. För både boxen och nyckelpunkterna anger modellen ett värde tillhörande varje koordinat som beskriver hur säker modellen är på sin bedömning.



Figur 1. Nyckelpunkter enligt COCO¹-modellen.

2.1 Träningsdata

Träningsdata som används för finjustering av modellen består av fyra olika datamängder. Tre av datamängderna består av IR-bilder med tillhörande annotering för boxar och nyckelpunkter: OpenThermalPose2 (Kuzdeuov m.fl., 2025), UCH-ThermalPose (Smith m.fl., 2023) och LLVIP-pose (Cormier m.fl., 2024). Utöver dessa har den omfattande datamängden COCO använts (Lin m.fl., 2014). Den består av ca 164 000 bilder varav 67 000 st inkluderar människor med annoterade boxar och nyckelpunkter.

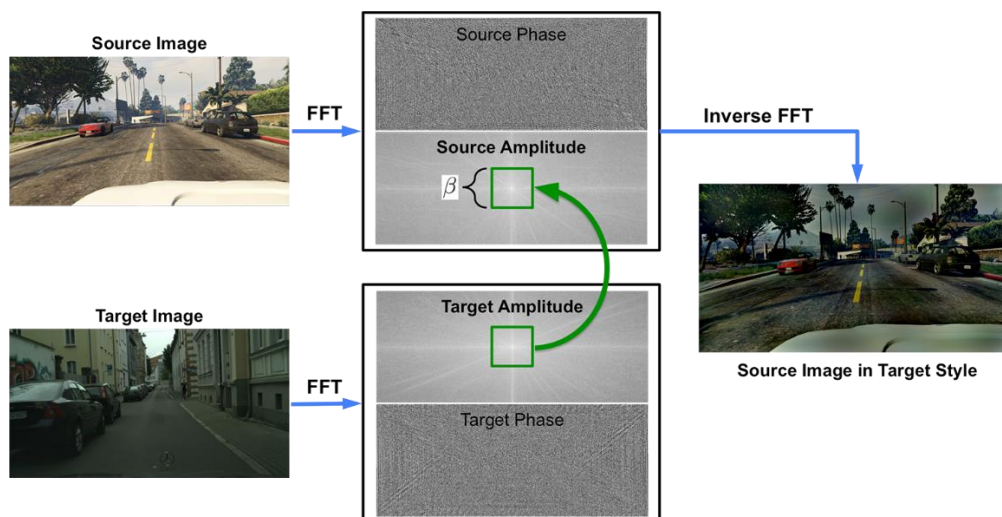
En utmaning när det gäller utveckling av förmåga till detektion och kroppsställningsanalys även nattetid är att mängden lättillgängliga IR-data är betydligt mindre än för visuella bilder.

¹ <https://docs.ultralytics.com/datasets/pose/coco/>

Att själv samla in och annotera tillräckligt mycket IR-data för att träna upp en detektor med prestanda i närheten av state-of-the-art-metoder för visuella bilder skulle innebära en alldeles för stor arbetsinsats för att rymmas inom existerande projekt. Därför valdes ett angreppssätt som går ut på att göra artificiella, ”falska” IR-bilder av motsvarande visuella bilder och därigenom få tillgång till tiotusentals träningsexempel även för IR-bilder.

De falska IR-bilderna skapas genom att först omforma färgbilderna till svartvita bilder. Sedan utförs en Fourier-domänanpassning (Kopryk m.fl., 2025). Metoden går ut på att lågfrekvent information i en bild ersätts med motsvarande information i en annan typ av bild. Processen illustreras i Figur 2. Källbilden (”source image”) motsvarar i vårt fall en visuell bild i originalträningsdata, medan målbilden (”target image”) utgörs av en IR-bild. Resultatet kan sägas bli en bild vars innehåll fortfarande motsvarar källbilden men som ser ut på ett annat sätt. På det här sättet kan den ursprungliga bilden anpassas till IR-domänen.

Hur stor del av informationen som ersätts ges av parametern $\beta \in (0,1)$, där $\beta = 0$ innebär att bilden bevaras i sin helhet och $\beta = 1$ innebär att all frekvensinformation ersätts med bilden från mål-domänen. För att skapa träningsdata för projektets ändamål användes $\beta = 0,01$.

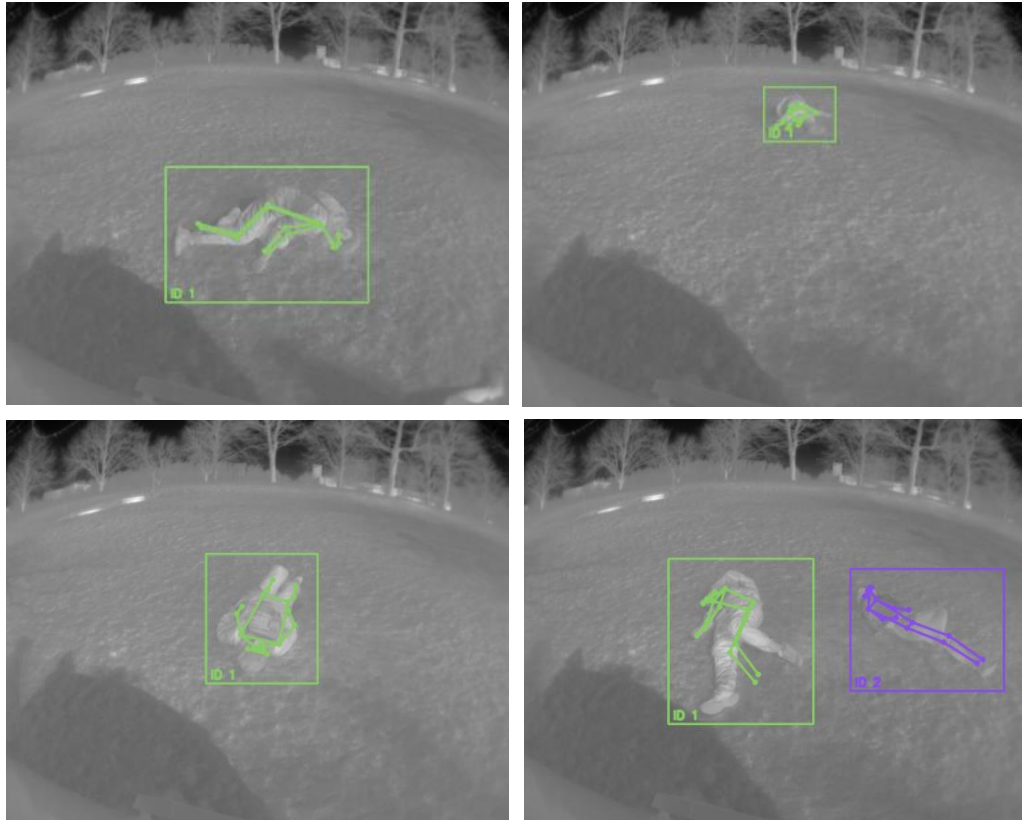


Figur 2. Illustration av Fourier-domänanpassning. Bild från Kopryk m.fl. (2025).

2.2 Finjustering av modellen

Modellen för detektion och kroppsställningsanalys baseras på den förtränade YOLO11l-pose.pt². Denna har tränats på den ursprungliga COCO-datamängden med visuella (RGB-)bilder. För att förbättra modellens prestanda i IR-spektrumet finjusterades modellen genom att träna modellen med de fyra olika datamängderna beskrivna ovan. En inlärningshastighet på 0,01 användes och varje bild i träningen roterades med en slumpmässig vinkel mellan -180° till 180° . Detta gjordes för att öka prestandan och robustheten avseende vinklar som kan förekomma då en individ ligger på marken. Träningen utfördes med maximalt 200 epoker och träningen stoppades när ingen prestandaförbättring skett under 20 epoker. Den bästa modellen erhöles efter 23 epoker. För att göra bedömningen mer robust när modellen appliceras på en videoström beräknas koordinaten av varje nyckelpunkt genom att ta dess medelvärde av de sistkommande 30 bildrutorna. Exempel visas i Figur 3.

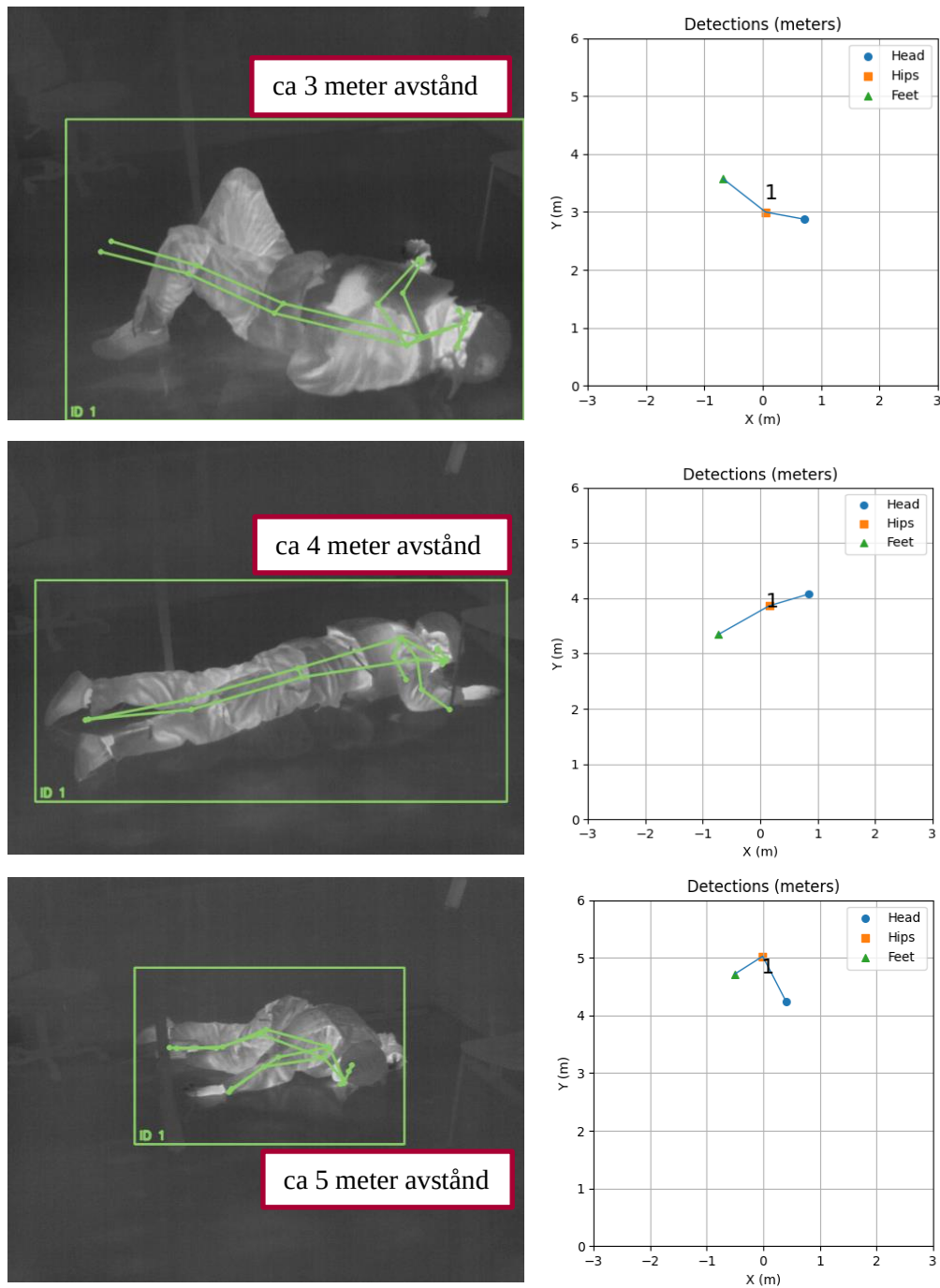
² <https://docs.ultralytics.com/tasks/pose/>



Figur 3. Exempel från försök med detektion och kroppsställningsanalys på IR-bilder med YOLO11. Bilderna är tagna i en utomhusmiljö med personerna liggande på en gräsmatta. I denna tämligen tillrättlagda miljö lyckades metoden mycket väl med att detektera personer på avstånd upp till ca 10 meter. Kroppsställningsanalysen fungerade bra i många fall, men för mer intrikata kroppsställningar hade modellen svårt att producera korrekta resultat för armars och bens position, särskilt i kombination med ogynnsamma kameravinklar såsom när kameran observerade från personens fotände.

2.3 Avståndsskattning

För att göra en avståndsbedömning utifrån en kamerabild approximeras marken som ett plan. Koordinaterna för huvud, höft och fötter beräknas genom att ta medelvärde av koordinaterna för respektive kroppsdelars tillhörande nyckelpunkter. Dessa punkter används för att representera individens kroppshållning relativt UGVn. Avståndet till individens kroppsdelar uppskattas genom att beräkna var en tredimensionell stråle från kamerans centrum genom en av koordinaterna skär markplanet. För detta används information om kamerans brännvidd angiven i pixlar, kamerans höjd över marken samt kamerans vinkel relativt markplanet. Exempel på avståndsbedömningen visas i Figur 4.



Figur 4. Exempel på resultat för avståndsbedömning i IR-bilder. Bilderna är tagna i en inomhusmiljö. I mätupställningen satt kameran på en höjd av 153 cm över golvet och med en vinkel relativt golvet på ca 20°. Den vänstra kolumnen: detektion av personen och funna nyckelpunkter. Högra kolumnen: resulterande avståndsbedömning för respektive detektion. Koordinatsystemet här motsvarar scenen betraktad uppifrån med sensorn i origo tittandes längs y-axeln.

3 Ruttplanering med hänsyn till vibrationsnivå

Ett fokusområde inom projektet är global ruttplanering – en metod för att identifiera en eller flera lämpliga färdvägar för farkosten utifrån på förhand tillgänglig geografisk information såsom exempelvis höjdm modeller, marktäckedata, vägnät, byggnadskartor och flygbilder.

Vilken rutt som är mest lämplig beror inte bara på hur terrängen ser ut utan även vilka krav som den militära uppgiften och förutsättningarna i övrigt ställer. När det handlar om UGVer för evakuering av skadade soldater är det viktigt med en global ruttplanering som medger identifiering av flera olika typer av rutter där hänsyn kan tas till flera aspekter i olika grad utifrån rådande läge. I analogi med civila ambulanstransporter är det ibland väldigt viktigt att komma snabbt fram, medan det i andra fall är bättre att åka lugnt och stilla för att inte utsätta patienten för onödiga påfrestningar.

Kriget i Ukraina har på ett brutalt sätt visat att sjuktransporter inte är fredade från attacker utan tvärtom ofta blir måltavlor för fientlig eld. I en sådan kontext blir det även viktigt att kunna ta hänsyn till faktorer som har att göra med upptäcktsrisk och skydd, särskilt med tanke på drönarhotet.

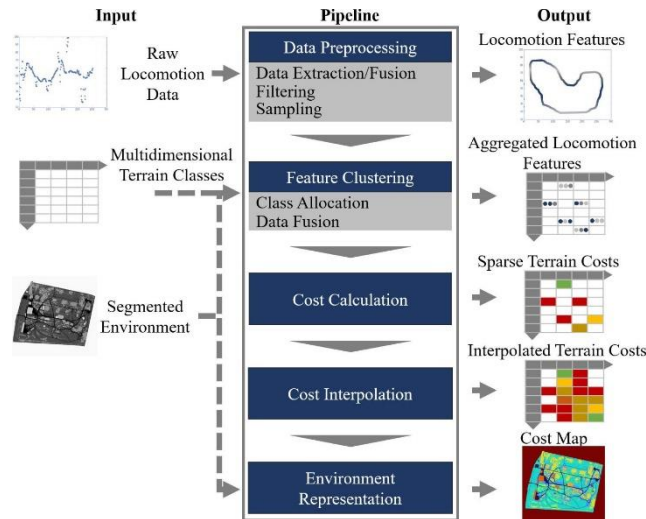
Om UGVer endast ska nyttjas för evakueringsuppdrag i en bakre miljö med låg risk för stridskontakt kan vägar utnyttjas till allra största delen. Tekniker för att planera rutter längs vägar och följa dessa finns idag. Om uppdraget istället kräver stor hänsyn till risken att upptäckas måste annat än vägnätsbaserade rutter kunna väljas.

Om UGVn last utgörs av en skadad soldat måste rutter kunna väljas utifrån en analys av inte bara hur framkomlig terrängen är, utan också hur den fysiskt påverkar en skadad soldat ombord. Av den anledningen fokuserar projektet särskilt på att utveckla en metod som ger stöd att välja rutter som förväntas resultera i mindre vibrationer och skakningar än vad som vore fallet med en traditionell ruttsökningsmetod som ger den kortaste alternativt snabbaste ruten.

Grundläggande algoritmer för optimering och ruttsökning har utvecklats i årtionden. Flera olika tekniker används flitigt i många sammanhang och finns lättillgängliga på internet. Den huvudsakliga utmaningen för ruttplanering för UGVer har inte med själva optimeringsalgoritmen att göra; etablerade söktekniker, såsom varianter av A* eller D*, RRT eller liknande, är ofta tillräckliga. Det svåra är att ta fram kostnadskartor som ruttsökningsalgoritmen använder som grund för att räkna ut den bästa vägen.

3.1 Föreslagen metod

Som metod för att ta fram en kostnadskarta över framkomligheten används en arbetsgång framtagen av Eder m.fl. (2022). Metoden bygger på statistik och är enkel att modifiera med fler parametrar eller kartunderlag ifall uppdraget kräver det. Kostnadskartan byggs upp under fem steg, som visas i Figur 5: (i) datainsamling och bearbetning, (ii) särdragsklustring, (iii) kostnadsberäkning, (iv) kostnadsinterpolering och (v) miljörepresentation.



Figur 5. Flödeschema för metoden presenterad av Eder m.fl. (2022).

Datainsamling sker med den plattform som kostnadskartan ska byggas för, eftersom olika plattformar påverkas olika av terrängen. Eder et. al använder fyra olika plattformar (2 hjulgående, en bandgående och en fyrbent) för att samla in IMU- och GNSS-data från fältförsök i de österrikiska alperna. Utifrån mätningarna skapas georefererade rörelsesärdrag, innehållande information om hastighet och vibrationer. Höga värden innebär ojämn terräng eller låg hastighet. Ett mått på vibrationer räknas ut med metoden beskriven av Wen (2008), utifrån frekvensanalyser av IMUs accelerometer och gyroskop. Avvikande extremvärden filtreras bort med hjälp av så kallade Gaussian mixture models (GMM).

Efter insamlingen är det dags för särdragsklustringen, där ovan nämnda rörelsesärdrag sorteras utifrån vilken terrängtyp och lutning plattformen traverserade när rörelsesärdraget skapades. Terrängtypen kan hämtas från någon form av marktäckedata, till exempel Naturvårdsverkets Nationella marktäckedata (NMD), och lutningen kan extraheras från exempelvis Lantmäteriets terrängmodell. Lutningen delas upp i sju klasser, från -3 som är motlut upp till 45°, upp till 3, som motsvarar medlut upp till 45°. För vardera terrängklass (kombination av lutning och terrängtyp) räknas medelvärde av ojämnheten och hastigheten för samtliga rörelsesärdrag som georefererats till en sådan kombination.

Utifrån den matris som särdragsklustringen ger upphov till beräknas det en kostnad för varje terrängklass. Kostnaden ges av:

$$F(t_j) = \sum_l^M w_l * L_l^{t_j},$$

där $L_l^{t_j}$ är medelvärde för rörelsesärdrag l , (t.ex. ojämnheten) för terrängklass t_j . w_l är en vikt som bestämmer hur mycket särdraget ska påverka traverseringskostnaden. Ifall $L_l^{t_j}$ överstiger en viss säkerhetströskel ρ_l , anses terrängklassen vara otraverserbar, och kostnaden sätts då till maxvärdet 1.

För att inte datainsamlingen ska bli alltför komplicerad och tidskrävande interpoleras och extrapoleras data fram för terrängklasser som inte har traverserats. Detta gäller framförallt för att få fram kostnader för de olika lutningsklasserna.

Utifrån den framtagna kostnadsmatrisen kan sedan en kostnadskarta tas fram över det område som är av intresse. Området delas in i ett rutnät med önskad spatiell upplösning, och för varje ruta tas terrängklassen fram. I och med att fordonets lutning kan variera beroende på vilket håll det traverserar en ruta görs en kostnadskarta med flera lager, som motsvarar olika riktningar. Som en initial ansats bedöms fyra riktningar vara tillräckligt – ett lager för varje väderstreck. Vid traversering av en ruta i någon annan riktning än de fyra huvudriktningarna interpoleras kostnaden fram utifrån värden för närliggande riktningar. När terrängklassen är framtagen ges rutan den kostnad som terrängklassen motsvarar i den

framtagna kostnadsmatrisen. Den framtagna kostnadskartan kan sedan användas som grund för olika ruttsökningsalgoritmer. Eder m.fl. (2022) utvecklar inte någon egen algoritm utan använder A^*r .

3.2 Initiala resultat

För att generera en kostnadskarta, specifik för de plattformar FOI har tillgång till har två insamlingar gjorts. En med Milrem Robotics THeMIS, samt Clearpath Robotics Husky (liknande den som också Eder et. al. har använt). Insamlingen gjordes i närheten av FOIs lokaler i Linköping, utan att större vikt lades vid att traversera så många terrängklasser som möjligt. Rutterna visas i Figur 6. Från plattformarna samlades IMU-data tillsammans med hastighet och position från GNSS-mottagare in.

Insamlade data har använts tillsammans med Lantmäteriets terrängmodell och Nationella marktäckedata (NMD) för att generera kostnadskartor över ett utvalt område. Två separata kostnadskartor skapas – en för THeMIS och en för Husky. Dessa visas i Figur 7. I exemplet har samma vikt satts för både hastigheten och terrängens ojämnheter, och kartans upplösning är 2x2 meter per pixel. I och med att terrängens lutning varierar beroende vilken riktning plattformen färdas skapas fyra kartlager för vardera karta – en för vardera kardinalriktning (väderstreck). Interpolation för att uppskatta lutningar som inte har tillräckligt med data har inte gjorts.

Röda områden är terrängtyper som det ej har samlats in data för eller terrängtyper som anses vara otraverserbara, som till exempel vatten eller byggnader. Färgskalan går från mörk till ljus, mörkgrönt innebär en billigare kostnad att traversera än ljusgrönt. De ljusaste gröna symboliserar pixlar som anses vara otraverserbara, alternativt en lutning som det inte samlats in data för. Från kartbilderna syns tydliga skillnader på olika terrängtyper, och mindre variationer för lutningsklasserna. Diken syns tydligt i bilden som det ljusaste gröna.

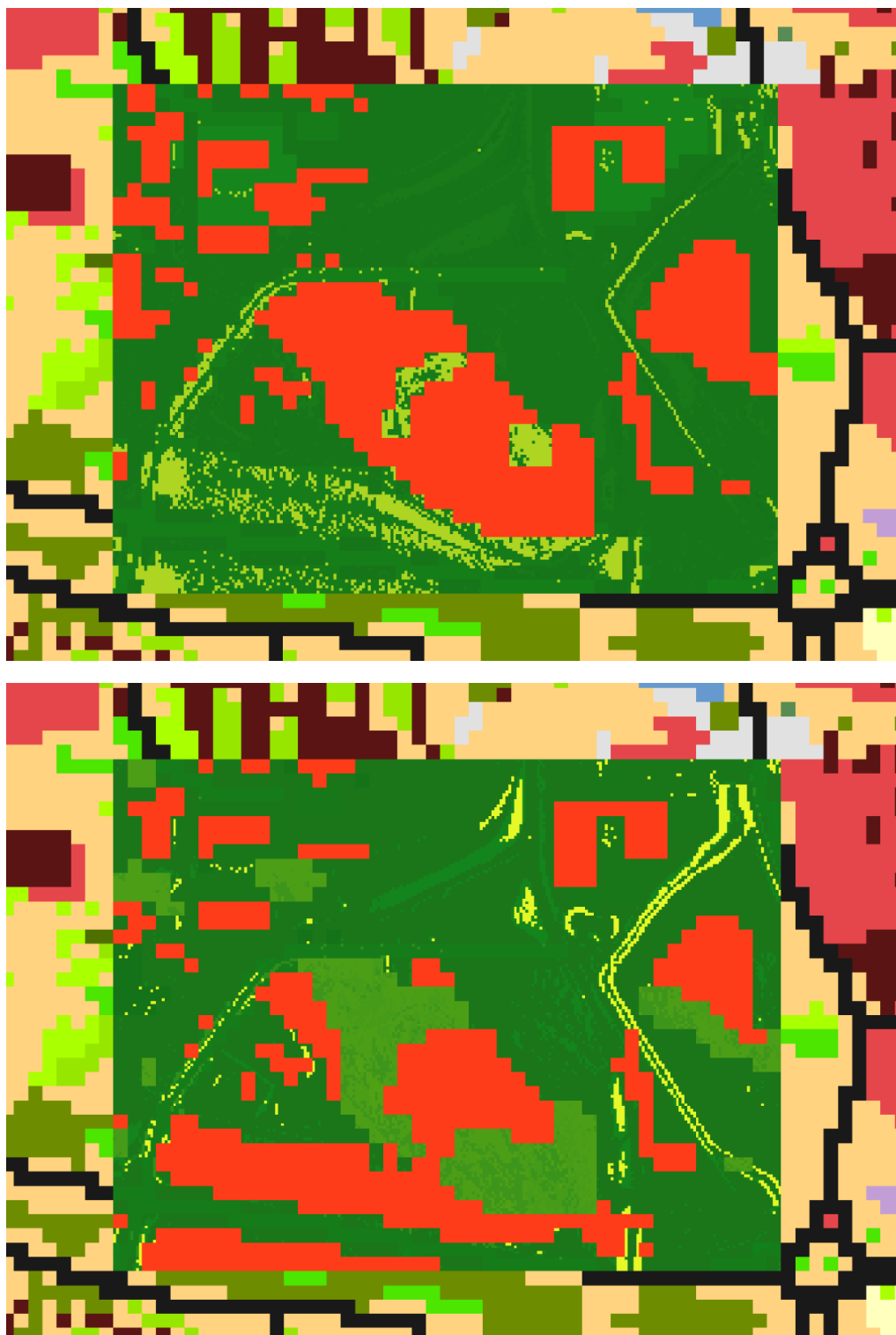
3.3 Vidareutveckling

För att vidareutveckla metoden ska osäkerhet kunna tas med i beräkningarna som en del av rörelsesärdragen. Syftet är att kunna vikta in osäkerhet i kostnadskartan, beroende på hur viktigt det är för tillämpningen att kostnadskartan bygger på säkra mätningar av terrängen. Detta är relevant för att kunna planera utifrån perspektivet att det är viktigt att UGVn kommer fram överhuvudtaget och i möjligaste mån undvika att fordonets rutt planeras genom bristfälligt karterade delar av terrängen där det riskerar att stöta på svåra hinder, även om den vägen skulle kunna vara snabbast. En idé är att approximera osäkerhet genom att ta andelen av laserpunkter som når marken i Lantmäteriets laserskanningar av Sverige.

För att ytterligare skapa en säkrare och mer omfattande kostnadskarta behöver mer data samlas in. Dels större kvantitet av data för att statistiskt kunna säkerställa att kostnaderna som tas fram bygger på underbyggda data, dels för att tillse att det finns tillräckligt med data över fler terrängtyper och lutningar. Därefter behöver rutterna som algoritmen genererar verifieras och uppdateras utifrån tester med UGVn i terräng.



Figur 6. Överst: Inspelad rutt för UGV TheMIS. Nederst: Inspelad rutt för en mindre UGV (Husky).



Figur 7. Överst: Framtagen kostnadskarta för THemIS, där traverseringen sker i väst-östlig riktning.
Nederst: Framtagen kostnadskarta för Husky, där traverseringen sker i väst-östlig riktning.

4 Sensorsystem för UGV

För att möjliggöra analys- och planeringsfunktionerna som beskrivits i föregående kapitel behövs sensorer på UGVn. Originaluppsättningen sensorer på den UGV som är tillgänglig för projektet (Themis Cargo från Milrem Robotics) omfattar inte någon värmekamera, och dessutom saknas ett API för att komma åt sensordata från fordonets eget system. Därför har ett sensorsystem utvecklats som ska fylla flera syften. Det innehåller en värmekamera för att ge en överblick av marken framför UGVn och förse persondetektionen och kroppsställningsanalysen med data. För att minimera problem relaterade till skakningar under förflyttning sitter kameran monterad i en gimbal som förutom stabilisering under gång också ger möjlighet att rikta kameran fritt. Det andra syftet är att ge data för att stödja utvecklingen av en ruttplaneringsalgoritm som tar hänsyn till vibrationsnivåer (kapitel 3). Systemet mäter accelerationer med hjälp av en IMU (tröghetsnavigeringsmodul) som korreleras med världskoordinater med hjälp av systemets GNSS. Sensorsystemet består av:

- Hadron R Dual Sensor Boson 640 (kombinerad visuell- och värmekamera)
- Gremsy G-hadron (Kameragimbal)
- Pixhawk 4 mini (Kontrollenhet med inbyggd IMU och GNSS-mottagare)
- Herelink (Kontrollenhet)

Nästa steg är att bygga in systemets komponenter på en ny fixtur som anpassas specifikt till Themis-fordonet och skruva fast denna i existerande skruvhål i UGVns chassi.



Figur 8. Sensorsystemet i en tillvaro på ett skrivbord i väntan på montering på en UGV, vilket beräknas ske under kvartal 1 2026.



Figur 9: Kamera och gimbal.



Figur 10: Kontrollenhet.

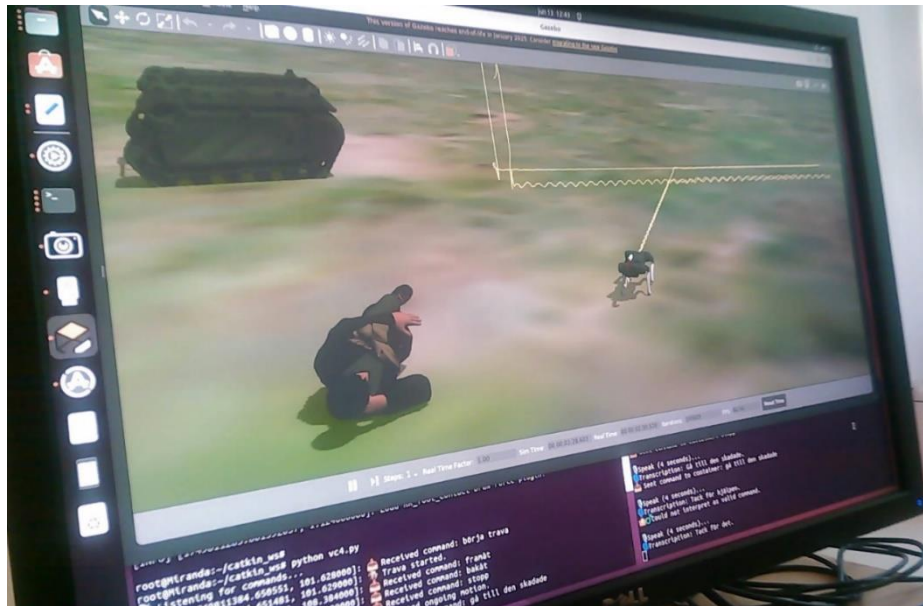
5 Robothund som assistent på skadeplats

Utvecklingen går snabbt inte bara vad gäller obemannade hjul- och bandgående fordon utan även för markrobotar som använder rörliga ben för att förflytta sig. Fyrbenta ”robothundar” (kvadrupe, eng. *quadruped*) har en konstruktion som ger bättre förutsättningar att ta sig fram i terräng som är svår eller t.o.m. omöjlig för traditionella fordon att hantera. Inte minst gäller det terräng med större höjdsprång, ojämnheter och knepiga hinder. Det förekommer också hybridkonstruktioner där roboten har hjul längst ut på de rörliga benen för att anpassa sitt förflyttningssätt efter omständigheterna och exempelvis använda hjulen för snabb förflyttning på plana underlag. En annan fördel med robothundar är deras förmåga att kunna ställa sig upp igen efter att ha fallit omkull.

I projektet undersöker vi hur man kan använda sig av kvadrupe på en skadeplats. I vårt tänkta koncept medföljer en eller flera enklare kvadrupe ombord på en större UGV och kan göra avsittning vid behov och assistera med uppgifter som UGVn själv inte klarar. Specifikt tänker vi oss en robothund som utrustas med en krok eller ett handtag på en lina. Linan är fäst i en vinsch-konstruktion på UGVn. Uppgiften för robothunden är att komma så nära en skadad person på marken att denna kan greppa linan och på så sätt kan få hjälp att vinschas ombord UGVn för vidaretransport.

Vår kvadrupe är en Unitree A1 och har teleopererad styrning. I projektet studerar vi hur vi kan tillföra lägesuppfattning och autonom förmåga till den så att den inte behöver styras manuellt i alla lägen utan kan agera som en autonom hjälpre i viktiga moment på en skadeplats. För detta krävs att robothundens infrastruktur byggs ut. Den utrustas bl.a. med en stereokamera och algoritmer för 3D-positionering med hjälp av SLAM-teknik. Detta gör att robothunden kan veta var den är i förhållande till omvärlden, vilket är en förutsättning för att kunna utföra kommandon av typen ”gå 50 cm till höger” eller ”gå i en halvcirkel runt den skadade”.

Vi utrustar dessutom robothunden med en mikrofon för att möjliggöra röststyrning, vilket varit ett särskilt fokusområde i år. För att kunna experimentera effektivt med plattformen behöver vi kunna styra den med enkla kommandon, exempelvis att gå till en viss plats. I nuläget talar en person in i mikrofonen, talet transkriberas till text (KB:s Whisper-modell), och texten tolkas av en mindre språkmodell huruvida det ska uppfattas som ett kommando eller inte. Ett kommando kan vara att gå till en viss plats (”den skadade”, ”UGVn”, ”tältet”), eller att gå framåt eller bakåt. Hittills har röststyrningen prövats i robotsimuleringsramverket Gazebo med gott resultat, och arbete pågår för att föra över den på vår Unitree A1. **Fel! Hittar inte referenskölla.** visar ett simuleringsexempel.



Figur 11. Utveckling av robothundförmåga sker till en början i en simulerad värld. Bilden visar ett experiment med röststyrning av kvadrupeden A1 i Gazebo. Roboten är på väg till "den skadade" efter att användaren kommenderat "gå till den skadade".

Vi bedömer också att röststyrning kommer att vara mycket viktigt som möjliggörare av kommunikation mellan en autonom plattform och en skadad soldat i situationer när det är viktigt att vara säker på att de båda förstår varandra. Ett sådant viktigt moment i vårt koncept är när den skadade personen ska få hjälp att bli uppdragen på UGVn. Då behöver systemet veta att personen har ett bra tag i linan, att hen rör sig när UGVn rör sig (och inte sitter fast någonstans), etc. Vi bedömer att det i sådana sammanhang vore bra med ett system som via tal kan fråga och instruera soldaten och lyssna på vad denna säger. "Nej, jag tappade taget! Kom tillbaka! Nu så... Kör!"

Under 2026 kommer funktionaliteten att kompletteras med två funktioner: detektion av den skadade soldaten och ruttplanering så att robothunden kan röra sig autonomt i närområdet utan att styras. Vi bedömer att detta kan implementeras med relativt enkla algoritmer; när robothunden gör avsiktning från UGVn kan den utgå från att en person ligger alldeles framför UGVn tack vare UGVns förmåga till persondetektion och kroppsställningsanalys.

6 Demo på Sjukvårdsövning 25

Sjukvårdsövning 25 gick av stapeln i Västervik i maj 2025. Övningen leddes av Försvarsmedicincentrum och syftade till att öva samverkan mellan aktörer inom Totalförsvaret vad gäller patientflöden i samband med skadeutfall.

I samband med övningen genomförde FOI ett antal moment i fältmiljö tillsammans med en lätt traumagrupp (LTG). Huvudsyftet med FOIs delar var att illustrera projektets koncept i realistisk miljö och få återkoppling från deltagande personal. Deltagandet var också ett bra tillfälle att få erfarenheter angående tekniska förutsättningar att genomföra moment med obemannade plattformar i svår terräng. Figur 12 visar några bilder därifrån.

FOI deltog under tre dagar – söndag 4/5–tisdag 6/5. Dag 1 ägnades åt förberedelser i form av transport och klargöring av UGV, samverkan med övningsledning och rek i målterrängen. Dag 2 genomfördes aktiviteterna i terrängen och dag 3 ägnades åt utvärdering och hemtransport.

Demonstrationerna genomfördes som miniscenarion med ett antal olika typsituationer:

- 1) UGV åker genom skogsterräng för att undsätta skadad soldat.
- 2) Lastning av skadad soldat ombord på UGV.
- 3) Användning av robohund med A/V-utrustning för bedömning av skadeläge på distans / säker plats.
- 4) Autonom körning med UGV.

Utöver ovanstående punkter höll FOI kortare presentationer om de koncept som utvecklas i projektet men som ännu inte nått tillräcklig mognad för att medge demonstration i fält, såsom ruttplanering för UGV och analys av kroppsställning med hjälp av IR-bilder.

En observation från övningen, som bekräftade tidigare iakttagelser, var att autonom körning i skogsterräng med UGV:er ännu inte är ett robust och effektivt alternativ till manuell styrning. En slutsats är att fokusera verksamheten på autonomimöjliggörande funktioner som är relevanta för försvarsmedicinställningar och som inte omhändertas via UGV-utvecklingen generellt. Fokus bör vara på sådant som bedöms vara relevant oavsett vilken terrängframkomlighet och navigeringsförmåga en UGV har och hur den är utformad i övrigt. Exempel är IR-baserad detektion av person på marken, analys av personens kroppsställning, positionering av plattform för att hamna rätt i förhållande till den skadade, ruttplanering med hänsyn till vibrationsnivåer, och att utnyttja kroppsburna biosensorer för att få realtidsinformation om hälsorelaterade parametrar för den skadade.



Figur 12. Blandade bilder från Sjukvårdsövning 25. Överst t.v.: UGV på väg genom skogen för att undsätta skadad soldat. Över t.h.: soldater förbereder en skadad soldat (simulantdocka) för transport på UGV. Mitten t.v.: rekognoscering av scenario tillika demonstration av UGVn framkomlighet. Mitten t.h.: omhändertagande av skadad soldat efter ankomst via UGV till lätt traumagrupp. Nederst: uppvinschning av skadad soldat (simulantdocka) på UGV.

7 Vägen framåt

Under 2026 är fokus på att slutföra utveckling och integration av påbörjade teknikdelar, och på att förevisa resultat för Försvarsmakten.

Vad gäller detektion av personer och kroppsställningsanalys handlar det i första hand om att implementera algoritmerna på en beräkningshårdvara och integrera med det egenutvecklade UGV-sensorsystemet. Som ett parallellt spår ska möjligheterna att använda samma typ av analysteknik på bilddata från UAV undersökas, för att på så sätt se om förmågan att detektera och analysera liggande personer kan användas även för flygande plattformar.

Vad beträffar ruttplanering kommer arbetet att bestå av att dels samla in mer träningsdata på Themis-plattformen under körning i fler typer av terräng och under flera driftsfall. Dessutom ska en kartbaserad applikation utvecklas med vilken en användare kan ange UGVn start- respektive målpunkt och få en föreslagen rutt.

Under 2026 ska dessutom en biosensor integreras så att data från kroppsbyråns sensor på den skadade soldaten kan skickas vidare i systemet och visas för användare som behöver informationen.

Tillsammans med Försvarsmedicincentrum undersöks möjligheten för såväl en demonstration av projektresultat i samband med en övning (liknande Sjukvårdsövning 25) som att genomföra ett dedikerat arrangemang för att förevisa projektresultat för särskilt inbjudna deltagare under lugnare och mer kontrollerade former.

Under 2026 kommer även möjligheter till fortsatt verksamhet diskuteras, utifrån en kombination av resultat och lärdomar från detta projekt och Försvarsmaktens behovsbild.

8 Referenser

M. Eder, R. Prinz, F. Schöggel, G. Steinbauer-Wagner, “Generating Robot-Dependent Cost Maps for Off-Road Environments Using Locomotion Experiments and Earth Observation Data”, *Sixth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)*, Italy, pp. 172-176, 2022.

M. Cormier, C.N.Z. Yi, A. Specker, B. Blaß, M. Heizmann, J. Beyerer, “Leveraging Thermal Imaging for Robust Human Pose Estimation in Low-Light Vision”, *Computer Vision – ACCV 2024 Workshops. Lecture Notes in Computer Science*, vol 15482. Springer, Singapore.

K. Kopyrk, M. Sobotka and J. Rumiński, “Fourier Domain Adaptation for Thermal Image Super-Resolution”, *17th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, Ulsan, Korea, Republic of, 2025, pp. 1-6, 2025.

A. Kuzdeuov, M. Zakaryanov, A. Tleuliyev, H. A. Varol, “OpenThermalPose2: Extending the Open-Source Annotated Thermal Human Pose Dataset With More Data, Subjects, and Poses”, *IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science*, vol. 7, no. 4, pp. 902-913, Oct. 2025.

F.-C. Lin, H.-H. Ngo, C.-R. Dow, K.-H. Lam, H.L. Le, “Student Behavior Recognition System for the Classroom Environment Based on Skeleton Pose Estimation and Person Detection”, *Sensors*, 21, 5314, 2021.

T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Dollár. C. Lawrence Zitnick, “Microsoft COCO: Common Objects in Context”, *Computer Vision – ECCV 2014*, Lecture Notes in Computer Science, vol 8693. Springer, 2014.

M. Mahala, M. Pattanaik, G. Pandey, “Advancing Real-Time Object Detection for Autonomous Vehicles with YOLOv11”, *IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)*, Gwalior, India, pp. 1-6, 2025.

J. Smith, P. Loncomilla, J. Ruiz-Del-Solar, “Human Pose Estimation Using Thermal Images”, *IEEE Access*, vol. 11, pp. 35352-35370, 2023.

W. Wen, “Road roughness detection by analyzing IMU data”, MSc Thesis in Geodesy TRITA-GIT EX 08-001, 2008.

