

GAIS 2

Publik rapport



Författare: Åsa Fast-Berglund, Pierre Johansson, Anna Malm, Christian Bråthe, Dan Li, Lennart Malmköld, Dan Paulin

Datum: 2018-12-18

Projekt inom Hållbar Produktion

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	3
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	4
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	5
7 Spridning och publicering	11
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	11
7.2 Publikationer.....	11
8 Slutsatser och fortsatt forskning	12
9 Deltagande parter och kontaktpersoner	13

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Projektet har haft en väldigt bra balans mellan teoretiska koncept och industristudier. Projektet har presterat mer än vad som utlovades från början gällande publikationer. Utfallet av projektet är därmed mycket gott och projektmedlemmarna är nöjda med resultatet. En del uteblivna resor till konferenser gjorde att en del av budget blev kvar. Projektet har utfört över tio fall studier och publicerat ca tjugo konferensartiklar, journalartiklar, avhandlingar och examensarbeten. Målet för projektet var att skapa ökad förståelse och kunskap för digitalisering inom monteringsinstruktioner. Målet att öka förståelsen för när och vilken teknologi som skall användas i vilken fas. Många olika teknologier har testats och strategier för digitalisering har publicerats.

2 Executive summary in English

Companies are getting more and more global in order to be closer to the end-market. This put great demands in a well-structured information system. Earlier research shows that there are different strategies regarding information and knowledge sharing. In GAIS 1, both centralization and decentralization strategies were identified in the manufacturing engineering processes. From previous research it has been argued that multinational companies at a corporate level tend to centralize as such structures are more focused on reducing costs. However, for a multinational company that has a history of an extensive acquisition based growth strategy, it is difficult to handle integration of new entities and take advantage of synergies. GAIS 2 aims to improve information- and knowledge sharing within a global production network. This will be done in two areas with regards to assembly instructions; the engineering manufacturing process and the learning process of operators. The aim is divided into four research questions:

- o RQ1: How do different strategies in manufacturing engineering processes affect the flexibility in assembly instructions at a global level?

- o RQ2: What methods and standards are suitable for global information sharing regarding instructions for operators in assembly systems?

- o RQ3: Can technology decrease the learning curve and create flexibility for information and knowledge sharing?

- o RQ4: How can knowledge sharing be improved in order to decrease learning curve for operators?

GAIS 2 aims to achieve models and strategies to be able to decide whether to have a decentralized or centralized approach within the manufacturing engineering process and the user interface for assembly instruction. Furthermore to have a structured learning process with the most suitable technologies in order to decrease the learning curve and to increase the quality of learning.

GAIS 2 hope to attract younger people by offering flexibility and new technologies for learning and assembling.

The companies participating in GAIS 2 are: Volvo GTO, SAAB Aeronautics, XMReality, Combitech and University West.

3 Bakgrund

Flygplanstillverkning är en industri med små satsstorlekar och monteringslinjerna har långa och komplexa arbetssekvenser. Operatörerna är beroende av ritningarna och monteringsanvisningarna, och repeterbarheten i tid för operationerna är längre jämfört med många andra industrier. Men strävan efter förbättringar är lika stora som i andra tillverkningsindustrier. En metod för att minska tid till marknaden och förbättra produktkvaliteten är modellbaserad definition (MBD) (Quintananet, al., 2010). MBD kan förklaras genom att använda 3D digitala data inom 3D-datorstödd design (CAD) -programvara för att tillhandahålla specifikationer för enskilda komponenter och produktsammansättningar. 3D-modellerna i MBD fungerar som informationskällor för såväl design som produktion (Alemanniet al., 2011, Nestor och Unroth, 2013). På Saab Aeronautics presenteras 3D-modellerna i ett lättviktsformat, inga fler pappersteckningar kommer från 3D-modellerna. Ett viktigt stöd för att öka kunskapsöverföringen kan uppnås genom att förbättra produktionsdokumentationen (Madsen, 2009). Innan MBD

introducerades producerades produktionsdokumentationen utanför designdokumentationen, sålunda "osynlig" för konstruktionsingenjörerna. Rapporter lämnades in i bindemedel och regler, krav och analysdokumentation sparades på papper. Ritningsplatsen sammanställd för Gripen-fighter bestod av ~ 10 000 pappersteckningar och ~ 50 000 produktionsdokument. Efter implementering av MBD är produktkraven inom designmodellerna.

Combitech har en bred kundbas inom tillverkningssegmentet, medan Saab Aeronautics är en av dem. Combitech vill ha en främre position inom området Augmented Reality (AR) som är kopplad till montering. Combitech är en del av Saab AB, och WP 1 i GAIS 2 utfördes i synergi mellan Saab Aeronautics och Combitech.

Fordonsindustrin har starkt ökat sedan andra hälften av förra seklet. Allt fler oberoende fordonstillverkare har förvärvats av större multinationella företag som dominerar den globala fordonsmarknaden. Dessa företag har omfattande varumärkesportföljer (t ex Daimler AG, Volkswagen AG, FCA Group och Volvo Group). Omfattande uppsättningar varumärken ger omfattande produktportföljer. Dessutom har fordonsindustrin utvecklats från massproduktion till massanpassning. Konkurrensen blir tydligare med dagens teknikutveckling, vilket gör att företag öppnar dörrar för att locka nya kunder med ännu mer anpassade lösningar [3,4]. Ur ett produktionsperspektiv innebär det stora utmaningar rörande lönsamhet och att uppfylla höga kvalitetsstandarder. När branschen kom in i det nya paradigmet för massanpassning och nu står inför digitaliseringsrörelsen i samhället uppstår nya möjligheter men också svårigheter. För att utnyttja potentialen i digitaliseringen behövs omfattande omvandlingar inom fordonstillverkarnas produktionsstrategier, särskilt inom lastbilsverksamheten. Vi ser industrin av tunga fordon som har en högre grad av komplexitet inbyggda produkter och högre grad av anpassning än bilindustrin. Detta gör det svårare att dra nytta av digitaliseringen i ett bredare perspektiv. I flera forskningsprojekt har vi sett hur digitala lösningar har stora fördelar för tillverkningsföretag (t.ex. framtidsoperatör, GAIS, MyCar och VISTRA).

Fordonstillverkarnas globala produktionsnät, GPN, är omfattande och komplexa. För vissa företag har organisk tillväxt lett dem till vad de är idag. Men för fordonsindustrin har det varit vanligare att använda externa tillväxtstrategier, som förvärv, sammanslagningar och övertagande. GPN av Volvo divisionens lastbilsavdelning består idag av 45 fabriker runt om i världen, både helägda och partnerskapstillverkare. De producerar cirka 200 000 lastbilar varje år. Eftersom lastbilsavdelningen består av fyra olika märken (Volvo Trucks, Mack Trucks, Renault Trucks och UD Trucks) och andra varumärken i joint venture-konstellationer, finns det skillnader mellan fabriken inom GPN. I det första GAIS-projektet studerades Volvokoncernens GPN med fokus på standarder under arbetet med att skapa monteringsanvisningar, en så kallad tillverkningsteknik. Manuell montering ses som ett område som har stor förbättringspotential när det gäller lönsamhet, kvalitet och förbättrade produktionsprocesser. Resultatet från det tidigare GAIS-projektet identifierade svårigheten att framgångsrikt genomföra globala standarder i ett företag med en extern tillväxthistoria. Dessutom visade projektet att det finns ett behov av att ha ett helhetsperspektiv med fokus på globala standarder och strategier med inriktning på såväl tillverkningsteknikprocesser som på IT-infrastrukturen i produktionssystemet.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syftet med projektet är att öka informations- och kunskapsdelningen på ett flexibelt sätt på en global marknad. Detta har inom projektet gjorts på två områden med avseende på monteringsanvisningar; beredningsprocessen och operatörernas inlärningsprocess. Dessa områden och syftet är indelat i fyra forskningsfrågor:

- o RQ1: Hur påverkar olika strategier inom beredningsprocessen flexibiliteten i monteringsanvisningarna på global nivå?
- o RQ2: Vilka metoder och standarder är lämpliga för global informationsdelning av instruktioner för operatörer i monteringsystem?

- o RQ3: Kan tekniken förkorta inlärningskurvan och skapa flexibilitet för information och kunskapsdelning?
- o RQ4: Hur kan kunskapsdelning förbättras för att minska inlärningskurvan för operatörer?

För att svara på forskningsfrågorna har projektet arbetat i fem arbetspaket (WP) där varje arbetspaket fokuserat på en eller två av forskningsfrågorna. Metoden för att svara på forskningsfrågorna har varit uppdelat i de olika TRL-nivåerna;
 TRL 2-4 Grundläggande forskning till exempel metodutveckling, teorimappning och validering av tidigare forskning
 TRL 5-8 Demonstratorer och pilottester

Research Questions	TRL 2-4	TRL 5-8
RQ 1	WP 3 (Observations, Interviews, Data, literature review)	WP 3
RQ 2	WP 4	WP 1, WP 3
RQ 3	WP 4	WP 1,2 (AR), WP 3 (Picture/text), WP 4 (AR, MR, AR)
RQ 4	WP 5	WP 1

5 Mål

Målet med projektet var att öka flexibiliteten i monteringsinstruktioner så att olika personer med olika erfarenhetsnivå skulle kunna använda instruktioner. Vidare ville projektet även visa att en ökad användning av instruktioner leder till ökad kvalitet. Målet var även att förkorta inlärningskurvan genom att använda flexibla inlärningsprocesser och tekniker för inläring.

6 Resultat och måluppfyllelse

WP 1 och WP 2:

RQ 2 diskuteras generellt i båda fallen med hjälp av AR (fall 1), mängden skriftlig text kommer att minska och texten kan visas när operatören behöver det. Texten kan minska genom att koda den med färger, symboler och genom att visa sekvenser och rotationer. Genom att minska mängden text kommer instruktionerna att vara mindre beroende av språk. Produktionsteknik kan producera arbetsinstruktioner med mindre ansträngning om den fysiska produkten representerar kontexten (inte 3D-modellen).

RQ 3 och RQ 4 är en del av baslinjen i båda fallen 1 och fall 2. RQ 3 är mer generellt genom att gränssnittet till operatören blir mer flexibelt och pedagogiskt genom att använda AR, kommer kunskapsdelningen att vara mer flexibel. De preferenser som anges i RQ 2 kommer att påverka inlärningskurvan positivt. En framtida förmåga att montera instruktioner hos Saab är att öka den individuella anpassningen. Genom att använda AR kombinerat med monteringsanvisningarna ökar dessa möjligheter. RQ 4 är mer specifik, men behandlas särskilt i fall 1.

I fall 1 ingår arbetsanvisningar i AR, och leddes av Combitech AB i nära samarbete med Saab Aeronautics. Combitech har den enda kompetensen kopplad till programmering av den valda hårdvaran HoloLens. Fall 2, Augmented Remote Guidance i slutmontering av militära flygplan, utfördes främst av Saab Aeronautics.

Fall 1: Arbetsinstruktioner i AR

Målet med fall 1 var att presentera en funktionell demonstrator som illustrerar möjligheter och utmaningar med AR-skyddsglasögon (Microsoft HoloLens) i samband med montering vid Saab Aeronautics. En förstudie, som en masterexamen, utfördes av Combitech [1]. Monteringsanvisningar integrerad i HoloLens och projicerade monteringsanvisningar jämfördes med traditionella arbetsinstruktioner. I fallet vid Saab Aeronautics ingår kabelmontering på selepaneler. Resultatet visade att de projicerade monteringsanvisningarna i AR gav de bästa resultaten: minst antal fel, kortaste monteringsstider, bästa ergonomi etc. Men för att inkludera fler funktioner och interaktion med andra delar av produktionssystemet föredras HoloLens för ytterligare testning. Därför testas HoloLens ytterligare inom GAIS 2.

Demonstrator 1- LEGO-plan hologram

En demonstrant som visar Saabs 3D-monteringsanvisningar skapades i GAIS 1. Den demonstranten var uppbyggd som en pedagogisk miljö med möjligheter till interaktion och byggande av en modulär LEGO-Gripen enligt 3D-monteringsanvisningarna. Denna demonstrant fastställde baslinjen för både demonstrant 1 och 2 i GAIS 2. I demonstrant 1 omvandlades 3D-arbetsinstruktionsdata för att passa programmen i HoloLens. Demonstrator 1 visualiserar byggstegen som hologram bredvid det riktiga LEGO-planet. De holografiska textinstruktionerna "fästes" på ett lämpligt område (till exempel väggen) nära planetens hologram. Genom att gå igenom stegen i arbetsinstruktionerna i googlerna bör hologramplanet och LEGO-planet harmoniseras. Den största utmaningen med den första demonstranten var att konvertera data för att passa HoloLens, hur man överför alla krav och presenterar artikeln på ett bra sätt.

Demonstrator 2- LEGO-plan som ett sammanhang

Den andra demonstranten var baserad på demonstrant 1, dock med det tillägget att det fysiska LEGO-planet var det faktiska sammanhanget. När du byter till nästa steg i arbetsinstruktionerna, försvinner de "gamla" delarna från tidigare steg från hologrammet och de nya delarna för nästa steg visas. För att kunna passa hologrammet till de fysiska delarna användes ett papper med planetens kontur som referens. Instruktioner genom text visas som Demonstrator 1, "bifogad" till lämpligt område i omgivningen. Utmaningarna med den här demonstranten var svårigheten att manuellt definiera hologramens position och behålla det i samma position. När inspelningsfunktionen var aktiverad på HoloLens såg en liten förskjutning på hologrammen.

Demonstrator 3-Skola miljö

Demonstrator 3 planerades i Saab Aeronautics produktionsmiljö. Detta var emellertid inte möjligt på grund av säkerhetsproblem kopplade till överföring och konvertering av exportkontrollerade och militärmärkta produktdata. Demonstrator 3, utvecklades från demonstrant 1 och 2. Demonstrator 3 är en del av utbildningen (exempelvingen) som ingår i träningen för nya operatörer vid Saab, som planeras att montera Gripen-flygplan. Skolmiljön är representativ för en produktionsmiljö inom Saabs produktion av Gripen. I detta fall ingår strukturell montering, inte slutmontering (som inkluderar installation). Testet utfördes med samma produktionsdokumentationsstruktur som vid montering, men omvandlades till HoloLens. Dessutom användes samma material och verktyg som i produktionen. En erfaren operatör utförde testet med hjälp av arbetsinstruktionerna i utvidgad verklighet. Combitech utvecklade mjukvaran (arbetsinstruktionerna) och hologrammet placerades med markörer till vingeverktyget.

Den största fördelen var att operatören lätt kunde se var, vilken typ och i vilken riktning fästena skulle monteras sedan informationen var i glasögonen hela tiden. Detta sparar mycket tid och fick operatören att känna sig mer självsäker. Genom att använda AR-googles som hjälpmedel i montering har operatören full tillgång till arbetsinstruktionerna och båda händerna är fria. Detta kommer definitivt att ge kortare ledtider och förhoppningsvis mindre kvalitetsavvikelser. Mer information om placering och sekvens i instruktionerna gör att operatören känner sig mer självsäker.

En liten förskjutning mellan verkligheten och hologrammet uppträdde vilket gjorde det svårt att mäta i hologrammet jämfört med verkligheten. Förskjutningen berodde delvis på hårdvaran som inte gav tillräckligt noggrannhet. Dessutom, delvis på grund av programvaran, när HoloLens placerades i filmningsläge, framkom en liten förskjutning. En annan fråga var att HoloLens förlorade orienteringen när operatören flyttade för snabbt.

Fall 2 - Augmented Remote Guidance i slutmontering av militära flygplan

Inom fall 2 undersöktes möjligheterna och utmaningarna för fjärrvägledning (RG). RG är planerat att användas inom produktionsöverföring eller leverantörskommunikation, för global verksamhet. Detta kan exemplifieras av en "lärare" som hjälper en operatör från avstånd, detta utförs genom att ansluta läraren och operatören. Läraren kan visa hur arbetsuppgiften ska utföras eller att operatören utför ett uppdrag och läraren kollar, stöder och styr operatören. Huvudmålet är att minska behovet av Saab-personal hos kunden (eller leverantören), och att förbättra utbytet av lärande och kunskap. Fall 2 utfördes genom en huvudstudie, med stöd av en förundersökning.

Förstudie - En marknadsundersökning med fokus på fjärrledning

En marknadsanalys genomfördes vid Saab Aeronautics för att undersöka hur begreppet AR har använts över hela världen, i olika branscher och sammanhang. Rapporten innehåller ett brett spektrum av implementeringar, men med fokus på RG. Empiriska data är från faktiska implementeringar hos utvecklare och företag, cirka 360 företag identifierades och studerades kortfattat. Analysen var strukturerad enligt användningsramen, och exempel på implementeringar lyfts fram.

Huvudstudie - Förstärkt fjärrledning i slutmontering av militära flygplan

Denna studie genomfördes som en masterexamensarbete [2]. Använda förstärkt fjärrvägledning (ARG) kan ge stora fördelar till en globaliserad organisation. Långa och tråkiga processer kan förkortas, och kostnaderna kan minskas genom att kunna kommunicera och styra i realtid. En partner eller leverantör kan nås direkt och behöver inte resa till platsen för att inspektera en situation. Tillräcklig information kan samlas för att lösa situationen på distans och om det finns behov av att resa till platsen kan bättre förplanering utföras vilket kan minska risken för missförstånd. Men om ett sådant system ska genomföras i någon organisation måste det konfigureras så att det blir användbart. En ARG-lösning behöver utvecklas på ett sätt som passar olika sammanhang där dessa förekommer och information som behövs för att lösa dem. Syftet med studien var att skapa grundläggande aspekter som bör beaktas när det gäller konfiguration av hårdvaru- och interaktionsmöjligheter om ett ARG-system skulle genomföras vid slutmontering av militära flygplan.

En etnografisk studie utfördes för att förstå det sammanhang och situationer där ARG kan behövas. Därefter utvärderades ett befintligt ARG-system med potentiella användare. Två olika hårdvaror; Huvuddragen bildskärmar och handhållna enheter testades i samverkan med en pekare och handen överlagring. Resultaten visar att det är användbart att implementera ett ARG-system som möjliggör förhöjda överlagringar i samband med slutmontering. Sådana scenarier präglas av olika miljöer, från öppen syn till smala arbetsytor där små speglar måste användas för att se dolda vinklar. Ett ARG-system bör stödja alla olika scenarier och måste vara flexibelt. En extern kamera kan användas för att se dolda änglar medan skärmen kan ses samtidigt. Behovet av interaktion i sådana scenarier är begränsat.

När ARG-systemet används för att undersöka och samla information är behovet av video inte så vanligt som om situationerna ständigt förändras. Bilder och frusna bilder av situationen och arbetsinstruktionerna kan räcka till. En videofilm är dock användbar för att styra en monteringsoperatör till inspelning eller ta en bild från en lämplig vinkel. Även om handbevakningar kan vara ett intuitivt och effektivt sätt att instruera en annan person, kan det vara tillräckligt att använda en enkel pekare

WP 3

Det tredje arbetspaketet behandlar forskningsfrågorna 1, 2 och 3 genom sina olika fallstudier. De olika fallstudierna i arbetspaketet har visat hur svårt det är för globala och stora tillverkningsföretag att effektivt hantera monteringsinformation. Den stora mängden informationssystem i tillverkningsbolagen och bristen på integration av sådana gör det svårt för tillverkningsbolagen att genomföra effektiva strategier för hantering av monteringsanvisningar. Resultatet från arbetspaketet kommer att stödja tillverkningsbolagen för att förbättra sina strategier och utnyttjandet av effektiv informationshantering. Det sluts också i arbetspaketet att ny teknik gör det möjligt att bättre anpassa monteringsinformation till användarnas individuella behov men det är svårt att inse på grund av brist på IT-kompetens inom tillverkningsorganisationerna.

Fallstudie 1

I fallstudie 1 undersöktes informationsinnehållet i monteringsanvisningar vid tre stora monteringsanläggningar. Operatörer blev ombudade att identifiera vilken av de medföljande monteringsinformation som de faktiskt använder i instruktionerna. Operatörerna bedömde också vikten av tillgänglig information. De ansvariga produktionsteknikerna uppmanades också att bedöma betydelsen av informationen och resultatet analyserades. Resultatet visar att det finns en liten miss matchning av användningen av levererad monteringsinformation. Stora luckor hittades i en av anläggningarna där instruktionerna visade sig innehålla för mycket information vilket gör det svårt för operatörerna att hitta relevant information. Viktighetsåtgärder tyder på att betydelsen av informationen är värderad lägre av produktionstekniker än operatörerna. Resultatet visar att operatörer är direkt beroende av produktionsteknikerna och deras prioriteringar. Operatörer och produktionstekniker har dock ett nära samarbete för att hålla luckor till ett minimum.

Fallstudie 2

Den andra fallstudien tittade på samma tre stora monteringsanläggningar för att identifiera utmaningar och krav för framtida monteringsinformationssystem. Intervjuer hölls med operatörer, produktionstekniker, produktionsingenjörer och globala funktioner. Fokus och problemområden identifierades som låg till grund för resultatet i fallstudie 3.

Fallstudie 3

Den tredje fallstudien bygger på resultatet från de två första fallstudierna. Utmaningarna och möjligheterna undersöktes i 17 ytterligare stora och globala tillverkningsföretag. Anläggningschefer, produktionschefer, produktionsingenjörer, produktionsingenjörer och produktionstekniker intervjuades. Uppgifterna från alla fallstudier användes för att definiera sex fokusområden och 22 kritiska aspekter som illustreras i Figur 1. Dessa kritiska aspekter är nödvändiga för att betonas vid användning av framtida monteringsinformationssystem inom tillverkningsindustrin. Dessa aspekter behövs för att vara bättre förberedda för att utnyttja begreppen Industry 4.0. Utan de kritiska aspekterna i åtanke riskerar tillverkningsindustrin att sakna möjligheter. Resultatet presenteras i detalj i doktorsavhandlingen som anges i spridningssektionen.

Fallstudie 4

En fjärde och sista fallstudie genomfördes för att undersöka effekterna av digitala och dynamiska monteringsanvisningar som föreslagits från de kritiska aspekterna. En fysisk demonstrator byggdes och testades av verkliga operatörer i en monteringsanläggning. Operatörer grupperas av erfarenhet som nybörjare, måttlig och erfaren. Fyra nivåer av monteringsanvisningsinstruktioner användes under testen; som är aktuell information digitaliserad, optimal för nybörjare operatörer (beskrivande steg och anpassad layout med bilder och text) och optimal för erfarenhetsoperatörer (Mindre beskrivande steg). Operatortesterna inriktades på att mäta användarens tillfredsställelse från en monteringserfarenhet med digitala och dynamiska monteringsanvisningar. Ökad tillfredsställelse mättes när monteringsinformation ansågs vara aktuell, korrekt och effektivare. Positiviteten för ökad användning av teknik i manuell montering gör det möjligt att genomföra flexibla och digitala lösningar för montering av information som kan anpassas till individuella behov. Testerna visade en liten ökning av produktionskvaliteten när monteringsinformationen är bättre anpassad till operatören. Effekten ansågs vara större för nybörjare.

WP 4:

Detta arbetspaket har främst fokuserat på forskningsproblem 2 och 3, genom att för det mesta ett teoretiskt ramverk och modeller för informations- och kommunikationsdelning också modeller för driftskompatibilitet mellan system och relationer mellan informationsstödsystem och informationsteknologier. Arbetspaketet har också jämfört olika xR-tekniker, både teoretiska och genom demonstrationer i laboratoriet och ut på företag.

Teoretiskt bidrag 1¹

För att kunna skapa en strategi för IT-IS-system vid slutmontering måste mätbara parametrar, dvs KPI, samlas in och analyseras. Detta dokument har visat nio fokusområden där KPI är viktiga för att

¹ **Fast-Berglund, Å., Li, D. & Åkerman, M., (2018).** Creating Strategies to Improve the Use of IT- and IS- systems in Final Assembly. Paper presented at 16th international conference on manufacturing research 8 (1), 177-183, Skövde, Sweden

samlas in. Jag tror, i linje med Boyton och Zmund att företaget måste känna igen möjligheten att använda informationsteknologi, det betyder ibland en push mot användning. Dessutom, för att bestämma kraven från operatörerna att utnyttja möjligheterna. Detta är kopplat till uppfattningen att informationssystemet är uppfattat, avsikt att använda och den enskilda påverkan. Slutligen, utveckla handlingsplaner för att möta organisationen och den individuella effekten av att använda IT-IS-systemen.

Teoretiskt bidrag 2²

I det här pappret diskuteras hur kooperativa agentbaserade system, utrustade med sociala färdigheter och förkroppsligade automatiseringsfunktioner, kan användas för att interagera med operatörerna för att underlätta delning av tyst kunskap och dess senare omvandling till tydlig kunskap. Förslaget är att kombinera sociala programrobotar (softbots) med industriella samarbetsrobotar (co-bots) för att skapa en digital lärling för erfarna operatörer i arbetsrobotar för humantrobotar. Det här är att ta itu med problemet inom industrin att erfarna operatörer har svårigheter att förklara hur de utför sina uppgifter och senare, hur man gör denna processkunskap (knowhow) till instruktioner som ska delas mellan andra operatörer. Genom att använda sociala softbots och co-bots, som kooperativ med förkroppsligade automatiseringsfunktioner, tror vi att vi kan underlätta "externalisering" av processkunskap i human-robot-interaktion (er). Detta möjliggörs genom förmåga hos sociala kooperativ med förkroppsligade automatiseringsegenskaper för kontinuerligt lärande genom att titta över operatörers axel och dokumentera och samarbeta med dem på ett icke-påträngande sätt när de utför sina dagliga uppgifter.

Teoretiskt och industriellt bidrag

Dessa två papper diskuterar vikten av digitalisering och löptid inom ett företag. I det första pappret testas en demonstrant med tre olika instruktioner och funktioner. Det andra pappret diskuterar förhållandet mellan mognadsindex eller digitaliseringsnivå och teknikparadigmer för att skapa en gudskompatibilitetsstrategi.

Följande bidrag behandlar forskningsfråga 3: Hur kan teknik utnyttjas för att förbättra inlärningskurvan och minska kunskapen och skapa flexibilitet för information och kunskapsdelning?

Arbetspaket 4 har undersökt hur olika mjukvaror och hårdvara på olika interoperabilitetsnivå kommer att påverka globaliseringen av företag.

På teknisk kompatibilitetsnivå har WP 4 undersökt hur olika monteringsanvisningar kan digitaliseras med hjälp av olika tekniska supportverktyg och integreras med en programvara som möjliggör fjärrvägledning och instruktioner genom Augmented Reality.

Augmented Reality är den kollektiva termen för tekniker som i realtid förbättrar eller förstärker informationen i den fysiska verkliga miljön genom att använda antingen huvuddragen, handhållen eller rumsutrustning (van Krevelen och Poelman, 2010, Carmigniani et al., 2011, Nee et al., 2012), antingen av en annan person på distans (Li et al., 2016) eller via förutformade instruktioner (Syberfeldt et al., 2016a). På grund av den inneboende egenskapen att tillhandahålla ytterligare information till användaren har Augmented Reality kognitiva fördelar med att stödja processuella uppgifter (Petersen och Stricker, 2015) och denna kvalitet har utsikterna att stödja monteringsarbete (Radkowski et al., 2015). Från ett Global Production Network (GPN) -perspektiv har Augmented Reality fördelen med platsflexibilitet, eftersom visuellt förbättrad information kan överföras från person till person på distans (Li et al., 2016).

Teoretiskt och industriellt bidrag

Dessa två papper diskuterar vikten av digitalisering och löptid inom ett företag. I det första pappret testas en demonstrant med tre olika instruktioner och funktioner. Det andra pappret diskuterar förhållandet mellan mognadsindex eller digitaliseringsnivå och teknikparadigmer för att skapa en gudskompatibilitetsstrategi.

Följande bidrag behandlar forskningsfråga 3: Hur kan teknik utnyttjas för att förbättra inlärningskurvan och minska kunskapen och skapa flexibilitet för information och kunskapsdelning?

² *Fast-Berglund, Å., Romero, D., Thorvald, P., Billing, E., Palmkvist, A., Weichhart, G (2018) Conceptualizing Embodied Automation to Increase Transfer of Tacit knowledge in the Learning Factory. Paper presented at IEEE 9th International Conference on Intelligent Systems, ISBN: 978-1-5386-7097-2/18, Madeira Island, Portugal*

Arbetspaket 4 har undersökt hur olika mjukvaror och hårdvara på olika interoperabilitetsnivå kommer att påverka globaliseringen av företag.

På teknisk kompatibilitetsnivå har WP 4 undersökt hur olika monteringsanvisningar kan digitaliseras med hjälp av olika tekniska supportverktyg och integreras med en programvara som möjliggör fjärrvägledning och instruktioner genom Augmented Reality.

Augmented Reality är den kollektiva termen för tekniker som i realtid förbättrar eller förstärker informationen i den fysiska verkliga miljön genom att använda antingen huvuddragen, handhållen eller rumsutrustning (van Krevelen och Poelman, 2010, Carmigniani et al., 2011, Nee et al., 2012), antingen av en annan person på distans (Li et al., 2016) eller via förutformade instruktioner (Syberfeldt et al., 2016a). På grund av den inneboende egenskapen att tillhandahålla ytterligare information till användaren har Augmented Reality kognitiva fördelar med att stödja processuella uppgifter (Petersen och Stricker, 2015) och denna kvalitet har utsikterna att stödja monteringsarbete (Radkowski et al., 2015). Från ett Global Production Network (GPN) -perspektiv har Augmented Reality fördelen med platsflexibilitet, eftersom visuellt förbättrad information kan överföras från person till person på distans (Li et al., 2016).

Fall 1 och 2

Två av fallstudierna i denna uppsats användes av Augmented Reality (AR) huvudbearbetade och handhållna enheter. Det första fallet är en komplex uppsättning av en produkt och det andra fallet är att montera en växellåda. Totalt 115 deltagare testade denna teknik. Hård- och programvaran som testas i de två industrin är från XMReality.

I det första fallet är en avancerad inställning i en kalibreringsanordning för kvalitetskontroll. Uppsättningen görs vanligen av erfarna operatörer [21]. Flera fel kan uppstå under en montering. Instruktioner med bilder berättar inte hur mycket tryck som ska sättas på den inre komponenten. Rätt mängd tryck kan vara avgörande för vissa interna komponenter. Om komponenten är placerad felaktigt, kommer mätningen att klaga på felaktiga dimensioner av detaljerna och arbetstagaren måste återmontera komponenten i fixturen. Samma sak kan hända om spänningsanordningarna är fastsatta i fel ordning. Mätningarna kan vara mycket känsliga för sådana saker och kan bara märkas och åtgärdas efter att resultaten återkommer. Testet bestod av femton testpersoner, där fem personer monterade delen på fixturen med befintliga instruktioner och de övriga tio testpersonerna instruerades genom AR-glasögonen med hjälp av fjärrstyrning. Experten guider nybörjare operatörerna genom att observera uppgiften genom kameran i mitten av glasögonen och sedan berätta om det är något fel på montering. Figur 2 visar en nybörjare och en expert som använder fjärrstyrningen för lego-montering. Varje person gjorde upprättandet fyra gånger. Parametrar som kvalitet och tid betraktades som KPI. Hur ofta testpersonen tittar på instruktionerna eller borttagen glasögonen är ytterligare parametrar som kontrollerades och mättes. Uppställningstiden är 30 procent kortare med AR för nybörjare jämfört med befintliga instruktioner.

I det andra fallet monterade åtta deltagare fyra växellådor vardera vid en monteringsstation. Växellådorna monterades med vägledning från en fjärrinstruktör genom ökad verklighet. Fyra olika typer av instruktioner var compered dvs fjärrstyrning med AR, filmbaserade instruktioner, ansikte mot ansikte och text. Figur 2 visar inställningen av fjärrstyrningen och operatören monterar växellådan. Bilden till vänster är nybörjare operatören som styrs av experten på rätt bild. Experten kan peka och visa komponenter med kameran. Detta skapar en förstärkt verklighet i nybörjaren operatörsglasögon som hjälper till att montera växellådorna

De olika supportverktygen resulterar i olika monteringsstider för den första enheten, från 109 sekunder med ansikte mot ansikte-instruktör till 415 sekunder med fjärrstyrning med ökad verklighet. För fjärrstyrning med ökad verklighet var de genomsnittliga monteringsstiderna cirka 25 sekunder längre för varje montering. Kvaliteten var därmed bäst, 100 procent med AR förkunnades ansikte mot ansikte, var kvaliteten i genomsnitt 89 procent. Samma montering av växellådan utfördes

WP 5:

Arbetspaketet har huvudsakligen inriktats på RQ 4, med för det mesta teoretiskt bidrag till hur man delar kunskap och hur tekniken kan användas för att minska inlärningskurvan.

MEET-modell i produktionsmiljö.

Studie som utvärderar behovet av delning av tyst och tydlig kunskap, både när det gäller hur det påverkar informationssystemet och organisationssystemet. Genom att lägga till en systematisk processinriktning för kartläggning av individuella kunskapsbehov relaterade till produktionsaktiviteter, kan dessa behov har identifierats för varje processteg. Genom att använda detta systematiska tillvägagångssätt för att tillämpa MEET-modellen har två svenska små och medelstora företag inom tillverkningsindustrin utvecklat sina kunskapsdelningsaktiviteter.

Operatörsnivå

Studie där kartläggning hur kunskapsdelningen fungerar mellan oerfarna och erfarna monteringsarbetare i skolan, genom monteringsanvisningarna och i produktionen. Utförs vid SAAB Aeronautics under våren 2018, där utgångspunkten var det befintliga MBD-systemet (modellbaserad definition) där olika aspekter på hur detta kan förlängas för operatörstöd utforskades.

Fokus på KT - Intra- / interorganisationsnivå

Under industrialiseringsfasen av en FoU-process är det viktigt att säkerställa inter- och intraorganisatorisk kunskapsdelning mellan funktioner och enheter. I detta bidrag presenterar vi att underlätta, hämma och blockera faktorer som påverkar teknikassisterad kunskapsdelning mellan tillverkningsteknik och montering. Exempel från bil- och flygindustrin presenteras.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Delar av resultaten används som utbildning internt hos de medverkande företagen men även i kurser på till exempel Chalmers
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Totalt har 19 publikationer gjorts inom ramen för projektet, en blandning av examensarbeten, avhandlingar, konferensbidrag och journalartiklar.

Examensarbeten

1. Electronic assembly instructions and documentation for complex wire bundle assembly to aircraft using Augmented Reality (Anton Kaiser), examensarbete
2. Augmented Remote Guidance in Final assembly of military aircraft (Jakob Säll), examensarbete
3. Data management in an operational context (Martin O. Enofe and Moritz Schwarzkopf)
4. Assessment of Information Needs in Manual Assembly - A multiple case study that identifies current problem areas and focus areas for improvements at Volvo Group Trucks Operations (Gustaf Eriksson and Pontus Johansson)
5. Digital Dynamic Work Instructions in a Variant Driven Industry – An Investigation on the Effects of Dynamic Instructions on Operator User Satisfaction, Chalmers; Emil Asklund and Rickard Eriksson

6. Kunskapsdelning inom montering på SAAB Aeronautics, Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, Ekonomi och Produktionsteknik, Chalmers, Hellgren Robert, Munge Alexander

Vetenskapliga artiklar

1. Johansson, Pierre E. C., Enofe, Martin O., Schwarzkopf, Moritz, Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena (2017). Data and Information Handling in Assembly Information Systems – A Current State Analysis, *Procedia Manufacturing*, 11, 2099-2106.
2. Johansson, Pierre E. C., Johansson, Pontus, Eriksson, Gustaf, Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena (2018). Assessment Based Information Needs in Manual Assembly, *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, ICPR, 366-371.
3. Johansson, Pierre E. C., Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena. Challenges of Handling Assembly Information in Global Manufacturing Companies, Accepted for revision.
4. Johansson, Pierre E. C., Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena. A Framework for Identifying Critical Aspects of Assembly Information, Submitted to an international scientific journal.
5. Johansson, Pierre E. C., Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena. Critical Aspects of Assembly Information in the Deployment of Future Assembly Information Systems, Submitted to an international scientific journal.
6. Johansson, Pierre E. C., Malmsköld, Lennart, Fast-Berglund, Åsa, Moestam, Lena. (2018). Enhancing Future Assembly Information Systems – Putting Theory into Practice, *Procedia Manufacturing*, 17, 491-498.
7. Fast-Berglund, Å., Li, D. & Åkerman, M., (2018). Creating Strategies to Improve the Use of IT- and IS-systems in Final Assembly. Paper presented at 16th international conference on manufacturing research 8 (1), 177-183, Skövde, Sweden
8. Fast-Berglund, Å., Romero, D., Thorvald, P., Billing, E., Palmkvist, A., Weichhart, G (2018) *Conceptualizing Embodied Automation to Increase Transfer of Tacit knowledge in the Learning Factory*. Paper presented at IEEE 9th International Conference on Intelligent Systems, ISBN: 978-1-5386-7097-2/18, Madeira Island, Portugal
9. Åkerman, M., Fast-Berglund, Å., Halvordsson, E., & Stahre, J. (2018). Modularized assembly system: A digital innovation hub for the Swedish Smart Industry. *Manufacturing Letters*, 15, 143-146. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.01.004>
10. Fast-Berglund, Å., Gong, L., & Li, D. (2018). *Testing and validating Extended Reality (xR) technologies in manufacturing*. Paper presented at the 8th Swedish Production Symposium, Stockholm, Sweden.
11. Li, D., Paulin, D., Fasth Berglund, Å. et al (2018) *Supporting Individual Needs for Intra-Organisational Knowledge Sharing Activities in Pre-Industry 4.0 SMEs* Proceedings of the 15th International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management
12. L.Malmsköld, D.Paulin, A. Malm (2019) *Tech supported assembly operator knowledge sharing and training in Aeronautics industry*. 9th IFAC/IFIP/IFORS/IISE/INFORMS Conference Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2019 (to be submitted)

Doktorsavhandling

1. Future Assembly Information Systems – Redefining the Manufacturing Systems of Tomorrow (Pierre E. C. Johansson, ISBN 978-91-7597-734-8)

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Globalisering av kunskapsdelning och informationsdelning är ett komplext område som kommer växa mer och mer ju fler globala företag vi får i Sverige. Säkerhet, standardisering och spridning kommer vara viktiga områden för att detta skall lyckas. Vidare forskning kommer göras inom främst utformning av instruktioner för att öka flexibilitet, utformning av IIoT plattformar för enklare spridning och undersökning av olika tekniker för att möjliggöra information- och kunskapsdelning.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

AB Volvo, Pierre Johansson

SAAB Aeronautics, Anna Malm (jobbar nu på Combitech)

Combitech, Emil Hansson

Högskolan Väst, Lennart Malmköld

Chalmers Tekniska Högskola, Åsa Fast-Berglund, Dan Li, Dan Paulin